

INDUSTRIA AZUCARERA MEXICANA

Nivel Tecnológico

Lucía ÁLVAREZ MOSSO*
Ma. Luisa GONZÁLEZ MARÍN*

Introducción

Desde hace varios años la producción azucarera ha sido incapaz de satisfacer la demanda interna, tanto la industrial como la doméstica. El primer efecto de este escaso crecimiento —en ocasiones descenso— de la producción fue la reducción de las exportaciones y, posteriormente, se tuvo que recurrir a la importación.

La demanda creciente de azúcar se debió fundamentalmente al aumento del consumo industrial; en 1980 representaba el 53% del total, con un volumen de aumento de 205% de 1964 a 1978, frente al 64% de crecimiento del consumo doméstico durante el mismo periodo. Aunada a esta expansión de la industria transformadora de azúcar se tiene una baja del rendimiento en los ingenios en 1964, éste era del 9.1%, mientras que en 1980 bajó al 8.3%.

Con respecto al campo, la situación aparece un poco mejor, pues las superficies cultivadas de caña aumentaron de 1964 a 1979 en un 41%, el rendimiento subió de 59.7 Tons/ha. en 1964 a 65.5 Tons/ha. en 1980.

Ante este panorama de la producción de azúcar, las explicaciones no se hicieron esperar. Diversas oficinas gubernamentales y especialistas plantearon los problemas que, a su juicio, eran los centrales y daban recomendaciones para incrementar la producción de azúcar.

* Investigadoras del IIEC-UNAM.

Según ellos las causas del escaso crecimiento de la industria estaba en varios factores, los principales eran:

- 1) Tecnología obsoleta tanto en los ingenios como en el cultivo de la caña.
- 2) Los precios controlados habían ocasionado una descapitalización de los ingenios, pues los dueños privados preferían destinar su capital a negocios más lucrativos que a la producción de azúcar. En otras palabras, era un negocio que ya no le interesaba al capital privado en su fase de fabricación de azúcar, le interesa en la segunda fase de transformación, el llamado «sistema sacarígeno».

Las recomendaciones para solucionar los problemas fueron las siguientes:

- 1) Que el Estado tomara en sus manos los ingenios.
- 2) Que se reformara la Ley Agraria, para que el campesino cañero no fuera el perjudicado por la ineficiencia en la fábrica, o sea, que se le pagara por el peso de la caña y su contenido de sacarosa puesta en el batey. Reformas hechas en 1975.
- 3) Creación de nuevos ingenios con maquinaria y equipo modernos, y cierre de los ingenios demasiado viejos.
- 4) Apoyar con mayor financiamiento la ampliación y modernización del campo y de la fábrica, además de otorgar directamente el crédito al cañero y no a través del ingenio.
- 5) Elevar el precio del azúcar, para disminuir el subsidio; y diferenciar el precio de este producto según el consumo, más elevado si va a la industria.
- 6) Realizar una serie de estudios, SAM, para determinar dónde estaban los cuellos de botella fundamentales de las industrias.

De todas estas recomendaciones, algunas fueron llevadas a la práctica y otras quedaron simplemente en el papel; dentro de estas últimas están las que se refieren a la forma de pago al cañero, en la actualidad se le sigue pagando por el peso de la caña y por el rendimiento de sacarosa en fábrica. Otra medida que no se llevó

a cabo fue el otorgar el crédito directamente al agricultor, lo que se argumentó para no hacerlo fue que tenían que tratarse con tantos miles y miles de campesinos que se necesitaba un enorme aparato burocrático, además del ya existente, así que el crédito al cañero siguió manejándose a través del ingenio.

Aun cuando se crearon nuevos ingenios, se elevó el precio del azúcar, se incrementó el crédito y se modernizaron equipos, el problema de la baja producción de azúcar sigue presente. Así que si se quería estudiar la industria azucarera había que dejar de lado esas explicaciones y tratar de irse a la base del problema. Lo cual significaba conocer el nivel tecnológico real de la industrial, su productividad y sus rendimientos tanto en campo como en fábrica.

Antes de entrar en materia quisiéramos hacer una explicación. Sabemos que analizar un fenómeno sólo desde el punto de vista económico o técnico, es estudiarlo parcialmente, que de *por sí* no nos lleva a comprenderlo, que necesitamos introducir criterios sociales y políticos, y en el caso de la industria alimenticia hasta nutritivos para poder hacer una evaluación más racional. Poder hacer todo eso, llevaría a un estudio más profundo, que por el momento no podemos realizar, pero que se hace necesario posteriormente.

Sin embargo, tratamos de dejar planteados algunos fenómenos contradictorios que se presentan en la producción azucarera y que son parte intrínseca del sistema capitalista que vivimos, y otros que aun dentro de este sistema son irracionales, pero que perduran porque obedecen a intereses políticos o son formas de hacer política del Estado mexicano.

Teníamos claro que, ver el grado de desarrollo tecnológico de la industria azucarera, era el punto central para ir descubriendo los demás factores y darles su lugar en la explicación del fenómeno. Mucho se habla de lo atrasado de esta industria, pero poco se ha hecho por mostrar en qué consiste esa obsolescencia. Parece como si alguien hubiera dicho que la industria azucarera mexicana está muy atrasada respecto al nivel tecnológico mundial y todos los demás lo repetirían sin detenerse a comprobar qué tan cierta es esa afirmación.

En general, la tecnología de la producción de azúcar —con base en la caña—, a nivel mundial, no se ha desarrollado aceleradamente. Las diversas fases de la producción son las mismas desde aproximadamente 1920; a partir de entonces se han hecho modificaciones al equipo, aumentos de tamaño y, sobre todo, se han automa-

tizado las operaciones de los equipos y máquinas. También se ha mecanizado el campo y mejorado el tipo de caña.

Los avances más importantes en materia de tecnología se tienen en los subproductos de la caña, de los cuales nos ocuparemos en otra parte de este trabajo.

Se partía entonces de que no ha habido grandes cambios tecnológicos mundiales en la producción de azúcar y que conociendo los avances que se tenían en los países más desarrollados en esta materia, como Australia y Hawái, podríamos comparar el nivel tecnológico de México. Para ello nos auxiliamos de algunos estudios y de especialistas (ingenieros) de la industria del azúcar, los cuales nos señalaron los principales adelantos tecnológicos en el mundo. Ya con esa información, comparamos el nivel tecnológico de esta industria en México y encontramos que el problema tecnológico, si bien es importante, no es el principal en este caso.

Aquí disentimos de varias opiniones vertidas en estudios oficiales sobre que

[...] el rendimiento de los ingenios ha caído, principalmente, por la disminución de la calidad de la caña que llega para su procesamiento, así como a la obsolescencia de la maquinaria y equipo de trabajo.¹

Entrar en una polémica de si es atrasada o no la industria azucarera no es de nuestro interés, pero sí conviene señalar que con una capacidad instalada menor en 1974, se producía más azúcar que en 1980.

El trabajo mostrará lo que vimos, queda para el lector interesado en el tema verificar y comparar los resultados que obtuvimos.

Con fines de exposición, el trabajo se dividió en dos partes. La primera corresponde a los problemas económicos de la agricultura cañera y se hacen algunos señalamientos sociales.

La segunda se refiere a los problemas técnicos y de rendimiento del ingenio.

Al final, se señalan algunas innovaciones tecnológicas sobre la utilización de los subproductos de la caña de azúcar y el papel que México juega en esta actividad.

¹ Secretaría de Programación y Presupuesto, *Escenarios económicos. Industria azucarera, México, 1981, p. 62.*

1. AGRICULTURA CAÑERA

Una de las principales características de la industria azucarera está en el control que el ingenio debe tener sobre el campo. Cuestión que se basa en la necesidad de la fábrica de contar en la época de zafra con un abastecimiento suficiente y continuo de caña. Por otra parte, también requiere que la caña cortada se mueva antes de las 72 horas, porque después de ese periodo pierde sacarosa.

Estos dos factores han dado pie para que el ingenio intervenga en casi todas las fases del cultivo de la caña y de su transporte. Además de la obligación del campesino de la zona de abastecimiento de cultivar exclusivamente caña.

Las principales funciones del ingenio en lo que respecta al control del proceso productivo en el campo son las siguientes:

- 1) Gestiona, administra, canaliza y vigila el crédito que otorga FINAZA a los campesinos.
- 2) Vigila que se cultive la variedad de caña más conveniente para la región, según los resultados obtenidos en los campos experimentales del CNIA o del propio ingenio.
- 3) Programa (ahora ya con computadoras) los tiempos de cultivo y de zafra de su zona de abastecimiento.
- 4) Planea las nuevas áreas que deben sembrarse con caña.
- 5) Lleva a cabo el riego, la fertilización y el mejoramiento de suelos, así como el combate a las diversas plagas que afectan la planta.
- 6) De manera parcial es también el encargado de la mecanización del campo y del transporte de la caña. Alquila a los cañeros las máquinas.
- 7) Contrata los cortadores y paga su salario.

Al ver todas estas funciones del ingenio, tenemos que considerar que las mejoras en la agricultura de la caña se deben a su interferencia. Lo cual no significa que los problemas no existan o que se hayan alcanzado altos rendimientos.

Según las cifras que dan algunas fuentes consultadas, las áreas cultivadas de caña aumentaron de 1964 a 1979 en un 41%. Mientras que el rendimiento por hectárea fue en 1964 de 59.4 Tons/ha.

y en 1980 de 65.5 Tons/ha., lo cual lleva a afirmar que la expansión de la agricultura de la caña se ha dado sobre todo de manera extensiva. Lo anterior se confirma si comparamos este rendimiento con el de países como Australia y Hawai donde el promedio es de 110 a 120 Tons de caña por ha. Los mejores rendimientos en México que son los de Morelos y Puebla, fueron de 103 a 108 Tons/ha. o sea, no alcanzan ni el rendimiento promedio de aquellos países.

Parece ser que los crecimientos en la productividad del campo se deben al aumento del área con riego y a la utilización de fertilizantes. Las tierras irrigadas aumentaron de 1964 a 1979 en 36% y el área fertilizada llegó en 1978 al 83% de la superficie cortada, mientras que en 1964 era del 43%.

Los aumentos en la cantidad de tierras irrigadas y fertilizadas serían, junto con el mejoramiento del sistema de transporte y la construcción de nuevos caminos, los mayores avances en la agricultura cañera. En menor grado estaría el cultivo de nuevas variedades de plantas con alto contenido de sacarosa y la mecanización del campo.

Respecto a este último factor, la utilización de máquinas se ha llevado a cabo sobre todo en el alza de la caña quemada y cortada. Hecho que ha desplazado mano de obra, descendiendo el número de asalariados cañeros, en 1976 se ocupaban entre cortadores y asalariados de campo 112 670 personas; en 1980 bajó a 87 963.

Aunque ha aumentado la dotación de maquinaria agrícola, la intensidad de capital por superficie permanece constante de 1969 a 1978 un tractor por cada 102-112 has. Al mismo tiempo tiene que considerarse la obsolescencia del equipo y maquinaria agrícola para realmente conocer su nivel de tecnificación.

En términos generales se puede decir que la cosecha se hace de manera manual, debido a cuestiones económicas y a la morfología del suelo. La lentitud en la mecanización del campo —sin tomar en cuenta las características pedregosas del terreno—, pueden encontrarse en el hecho de que cerca de las dos terceras partes del equipo y transporte agrícola sean controlados por los cañeros. Bajo estas condiciones sólo los ejidatarios y pequeños propietarios que tengan grandes extensiones podrán utilizar su propia maquinaria e incluso alquilarla.

En el caso de los ejidatarios que tienen parcelas inferiores a 4 has. la situación se presenta más difícil. Si el ingenio les alquila las máquinas se las descuenta de sus ingresos obtenidos por la venta

de caña; así que en ocasiones prefieren utilizar el arado a los tractores o cultivadores. No hay que olvidar que sólo una tercera parte de la maquinaria agrícola pertenece a los ingenios y que la tierra cultivada de caña se encuentra muy parcelada, en promedio, cada cañero posee 3 has., por lo que el radio de influencia de los ingenios respecto a la mecanización del campo es menor comparada con el control de otras fases del proceso agrícola.

Al mismo tiempo se encuentra una polarización al interior del agricultor cañero, un pequeño grupo que tiene parcelas mayores de 50 a 100 has., que recibe mayores ingresos, que posee maquinaria y que puede negociar con más fuerza con el ingenio el precio de la caña. Otro grupo de campesinos medios, que alquilan maquinaria o la compran a través de la creación de asociaciones de agricultores en las que participan campesinos pobres. Finalmente, el sector mayoritario es de los agricultores con pequeñas parcelas, que tienen poco poder de negociación con el ingenio y se encuentran supereditados a éste.

Otro problema tecnológico de la agricultura cañera es el alto porcentaje de tierras plantadas con cañas viejas., lo que se traduce en bajos rendimientos y en una disminución del contenido de sacarosa de la caña. En 1979 era más de la mitad de la superficie cultivada.

En contraposición, el área sembrada con cañas nuevas o plantillas, ha disminuido proporcionalmente, pues en 1969 era del 26% de la superficie cosechada y en 1977 el 19%. Incluso hay estimaciones de que más de 20 ingenios tienen superficies inadecuadas de plantas, socas y resocas. En algunos ingenios que visitamos de la zona de Córdoba, nos dijeron que hay hasta 9 y 10 cortes de una misma planta.

Según datos oficiales, sería necesario voltear por lo menos un 25% del área cañera total para eliminar las capas improductivas y sustituirlas por siembras de reposición.²

Al concluir la parte de la tecnología agrícola en el cultivo de la caña tenemos que: la expansión de la agricultura se ha dado sobre todo de forma extensiva, con lo cual, se ve que la tecnología moderna no tiene una aplicación masiva. Se localiza en las grandes explotaciones del Pacífico Norte y algunos ingenios del Centro y Sur.

² Sistema Alimentario Mexicano, *Industria azucarera*, México, 1980, p. 5.

Con respecto al campo también observamos que se presenta una contradicción entre la necesidad de aumentar el rendimiento en el campo y la parcelación de la tierra. Contradicción que el ingenio no ha podido superar porque su radio de acción no abarca la mecanización y por la falta de investigación sobre mejoramiento de las variedades de caña y del suelo.

Al mismo tiempo, la relación del cañero con el ingenio y la enorme parcelación, han provocado que el campesino haya perdido el control del proceso productivo en su tierra, y se convierta en un rentista miserable que en la mayoría de los casos vive endeudado con el ingenio. Sólo escapan a este fenómeno los campesinos que tienen grandes extensiones.

Lo que no pudimos precisar es hasta qué punto la tenencia de la tierra y su gran parcelación frenan el desarrollo y modernización de la agricultura cañera. La interrogante queda planteada para un estudio de la agricultura de la caña.

2. LOS RENDIMIENTOS EN FÁBRICA

Aunque el azúcar está muy lejos de ser un nutriente de primera línea, tiene por la deficientísima dieta del pueblo mexicano, una gran importancia dentro de la industria alimentaria,³ casi un 50% de la producción nacional se usa en el consumo directo como fuente de calorías para la población, el resto, aproximadamente un 55% se destina como insumo para distintas industrias, cuya principal materia prima es el dulce, entre ellas la más importante es la refresquera.

La producción azucarera había satisfecho la demanda interna en las últimas décadas y se llegaron a producir excedentes que permitieran su exportación, pero hacia 1974 se advierte una baja, de tal manera que ha llegado a importarse dicho producto para satisfacer el mercado interno.

Este fenómeno no ha sido modificado substancialmente a pesar

³ La ración alimenticia diaria del mexicano no cubre, en su mayor parte, el consumo nutricional mínimo (de acuerdo con el Instituto Nacional de Nutrición, sería de 2 750 calorías y 80 gramos de proteínas totales), pues según estudios recientes, un alto porcentaje de la población total es considerada desnutrida. De allí que una parte importante de las necesidades calóricas se «satisfagan» con azúcar y, se cree a la vez otro problema de salud, toda vez que el consumo *per cápita* de este producto es mucho más alto que el recomendable para una dieta equilibrada.

de que las condiciones productivas han sido mejoradas mediante el aumento tanto del número de ingenios como de la zona de cultivo, además de que los nuevos ingenios tienen la tecnología más avanzada.

En este punto, trataremos de analizar los elementos que entran en juego dentro de la producción azucarera así como las causas que la frenan.

En la productividad de la industria azucarera intervienen distintos factores, los cuales van desde el suelo en que se cultiva la caña, el corte, el transporte, hasta las condiciones tecnológicas del ingenio, capacitación del personal y la organización de la producción.

El azúcar se obtiene del jugo extraído de la caña de azúcar (en otros países también se obtiene de la remolacha), evaporando el agua y separando los cristales. El objetivo principal en el proceso de fabricación es conseguir el máximo rendimiento de sacarosa de pureza, la más alta posible. Es en este aspecto en donde se advierten deficiencias productivas en nuestro país; el problema se inicia, como ya se ha señalado, desde el cultivo mismo de la materia prima. La cantidad promedio de caña de azúcar producida en el campo es de 67.2 toneladas por hectárea mientras que en los países de más alto rendimiento se obtiene más del doble. En Taiwán y Australia se llega hasta 167 toneladas por hectárea. En esos países el rendimiento *mínimo* de azúcar extraída a la caña es de 12%, es decir de 100 kg de caña, se obtienen 12 de azúcar; los rendimientos promedios internacionales son de 15 a 16%, en tanto que en México se obtiene alrededor del 10.3%. Es decir, tanto en la zona de cultivo, como en la extracción de sacarosa de la caña, las deficiencias son enormes.

A simple vista podría pensarse que el problema es de atraso tecnológico, pero si se observa con cierto detenimiento el fenómeno, encontraremos que las condiciones técnicas de la industria azucarera no son significativamente atrasadas. Podría considerarse que la modernización tecnológica, la eficiencia y los mejores rendimientos son factores que se dan conjuntamente en el proceso productivo. En la industria azucarera tal situación de causa y efecto no se presenta. Dicha actividad parte de condiciones tecnológicas satisfactorias, sin embargo la producción obtenida está muy por debajo de la esperada, de acuerdo con esa base técnica.

La meta deseable sería que cada ingenio produjera según su capacidad, con el más alto rendimiento y eficiencia, sin excederse de los cinco o seis meses que debe durar la zafra (diciembre-mayo).

El hecho de que no se logren estos objetivos hace que el costo de producción de azúcar sea muy elevado (fue de 15 a 100 pesos kg. en 1981).

De acuerdo con estudios realizados, la industria azucarera cuenta con algunos ingenios viejos e ineficientes, otros muy modernos que no están produciendo los montos deseables y otros no muy modernos pero muy productivos. Los más eficientes son: Potrero, Man-te y Emiliano Zapata. Los más modernos son los recién montados: López Portillo, Álvaro Obregón, Tres Valles y el Ingenio Huistla, que está terminando su montaje. No obstante, la producción obtenida en cada uno de estos últimos, alcanza, más o menos, la mitad de lo que se esperaba.

En promedio, las características técnicas nacionales pueden sintetizarse así: el equipo instalado en los distintos departamentos del proceso en su mayoría, no rebasa los límites de vida útil. En cuanto a su modernismo, se tiene que el 62.5% del equipo es tecnología actualizada, el 27% intermedia y sólo el 10.5% atrasada.

Con la tecnología y las plantas existentes bien trabajadas, se puede alcanzar a producir cerca de 5 millones de toneladas de azúcar, pero se está produciendo casi la mitad, en vista de que la capacidad instalada anda por el 60 o 62% de su rendimiento.

El problema no es reciente, en un estudio hecho por Ruth Rama se señala:

[...] en la zafra de 1974 [...] se aprovechó solamente el 62.03% de la capacidad instalada, lo cual se debió en gran medida a los tiempos perdidos registrados durante el periodo de zafra.

[...] Según datos de la Dirección de Caña de Azúcar se estima que en 1974, todos y cada uno de los ingenios se había visto, en algún momento, obligados a suspender la molienda para atender problemas vinculados a la reparación de su maquinaria, lo cual había ocasionado en promedio un tercio del tiempo perdido total.

Además, el rendimiento industrial ha ido bajando gradualmente entre 1964 y 1974, situándose en el último de esos años en 8.6 mientras que había sido del orden de 9.1 a comienzos de la década.⁴

⁴ Ruth Rama, *Situación de la industria azucarera*, México, Tesis, pp. 80-81.

El promedio nacional de tiempos perdidos en la temporada de zafra y molienda es de 32.9%. Este hecho significa enormes desperdicios de la producción y disminución de la sacarosa que se extrae de la caña.

La opinión más generalizada entre técnicos e ingenieros, sobre las causas de los bajos rendimientos es que se presentan problemas complejos en la integración del personal directivo, técnico y obrero, de tal manera que en muchos casos es más eficiente una maquinaria vieja pero bien mantenida, con personal experto, que equipos modernos bajo una organización inepta. También están presentes la corrupción, falta de continuidad en los proyectos de una gestión administrativa a otra y en algunos casos, desinterés de los directivos por la solución de los problemas.

3. AVANCES MUNDIALES Y ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA EN MÉXICO

La tecnología de la industria azucarera a nivel mundial tiene aproximadamente un atraso de cincuenta años si se toma en cuenta que en todo ese periodo no ha habido modificaciones que revolucionen la planta productiva. Esto es, la molienda, la clarificación, la evaporación, etcétera, se ha mantenido operando con las mismas características generales en su maquinaria y equipo. Las modificaciones tecnológicas se han hecho a partir de una misma base productiva. Por otra parte, según anota un destacado investigador, experto en la materia: “[...] El número de centros de investigación con que cuenta la industria azucarera tiende a disminuir. En los primeros 25 años de este siglo, se hicieron más investigaciones que en estos días [...]”.⁵

Lo anterior no quiere decir que no se hayan dado mejoras notables para el incremento de la producción. La tendencia a nivel mundial es automatizar cada una de las operaciones y perfeccionar las técnicas existentes.

Por ejemplo, en las operaciones iniciales de los ingenios se requiere que la caña entre limpia a los molinos. Cuando ésta es levantada con métodos mecánicos de la zona de cultivo, viene acompañada de basura y piedras; los sistemas para limpiar la caña son

⁵ Honing, Peter, *Principios de tecnología azucarera*, Cía. Edit. Continental, España, 1968.

diferentes si la zona donde ésta se levanta es poco o demasiado pedregosa. El utilizar el equipo adecuado en cada caso evitará tiempos perdidos por la presencia de piedras que rompan máquinas en la molienda y paren la producción.

En la molienda, los molinos más usados son los de tres mazas, sin embargo, actualmente en Australia, se ha probado la introducción de dos mazas más en éstos, lo cual permite una casi total extracción del jugo.

Otro avance en controles automáticos se da en el departamento de cristalización. En los ingenios más atrasados el papel del tachero —operario que controlaba los cristalizadores— era muy importante porque era el que sabía cuándo el nivel de cristalización estaba en su punto, si cometía algún error de cálculo, creaba serios trastornos y pérdidas. Actualmente muchos ingenios no tienen este problema porque se cuenta con controles electrónicos en los tachos.

También en los métodos de clarificación en los que intervienen los usos de agentes químicos, se ha pasado de instrumentos manuales a automáticos y así podríamos ver operación tras operación, para encontrar cómo se ha avanzado en esta dirección.

En México, la tendencia a emplear instrumentos electrónicos para automatizar la producción también se presenta aunque con ciertas limitaciones. Por ejemplo, no hay controles automáticos, para quitar el PH (ácidos) ni tampoco para medir la temperatura. Asimismo, el uso de cristalizadores automáticos es muy reducido.

Para darnos idea de los sistemas más avanzados en el proceso de fabricación en nuestro país, nos referiremos a cada una de las operaciones.

Los cambios registrados en los últimos 50 años en la tecnología azucarera puede decirse que corresponden:

Primero: a la mecanización del campo, tanto en el área de cultivo como en el área de corte y transporte de caña.

Segundo: Al área de fábrica BATEY. La agilización del área de batey con grúas autoestables en sustitución de las grúas de vientos, volteadores para camiones, volteadores para carros o ferrocarril, estacas para alimentar directamente las bandas de caña, volteadores de jaulas tipo cameco para voltear carros jaula de caña a los conductores. Mesas alimentadoras con sistemas de lavado con inclinación invertida hacia atrás; sistemas de tipo gallego, para nivelar los colchones de caña y sistemas de movimiento para los trenes de cuchillas a base de turbinas. Sistemas de bandas de caña con rodi-

llos fuera de borda que son más eficientes, sistemas de alimentación automáticos a los molinos.

MOLINOS. En los molinos los trenes de molinos han sido modificados con la inclusión de desfibradoras eficientes y desmenuzadoras de tres mazas con rallados muy anchos y profundos, conductores intermedios de hule armado, alimentadores forzados y trenes de alimentación bastante sofisticados. Los sistemas motrices generalmente están siendo sustituidos con motores de vapor de cilindro por turbinas y trenes de reducción cerrados, esto es, reductores de uno o dos pasos cerrados, en lugar de los engranes abiertos. Los sistemas de bombeo de guarapo se han modificado por los sistemas de bombeo con bombas de impulsor abierto para bombear jugo conjuntamente con el bagacillo y un sistema de colado con coladores de tipo deslizante lo que da mayor pureza al jugo, alimentado y menos impurezas a la fábrica. Los sistemas de bagazo siguen con sistema convencional (de rastrillo) de cadena y tablillas.

CALDERAS. Las innovaciones más grandes consisten en calderas de más alta velocidad, con paredes de agua y hornos flotantes para quemar el bagazo con cámaras de petróleo, cámaras para quemado del petróleo más eficientes. Sistemas de calentamiento de aire y sistemas para recalentar tanto el agua de alimentación como el vapor obtenidos, lo que da mayor pureza al vapor y una mayor eficiencia a las calderas; sistemas de aire inducido y forzado para las mismas, la inclusión en todas las áreas de sistemas de agua purificada.

CLARIFICACIÓN. En el departamento de clarificación se ha tenido la innovación más grande en los últimos cincuenta años, o sea, la sustitución de defecadoras abiertas por clarificadores continuos cerrados de diversos tipos de 4 y 5 platos y con una mucho mayor velocidad de clarificación. En este mismo departamento también se ha dado la sustitución de los filtros por placas convencionales (desde hace más de 50 años) por filtros al vacío de cachaza. Otra tecnología no muy difundida es la sustitución de calentadores de tubos normales por calentadores de placas de acero inoxidable y calentadores de contacto que tienen un uso menos diversificado, pero es una innovación.

EVAPORACIÓN. En el área de evaporación la inclusión de recalentadores de jugo, grandes evaporadores de alta velocidad y evaporadores de alta presión en sustitución de los grandes, de cinco li-

bras hasta hoy de 15, 20 y 25 y hasta 40 libras, ésta ha sido una modificación al sistema para gastar menos combustible.

Los sistemas de vacío en estos mismos evaporadores, que han de ser condensadores de contacto paralelo o a contra corriente, han sido sustituidos casi en su totalidad por condensadores de chorro de tipo jet, que suprimen las bombas de vacío y son más eficientes.

CRISTALIZACIÓN. En el área de cristalización, la presencia de tachos de cabeza baja, con altura máxima de 8 pies sobre sus calandros y de evaporación contra área de volumen de masa cocida de dos a uno, de dos a dos y media, de dos a tres, ha sido una de las innovaciones más grandes. Se trata de aparatos de una mayor velocidad de evaporación y de cristalización. Últimamente se ha estado patentando un agotador continuo que sustituye a todos éstos con muy buenos resultados —todavía no está difundido en los modernos sistemas de trabajo—, pero es bastante prometedor y vale la pena mencionarlo.

Todos los equipos de cristalización están acompañados de equipos semilleros, graneros cerrados y portatemples (en la actualidad, estos equipos auxiliares son bastante buenos). En el área de cristalización, los cristalizadores continuos, han sido sustituidos completamente por los deslizadores abiertos en U, con enfriamiento de tubos, así como volteadores de movimientos hidráulicos —que también son una novedad de los últimos 10 años—, que constituyen un adelanto, ya que se tiene mucho más agotamiento en mucho menos tiempo.

CENTRIFUGADO. En estas áreas, la presencia de centrífugas automáticas de gran tamaño con un aumento de radianes para la separación de miel y grano, ha sido una inclusión de bastante importancia, ya que con pocas máquinas se tiene una eficiencia mucho más elevada. En el área de centrifugado de azúcar de tercera, la inclusión de máquinas continuas del tipo parabólico horizontal y vertical, ha sido bastante revolucionaria, y en especial por lo que corresponde a tomas de corriente eléctrica para su movimiento, pues con este tipo de máquinas se puede centrifugar templems mucho más viscosas y da lugar a un mejor agotamiento siempre que el trabajo de los tachos sea eficiente.

SECADO Y ENVASE. Aquí, los secadores antiguos de tipo *Herzey* y la fabricación de azúcar en marqueta ha sido sustituida por secadores más modernos del tipo de corriente paralela, tipo Linvelto, otros del mismo tipo que son mucho más eficientes, con un secado

más completo, sobre todo más económico, así como el tipo vertical de platos alternativos, que sobre todo no maltratan el grano.

Los sistemas de almacén han sido totalmente modificados y dotados de apiladores de sacos mecánicos lo que ha quitado mucha mano de obra a cambio de una mayor eficiencia. Finalmente, en el embarque, tanto de azúcar como de miel final, hay equipos mecanizados para sistemas de enceguería, lo cual ha permitido cargar carros en mucho menos tiempo y con mucho menos costo. También el movimiento de miel final en carros tanque con bombas de alimentación para su carga, ha sido una inclusión bastante buena. Antes, toda la carga se hacía por gravedad, en un mayor tiempo. Estos son, en general, los mayores cambios que se han realizado en la fábrica durante estos últimos 50 años.

4. SUBPRODUCTOS DE LA CAÑA

Uno de los campos que ha tenido auge en las últimas décadas es el de los subproductos de la caña. Tal parece que las posibilidades de desarrollo de éstos son muy altos y podrían ayudar a resolver varios problemas, entre ellos el energético. En Brasil, el pro-alcohol es utilizado como gasolina y debido a ello ha incrementado el cultivo de la caña.

El bagazo, además de combustible tiene los siguientes usos: papel de bagazo, tableros aglomerados, celulosa, camas para ganado y mezclado con melaza se emplea en la fabricación de alimentos balanceados, plásticos derivados del bagazo, carbones activados y furfural.

De la cachaza, que es otro subproducto, se obtiene: fertilizantes, ceras, grasas, carbón activado, alcohol etílico y mejorador de suelos.

La miel final o incristalizable sirve de base para obtener: alimentación animal, alcohol etílico, levadura comprimida, vinagre, ácido cítrico, acetona, bebidas alcohólicas (ron), glicerina, adhesivos y aglomerantes, etcétera.

La cantidad de productos que se pueden obtener de los subproductos de la caña son numerosos y su producción puede llegar a convertirse en algo más importante que la misma producción de azúcar. En México, la utilización de esos subproductos es muy pequeña y podríamos decir que se tiene un criterio de desperdicio. Por ejemplo, el bagazo sólo se utiliza como combustible o para hacer papel; la cachaza se desperdicia arrojándola a los ríos y contaminándolos; la miel incristalizable no se aplica ni al 10% de sus

posibilidades. Se han hecho estudios sobre una utilización industrial de los subproductos pero no se les ha tomado en cuenta ni se les ha dado difusión.

5. INVESTIGACIONES Y ADAPTACIONES TECNOLÓGICAS

Las investigaciones sobre la industria azucarera abarcan tres grandes áreas; una sería la que se refiere al aspecto agrícola, otra a la industria y las que abarcan los subproductos de la caña.

En México se han realizado pocas investigaciones sobre el desarrollo de nuevas variedades de caña, y en el mejoramiento genético de la planta. Los trabajos se centran en el estudio en lotes experimentales, de la edad, variedad, ciclo y fertilización de la caña, para detectar los puntos óptimos en que debe ser cosechada. Estos laboratorios de campo pertenecen a CNIA y sólo algunos ingenios lo tienen, por ejemplo El Potrero y Emiliano Zapata. También se realizan investigaciones sobre el mejoramiento de suelos, agronomía, plagas y enfermedades.

Dado el bajo rendimiento de las toneladas de caña por hectárea, deberían impulsarse de una mejor manera las investigaciones en el campo.

Con respecto a la fabricación de azúcar, existen dos tipos de avances tecnológicos. Uno consiste en las modificaciones y adaptaciones que se hacen al equipo instalado, que en algunos casos llevan a una innovación tecnológica, pero que no se difunde a otros ingenios. También acontece que se construyen equipos copiados del extranjero, se hace una pequeña modificación y no se paga el uso de patentes, ejemplo, el diseño de un tacho para crudo, tipo carga baja en forma cónica.

Otros avances están en las innovaciones tecnológicas, en este renglón, las investigaciones se han orientado a la tecnología de proceso, en menor grado a la maquinaria y equipo y a los subproductos de la caña. Existen varias innovaciones tecnológicas, entre ellas una máquina despedradora, instalada en el ingenio El Potrero.

Tanto la ingeniería de diseño, como la fabricación de la maquinaria y equipo se fabrica en el país, lo cual ha permitido el desarrollo de la inventiva y la adaptación tecnológica. Por lo que hace al papel de las universidades e institutos en la investigación azucarera, su influencia es más bien escasa, en todo el país existe sólo una escuela donde se lleva la carrera de técnico azucarero y está en Guadalajara. Las dependencias oficiales realizan pocas in-

vestigaciones, prueba de ello es que no existe un centro de investigación especializado en el desarrollo tecnológico de la industria azucarera y sus subproductos, además que tampoco se encuentran revistas mexicanas especializadas en tecnología azucarera.

A nivel mundial, las investigaciones también se centran en la tecnología de proceso y en los subproductos de la caña, uno de los países más avanzados es Inglaterra y en América Latina, Brasil y Cuba.