

**EL PROGRESO DEL AZÚCAR ES EL PROGRESO
DE CUBA. LA INDUSTRIA AZUCARERA Y LA
ECONOMÍA CUBANA A PRINCIPIOS DEL SIGLO
XX DESDE EL ANÁLISIS DE UNA FUENTE:
*EL AZÚCAR. REVISTA INDUSTRIAL
TÉCNICO-PRÁCTICA*¹**

Antonio Santamaría García

ABSTRACT

After Cuba's war for independence (1895-1898) its sugar industry, in addition to recovering from the war's effects, continued adjusting to the strong technological-organizational change that it experienced during the late nineteenth century. The reason for this change was international competition, but the way in which it was implemented responded to specific factors: relative supply of inputs, the abolition of slavery, and the accelerating effect that the independence war and a trade agreement with the United States—which occupied the island between 1900-1902—had on said change. These factors explain why sugar mills equipped themselves with unusual capabilities as a means to support the growth in their supply, which was allowed by the United States markets, maximizing their efficiency. Because the sugar mill is a continuous process technology in which any modification entails organizational problems, such conditions gave an even greater importance to the adjustment, since making the innovations profitable depended on successful implementation of the incorporated technologies. The subject requires a detailed analysis, however, it has only been studied from its results due to a lack of sources. There is, however, a review edited between 1900-1902 which allows for investigation of the problem from the transformations, and, with further studies and data, determine their effect.

Keywords: Cuba, 1894-1913, sugar agro-industry, technological change, progress, comparative studies

RESUMEN

Tras la guerra de independencia de Cuba (1895-1898) la industria azucarera cubana, además de recuperarse de su efecto, prosiguió el ajuste del fuerte cambio tecnológico-organizativo que experimentó a finales del siglo XIX. La razón de éste fue la competencia, pero el

modo en el que se hizo respondió a factores específicos: la dotación relativa de insumos, la abolición de la esclavitud, el efecto acelerante que tuvo en dicho cambio la guerra y un tratado comercial con Estados Unidos, que ocupaba entonces la isla. Estos factores explican que los ingenios se dotasen de capacidades insólitas en el mundo para afrontar el crecimiento de su oferta que permitía el mercado norteamericano, maximizando su eficiencia. Como el ingenio es una tecnología de proceso continuo en la que cualquier modificación acarrea problemas organizativos, tales condiciones otorgaron una importancia aún mayor al ajuste, pues rentabilizar las innovaciones dependió del acoplamiento de la tecnología incorporada. El tema requiere un análisis pormenorizado, no obstante, sólo se ha estudiado desde sus resultados debido a la falta de fuentes. Existe, sin embargo, una revista editada entre 1900-1902, que posibilita investigarlo desde las transformaciones y, con estudios y datos ulteriores, determinar su efecto.

Palabras clave: Cuba, 1894-1913, agro-industria azucarera, cambio tecnológico, progreso, estudios comparados

RÉSUMÉ

Après la Guerre de l'Indépendance de Cuba (1895-1898), malgré les conséquences de cette guerre, l'industrie sucrière cubaine a continué à réaliser des changements technologiques nécessaires à la fin du XX siècle en raison de compétition. Elle a aussi répondu à des changements de manière spécifique en se dotant de sa propre infrastructure, en abolissant l'esclavage, les conséquences de la guerre, ainsi qu'en créant un accord commercial avec les Etas Unis qui à cette époque occupait toute l'île. L'industrie du sucre s'est dotée d'une infrastructure innovante afin d'augmenter sa production et de répondre à la demande du marché nord-américain. Les progrès techniques ont engendré des problèmes d'organisation, qui ont poussé l'industrie à opéré des changements importants. Ceci a permis aux industries d'être plus innovants et plus rentables. Le thème requière une analyse profonde mais il faut souligner le manque de ressources a ce sujet. Cependant, il est possible de réaliser une étude plus profonde à partir des transformations et des donnés présentés dans une revue publier entre 1900 et 1902.

Mots-clés : Cuba, 1894-1913, sucrière agro-industriel, changement technologique, progrès, études comparées

Recibido: 12 septiembre 2012 Revisión recibida: 8 julio 2014 Aceptado: 10 julio 2014

Ingenios./ Apenas exprimían del dulcísimo jugo [...] / Era el tiempo ignorante [...]. Centrales./ Obra de complicadas compañías anónimas/ [..., son] pulpos diabéticos de absorber dulzura/ [...]y exprimen menos jugos a las cañas/ que[...] sacan a las entrañas/ del colono (Acosta 1926).

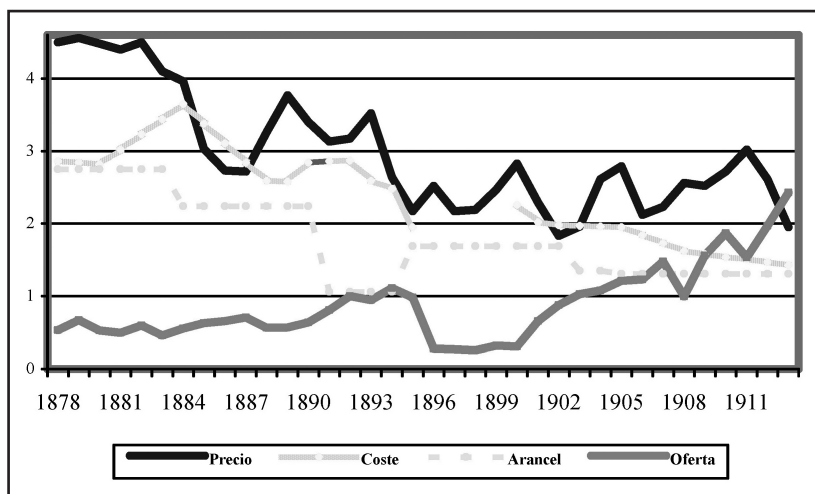
Entre 1895 y 1898 se libraba en Cuba una guerra por la independencia que acabaría con la intervención de EE. UU. y un gobierno de ocupación que duró hasta 1902. Durante el siglo XIX la economía insular se había especializado en producir azúcar y sus exportaciones se concentraban en EE. UU. y desde la década de 1870, sus ingenios experimentaban una vasta transformación tecnológico-organizativa para adaptarse a la abolición de la esclavitud, que hasta 1886 fue su fuerza de trabajo y, posteriormente, para adoptar las tecnologías de la segunda revolución industrial y emplear inmigrantes como recurso laboral. Esas condiciones obligaban a una concentración horizontal de la producción y a la descentralización de la oferta de caña.

Al comenzar el siglo XX, los ingenios cubanos se recuperaban de la guerra de independencia y proseguían su transformación. Como en el período previo, aunque la razón de dicha transformación fue mantener su competitividad, el modo en el que se hizo respondió a factores específicos. La dotación relativa de insumos y el efecto acelerante que tuvieron en ella el citado conflicto y tratados con EE. UU. explican que los ingenios se dotasen de grandes capacidades para afrontar el crecimiento de su oferta permitido por el mercado norteamericano, maximizando así su eficiencia. Como el ingenio es una tecnología de proceso continuo, en la que cualquier modificación acarrea problemas organizativos, tales condiciones otorgaron una importancia aún mayor al ajuste, ya que rentabilizar las innovaciones dependió de su acoplamiento. El tema, por tanto, precisa un análisis pormenorizado, pero sólo se ha investigado desde sus resultados debido a la falta de fuentes. Existe, sin embargo, una revista editada entre 1900 y 1902, que posibilita hacerlo desde las transformaciones, y cotejada con estudios y datos ulteriores, determinar su efecto. Que éstas tuviesen como objetivo satisfacer la demanda estadounidense, además, facilita establecer la cronología. En 1913 se lograba ese objetivo: la oferta azucarera cubana crecía entonces más que el consumo de EE. UU., aunque no hubo que reducirla. Al contrario, la guerra mundial permitía duplicarla en pocos años y la transformación iniciada a finales del siglo XIX dejaba paso a otra más intensa y con características distintas (Santamaría 2002:19-41).

El proceso del azúcar. Los centrales cubanos, 1900

Como muestra el Gráfico 1, el resultado de transformación de los ingenios cubanos a finales del siglo XIX fue un fuerte crecimiento en su oferta, pero sólo después de 1891, cuando un tratado facilitó exportarla

Gráfico 1. Oferta azucarera cubana (millones de toneladas), precio, coste y arancel de EE.UU. (centavos de dólar/@), 1885-1913.



Fuentes: Santamaría; García Mora (2005), "Coste" (1900:201), *Industria* (1907-1914) y Santamaría (2002).

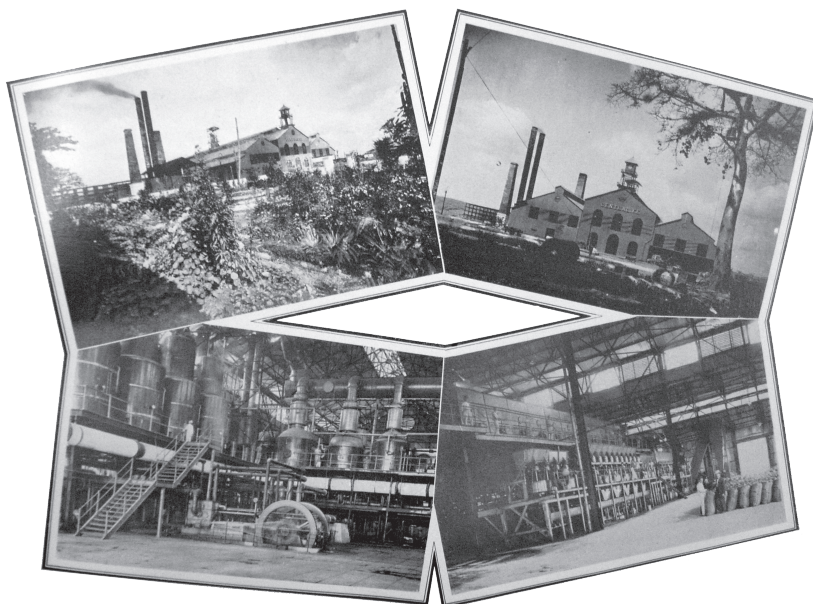
a EE. UU., que se había convertido en su principal cliente y en el único capaz de absorber el aumento de la producción posibilitado por dicha transformación, y de lo que dependía rentabilizar las inversiones en ella. En 1895 no se renovó el tratado y comenzaba el conflicto independentista. La oferta de dulce caña de 1.111.000 a 259.000 toneladas entre 1894 y 1898,² aunque tras el armisticio y el acuerdo comercial cubano-estadounidense de 1902, recobraba los niveles perdidos y en 1913 los duplicaba.³

La centralización de los ingenios cubanos, llamados centrales desde entonces, resultó de la necesidad de renovarse a la par con la competencia, pero la elección entre técnicas posibles respondió a condiciones específicas. Hasta la abolición en 1886, trabajaron con esclavos. Luego, la escasez demográfica obligó a importar braceros entre noviembre y mayo (después las lluvias impiden la zafra) y a recurrir a la migración masiva que comenzaba entonces en el mundo.⁴ Ahora bien, para inmigrantes y criollos, dueños de ingenios demolidos y ex-esclavos, era preferible trabajar la tierra que emplearse por un sueldo; por eso, a la vez que se concentró la oferta azucarera, se descentralizó la de caña en manos de colonos, que además compartieron los altos costes laborales y de sobreproducción de gramínea que, como veremos, precisaron los centrales, aunque también requirieron el establecimiento de condiciones de monopsonio para evitar que los agricultores fijasen el precio de la

materia prima e imponerles el régimen de abastecimiento, clave de una molienda eficiente.

El ingenio (Figura 1) es una tecnología de proceso continuo, lo que implica que todo cambio en una parte precisa ajustes en el resto o causa estrangulamientos. Su eficiencia, por tanto, es un problema organizativo, y como además es una agro-manufactura, afecta tanto a las labores de campo como a las industriales (Dye 1998). En efecto, su mecanización empezó hacia 1790, con aceñas metálicas accionadas por vapor que luego se generalizarían e incrementarían la capacidad de molienda y la pureza del jugo licuado de la caña, lo que obligó a aumentar y acelerar el abastecimiento de ésta mediante ferrocarriles a partir de 1835 y a adoptar evaporadores al vacío a partir de los años cuarenta para obtener más y mejores mieles del jugo.⁵ Finalmente, la tecnificación se completó desde la década de 1870 con centrífugas, que permitieron extraer en minutos —antes demoraba varios días— más sacarosa de la miel (Figuras 5, 6 y 7), estandarizaron el azúcar y desplazaron velozmente del mercado al cristalizado por otros métodos.⁶

Figura 1. Central Fe (Camajuaní, Cuba), 1913.



Fuente: *Portfolio* (1915:193).

Los cambios tecnológicos procuraron optimizar la dotación relativa de insumos: abundancia de tierra y caña, y escasez de trabajo y energía, pues Cuba adolecía de recursos combustibles y sus ingenios agotaron

Cambios tecnológicos y ajustes en los centrales

Para facilitar la comprensión del análisis de los cambios tecnológicos en los ingenios cubanos a principios del siglo XX, se deben explicar sucintamente primero el proceso fabril del azúcar y los equipos utilizados. La caña, una vez llevada al central, se lamina o acondiciona en máquinas preparadoras para facilitar su triturado, que se realiza en un trapiche o varios, colocados en sucesión (doble, triple molida). El deshecho o bagazo es luego macerado (imbibición) o disuelto (difusión) para recobrar jugos residuales. El guarapo extraído por ambos procedimientos es aclarado en clarificadoras y defecadoras mediante uso de cal y el que queda remanente en el desperdicio o cachaza se recupera en parte en cachaceras (Figuras 1, 2 y 7).

El guarapo clarificado es normalmente filtrado y después se evapora al vacío en tachos colocados en sucesión (múltiple efecto), donde va ganando concentración. La melaza obtenida así, con un contenido en azúcar que ya supera el 80%, se cristaliza en movimiento en centrífugas, de las que se extrae azúcar de primera (96% de pureza) y mieles menos ricas que se mezclan con la anterior y se vuelven a centrifugar para recobrar sacarosa remanente en ellas (Figuras 2 y 7).

Los procedimientos anteriores fueron resultado de cambios tecnológicos progresivos a lo largo del siglo XIX que mecanizaron los ingenios y mejoraron su eficiencia, pero también generaron problemas de ajuste que se fueron resolviendo más despacio y que, en el inicio del siglo XX, eran el reto más importante al que se enfrentaron los dueños, gerentes y personal cualificado de los ingenios, sobre todo en los múltiples casos en los que fue posible elegir entre diversas soluciones en función del capital disponible y las condiciones de cada fábrica.

El principal problema del estudio de los cambios tecnológicos es precisar, entre los que detalla la literatura *recomendativa* o los registros de patentes, cuáles se aplicaron, cómo, su eficacia y si hubo imperfecciones en su implementación o uso. Por las razones citadas, en el caso de los ingenios cubanos después de 1898, la cuestión es aún más compleja debido a que el período no se caracterizó por grandes transformaciones, sino por su referido ajuste, pero de lo que dependía la eficiencia de aquéllas, pues, como se ha visto, las innovaciones generalizadas en años anteriores permitían obtener rendimientos a escala cuando se optimizaba su elevada capacidad de oferta.

Dye (1998), autor del mejor estudio sobre el tema, dice que producir en masa en tecnologías de proceso continuo tiene costes de ajuste consistentes en que los nuevos centrales subutilizaron su capacidad hasta que coordinaron todo su engranaje fabril, lo que retrasó el *capital vintage* y permitió sobrevivir a ingenios poco eficientes, mientras los más

modernos maximizaban su oferta y costes. Por eso, y debido a que la caña debe molerse *in situ*, no puede exportarse sin procesar, ya que 24 horas después de su corte empieza a fermentar, el conocimiento tecnológico en la industria azucarera se genera *learning by doing* y fluye en un doble sentido, lo que refuta la tesis de Lewis (1971) sobre que en los trópicos se transfiere desde los importadores de sus cultivos.⁷

Dye (1998) dice que por las razones citadas los centrales cubanos fueron líderes tecnológicos mundiales. Su dotación relativa de insumos determinó su elección de técnicas que, por tanto, se orientó a optimizar la abundancia de caña, descentralizar su oferta y ahorrar trabajo y energía instalando más capacidad que la competencia. Esto parece confirmar las tesis de Deerr (1915) o Maxwell (1927) sobre que “su objetivo fue la capacidad, no la extracción”, sin embargo, Santamaría (2002) señala que molían cepas un 5% menos ricas que los javaneses o hawaianos, con agriculturas más intensivas, pero extraían un 8% más de jugo, lo que refuta el aserto de Moreno Friginals (1978:2, 192) acerca de que descuidaron la agricultura, basado en que el rendimiento se estancó en 500 toneladas/hectárea, aunque el cubano Reynoso (1865) ideó el método de aumentarlo más aplicado internacionalmente. Con igual argumento que Dye, Santamaría muestra que no habría sido racional hacerlo, pues aún así quedaba cada año en el campo un 10% de caña sin moler. Usando datos de *Revista de Agricultura* (1879-1901) —la mejor publicación especializada decimonónica—, del censo tecnológico *Portfolio* (1915) y de obras de ingeniería y agronomía de la época,⁸ Santamaría prueba que el esfuerzo se concentró en proporcionar a los centrales caña suficiente y de óptima calidad durante los distintos momentos de la zafra, vigilando el deshierbe, fumigado y selección de los tiempos de plantación y corte.

Aparte de estimar que el 18% de su rendimiento dependía de la agricultura, Santamaría (2002) prueba que la subutilización de capacidades afectó a cuantos centrales adoptaron innovaciones, no sólo a los nuevos, matiz relevante, pues la oferta azucarera cubana creció mediante la ampliación de dichas capacidades. Entre 1903 y 1913 pasó de 5.800 a 15.800 toneladas por fábrica, pero de las 176 operativas sólo 21 se crearon después de 1898, y aunque eran mayores y elaboraban el 25% de la zafra, el 57% del aumento de ésta desde 1894 lo aportaron ingenios que ya existían entonces.⁹ Dye (1998) señala como razón las condiciones de monopsonio que obligó a establecer su descentralización vertical, consistentes en evitar que los colonos vendiesen su caña a más de un central, alejándolos unos de otros, en fuertes inversiones en tierra, ferrocarril privado y crédito agrario, con el fin de que fuesen arrendatarios de las compañías industriales más que propietarios, tuviesen deudas con ellas y transporte hasta sus molinos. Dice también que eso fue más fácil en la mitad este insular, recién abierta a la explotación cañera, carente de una

red pública alternativa de trenes como la tendida en el oeste desde 1837, y donde el 37% de los ingenios se erigirían después de 1898 y producirían un 260% más que los fundados antes. En occidente los nuevos eran el 4% y su oferta sólo un 48% mayor que en los antiguos (Cuadro 1, Mapa 1).¹⁰

Cuadro 1. Ingenios cubanos. Ubicación, fundación y producción (toneladas), 1913.

		Número		Capacidad/ingenio	
Cuba	Totales	176	100%	15.800	100%
	Anteriores 1898	155	88%	14.500	92%
	Posteriores 1898	21	12%	31.800	201%
Occidente	Totales	137	78%	14.000	89%
	Anteriores 1898	131	74%	13.600	86%
	Posteriores 1898	7	4%	20.100	127%
Oriente	Totales	38	22%	22.200	141%
	Anteriores 1898	24	14%	13.100	83%
	Posteriores 1898	14	8%	48.000	304%

Fuentes: Para los ingenios y su ubicación Santamaría (2002); para su capacidad, *Portfolio* (1915).

Las obras citadas estudian el cambio tecnológico en los centrales de Cuba después de 1898 por su resultado, no su proceso, que es lo que interesa analizar por ser lo característico de un período de ajuste de las innovaciones generalizadas anteriormente y por depender su eficiencia de la coordinación de toda la cadena productiva. Además en la industria azucarera insular esto fue más complejo que en otras debido a la aceleración de su *modernización* por el conflicto independentista, al capital recibido de EE.UU. y posibilidades de exportar a su mercado abiertas por el tratado de 1902, y a los problemas organizativos derivados de la elección de técnicas conforme a la dotación de insumos. Los mayores centrales del mundo, con extensos latifundios y ferrocarriles privados y surtidos de caña por terceros, tuvieron problemas organizativos igualmente mayores.

Desde 1920 la industria azucarera cubana sufrió una situación similar. Debió conciliar el ajuste de la duplicación de su capacidad de oferta durante la guerra mundial con una crisis de demanda y precios, agravada por la recesión de 1930, y con una creciente protección y cartelización del mercado, que provocaron su regulación estatal. Zanetti (2009) la estudia desde sus transformaciones, que fueron pequeñas y prácticas (contaron con poco capital), aunque efectivas. El inicio del siglo XX

amerita análisis análogo, pero carece de las fuentes disponibles para años postreros, pues hasta 1905 no hay series estadísticas desagregadas por ingenio y las publicaciones técnicas periódicas se demoraron más. Ahora bien, hay una apenas explotada, cuyo contraste con estas últimas y con los estudios del tema permite explorar con detalle y fiabilidad el ajuste tecnológico y su efecto.

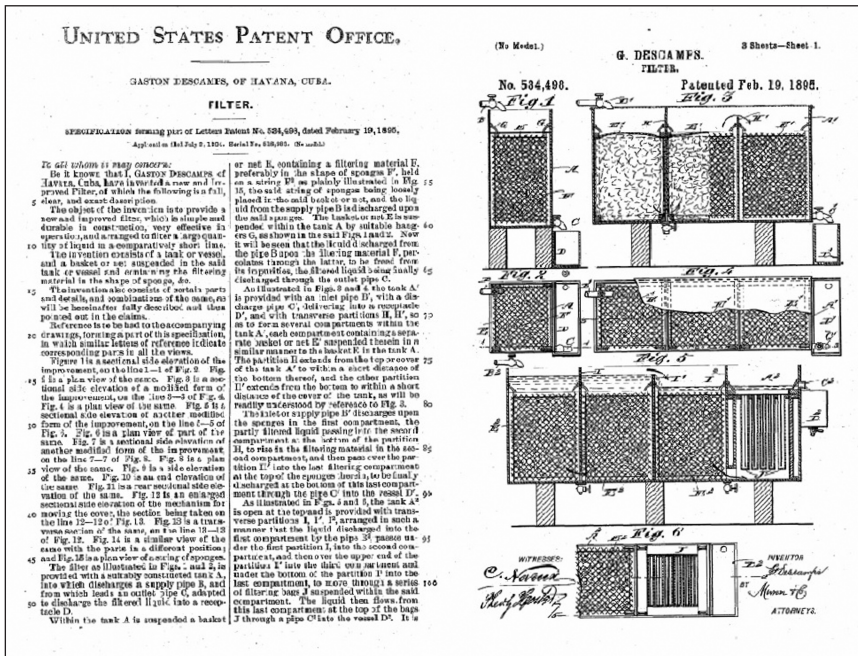
El Azúcar

En marzo de 1900 comenzó a editarse en Cuba *El Azúcar. Revista Industrial Técnico-Práctica*. De ella sólo sabemos que salía cada mes, con 32 páginas y a 4 dólares/año por suscripción y se consideraba “informativa, cosmopolita y única de su clase en español” (*EA* 1/1900:32, Figura 4). Su último número (*EA* 6/1902) coincidió con el fin de la ocupación de EE. UU., pero ignoramos si hay relación entre ambos hechos. Quizá la razón está vinculada a su valor como fuente: heredera de una larga tradición de publicaciones especializadas, ya citadas, sobre todo de *Revista de Agricultura*, llenó el vacío informativo hasta la aparición de anuarios estadísticos azucareros (*Memoria* 1906, *Industria* 1907 y el *Boletín* 1905 de la Secretaría de Agricultura).

Esas publicaciones, empero, adolecen de contenido técnico como el de *El Azúcar*, comparable sólo al de los manuales azucareros o al de los ulteriores *Portfolio* (1915), *Farr* (1924-) o *Gilmore* (1927-), los dos últimos con periodicidad anual y carentes de la comunicación con el lector que caracterizó a dicho boletín. Hasta 1929 no contamos con otro similar.¹¹ Además, *El Azúcar* es más especializada que *Revista de Agricultura* debido a la necesidad del momento. Para esta última lo agrario era la prioridad, pues el establecimiento del colonato obligó a reorganizar el ingenio y el cultivo cañero, pero en 1900 el colonato era ya una realidad, la caña abundaba en Cuba y lo urgente era rentabilizar la centralización horizontal y descentralización vertical de su oferta, las tecnologías adoptadas, las que debían adoptarse y los cambios organizativos asociados.

El Azúcar, además, es una revista de autor, algo usual en publicaciones similares en su época si no eran de sociedades profesionales (Algaba 2000), como *Revista de Agricultura* —editada por el Círculo de Hacendados, creado en 1878 para impulsar la industria cañera—. De su nómina sólo conocemos al director, el ingeniero Gastón Descamps, pero éste era socio de dicho círculo, dueño de un *consulting* (*EA* 6/1902:68), fin vinculado al de su boletín, y autor de obras y tecnologías —hornos de bagazo, filtros (Figuras 2 y 3), alambiques y métodos de defecación patentados en EE. UU., España o México—¹² publicadas o analizadas en los principales *journals* internacionales.

Figura 2. Filtros de Descamps (patente).



Fuente: “Gaston” (1895:158-159).

International Sugar dice al recibir el número 1 de *El Azúcar*: “the name of the manager is guarantee for intelligent and capable administration and success” “*Azúcar*” 1900), calidad premiada en las exposiciones de París 1900 y Buffalo 1901 (*EA* 1/1902:1). *Hawaiian Planter* comenta un estudio de Descamps sobre defecación de jugos (“Separation” 1894), editado en *Sugar Cane*, que además traduce el de los hornos de bagazo (Descamps 1892, 1893), que es analizado en *Louisiana Sugar* (1892); *Sucrerie* (1892); o *Chemical* (1897). *Pharmaceutical* (1894) o *Scientific* (“Combination” 1895) examinan sus filtros, *Journal of the American* sus alambiques (“Apparatus” 1894), e *Industries Agricoles* o *Power* también refieren sus trabajos (“Études” 1901; “Cuban” 1899).

La historiografía apenas usa los estudios de Descamps. Aparte de repertorios como el de Roldán (1940:639) sólo Fernández Prieto (2005:172, 2008:126) refiere *El Azúcar* para glosar sus análisis de costes y de la especialización del trabajo azucarero. Los libros del autor son más utilizados. Del dedicado a la crisis de 1883, cuando la transformación de la oferta y comercio del dulce provocaban una brusca caída de precios (Descamps 1884, Gráfico 1) se suelen citar sus tesis acerca de que el efecto de dicha crisis dificultó la centralización de los ingenios,

sus datos de rendimientos o sus opiniones sobre la inmigración, pero sin profundizar en sus contribuciones.¹³

Figura 3. Hornos de bagazo. Cuba c 1900-1910.



Fuente: Colección Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba (ATAC).

Los hornos de bagazo, obra capital de Descamps (1892), sigue cintándose en estudios técnicos (Harel 1992; Nebra; Maceo 1998) pero también adolece de atención historiográfica.¹⁴ Moreno Friginals (1978:3, 19) destaca su valor y la asociación de su autor con Gabriel Castro —químico y director de *Revista de Agricultura*— en negocios de maquinaria azucarera, que no hemos podido constatar, pero es acorde a la importancia que Descamps otorgaba al laboratorio en el rendimiento del ingenio (Figura 4, Gordón 1899:11). Sin embargo, sólo Funes (2004:300) analiza su aportación. El bagazo se usaba desde 1790 como combustible, pero había que secarlo y requería mucho trabajo. Esos hornos evitaron hacerlo. Se aplicaron por primera vez en Luisiana en 1877, fueron introducidos en Cuba por Descamps en 1881, cuando montó uno en el central Armonía,¹⁵ y su difusión fue tan veloz que en 1899 el Hormiguero molía sólo con ellos (Deerr 1950:2, 584). Aparte de energía, permitieron ahorrar mano de obra, tan escasa en tiempos post-abolición, y evitar interrupciones industriales a causa de fuegos o lluvia. Y más importante aún, el estudio de Descamps es explícito al señalar la

referida idea de que todo adelanto, en la combustión u otras partes del central, debe coordinarse con el resto para ser eficiente.

El progreso del ingenio es el progreso de Cuba

La preocupación de *El Azúcar* es el progreso, y por su dedicación lo entiende en su acepción técnica, como resultado de aplicar conocimiento a la explotación óptima de los recursos. Dice:

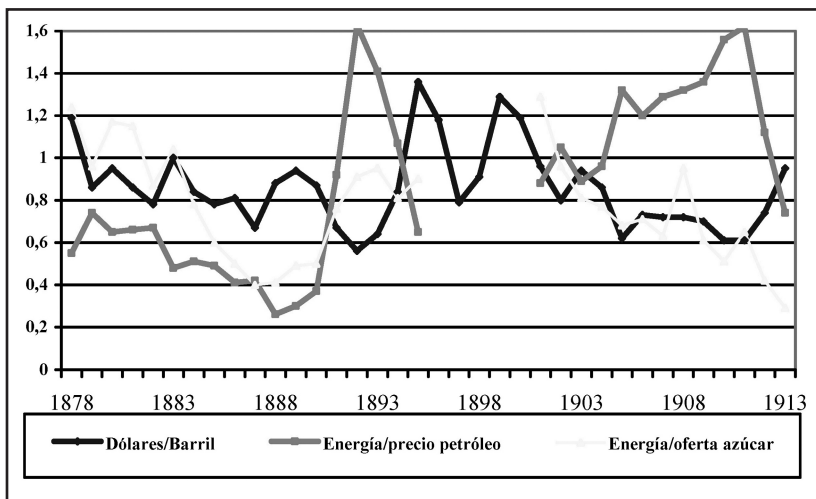
El gobierno debe asegurar[la] con leyes, educación del trabajo [...], el comercio de sus frutos y [su socialización...] en forma de salarios y beneficios [reinvertibles] que garanticen la continua creación de riqueza” (“Progreso” 1900:10).

Así la prosperidad de un país depende de que cada cual cumpla su función y, por su especialización económica, en Cuba debía empezar en el ingenio y rodearse del marco institucional que facilitase su progreso y ulterior extensión al nacional. Conforme a su época, *El Azúcar* es funcionalista, pero por su vocación práctica, atenta al interés del usuario, anticipa concepciones fenomenológicas y kuhnesianas, la visión del conocimiento desde dentro, como proceso consensual y liberado de su división clásica, acorde al *learning by doing* con que se genera el azucarero.¹⁶

En 1900 los ingenios cubanos disponían de abundante caña, que por su productividad y el uso energético del bagazo permitía fabricar azúcar un 30% más barato que utilizando remolacha, pero no optimizaban esa ventaja. Déficits técnicos, escasez, carestía y poca formación laboral impedían maximizar la fuerza y capacidad provista por los hornos bagaceros, tachos al vacío y centrifugas generalizados años atrás, y se traducían en baja extracción y rendimiento (guarapo y azúcar obtenidos por unidad de caña molida).¹⁷ Lo urgente era entonces capacitar el trabajo y la gerencia y adoptar los avances en el conocimiento, sobre todo, optimizar el uso del vapor. En ello focaliza su análisis *El Azúcar* y la evidencia indica que acertó. El Gráfico 2 muestra que 1892-1903 fue un período de precios crecientes de la energía y obligado ahorro y que el importe del combustible en el coste del dulce, que desde 1887 aumentaba en paralelo con la producción, en 1900 empezó a hacerlo en proporción inversa respecto a ella y al valor del petróleo, lo que fue resultado de los ajustes en el engranaje y operaciones fabriles necesarias para elevar la eficiencia. Las técnicas que aconseja usar la revista son de ese tipo y por otras fuentes sabemos que se aplicaron.

Contesta correo *El Azúcar* de Cuba, Puerto Rico, República Dominicana, México, Argentina, Perú o EE. UU., comentando iguales aspectos que en sus artículos: importancia de adaptar los hornos para no despilfarrar vapor, de vigilar su presión o la alimentación de las calderas

Gráfico 2. Precio del petróleo (dólares/barril) y la energía en coste de producción del azúcar/precio del petróleo, 1878-1913.



Fuentes: "Podemos" (1894); Santamaría (2002:27; 2014).

(EA 7/1900, 11/1901, 2/1902). Y con igual criterio incluye vocabulario, reseñas —para glosar conceptos y estudios relacionados con sus temas de interés—, y estadísticas seriadas y comparadas.¹⁸

Figura 4. El Azúcar. Portada, Consultas, Vocabulario y Estadísticas.

EL AZUCAR

por completo el estado de un ingenio pa-
ra la leña, ambrosarlo de un modo con-
siderable. Esta, siempre que estén con-
tenidos en debida forma.

VOCABULARIO
de terminos técnicos e industriales

GUAY (ing. *guay*; *guay*, *le. flecha* &
caño); la flor de la caña que se com-
pone de un panucho puntualizado en su
remate.

CAÑA GUINEADA (ing. *arroyal*
caña; fr. *cañon flechado*); caña que tiene el
gülla fuera.

PANICULO (ing. *panicle*; fr. *pani-
cule*); flor en forma de racimo de es-
pijo.

LEÑOSO (ing. *woody fiber*; fr. *lip-
nose*); la parte fibrosa de la caña que
participa de la naturaleza de la leña.

FIBRA (ing. *fiber*; fr. *fibre*); filamen-
to de los delgados formados, blancos, y que
constituyen los tallos de ciertas plan-
tas.

GRATIFICACION (ing. *gratification*;
fr. *gratification*); nombre que toma la
atracción universal cuando se ejerce
entre los astros; como toma el de gra-
vedad cuando se considera la atracción
de la tierra sobre los cuerpos para ha-
cerlos caer, y el de *atracción molecular*
si se trata de una fuerza que une entre
sí las moléculas de los cuerpos.

Cienfuegos (Cuba 21 de Enero).
—Por más que diga lo contrario la
futura de la ferrocarril, siendo el gra-
do del roble de uno y medio milímetros,
el diámetro interior de 30 milímetros,
y el largo de las tablas empalmes, en
plano de 25 metros, el peso de estos
tablas no puede pasar de 114 libras y 25
granos.

Todas las comunicaciones deben dirigirse a EL AZUCAR, Mercade-
ría 23, Habana, (Cuba). —El periódico no es responsable de las ideas,
opiniones o reseñas contenidas en artículos firmados, o cuya preceden-
cia se indique. —No se devuelven originales, dibujos, ni clichés. —No se
admiten peticiones.

Derecho de reproducción reservado. —Depósito hecho conforme a la ley.

El Director: GASTON DEBACENA. Por de M. RIVERA, MORALES 40.

EL AZUCAR

Año III. N.º 2. FEBRERO 23 1902

Derecho de reproducción reservado. —Depósito hecho conforme a la Ley.

**METODO DE FISCALIZACION QUIMICA
SEGUIDO EN UNA FABRICA DE AZUCAR
DE CAÑA.**

El trabajo cuyo título encabeza es
de las líneas de obra del difunto Inge-
niero Mr. L. Biardi, y fué publicado des-
pués de la muerte de este por el Bo-
letín de l' Association des Chimistes,
de donde lo hemos traducido. Mr.
Biardi, durante muchos años, fué In-
geniero del Ingenio Aíma, en la isla de
Matanzas, y su trabajo que abarca to-
dos los departamentos de una casa de
calderas costera interesantes datos e
indicaciones que serán de utilidad
práctica para la mayoría de nuestros
lectores.

La fiscalización de los trabajos de
las fábricas de azúcar, bien de reme-
lacha, bien de caña, reclama para que
sea completa, dos clases de anteojos
que llamamos *industrial* y *químico*.
Vamos a examinar cuáles son los
medios convenientes de adquisición
de obtenerlos con la exactitud neces-
aria para establecer una serie fiscaliza-
ción.

—ANÁLISIS INDUSTRIAL.
Peso de las cañas y del guarapo.
El peso de la materia prima que entra
en fabricación es el primer antecedente
que debe conocerse. Para las casas
de calderas en que la caña no se pe-
nea, hemos tratado de resolver esta
cuestión de una manera indirecta, y
con este objeto pueden utilizarse las fór-
mulas que publicamos anteriormente
con este objeto, y que dan ese peso en
función de la rigidez en peso l' del guar-
apo y la del bagazo. La presión del
trapezio P, se dice, es el peso del guar-
apo extraído de las 100 kilogramos de
cañas, se obtiene por la relación:
60,5 V = 100 H
P = 0,25 V - H
Conociendo el volumen y la densidad
del guarapo y por consiguiente,
su peso, es fácil calcular el de las ca-
ñas en función de la presión.
El aquí, como ejemplo, los resulta-
dos obtenidos en el último año. Se
produjeron 160.818 hectolitros de guar-

**PRODUCCION AZUCARERA DE LA ISLA
DE CUBA**

ZAFRA DE 1899-1900.

ESTADO de la exportación y existencia de azúcares, el día 30 de
Abril de 1900, comparadas con igual fecha de 1899.

	1899		1900	
	Sacos	Toneladas	Sacos	Toneladas
Exportación.....	866.886	119.971	997.869	138.968
Existencias.....	736.080	101.868	787.685	109.010
Consumo local, 4 meses.....	221.830	217.108
Existencia en 1.º de Enero (falta viaje)	259.239	256.408
Excedida hasta 30 de Abril en partes.....	222.603	250.892

Nota.—La zafra ha concluido un mes antes que la pasada, para atun-
que todavía quedan molinados 16 ingenios en toda la isla, contra 80 en
esta en esa época pasada, no tiene importancia lo que se está elaborando
en esas en esas pocas fincas, las que constituirían también el moler de un mo-
do a esta.

Benita, pues, no sólo a la gran zafra del año próximo pasado, sino también
al estado anterior de las cañas, a causa, seguramente, de los repetidos
invernales que redujeron las campos de caña en los últimos años.

Nota.—Sacos de 210 libras.—Toneladas de 2.204 libras.

Habana, 30 de Abril de 1900.
Joaquín Guand.

ZAFRAS	PRODUCCION Pesos Ton.	PRODUCCION Añosa Ton.	REPARTIDO EN AZUCAR POR CIENTO	
			FRANCIA	ALEMANIA
1893-96	265.071	838.104	7,83	11,43
1897-97	434.041	1.038.281	8,96	11,87
1898-98	347.745	958.803	9,53	13,08
1899-99	411.800	998.891	9,77	11,96
1900-00	728.409	1.991.333	10,47	12,36
1901-02	615.858	1.736.223	9,46	12,00
1902-03	379.429	1.159.925	9,56	11,94
1903-03	322.366	1.230.854	9,56	12,14
1904-04	314.788	1.300.003	9,59	12,14
1904-05	704.434	1.827.972	9,87	12,15
1905-06	365.046	1.625.027	10,97	13,11
1906-07	699.310	1.821.223	9,98	12,96
1907-08	730.087	1.844.390	11,49	12,79

Fuentes: EA (1/1902:32, 2/1900:57, 4/1901:99, 2/1902:33).

Desde su número 1 la revista deja clara su intención de difundir conocimiento asociado a su idea de progreso y al rol que los ingenios debían desempeñar en el de Cuba. Dice que tras la abolición las fábricas de dulce hubieron de mejorar su rendimiento y lo lograron con las tecnologías indicadas, pero no como exigía la competencia, que también las adoptó. Es por eso que la oferta de azúcar creció más que la demanda y los importadores, que también eran productores —Europa, EE. UU.— protegieron sus industrias. Frente a esas circunstancias afirma:

Competencia es ley inmutable de progreso y lleva al éxito a los laboriosos. Antaño se creía el *summum* de la extracción 69%, hoy superamos el 74%[...] Es ley obligada invertir beneficios cada año en sostener el ingenio al día [...lo cual compete al hacendado] y debe el gobierno inaugurar[...] la tendencia liberal que hoy impera” (“Progreso” 1900:11).

En 1902 se celebra el acuerdo de Bruselas, que proponía abolir las primas a la exportación azucarera y, de cumplirse, beneficiaría a Cuba “en las circunstancias de su progreso”, pues su cliente casi único, las refinerías de EE. UU., compraban su zafra a precios bajos al tener como alternativa la europea, que no sería competitiva sin esos subsidios. En su ausencia, la isla podría vender su dulce en Europa y dichas refinerías se trasladarían a ella e invertirían en sus centrales, consolidando así el progreso alcanzado por éstos en las difíciles condiciones que padecen debido a “la espuria competencia remolachera” (“Abolición” 1902:67-69).

Dotación de insumos, ajustes en tecnologías de proceso continuo y altas capacidades

El progreso, pues, depende de condiciones locales, y por eso en Cuba debe empezar en la agricultura. Dice *El Azúcar*:

Obran [en él] causas físicas a las que otorgamos poder decisivo que sólo tienen el trabajo y la ley[...] Falta la virtud creadora del progreso, aunque el inmigrante europeo está aportándola, y la acción eficaz del gobierno en las leyes y la educación del trabajo.

Y en ese sentido compara a Cuba y Argentina, país sudamericano del que señala:

Sería riquísimo si no hubiera perdido en estériles luchas el tiempo usado industrialmente en EE.UU.[...] Sólo con una agricultura científica podrá alcanzar un progreso similar [al norteamericano], insistiendo en la educación y el trabajo[...] Una nación civilizada adopta cuanto conocimiento es útil, pero sin abdicar del estudio y solución propia a sus problemas (Fernández 1900:39).

Como la revista huye de teorías sin aplicación práctica, comenta también

la obra sobre asociacionismo agrario de Bernard (1889), una de esas causas *morales* del progreso. Además propone combatir las creadas para especular, comunes en los países nuevos, y potenciar las destinadas a realizar obras, facilitar crédito y defender intereses comunes, y critica el reparto de suelo público a favor de las formadas con propósito de obtener rápidos beneficios (“Colonización” 1900:144).

También sostiene *El Azúcar* que Cuba se distingue de otros países nuevos por su oferta monoprodutora. De ahí que haya progresado menos, pues tales países compensan “crisis en un cultivo [...con] auge en otros” y que para igualar su crecimiento —dice—, debe elevar su producto azucarero 5 o 6 veces más de lo que aumenta el agrario en ellos (“Franquicias” 1901:97).

Como el progreso se da en condiciones locales, el interés de *El Azúcar* por la agricultura de la caña en Cuba se concreta en los términos expuestos, considerando su abundancia relativa. Por eso, no aconseja mejorar su *ratio* toneladas/hectárea cultivada, sino su calidad y manufactura (extracción de jugos y sacarosa), al contrario de lo que señalaban Deerr (1915) o Maxwell (1927), y conforme al esfuerzo realizado entre 1879 y 1894, según la *Revista de Agricultura*, y que mostraba Santamaría (2002) al señalar que su recobrado era mayor que en otros productores debido al correcto cuidado de la plantación, selección de cepas y períodos de corte y suministro a los centrales en las cantidades adecuadas.¹⁹ En ese sentido *El Azúcar* analiza los experimentos con variedades de caña en Java y sugiere “no perder en ello el tiempo que usa la competencia en aspectos más cruciales”, pues en Cuba queda cada año gramínea sin moler y los estudios prueban que el resultado de esos ensayos no puede extrapolarse fuera de las condiciones en las que se realizan,²⁰ y recomienda efectuar las labores agrarias como se ha indicado:

[Si] el colono tiene siempre el campo libre de hierba, lo cultiva cuidadosamente y[...] corta y entrega su caña limpia[...], logrará un tanto elevado de azúcar extractible [...] habrá mayor incentivo en experimentar para lograr más y mejores cañas (*EA* 2/1900:45).

Pero también afirma *El Azúcar* que esos requisitos ya se cumplían y sólo era menester perseverar en ellos y subsanar otros defectos, y recomienda pagar la caña por su pureza, no por su peso, para incentivar la mejora de su calidad, o no iniciar la zafra temprano, cuando las cepas están menos maduras, a lo que obligaban la carestía y escasez de trabajo y crédito (“Contratos” 1902:71).

Las condiciones de monopsonio que procuraron establecer los centrales sobre los colonos aseguraron mediante contratos que los cultivadores realizasen correctamente las labores agrarias y les proveyesen caña de calidad (“Contratos” 1902), como señalaba Dey (1998). Por eso,

logrado tal objetivo, *El Azúcar* dice que una zafra eficiente requiere concentrar el esfuerzo en la manufactura y la coordinación de las tecnologías de proceso continuo para optimizar el rendimiento de las altas capacidades instaladas. Esto dependía, antes que nada, de un abastecimiento continuo de gramínea y de un tratamiento de la misma que no dañase su riqueza obtenida en el campo.

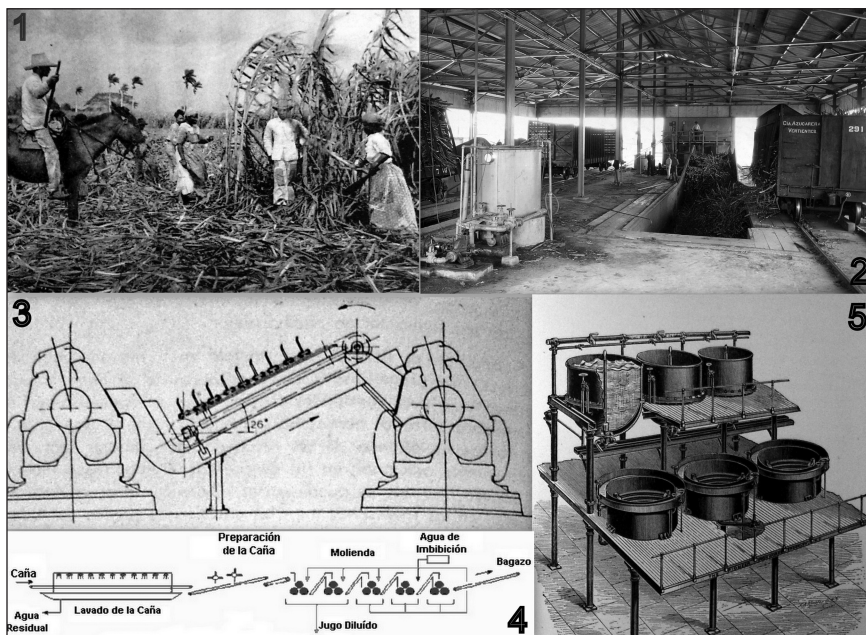
Para lograr esos objetivos la revista aconseja evitar el engaño común en el peso de la caña, pues dificulta calcular el rendimiento (que se mide en @ azúcar/100@ caña) y fue motivo constante de disputas entre colonos e ingenios,²¹ y agilizar el transporte combinando la navegación con los ferrocarriles que construían los centrales, resolviendo así los atascos a la entrada de éstos, que perjudicaba la continuidad en el abastecimiento de la gramínea. Finalmente, como medio de asegurarlas también, para preparar la caña el boletín recomienda el laminado tradicional, y constata que las fábricas dotadas de máquinas preparadoras han aumentado la extracción un 10%, pero las que han usado la inversión en comprar un segundo o tercer trapiche, baratos gracias al cierre de muchos ingenios, han logrado hasta un 20% (Birmingham 1901:71; “Trapiches” 1900:38).

La opción por la molienda múltiple está vinculada a la elección entre diversas técnicas que enfrentaban los centrales a finales del siglo XIX e inicios del XX. *El Azúcar* aconseja decidir según las condiciones de cada uno y dice que si eran nuevos esto lo resolvía un diseño correcto, por lo que el problema afectaba sobre todo a los reformados y a la dificultad de prever necesidades futuras, lo que confirma que el coste de ajuste del cambio tecnológico se dio siempre que se adoptaron innovaciones, como señalaba Santamaría (2002). Ya que en Cuba tales necesidades derivaban de la facilidad de disponer de más caña,²² aumentar su flujo, la capacidad y rendimientos a escala, muchos ingenios eligieron centralizar la molidura en grandes trapiches, pero el remedio fue contraproducente, pues su lento accionar frenaba el resto del proceso productivo y si se rompían lo paralizaban. La revista sugiere la alternativa de instalar varios (Figura 5) y edita estudios que prueban la eficacia de tal solución en Java o EE. UU. (Birmingham 1900:234; Roy 1902:65).

En fin, con la elección entre centralizar la molienda, instalar varios trapiches en sucesión, o aplicar ambas soluciones a la vez, los centrales cubanos —y *El Azúcar* con ellos— afrontaban los problemas derivados de su *enormidad*, y como ésta fue fruto de otra elección, determinada por su dotación relativa de insumos, lo aconsejable era resolverla con igual observancia de sus condiciones y el conocimiento de los resultados que en ellas cabía esperar con la tecnología disponible; esto es, minimizando el coste de oportunidad.

Así *El Azúcar* aconseja comprar equipos a fabricantes solventes, evitar reformas de dudosa eficacia, alerta contra métodos importados

Figura 5. Proceso del azúcar. Cuba 1900-1910: corte de caña (1), descargador del trapiche (2), dos trapiches unidos con rastrillo para la doble molienda (2), proceso de imbibición y defecadoras de guarapo.



Fuentes: 1-2: Colección ATAC; 3: Jenks (1970:175); 4: Bear (1998:163); 5: *Memoria* (1906:112).

de la industria remolachera, inaplicables en la cañera o procedentes de ella y “revestidos de nuevos” (“Compra” 1900, “Aprovechamiento” 1900), conforme a lo señalado sobre el *learning by doing* con que se genera la tecnología azucarera. Además, en todos sus números responde a consultas y analiza los pros y contras de los avances internacionales en los ingenios, que en 1900 se centaban en los hornos de bagazo, la molienda múltiple (Descamps 1900; “Doble” 1901), los filtros mecánicos del guarapo, la evaporación de éste y las centrífugas para la cristalización del azúcar (Madeleinau 1901b; Viola 1900; Jovas 1900, Figuras 5 y 6), proporcionando así a los hacendados los datos necesarios para optimizar su elección técnica según el capital disponible y la situación de su ingenio. Sea cual fuera ésta, sin embargo, mejorar el molino obligaba a aumentar la capacidad y la eficacia de la casa de calderas. Dice:

Desde 1892 se generalizaron los descargadores de caña, la doble molida, los hornos con tiro forzado para generar más vapor y [...en consonancia], las calderas más grandes y conectadas para aprovecharlo y las centrífugas para asegurar la continuidad de todo el proceso, y lo

urgente era entonces[...] mejorar su fiscalización química y técnica, la cualificación del trabajo y centralizar la dirección (*EA* 10/1901:295).

Cualificación del trabajo y la gerencia. Ajustes pequeños y colaterales y control de calidad

Un gerente moderno atenderá a cualquier innovación que pueda resultar rentable. Por eso presta atención *El Azúcar* al acero, y aconseja usarlo en la construcción de los centrales, pues es inífungo y duradero, aspectos que valoran los bancos y aseguradoras. Igualmente destaca la revista que los centrales electrificados pagan menos por los seguros, pues esa fuente de energía evita fuegos, y sugiere emplear para ello acumuladores accionados por las máquinas de los talleres, que dan luz para cinco noches y resuelven el problema de la intermitencia del servicio, que dejaba a oscuras el trabajo (“Casas” 1900:41; *EA* 8/1900:251).

Y por igual razón analiza *El Azúcar* temas prácticos “que debe atender una dirección inteligente”: la preparación de las máquinas y lectura de sus marcas (que no suelen estar en español) e indicadores para evitar roturas y el despilfarro de vapor, la trasmisión-absorción de calórico (Birmingham 1902; Wakema 1902; Kelley 1901, 1902), el cálculo de la presión cuando se usa imbibición para recobrar jugos remanentes en el bagazo tras la molida, común en los centrales, aunque la revista recomienda la difusión (Prinsen 1902; “Progreso” 1901). Incluso merecen la atención del boletín aspectos más genéricos o aparentemente nimios (tuberías, roscas, dibujo técnico), pero relevantes, pues de ellos depende “la eficacia de los grandes adelantos” (*EA* 3/1902:97; 4/1902:111). Así señala que los hornos bagaceros ahorran mucha energía si su alimentación y ventilación garantizan una óptima combustión, y aconseja acoplar tiros forzados. Entonces, una vez minimizado su despilfarro, la mayor cantidad de vapor generada obliga a aumentar el flujo de caña y a perfeccionar su molienda (Descamps 1900; “Economías” 1901) y esto a ampliar las calderas y a instalar más y mejores centrífugas para asegurar la continuidad de todo el proceso, su rendimiento y la reducción de costes a escala. Por ello, la adopción de imbibidoras permite obtener jugos más puros de la caña si se controlan la presión y temperatura, y si maquinistas y directores de fábrica expertos vigilan la correcta limpieza, carga, descarga, conexión y distribución del vapor en la casa de calderas, estudian sus frecuente explosiones y contratan seguros (“Maceración” 1900:58; “Limpieza” 191:183; “Explosiones” 1900:79). Dice la revista:

¿Quién no recuerda el ruido que suscitaron [la evaporación al] vacío o las centrífugas y el provecho que han generado? Pues como fruto surgió la necesidad de trabajo experto. Y el primer defecto que debe atajarse es la falta de vapor debido a su distribución y a la alimentación de

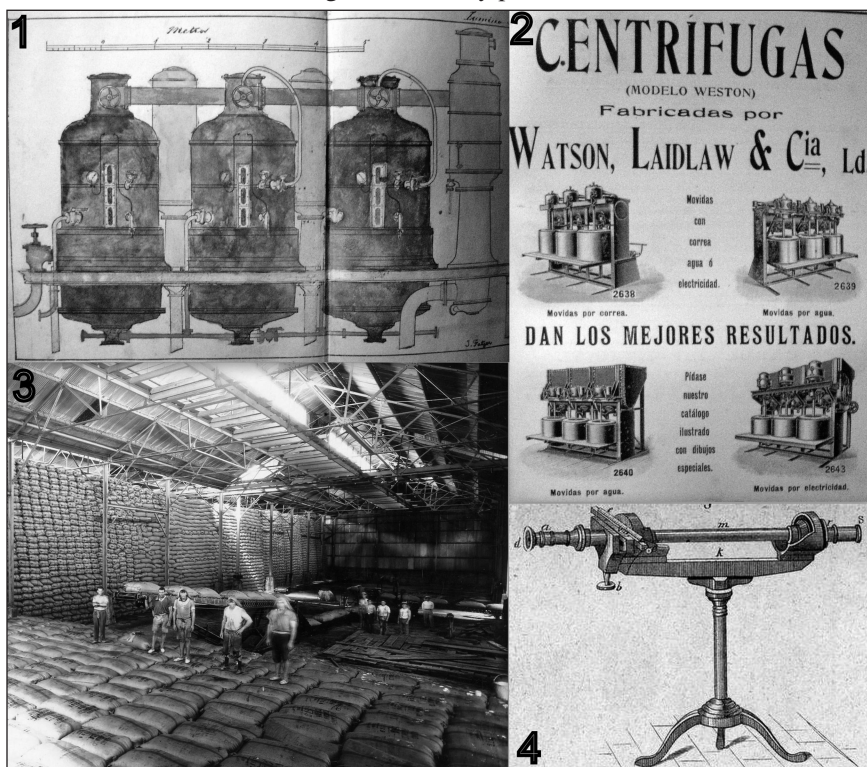
combustible, que afecta a la presión. La regularidad en la alimentación es el servicio principal entre los que conforman el movimiento general del batey y la aseguran el correcto uso de los hornos y la conexión entre las calderas (*EA* 1/1900:115).

El filtrado mecánico es otro proceso clave en la eficiencia: evita dejar azúcar en el jugo de caña si la imbibición y la clarificación del guarapo no deterioran su pureza (Madeleinau 1901:33). Para ello se han ideado varios métodos con peor resultado que el ancestral uso de cal, que añadida a dicho jugo disuelve y precipita los no-azúcares en las defecadoras, aunque debe emplearse con cuidado, pues puede provocar la formación de ácidos. Trabajos editados en *El Azúcar* prueban que una adecuada ejecución de esos procesos eleva un 10% la riqueza de la miel enviada a centrifugar, pero sólo con una correcta conexión de las calderas y un óptimo funcionamiento de las centrifugas, que no mejoran el rendimiento pero pueden dañarlo (Prinsen; Rose 1900; Pellet 1902:83), lo que requiere su operación por expertos en transmisión a altas velocidades y atender las indicaciones del laboratorio (“Cristalización” 1901:232; Edson 1902:49, Figuras 2, 5, 6 y 7).

Mejora la eficacia de las centrifugas dotarlas de carriles y subidores, el método Grossé, que permite obtener en una sola y corta operación azúcar y miel, remezclarlas y volverlas a centrifugar (Figura 7), pero con trabajo experto y controles químicos y técnicos de todo el proceso (“Procedimientos” 1900; “Economías” 1901). La clave, pues, es disponer de buenos datos y laboratorios, como decíamos al hablar del pesaje cañero y la de la relación Descamps-Castro, los cuales son baratos de instalar, pero suelen ser poco eficaces debido a que faltan químicos, no se les incentiva con el sueldo y se les despide tras la zafra para ahorrar salarios (“Laboratorios” 1900).

Por las razones mencionadas, la formación laboral y los controles químicos y técnicos del proceso productivo del dulce tienen atención transversal en *El Azúcar*, vinculados con el rol que exigía al gobierno en materia legal, educativa y empresarial. Dice que el 90% de los centrales cubanos son propiedades familiares y arrastran viejas cargas, mientras en Java y el Caribe francés son sociedades anónimas, separan propiedad y gerencia —lo que atrae capital foráneo e interno y deriva en mejores rendimientos—, operan con contabilidad y presupuestos, y contratan expertos, básicos por la complejidad de sus tecnologías (“Presupuesto” 1900; “Evoluciones” 1901). Además aprovechan el tiempo muerto para formarlos, desmontar y limpiar bien las máquinas, lo que facilita su rearme y el ensayo general al iniciar la zafra siguiente, y para analizar qué inversiones no han dado el fruto esperado, en vez ahorrar salarios despidiendo a los obreros, lo que suele revertir luego en mayores costes (“Fin” 1900:114; “Casa” 1901:109).

Figura 6. Proceso del azúcar. Cuba, 1900-1910: evaporador al vacío, centrífugas, almacén y polarímetro.



Fuentes: 1: Tatjer (1887:70); 2: *Memoria* (1906:109); 3: Colección ATAC; 4: Comalloga (1897:67).

Esa gerencia dirige el central como “la empresa industrial que es” (“Dónde” 1901:194): basa sus decisiones en datos técnicos y químicos para controlar cada proceso, su efecto en el resto y coordinarlos. La revista edita estudios empíricos en Java y Mauricio que muestran la utilidad de operar así (Stein 1901:68; Biard 1902:31), incluso en la post-producción, como los análisis sobre la formación de microorganismos a causa de la humedad que dañan el dulce en almacén, los cuales prueban que éste sufre menos si los depósitos, contra lo que era costumbre, están llenos y ventilados, y cuanto mayor es su alcalinidad (medida de su capacidad para neutralizar ácidos) y polarización (porcentaje de sacarosa). Esto devuelve el problema al ingenio, a la fábrica, a la defecación y añadido de la cal y a la mezcla de la miel y el azúcar para su recentrifugado (Koyld; Malkebeke 1901:7, Figura 6). En fin, corrobora de nuevo que la eficacia de la fabricación del dulce y su post-manufactura es un

problema de coordinación.

Un correcto trabajo fabril permite también cristalizar el azúcar en granos grandes y con cierto gusto amargo, valores que premia el mercado, conservando pequeñas proporciones de impurezas en la difusión o imbibición del bagazo, o añadiendo sal (Sachs 1901:131; Madeleinau 1902:22). Además, dicho trabajo bien hecho posibilita obtener buenos derivados, por ejemplo óptimas mieles para destilar ron, o rodajas de caña que, adecuadamente manipuladas, estaban usándose en EE. UU. para elaborar papel de bagazo (Barbet 1900; “Papel 1901).

Economías

Completa su análisis *El Azúcar* valorando económicamente las tecnologías recomendadas. Recuerda que se adoptaron para que los costes fabriles y laborales, que en Cuba eran el 65% del importe del azúcar, no anulasen la ventaja que tiene la caña *per se* sobre la remolacha, derivada principalmente de que el bagazo permite gastar un 30% menos en energía. Los centrales *modernos* —dice— ahorran precisamente un 30% frente a los antiguos, y si se mejoran “con iguales adelantos que la competencia” (“Evoluciones” 1901:129), lograrán “otro tanto”, fruto de aumentar su oferta de 5.000 a 10.000 toneladas/año, con lo que el coste del azúcar bajará de 2 a 1,5 centavos/libra (“Coste” 1900:194). En los ingenios pequeños (3.000 toneladas) es de 3 centavos, cuando el precio en 1900-1903 cayó de 2,83 a 1,96 (Gráfico 1); ergo:

Están llamados a desaparecer y convertirse en colonias de los[...] de mayor capacidad, que produzcan a precios que desafíen toda competencia[...] especialmente en EE.UU. (“Economías 1901:67).

Como la revista sostiene que el progreso del ingenio es el de Cuba si se gobierna atendiendo a sus circunstancias, defiende que la competitividad no debe lograrse a costa de los salarios. Dice que son más caros que en países vecinos pero, por ejemplo, en México se produce el 80% de lo que consume su población y se gastan 2 dólares/año *per capita* en importaciones, mientras en la isla se desembolsan 10 dólares, por lo que esas importaciones representan un 50% del coste del azúcar, ya que el trabajo es el 65% del mismo, y puesto que su comercio está sujeto a aranceles, es menester que la política social y mercantil favorezca la mejora de tales circunstancias (“Franquicias” 1901:99).

El valor de una fuente. *El Azúcar* y el progreso del ingenio y de la economía cubana

Los análisis y consideraciones contenidos en *El Azúcar*, según se ha mostrado, hacen de ella una fuente de gran valor para conocer los

cambios tecnológicos en la industria azucarera cubana a principios del siglo XX y la estructura económica que se estableció en torno a ella para favorecer su crecimiento como opción de desarrollo de la isla. Dicho valor estriba en que documentó un período para el que existe relativamente poca información sistemática y en el que sus referidos análisis solieron acertar en su diagnóstico, lo cual es posible constatar mediante el contraste de sus datos y estudios con los de otras fuentes coetáneas y posteriores.

Instituciones y crédito

La opinión de *El Azúcar* sobre los salarios es acorde al modo en el que entendía el progreso. Los intereses empresariales y nacionales debían conciliarse en un marco institucional-educativo para optimizar la inserción de Cuba en la división internacional del trabajo conforme a sus circunstancias. La ventaja comparativa del dulce determinó su especialización productiva, pero ésta depende del cambio tecnológico y de la reglamentación económica y comercial. Ambos factores habían concentrado sus exportaciones en EE. UU., que era su mercado natural y poseía una demanda en expansión, y por eso los centrales insulares se especializaron también en atenderla y en fabricar azúcar crudo para sus refinerías, protegidas arancelariamente desde 1891.

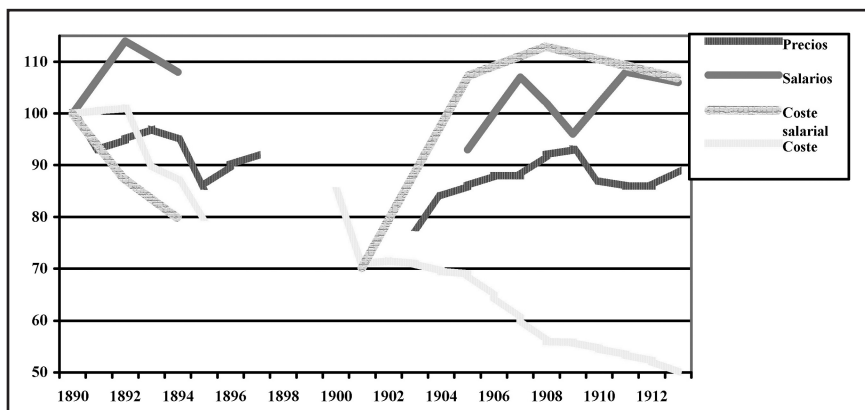
Tales eran las circunstancias de Cuba y acertaba *El Azúcar* en lo que suponían: especializaban tanto su economía que su *progreso* precisaba elevar su oferta de dulce mucho más que otros países nuevos su producto agrario diversificado. En efecto, entre 1900 y 1913 dicha oferta creció un 700% y el PIB *per capita* un 16%, mientras en Argentina la renta agropecuaria crecía un 100%, con la aportación de cereales, algodón, lino, ganado y sus derivados, y el ingreso nacional un 11%. Por eso la primera recomendación de la revista era adaptar leyes e instituciones para facilitar los negocios y el crédito, lo que requería estrechar relaciones con EE. UU.

En 1902 el gobierno de EE. UU. en Cuba permitía la propiedad extranjera de la tierra y su concentración y prohibía importar jornaleros antillanos. Argüía que en 1901 llegaban 17.000 y era preferible una migración más *civilizatoria* y facilitar la entrada de españoles, pues aquéllos deprimían los sueldos y condiciones de vida, lo que estaba vinculado a que la isla se abastecía con importaciones, cuyo precio no variaba en función de los salarios.²³ Para propiciar la aceptación de esas leyes y la Enmienda Platt, que confería a EE. UU. el derecho a intervenir Cuba, se presentaron como proyecto global, junto a la firma de un tratado comercial favorable al azúcar y, en efecto, al instaurarse la República en 1902 se respetaron y se rubricó el acuerdo (Zanetti 1989:53).

La concentración de la tierra era un efecto colateral de la centralización en las circunstancias de Cuba y animó la inversión. Las leyes de desvinculación de ejidos y supresión de moratorias hipotecarias de 1902 aumentaron esa concentración. En 1899 el 0,6% de las fincas poseían el 27% del terreno cultivable y en 1913 los centrales habían aumentado sus latifundios un 25%, sobre todo en el este insular (USWD 1900:153, *Portfolio* 1915:413). Por eso *El Azúcar* sólo reclamaba impedir la especulación, como el Círculo de Hacendados, que frente a las referidas leyes exigía igualdad de oportunidades (*Revista de Agricultura* 3/1900:3).

La política pro-migración europea, que *El Azúcar* creía positiva para el progreso, favoreció, en efecto, la llegada de 36.000 personas/año a Cuba, el 75% españolas, y requería altos sueldos como incentivo. Prohibir la entrada de antillanos contribuía a ello y había medios para corregir su efecto en el coste del dulce. El Gráfico 3 muestra que el salario real creció desde 1903, pero se moderaron los precios, y dicho coste siguió disminuyendo pese al aumento porcentual del trabajo en él.

Gráfico 3. Índice de precios, salarios reales, coste de producción del azúcar y trabajo en el mismo. Cuba, 1890-1913.



Fuentes: Gráfico 1, Santamaría (2000, 2002b).

Otros incentivos para centrales y colonos fueron las leyes que en 1902 mantuvieron sus tributos en un 8 y 6% de sus beneficios, unificaron las tarifas ferroviarias, aunque no lograron reducirlas sensiblemente, y liberalizaron el tendido de trenes industriales, cuya extensión creció de 1.900 km en 1895 a 3.000 en 1907 y 4.400 en 1913 –de 2,4 a 25 km/ingenio– (Santamaría 1998: 307). Además, como sugería *El Azúcar*, en 1903 se condonaban las cargas arrastradas por las fincas azucareras y que sus dueños consideraban un lastre (“hay censos[...] de dos siglos atrás”, *Revista de Agricultura* 3/1900:5), lo que junto a medidas que facilitaban

la modernización empresarial explica, según recomendaba también la revista, que el número de centrales constituidos en sociedades anónimas creciese de 10% en 1900, a 30% en 1906 y a 49% en 1913, y en ese año produjese, además, un 61% de la zafra (*Industria* 1908-1914).

La política agraria y migratoria incentivó y facilitó también la descentralización de la oferta de caña en las condiciones requeridas por los centrales. El número de colonos pasó de 15.000 en 1899 a 20.200 en 1913; un 12% eran extranjeros. En 1887 producían el 40% de la gramínea, en 1905 el 70% y en 1913 el 87%, y más aún aumentó la porción provista por arrendatarios de los ingenios: de 33 a 60% (Jenks 1928:59), lo que mejoró su capacidad para imponerles cómo realizar las labores agrarias, el precio de la caña y su abasto en la cantidad, regularidad y calidad que exigía una molienda eficiente. Sin embargo, no se logró incentivar la mejora de esa calidad pagándola conforme a ella, ni atrasar el inicio de la zafra, aunque *El Azúcar* acertaba al aconsejarlo. Las cepas en otoño tienen un 15% menos de sacarosa que después y cuando se limitó a los meses de enero a mayo a partir de 1930 el rendimiento aumentó proporcionalmente (Santamaría 2002:152), pero el trabajo abundaba entonces y la revista consideraba que era su escasez lo que impedía hacerlo en 1900-1902.

La escasez y carestía del trabajo eran resultado de las circunstancias de Cuba, luego también era condición *sine qua non* de su progreso aprovechar las ventajas que igualmente ofrecían dichas circunstancias para compensarlas. Según *El Azúcar* esto lo aseguraba el citado suministro regular del central, y estudios posteriores prueban que el 85% del jugo extraído de la caña depende de su riqueza, pero un 15% de las interrupciones en la molienda, que además acarrearán el enorme coste de volver a encender los hornos y calentarlos a la temperatura adecuada. Parar la zafra, pues —salvo cuando lo requiere la limpieza y mantenimiento de las máquinas, normalmente una sola vez— es indeseable, y en el 50% de las ocasiones en que sucedía se debía a falta de caña y las demás, alícuota, a defectos industriales y de coordinación campo-ingenio, lo cual hemos visto que ayudó a resolver la extensión del ferrocarril industrial. Recudir esa incidencia podía mejorar hasta un 30% el rendimiento (Martín *et al.* 1987:576, Santamaría 2002:167).

La evidencia, pues, confirma la tesis de *El Azúcar* sobre que, asegurado el suministro adecuado de caña, la eficiencia del central depende de la tecnología fabril. Ésta requería capital, cuya atracción facilitaron la liberalización de la tierra y el tendido de trenes, los bajos impuestos y la modernización empresarial. Se estima que el coste de la guerra de independencia en la industria azucarera fue de 60.000.000 de dólares, pero entre 1898 y 1912 las inversiones británicas en Cuba, aunque concentradas en el ferrocarril, crecieron de 90.000.000 a 216.000.000, y las

estadounidenses de 15.000.000 a 215.000.000. Unos 65.000.000 de ellos se colocaron en ingenios y se crearon bancos que, por sus expectativas de rentabilidad, priorizaron darles crédito y propiciaron la caída de la tasa de interés del 12 al 4%.²⁴

También acertaba la revista al decir que las expectativas de ganancias dependían del acceso del azúcar cubano a EE. UU., por lo que requerían un tratado comercial y cambiar las reglas del mercado, lo que se lograría de cumplirse la supresión de primas a las exportaciones remolacheras acordada en Bruselas. En efecto, el porcentaje de éstas en la oferta mundial bajó de 60% en 1895-1902 al 50% en 1903-1913; el precio del azúcar creció de 1,9 centavos/libra en 1902-1903 a 2,6 en 1904-1912 (ver cuadro 1), y fue el mayor incentivo para la inversión en los centrales de Cuba, con lo que sus importaciones de maquinaria aumentaron de 688.000 dólares en 1903 a 3.500.000 en 1905 y 6.500.000 en 1913 (*Industria 1908-1914*).

Ajuste tecnológico

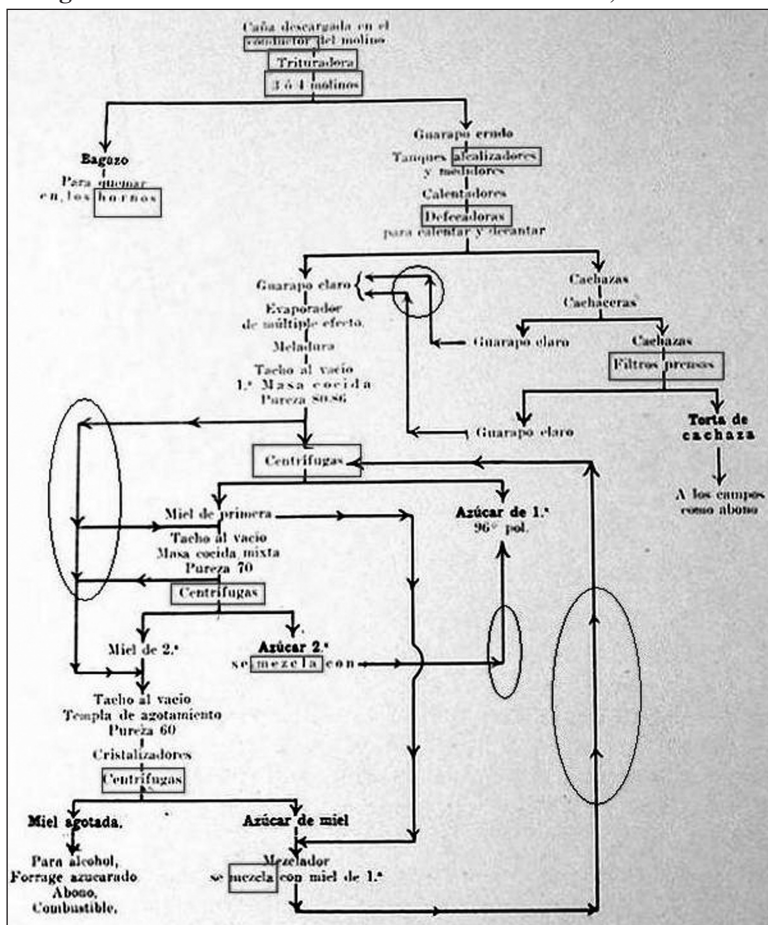
La inversión permitió la recuperación postbélica de los ingenios cubanos, proseguir su centralización, dotarlos de más tierra y ferrocarril, y fue condición necesaria, pero no suficiente para ganar eficiencia elevando su oferta, pues veíamos que esto se logró ampliando sus capacidades más que su número, hasta en los recién creados. Decíamos que por ello, y por los problemas de la producción en masa en tecnologías de proceso continuo, lo perceptivo era optimizar la dotación relativa de insumos, elegir los equipos y procedimientos adecuados, y ajustar luego la cadena fabril. De ahí que señalásemos que había recursos con que suplir la carestía salarial y reducir costes, lo cual fue, incluso, un incentivo para innovar, y el Gráfico 3 muestra que se consiguió. El componente no agrario de dicho coste disminuyó de 46% en 1892-1895 a 40% en 1913 (cuadro 2) y la evidencia indica que ello fue posible mediante las técnicas que *El Azúcar* sugería aplicar.

Coadyuva a explicarlo que la revista no incurra en un defecto común en publicaciones similares: aconsejar tecnologías en las que sus editores tenían interés. Hemos dicho que no pudimos confirmar la implicación de Descamps en negocios de maquinaria azucarera, y aunque poseía patentes que le convenía publicitar, tenían reconocimiento internacional. Además, los artículos de *El Azúcar* que las examinan junto a otras alternativas no les dan trato de favor. Seguramente el autor valoraba más su reputación de técnico-analista, pues lo que sabemos con certeza es que se dedicaba a estudiar la agro-manufactura cañera y a asesorar la creación y modernización de ingenios.

Los equipos, procedimientos y ajustes que observaba, recomendaba

y hasta desaconsejaba *El Azúcar* en 1900-1902 son los que, en efecto, caracterizaban a los centrales cubanos en 1913, según muestra la Figura 7, ponderación esquemática de las tecnologías aplicadas en ellos tomada de una fuente censal (*Portfolio* 1915). La revista, ya que hacia 1900 se cumplían razonablemente los requisitos agrarios de una molienda eficiente y todos los ingenios estaban mecanizados, entendía que lo perceptivo era seleccionar, acoplar y modificar las tecnologías para optimizar la dotación relativa de insumos y el crecimiento de la oferta que permitía el mercado de EE.UU. Por la combinación de ambos factores, parecía que lo más oportuno era dotar a las fábricas de elevadas capacidades, pues la escasez y carestía laboral dificultaban aumentar la

Figura 7. Proceso de fabricación del azúcar. Cuba, 1912-1913.



Fuente: *Portfolio* (1915:XXI).

producción incorporando trabajo, pero la caña abundaba y era posible conseguirla procesándola masivamente.

Lo aconsejable era elegir, entre la tecnología dada, la que permitiese moler mayor cantidad de caña, ahorrar trabajo y combustible, y ajustarla para ganar eficiencia. En efecto, entre 1902 y 1906 la caña disponible aumentó un 44%, y entre 1906 y 1913 un 99%, pero el azúcar obtenido de ella creció más, de 35 a 178% (*Industria 1908-1914*). Esto se logró con mejoras en los equipos de combustión y conducción de vapor con el fin de generar más energía, optimizar su uso y mover grandes trapiches, calentar enormes pailas y activar veloces cristalizadoras. Era lo que recomendaba *El Azúcar* en 1900-1902 y en efecto ocurrió. La Figura 7 muestra que diez años después los centrales contaban con hornos de bagazo, conductores y descargadores cañeros, trituradoras-preparadoras, doble o triple molida, alcalizadoras, filtros prensa, mezcladores para recentrifugar las mieles (señalados con rectángulos), y procuraban maximizar las conexiones entre calderas, máquinas y procesos y flujos-reflujos en éstos (marcados con círculos y elipsis).

Los hornos, como se señaló, ahorraron energía en un período de precios altos del combustible. En efecto, su proporción en el coste del azúcar se redujo del 9% en 1892-1895, al 6% en 1900-1901 y 4% en 1908. Además, permitieron prescindir de 20.000 operarios, un 40% del trabajo economizado en los ingenios entre 1886 y 1910, por lo que fueron el principal factor de la disminución de gastos laborales (Gráficos 1, 2 y 3, Cuadro 2; Funes 2004:301). Pero también dijimos que su eficiencia dependió de mejoras para optimizar el uso del vapor y de su ajuste con el resto de la cadena productiva. Por el *Portfolio* (1915) sabemos que en 1913 se habían generalizado los tiros forzados que recomendaba *El Azúcar*. En cuanto al uso de conductores, preparadoras, doble o triple molida e imbibición, sus datos indican que también eran lo normal, aunque comúnmente combinados con grandes trapiches, en contra de lo que aconsejaba la revista, aunque no por ello fue irracional.

Grandes aceñas, preparadoras e imbibidoras podían ser menos rentables que sus tecnologías alternativas, pero su uso está interrelacionado y lo determinó la necesidad de ahorrar trabajo y seguir fomentando el colonato, incentivado por las leyes que impedían importar braceros baratos. Las preparadoras no dejaban la caña en mejores condiciones para su molturado que el laminado tradicional, aunque sí para la imbibición o difusión, y economizaban operarios, igual que centralizar la molienda en enormes trapiches, pese a que aumentaban el riesgo de interrupciones en el proceso fabril.

Los trapiches dejan jugo en el bagazo y extraerlo requiere desfibrarlo para desconcentrar sus moléculas, licuarlo en caliente y contracorriente de agua, proceso llamado difusión y ensayado en Cuba desde

Cuadro 2. Precios FOB y costes desglosados del azúcar. Cuba, 1878-1913 (centavos de dólar/libra).

	Precio	Coste	Agrario (caña)	Industrial				Tiro
				Total	Trabajo	Energía	Manufac- tura	
1878*	4,50	2,86	55%	27%		8%	19%	18%
1880-1884	4,22	3,23	48%	40%	17%	9%	14%	12%
1888-1890	3,48	2,67	50%	37%	16%	8%	13%	13%
1892-1895	2,79	2,47	54%	34%	13%	9%	12%	12%
1900-1909	2,49	2,14	54%	36%	11%	6%	19%	10%
1905	2,97	1,95	57%	34%	16%	3%	15%	9%
1908	2,50	1,63	58%	36%	18%	4%	14%	6%
1913	2,40	1,34	60%	36%				4%

* Trabajo incluido en agrario y manufactura.

Fuente: Gráfico 1.

1880 (Moreno Fragnals 1978:3, 111), o imbibirlo (macerarlo). El primer sistema emplea más trabajo, sobre todo en preparar la caña, y el segundo más energía, utiliza mucha agua que luego debe evaporarse (González-Pérez *et al.* 2010:41, Figura 5). De ahí que los centrales optasen por este último, pues los hornos bagaceros y mejoras en la generación y uso del vapor lo hacían más aconsejable. Además, los difusores precisan moler con mayor rapidez y causan más interrupciones en el proceso fabril, problema relacionado con los déficits de la tecnología disponible. En efecto, el aumento en la extracción del jugo de caña era inversamente proporcional a la velocidad de molturado, lo que no empezó a resolverse hasta después de 1915 con el perfeccionamiento de las preparadoras y desmenuzadoras, del ranurado y dentado de las mazas del trapiche, y de la compresión y lubricación del bagazo durante su maceración (Mayo 1929:123).

El problema de la imbibición es que extrae polisacáridos del bagazo, y hasta que fue posible mejorarla y moler más de prisa, la única solución era extremar la vigilancia del proceso y la conexión entre equipos para no despilfarrar vapor y presión y no deteriorar la pureza del jugo de caña, como sugería *El Azúcar* y, además, hacía extensivo la revista al resto de la manufactura azucarera. La clarificación y el filtrado, decía, podían causar también pérdidas de sacarosa debido a la insustituibilidad de la cal y a la dilución alterna de dicho jugo, y hasta los años veinte no se perfeccionó mediante la decantación continua. En cuanto a la generación y economía

del vapor, tardaron mucho más idearse preevaporadores (Agete *et al.* 1946:2, 558) y sólo la citada conexión correcta de los hornos, máquinas y calderas, y su adecuada alimentación y carga y descarga permitían ganar eficiencia. Igual podemos señalar del mayor agotamiento de la miel, que sólo dispuso de nuevas tecnologías a partir de 1920, con la sustitución de los tachos de serpentín por los de calandria (cilindros giratorios para prensar y satinar), y con la aplicación de enfriadoras y válvulas hidráulicas para conectar las pailas en la década siguiente. Entonces los refractómetros hicieron factible también estandarizar la cristalización y, como sostiene Zanetti (2009:132), el proceso dejó de ser alquimia para convertirse en ciencia (Rolston 1934:252, Suárez 1935:70).

Resultados. Costes, rendimientos y eficiencia comparada

Los déficits de la innovación tecnológica, en fin, acabaron siendo incentivos para el avance del conocimiento, pero mientras tanto otorgaron aún mayor importancia al ajuste y coordinación del proceso productivo del ingenio y a su dependencia de contar con buenos datos, intérpretes (directores) y ejecutores (operarios), que eran los aspectos en cuya mejora insistía *El Azúcar* y caracterizaron el progreso posterior de los centrales cubanos. Hasta ahora hemos demostrado que éstos se dotaron de los equipos y perfeccionaron los procedimientos que la revista recomendaba, pero falta analizar con detalle si, en efecto, dieron los resultados esperados.

La evidencia es precisa respecto a la práctica de la agricultura extensiva. La *ratio* caña/hectárea creció de 480 a 510 toneladas entre 1902 y 1913, pero fruto del cultivo de tierra virgen en el este de Cuba, que producía 635 toneladas promedio, pues no se insistió en mejorarlo; sin embargo el azúcar cristalizable en ella pasó de 13 a 16,1% entre 1894 y 1913. En 1904 se creó una estación agronómica y priorizó los estudios químicos y de fertilización (Earle 1904; Crawley 1917; Díaz-Marrero 2002). Martín *et al.* (1987:299) dicen que no existen abonos universalizables, pero Santamaría (2002:23) demuestra que usarlos es conveniente en tierras cansadas y era común en los centrales ubicados en zonas de explotación más antigua (el 40%), y que se empleaba una única variedad de caña, la cristalina, porque es la de mayor rendimiento en ese tipo de terreno.

Los datos sobre fuerza motriz, primer requisito para optimizar la mejora de riqueza de la caña, aunque menos precisos, indican que los ingenios totalmente mecanizados hacia 1894 rendían 4,7 toneladas/caballo de vapor, y 8,4 en 1913 (Cuadro 3). Aparte de accionar la maquinaria analizada, se usó para producir electricidad, como aconsejaba *El Azúcar*, hasta 1911 con generadores y luego con plantas industriales

montadas en varios centrales, que además servían a otros y a poblaciones próximas (Altshuser 2006:71). Lo que necesitamos saber, empero, es cómo y cuándo se tradujo esto en los rendimientos y costes, pues es el único modo de evaluar la coordinación y ajuste tecnológico que, según señalamos, fue lo característico del período estudiado. El cuadro 2 mostraba dichos costes desglosados y que su reducción fue del calibre aventurado en la revista: de unos 3 centavos/libra antes del aumento de oferta que permitieron las facilidades para exportar a EE. UU., a 2,47 en 1892-1895; cifra que descendió progresivamente entre 1900 y 1913, llegando a 1,34. Ya indicamos las razones por las que todas las partidas disminuyeron absolutamente, aunque proporcionalmente sólo se logró ahorrar en combustible y transporte, manteniéndose estable el importe relativo de la caña y el trabajo.

Cuadro 3. Rendimientos comparados. Ingenios mecanizados 1894-centrales 1913.

	1894	1913	Variación
Producción/ingenio (toneladas)	5.000,0	15.000,0	200%
Tierra total/ingenio (hectáreas)	3.900,0	6,903,0	410%
Tierra de caña en total (%)	40,0	46,0	6%
Ferrocarriles/ingenio (kilómetros)	11,0	25,0	130%
Días de zafra (número)	150,0	138,0	-9%
Azúcar (toneladas)/hectáreas de caña	3,2	4,7	50%
Azúcar (toneladas) número de trabajadores	3,7	8,9	150%
Azúcar (toneladas)/número de caballos de vapor	4,7	8,4	79%
Azúcar cristalizable en la caña (%)	13,0	16,1	20%
Extracción del trapiche (%)	62,9	87,5	25%
Rendimiento del azúcar (arobas/100 arobas de caña molidas)	8,3	10,9	30%
Pureza de las miles (%)	85,9	89,2	4%
Azúcar de primera producido (%)	91,5	98,7	8%
Coste de producción (centavos de dólar/libra)	2,5	1,4	-40%
Beneficio (centavos de dólar/libra)	0,5	0,8	50%

Fuentes: para 1894 “Datos” (1900) y Santamaría; García-Mora (2005); para 1913 *Portfolio* (1915).

Dijimos también que traducir en eficiencia el avance técnico requirió

cualificación laboral y de la gerencia. Los gobiernos de Cuba, empezando por el de ocupación estadounidense, priorizaron mejorar la educación y como consecuencia la tasa de alfabetización pasó de 43% en 1899 a 56% en 1907 y 62% en 1919 (Santamaría 2000:531). Al inicio del siglo XX se crearon escuelas de ingeniería y la estación agronómica. Aunque el avance formativo fue lento, en 1909 casi todos los científicos de esa estación eran insulares, cuando en 1904 eran norteamericanos. La capacitación del personal de los ingenios se realizó en ellos o en el extranjero, pues al crearse en 1927 la Asociación de Técnicos Azucareros sólo un miembro de su directiva era criollo, pero en 1913 todos los centrales tenían laboratorios, y el 57% de sus 236 químicos eran cubanos (Díaz-Marrero 2002; Althusser 2006).

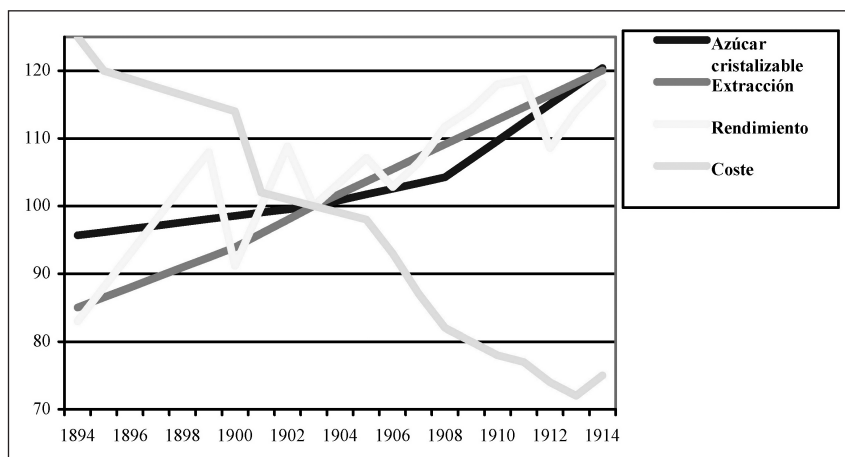
Explica el lento progreso en la capacitación laboral lo indicado sobre que la *cientificación* del central no avanzó sensiblemente hasta después de 1920. Entonces se creó la escuela azucarera habanera y se matricularon 24 estudiantes. El progreso formativo y en la gerencia, que debió ser proporcional a la conversión de los ingenios en sociedades, empero, debieron bastar para aumentar su competitividad, pues junto a los costes, todos los indicadores mejoraron notablemente entre 1894 y 1913 (Cuadro 3). El resultado más destacado es la productividad del trabajo, como cabía esperar. La pureza de la caña, su extracción y el rendimiento industrial, aumentaron de 20 a 40% y la comparación entre sus incrementos, además, indica que lo hicieron sincronizadamente.

La sincronización es fundamental, pues Santamaría (2002) dice que el modo de evaluar la mejora de la eficiencia en tecnologías de proceso continuo es observar si los rendimientos aumentan en el mismo sentido que el del flujo productivo. Y ese sincronismo es el principal argumento probatorio de que los ajustes sugeridos en *El Azúcar*, cuya aplicación mostraban fuentes posteriores, fueron en efecto los que incrementaron la competitividad de los centrales, y cuándo, cómo y por qué lo hicieron.

Por la lógica de crecimiento de la eficiencia en tecnologías de proceso continuo, debíamos esperar, y así sucedió (Gráfico 4), que lo primero en mejorar fuese la pureza de la caña, después su extracción en el trapiche, luego el rendimiento industrial y finalmente el coste, y que entre sus aumentos hubiese relación exponencial y cíclica, como muestra el dato de que a partir de 1908 se aceleró el ritmo de incremento de la riqueza sacárida de la gramínea, indicador de que se reiniciaba el ciclo.

Como la competitividad es un problema de eficiencia relativa, la de las tecnologías y ajustes aplicados por los centrales cubanos entre 1894 y 1913, finalmente, debe medirse comparadamente. Debido a la existencia de economías de escala, el primer dato destacable es que su oferta creció más que la de los otros grandes productores mundiales, exceptuando a algunos abastecedores del mercado de EE. UU. (Cuadro 4).

Gráfico 4. Índice de pureza del azúcar, extracción y rendimiento y coste de producción. Cuba, 1894-1914.



Fuentes: Cuadro 3.

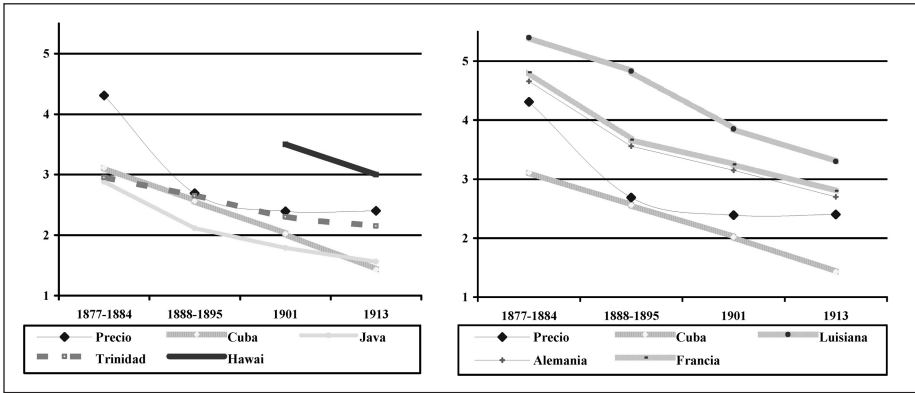
El Gráfico 5 muestra, además, que esto se tradujo en una disminución proporcional de los costes.

Cuadro 4. Oferta de azúcar de los principales productores mundiales, 1900-1913 (miles de toneladas).

Productores de caña de azúcar	1903	1913	Crecimiento
Cuba	1.003	2.445	14,4%
India	1.957	2.332	1,9%
Java	819	1.331	6,3%
Hawai	391	480	3,3
Puerto Rico	85	240	30,0%
Brasil	187	204	0,9%
Mauricio	150	205	3,7%
EE.UU.	239	168	-4,9%
Productores de azúcar de remolacha			
Países europeos	5.561	8.305	4,9%
EE.UU.	195	624	22,0%

Fuentes: *Industria* (1908-1914).

Gráfico 5. Precios y coste del azúcar en distintos productores (centavos/libra), 1899-1878 - 1913.



Fuentes: Gráfico 1, “Coste” (1894), y Santamaría (2002).

Partiendo de costes similares a los javaneses, sus principales competidores internacionales, y a los trinitarios, los centrales cubanos recobraron el nivel perdido en la primera fase de cambios y ajustes tecnológicos y durante la guerra de independencia insular respecto a aquéllos y a la industria remolachera europea. Y como preveía *El Azúcar*, fruto de aplicar y mejorar las tecnologías y procedimientos que les permitían ganar eficiencia absoluta y relativa, desde inicios del siglo XX, redujeron esos costes a un ritmo superior al de la competencia y en 1913 eran los que fabricaban el dulce más barato en el mundo.

Unas líneas de Lezama-Lima (1900:3), finalmente, sintetizan como pocas el modo en que se logró ese resultado y cómo se ha explicado:

Las incesantes transformaciones de la caña necesitan [...] ese acarreo secreto, ese trabajo en las filtraciones [...] cerca del fuego de la cocción [...] que hacen del ingenio] más un período geológico que una industria [...] La máquina responde al toque de la virtuosidad, al lado de ella [...] el hombre] vigila la dirección, el salto, el cansancio del tornillo [...]. La cotidianidad vuelve así a instalarse en la secularidad, en un juego de posibilidades del que sólo los cubanos conocemos el secreto.

Notas

- ¹ Agradezco los comentarios y sugerencias de los *referees* designados por *Caribbean Studies*, que han ayudado a mejorar sustancialmente el texto, así como la colaboración prestada por la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba y especialmente por su personal de biblioteca.

- ² En 1825 EE. UU. compraba el 34% del azúcar cubano, en 1855 el 62% y en 1895 el 76%. La razón fue la protección de los mercados europeos y la cercanía y expansión del norteamericano, que en 1900 consumía 59 libras *per capita* (el alemán 31; el español 8). [*El Azúcar* (EA desde ahora) 1/1900:7.] En 1895 el dulce insular satisfacía el 42% de la demanda estadounidense, en 1905 el 49% (y recuperaba el 15% en la oferta mundial que tenía 1894), y en 1915 el 57% (Moreno Friginals 1978:3, 36).
- ³ El tratado redujo un 20% el arancel de EE. UU. para el azúcar de Cuba a cambio de rebajas del 20-40% de las tarifas a los productos norteamericanos en el mercado insular (Gráfico 1, Zanetti 1989).
- ⁴ En 1877 poblaban Cuba 1.457.700 personas; 199.100 eran esclavas. En 1913, de los 2.666.000 habitantes (24/km²) 190.000 eran inmigrantes, 76% españoles, y se precisaban 15.000 temporeros/año para la zafra (Santamaría 2000a).
- ⁵ Moreno Friginals (1978), Santamaría; García Mora (2005).
- ⁶ Hasta entonces se purgaba en hormas, de las que resultaban panes cónicos que, tras ser cortados, ofrecían azúcares con 16 grados de pureza distinta. Sobre el desplazamiento de esos azúcares del mercado por el centrifugado ver Galloway (2005), Santamaría; García Mora (2005).
- ⁷ Dye se refiere al flujo tecnológico central-refinería, pero éste era ya habitual en la industria azucarera debido al comercio, circulación de publicaciones, operarios, vendedores (que instalaban y modificaban máquinas en distintas partes), transnacionalización empresarial o creación de redes de negocio. Además de las obras de la época que se irán citando, hay varios estudios del tema. García Muñoz (1999) analiza ese movimiento de operarios; Zanetti *et al.* (2001) la labor en Antillas y Guayanas de Noel Deerr, el más reputado ingeniero del sector en los años 1910-1940; Ayala (1999) o McAwoy (2003) las firmas norteamericanas en el Caribe y una de las citadas redes, encabezada por Manuel Rionda, español migrado a Cuba que se convirtió en el principal *sugar business man* del período y operó desde EE. UU. en conexión con su oligarquía financiera, y Cantero (2005) es fruto del trasiego de un vendedor de máquinas.
- ⁸ Ibáñez (1881), Pimienta (1881-1883), Descamps (1882), Warnford *et al.* (1882), Jiménez (1883, 1893), Landa (1886), Tatjer (1887), Lamar (1888), Balmasea (1890-1896), Comallonga (1897), Bass (1901), Zayas (1904), Earle (1904, 1905), Prinsen; Gorkun (1911), Prinsen (1912, 1919), Alonso (1916), Wiles (1916), Crawley (1917),

- USCD (1917). Se basa, además, en obras de botánica, cultivo cañero y programación de la zafra (Martín *et al.* 1987, o Morales 1992) y en el estudio técnico clásico de Jenkins (1970).
- ⁹ Todo aumento posterior de la zafra se efectuó ampliando esa capacidad más que fomentando nuevos centrales, así que los creados desde 1898 también debieron aumentarla luego (Santamaría 2002:107; Dye 2012).
- ¹⁰ Zanetti; García Álvarez (1987). Los centrales llegaron a tener 12.162 km de ferrocarril, y la red de trenes de servicio público 5.365 (Santamaría 1998).
- ¹¹ El Club Azucarero editó entonces *Zafra* (1929-1931). Antes se publicó tres años *Cuba Agrícola* (1905-1906) y *Sugar Cane* (1905), dedicada a agronomía, y en 1927 se creó la Asociación de Técnicos Azucareros, que editó memorias y luego una revista (ATAC 1927, ATAC 1942-).
- ¹² Descamps (1892), “Sobre rectificación de la patente de Descamps”. Archivo Histórico Nacional, Madrid, Ultramar, 173/5/1887; “Descamps” (1891:93), “Gaston” (1895:158), “Aparato” (1905:207).
- ¹³ Moreno (1887:307), Trelles (1911-1915:2, 22), Friedlaender (1944:78), Le Riverend (1952:89), Benítez (1979:7), Moreno-Fraginals (1978:2, 21), Zanetti; García Álvarez (1987:73), Pérez (1991:71), Paz; Hernández (1993:20), Balboa (2000:78), Piqueras (2003:76), García Muñoz (1999), Zanetti (2009:112).
- ¹⁴ Las obras que iniciaron la historiografía azucarera (Ortiz 1940, Abad 1945, Agete *et al.* 1945, Guerra 1970) o las posteriores de Zanetti; García Álvarez (1976), Ayala (1995), Charadán (1982:27), Dye (1998), Iglesias (1999) o Santamaría (2002:611) lo citan genéricamente o en la bibliografía.
- ¹⁵ Según Moreno Fraguinals (1978:3, 109) el San Lino fue el primero en instalarlo en 1887, pero debe referirse al difundido en Cuba por Samuel Fiske en 1885, aplicable a cualquier caldera (Funes 2004:300).
- ¹⁶ Para la discusión teórica saber práctico-transformación del conocimiento científico-técnico, ver Kuhn (1999), Ayús (2000); Bijker *et al.*, eds. (1997). Sobre Cuba Puig Samper (1995) dice que se habla de ausencia de ciencia por falta de grandes avances, pero conforme a su sociedad y economía, lo que se ha dado tradicionalmente y debe estudiarse es la *pequeña ciencia*, aplicada y práctica frente a problemas locales.

- ¹⁷ El azúcar comercial se obtiene de caña y de remolacha. La industria remolachera surgió en Prusia en 1801 y fue protegida en Europa desde las guerras napoleónicas, cuando el bloqueo naval británico provocó desabastecimiento de dulce. Hacia 1850 generaba el 10% de la oferta mundial y desde 1880 más del 50% (Santamaría; García Mora 2005:18). Entonces el rendimiento en Alemania y Francia era 10,7% (@ de azúcar/100@ de remolacha o caña) y en Cuba 8,3% (EA 1/1900:6, Figura 4).
- ¹⁸ Define, por ejemplo, polarímetro, imbibición, alcalinidad (Figuras 4-6), reseña las obras de Barnet (1897) o Barbet (1901) [EA 9/1901, 2-4/1903], y publica estadísticas y estudios sobre oferta y demás indicadores de la zafra de Cuba y otros lugares (“Datos” 1900; Gumá 1900; Biard 1902).
- ¹⁹ “Ingenio” (1879:207), “Ingenio” (1889:46), Jiménez (1890:97), “Coste” (1894:499).
- ²⁰ “Perfeccionamiento” (1901:161). Estudios como el de Martín *et al.* (1987) lo confirman y muestran que la experimentación fue rentable donde la caña era menos abundante.
- ²¹ “Peso” (1900:34), Jiménez (1893), Guerra (1970).
- ²² El cierre de ingenios cercanos y la extensión del ferrocarril a nuevas tierras aumentó su disposición.
- ²³ En 1902 alimentos y textiles eran el 55% del valor de las importaciones, y en 1913 el 53% (Zanetti 1989:98).
- ²⁴ Jenks (1928:61). Según Zanetti (2009:123) el Banco Nacional de Cuba inició en 1905 una agresiva política crediticia a bajo interés que contagió al resto. El Banco Español aumentó de 5.100.000 a 16.000.000 de dólares sus préstamos entre 1905 y 1913, y la banca europea adelantaba dinero para pignorar el azúcar. Además, el valor accionarial de los centrales que cotizaban en bolsa creció un 20-50% (Boletín 1905-1913).

Referencias

- Abad, Luis V. 1945. *Azúcar y caña de azúcar*. La Habana: Mercantil Cubana.
“Abolición de las primas al azúcar”. 1902. *El Azúcar* 3:67-69.
- Acosta, Agustín. 1926. *La zafra: poema de combate*. La Habana: Minerva.
- Agete, Fernando *et al.* 1945. *La caña de azúcar en Cuba*. La Habana: Mercantil Cubana (2 v).
- Algba, Antonio. 2000. “La difusión de la innovación. Las revistas científicas

- de España, 1860-1936". *Scripta Nova* 4(69/27):1-13. Accedido julio de 2014 (www.ub.edu/geocrit/sn-69-27.htm).
- Alonso, Gastón. 1916. *Tecnología del azúcar de caña*. La Habana: Rambla y Bouza.
- Altshuser, José. 2006. *Para una historia de las ciencias físicas y técnicas en Cuba*. La Habana: Científico-Técnica.
- "Aparato para la formación de alcohol de caña". 1905. *Lista de las patentes*. México: Oficina de Patentes:207.
- "Apparatus for Manufacturing Alcohol from Sugar-cane." 1891. *Journal of the American Chemical Society* 13:172.
- "Aprovechamiento de las mieles". 1900. *El Azúcar* 4:101.
- ATAC [Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba]. 1927. *Conferencias anuales*. La Habana.
- ATAC [Revista de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba]. 1942. La Habana.
- Ayala, César. 1995. *American Sugar Kingdom*. Chapel Hill: North Carolina University.
- Ayús, Ranfís. 2000. "Cultura y tecnología: un campo emergente". *Perfiles* 8:34-41.
- "El Azúcar". 1900. *International Sugar Journal* 2:1117.
- Balboa, Imilcy. 2000. *Los brazos necesarios*. Valencia: UNED, Historia Social.
- Balmasea, Francisco J. 1890-1896. *Tesoro del agricultor cubano*. La Habana: Propaganda Literaria (3 v).
- Barbet, Emile. 1901. *Nouveaux progrès de la rectification continue*. Paris: [s.l.].
- Barnet, William. 1897. *Practical Management of Engines and Boilers*. Philadelphia: Philadelphia Book.
- Bass, William L. 1901. *Azúcar de caña*. New York: Velasco.
- Bear, Jacob. 1998. *Dynamics of Fluids in Porous Media*. New York: Dover.
- Benítez, José. 1979. *Las Antillas: colonización, azúcar e imperialismo*. La Habana: Casa de las Américas.
- Bernard, François. 1889. *Principes d'économie rurale*. Paris: Coulet.
- Biard, François L. 1902. "Método de fiscalización química seguido en un ingenio". *El Azúcar* 2:31.
- Birmingham, A.P. 1900. "Instalación y reformas en los ingenios". *El Azúcar* 8:234.
- . 1901. "El transporte de la caña". *El Azúcar* 1:71.
- . 1902. "Términos y marcas usuales en materia de maquinaria". *El Azúcar* 1:15.
- Bijker, Wiebe E. et al., eds. 1997. *Social Construction of Technological Systems*. Cambridge: MIT.
- Boletín Oficial de la Secretaría de Agricultura, Comercio y Trabajo*. 1905. La Habana: SACT.

- Bulletin de l'Association des Chimistes et Ingénieurs des Sucrieries*. 1892. Paris.
- Cantero, Justo G. 2005. *Los ingenios. Colección de vistas de los principales ingenios de azúcar de la isla de Cuba*, editado por Luis M. García Mora y Antonio Santamaría García. Aranjuez: Doce Calles, CEHOPU, CSIC, Fundación Mapfre-Tavera (1ª edición 1856-1857).
- “La casa de calderas en tiempo muerto”. 1901. *El Azúcar* 4:109-111.
- “Casas de calderas de acero”. 1900. *El Azúcar* 2:39-41.
- Charadán, Fernando. 1982. *La industria azucarera en Cuba*. La Habana: Ciencias Sociales.
- Chemical Abstracts*. 1897. Washington.
- Chinolope [Francisco López Junqué]. 1990. *Temporada en el ingenio*. La Habana: Ciencias Sociales.
- “La colonización de tierras”. 1900. *El Azúcar* 5:143-144.
- Comallonga, José. 1897. *Manual del químico y maestro de azúcar*. La Habana: Fígaro.
- “Combination Slide is Adjustably Carried by Each Locking Slide Filter”. 1895. *Scientific American* 1895:156.
- “Compra de maquinaria para los ingenios”. 1900. *El Azúcar* 4:98.
- “Contratos de caña”. 1900. *El Azúcar* 3:71-73.
- “Coste de la remolacha”. 1894. *Revista de Agricultura* 14(37):499.
- “Costo de producción del azúcar”. 1900. *El Azúcar* 7:194-202.
- Crawley, Josiah T. 1917. “Cultivo de la caña de azúcar”. La Habana: EESV (*Sugar Cane* 35).
- “La cristalización en movimiento”. 1901. *El Azúcar* 8:232.
- Cuba Agrícola*. 1905-1906. La Habana.
- “Cuban Steam-plants Localization.” 1899. *Power* 19:23.
- “Datos generales”. 1900. *El Azúcar* 7:195.
- Deerr, Noel. 1915. *Condiciones de la industria azucarera en Cuba*. La Habana: Iris.
- . 1950. *The History of Sugar*. London: Chapman & Hall (2 v).
- Díaz-Marrero, Carlos. 2002. “Los primeros directores de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas”. Accedido julio de 2014. <<http://www.convenciontropicocuba.com/Memorias/2004/AGRICULTURA.pdf>>.
- “La doble molida y la extracción del trapiche”. 1901. *El Azúcar* 4:102.
- “Por dónde se va el rendimiento”. 1901. *El Azúcar* 7:193-197.
- Dye, Alan. 1998. *Cuban Sugar in the Age of Mass Production. Technology and the Economics of the Sugar Central*. New York: Stanford University.
- . “Where Are All the Yankees? Ownership and Entrepreneurship in Cuban Sugar, 1898-1921.” (<http://economics.barnard.edu/node/25446>). Accedido julio de 2014.

- Descamps, Gastón. 1882. *Los hornos de bagazo verde*. La Habana: La Lucha.
- . 1884. *La crisis azucarera de la isla de Cuba*. La Habana: Propaganda Literaria.
- . 1892. “Grenn-bagasse Fournaces.” *Sugar Cane* 24:592-619.
- . 1893. “Separation of Juices of Different Purity.” *Sugar Cane* 24:276-184.
- . 1900. “Hornos de bagazo.” *El Azúcar* 10:141-146.
- “Descamps, Gaston. Apparatus for Manufacturing Alcohol from Sugar-cane.” 1891. *Annual Report of the Commissioner of Patents*. Washington: Government Printing: 93.
- “Economías en el costo de fabricación del azúcar”. 1901. *El Azúcar* 3:67.
- Earle, Franklin. 1904. “Cultivo de la caña en tierras cansadas”. *Sugar Cane* 8.
- . 1905. “Sistema moderno de siembra de caña”. *Sugar Cane* 19.
- Edson, Hubert. 1902. “Influencia de la glucosa sobre la cristalización”. *El Azúcar* 2:49.
- “Les études de Descamps”. 1901. *Industries Agricoles et Alimentaires* 18:301.
- “Evoluciones necesarias”. 1901. *El Azúcar* 5:129-131.
- “Explosiones de calderas”. 1900. *El Azúcar* 3:79.
- Farr. 1924. *Manual of Sugar Companies*. New York: Farr & Co.
- Fernández, Carlos. 1900. “Progreso agrícola”. *El Azúcar* 10:139.
- Fernández-Prieto, Leida. 2005. *Cuba agrícola: mito y tradición*. Madrid: CSIC.
- . 2008. *Espacio de poder: ciencia y agricultura en Cuba*. Madrid: CSIC.
- “Fin de la zafra”. 1900. *El Azúcar* 4:114-115.
- “Las franquicias arancelarias y el azúcar”. 1901. *El Azúcar* 4:97.
- Friedlaender, Heinrich. 1944. *Historia económica de Cuba*. La Habana: Jesús Montero.
- Funes, Reinaldo. 2004. *Del bosque a la sabana: azúcar, deforestación y medio ambiente en Cuba*. México: Siglo XXI.
- García Muñoz, Humberto. 1999. “Louisiana ‘Sugar-tramps’ in the Caribbean Sugar Industry.” *Revista Interamericana* 29/4-1:1-29.
- Galloway, Jock. 2005. “Modernization of Sugar Production in Southeast Asia.” *20th International Congress for the Historical Sciences*. Sydney: South-Walles University (Cd-Rom):s.p.
- “Gaston Descamps. Filter.” 1895. *Official Gazetts of U. S. Patent Office* 2/19:158-159.
- Gilmore’s manual azucarero de Cuba*. 1927. La Habana.
- González Pérez, Félix *et al.* 2010. “Método para determinar la cantidad de agua de imbibición a utilizar en la industria azucarera”. *Ingeniería Mecánica* 13/1:41-48.
- Gordón, Antonio. 1899. *El azúcar como alimento del hombre*. La Habana: Muralla.

- “Gravitación”. 1902. *El Azúcar* 1:25.
- Gumá, J. 1900. “Producción azucarera”. *El Azúcar* 2:57.
- Guerra, Ramiro. 1952. *Historia de la nación cubana*. La Habana: Historia de la Nación Cubana (10 v).
- . 1970. *Azúcar y población en las Antillas*. La Habana: Ciencias Sociales.
- Harel, P. 1992. “Bagasse Combustion”. *International Sugar Journal* 94:1117-1126.
- Ibáñez, Francisco F. 1881. *Creación por el gobierno de la nación de cincuenta ingenios centrales*. La Habana: El Sol.
- Iglesias, Fe. 1999. *Del ingenio al central*. La Habana: Gente Nueva.
- La Industria Azucarera y sus Derivados*. 1907-1915. La Habana: Mercantil Cubana.
- “Ingenio San Gonzalo”. 1889. *Revista de Agricultura* 9/4:46.
- “Ingenio El Salvador”. 1879. *Revista de Agricultura* 1/8:207.
- Jenks, Leland H. 1929. *Our Cuban Colony*. New York: Vanguard.
- Jenkins, José A. 1970. *Introducción a la tecnología del azúcar de caña*. La Habana: ICL.
- Jiménez, Juan B. 1883. *El ingenio*. La Habana: Alorda.
- . 1890. “Madurez de la caña”. *Revista de Agricultura* 10/9:97.
- . 1893. *Los esclavos blancos*. La Habana: Álvarez y Cía.
- Jovas, Fernando. 1900. “Centrífugas”. *El Azúcar* 10:313-315.
- Kelley, H. 1901. “Indicador de máquinas de vapor”. *El Azúcar* 4:111.
- . 1902. “Transmisión-absorción de calórico”. *El Azúcar* 5:146.
- Koyld, R. y E. Malkebeke. 1901. “Cambios que experimentan los azúcares en almacén”. *El Azúcar* 1:7-9.
- Kuhn, T. 1999. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE.
- “Laboratorios”. 1900. *El Azúcar* 9:261-263.
- Lamar, Luis. 1888. *Manual práctico del administrador del ingenio*. La Habana: Establecimiento Tipográfico.
- Landa, Antonio. 1886. *El administrador del ingenio*. La Habana: [s.l.].
- Le Riverend, Julio. 1952. “Historia Económica”, en *Historia de la nación cubana*, editado por Ramiro Guerra. La Habana: Historia de la Nación Cubana (10 v): v 4.
- . 1985. *Historia económica de Cuba*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Lewis, Arthur W, ed. 1979. *Tropical Development*. London: Allen & Urwin.
- Lezama-Lima, José. 1990. “Introducción”. *Chinoloque*. 1990:1-6.
- “Limpieza de las calderas”. 1901. *El Azúcar* 6:183-184.
- Louisiana Sugar Planter’s*. 1892. Baton Rouge.
- “Maceración del bagazo”. 1900. *El Azúcar* 2:58.
- Madeleinau, A. 1901. “Filtros mecánicos”. *El Azúcar* 2:33-34.

- . 1902. “El sabor del azúcar”. *El Azúcar* 1:22-25.
- Mayo, José R. 1929. “Notas sobre molida de cañas a altas velocidades”. *ATAC* 1:118-125.
- Maxwell, Francis. 1927. *Economic Aspects of Cane Cultivation*. London: Rodger.
- McAvoy, Muriel. 2003. *Sugar Baron: Manuel Rionda and the Fortunes of Pre-Castro Cuba*. Gainesville: University of Florida.
- Memoria de la Zafra*. 1906-1915. La Habana: Secretaría de Agricultura.
- Morales, Antonio E. 1992. *Programación y economía de la zafra*. La Habana: Ciencias Sociales.
- Moreno, Francisco. 1887. *Cuba y su gente*. La Habana: Teodoro.
- Moreno Friginals, Manuel. 1978. *El ingenio. Complejo económico social del azúcar cubano*. La Habana: Ciencias Sociales (3 v).
- Nebra, S.A.; I.C. Maceo. 1989. “Pneumatic-drying of Bagasse.” *International Sugar Journal* 91:81-111.
- Opatrný, Josef, ed. 1995. *Cuba. Algunos problemas de su historia*. Praga: Universidad Carolina.
- Ortiz, Fernando. 1940. *Contrapunteo cubano del tabaco y el azúcar*. La Habana: Jesús Montero.
- “Papel de bagazo”. 1901. *El Azúcar* 2:42-43.
- Paz, Manuel y Manuel Hernández. 1993. *La esclavitud blanca: contribución a la historia del inmigrante canario en América, siglo XIX*. Tenerife: Centro de la Cultura Popular Canaria.
- Pellet, M. E. 1902. “Estudios comparativos de mieles”. *El Azúcar* 3:83-84.
- Pérez, Luis. 1991. *Cuba under the Platt Amendment*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- “Perfeccionamiento de la caña”. 1901. *El Azúcar* 6:161.
- “Peso de la caña”. 1900. *El Azúcar* 2:33-35.
- Pharmaceutical Era*. 1894. New York.
- Piqueras, José A. 2003. *Cuba, emporio y colonia. La disputa de un mercado interferido*. Madrid: FCE.
- Pimienta, Eugenio. 1881-1883. *Los dos primeros libros del manual práctico de la fabricación de azúcar de cañas*. La Habana: Alorda.
- “Podemos luchar”. 1894. *Revista de Agricultura* 14/37:96.
- Portfolio azucarero. La industria azucarera en Cuba*. 1915. La Habana: La Moderna Poesía.
- “Presupuesto de los ingenios”. 1900. *El Azúcar* 3:69.
- Prinsen, Hendrik. 1902. “Determinación de la presión del azúcar extraído cuando se emplea imbibición”. *El Azúcar* 6:167-169.
- . 1912. *The World's Cane-sugar Industry*. Manchester: Rodger.
- . 1919. *General History of the Cane-sugar Industry*. Manchester: Rodger.

- y Nicolas van Gorkun. 1911. *Tratado de fabricación de azúcar*. Amsterdam: DeBussi.
- y L. Rose. 1900. “Deducciones prácticas de la fiscalización técnica”. *El Azúcar* 6:161.
- “Procedimientos nuevos puestos en práctica”. 1900. *El Azúcar* 1:12.
- “Progreso en las centrífugas”. 1901. *El Azúcar* 5:123.
- “Progreso constante”. 1900. *El Azúcar* 1:10-11.
- Puig Samper, Miguel A. 1995. “La historia de la ciencia en Cuba: Algunas reflexiones críticas”. Pp. 143-151 en *Cuba. Algunos problemas de su historia*, editado por Josef Opatrný. Praha: Universidad Carolina de Praga, Editorial Karolinium.
- Revista de Agricultura*. 1879-1901. La Habana: Círculo de Hacendados.
- Reynoso, Álvaro. 1862. *Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar*. La Habana: El Tiempo.
- Roldán, Esteban. 1940. *Cuba en la mano*. La Habana: Mnemosyane.
- Rolston, W. 1934. “Enfriamiento acelerado de las masas cocidas”. *ATAC* 3:252-273.
- Roy, Emilio. 1902. “El ingenio moderno”. *El Azúcar* 3:65.
- Sachs, M.F. 1901. “Coeficiente de pureza y coeficiente de impureza”. *El Azúcar* 5:131-132.
- Santamaría, Antonio. 1998. “El ferrocarril en las Antillas españolas (Cuba, Puerto Rico y la República Dominicana), 1830-1995”. Pp. 289-334 en *Historia de los ferrocarriles de Iberoamérica (1837-1995)*, coordinado por Jesús Sanz Fernández *et al.* Madrid: CEDEX-CEHOPU.
- . 2000a. “El crecimiento económico de Cuba republicana. Una revisión y nuevas estimaciones en perspectiva comparada (población, inmigración golondrina, ingreso no azucarero y producto nacional bruto).” *Revista de Indias* 219:505-545.
- . 2000b. “Precios y salarios reales en Cuba, 1774-1914”. *Revista de Historia Económica* 2:339-376.
- . 2002. *Sin azúcar no hay país. La industria azucarera y la economía cubana, 1919-1939*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela de Estudios Hispano-Americanos, CSIC, Diputación de Sevilla.
- . 2015. “Cambios y ajustes tecnológicos en la agro-manufactura azucarera cubana, 1898-1913”. *Historia Agraria* 66:39-61.
- y Alejandro García Álvarez, coords. 2005. *La industria azucarera en América*. Madrid: CSIC (monográfico de *Revista de Indias* 233).
- y Luis M. García Mora, eds. 2006. “Donde cristaliza la esperanza: Lectura de *Los ingenios*”. Pp. 19-65 en *Los ingenios: colección de vistas de los principales ingenios de azúcar de la isla de Cuba*. Madrid: Ediciones Doce Calles, CEDEX-CEHOPU.
- Sanz Fernández, Jesús *et al.*, coords. 1998. *Historia de los ferrocarriles de*

- Iberoamérica, 1837-1995*. Madrid: CEDEX-CEHOPU.
- “Separation of Juices of Different Purity”. 1894. *Hawaiian Planter’s Monthly* 16/11:500.
- Stein, Sigmund. 1901. “Fiscalización química en la fabricación del azúcar”. *El Azúcar* 3:68-71.
- Suárez, F. 1935. “El refractómetro de mano Zeiss”. *ATAC* 3:70-79.
- Sucrerie Indigène et Coloniale*. 1892. Paris.
- Sugar Cane*. 1904. La Habana: Estación Agrícola Experimental de Santiago de las Vegas.
- Tatjer, Juan. 1887. *Fabricación de azúcar de caña en la Cuba*. La Habana: [s.l.].
- “Los trapiches y la preparación de la caña”. 1900. *El Azúcar* 2:36-38.
- Trelles, Carlos. 1911-1915. *Bibliografía cubana*. Matanzas: Quirós y Estrada (2 v).
- USDC [U. S. Department of Commerce]. 1917. *The Cane-sugar Industry*. Washington: Government Printing.
- Viola, Bartolmew. 1900. “Evaporación al vacío y aparatos de evaporación”. *El Azúcar* 7:203-214.
- Wakema, W. 1902. “Preparación de máquinas de vapor”. *El Azúcar* 3:77-79.
- Warnford, Charles G. et al. 1882. *Sugar Growing and Refining*. New York: Spon.
- Wiles, Robert. 1916. *Cuban Sugar Cane*. Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- La Zafra de Cuba*. 1929-1931. La Habana: Club Azucarero.
- Zanetti, Oscar. 1989. *Los cautivos de la reciprocidad*. La Habana: ENPES.
- . 2009. *Economía azucarera cubana*. La Habana: Ciencias Sociales.
- , et al. 2001. “Noël Deerr en la Guayana Británica, Cuba y Puerto Rico.” *Revista Mexicana del Caribe* 6(11):57-154.
- y Alejandro García Álvarez. 1976. *United Fruit Company. Un caso de dominio imperialista en Cuba*. La Habana: Ciencias Sociales.
- y Alejandro García Álvarez. 1987. *Caminos para el azúcar*. La Habana: Ciencias Sociales.
- Zayas, Francisco. 1904. *Política agraria de Cuba*. La Habana: Liga Agraria.