

---

## Tecnología e industria azucarera. El molino de cilindros horizontales

● ANTONIO M. MACÍAS HERNÁNDEZ

Universidad de La Laguna

«The fortune in being the first, in an invention or in a privilege, doth cause sometimes a wonderful overgrowth in riches, as it was with the first sugar man in the Canaries» (Francis Bacon, *The Essays or counsels, civil and moral...*, 1597).

Los estudios sobre la agroindustria azucarera del Bajo Medioevo revelan su compleja organización, su estricta división del trabajo, el recurso de sus agentes a los medios financieros y su estrecha vinculación con el mercado. Ahora bien, esta apuesta por la eficiencia y modernidad productiva tenía que ver con las características propias de esta agroindustria. Las cañas dulces, una vez cortadas, deben ser conducidas al molino para su inmediata molienda para evitar que fermenten y pierdan contenido en sacarosa, y por igual razón el jugo obtenido debe transformarse en azúcar con la misma rapidez. De lo dicho se deduce que el verdadero *cuello de botella* de la agroindustria azucarera radicaba en su máquina de molienda. Las dimensiones del cañaveral y de su cosecha, así como el número de calderas necesarias para elaborar el azúcar, dependían de la productividad del sistema de molienda, medido en unidades de *guarapo* o jugo de caña por *tarea* o día de molienda.<sup>1</sup>

La primera técnica empleada para obtener el *guarapo* en las áreas cañeras del Mediterráneo reproducía la de la molienda de la aceituna.<sup>2</sup> Las cañas, una vez troceadas, eran trituradas en un molino de piedra accionado por la fuerza de la sangre o por la energía hidráulica. El siguiente paso consistía en exprimir las cañas trituradas en una prensa de viga para acabar de extraer su

1. Los términos azucareros pueden verse en Santamaría y García Mora «Tecnología y términos azucareros» (<http://digital.csic.es/handle/10261/17661>).

2. Pérez Vidal (1973), pág. 57.

Fecha de recepción: julio 2015

Versión definitiva: enero 2016

Revista de Historia Industrial

N.º 67. Año XXVI. 2017.1

jugo, de modo que trocear, moler y prensar eran las tres fases manufactureras de la primera tecnología de molienda de la caña de azúcar.<sup>3</sup>

La revolución tecnológica, ocurrida en el escenario cañero atlántico en el transcurso del siglo XVI y primeras décadas del XVII, supuso la sustitución del molino de piedra por el molino de cilindros horizontales o verticales. Las cañas sin trocear se hacían pasar por medio de los cilindros, de modo que la nueva molienda eliminaba el troceado de la caña y reducía el trabajo de la prensa; una operación esta última que hizo innecesario el molino de tres cilindros verticales. Aumentó entonces la cantidad de caña molida en cada *tarea* y, por consiguiente, la cantidad de *guarapo* y la producción de azúcar. Se colige entonces que el cambio tecnológico incrementó la productividad de la agroindustria y contribuyó a incorporar su oferta a la era de la primera globalización.

Lo dicho permite, pues, comprender el interés historiográfico por precisar el lugar de origen de esta revolución tecnológica, su cronología y posterior difusión. La mejor síntesis de este esfuerzo analítico se debe a John y Christian Daniels.<sup>4</sup> Después de discutir las diversas hipótesis y teorías al respecto, sostienen el origen indio del molino azucarero de dos rodillos horizontales, al basarse en la desmotadora de algodón, presente en la India en torno al año 1100; demuestran la existencia de este molino en las islas Canarias en 1570 a partir del testimonio de Francisco Hernández de Toledo<sup>5</sup> y, dadas las referencias sobre su transferencia al Nuevo Mundo por técnicos canarios en la tercera y cuarta década del siglo XVI, sugieren que su tecnología debió de desarrollarse en estas islas quizá de manera independiente a su originalidad asiática o por influencia de esta última. En cuanto al molino de tres rodillos verticales, consideran que deriva de la tecnología azucarera china y sitúan su presencia en el Nuevo Mundo en torno a 1600.

La cuestión, sin embargo, no quedó resuelta en el caso de la originalidad canaria, y menos aún en lo que respecta a su papel en la transferencia de tecnología al otro lado del Atlántico. González Tascón y Fernández Pérez ubican el probable origen del molino de dos cilindros horizontales en Brasil en torno a 1577, siguiendo la tesis de Soares Pereira (1955), y suponen que su

3. González Tascón y Fernández Pérez (1990a), pág. 99.

4. Daniels y Daniels (1988), págs. 512-513.

5. Interesa aclarar aquí la confusión existente en torno a este autor y a la fecha de redacción de su obra, pues, como bien afirman los Daniels, su consulta permite entender varios aspectos de la tecnología azucarera. El médico Francisco Hernández de Toledo (1514-1587) viajó en 1570 a Nueva España por orden de Felipe II con la misión de estudiar las plantas medicinales del Nuevo Mundo. En 1577 regresó a España con su manuscrito, escrito en latín y redactado en México, y murió sin verlo publicado. Esta labor correspondió a Francisco Ximénez, fraile del convento de Santo Domingo de México; tradujo una copia del texto y la publicó en México en 1615. El doctor hizo escala en Gran Canaria en el viaje de ida a Nueva España, esto es, en 1570, y dedicó un capítulo de su obra (*Libro primero, tercera parte, capítulo XIII. Del modo de sembrar las cañas de azúcar y de la manera que se prepara y como se hace*) a la agroindustria azucarera en esta isla. Citaremos esta obra por la edición de 1615.

antecedente serían las laminadoras de metales que diseñó Leonardo da Vinci. Tomando como referencia la fecha de la edición mexicana de la obra del médico Francisco Hernández de Toledo (1615), argumentan que la originalidad brasileña pasó luego a las islas Canarias a principios del siglo XVII y, posteriormente, a España, donde la encontramos en La Oliva (Valencia) en 1637, conviviendo con la ancestral tecnología mediterránea, el ingenio de piedra.<sup>6</sup> Pero el lugar que ocupan las Canarias en la tesis de estos autores no es correcto. Hernández tomó sus observaciones sobre el ingenio canario en 1570, como ya se ha indicado, de modo que la originalidad brasileña sería, en realidad, canaria, y de las islas pasaría a Brasil y a España.

Por su parte, García Tapia admite la hipótesis de un origen indio del molino de dos cilindros horizontales, según sugieren los Daniels, pero discute su lectura del apartado azucarero de la obra de Hernández. Considera García Tapia que el médico toledano, cuando alude a las planchas estriadas que muelen las cañas, se refiere a las piedras del molino, por cuanto si aquellas planchas fueran rodillos, no sería necesario el uso de la prensa de viga, citada por Hernández, para terminar de extraer el jugo.<sup>7</sup> Ocurre, sin embargo, que este autor no alude en modo alguno a planchas estriadas; en la traducción de su obra por el fraile Francisco Ximénez (1615) menciona sin la menor duda los dos ejes que muelen las cañas (superior e inferior) y el posterior prensado del bagazo.<sup>8</sup>

Este artículo desarrolla la sugerencia de los Daniels sobre el papel de la agroindustria azucarera de Canarias en la invención de la nueva tecnología de molienda, el molino de dos cilindros horizontales movido por la energía hidráulica (rueda vertical gravitatoria). Demuestra con suficiente base empírica y argumentación analítica que fue obra de técnicos e industriales canario-madeirenses, de modo que el tránsito de la ancestral tecnología de molienda mediterránea a la nueva tecnología atlántica ocurrió en estas islas a principios del siglo XVI, y desde aquí y por operarios isleños se trasladó al Nuevo Mundo.

### La llegada de la tecnología mediterránea

La caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) fue introducida en Madeira hacia la década de 1440, y los primeros métodos empleados en la molienda de su corta producción cañera eran las *alçapremas*, accionadas a mano, y el

6. González Tascón y Fernández Pérez (1990b), págs. 116-121.

7. García Tapia (1994).

8. Hernández (1615), fol. 57 rto: «Muélense aquestas cañas en unos yngenios o molinos que tienen los exes grandes, el uno puesto sobre el otro, y después de muy bien quebrantadas y molidas, se exprimen fuertemente en una prensa de la misma manera y forma que en España los lagares para exprimir las uvas».

trapiche de piedra movido por la fuerza de la sangre, propiedad del señor de la isla, el infante don Enrique. La tecnología de molienda mediterránea mejoró en 1452, cuando el infante autorizó a Diogo de Teive la construcción de un trapiche impulsado por energía hidráulica, por el que debía pagarle un tercio del azúcar producido.<sup>9</sup> Así pues, la economía madeirense disponía a mediados del siglo xv de los medios técnicos necesarios para promover la plantación cañera de acuerdo con la tecnología de molienda mediterránea.

Ahora bien, el factor que obstaculizó durante siglos el crecimiento y la capacidad competitiva de la economía madeirense, la elevada fiscalidad señorial,<sup>10</sup> mostró de inmediato su lado negativo. Los productores azucareros, en vez de optar por la tecnología de molienda mediterránea, prefirieron intensificar la «paleotecnología azucarera»: las *alçapremas*.<sup>11</sup> La agroindustria permaneció, pues, en este nivel de atraso tecnológico hasta 1466, cuando el nuevo señor, el infante don Fernando, apostó por su desarrollo, y a tal fin redujo en un 25% el impuesto que gravaba la nueva tecnología; a partir de esta fecha, los productores azucareros debían abonar en azúcar un cuarto de su producto. Fue entonces cuando comenzó una colonización azucarera basada en los requerimientos de tierra, capital y trabajo que exigía la unidad agroindustrial propia de la tecnología mediterránea; una colonización que forjó una estructura socioeconómica azucarera heredera directa y en todo de la mediterránea.<sup>12</sup>

La distribución y asignación de los recursos para el desarrollo de la agroindustria —esto es, del capital y el trabajo del colonato interesado en el plantío cañero, así como de las mercedes de tierra y agua otorgadas por los capitanes donatarios para dicho plantío<sup>13</sup>— se adecuaron a la capacidad de molienda de cada unidad de la tecnología mediterránea, y los datos disponibles revelan el fuerte aumento de la producción. Las 31,7 toneladas de 1455 se incrementaron a 385,6 en 1473, a una tasa anual del 14,04%; este acelerado ritmo, propio del *boom* azucarero inicial, se mitigó en los años posteriores (5%), para experimentar un fuerte repunte en las *zafras* de 1505 y 1506, cuando la producción subió a 3.077,6 y 3.384,1 toneladas, respectivamente. Y dado que el señor de la isla suprimió en 1490 las mercedes de nuevas tierras,<sup>14</sup> cabe sostener que el nuevo *boom* azucarero incorporó al plantío cañero áreas menos

9. Azevedo (1995), pág. 246.

10. Vieira (2006), págs. 50-62.

11. Azevedo (1995), pág. 246.

12. Greenfield (1989) interpreta la colonización azucarera de las islas atlánticas como trasunto de lo que ocurrirá luego al otro lado del Atlántico. Pero su tesis debe matizarse, pues en Madeira y Canarias predominó la mano de obra libre. Véase Vieira (2004), págs. 296-298 para Madeira; el caso canario se discute más adelante.

13. Recordemos que Madeira, descubierta en 1419, estaba deshabitada, de modo que su colonato debió invertir grandes sumas de capital y de trabajo en talar sus frondosos bosques de laurisilva, abancalar sus lomas para el plantío cañero y canalizar las aguas para su riego y para mover las ruedas de los trapiches.

14. Vieira (2004), pág. 90.

productivas, dedicadas hasta entonces al cereal. Los costes del producto azucarero debieron entonces superar a los del pasado; por cuanto la tierra tenía ahora un precio, su rendimiento cañero era decreciente,<sup>15</sup> y aquella incorporación hizo que la especialización azucarera madeirense dependiera de una mayor provisión exterior de grano.

La nueva estrategia azucarera debió, pues, de encarecer el precio de su oferta, si bien este precio generaría beneficios si hubiera compradores dispuestos a pagarlo. Pero tal opción no tenía futuro al afianzarse el nuevo y más competitivo frente cañero abierto tiempo atrás en las Canarias, de ahí que la producción madeirense iniciara a partir de 1506 un continuado declive hasta situarse en 687,8 toneladas en 1537.

Intentemos ahora estimar los ratios de productividad del molino madeirense de tecnología mediterránea. Un cálculo no demasiado arriesgado si suponemos que su industrial procuraría maximizar todo su potencial manufacturero; debía entonces contar con la caña necesaria —ya fuera propia o de sus vecinos— para atender la capacidad diaria de molienda de su trapiche durante todo el tiempo de su *zafra* —unos 120-150 días anuales—<sup>16</sup> y con la cantidad de leña que consumían las calderas en cada *tarea*.

La producción de 1494 se manufacturó en ochenta ingenios, a una media de 16,06 toneladas,<sup>17</sup> siendo este promedio próximo al del *trappeto* siciliano del siglo xv<sup>18</sup> y, por extensión, del *trapeig* valenciano y del trapiche granadino, por cuanto en ambos casos su tecnología de molienda no era otra que la mediterránea. La situación mejoró en 1525, cuando 46 ingenios produjeron 999,78 toneladas, a una media de 21,7 por ingenio,<sup>19</sup> y ahora sabemos con total solvencia, gracias al humanista italiano Giulio Landi, que las cañas se molián según la tecnología mediterránea,<sup>20</sup> presente también en la isla de San Miguel (Azores).<sup>21</sup> El autor italiano mencionó también las cinco calderas utilizadas en cada ingenio para la fabricación de los azúcares —los estudios re-

15. Discutimos aquí la tesis sobre la ruina azucarera madeirense por el empobrecimiento del suelo cañero, defendida por Jasmín Pereira y citada por Azevedo (1995), pág. 255 y Vieira (2004), pág. 141.

16. La *zafra* madeirense y canaria comenzaba a fines de noviembre y acababa en junio o principios de julio. Eliminando los días festivos, la *zafra* sería de ciento veinte-ciento cincuenta días, con un máximo de ciento ochenta días. La *zafra* se hacía, pues, en temporada de lluvias para disponer de mayor caudal para mover las ruedas hidráulicas, como veremos más adelante.

17. Azevedo (1995), pág. 251. Media que resulta de convertir en toneladas las 100.000 arrobas de azúcar de los ochenta trapiches según la equivalencia de la arroba madeirense en este año (12,85 kilos).

18. Morreale (2006), pág. 170, calcula la producción por *trappeto* en esta centuria en 12,8-13,6 toneladas, que sube a 20-24 entre 1500-1550.

19. Vieira (2004), pág. 259. El autor da la cifra de producción media por ingenio en arrobas, que hemos transformado en toneladas según la metrología de la arroba en estos años (14,688 kilos).

20. Vieira (2004), pág. 225.

21. Vieira (2004), pág. 227.

cientes reducen a cuatro—,<sup>22</sup> y un testigo de la *zafra* madeirense señaló «que un ingenio gasta e puede gastar en cada día poco más o menos diez e seys cargas de leña»,<sup>23</sup> que equivaldrían aproximadamente a 1.920 kilos.<sup>24</sup>

La producción media por ingenio (21,7 toneladas) y el consumo diario de leña de las calderas (1.920 kilos) permiten estimar otras ratios de productividad azucarera. Digamos, ante todo, que no disponemos de datos contrastados sobre las dos ratios que en verdad miden la productividad de la maquinaria de molienda, los kilos de caña molidos en cada *tarea* o los kilos de azúcar por *tarea*, suponiendo en este caso que las cañas se molían en su plena madurez y máximo contenido en azúcares. Pero podemos aproximarnos a esta segunda ratio si aceptamos que la media de 21,7 toneladas por ingenio eran el producto de 120-150 días de *zafra*, lo que significa que el ingenio mediterráneo madeirense molía cada día la caña necesaria para elaborar con su jugo 144,66-180,8 kilos de azúcar por *día de molienda*.

Desconocemos el rendimiento en azúcar de una hectárea de cañaveral. A. Vieira lo estima en 1.600-1.800 kilos entre 1494 y 1510, que eleva a 2.140 kilos a partir de esta fecha;<sup>25</sup> pero la citada expansión cañera a tierras menos fértiles, iniciada poco antes de la última fecha, contradice este incremento, y las evidencias por ahora disponibles sobre los cañaverales canarios sitúan esta ratio en 1.348 kilos. Parece aconsejable, pues, aplicar este rendimiento al cañaveral madeirense, de modo que la media de producción anual de su trapiche (21,7 toneladas) requería el corte de una superficie cañera de 16,07 hectáreas.

Las calderas consumían grandes cantidades de leña, y todos los estudiosos estiman que la obtención de 1 kilo de azúcar exigía un gasto de 15 kilos de leña.<sup>26</sup> Por consiguiente, las 21,7 toneladas de azúcar de nuestro trapiche debieron de consumir 325,5 toneladas de combustible durante los 120-150 días de *zafra*, a una media de 2.170-2.712 kilos por *tarea*. La primera cifra se aproxima bastante a la indicada por la referencia testifical anteriormente citada (1.920 kilos); pues bien, si aplicamos a este consumo de leña la ratio teórica de su gasto por kilo de azúcar, resulta que la producción media anual por trapiche sería de 19,2 toneladas de azúcar, es decir, 2,5 toneladas menos que el promedio real de producción por trapiche (21,7 toneladas).

Así pues, las evidencias sugieren que la agroindustria madeirense no utilizó el molino de dos cilindros horizontales;<sup>27</sup> por el contrario, persistió aquí

22. Vieira (2000), pág. 26.

23. Malpica Cuello (2000), pág. 103.

24. Dada la orografía madeirense y canaria, el transporte de leña debía de efectuarse en animales de carga. Al ser así, el animal más frecuentemente empleado sería la mula, que cargaba un máximo de 120 kilos. Hemos tomado esta referencia de Lobo Cabrera (2006), págs. 37-38.

25. Vieira (2004), págs. 64-65.

26. Vieira (2004), pág. 91.

27. Vieira (2004), pág. 229, considera que las referencias a ejes y ruedas en algunos inventarios de ingenios de la década de 1530 sugieren la presencia de la nueva tecnología.

la vieja tecnología. Ahora bien, como sabemos que sus industriales conocían aquel molino, deberíamos explicar por qué no prosperó en esta isla un cambio tecnológico que implicaba, en síntesis, sustituir una estructura de la propiedad agroindustrial plenamente consolidada por otra de nuevo cuño, esto es, adecuada a la mayor productividad de la nueva tecnología de molienda.

La sustitución suponía el cierre de las unidades de tecnología mediterránea y la cesión de sus cañas al propietario del nuevo ingenio, o bien la creación de un frente cañero acorde con la nueva tecnología. La persistencia de la tecnología mediterránea indica que lo primero no ocurrió, y tampoco lo segundo si recordamos que desde 1490 no existía en Madeira tierra fértil para crear un espacio cañero basado en la nueva tecnología, que no recibió, por último, ningún apoyo fiscal a su desarrollo.<sup>28</sup> Y mientras se daban estas desfavorables circunstancias al cambio tecnológico en Madeira, entre 1485 y 1505 se abrió una nueva y más amplia y competitiva frontera cañera en Gran Canaria, Tenerife, La Palma y La Gomera; una frontera que permitía la construcción de la estructura socioeconómica agroindustrial propia de la nueva tecnología de molienda, de modo que la formación de esta nueva frontera debe entenderse bajo el signo de la modernidad de la agroindustria madeirense.

### La nueva frontera cañera

El archipiélago canario ofrecía mejores condiciones que el madeirense para el desarrollo azucarero. Los suelos de las vegas y lomadas de la plataforma litoral de las mencionadas islas eran adecuados para el cultivo de la caña, y su temperatura media y horas de sol anuales superaban las del espacio ocupado por el cañaveral madeirense.<sup>29</sup> Ciertamente es que la pluviometría de aquella plataforma era escasa (200-300 milímetros), pero los bosques de laurisilva y de *pinus canariensis* de las medianías y cumbres facilitaban la recarga de un acuífero cuyas aguas afloraban por una densa red de barrancos, al tiempo que esta masa forestal procuraría la leña para las calderas que cocerían el *guarapo*. Además, había abundante pastizal y tierra fértil para la producción agropecuaria que debía cubrir la demanda generada por la especialización azucarera, y su agente contó con un aporte endógeno de fuerza de trabajo y con la infraestructura precisa para iniciar el plantío. Aludimos a la esclavitud y a

28. El elevado impuesto sobre la producción azucarera (25%) se mantuvo hasta 1516, cuando se redujo al quinto (20%), y persistió la participación impositiva de los capitanes donatarios.

29. En la actualidad, la temperatura media y horas de sol en la franja litoral madeirense es de 18,7 °C y 2.190 horas, y en la franja de la vertiente septentrional de Canarias, de 22 °C y 3.000 horas, valores estos que se superan en la meridional.

la mano de obra libre indígenas,<sup>30</sup> y a las terrazas de cultivo, presas de derivación, canales y estanques que construyó la cultura neolítica de este primer ocupante del territorio insular.<sup>31</sup>

Ahora bien, la principal diferencia entre ambos archipiélagos en lo que respecta al desarrollo azucarero se encuentra en la modernidad institucional canaria. Porque mientras el madeirense se realizó con fórmulas de carácter feudal (canon de un cuarto sobre la producción en reconocimiento del dominio directo, monopolios señoriales, dificultades de monetización) que restaban competitividad a la oferta azucarera, exactamente lo contrario ocurrió en el canario. La Corona castellana cedió la tierra y el agua sin exigir canon alguno,<sup>32</sup> redujo la carga fiscal<sup>33</sup> y propició la inversión foránea y la circulación monetaria al incrementar el valor fiduciario del circulante isleño —integrado por piezas castellanas y portuguesas— respecto a su valor en origen y prohibir toda intervención del clero en tratos y contratos.<sup>34</sup>

La llegada de la agroindustria se produjo una vez finalizada la conquista de cada espacio insular; en Gran Canaria, a mediados de la década de 1480,<sup>35</sup> y en La Palma y Tenerife, a finales de la siguiente década. La planta y sus primeros operarios procedían de Madeira, así como un nutrido grupo de colonos, atraídos por las ventajas que ofrecía la nueva frontera cañera. Y si su principal agente financiero fue el capital mercantil genovés, el grueso del colonato tuvo un origen castellano.

Analicemos entonces la política económica seguida por los delegados regioes en la asignación de los recursos para el plantío cañero. La esclavitud indígena pronto se agotó y, como no existía un mercado esclavista africano con la dimensión precisa a la altura de 1500,<sup>36</sup> los delegados trataron de conciliar la capacidad de molienda de cada ingenio con los rendimientos cañeros espera-

30. La población indígena y su ruina demográfica pueden consultarse en Macías Hernández (1992).

31. Macías Hernández (2009), págs. 718-721. No sabemos si esta ventaja, frente al esfuerzo inversor que debió afrontar el azucarero madeirense, superó los costes de la conquista de cada territorio insular.

32. Aznar Vallejo (1983), págs. 229-245; Fernández-Armesto (1997), págs. 91-117.

33. Entre 1487 y 1507, el gravamen total de la agroindustria canaria fue del 4,5%, frente al 25% en el caso de su homónima lusa. En 1507 subió al 6,5%, siendo el de la lusa del 20% a partir de 1516. Tenerife y La Palma gozaron de total exención fiscal entre 1496 y 1522; es decir, sus colonos pagaban únicamente el diezmo. Véase Bernal y Macías (2007), págs. 16-17.

34. Así, frente a la carencia financiera y monetaria de Madeira y Azores, en Canarias abundó la moneda fuerte por el saldo favorable de su balanza de pagos, y escaseó la fraccionaria a consecuencia del incremento de los intercambios interiores. Véase al respecto Azevedo (1995), págs. 451-458, para el caso madeirense, y Macías Hernández (2000a) para el canario.

35. La Gomera se había ocupado por iniciativa señorial hacia 1440, pero el plantío cañero comenzó en esta isla en la década de 1480.

36. Esta circunstancia explica el predominio de la mano de obra libre en la agroindustria canaria, sin que ello suponga negar la presencia de esclavos africanos, como revela Lobo Cabrera (1996).

dos y con los intereses del capital y del trabajo, representados por un colono de hombres libres.

La unidad de reparto de la tierra fue la fanegada de 1.600 brazas cuadradas (0,55 hectáreas),<sup>37</sup> irrigada con una azada de agua por sus dulas o turno de riego,<sup>38</sup> y su múltiplo, la caballería de regadío o suerte de 8.000 brazas cuadradas (2,75 hectáreas).<sup>39</sup> Los delegados regios otorgaron seis caballerías (16,75 hectáreas) a los colonos que se obligaban a construir la unidad agroindustrial (cañaveral+ingenio) en un plazo de tres años,<sup>40</sup> de modo que les cedieron una superficie con un potencial cañero similar al promedio que hemos estimado para la unidad agroindustrial madeirense. Podríamos, por tanto, sugerir lo obvio: el diseño de la unidad agroindustrial en la nueva frontera cañera —es decir, el necesario ajuste entre el rendimiento del cañaveral y el de la máquina de molienda, garantía de su eficiencia productiva— se efectuó de acuerdo con la experiencia de la unidad agroindustrial madeirense, basada en la tecnología mediterránea.

Sin embargo, esta experiencia se corresponde solo en parte con la política económica seguida en la asignación de los recursos para el plantío cañero en su nueva frontera insular. Y decimos esto porque esta política obligaba a todo constructor de ingenio, con su merced de 16,75 hectáreas, a tener que *doblar*, esto es, a manufacturar la caña de sus vecinos, que debían abonarle por ello la *maquila*, es decir, la mitad de los azúcares obtenidos de sus cañas. Se deduce entonces que la máquina de molienda del industrial canario era capaz de procesar las toneladas de caña de una superficie cañera de 33,5 hectáreas —es decir, el doble de las que molía el ingenio madeirense según nuestra estimación—, que implica que en el diseño de la nueva frontera cañera se tuvo en cuenta el potencial manufacturero de un nuevo ingenio, y los datos al respecto permiten conocer este potencial con bastante precisión:

37. La fanegada equivalía a 5.503,66 metros cuadrados (medida de Gran Canaria) o a 5.249,49 metros cuadrados (medida de Tenerife). La diferencia obedece a la reforma de 1494, que sustituyó la antigua medida oficial de Castilla, la vara lineal de Toledo (0,886 metros), utilizada en los repartimientos en la primera isla, por la vara de Burgos (0,86 metros), empleada en la segunda isla a partir de 1505.

38. Macías Hernández (2009), pág. 725. El agua fue adscrita a la tierra. Pero como esta adscripción hacía ineficiente la asignación de este recurso durante el barbecho de la tierra cañera, pronto se rompió este vínculo para poder trasladar el agua al riego de los secanos, cuyos propietarios perdían su titularidad en beneficio del dueño del agua. Y como más azúcar implicaba disponer de más agua, la *sacarocracia* liberó la inversión en la extracción de las aguas, y este recurso acabó por convertirse en el bien más activo y cotizado de la agroindustria.

39. Los colonos interesados en la construcción de la unidad agroindustrial azucarera preferían que se les midiera la merced por la fanegada de Gran Canaria, lo que implica su mejor ajuste a los rendimientos de la maquinaria de molienda. Un ajuste que se tuvo en cuenta a la hora de diseñar las unidades agroindustriales del otro lado del Atlántico, como indica el técnico canario del ingenio de Cortés. Cf. Barrett (1977), pág. 256.

40. Este plazo coincidía con el transcurrido entre el desmonte y la preparación de la tierra para el plantío, que puede fijarse en un año, y la edad de madurez de la caña para su primer corte (dos años).

El señor Gobernador Alonso [Fernández] de Lugo... dio a Blasino de Pamplino, mercader [genovés], vecino de esta isla, en Taoro, debajo del Agua Grande que se ha de sacar tierras para que se pongan 4.000 arrovas de azúcar, en que aya en cada un año 2.000 arrovas de azúcar..., esto es porque el dicho Blasino se obliga de hazer allí un yngenio..., el qual sea tal que pueda moler... 2.000 arrovas de azúcar de los vecinos que oviere en Taoro por su maquila, como es uso e costumbre en estas islas de Canaria.<sup>41</sup>

Así pues, en 1500, el responsable del diseño de la nueva frontera cañera en Tenerife y La Palma —gobernador de ambas islas, avezado industrial azucarero desde los comienzos de la agroindustria en el archipiélago (1485)<sup>42</sup> y propietario de tres complejos agroindustriales en la primera isla y uno en la segunda—<sup>43</sup> distribuyó la tierra apta para el cañaveral y su agua de riego de acuerdo con una nueva tecnología de molienda. Una tecnología que permitía elaborar un mínimo de 4.000 arrobas (46 toneladas)<sup>44</sup> de azúcar en cada *zafra*, es decir, el doble de la capacidad del ingenio madeirense de tecnología mediterránea (21,7 toneladas) en igual tiempo de *zafra*. Hablamos entonces de un nuevo ingenio, y los testimonios disponibles avalan su presencia en la agroindustria canaria en los albores del siglo XVI.

### El molino de dos cilindros horizontales

El primer historiador que aludió a esta nueva máquina fue Camacho y Pérez-Galdós a partir de un contrato para su construcción de 1517.<sup>45</sup> Y mientras la historiografía internacional recogía esta nota, aunque sin demasiado éxito,<sup>46</sup> la insular ha defendido hasta la fecha que el cañaveral canario se molía con la tecnología mediterránea,<sup>47</sup> es decir, ha seguido anclada en la tesis de Pérez Vidal,<sup>48</sup> a pesar de que un estudio reciente sobre el diezmo azucarero demostraba que el largo litigio que sostenía el clero contra los industriales

41. Macías Hernández (2002), pág. 169, nota 55. Data de 27-02-1500.

42. Véase nota 51.

43. Rivero Suárez (1990), págs. 62-72; Viña Brito (1997), págs. 74-75.

44. La metrología de la arroba canaria era la castellana, equivalente a 11,5 kilos.

45. Cf. *infra*.

46. Esta nota indujo a S. B. Schwartz a rechazar la originalidad brasileña del molino de cilindros, defendida por Soares Pereira. Véase Schwartz (1985), págs. 504. Por su parte, Glick (1989), pág. 97, recoge también esta referencia.

47. Rivero Suárez (1990), pág. 115-116; Lobo Cabrera (2000), págs. 110-111; Gambín García (2009), t. 1, pág. 249; Viña Brito (2014), págs. 13-50.

48. Pérez Vidal (1973), pág. 63, sostuvo que el molino de piedra fue el que los sicilianos enseñaron a los madeirenses y estos últimos a los canarios, quienes lo llevaron luego a América.

azucareros, exigiendo el incremento de aquella cuota, tenía que ver con la mayor productividad del nuevo ingenio.<sup>49</sup>

Desconocemos por el momento el nombre de su inventor, su grado de originalidad, la fecha exacta de la invención y el posible privilegio que le otorgaría la Corona a su autor, como era usual en estos casos. Lo que sí sabemos por ahora y con toda certeza es que su fábrica debió realizarse entre los años 1496 y 1500.

Los primeros ingenios canarios, de tecnología mediterránea y accionados por la fuerza de la sangre o hidráulica, fueron construidos por operarios madeirenses en los inicios de la agroindustria en Gran Canaria (1482).<sup>50</sup> Así ocurrió en el caso del *ingenio viejo* del valle de Agaete (Gran Canaria).<sup>51</sup> Diez años más tarde (1496), su nuevo propietario, el genovés Francisco Palomar, ordenó la fábrica de un *ingenio nuevo*, situándolo en la cabecera de la explotación «por mejor aprovechar las tierras e el agua..., porque estando abaxo el yngenio, cabe la mar, perjudicava mucho quando molía el regar de las cañas».<sup>52</sup> No sabemos si la nominación de *ingenio nuevo* por oposición a *ingenio viejo* hace referencia a una nueva máquina de molienda, pero las cuentas incompletas de la *zafra* de este *ingenio nuevo* de 1503-1504 detallan los dineros invertidos antes del inicio de esta *zafra* (fines de noviembre de 1503) en la reparación de su maquinaria e indican claramente su tecnología: se trata del molino de dos cilindros horizontales.

En efecto. Consta en las cuentas una partida de trece mil maravedís por la compra de treinta chapas de hierro «que se gastaron en los exes quando echaron a moler, a razón de CCL cada chapa, e por mil clavos para ellos», es decir, en forrar los ejes con chapas de hierro la madera de palo blanco o de barbazano prieto con objeto de reforzar su resistencia al paso de las cañas durante su trituración,<sup>53</sup> invirtiéndose, además, en reparar sus dentaduras y en la construcción de una nueva rueda hidráulica y de dos ejes nuevos, uno

49. Macías Hernández (2010). En este artículo se sugiere erróneamente que el incremento de la productividad se debió al ingenio de tres cilindros verticales.

50. En 1502, la Corona otorgó carta de naturaleza al portugués Lorenzo Fernández por «haber sido uno de los primeros en hacer azúcar en la Isla [Gran Canaria], en la que ha residido durante quince años, y haber enseñado a muchos vecinos a hacerla», de modo que arribó a esta isla en 1487. El extracto de la real orden en Aznar Vallejo (1981), pág. 540. En el caso de Tenerife, su gobernador agració con tierras y aguas al madeirense Gonzalo Díaz, «maestro de hacer ingenios y sierras de agua», y de acuerdo con la fecha de las datas, su llegada a la isla en 1499 coincidió con su despegue azucarero. La referencia en Serra Ràfols (1978), pág. 230.

51. Esta hacienda fue la primera del artifice de esta agroindustria en Tenerife y La Palma, Alonso Fernández de Lugo. Su ingenio y el de su hermano, Pedro Fernández Señorino, situado en La Lairaga (Gran Canaria), fue construido por el carpintero portugués Gonzalo Fernández, vecindado en la isla. Véase Gambín García (2009), t. I, pág. 239.

52. Gambín García (2009), t. I, pág. 243.

53. El palo blanco (*Picconia excelsa*) y el barbazano (*Apollonia barbujana*) son árboles propios de los bosques de laurisilva de la región macaronésica (Madeira y Canarias) y sus maderas tienen gran dureza.

grande y otro pequeño.<sup>54</sup> Y reafirma lo dicho el texto del embargo de este ingenio por los funcionarios reales en abril de 1504:

un yngenio en Agaete que hera del dicho Francisco Palomar, con los exes grande e pequeño del dicho yngenio, con una prensa de encaxar e con un perol de cobre grande, e con todas las otras xarçias convenientes al moler de las dichas cañas.<sup>55</sup>

Hemos indicado que la colonización azucarera de Tenerife y La Palma se diseñó en 1500 de acuerdo con la capacidad de molienda de este ingenio. En 1506, la Corona ordenó la cesión a su oidor Juan Pérez de la Fuente de un ingenio en La Orotava (Tenerife), propiedad de Lope Fernández de la Guerra. Pues bien, el documento de toma de posesión despeja toda duda acerca de la función asignada a los ejes *grande* y *pequeño*. Los representantes del nuevo propietario entraron

en la casa del yngenio... donde estaban los ejes que muelen las cañas de açúcar, la prensa y las calderas do se labra... Tomaron posesión asimismo de la casa de purgar que está junto con la casa del ingenio... y luego subieron al herido del ingenio y tomaron de su agua y asimismo de la rueda del ingenio.<sup>56</sup>

En 1517, el mayordomo de la hacienda del genovés Pedro Cerezo, situada en la costa de Lairaga (Gran Canaria), se concierta con dos carpinteros portugueses vecindados en la isla para que corten la madera necesaria para un nuevo ingenio. Las piezas serían tres ejes de ingenio, uno grande y dos pequeños, además de la madera necesaria para una rueda con sus aparejos, veinte esteos, un husillo, cuatro capirotos, una toza para tableros y un cabezal para los ejes.<sup>57</sup> El contrato de arrendamiento del ingenio de Alonso de Matos en Agüimes, fechado en 1525, alude a «rueda y exes, canales e

54. Gambín García (2009), t. II, págs. 16-18. Se dieron 13.000 maravedís «por XXX chapas de hierro que se gastaron en los exes quando echaron a moler, a razón de CCL cada chapa, e por mil clavos para ellos e para II U D clavos de caxas e otros clavos grandes para la rueda»; 16.000 maravedís «por el corte de la madera de que se hizo la rueda del yngenio, y por acarrearla al yngenio»; 36.000 maravedís «por faser la dicha rueda y por echar dos dentaduras a los hexes, y por unirlos y adobar la presa, y por otros reparos que se hizo en el dicho yngenio»; 20.000 maravedís «por un hexe grande que se traxo e está a la mar en el agua»; 5.000 maravedís «por otro hexe pequeño que se cortó y se perdió en la mar llevándolo al Agahete»; 6.500 maravedís «por la madera que se cortó y se llevó al Agahete para las dentaduras de los hexes, para espeques e para masantes e caxas, e diez esteos para el herido, e por un usillo»; y 1.200 maravedís «que se pagaron a Diego Calderero por çinco chapatas para los exes».

55. Gambín García (2009), t. II, pág. 168.

56. Archivo Histórico Provincial de Tenerife (AHPT), *Protocolos notariales*, leg. 608, fols. 633 vto.-634 rto.

57. Camacho y Pérez-Gáldos (1961), pág. 29.

prensa»,<sup>58</sup> y lo mismo consta en el inventario del ingenio de Telde de Cristóbal García del Castillo (1529).<sup>59</sup>

En 1527, el genovés Domenico Rizo arrendó «la mitad de un ingenio moliente y corriente sito en La Orotava (Tenerife), con sus ejes, rueda, prensas y otras maderas y pertrechos». El contrato indica que un banco, un husillo y eje pequeño están mal acondicionados y maltratados, y obliga a Rizo a poner otro banco, husillo y eje pequeño para que el ingenio esté «moliente y corriente... para echar a moler en 1528». <sup>60</sup> En 1546 se arrendó de nuevo este ingenio, con «una rueda nueva y los dos exes nuevos con su chapazón... y otras cosas nuevas». <sup>61</sup>

El inventario del ingenio de El Realejo de 1558 alude a «la rueda con sus exes chapados e cinco chumaceras de metal e macera e dos prensas con sus husillos»,<sup>62</sup> y el del ingenio de Taganana de 1578 menciona los

dos exes que están puestos, el uno grande de barbuzano y el otro pequeño de palo blanco, el grande con diez e ocho verdugos de hierro y el de abaxo con doze chapas de hierro, con cinco chumaseras de metal, y su tablero y trinchadero y con su masera y el picadero de barbuzano.<sup>63</sup>

Esta referencia confirma la disposición de los ejes, citada por Hernández de Toledo en 1570,<sup>64</sup> e igual disposición aparece en el inventario del ingenio construido en 1581 por Bartolomé y Alonso de Ponte en Garachico:<sup>65</sup>

Yten el cabuco de la rueda con la rueda del yngenio, moliente y corriente, la qual es de barbusano, con sus dos exes, el de arriba y el de abaxo, con sus dentaduras y con quatro guijos de fierro y sus chumaceras de metal, y los exes con sus argollas de fierro y todo lo demás de esto nesçecario, moliente y corriente, que dizen las partes que está de la molienda bieja de siete años.<sup>66</sup>

Así pues, entre 1496 y 1500, la agroindustria azucarera de Canarias dispuso de una nueva máquina: el molino de dos cilindros o de dos ejes horizontales, contruidos con la madera más dura y resistente del bosque macaronésico; con sus guijos y chumaceras de metal debidamente engrasados con sebo

58. Archivo Histórico Provincial de Las Palmas, *Protocolos notariales*, leg. 737, fol. 286 r.

59. Camacho y Pérez-Gáldos (1961), pág. 16.

60. Galván Alonso (1990), pág. 570, extracto núm. 1.615.

61. AHPT. *Protocolos notariales*, leg. 215, fol. 365 rto.

62. AHPT. *Protocolos notariales*, leg. 3.378, fol. 87 vto.

63. AHPT. *Protocolos notariales*, leg. 51, fol. 177 vto.

64. Véase nota 8.

65. AHPT. *Protocolos notariales*, leg. 2.221, fols.

66. AHPT. *Protocolos notariales*, leg. 2.255, fol. 324.

para facilitar su giro;<sup>67</sup> con verdugos (eje superior) para triturar mejor las cañas y chapas de hierro para reforzar la resistencia de la madera. El tablero de molienda facilitaba la introducción de la caña entre los dos ejes y una segunda operación de molienda antes de prensar su bagazo, y la fuerza motriz empleada era la hidráulica, pues todos los inventarios mencionan «la canal del herido y las demás canales y esteos por donde viene el agua a la rueda».<sup>68</sup>

Aclaremos entonces la tipología de esta rueda y su potencia. El eje grande del molino lo era porque uno de sus extremos salía al exterior de la casa de molienda y constituía a su vez el eje de la rueda hidráulica. Y frente a la tesis tradicional, que sostenía el uso de la rueda horizontal o rodezno en los ingenios canarios,<sup>69</sup> sabemos con toda certeza que la rueda que movía los ejes de los ingenios canarios era la vertical de admisión superior, con un diámetro aproximado de 6,27 metros.<sup>70</sup> Este diámetro, combinado con una altura del herido o salto de 14 metros y con un caudal de 60 litros por segundo, permitía obtener la potencia que requería la trituración de las cañas.<sup>71</sup> Además, interesa subrayar que los principales hacendados azucareros construyeron un complejo agroindustrial que maximizaba la fuerza motriz del agua. Situaron el ingenio en la parte más alta de la explotación cañera,<sup>72</sup> y con aquella fuerza hacían girar la rueda vertical y los rodeznos de los molinos harineros.<sup>73</sup>

67. Cabe señalar aquí el talón de Aquiles de la nueva máquina, la frecuente rotura de sus ejes horizontales, y la futura conveniencia de su sustitución indiana por el molino de tres cilindros horizontales.

68. El funcionamiento de este ingenio puede consultarse en Gonzalez Tascón y Fernández Pérez (1990), pág. 125, que citan la descripción que al respecto hizo Gregorio de Mayánz.

69. Camacho y Pérez-Galdós (1961), pág. 29; Glick (1990), pág. 97; Lobo Cabrera (2000), pág. 110.

70. En 1523, Antonio Fonte, de origen catalán, contrató la construcción de una rueda «de barbuzano prieto» para su ingenio de La Orotava (Tenerife), «de 20 piezas para vueltas, labradas de machado con sus vueltas, que ha de tener 40». El carpintero debía también entregarle «dos palos para aspas, en que haya cuatro, que han de tener 30 palmos de largo, de barbuzano prieto». Leemos que de cada palo de 30 palmos se hacían cuatro aspas o radios de la rueda, de 15 palmos cada uno, de modo que la rueda tenía ocho radios. Las 20 piezas para vueltas significa que entre cada dos piezas opuestas se ensamblaban cuatro vueltas, de modo que la rueda tenía 40 vueltas o cangilones. AHPT. *Protocolos notariales*, leg. 609, fol. 677 rto. El palmo equivale a 0,219 cm. A partir de estos datos hemos dibujado la rueda, y esperamos poder mejorar su diseño cuando conozcamos el diámetro y la longitud de su eje, así como las medidas de los cangilones.

71. Con estos datos, y considerando que la eficiencia de la rueda hidráulica de madera de admisión superior era del 60%, se ha estimado su potencia en 6-7 c.v. Debo estos cálculos, sin duda provisionales y realizados a partir de los estudios de Soroa y Castro (1904) y de Reynolds (1983), a José J. Macías Solá.

72. Los ingenios del valle de La Orotava se situaron en el curso alto de la acequia real cuyas aguas irrigaban el cañaveral de este valle. La «casa del yngenio» del oidor regio Pérez de la Fuente, citada en la nota 56, tenía por lindero por «la parte de abaxo el acequia real que sale del dicho yngenio y de la rueda con que muele».

73. La mayoría de los ingenios disponían de molino harinero con rueda horizontal. Así, el ingenio citado en la nota 60 cuenta con dos molinos «de moler pan..., y cada uno de ellos con dos moliendas, sus picaderas, una azuela, martillos y otras cosas necesarias». Y para más

Como el movimiento óptimo de aquella rueda exigía un elevado caudal, la *zafra* se realizaba en la temporada de lluvias, decayendo la molienda a partir de mayo, es decir, con la llegada del estío y la consiguiente merma de los caudales.<sup>74</sup> Finalmente, en los espacios cañeros con menor disponibilidad de este recurso, las aguas de los nacientes de las tierras altas se almacenaban en un gran embalse, construido con la tecnología propia de la comunidad primitiva<sup>75</sup> y, a la hora de la molienda, se abrían sus compuertas para hacer girar con sus aguas los rodeznos de los molinos harineros y la rueda vertical del ingenio.

### La producción del nuevo ingenio

Las cuentas de la *zafra* de 1503-1504 del ingenio de Agaete sugieren una producción próxima a las 53,2 toneladas;<sup>76</sup> una cifra que se aproxima a la producción media por ingenio estimada por Camacho y Pérez-Galdós para mediados de la década de 1510 (49,7 toneladas).<sup>77</sup> El extracto de las cuentas del ingenio de El Realejo de 1537 y 1538 indica una producción media de 4.500 arrobas (51,75 toneladas).<sup>78</sup> Hacia 1560, el azoriano Gaspar Frutuoso, perfecto conocedor de la tecnología azucarera madeirense, apuntó que los dos ingenios de los Ponte «muelen cada uno, en los seis meses de *zafra*, ocho o nueve mil arrobas de azúcar»;<sup>79</sup> mencionó también la cifra de 24 ingenios para Gran Canaria y en «ninguno de los cuales baja su *zafra* de seis a siete mil arrobas»<sup>80</sup> y señaló, por último, que en los ingenios de Argual y Tzacorte (La

---

claridad, en el contrato de arrendamiento de este mismo ingenio en 1546, citado en nota 61, se menciona la rueda que mueve los ejes de molienda, y «los dos rodeznos viejos de los molinos harineros» (fol. 367 vto).

74. Esta reducción no afectaba al molino harinero, pues bastaba un pequeño caudal para mover su rodezno.

75. Macías Hernández (2009).

76. La producción viene expresada en panes por día de molienda. Gambín García (2008), pág. 282, propone dos estimaciones (24.716 o 39.865 kilos), según el peso del pan (3,10-5,0 kilos). Ahora bien, la gestión del ingenio, embargado por la hacienda regia, siguió en manos del administrador puesto por el genovés Antonio Cerezo, hermano del propietario, y hubo denuncias de fraude, de modo que la segunda cifra de producción sería más próxima a la real. Además, era la que podía ser embargada, esto es, la que pertenecía a su propietario, Francisco Palomar, obtenida de las cañas de sus cañaverales y de la mitad de las cañas de los vecinos plantadores; la otra mitad, perteneciente a estos últimos, no consta obviamente en las cuentas. Nuestra cifra de 53,2 toneladas resulta de suponer que esta mitad representaba un tercio de la producción del dueño del ingenio (39.865 kilos).

77. Camacho y Pérez Galdós (1961), pág. 45.

78. Rivero Suárez (1990), pág. 71.

79. Frutuoso (1966), pág. 107. Esta familia poseía dos ingenios, uno en Adeje y otro en Garachico.

80. Frutuoso (1966), pág. 102.

Palma) «no se hace en ellos menos de 7 a 8.000 arrobas de azúcar en cada un año, moliendo de enero a julio sin cesar».<sup>81</sup>

Ahora bien, es posible que las cifras de producción anual por ingenio (80,5-92,0 toneladas) del cronista azoriano sean excesivas.<sup>82</sup> Pero puede también que aludan a la producción de los ingenios canarios en la etapa de auge de la agroindustria y a su capacidad máxima de molienda durante el periodo de *zafra*, esto es, «moliendo sin cesar» un cañaveral con un alto rendimiento en azúcares. Además, esta capacidad es menor si su industrial *debe doblar*, es decir, si depende de los rendimientos en azúcares del cañaveral de sus vecinos, así como de los tiempos de corte y transporte de la caña al ingenio. Por consiguiente, si el industrial quería maximizar su capacidad de molienda, debía disponer de cañaveral propio e inmediato a la máquina, de modo que su estrategia no podía ser otra que oponerse a la citada norma una vez consolidada la agroindustria y adquirir tierra y agua suficientes para no verse obligado a cumplirla.

La primera estrategia se deduce de las declaraciones de uno de los principales conquistadores de Tenerife y perfecto conocedor de la tecnología azucarera, Lope Fernández de la Guerra,<sup>83</sup> en el juicio de residencia al gobernador Alonso Fernández de Lugo. Denunció que había dado en Garachico (Tenerife) al comerciante-banquero genovés Mateo Viña, financiero de la conquista insular,

cantidad de tierras e aguas para dos o tres ingenios, en que podría moler cada uno cinco o seis mill arrovas cada año non doblando, en que abrá en ello, en la dicha heredad, a lo menos doscientas fanegas.<sup>84</sup>

81. Frutuoso (1966), pág. 119.

82. Los ingenios de Argual y de Tzacorte, construidos en la década de 1510 por la compañía alemana de los Welser y traspasados luego a Jácome de Monteverde, continuaban sus labores y con la misma tecnología en 1630, y, según sus diezmos, el primero manufacturó en esta década una media de 5.258,8 arrobas (60,5 toneladas) y 4.127,5 (47,5 toneladas) el segundo. Véase Macías Hernández (2002), pág. 164. Ocurre, sin embargo, que desde un siglo antes la agroindustria había iniciado su declive y las tareas de sus ingenios siguieron la misma tendencia, de modo que su producción anual no permite medir la capacidad de molienda de su maquinaria.

83. Tuvo ingenio en Gran Canaria, que vendió para invertir su caudal en la conquista de Tenerife, donde levantó también un complejo agroindustrial e intervino en el diseño de esta agroindustria.

84. Macías Hernández (2002), pág. 171. Las 200 fanegadas equivalen a 110,07 hectáreas, a una media de 55,03 en el caso de que el genovés construyera dos ingenios. Lope Fernández de la Guerra testificó también sobre el portugués Gonzalo Yáñez: «Tiene açada e media de agua en que puede moler a su parecer de este testigo cinco mill arrovas de açúcar». Recordemos que una azada riega una fanegada de tierra en doce horas; azada y media regaría diariamente 3 fanegadas y 90 fanegadas (49,5 hectáreas) en dula de treinta días. Por consiguiente, el portugués tenía las tierras necesarias para producir 5.000 arrobas (57,5 toneladas) de azúcar sin tener que doblar.

En cuanto al esfuerzo de los industriales por tener tierra y agua suficientes para no tener que doblar, disponemos de dos testimonios. El primero se refiere a las mercedes de tierras y aguas otorgadas por la Corona a destacados miembros de su corte; junto a la media de seis caballerías (15,75 hectáreas), con la obligación de construir un ingenio, de modo que el dueño de esta unidad agroindustrial tenía que doblar; la mayoría de los interesados en la agroindustria insular solicitaron mercedes de doce y más caballerías.<sup>85</sup> El segundo testimonio alude a las compras de tierras adecuadas a la caña para ampliar la primitiva merced regia.<sup>86</sup>

En resumen, los delegados regios en los repartimientos de tierras y aguas diseñaron la nueva frontera cañera insular teniendo en cuenta una innovadora máquina de moler las cañas. Frente a la ancestral tecnología del trapiche mediterráneo, presente en Madeira y con una media de 21,7 toneladas de azúcar en cada *zafra*, esta innovadora máquina molía durante igual tiempo de *zafra* la caña necesaria para obtener con su *guarapo* de 46,0 a 57,5 toneladas, cifra esta que se elevaba si su propietario contaba con caña propia y con un alto rendimiento en azúcares. Podemos, por tanto, suponer una producción media por ingenio de cincuenta toneladas anuales.

A mediados del siglo XVII, el propietario del ingenio de Adeje (Tenerife) disponía de una superficie apta para el cultivo cañero de 134,4 hectáreas, cuyo rendimiento medio se estimaba en 1.348 kilos de azúcar por hectárea.<sup>87</sup> Por consiguiente, las 50 toneladas de producción anual requerían el corte de una superficie cañera de 37,04 hectáreas; y si suponemos que la superficie de barbecho representaba un tercio de esta magnitud (12,35 hectáreas),<sup>88</sup> tendríamos que la hacienda azucarera con tierra propia se aproximaría a las 50 hectáreas, es decir, una superficie que coincide *grosso modo* con la de las haciendas cuyos propietarios se esforzaban por no tener que doblar, esto es, por ser autosuficientes en la provisión de caña para la molienda de sus ingenios.<sup>89</sup>

Los contratos de desbarga o de corte de la caña obligaban a suministrar al ingenio la caña necesaria para obtener con su *guarapo* ocho calderas diarias. Esta cantidad de caña se estimaba en doscientos fejes,<sup>90</sup> pero desconoce-

85. El ingenio cedido al oidor regio Juan Pérez de la Fuente por disposición regia contó con 106,5 fanegadas de la medida de Tenerife, equivalentes a 55,91 hectáreas. La referencia, en nota 56.

86. Rivero Suárez (1990), págs. 44-45.

87. Velázquez (1892), págs. 174-175. El técnico canario que diseñó las plantaciones del ingenio de Cortés (Morelos, México) estimó en 1556 que suerte y media de cañaveral producían 6.250 kilos. La medida de la suerte era la caballería de Canarias (2,75 hectáreas), de modo que el rendimiento esperado era de 1.515,5 kilos/hectárea. Cf. Barrett (1977), pág. 111 y pág. 256. Por su parte, Schwartz (1985), pág. 114, estima un rendimiento de 1.086 kilos/hectárea en Bahía en 1584, subiendo a 2.339 en 1624.

88. Esta estimación procede de los ingenios canarios del siglo XVIII.

89. Cf. *supra*.

90. Aznar Vallejo (1981), pág. 263.

**CUADRO 1** • Estacionalidad de la producción azucarera. Ingenio de Agaete (G. Canaria). Zafra de 1503-1504

Meses	Días de molienda		Panes		
	Días	Total	Total	Media	Kg
Noviembre	Del 1 al 3	3	177	59,00	295,0
Diciembre	Del 4 al 20	17	1.029	60,53	302,6
Enero	Del 21-44	24	1.668	69,50	347,5
Febrero	Del 45-67	23	1.609	69,96	349,8
Marzo	Del 68-90	23	1.442	62,70	313,5
Abril	Del 91-102	12	711	59,25	296,3
Mayo	Del 103-116	14	748	53,43	267,1
Junio	Del 117-129	13	589	45,31	226,5

Fuente: Gambín García (2009), págs. 12-14 y 20-22. Elaboración propia.

mos por ahora el peso del feje; lo único que sabemos con cierta aproximación es la cantidad de azúcar manufacturado por *tarea* en dos ingenios.

El primero y de cálculo más problemático es el de Agaete en su *zafra* de 1503-1504. Las cuentas indican los panes de azúcar manufacturados en los ciento veintinueve días que duró su *zafra*, que comenzó el 28 de noviembre y finalizó el 13 de junio; en medio, dejó de moler unos veintiocho días laborales por razones que no conocemos, de modo que su *zafra* podía haber durado unos ciento cincuenta días. El mayor número de panes por día de molienda o *tarea* se obtuvieron entre los días 25 y 65 de molienda, es decir, en las *tareas* realizadas en los meses de enero y febrero, para decaer luego a partir del mes abril (cf. cuadro 1). Cabe entonces sostener que la mayor eficiencia productiva del ingenio, con casi 350 kilos de azúcar por día de molienda, se alcanzó cuando su rueda dispuso del mayor caudal de agua y los cañaverales tenían un mayor contenido en azúcares. Un supuesto que, de haberse dado, como pretendía su industrial Antonio Cerezo —y de ahí su esfuerzo por acrecentar las aguas y la superficie cañera propia—,<sup>91</sup> la producción anual del ingenio podía haber alcanzado las cincuenta toneladas anuales.

El segundo ejemplo se refiere a las cuentas del ingenio de El Realejo en sus cortas *zafras* de 1573 a 1575 (cf. cuadro 2) y en la de 1592. Este ingenio disponía de agua para realizar sin apuros sus molindas,<sup>92</sup> pero la superficie cañera propia y ajena se había ya reducido por el avance de la industria agroexporta-

91. Gambín García (2009), págs. 146-152.

92. Rivero Suárez (1990), pág. 116, cita el enfrentamiento de los vecinos contra el propietario del ingenio por desviar las aguas para sus molindas.

**CUADRO 2** - Producción del ingenio del Realejo. Zafras de 1573-1575

Zafras	Núm. de tareas	Núm. de panes	Núm. de panes por tarea	Peso del pan (kg)	Producción	
					Total (kg)	Por día (kg)
1573	29,31	2.659	90,72	4,75	12.630,25	430,92
1574	6,83	514	75,26	4,43	2.277,02	333,39
1575	7,50	717	95,60	4,46	3.197,82	426,38

Fuente: AHPT. *Protocolos notariales*, leg. 4.373, sin foliar. Elaboración propia.

dora vinícola.<sup>93</sup> De ahí que en la primera *zafra*, que comenzó el 5 de marzo, se hicieran únicamente «dozientas y treynta y quatro calderas y medida, que son treynta tareas menos cinco calderas y media», y en la segunda, el 9 de marzo, «cincuenta y quatro calderas y dos tercios, que son siete tareas menos una caldera y un tercio de caldera».<sup>94</sup> El promedio de azúcar por *tarea* en los tres años (1573-1575) fue de 400 kilos de azúcar, mientras que en la *zafra* de 1592 fue de 411,67 kilos,<sup>95</sup> de modo que, en el supuesto de que este ingenio de dos cilindros horizontales tuviera el caudal preciso para mover su rueda y la caña madura y suficiente para moler en una *zafra* de ciento cincuenta días, su producción alcanzaría las 60 toneladas.

### A más *guarapo*, más calderas y más leña

Ahora bien, para poder alcanzar este umbral productivo, los ingenios con molinos de dos cilindros horizontales debían dotarse de más calderas, por cuanto a más *guarapo* por *tarea*, mayor será el número de calderas necesarias para la manufactura del azúcar. Además, cabe pensar que, a igual número de operarios para trasegar el caldo de una a otra caldera en una misma unidad de tiempo, definida esta por el proceso de transformación del *guarapo* en azúcar en cada caldera, la dotación, peso y volumen de las calderas debían ser relativamente homogénea en los ingenios con igual rendimiento promedio de *guarapo* por día de molienda.

Recordemos que el ingenio madeirense contaba con cuatro calderas; pues bien, el nuevo ingenio canario con ocho. Los funcionarios reales que tomaron posesión del molino de Francisco Palomar en 1504 enumeraron cinco cal-

93. Macías Hernández (2000b).

94. Como vemos, se repite la ratio azucarera de la manufactura insular, de ocho calderas diarias por día de molienda o *tarea*.

95. AHPT. *Protocolos notariales*, leg. 792, fols. 225-226. En esta *zafra* se hicieron solamente seis tareas y un total de 520 panes, equivalentes a 2.470 kilos.

deras grandes y tres tachos.<sup>96</sup> Las referencias posteriores reiteran esta cifra,<sup>97</sup> y también ocho calderas tenía el ingenio de Cortes (Morelos. México) en 1721 y los de Bahía en 1700 (cf. cuadro 3). El inventario del ingenio de Ponte (Garachico. Tenerife) especifica el nombre de cada caldera y su correspondiente peso, y conocemos también ambos parámetros en el caso de los mencionados ingenios americanos. El peso total del cobre de las calderas del ingenio de Ponte (1.733,4 kilos) es inferior en 354,5 kilos al de las calderas de los ingenios de Bahía y en 442,6 kilos al de las calderas del ingenio de Cortes, pero esta diferencia en los cobres se anula si consideramos que el ingenio canario disponía de otra *singular* caldera.

Los inventarios indican que el caldo procedente de la máquina de molienda y de la prensa se recibía en un tanque de madera,<sup>98</sup> cuya función era muy precisa en la agroindustria canaria, aquejada gravemente por la escasez de combustible.<sup>99</sup> El tanque permitía una primera limpieza del caldo antes de llegar a la caldera de recibir o primera caldera de cocción; su punto de ebullición

**CUADRO 3 - Número de calderas y su peso en los ingenios de Canarias, Bahía (Brasil) y Morelos (México)**

Canarias (xvi)		Bahía (1700)		Morelos (1721)	
Calderas	(kg)	Calderas	(kg)	Calderas	(kg)
De recibir	335,3	De recibir	294,0	De recibir	428,0
De enmedio	302,2	De melar	441,0	De contrarrecibir	326,0
De melar	290,3	De escumas	441,0	De enmedio	382,0
De cocer	295,3	Parol de escumas	161,7	De contramelar	405,0
De escumas	306,8	De melado	220,5	De melar	360,0
Tachos (3)	203,3	Tachos (4)	529,2	Tachos (3)	275,0
Total	1.733,3	Total	2.087,4	Total	2.176,0

Fuentes: Canarias: AHPSCT. *Protocolos*, leg. 2.255, fol. 324. Bahía: Amaral Ferlini (2000), págs. 199-200. Morelos: Barrett (1978), p. 128.

96. Gambín García (2009), t. 2, pág. 168.

97. En 1546, el ingenio del Pedro de Lugo (La Orotava) tenía «cuatro calderas grandes asentadas e un parol grande e tres tachas», además de «una tina grande de madera para echar el caldo»; el de El Realejo en 1558 «cinco calderas grandes e un parol e tres tachas», además de «un tanque en que se recibe el caldo»; el de Taganana en 1578 «tres calderas grandes de cobre, la una de reseir y la otra de cozer e la otra de melar;... otra caldera grande que sirve para las escumas;... tres tachas de cobre, la una de resebir y la otra de cozer y la otra de batir con su gangorra», además del tanque de madera de barbuzano para recibir el caldo. Las referencias se encuentran y por el mismo orden en AHPT. *Protocolos notariales*, leg. 215, fol. 365 vto; leg. 3.378, fol. 87 vto, y leg. 51, fol. 178. Como vemos, las diferencias entre caldera y tasa se se deben a su diferente tamaño.

98. Cf. nota anterior.

99. Cf. *infra*.

ción se alcanzaba entonces con mayor premura y se reducía, por tanto, el consumo de leña.<sup>100</sup> Y aunque no conocemos la capacidad de este tanque de recibir, cabe suponer que debía ser similar a la caldera de recibir, pues tan pronto se vaciaba esta caldera, se llenaba del jugo almacenado en el tanque; ejercía, pues, igual función que una caldera de recibir, que en este ingenio tenía un peso de 335,3 kilos, de modo que si agregamos este valor al peso total de las calderas, las empleadas en la manufactura del *guarapo* producido por el ingenio canario en cada día de molienda tendría 2.068,6 kilos, es decir, un peso total similar al de las calderas de los ingenios de Bahía y Morelos.

La eficiencia del ingenio de dos cilindros horizontales dependía también de disponer del necesario combustible para manufacturar su producción de *guarapo* por *tarea*. Recordemos que el trapiche madeirense de tecnología mediterránea consumía una cantidad aproximada de 16 cargas de leña por día de molienda (1.920 kilos); pues bien, el nuevo ingenio canario gastaba un mínimo de cincuenta cargas (6.000 kilos).<sup>101</sup> que a una ratio de 15 kilos de leña por kilo de azúcar suponen una manufactura diaria de 400 kilos de azúcar, es decir, un promedio similar al de los dos ingenios que hemos citado. Comprendemos ahora el desastre ecológico ocasionado por este elevado consumo de combustible; así, en el caso de Gran Canaria, la principal isla productora de azúcar,<sup>102</sup> su masa forestal fue pronto insuficiente para atender la demanda de leña de los ingenios, por lo que sus industriales debieron importarla de otras islas.<sup>103</sup>

## Conclusiones

Los agentes de la agroindustria azucarera de Canarias introdujeron innovaciones que propiciaron la incorporación de la agroindustria a la era de la primera globalización al incrementar su oferta y reducir sus costes unitarios. La clave de esta modernidad fue institucional y también tecnológica, al basarse en una innovadora tecnología de molienda: el molino de dos cilindros horizontales. De invención canaria, sus molindas comenzaron a principios del siglo XVI y periclitaron poco antes de mediados de esta centuria al no contar a medio plazo con el apoyo de la naturaleza, pues el nuevo ingenio reque-

100. Debo esta nota a los Daniels (1988), que dieron esta interpretación al tanque de recibir citado por Hernández de Toledo (1615), fol. 57 rto.

101. El administrador del ingenio de Agaete fijó un promedio de sesenta cargas por *tarea*, en cuya cantidad «entran los refinados e otras cosas en que se gastan leña en dicho ingenio». Cf. Gambín García (2009), t. II, págs. 7-8. Podemos entonces suponer un gasto aproximado de cincuenta cargas en la elaboración del azúcar.

102. Macías Hernández (2002), pág. 172.

103. La destrucción de la masa forestal por este motivo puede verse en Santana Santana (2001).

ría una superficie cañera extensa y bien irrigada, abundante agua para mover su rueda hidráulica vertical de admisión superior y elevadas cantidades de leña para sus calderas, y tales requerimientos tenían un límite muy preciso en las Canarias.

La ruina azucarera insular llegó cuando este ingenio de cilindros horizontales dispuso de una frontera cañera indiana que atendía plenamente dichas exigencias. Operarios canarios lo introdujeron en la región caribeña a partir de la segunda década del siglo XVI,<sup>104</sup> así como en el Brasil a partir de 1570, y los datos aportados por Schwartz confirman su mayor eficiencia en la tierra americana. La producción media anual del ingenio brasileño de la década de 1580 era de 88,2 toneladas,<sup>105</sup> esto es, superior a las 60 toneladas del ingenio canario. Pero aquel ingenio brasileño no era otro que el canario si consideramos que su producción media por *tarea* (400 kilos) era muy próxima a la del primero (477 kilos).<sup>106</sup> Trasplantado, pues, el ingenio canario al fértil suelo de Bahía, disponía ahora de agua, así como de la caña y la leña necesarias para maximizar su capacidad de molienda en una *zafra* que duraba aquí doscientos setenta días como promedio;<sup>107</sup> y en tales condiciones, este ingenio de dos cilindros horizontales podía manufacturar 108 toneladas anuales de azúcar.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMARAL FERLINI, V. L. (2000), «Uma fabrica colonial: trabalho e técnica nos engenhos brasileiros». *História e tecnologia do açúcar*, Região Autónoma da Madeira, Funchal, págs. 183-205.
- AZEVEDO E SILVA, J. M. (1995), *A Madeira e a Construção do mundo Atlântico (Séculos XV-XVII)*. Região Autónoma da Madeira, Funchal.
- AZNAR VALLEJO, E. (1981), *Documentos canarios en el Registro del Sello (1476-1517)*. La Laguna: Instituto de Estudios Canarios.
- (1983), *La integración de las Islas Canarias en la Corona de Castilla (1478-1520)*. La Laguna: Universidad de La Laguna.
- BARRETT, W. (1977), *La hacienda azucarera de los marqueses del Valle, México: Siglo XXI*.
- BERNAL, A. M.; MACÍAS, A. M. (2007), «Canarias, 1400-1936. El modelo de crecimiento en perspectiva histórica». *Economía e Insularidad (siglos XIX-XX)*, Santa Cruz de Tenerife: Universidad de La Laguna, t. i, págs. 13-51.
- CAMACHO Y PÉREZ GALDÓS, G. (1961), «El cultivo de la caña de azúcar y la industria azucarera en Gran Canaria (1510-1512)». *Anuario de Estudios Atlánticos*, núm. 7, págs. 11-70.

104. Rodríguez Morel (2000), págs. 120-121.

105. Schwartz (2005), págs. 92.

106. Schwartz (1985), pág. 112.

107. Schwartz (1985), págs. 101.

- DANIELS, J.; DANIELS, C. (1988), «The origin of the sugarcane Roller mill». *Technology and Culture*, vol. 29, págs. 493-535.
- FERNÁNDEZ-ARMESTO, F. (1997), *Las Islas Canarias después de la conquista. La creación de una sociedad colonial a principios del siglo XVI*. Las Palmas de Gran Canaria: Cabildo Insular de Gran Canaria.
- FRUTUOSO, G. (1966), *Las islas Canarias (de Saudades da Terra)*. La Laguna: Instituto de Estudios Canarios.
- Galván Alonso, D. (1990), *Protocolos de Bernardino Justiniano (1526-1527)*. La Laguna: Instituto de Estudios Canarios, 2 vols.
- GAMBÍN GARCÍA, M. (2009), *El ingenio de Agaete. Oro dulce en Gran Canaria a comienzos del siglo XVI*. Santa Cruz de Tenerife: Oristán y Gociano Editores, 2 vols..
- GARCÍA TAPIA, N. (1994), «La introducción de la técnica en América: ingenios de azúcar». En NAVARRO BROTONS, V.; SALAVERT, V. L. (coords.): *Actes de les II Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Peñíscola: Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, págs. 253-262.
- GLICK, T. (1990), «Regadío y técnicas hidráulicas en Al-Andalus». En *La caña de azúcar en tiempos de los grandes descubrimientos (1450-1550)*. *Actas del Primer Seminario Internacional*. Granada: Ayuntamiento de Motril, págs. 83-98.
- GONZÁLEZ TASCÓN, I. (1992), *Ingeniería española en Ultramar (siglos XVI-XIX)*. Madrid: Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo.
- GONZÁLEZ TASCÓN, I.; FERNÁNDEZ PÉREZ, J. (1990a), *La agricultura viajera. Cultivos y manufacturas de plantas industriales y alimentarias en España y en la América virreinal*. Madrid: CSIC.
- GONZÁLEZ TASCÓN, I.; FERNÁNDEZ PÉREZ, J. (1990b), «El azúcar en el viejo mundo. El impacto en su elaboración». En *La caña de azúcar en tiempos de los grandes descubrimientos (1450-1550)*. *Actas del Primer Seminario Internacional*. Granada: Ayuntamiento de Motril.
- GREENFIELD, S. M. (1989), «Sugar cane in the atlantic islands». En *La caña de azúcar en tiempos de los grandes descubrimientos (1450-1550)*. *Actas del primer seminario internacional*. Granada: Ayuntamiento de Motril, págs. 59-82.
- HERNÁNDEZ DE TOLEDO, F. (1615), *Quatro libros de la naturaleza y virtudes de las plantas y animales que están recevidos en el uso de la medicina en la Nueva España, y la Methodo y corrección y preparación que para administrallas se requiere con lo que el doctor Francisco Hernandez escrivio en lengua Latina...* México.
- LOBO CABRERA, M. (1996), «Esclavitud y azúcar en Canarias». En *Escravos com e sem açúcar*. Região Autónoma da Madeira, Funchal, págs. 111-117.
- LOBO CABRERA, M. (2000), «El ingenio en Canarias». En *História e tecnologia do açúcar*. Região Autónoma da Madeira, Funchal, págs. 105-115.
- LOBO CABRERA, M. (2006), «Pesas y medidas del azúcar en Canarias». En *Histórica do açúcar. Fiscalidade, Metrologia, Vida material e Património*. Região Autónoma da Madeira, Funchal, págs. 33-44.
- MACÍAS HERNÁNDEZ, A. M. (1992), «Expansión europea y demografía aborigen. El ejemplo de Canarias». *Boletín de la Asociación de Demografía Histórica*, núm. 2, pág. 63.

- MACÍAS HERNÁNDEZ, A. M. (2000a), «Génesis de una economía de base monetaria: Canarias, 1300-1550». En BERNAL, A. (ed.): *Dinero, moneda y crédito en la monarquía hispánica*. Madrid: Marcial Pons Historia, págs. 43-59.
- MACÍAS HERNÁNDEZ, A. M. (2000b), «La viticultura canaria. Orto y ocaso, 1500-1850». En MALDONADO ROSSO, J.; RAMOS SANTANA, A. (eds.): *Actas del I Encuentro de Historiadores de la Vitivinicultura Española*. Puerto de Santa María, págs. 319-343.
- ROSSO, J.; RAMOS SANTANA, A. (eds.) (2002), «Canarias, 1480-1550. Azúcares y crecimiento económico». En *História do açúcar. Rotas e mercados*. Região Autónoma da Madeira, Funchal, págs. 157-191.
- ROSSO, J.; RAMOS SANTANA, A. (eds.) (2009), «La colonización europea y el derecho de aguas. El ejemplo de Canarias». *Hispania*, núm. 233, págs. 715-738.
- ROSSO, J.; RAMOS SANTANA, A. (eds.) (2010), «Una revisión necesaria. El diezmo de la primera agroindustria azucarera del Atlántico, 1483-1543». *Anuario de Estudios Atlánticos*, núm. 56, págs. 9-10.
- MALPICA CUELLO, A. (2000), «El medio físico y sus transformaciones a causa del cultivo de la caña de azúcar en época medieval. El caso de la costa de Granada». En *História e tecnologia do açúcar*. Região Autónoma da Madeira, Funchal, págs. 87-104.
- MORREALE, A. (2006), *Insula dulces. L'industria Della canna da zucchero in Sicilia (secc. XV-XVII)*. Nápoles: Edizioni Scientifiche Italiane.
- PÉREZ VIDAL, J. (1973), *La cultura de la caña de azúcar en el Levante español*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- REYNOLDS, TERRY S. (1983), *Stronger than a hundred men: a history of the vertical water wheel*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- RIVERO SUÁREZ, B. (1990), *El azúcar en Tenerife*. La Laguna: Instituto de Estudios Canarios.
- RODRÍGUEZ MOREL, G. (2000), «La economía azucarera de la Española en el siglo XVI». En *Histórica y tecnología do açúcar*, págs. 140-143.
- SANTANA SANTANA, A. (2001), *Evolución del paisaje en Gran Canaria (siglos XV-XIX)*. Las Palmas de Gran Canaria: Cabildo Insular de Gran Canaria.
- SCHWARTZ, S. B. (1985), *Sugar Plantations in the Formation of Brazilian Society: Bahia, 1550-1835*. Nueva York: Cambridge University Press.
- SCHWARTZ, S. B. (2005), «A Commonwealth within itself. The early Brazilian Sugar Industry, 1550-1670». *Revista de Indias*, núm. 5, págs. 79-116.
- SERRA RÁFOLS, E. (1978), *Las datas de Tenerife*. La Laguna: Instituto de Estudios Canarios.
- SOROA Y FERNÁNDEZ DE LA SOMERA, J. M.; de CASTRO Y GONZÁLEZ, C. F. *Manual del constructor*. Madrid: Bailliere e Hijos, 1904.
- VIEIRA, A. (2000), «A Madeira, a expansão e história da tecnologia do açúcar». En *História e tecnologia do açúcar*. Região Autónoma da Madeira, Funchal, págs. 7-27.
- VIEIRA, A. (2004a), *Canavais, açúcar e aguardente na Madeira. Séculos xv a xx*. Região Autónoma da Madeira, Funchal.

- VIEIRA, A. (2006), «Adminitração e directos fiscais no sector aúcareiro. Madeira, séculos XV a XX». En *Histórica do açúcar. Fiscalidade, Metrologia, Vida material e Património*. Região Autónoma da Madeira, Funchal, págs. 47-76.
- VELÁZQUEZ, M. (2003), *Directorio de la Casa Fuerte de Adeje por los años 1654 a 56*. Santa Cruz de Tenerife: Ayuntamiento de Adeje.
- VIÑA BRITO, A. (1997), *Conquista y repartimiento de la isla de La Palma*. Santa Cruz de Tenerife: Búho Ediciones.
- VIÑA BRITO, A. (2014), «El azúcar como eje vertebrador de la sociedad canaria del siglo XVII». En Viña Brito, A. (ed.): *Azúcar y mecenazgo en Gran Canaria. El oro de las Islas, siglos XV-XVI*. Las Palmas de Gran Canaria: Cabildo de Gran Canaria, págs. 13-50.



### ***Sugarcane Industry and Technology. The horizontal roller mill***

#### ABSTRACT

The horizontal roller mill was the first great innovation of the sugarcane industry. The new machine for grinding canes to extract the juice increased the industrial productivity of this industry and reduced sugar prices. Therefore, this innovation facilitated the transition of the productive process, from the small Mediterranean garden to the large American estate, and it was then that the sugar supply could be incorporated into the first global economic era. This article shows that this new industrial technology had its origins in the Canary Islands at the beginning of the sixteenth century, and how the island workers transferred it later from there to the other side of the Atlantic.

KEYWORDS: sugarcane industry, industrial history, technology history, horizontal roller mill, Canary Islands

JEL CODES: O13, O33



### ***Tecnología e industria azucarera. El molino de cilindros horizontales***

#### RESUMEN

El molino de cilindros horizontales fue la primera gran innovación de la agroindustria azucarera. La nueva máquina de moler las cañas para extraer su jugo incrementó la productividad industrial de esta agroindustria y redujo los precios del azúcar. La innovación facilitó, por consiguiente, su proceso de transición productiva, de pequeño jardín mediterráneo a latifundio americano, y fue entonces cuando la oferta azucarera pudo incorporarse a la era de la primera globalización. Este artículo demuestra que la nueva tecnología industrial tuvo su origen en Canarias a principios del siglo XVI, y desde aquí fue luego trasladada por operarios isleños al otro lado del Atlántico.

PALABRAS CLAVE: Agroindustria azucarera, historia industrial, historia de la tecnología, ingenio de cilindros, islas Canarias

CÓDIGOS JEL: O13, O33