



HISTORIA INDUSTRIAL

ECONOMÍA Y EMPRESA

67

Año XXVI
2017-1



A. M. MACÍAS, *Tecnología e industria azucare-*

ra. J. ASTIGARRAGA; J. ZA-

BALZA, *José Joaquín de Mora y la*

divulgación de la doctrina económi-

ca liberal en Latinoamérica. X. G.

BARBER, *La industria cervecera*

barcelonesa, 1870-1913.

A. MAÑÉ, *The success*

of the Anglo-Maikop Corporation.

F. PORTELLA-CARBÓ, *El paro*

de masas en España (1959-2014).

G. HERRERA, *El ciclo de desin-*

dustrialización en la Argentina.





SUMARIO

ARTÍCULOS

Tecnología e industria azucarera. El molino de cilindros horizontales	13
ANTONIO M. MACÍAS HERNÁNDEZ	
José Joaquín de Mora y la divulgación de la doctrina económica liberal en Latinoamérica en los inicios del siglo XIX.	39
JESÚS ASTIGARRAGA, JUAN ZABALZA	
Modernización tecnológica y cambio empresarial en la industria cervecera barcelonesa, 1870-1913. Un enfoque chandleriano.	69
XAVIER GARCIA BARBER	
The Success of the Anglo-Maikop Corporation Within the Fiasco of the Maikop “Oil Rush”	95
AURÈLIA MAÑÉ ESTRADA	
El paro de masas en España (1959-2014): la estructura productiva en la integración al capitalismo global	125
FERRAN PORTELLA-CARBÓ	
El ciclo de desindustrialización en la Argentina y sus consecuencias estructurales. Un análisis de la etapa 1976-2010	159
GERMÁN HERRERA BARTIS	

RESEÑAS

Lluïsa Pla i Toldrà, <i>Els Girona. La gran burgesia catalana del segle XIX</i> . .	195
por Martín Rodrigo y Alharilla	

José Francisco Rangel, Carlos Manuel Faísca, Sonia Bombico y Pedro Mourisco, <i>El alcornocal y el negocio corchero: una perspectiva histórica e interdisciplinar. O montado de sobro e o sector corticeiro: uma perspectiva histórica e transdisciplinar</i>	197
por José Ignacio Jiménez Blanco	
Vicente Pérez Moreda, David-Sven Reher y Antonio Sanz Gimeno (eds.), <i>La conquista de la salud: mortalidad y modernización en la España contemporánea</i>	201
por Gregori Galofré-Vilà	
Pablo Díaz Morlán, <i>Empresarios, militares y políticos. La Compañía Española de las Minas del Rif (1907-1967)</i>	205
por Rafael Castro Balaguer	
Amara M. Florido Castro, <i>Patrimonio Histórico Industrial de Gran Canaria</i>	209
por José Iván Bolaños	
Keetie Sluyterman (ed.), <i>Varieties of Capitalism and Business History-The Dutch Case</i>	213
por Susanna Fellman	
Pablo Gutiérrez González, <i>El control de divisas durante el primer Franquismo. La intervención del reaseguro (1940-1952)</i> ,	217
por Jerònia Pons Pons	
Fernando Rodríguez, <i>Vidrala, 50 años de pasión por el vidrio</i>	221
por Esther M. Sánchez Sánchez	

ARTÍCULOS

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 Medievo 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.¹

La primera técnica empleada para obtener el *guarapo* en las áreas cañeras del Mediterráneo reproducía la de la molienda de la aceituna.² 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.³

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.⁴ 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 Toledo⁵ 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 açúcar 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.⁶ 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.⁷ 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.⁸

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.⁹ 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,¹⁰ 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*.¹¹ 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.¹²

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 plantío¹³— 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,¹⁴ 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,¹⁵ 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—¹⁶ 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,¹⁷ siendo este promedio próximo al del *trappeto* siciliano del siglo xv¹⁸ 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,¹⁹ y ahora sabemos con total solvencia, gracias al humanista italiano Giulio Landi, que las cañas se molián según la tecnología mediterránea,²⁰ presente también en la isla de San Miguel (Azores).²¹ 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 Jasmin 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—,²² 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»,²³ que equivaldrían aproximadamente a 1.920 kilos.²⁴

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;²⁵ 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.²⁶ 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;²⁷ 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.²⁸ 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.²⁹ 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 indígena,³⁰ y a las terrazas de cultivo, presas de derivación, canales y estanques que construyó la cultura neolítica de este primer ocupante del territorio insular.³¹

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 monetarización) 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,³² redujo la carga fiscal³³ 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.³⁴

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 1480,³⁵ 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 1500,³⁶ 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),³⁷ irrigada con una azada de agua por sus dulas o turno de riego,³⁸ y su múltiplo, la caballería de regadío o suerte de 8.000 brazas cuadradas (2,75 hectáreas).³⁹ 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,⁴⁰ 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 açúcar, en que aya en cada un año 2.000 arrovas de açúcar..., esto es porque el dicho Blasino se obliga de hazer allí un yngenio..., el qual sea tal que pueda moler... 2.000 arrovas de açúcar de los vecinos que oviere en Taoro por su maquila, como es uso e costumbre en estas islas de Canaria.⁴¹

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)⁴² y propietario de tres complejos agroindustriales en la primera isla y uno en la segunda—⁴³ 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)⁴⁴ 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 1517.⁴⁵ Y mientras la historiografía internacional recogía esta nota, aunque sin demasiado éxito,⁴⁶ la insular ha defendido hasta la fecha que el cañaveral canario se molía con la tecnología mediterránea,⁴⁷ es decir, ha seguido anclada en la tesis de Pérez Vidal,⁴⁸ 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. I, 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.⁴⁹

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).⁵⁰ Así ocurrió en el caso del *ingenio viejo* del valle de Agaete (Gran Canaria).⁵¹ 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».⁵² 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 barbusano prieto con objeto de reforzar su resistencia al paso de las cañas durante su trituración,⁵³ 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 Ráfols (1978), pág. 230.

51. Esta hacienda fue la primera del artífice 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, avecindado 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 barbusano (*Apollonia barbujana*) son árboles propios de los bosques de laurisilva de la región macaronésica (Madeira y Canarias) y sus maderas tienen gran dureza.