ITED NATIONS
ONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA
CHNICAL ASSISTANCE ADMINISTRATION

OOD AND AGRICULTURE
RGANIZATION

LIMITADO
ST/ECLA/CONF.3/L.5.2
1 octubre 1954
ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLES

JUNTA LATINOAMERICANA DE EXPERTOS
EN LA INDUSTRIA DE PAPEL Y CELULOSA

Buenos Aires, Argentina
18 octubre - 2 noviembre, 1954

FACTORES ECONOMICOS Y DE OTRA INDOLE QUE DEBEN CONSIDERARSE AL APROVECHAR EL BAGAZO COMO MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACION DE PAPEL Y CELULOSA

por

Elbert C. Lathrop
Northern Utilization Research Branch
Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
Peoria, Ill. (EE.UU.)

Tema V: ASPECTOS ECONOMICOS DE LA FABRICACION DE PAPEL Y CELULOSA A BASE DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR

(Nota: Este documento no ha sido revisado por el autor, y está sujeto a modificaciones antes de su impresión definitiva)

FACTORES ECONOMICOS Y DE OTRA INDOLE QUE DEBEN CONSIDERARSE AL APROVECHAR EL BAGAZO COMO MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACION DE PAPEL Y CELULOSA

por Elbert C. Lathrop *

I

INTRODUCCION

La tardanza en aprovechar el bagazo como materia prima para la fabricación de pastas de celulosa se ha debido en gran parte a que tanto la industria azucarera como la papelera lo consideraban como un desperdicio o un subproducto de inferior calidad. Ese criterio ha traído consigo una subestimación de la importancia de los factores económicos y tecnológicos. Hasta hace alrededor de treinta años pudo funcionar con éxito permanente una industria basada en el aprovechamiento del bagazo. Y fué la fabricación de productos aislantes de calor y sonido a base del bagazo, en Louisiana. La primera fabricación con éxito del papel a base del bagazo se inició hace sólo quince años.

La industria azucarera utiliza en general el bagazo como combustible. Con el tiempo se han introducido mejoras en el funcionamiento de los ingenios, especialmente en cuanto a la economía térmica, de manera que la fabricación de azúcar crudo arroja en las plantas eficientes un superávit de 30 por ciento o más de bagazo. Por lo común se quema ese excedente para evitar su acumulación. Cuando se fabrica azúcar refinado o alcohol hay poco superávit o ninguno. El contenido de fibra de las diversas variedades de la caña también guarda relación con la cuantía del superávit en las necesidades de combustible. En todo caso, las empresas azucareras han mostrado interés en vender el bagazo sobrante, o toda la producción de bagazo, para reemplazarlo con gas o petróleo y obtener además una pequeña ganancia. Se ha demostrado que el gas y el petróleo son combustibles más eficaces y mejoran el funcionamiento de la planta azucarera. Pero las

---

* Northern Utilization Research Branch, Peoria, Illinois. De acuerdo con la reciente reorganización del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, se cambió la designación de Northern Regional Research Laboratory por la de Northern Utilization Research Branch of the Agricultural Research Service.

/compañías del

compañías del ramo - salvo contadas excepciones - no han tenido interés en mejorar la calidad del bagazo, ni en los problemas relativos a su manejo, almacenamiento y transformación en otros productos.

Por otra parte, las industrias que adquieren el bagazo apenas conocen los problemas de la industria azucarera y sólo se han interesado por obtener una fuente estable de materia prima al precio más bajo posible.

Las experiencias en el buen aprovechamiento del bagazo - excepto en su aplicación como combustible - han demostrado que este escaso interés de compra-venta debe fortalecerse por medio de una asociación más estrecha. La citada empresa de Louisiana que primero utilizó con éxito el bagazo, se interesó financieramente en la fabricación de azúcar para asegurar el abastecimiento, mejorar la calidad y disminuir los costos de manejo y almacenamiento del bagazo. Cuando comenzó la fabricación de productos aislantes, primero en Australia y luego en Hawaii, las firmas azucareras iniciaron, financiaron y administraron su impulso. Asimismo el primer fabricante de papel a base de bagazo que obtuvo éxito en su empresa dirigía una compañía azucarera.

El interés por aprovechar el bagazo en la fabricación de papeles y cartones ha aumentado ahora de nuevo. De las numerosas consultas dirigidas al Northern Regional Research Laboratory se desprende que tanto los fabricantes de papel como los de azúcar no tienen una idea clara de los problemas que afectan a cada uno y no aprecian la importancia fundamental de los factores económicos y tecnológicos que, con su acción aunada, podrían contribuir al éxito permanente de ambas industrias. Se dispone de gran cantidad de nuevas informaciones, especialmente en el aspecto técnico. Por lo tanto, parece aconsejable exponer este tema en detalle para que las nuevas empresas consagradas a la elaboración del bagazo puedan hacerlo con el mínimo riesgo de fracaso.

II

FACTORES RELACIONADOS CON LA PRODUCCION DEL BAGAZO

El bagazo es el residuo fibroso que queda después de molida la caña y de extraer los azúcares y otras materias solubles. No es un material uniforme. Varía tanto en sus propiedades físicas como químicas en cada localidad e ingenio y

/de una

de una época a otra. El bagazo fresco es distinto del almacenado, no sólo en cuanto a su naturaleza física y química, sino también por lo que toca a características relativas a la fabricación de pastas. Este es el primer punto importante que es necesario dejar establecido.

A. Variaciones debidas al cultivo de la caña

Como en todos los productos agrícolas, el rendimiento y la calidad de la caña dependen de la variedad, que modifica las condiciones locales del suelo, las prácticas de cultivo, los abonos, las lluvias y los cambios meteorológicos. En muchos países la planta de caña de azúcar se cosecha antes de llegar a su madurez, que se alcanza generalmente en nueve-diez meses, aunque en Hawaii demora unos 22 meses. A medida que la planta madura aumenta su contenido de lignina. El El contenido de lignina de las variedades de Hawaii (cuadro 1) es generalmente mayor que el de otras localidades, factor que, en gran parte, hace a este bagazo de elaboración más difícil. Muchos insectos y enfermedades atacan a la caña de azúcar; constantemente se estudian las formas de producir variedades de la caña mejores y más resistentes.

Al productor de azúcar le interesa que la caña rinda la mayor cantidad posible de azúcar por hectárea. Se han registrado rendimientos muy altos de caña y de azúcar, por ejemplo: 324,2 toneladas métricas de caña por hectárea con la variedad P.O.J. 2878 en México; 317,8 toneladas de caña y 32,0 de azúcar con la variedad H. 109, en Hawaii; 307,4 toneladas de caña y 25,90 de azúcar con la variedad Co.419, en la India. En muchos países se han registrado rendimientos comprobados de 226 a 276 toneladas métricas de caña por hectárea. El porcentaje de fibra, incluso médula, de la caña fluctúa entre menos del 10 por ciento en algunas variedades hasta un 17 por ciento en otras. Las cañas gruesas contienen más médula y generalmente menos fibra que las delgadas. Estas tienen una corteza muy dura por lo cual resisten generalmente el ataque de los insectos perforadores y actúan en la molienda de manera distinta que las cañas más blandas. El cuadro 2 indica la variación entre la proporción de médula y fibra de 3 variedades de caña de Florida.

El rendimiento de la caña puede variar considerablemente de un año a otro. Cuando las variedades enferman puede ocurrir un desastre. Por ejemplo, hacia 1929 casi se extinguió su cultivo en Louisiana. La introducción de nuevas variedades P.O.J. desarrolladas por Brandies, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, y el mejoramiento de las prácticas de cultivo y abonos lograron restaurar esta industria. A los factores variables anotados debe agregarse la influencia de las cuotas azucareras.

/Todos estos

Todos estos factores se relacionan con el volumen potencial de bagazo. De esta exposición se deduce claramente que numerosos factores - no siempre controlables por el industrial azucarero - pueden ocasionar variaciones anuales de la cantidad total o superávit de bagazo en una localidad cualquiera, por lo cual debe estudiarse con detenimiento la localidad en que se proyecta instalar una planta papelera a base de esa materia prima. Es necesario establecer la disponibilidad de bagazo en el pasado, y la producción calculada para la fábrica debe ser un poco inferior a la que podría obtenerse con las disponibilidades evidentes. Además, conviene tomar medidas para almacenar grandes cantidades de bagazo que permitan hacer frente a contingencias tales como la pérdida parcial de la cosecha o de parte del bagazo almacenado por incendio.

B. Variaciones originadas por las diferentes prácticas en la zafra

Los sistemas de zafra también repercuten sobre el volumen del bagazo producido, pero fundamentalmente afectan a la calidad. Para lograr el funcionamiento eficiente del ingenio es necesario eliminar las puntas o cogollos y el follaje de la caña antes de molerla. El cogollo en crecimiento contiene una elevada proporción de glucosa y si se muele con el resto se reduce el rendimiento de sacarosa cristalizable y aumenta el de melazas. El follaje se considera generalmente como desperdicio, y según los sistemas de zafra, a veces se incluye también en este rubro el cogollo. El cuadro 3 comprende algunas indicaciones sobre la cantidad de cogollos y follaje que acompañan a la caña lista para moler. Dymond (1) afirma asimismo que los cogollos de 4.535.000 toneladas métricas de caña contienen 31.560 toneladas métricas de azúcares, que, con una extracción del 90 por ciento, permitirían producir 14.231.000 litros de alcohol. Añade que, como forraje, el follaje de una cosecha de 30 toneladas métricas (una hectárea) podrían alimentar a 500 animales adultos. El cuadro 4 también de Dymond (1), indica un cálculo de los fertilizantes de importancia que contienen estos dos materiales.

Los métodos para eliminar el follaje y los cogollos difieren según los países y las plantaciones, y dependen en parte de la disponibilidad de mano de obra barata. En todo caso estos procedimientos influyen sobre la calidad del bagazo. En muchas localidades se queman las hojas de la caña, sin cortarlas, en el terreno, método muy discutido por sus posibles efectos sobre la pureza de los jugos de la caña y la pérdida de vigor registrada en la siguiente cosecha de soca de caña de azúcar. Cuando se dispone de mano de obra barata las hojas y las puntas se eliminan a mano en el terreno, y los desperdicios se devuelven

/a la

a la tierra. Debido a la escasez y el alto costo de la mano de obra las plantaciones de caña utilizan cada vez más las cosechadoras mecánicas y, como la caña cortada a máquina arrastra muchos más desperdicios que la cosechada a mano, aunque éstos se quemen, en la molienda entran materias fibrosas inertes y gran cantidad de impurezas o piedras. Como consecuencia de ello se desperdicia mayor cantidad de azúcar, que permanece en el bagazo, y el jugo es menos puro; disminuye la rapidez de la molienda, tanto por el mayor volumen de fibra como por el tiempo adicional requerido para clarificar el jugo; es necesario limpiar de fango mayor número de filtros y aumenta el desgaste y deterioro de la maquinaria. Un especialista sostiene que en una fábrica de Louisiana, en la cual se muele un tipo de caña cosechado mecánicamente con un contenido de 10 por ciento de desperdicio - cantidad habitual en esa localidad -, pueden calcularse las pérdidas totales por concepto de desperdicios hasta en un dólar por tonelada de caña molida (2). Por su estructura, el follaje de la caña apenas tiene valor para la fabricación del papel, salvo los de ínfima calidad.

Desde el punto de vista de la fabricación económica del azúcar, el alto contenido de desperdicios en la caña cosechada y cargada mecánicamente es bastante perjudicial, así como el alto porcentaje de polvo, que dificulta el trabajo de los trapiches, enloda los jugos y recarga el trabajo de los clarificadores y filtros. En Hawaii se ha agudizado este problema de las impurezas. Se ha ideado un método de zafra que consiste en derribar la caña cerca del suelo por medio de bulldozers y cargarla sin eliminar las hojas y las puntas en los camiones que la transportan a la central azucarera. Para ello ha sido necesario construir grandes plantas de limpieza destinadas a eliminar las piedras, impurezas y desperdicios antes de la molienda. En Hawaii no reviste tanta importancia la eliminación de los cogollos, porque la caña alcanza mayor madurez. Es lógico que el fabricante azucarero prefiera recibir o preparar una caña que contenga un mínimo de desperdicios e impurezas antes de la molienda.

No es necesario comentar en detalle la desventaja que significa la presencia de las impurezas del bagazo en la fabricación de papeles o cartones. Podría tolerarse una pequeña cantidad para los cartones ordinarios; pero en el bagazo para la fabricación de papeles blanqueados y finos sólo ocasiona dificultades y gastos. Los desperdicios desmejoran la calidad del bagazo

/porque la

porque la fibra de las hojas sólo puede aprovecharse para los cartones ordinarios. Sin embargo, Singh (3), al describir una nueva modalidad agrícola-industrial de la producción de caña de azúcar en Walchandnagar, provincia de Bombay, India, afirma que "los desperdicios en un 12 a 15 por ciento del tonelaje total de la caña se convierten en papel y cartón en la planta celulósica de la misma plantación".

Cuando se queman las hojas en la caña algunos fragmentos de sus tallos permanecen adheridos a ella en forma de material carbonizado. Estas fibras carbonizadas no pueden eliminarse del bagazo por los procedimientos corrientes de lavado y elaboración. En las muestras de bagazo provenientes de Hawaii, Florida y Puerto Rico, aparecen muchas zonas carbonizadas. También se carbonizan los brotes en los nudos de las cañas y persisten en el bagazo. La presencia de carbón en el bagazo - especialmente cuando se quiere fabricar pastas blanqueadas - constituye un problema mucho más grave que el de impurezas. Generalmente la tierra o polvo, cuando está en libre suspensión, puede eliminarse con suficientes tratamientos de separación; pero es casi imposible excluir de la pasta el carbón, cuya densidad se aproxima a la de las fibras y que, además, se desmenuza.

C. Variaciones debidas a los procedimientos de elaboración

Es oportuno describir las características de los elementos fibrosos de la caña tal como entra a la fábrica. El exterior del tallo se compone de una corteza relativamente dura. En el interior hay un tejido medular blando en las células del cual se deposita el azúcar. Transversalmente se encuentran en este tejido numerosos haces fibrovasculares de distintos tamaños, colocados de tal manera que los menores se agrupan hacia el exterior y los mayores - que son menos abundantes - se distribuyen hacia el centro. La corteza está formada por las células alargadas y de paredes duras de las fibras esclerenquimatosas. Los haces fibrovasculares se componen de grupos de fibras y vasos. Las células medulares o parenquimatosas son cortas, anchas y de baja resistencia. Estas células se agrupan y se adhieren alrededor de los haces fibrovasculares y de las fibras corticales. El exterior de la corteza tiene a menudo apariencia vidriosa, está revestido de cera y puede presentarse en varios colores. A lo largo de la caña, en intervalos que varían de acuerdo con las condiciones de crecimiento, los haces fibrovasculares emiten ramas, formando el nudo, zona de tejido denso. Ni la médula ni el tejido concentrado en el nudo son apropiados para la fabricación del papel (4).

/Sólo es

Sólo es posible extraer el jugo cuando se rompe la estructura de las células y tejidos de la caña. Esta ruptura puede iniciarse por la acción de cuchillas o desmenuzadores, pero debe completarse mediante la compresión que ejercen los rodillos moledores. Los rodillos extractores tienen por objeto dejar pasar la fibra y retener a la vez los jugos que contiene. Sólo se consigue la extracción en alto grado cuando el bagazo comprimido entre los rodillos, que actúan en conjunto, forma un tapón para impedir el paso de los jugos, de manera que el líquido extraído no pueda ser reabsorbido por el bagazo sometido a la máxima presión de los rodillos. El grado de extracción depende de la finura del bagazo y de la cantidad de jugo que contiene. Es imposible lograr un 100 por ciento de extracción, porque el bagazo siempre retiene cierta cantidad de jugos o licores a causa de la capilaridad.

El primer juego de rodillos, después de las cuchillas o desmenuzadores, cumple funciones de triturador. Aunque la caña haya sido desmenuzada previamente, el grado de finura producido por el triturador no es muy grande; sin embargo, extrae un volumen de jugo equivalente a 5 ó 6 veces el de la fibra, ó 40 a 60 por ciento del total. Esto facilita el trabajo del primer juego de rodillos del molino azucarero. Todos los rodillos, incluso los trituradores, se mantienen bajo presión hidráulica. Se agrega agua pura - llamada de maceración o imbibición - al bagazo, para conseguir el máximo de extracción. Los desmenuzadores, cuchillas, trituradores y molinos de caña, varían ampliamente en cuanto a diseño, ancho y largo. El equipo puede consistir en un triturador con trapiche de nueve rodillos, o puede llegar hasta una serie completa de desmenuzadores, triturador y trapiche de 18 rodillos. La faena de la extracción de jugos es muy difícil y se ha dedicado gran atención a los problemas de ingeniería que acarrea.

Ya sea dura o blanda, la naturaleza física de la caña tiene marcada influencia sobre las propiedades del bagazo. Es evidente que el bagazo molido y exprimido con el equipo de molienda más completo, se compone de haces fibrosos más cortos que el mismo material elaborado con maquinaria más pequeña y liviana. El equipo pesado produce mayor desprendimiento de médula de la fibra que la maquinaria liviana. El desmenuzado contribuye a separar las partículas de médula y carbón y a la vez, aumentar la extracción. Como el bagazo sirve de filtro para el jugo en la faena de extracción en cada juego de rodillos, el bagazo se impregna más completamente de impurezas y carbón en un

/trapiche grande

trapiche grande que en uno chico. Las impurezas de la caña consisten en un polvo fino o tierra desmenuzada que se esparcen, en forma más o menos uniforme, sobre la superficie de la médula y de las fibras, durante la molienda. Cualquiera que sea la muestra de bagazo analizada se verá que la superficie de la médula es mayor que la de la fibra, de suerte que la médula recoge y retiene, proporcionalmente, mayor volumen de impurezas y partículas de carbón. En algunos trapiches el fango de los filtros se coloca sobre el bagazo al salir éste de la fábrica, práctica que debe eliminarse para fines de fabricación de celulosa. En general, en los ingenios se hace pasar parte del bagazo por depuradores giratorios o vibratorios, con el objeto de obtener partículas sueltas de médula y fibras finas que se utilizan para asentar y filtrar el jugo con mayor rapidez, práctica que es aconsejable.

Como término medio se agrega agua de maceración en proporción de 100 partes por 140 de bagazo. La humedad del bagazo al salir del ingenio fluctúa entre un mínimo de 41 hasta casi un 50 por ciento y, en general, es de 48 por ciento aproximadamente. La sacarosa que permanece en el bagazo fluctúa entre el 2 y el 5 por ciento, de acuerdo con las condiciones. Según Keller (5), el color del bagazo va desde un blanco grisáceo hasta un verde muy oscuro. El material no es homogéneo en cuanto a tamaño, pues se presenta como un polvo que pasa por una criba con malla 60, hasta partículas de unas 6 pulgadas (152 mm) de largo por tres octavos de pulgada (9.5 mm) de corte transversal. Generalmente pasa un 97 por ciento por una perforación de una pulgada cuadrada (6.45 cm^2). El análisis del bagazo en bruto es más o menos el siguiente:

	Por ciento
Humedad	49
Fibras e impurezas	45
Sólidos solubles	6

El bagazo es sólo uno de los productos derivados de la elaboración de la caña de azúcar. En el cuadro 5 se proporcionan datos calculados por Martin a base de estudios realizados por Grayson (6), del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, sobre la composición media de los materiales que se obtienen en la elaboración de una tonelada de caña de azúcar (cosecha de 1948).

El bagazo comprende aproximadamente un tercio del peso de la caña y un poco más que el del azúcar crudo producido. Keller (5) asegura que es probable que se queme un 95 por ciento del bagazo producido anualmente. En la mayoría

/de los

de los ingenios ha habido pocos incentivos para mejorar la cantidad o la calidad del bagazo más allá de lo absolutamente indispensable para las faenas azucareras.

Todo esto demuestra que influyen muchos factores sobre la cantidad y calidad del bagazo al salir del ingenio. Como en la mayoría de los sistemas de zafra, en el cultivo de la caña se ha consagrado todo el interés casi exclusivamente hacia el fruto, es decir, la sacarosa, y no se ha prestado casi atención alguna a los subproductos, excepto en sus facetas perjudiciales.

III

EL BAGAZO COMO MATERIA PRIMA

A. Valor calórico

Sólo parte del bagazo constituye en realidad un material de desecho, en el sentido de que es necesario incurrir en gastos para eliminarlo. El bagazo es un material voluminoso cuyo peso, en el momento de producirse, es de unos 160 kilógramos por metro cúbico. En general, se transporta directamente a las calderas o a las parvas o tongas de almacenamiento, que sirven como reserva de combustible cuando no funciona la central azucarera. El bagazo es un buen combustible de bajo poder calorífico. Con las actuales calderas, por lo común, se produce más bagazo que el necesario para surtir a toda la fábrica de combustible. Si no se encuentra otra aplicación para los excedentes, se quema en las calderas, rebajando la eficacia y aumentando los costos, o se amontona e incendia más tarde. Gastrock y Lynch (7) han preparado un cuadro para calcular el valor calórico del bagazo en función del petróleo, del gas o del carbón. Estos cálculos toman en cuenta los poderes caloríficos relativos, la eficiencia de las calderas y el costo de combustible por unidad. Una tonelada métrica de bagazo, con un 50 por ciento de humedad, tiene un valor como combustible de 1,7 millones de Kcal equivalente a 190 metros cúbicos de gas de 8.900 Kcal por metro cúbico, o un barril de petróleo. El bagazo seco tendría el doble de este valor. En algunos lugares se enfarda para utilizarlo como combustible después de la época de molienda; su valor en este sentido aumenta durante el almacenamiento debido a la pérdida de humedad. En Java (8) se fabricaron aglomerados de bagazo como combustible para cocinar y otros fines.

El costo del combustible que haya de reemplazar al bagazo en el central

/azucarero fluctúa

azucarero fluctúa considerablemente según la localidad, y según su disponibilidad y su costo, Louisiana se encuentra en situación privilegiada, porque dispone de gas y petróleo baratos, tal vez una de las razones por las cuales ha podido iniciar una industria próspera aprovechando el bagazo como materia prima. Por otra parte, en las fábricas de azúcar es preferible utilizar el gas y el petróleo como combustible; la que los haya utilizado no volverá voluntariamente a emplear el bagazo.

Al hacer investigaciones económicas para instalar industrias a base de bagazo, debe prestarse gran atención al problema de las necesidades de combustible.

B. Otros usos actuales, exceptuando el de combustible

Hace más de un siglo que los investigadores se preocupan de la fabricación de productos a base de bagazo. En realidad, el resultado de tanto esfuerzo es insignificante. En todo el mundo apenas se utilizan todavía un millón de toneladas de bagazo (base seca) en cualquier otro fin que no sea el de combustible en las fábricas de azúcar. Se fabrican actualmente materiales de construcción a base de bagazo en Louisiana, Hawaii, Australia e Inglaterra y, antes de la guerra, en Formosa. Se conoce bien la tecnología de estos procedimientos. Hay varias empresas preparadas para construir plantas de este tipo, de suerte que su establecimiento en otros países sólo depende de la solución de problemas económicos y de venta. En Louisiana y Florida el bagazo se convierte en camilla para gallineros y - mezclado con el estiércol - se transforma en mantas para proteger plantíos, en vez del musgo esfeñoso; este negocio no sólo ha resultado lucrativo sino que aumenta de volumen cada año. Para este fin, se seca el bagazo en bruto en secadoras giratorias; se depura para eliminar el máximo de médula, fibras finas e impurezas, y se enfarda. En algunas plantas el bagazo húmedo también se tamiza antes de secarlo; después de seco, pasa por un molino de martillos gruesos, para desprender mayor cantidad de médula antes de la depuración final. En una fábrica de este tipo se puede trabajar después de la época de molienda, aprovechando el bagazo enfardado y almacenado. El material preparado con bagazo fresco es de color más claro, se desmenuza menos y es más limpio que el que se fabrica con bagazo almacenado. El costo de fabricación de mantas para proteger plantíos y camillas de gallinero, con bagazo fresco es más bajo a pesar del costo del secado.

Al fabricar mantas y camillas se obtiene un subproducto que consiste en una mezcla de médula con fibras finas. Al pasar esta mezcla por una criba, se obtiene una médula de poca densidad y poder de absorción relativamente alto

/que se

que se utiliza en la fabricación de dinamita. La mezclas de médula y fibras finas se emplean para absorber las melazas para forraje. La industria ganadera aumenta rápidamente en el sur de los Estados Unidos por lo cual se consume mayor cantidad de melaza como forraje. Para algunas fábricas de azúcar es tan lucrativa la fabricación de mantas, camillas y forrajes, que no les interesa destinar el bagazo a la fabricación de papel.

Los ensayos para fabricar papel a base del bagazo se iniciaron hace un siglo; pero de las numerosas empresas que se fundaron, ninguna funcionó durante mucho tiempo. En general, estos fracasos pueden atribuirse a la falta de apreciación de los factores tecnológicos y económicos correspondientes. En algunos casos las fábricas eran demasiado pequeñas para trabajar económicamente; en otros, la deficiencia estribaba en los costos de manejo y en los métodos imperfectos de almacenar el bagazo. En la mayoría de los casos se pretendía fabricar papeles, para los cuales no se prestaba la materia prima, utilizando métodos propios solamente para elaborar la madera. A fines de los años treinta renació el interés sobre la posibilidad de fabricar papel a base de bagazo. Hacia esa época se había solucionado el problema del almacenamiento del bagazo y se habían perfeccionado los métodos para enfardarlo y manejarlo económicamente. En muchos laboratorios se había mejorado la tecnología de la fabricación de celulosa.

Actualmente se conocen diez fábricas de papel que fabrican la pasta a base del bagazo. En la mayoría de ellas se mezcla la pasta al bagazo con pastas de madera o bambú para fabricar una gama de papeles y cartones. Tres fábricas - en la Argentina, las Filipinas y la India - utilizan el método Celdecor para fabricar celulosas blanqueadas y otra inicia sus faenas en el Brasil. Dos fábricas en el Perú, utilizan una variación del método kraft para fabricar cartones y gran variedad de papeles, incluyendo cierto volumen de papel de diario para el mercado peruano. Una fábrica en Formosa fabrica celulosa blanqueada y sin blanquear por el procedimiento al sulfito neutro. Dos pequeñas fábricas en la Argentina fabrican cartones mediante el procedimiento a la soda, y otra, en Colombia, a base de pasta a la cal. Finalmente, se ha instalado una planta en México, que fabrica celulosas y papel por el procedimiento mecano-químico.

En todas estas fábricas - con la posible excepción de las fábricas de cartones de Colombia y la Argentina - se elimina toda la médula posible antes

/de elaborar

de elaborar el bagazo. Más adelante se examinarán los métodos de eliminación de ésta.

C. Almacenamiento y manejo

En la mayoría de los países la elaboración del azúcar es una faena estacional. En Louisiana la estación dura de 75 a 90 días; en Florida e Indias Occidentales, de 120 a 150 días; y en algunos países, tales como Hawaii y Perú, unos 11 meses. Como una fábrica de papeles y cartones debe funcionar durante todo el año, para hacer frente a todas las contingencias hay que prever el almacenamiento de las fibras durante algo más de un año.

Como ya se ha señalado, el bagazo contiene aproximadamente un 50 por ciento de humedad y de 2 a 5 por ciento de azúcar. El suelo de los plantíos inocula al bagazo toda suerte de microorganismos. Es imposible, por ello, evitar la iniciación de fermentaciones, a menos que se mezclen inmediatamente con el bagazo sustancias químicas de acción fuerte que impidan el desarrollo de dichos organismos, o que se seque inmediatamente hasta llegar a un 15 por ciento de humedad. Almacenar esta fibra sin grave merma en la calidad y en la cantidad era problema sumamente difícil.

Como director de investigaciones de la empresa que inició la manufactura de planchas aislantes en Louisiana, le cupo al autor encontrar una feliz solución a este problema. Aunque los métodos fueron descritos por Lathrop y Munroe (9) y se detallan en la patente 1,920,129 de los Estados Unidos, en las exposiciones recientemente publicadas sobre los métodos de almacenamiento, no se han destacado con claridad los principios fundamentales que se aplican ni las precauciones que deben tomarse.

Durante su primera estación de molienda en 1921, la empresa almacenó una parte del bagazo en parvas sueltas y otra en fardos. El material de las parvas sueltas se descompuso intensamente en un período de dos a tres meses. Más tarde se vió que la causa residía en un hongo destructor de las maderas. El material enfardado se almacenó en tongas descubiertas; el examen de varios fardo almacenados durante toda la época demostró que había habido considerable descomposición y que algunos de los fardos se veían negros por fuera, como si estuvieran carbonizados. Los ensayos anteriores para almacenar el bagazo enfardado en Louisiana habían provocado incendios por combustión espontánea. El autor calculó que la pérdida de bagazo en el almacenamiento de aquella estación alcanzaba a un 30 por ciento, cifra que más tarde comprobó que era exacta.

/Para solucionar

Para solucionar el problema del almacenamiento se necesitó un programa de investigaciones que duró casi cinco años. Desgraciadamente, los resultados que se obtenían en la experimentación con pequeñas parvas inducían a error. Durante el último año de estudio el departamento de investigaciones supervigiló el almacenamiento de la producción total de uno de los grandes ingenios, sobre base experimental. Cada fardo se pesó al salir y al entrar en las tongas. Se mantuvo un registro exacto del costo de mano de obra y en algunos casos se elaboraron en la fábrica de cartones, tongas enteras de 500 toneladas o más de fibra, para determinar la relación entre un método de almacenamiento y la calidad del producto final.

Por la presencia del azúcar, humedad y levaduras en el bagazo, en pocas horas el azúcar fermenta y se convierte en alcohol y por la acción de las bacterias y del oxígeno, el alcohol se convierte a su vez en ácido acético. De ambas fermentaciones se desprende mucho calor y se liberan grandes cantidades de anhidrido carbónico a causa de las fermentaciones alcohólicas y de otro tipo que siguen a las dos ya mencionadas. Se observó que si el bagazo húmedo era enfardado con prontitud y colocado en grandes tongas, la temperatura dentro de éstas subía a 60°C en el curso de una semana aproximadamente. A su vez, el gas desprendido a esta alta temperatura por las fermentaciones, reducía con rapidez la humedad de los fardos. Además se detenía el desarrollo de muchas bacterias, hongos y otros organismos que habrían destruído la fibra a temperatura más baja. Se comprobó que el interior del bagazo demoraba unos tres meses en enfriarse hasta la temperatura normal del aire. Lógicamente, si los fardos se apilaban con canales de aireación entre ellos, escaparía más fácilmente la humedad y se secaría con mayor rapidez el bagazo.

Cuando el contenido de humedad del bagazo se reduce a un 20 por ciento, prácticamente no hay peligro de descomposición. Por dos razones más se adoptó este sistema de entongar: 1) para evitar el recalentamiento local que podría provocar la combustión espontánea, y 2) para evitar que la acción del ácido acético inutilizara la fibra para la fabricación de celulosa. Si los fardos se amontanaban demasiado juntos o si el bagazo suelto obstruía los canales de ventilación, algunas fibras adquirían color café, con olor y gusto ácidos, y consistencia dura y quebradiza que dificultaba su conversión en celulosa.

Cuando las parvas de los fardos reciben poca lluvia, basta el método ya descrito; pero en Louisiana llueve copiosamente. Fué necesario adoptar dos

/medidas más

medidas más para solucionar el problema de las lluvias. En primer lugar, se colocó un techo a las parvas. El más práctico se fabricó de planchas de hierro galvanizado, colocadas encima de los fardos a manera de entejado. Las planchas se bañaron en asfalto para que pudieran resistir la acción del ácido acético contenido en los vapores que surgían de las parvas. Estas planchas, bien recubiertas de asfalto, han durado veinte años o más. Se vió que las lonas u otras cubiertas protectoras colocadas encima de las parvas y sujetas a los lados, no servían por cuanto el agua se escurría por la lona y penetraba en la parva. Además, estas cubiertas sólo duraban alrededor de un año.

También era necesario proteger los fardos exteriores de las lluvias que provocaban su descomposición. Para este fin se descubrió que una pequeña cantidad de ácido bórico colocado en una capa continua sobre el borde exterior superior de cada fardo, sobre el cual descansaba el borde inferior del fardo siguiente a medida que se hacía la parva, era suficiente fungicida para prevenir con eficacia la multiplicación de los microorganismos destructores. También se esparció ácido bórico sobre los fardos superiores para protegerlos del goteo de la humedad condensada durante la noche en la superficie interior del techo de madera. Las parvas sólo se levantaban en terrenos limpios, ligeramente elevados y bien saneados. No debe utilizarse la ceniza como base. Todas estas precauciones son necesarias, y, si se observan debidamente, la pérdida de fibra (peso seco) durante durante un almacenamiento de 18 meses, no debe sobrepasar el 10 por ciento. Además, las fibras serán uniformes, sin zonas de mucha descomposición. Puede reemplazarse el ácido bórico por el bórax. En la actualidad existe en plaza un producto denominado borascu, $Na_2B_4O_7 \cdot 3H_2O$. Recientemente la industria norteamericana de cartones a base de pajas ha adoptado la práctica de utilizar compuestos de boro.

El bagazo húmedo es difícil de enfardar y las enfardadoras destinadas a las pajas de cereales y otros residuos secos no tienen fuerza y resistencia suficientes. En los Estados Unidos existen diversas marcas de enfardadoras cuyos últimos modelos están provistos de mecanismos para amarrar los alambres automáticamente. Una sola enfardadora de este tipo tiene capacidad para unas 200 toneladas de bagazo en 24 horas. En los Estados Unidos, Perú y México el fardo normal mide 17 pulgadas por 21 y por 30 (43 x 53 x 76 cm) y pesa, en estado húmedo, unos 113 kilogramos y, en seco de 57 a 61. Las fábricas que utilizan el método Celdecor en las Islas Filipinas y en la India hacen los

/fardos de

fardos de 12 por 12 y por 24 pulgadas (30,5 x 30,5 x 61 cm), que pesa 41 kilogramos en estado húmedo. La fabricación y manejo de los fardos pequeños cuesta más que la de los fardos grandes, a menos que la mano de obra sea tan barata que pueda descartarse el manejo mecánico.

Se comprueba que después de formados y atados los fardos se produce una ampliación de su volumen. En la primera época de esta industria, se produjo mucha ruptura de las amarras de alambre, por lo cual era necesario manejar gran cantidad de bagazo suelto en las parvas. La solución de este problema consistía en obtener un alambre de enfardar con amplia elasticidad. Después de haber permanecido almacenados algunos meses y de haberse secado, el material se contrae en una masa relativamente dura, lo que exige algún esfuerzo para desprender las fibras que se utilizan en la fabricación de celulosa. La operación puede realizarse a mano mediante el uso de zapapicos, o de abridoras de fardos. El material almacenado contiene en general mucho polvo y es preferible tratarlo para eliminar estas impurezas antes de proceder a su conversión en celulosa. Los alambres sacados de los fardos deben recogerse cuidadosamente ya que los pedazos sueltos pueden ocasionar muchos accidentes en las manos y en los pies. Los trabajadores deben protegerse contra el polvo del bagazo, pues se han producido casos de afecciones pulmonares debidas a su inhalación.

Como el enfardado, el almacenamiento y el manejo del bagazo son faenas costosas, no deben escatimarse esfuerzos para eliminar los trabajos innecesarios. La experiencia ha demostrado que es posible mecanizar las faenas en alto grado. Las tongas de bagazo miden 66 x 100 x 25 a 30 pies (20 x 30,5 y 7,6 a 9 metros). Deben estar a suficiente distancia unas de otras para evitar que los incendios se propaguen de una tonga a otra. Debe impedirse la reproducción de malezas cerca de las tongas, y debe advertirse a los empleados que no deben fumar en las inmediaciones. De los numerosos incendios producidos en las tongas de bagazo, se cree que todos ellos se han debido a descuidos. Una vez que prende el fuego en una tonga es muy difícil apagarlo, porque el bagazo sigue ardiendo en rescoldo durante varios días. Lo mejor es mojar completamente la parva con agua, para que pueda deshacerse en toda la extensión atacada por el fuego.

Generalmente es necesario construir en el ingenio una estación enfardadora hasta la cual se transporta el bagazo suelto por medio de un

/transportador a

transportador a correa. Según Keller, las instalaciones del equipo de enfardar, edificios, patios, líneas ferreas (switch tracks), grúas cargadoras, y viviendas en Louisiana costarían aproximadamente 150 mil dólares para una planta que pudiera tratar 15 mil toneladas de fibra por estación. Los fardos se transportan al patio de almacenamiento por carro de ferrocarril o camión; una grúa provista de una tenaza o gancho especial los eleva en grupos de a seis hasta la cima de la parva en formación. Se agrupan de manera que formen los canales adecuados para la circulación de aire. Cuando se deshacen las tongas se utiliza la misma tenaza para cargar los seis fardos en los carros que los transportan a la fábrica de cartón.

También calcula Keller (7) los siguientes costos para el enfardado, almacenamiento y colocación del bagazo en carros dentro del ingenio expresados en dólares:

Precio de compra del bagazo	2,76 toneladas métricas de fibra seca 1/
Enfardado, emparvado y protección del bagazo en el terreno	6,61 toneladas métricas de fibra seca
Costos de carga y almacenamiento en vagones de ferrocarril	0,55
Costo total en ingenio	9,92 toneladas métricas de fibra seca

A este costo hay que añadir el transporte, costos de descarga y manejo hasta llegar a la fábrica. El costo total, incluyendo una pérdida de un 10 por ciento de fibra durante el almacenamiento se aproxima a los 13 dólares por tonelada métrica de fibra seca.

IV

UTILIZACION ECONOMICA DEL "BAGAZO INTEGRAL"

Hasta ahora no se ha establecido un método que permita la utilización económica del "bagazo integral". Cuando el ingenio emplea el bagazo como combustible, parte de la médula o bagacillo y de las fibras se eliminan por medio

1/ Valor de combustible más una pequeña bonificación, basado sobre el gas a 66 centavos por millón de Kcal.

/de cribas

de cribas y se utilizan para ayudar a asentar y filtrar los jugos. Sin embargo, no se necesita todo el bagazo para combustible. Se pierde fibra cuando se almacena el bagazo enfardado. Si el bagazo entero se utiliza para la fabricación de productos aislantes o de cartones, se pierde del 10 al 15 por ciento de la médula y de las fibras finas en el agua de lavado o sistema de aguas servidas. Cuando se utiliza el bagazo para fabricar papeles o cartones la mayoría de las empresas se esfuerzan por eliminar el máximo de médula, fibras finas e impurezas por medio del depurado en seco. Cuando el bagazo se convierte por elaboración en camillas o manta, como la médula y las fibras finas se eliminan por procedimientos de depuración, se ha podido aprovechar estos residuos. Es lucrativo su aprovechamiento como relleno especial de la dinamita o como absorbente, sobre todo, de la melaza en los forrajes. Este tipo de elaboración se acerca mucho al aprovechamiento del bagazo integral.

Fundamentalmente el problema que debe solucionarse es el del aprovechamiento de todo el bagazo. El autor opina que el aspecto técnico está casi solucionado. El hecho de que la economía permita la realicación de las soluciones tecnológicas depende de muchos factores, entre los cuales no carecen de importancia la falta de iniciativa y la inercia de los industriales azucareros y papeleros.

Desventajas de la médula en la fabricación del papel

Desde el punto de vista del fabricante de papel y celulosa, los que disponen de experiencia práctica en esta industria conocen muy bien las innumerables dificultades que pueden causar las fibras rotas, ya sea en la forma de harina, células radiales, partículas de corteza o tejido inorganizado. Similares son los inconvenientes del bagazo entero con su médula, impurezas, carbón y otras materias inorganizadas, lo que no constituye una novedad, pues el Dr. A.D. Little ya lo dijo hace cuarenta años. Antes de la primera guerra mundial, la organización a que pertenecía inició en Cuba y Hawaii los experimentos destinados a descubrir algún medio práctico para eliminar la médula. Esta observación sobre los inconvenientes que presenta la médula la han repetido también en numerosas ocasiones otras personalidades de vasta experiencia en el campo de la tecnología papelera y celulósica. Las verdaderas dificultades consistían en que no se encontraba un aprovechamiento lucrativo para la médula una vez separada de la fibra, y en que no se había ideado un método práctico y barato para preparar una fibra sin médula. Además, todo el

/peso de

peso de esta tarea recaía sobre el fabricante de papel o celulosa a quien interesaba aprovechar el bagazo.

Aunque algunas solicitudes de patentes hicieran suponer lo contrario, no hay nada confuso en el comportamiento de la médula durante las operaciones de fabricación de papel y celulosa. Para elucidar este problema parece aconsejable seguir paso a paso el trayecto de la médula del bagazo durante su cocción, blanqueo y fabricación de papel.

Los cuadros 2 y 6 indican la proporción de fibra, médula, impurezas y materias solubles de bagazo proveniente de Louisiana, Florida, Hawaii, Puerto Rico e Islas Filipinas. Es notoria la fluctuación en estas relaciones. El cuadro 1 señala el análisis químico del bagazo de estos mismos países y regiones, tomando muestras de variedades distintas cosechadas en distintos años. Se destaca el hecho de que en todos los casos la médula contiene más alto tenor de cenizas, generalmente mayor proporción de extractivos, igual o mayor cantidad de lignina, más pentosanos, y menos celulosa que la fibra obtenida de la misma muestra de bagazo.

Al estudiar estos datos debe tenerse en cuenta que la médula y la fibra se separaron en cada muestra por un método acuoso, por el cual se agregó cantidad de agua suficiente para eliminar las impurezas que se desprendían con mayor facilidad.

El cuadro 7 expone la composición química de las muestras obtenidas por una depuración fraccionada de una muestra de bagazo japonés (10). El contenido de cenizas de las muestras aumenta a medida que las fracciones pasan por cribas con mallas más pequeñas; asimismo aumentan los extractivos, pero disminuyen la celulosa y la alfa-celulosa. Es importante señalar que la médula y las fibras finas están cubiertas de polvo y lo van acumulando.

La cocción es una reacción química que se produce en las superficies. Cuanta más superficie permanece en contacto con el reactivo, tanto más rápida será la cocción. Por consiguiente, se tratarán con mayor rapidez la médula y las fibras finas que las fibras gruesas; el consumo de reactivos será más rápido y la cocción menos uniforme. Las pastas se agitan en tinas, pasan por bombas, sobre tamices y se colectan en telas de alambre. Toda esta acción mecánica destruye las partículas de la médula y hace que se pierdan con las aguas servidas. Como la hidratación de la celulosa también guarda relación con la superficie, las pastas que contienen médula se hidratan más rápidamente,

/escurren con

escurren con mayor lentitud, encogen más al secarse y producen papeles más duros que las pastas normales.

Si se blanquean estas pastas, la médula aumenta el consumo de agentes de blanqueo, porque las impurezas que absorben las células medulares sólo pueden eliminarse con la destrucción de la médula. Las sustancias blanqueadoras en exceso merman los rendimientos de pasta y la hacen menos resistente. Si se encuentran partículas de carbón puede ser imposible conseguir una pasta bien blanqueada.

Es errado afirmar que si se aplican métodos correctos de cocción al bagazo entero, sea ventajosa y no perjudicial la presencia de la médula. Las impurezas se encuentran dentro de las células medulares al pasar el bagazo entero al digestor; para eliminarlas, debe destruirse la médula, hasta el extremo de que las impurezas restantes no ocasionen inconvenientes. Los procedimientos de prehidrolisis seguidos de lavado y refinado utilizan fundamentalmente los reactivos para eliminar la médula. Los rendimientos son bajos, altos los costos de los reactivos y del trabajo, y las pastas resultan poco resistentes.

Es evidente que la médula puede desempeñar una función útil en productos especiales, como han sugerido Wells y Atchison (11); pero, en tales casos, la médula debe separarse del bagazo, tratarse adecuadamente, y mezclarse con las pastas papeleras en las cantidades necesarias para fabricar estos papeles o cartones especiales.

Las impurezas no constituyen inconveniente tan grave en la fabricación de las pastas ordinarias que sirven para fabricar papeles de envolver baratos. Lo grave es la poca rapidez de escurrimiento de las pastas con mucha médula, que retrasa el funcionamiento de la máquina papelera. La rapidez de la producción permite pagar mejores salarios y obtener así mejor calidad de mano de obra. Aunque pudiera creerse que las fábricas de menor tamaño pueden funcionar con maquinarias pequeñas que trabajan a poca velocidad, la tendencia general propende hoy hacia la rapidez. Una planta papelera exige elevadas inversiones que sólo se justifican si se garantiza el trabajo lucrativo durante largo tiempo. Por lo tanto, al iniciar este tipo de fabricación, es de suma importancia considerar el tipo de competencia a que será necesario hacer frente.

En la actualidad, se fabrican comercialmente en muchos países celulosas

/blanqueadas y

blanqueadas y sin blanquear a base del bagazo parcialmente desmedulado. Si bien es difícil que la mayoría de estos papeles y cartones puedan competir en el mercado mundial, pueden satisfacer por ahora demandas específicas en los respectivos mercados locales. A medida que se perfeccionen las normas tecnológicas de esos países, tal tipo de fabricación encontrará mayores inconvenientes para sobrevivir.

Por otra parte, se pueden fabricar celulosas a base de bagazo desmedulado que encuentren aceptación en cualquier mercado. En todos los países es posible fabricar papeles y cartones de superior calidad por medio de mezclas apropiadas, aplicando las mejores técnicas de cocción a la fibra desmedulada. Como es lógico, para alcanzar este resultado es necesario primero lograr dos objetivos: 1) establecer un método práctico de desmedulación, y 2) encontrar un aprovechamiento de la médula para que las fibras desmeduladas y la médula desfibrada constituyan materias primas remuneradoras y útiles.

Métodos para eliminar la médula o bagacillo[1/]

Todos los métodos comerciales que se utilizan para la separación mecánica de la médula se basan en el depurado en seco. Esos métodos sólo eliminan como un tercio de la médula, trabajando con el bagazo enfardado y almacenado o con el material secado artificialmente. El resto de la médula se encuentra firmemente incrustada en las fibras corticales o cubre los haces fibrovasculares. Parte de ella se desprende si se pasa el bagazo a través de molinos a martillo u otros similares, pero este procedimiento destruye gran cantidad de fibras, y al depurarlo, se pierden, aproximadamente por partes iguales, médula y fibras pequeñas. El tratamiento más suave del molino a martillo hace desprenderse menos médula y rompe menos fibras.

En un ingenio que dispone de exceso de bagazo para combustible se somete suficiente cantidad de este material a tratamiento mecánico para satisfacer las necesidades de fibra de una planta papelera asociada; la fibra limpia se enfarda y el resto se destina a combustible. En este caso no tiene importancia la calidad de la médula y, como el exceso de fibra no puede destinarse a

---

1/ Los métodos descritos están cubiertos por patentes o solicitud de patentes. Véase también P.M. Horton y A.G. Keller, U.S. Patent 2,650,176, 5 de agosto de 1953.

/combustible, se

combustible, se obtiene a bajo costo. Este método no puede aplicarse en forma amplia.

En general se acepta actualmente que para separar la médula de la fibra y obtener alta calidad en ambos productos, es necesario desprender la médula cuando el bagazo está mojado. Si se restriega vigorosamente el bagazo mojado entre las manos, es fácil comprobar que la médula se desprende sin dañar las fibras. Ha habido dificultades para diseñar una máquina que imite a este tratamiento. Hasta hace poco no existía ningún método práctico que permitiera separar la médula suelta de la fibra, para recuperar materiales de buena clase y de alto rendimiento. El Northern Regional Laboratory se ha consagrado a la solución de este problema desde hace varios años. En 1951 anunció que se había hallado un método práctico para desprender la médula. La Asociación Hawaiana de Plantadores de Caña de Azúcar (H.S.P.A.) también se interesó por el problema y colaboró con el Northern Regional Laboratory en el estudio de procedimientos prácticos que pudieran llenar los requisitos comerciales.

Se han ideado dos máquinas que desprenden la médula sin romper las fibras: el hydrapulper, que se presta mejor para el procedimiento de separación cuando se utiliza bagazo seco y enfardado, y el molino de frotación con disco único, más adecuado para tratar el bagazo húmedo, tal y como sale del trapiche. Se han aplicado métodos basados en ambas máquinas en grandes plantas piloto y se han calculado los costos.

Desde el punto de vista del menor costo y del aprovechamiento de la médula, es mejor realizar la separación en el ingenio porque se puede recuperar aproximadamente dos tercios del azúcar que queda en el bagazo; como éste se convierte en fibras limpias y médula, estos productos pueden aprovecharse en forma óptima. El procedimiento no requiere nueva maquinaria y como se conoce bien cada etapa de la faena no se presentan problemas graves de instalación. (Véase la figura I.)

En su primera etapa, el procedimiento comprende el tratamiento del bagazo, en un transportador, al salir del trapiche, con igual cantidad de agua que la que corresponde a su humedad (50%). La masa así formada pasa a continuación por el molino de frotación con disco único, del mismo tipo del utilizado para moler el forraje, pero provisto de una plancha especial y de una ancha abertura entre las planchas fija y giratoria. Los molinos de este tipo, de 36 pulgadas (90,1 cm), tienen capacidad para 90,7 toneladas métricas de bagazo seco cada 24 horas, con un consumo de energía de 1,1 HP por

/tonelada diaria.

tonelada diaria. El agua no se escurre del bagazo al salir del molino. El material se transporta a través de una prensa azucarera de tres rodillos, como las que se utilizan en los ingenios en la que se extrae el agua añadida. El volumen de agua extraída es dos tercios del agua utilizada para la maceración o imbibición; contiene dos tercios del azúcar que quedaba en el bagazo, y vuelve al trapiche como parte del agua de maceración. De acuerdo con el destino que quiera darse a la médula o a las fibras, la masa puede secarse y depurarse, o depurarse en estado húmedo y, a continuación, secar la médula o la fibra, según convenga.

Si se desea obtener médula seca es preferible secar la masa primero y después depurarla. En este caso, el material que sale de la prensa azucarera se transporta a un secador giratorio y se reduce su humedad hasta llegar a un 15 ó 20 por ciento. Como ha sido extraída la mayor parte del azúcar, este material se seca con menos caramelización y pérdidas de las que experimentan ahora las plantas azucareras que secan el bagazo. Como la médula se ha desprendido de las fibras, es posible conseguir, por medio del depurado, una buena separación de médula y fibras. Para este objeto se utiliza un juego de tres depuradoras vibratorias, provistas de planchas con perforaciones redondas, del diámetro preferido. La médula pasa a través de las tres depuradoras y los materiales que se acumulan en ellas se combinan para formar el volumen de las fibras. La fibra puede enfardarse entonces y ser destinada a la fabricación de papel, camillas, mantas u otros fines. Si se protege a estas fibras secas de la acción de las lluvias, no fermentan ni entran en descomposición, de manera que se ahorra por lo menos un 10 por ciento de fibra sobre las compras de bagazo húmedo. Además, la celulosa a base de estas fibras secas y frescas resultará más resistente (11).

La médula es limpia y de excelente absorción. Puede destinarse a la mezcla con melaza (blackstrap), esta mezcla que puede después convertirse en balas, o empacarse en otra forma, para alimentar el ganado.

Si sólo se desea obtener fibra seca y quemar la médula, el material que sale de la prensa azucarera puede pasarse directamente a las mismas depuradoras que se utilizaron para el material secado, lo que reducirá un poco la capacidad de las depuradoras. La médula con 50 por ciento de humedad puede aprovecharse como combustible, con el petróleo, el gas u otro combustible. La fibra se seca en un secador giratorio y se enfarda. También es posible

/enfardar las

enfardar las fibras depuradas en su estado húmedo, y quemar la médula. Convendría determinar si esta fibra, separada y enfardada húmeda, podría almacenarse de acuerdo con las prácticas corrientes, sin grandes pérdidas originadas por la descomposición. Es posible que no quede en la fibra azúcar bastante para producir la fermentación.

En el cuadro 8 se calcula el costo de obtención de fibra seca y enfardada y de médula seca y reducida a balas. Se señala la asignación de un valor de combustible de 2,76 dólares por tonelada métrica de bagazo (peso "secado al horno") y un costo de 2,76 dólares por tonelada métrica por concepto de enfardado de las fibras y elaboración de balas de médula. Los costos de 13,56 dólares por tonelada métrica de fibra enfardada y almacenada y de 9,15 dólares para la médula en balas son costos de fabricación y no incluyen las ganancias ni los gastos administrativos y de venta. Para que este método encuentre aplicación práctica es necesario colocar en el mercado tanto la fibra como la médula.

En el cuadro 9 se anotan los cálculos de costo del método 2A. En este procedimiento se depura el bagazo húmedo al salir de la prensa azucarera; la médula húmeda va a las calderas en calidad de combustible, y la fibra se seca en un secador giratorio, se enfarda y se almacena. Se indica que en todos estos cálculos las cifras de Keller para enfardado, entongado, protección y carga, que ascienden a 7,17 dólares, menos 2,76 dólares por costo de enfardado, se han usado para calcular los costos de almacenamiento y entongado. El costo de 13,74 dólares de la fibra desmedulada de acuerdo con el método 2A, es ligeramente superior al que se obtiene al enfardar la fibra y hacer balas con la médula. Sin embargo, en el caso 2A, no es necesario colocar la médula en el mercado.

Para preparar la fibra desmedulada con bagazo almacenado debe emplearse otro método. Es indudable que al pasar el bagazo seco por el molino de frotación se romperían las fibras, tratamiento aún más violento que el del molino a martillo. Al elegir un procedimiento de separación en estado húmedo debe considerarse que es muy difícil mojar el bagazo seco almacenado. El mejor método para mojarlo es tratarlo en el hydrapulper, medida que se aplica en gran escala en la industria. Los fardos enteros se cargan continuamente en el hydrapulper y la fibra mojada que se mantiene a baja densidad se saca en forma ininterrumpida a través de la plancha de extracción.

/Se ha

Se ha comprobado que cuando el bagazo con alta densidad se trata por lotes en el hydrapulper, el roce interno que se produce en la masa circulante produce el desprendimiento de la médula en un período de 15 a 25 minutos, del cual se requieren unos 5 minutos para mojar el material. El hydrapulper tiene una plancha de extracción con perforaciones de tres octavos de pulgadas de diámetro (9,5 mm). Después del período de tratamiento se abre la válvula de salida y se agrega agua durante unos dos minutos, en la misma medida en que ésta va saliendo. El agua arrastra la médula, deja las fibras limpias y listas para el tratamiento químico. La médula contiene fibras gruesas que pueden eliminarse con una depuradora Jonnson de perforaciones de 0,075 pulgadas (1,9 mm). La fibra se utiliza para la fabricación de celulosa y la médula puede recogerse sobre un bastidor, desaguarse en una prensa de tornillo, hasta que quede 40 por ciento seca y secarse después en una secadora giratoria o flash. La médula y las fibras finas, después de prensadas, quedan aptas para aprovecharse como combustible en polvo. La figura II contiene un esquema de esta operación.

En el cuadro 10 se indican los cálculos del costo de separación por el método hydrapulper. En este caso también se quema la médula. El bagazo entero que entra en el procedimiento se calcula a 9,92 dólares la tonelada métrica (peso "secado al horno"), más una pérdida de un 10 por ciento durante el almacenamiento, o sea, un total de 10,91 dólares por tonelada métrica (peso "secado al horno"). Los costos de separación son mayores en este método que en los demás, como se desprende de la comparación de costos que se presenta en el cuadro 11. Para los distintos cálculos no se han tomado en cuenta los costos de edificación. Las disparidades en cuanto a gastos fijos que aparecen en los cuadros 8, 9 y 10, se deben a diferencias de costos de capital y costos de operación, respectivamente. En la actualidad no se dispone de datos sobre el costo en los métodos modernos de depuración industrial del bagazo. Se cree que, sobre la misma base de costos de mano de obra, gastos fijos, etc., el bagazo depurado, enfardado y almacenado, costará aproximadamente lo mismo que la fibra secada, enfardada y almacenada (caso 1 ó 2A).

Se ha indicado antes que pueden obtenerse rendimientos más altos y celulosas más fuertes y de mayor grado de engorde de la fibra desmedulada que de la materia prima almacenada sin depurar. En el cuadro 12 se calcula el costo de la fibra desmedulada y del bagazo entero, necesarios para fabricar

/una tonelada

una tonelada de pasta de tres tipos diferentes, sobre la base de los rendimientos corrientes de pasta. En estas cifras no se considera la necesidad de mayor cantidad de reactivos para tratar el bagazo entero, ni además se tiene en cuenta que se consume más energía, mano de obra, etc., por la mayor lentitud del lavado, depurado y funcionamiento de la máquina papelera. Estos datos demuestran que son prácticamente idénticos el costo de la fibra (caso 2A) y el del bagazo entero que se necesitan para producir una tonelada de estas celulosas, excepto en la celulosa para cartones acanalados. Un experimento efectuado reciente en gran escala para fabricar pasta de cartones acanalados a base del bagazo entero, demostró que esta pasta se escurría tan lentamente, que no corría en la máquina papelera y que sólo después de pasada por bastidores para eliminar un 8,5 por ciento del material, que consistía en fibras finas, podía fabricarse un buen cartón acanalado. Por otra parte, el cartón acanalado, que se fabricaba con facilidad, era superior a los del comercio. Estos datos indican que con los actuales métodos de separación, la fibra desmedulada puede competir con el bagazo entero en cuanto a costo, y el producto que se obtiene es de alta calidad en vez del inferior o mediano que se logra a base de bagazo entero.

La compañía mexicana que actualmente utiliza el procedimiento mecano-químico para la fabricación de celulosa ha perfeccionado un procedimiento para desmedular el bagazo ya sea en el estado húmedo en que sale del ingenio, o seco enfardado. La máquina utilizada en este procedimiento tiene gran capacidad, es de construcción relativamente barata, consume muy poca energía y requiere poco mantenimiento y los costos de desmedulado son inferiores a los de cualesquiera de las estimaciones hechas con anterioridad.

El monto de los costos fluctúa según el precio de los combustibles y las proporciones relativas de médula y fibra en el bagazo que se trate. A medida que se elimine más médula por el tratamiento mecánico, se reduce el costo de los reactivos y mejora la calidad de la celulosa. La calidad óptima y los costos de reactivos más bajos por tonelada de celulosa sólo serán posibles si se utiliza la fibra desmedulada.

Aprovechamiento de la médula

Los análisis de costos demuestran que la fibra desmedulada se prepara mejor en el ingenio durante la época de la molienda. Si se dispone de un exceso de bagazo para combustible, al reemplazarse por médula parte de la

/fibra que

fibra que se quema se rebajan los costos en 2,76 dólares por tonelada métrica de fibra, aunque sería más beneficioso para el ingenio encontrar un mercado mejor para la médula y no destinarla a combustible.

Ya se ha indicado que tal mercado lo crea el aprovechamiento de la médula como absorbente de las melazas para forraje (12). El Northern Regional Laboratory ha proseguido las investigaciones sobre este tema y ya se ha descubierto un método para determinar el poder de absorción de la médula u otros ingredientes del forraje (13). La comparación entre la capacidad relativa de absorción de la médula separada húmeda, la de la médula seca y la de otros ingredientes del forraje se indica en el cuadro 13. La capacidad de absorción de la médula separada industrialmente equivale a dos tercios o a la mitad de la médula separada en estado húmedo, mientras que la capacidad de los ingredientes comunes del forraje equivale a un tercio o a la mitad del mismo valor. Una mezcla de un 30 por ciento de médula separada en estado húmedo y 70 por ciento de melaza a 80° Brix, no se apelmazará durante el almacenamiento en un clima húmedo, fenómeno que se produce con la mezcla de esta misma cantidad de melaza y la médula depurada por los procedimientos comerciales corrientes. Con ambas mezclas pueden hacerse balas.

La melaza (blackstrap) y el bagazo son los principales subproductos de la elaboración de la caña de azúcar (cuadro 5) y ambos se producen en cantidades casi idénticas cuando se muele la caña para extraer el azúcar. Pero en tanto que el bagazo siempre ha podido destinarse a combustible, en ciertas localidades, a veces no ha podido aprovecharse la melaza. El precio de ésta ha fluctuado de acuerdo con el del alcohol, de un mínimo a un máximo extremos. El último informe del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos sobre la situación de la melaza (14) afirma que el precio de ésta llegó a un máximo sin precedentes (en Nueva Orleans - al mayoreo) de 34,5 centavos de dólar por galón (9,1 centavos por litro), en enero de 1951; bajó a 9,0 centavos en el mismo mercado en noviembre de 1952, y en octubre de 1953 era de 11,0 centavos (2,9 centavos por litro). El rápido descenso producido en noviembre de 1952 se debió a la reducción del precio de oferta de Cuba a 4,5 centavos (6,5 centavos con entrega), para las melazas destinadas a la producción de alcohol. Las perspectivas de la melaza en este mercado no son muy alentadoras por el aumento de la fabricación de alcohol sintético; en el otoño de 1953 cerraron las fábricas

/de caucho

de caucho sintético que consumían alcohol. Para la industria azucarera es de suma importancia lograr separar el mercado y precios de la melaza de los efectos de las condiciones que prevalecen en el mercado del alcohol. El citado informe sugiere que actualmente se presentan las mejores perspectivas para efectuar esta independencia.

Repetidamente se ha destacado que el mejor precio de las melazas se obtiene cuando se destinan a forraje. El aprovechamiento de la melaza en la alimentación del ganado ha aumentado sin interrupción en los Estados Unidos, a partir de 1945. El cuadro 14 señala la composición de los sólidos secos de la melaza (blackstrap) de Louisiana. Numerosos especialistas en alimentación animal, investigan ahora la utilización de los alimentos, la melaza, la urea o sales de amonio y los complementos necesarios de alimentación para el engorde, preparación y alimentación del ganado. Por ejemplo, en esas raciones se incluyen grandes tonelajes de mazorcas de maíz molidas. Se realizan numerosas investigaciones sobre la acción digestiva de las bacterias de la panza que permiten al animal obtener energía de los hidratos de carbono, celulosas y pentosanos de estas materias vegetales de baja calidad. La melaza constituye sin duda un importante ingrediente para fomentar esta acción. Datos recientes aconsejan impregnar con las melazas a un portador finamente dividido de manera que no pase demasiado rápidamente por la panza. Esto evita la diarrea que a menudo se produce cuando se administra la melaza líquida y parece también que ayuda a obtener más energía de la materia vegetal. En dicho forraje puede suministrarse al animal un tercio de sus necesidades de proteínas por medio de la urea o sales de amonio. La melaza puede amoniacarse y disolver la urea. Los demás componentes del alimento - minerales y vitaminas y antibióticos - los fabrican las industria químicas, pero el resto del consumo de proteínas debe provenir de fuentes vegetales, generalmente de las harinas de oleaginosas.

Los estudios del mercado indican que las melazas, que se calculan en casi 3,7 millones de libras al año, poseen un enorme potencial para la alimentación animal en los Estados Unidos. Es difícil comercializar la melaza líquida para el pequeño ganadero o agricultor, especialmente en los estados del norte y es conveniente emplearla seca.

En el trópico se han realizado numerosos ensayos de alimentación con melazas

/mezcladas con

mezcladas con bagazo depurado. El fracaso se debió probablemente a dos condiciones principales. En primer lugar, el tipo de ganado que tolera el clima tropical no es el mejor productor de carne. Parece que las nuevas razas de ganado logradas en Texas y Florida podrían utilizarse satisfactoriamente en el trópico. En segundo lugar, aunque en la mayoría de los países tropicales existe un exceso de hidratos de carbono, escasea la proteínapara la alimentación animal. Como actualmente por lo menos un tercio de las necesidades de proteína puede suplirse con la urea o el amoníaco, son menores las exigencias de aquélla para la alimentación del ganado en el trópico. Por ejemplo, si en vez de embarcar la copra a América o Europa para la extracción del aceite, se realizara esta faena en las zonas tropicales, se obtendría una fuente de proteínas.

El ganado engordado por el sistema de forraje o alimentado durante el invierno con raciones como las que figuran en el cuadro 15, proporciona mejor carne que el nutrido con pasto. Es creencia general que las proteínas a base de carne son preferibles a las de origen vegetal.

En algunos países en los que la producción del alcohol es monopolio del Estado y no puede ampliarse la producción de azúcar por la falta de mercados, es posible enfocar desde otro ángulo la producción de fibra desmedulada. El azúcar de caña podría cultivarse y molerse como se hace ahora; pero el jugo, en vez de convertirse en azúcar, se fermentaría directamente para producir alcohol. Esta operación consumiría mucho menos combustible y, con el uso de la médula para combustible, se liberaría aun más fibra. Podrían fermentarse los residuos de la planta de alcohol para fabricar gas metano, que se usa con eficacia en los motores Diesel para generar energía directamente. Si resultaran económicas estas operaciones integradas, se podría proporcionar a la industria papelera fibra muy barata.

Sin embargo, al considerar la estrecha integración de un ingenio con una fábrica de papel y celulosa, es necesario tener presente esta advertencia: la fábrica papelera, si desea elaborar papel blanqueado, no debe utilizar como combustible bagazo ni médula, por la contaminación casi inevitable de la celulosa blanqueada con partículas de carbón. Si la fábrica de papel se construye cerca del ingenio, debe ubicarse en tal forma que pueda evitarse el mismo peligro.

Cuadro 1

ANALISIS APROXIMADO DE VARIOS TIPOS DE BAGAZO

(Porcentajes)

NRRL	Tipo de bagazo	Humedad	Ceniza	Lignina	Pentosanos	Extraíbles: Agua caliente	Extraíbles: Alcohol benceno	Extraíbles: NaOH al 1%	Celulosa Cross y Bevan: Libre de ceniza	Celulosa Cross y Bevan: Pentosanos	Alfa libre de cenizas	Alfa Pentosanos	Alfa, sin el contenido original de ceniza y pentos.
	(Lockport - 1941)												
1267	Bagazo total de Luisiana, almacenado	4,1	2,9	21,3	29,4	4,0	1,7	32,9	58,4	29,3	67,2	6,1	36,8
1267	Fibra de bagazo de Luisiana, almacenado	6,8	2,0	20,7	30,0	2,4	1,6	28,4	61,4	31,7	70,0	10,0	38,7
1267	Bagacillo de Luisiana, almacenado	12,2	4,6	21,3	29,9	3,1	1,7	36,1	54,6	30,3	62,8	5,7	32,3
	(Houma - 1941)												
1740	Bagazo total de Luisiana, fresco	4,9	2,4	18,9	30,0	8,8	6,0	35,9	53,3	27,9	67,3	7,0	33,4
1740	Fibra de bagazo de Luisiana, fresco	9,7	2,2	19,9	32,5	3,4	2,0	30,5	59,0	29,6	67,7	8,1	36,7
1740	Bagazillo de Luisiana, fresco	8,7	6,3	18,0	30,7	3,4	2,9	36,2	52,5	28,7	62,4	6,6	30,6
	(Clewiston - 1948)												
7892	Bagazo total de Florida, fresco, depurado en seco	7,3	2,2	18,1	27,9	11,2	10,8	39,9	52,0	26,9	68,0	4,7	33,7
7892	Fibra de bagazo de Florida, fresco	7,2	2,0	19,1	30,9	4,5	2,6	31,2	60,4	29,0	67,2	4,5	38,8
7892	Bagacillo de Florida, fresco	8,9	3,4	18,2	31,4	4,6	2,5	35,0	53,9	26,2	63,4	4,0	32,8
	(Clewiston - 1952)												
9940	Bagazo total de Florida, - variedad Cl. 41-223	8,6	1,0	18,2	26,6	15,1	7,0	40,7	48,0	28,1	66,9	4,7	30,6
9941	" " " " " F.31-436	10,1	1,6	16,4	27,4	15,5	6,4	43,2	48,8	32,7	66,5	5,3	30,8
9942	" " " " " F.31-962	10,5	2,2	18,6	28,7	9,8	8,0	40,0	49,0	26,5	67,7	5,2	31,5
	(Variedad 8560 - 1952)												
9992	Bagazo total de Hawai	13,2	5,4	21,3	27,7	5,7	3,2	33,9	50,2	27,4	69,6	8,8	31,8
9992	Fibra de bagazo de Hawai	5,6	2,0	21,1	30,7	2,4	3,6	28,8	56,0	28,8	73,4	10,4	38,3
9992	Bagacillo de Hawai	7,1	3,3	20,0	33,0	1,5	2,1	30,8	53,5	29,7	62,7	6,7	31,5
9333	Bagazo total de Hawai (Laupahoehoe Sugar Co.)	8,0	1,9	22,5	31,2	3,4	2,1	31,4	55,4	27,7	72,5	8,3	34,3
	(Variedad 1933)												
9573	Bagazo total de Hawai (Ewa Plantation)	7,7	2,6	19,3	31,3	4,0	3,6	31,3	55,0	33,4	62,6	8,2	31,6
9851	Bagazo total de Hawai (Oahu Sugar Co.)	7,9	3,3	20,1	31,0	2,7	3,4	32,0	52,0	32,4	65,7	7,4	31,7
	(Aguirre 1951, 1952)												
L0081	Bagazo total de PuertoRico	7,5	3,9	18,1	29,6	8,0	5,4	27,3	50,9	31,1	63,7	7,0	30,1
L0081	Fibra de bagazo de Puerto Rico	11,5	1,2	19,8	31,6	1,4	2,7	27,3	59,9	30,4	67,2	5,7	40,2
L0081	Bagacillo de Puerto Rico	4,9	3,2	18,8	31,9	2,8	2,9	30,3	53,9	30,3	60,4	6,4	32,6
L0564	Bagacillo de Mexico (San Cristóbal, 1953)	6,2	4,9	22,4	29,9	7,6	2,3	40,1	46,0	25,5	61,3	5,5	26,6
	(Isla Negros, 1952)												
L0566	Bagazo total de Filipinas	10,2	2,3	22,3	31,8	2,8	3,0	31,3	56,8	30,6	70,2	12,5	34,9
L0566	Fibra de bagazo de Filipinas	5,3	1,2	21,8	31,2	1,9	2,1	26,8	62,9	31,9	72,0	9,1	41,2
L0566	Bagacillo de Filipinas	3,3	2,6	22,5	33,2	3,6	2,7	36,2	55,4	32,2	66,8	5,7	34,9

nálisis hechos por el Northern Regional Research Laboratory.

Cuadro 2

VARIACIONES EN EL CONTENIDO DE FIBRA VERDADERA Y MEDIDA DE ALGUNAS VARIEDADES DE CAÑA DE FLORIDA. EN PORCIENTO SOBRE EL BAGAZO SECO LIBRE DE BASURA Y DE SOLUBLES.

Variedad	Fibra	Bagacillo	Relación fibra a médula
	%	%	
F. 31-436	69,6	30,4	2.289
P.O.J. 2725	65,4	34,6	1.890
Cl. 38-32	78,1	21,9	3.566

Correspondencia particular Octubre 1953

Cuadro 3

CANTIDAD APROXIMADA DE DESPERDICIOS DE LA ZAFRA ANUAL EN AFRICA DEL SUR

	Miles de toneladas	Porcentaje con la humedad que se producen
Caña	4.536	100,00
follaje	522	11,50
cogollo	350	7,75
bagazo	1.724	38,00
torta de las prensas	227	5,00
melaza	147	3,24

/Cuadro 4

Cuadro 4

HUMUS Y COMPONENTES FERTILIZANTES DEL COGOLLO
Y DEL FOLLAJE DEL BAGAZO EN TERMINOS
DE MATERIA SECA

Componente	Follaje	Cogollo
	%	%
Humus	9,23	6,92
Nitrógeno	0,27	0,90
Ceniza total	7,29	7,46
P_2O_5	indicios	2,70
K_2O	3,20	23,30

Cuadro 5

COMPOSICION MEDIA DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS
AL ELABORAR UNA TONELADA DE CAÑA
EN LA ZAFRA DE 1948

Basada en la recapitulación de informes definitivos

Caña	1 ton			(Fibra	115 Kg.
Fibra	115 Kg.	Bagazo	324 Kg.	(No sucrosa	5,5 "
				(Sucrosa	10,0 "
Sucrosa	95 "	(Azucar cruda	73 Kg.	Sucrosa	70,2 "
Indeter-		(Torta de las			
minado		prensas	46 "	Sucrosa	1,9 "
	2,7 Kg.	(Melaza	42 "	(Sucrosa	10,9 "
	92,3			(Azúcar invert.	10,0 "
				(No azúcares	11,8 "
No azúcares	32 "	(		(Acido aconítico	1,0 "
		(			
			Torta de las prensas	Cera	0,4 "
				Componentes menores	0,3 "

/Cuadro 6

Cuadro 6

ANALISIS FISICO APROXIMADO DE VARIAS MUESTRAS DE BAGAZO TOTAL. EN PORCIENTO SOBRE EL BAGAZO ORIGINAL (SECADO AL HORNO).

Tipo de bagazo total	Florida variedad F. 31-962 (1952)	Florida variedad Cl.41-223 (1952)	Luisiana Thibodaux almacenado (1952)	Hawaian variedad 8560 (1952)	Puerto Rico Aguirre (1951-52)	Islas Filipinas Negros (1952)
Fibra	58,0	60,7	74,4	60,5	60,1	68,6
Médula	22,8	24,3	25,2	32,9	25,5	23,8
Solubles, resíduo y pérdidas	19,2	15,0	10,4	6,6	14,4	7,6

Cuadro 7

COMPOSICION APROXIMADA DE DIFERENTES FRACCIONES DE BAGAZO OBTENIDAS POR TAMIZADO CON MALLAS DECRECIENTES. BASADA SOBRE LA SUSTANCIA SECA.

Malla del tamiz en milímetros	2	2-0,75	0,75-0,3	0.-0,15	0,15
Ceniza	1,31	3,11	4,97	5,56	12,38
Extraíbles en agua fría	0,06	0,13	0,37	0,50	1,52
" " " caliente	1,36	1,82	2,68	4,48	4,80
" " NaOH diluído	29,52	31,67	35,24	37,89	40,19
" " alcohol-benceno	1,74	2,36	2,57	2,89	3,27
Lignina	21,14	21,11	21,61	22,06	22,10
Pentosanos	30,62	29,35	28,26	27,21	26,38
Celulosa	58,50	53,11	48,82	46,59	42,94
Alfa celulosa	41,25	37,17	33,85	31,94	29,10

/Cuadro 8

Cuadro 8

ESTIMACION DE LOS GASTOS DE OPERACION REQUERIDOS EN LA SEPARACION DEL BAGAZO TOTAL EN MEDULA Y FIBRA LIBRE DE MEDULA. CASO 1: BAGAZO SECADO ANTES DEL CRIBADO, FIBRA ENFARDADA; BAGACILLO MEZCLADO CON MELAZA Y AGLOMERADO.- RENDIMIENTO: 21,6% BAGACILLO; 68,4% FIBRA;10% RESIDUO Y PERDIDAS.

Valor del bagazo como combustible, US$ 2,76 por tonelada
Estimación por tonelada métrica (secada el horno)

Combustible y energía	$ 1,19
Mano de obra, dirección, mantención, materiales	1,550
Gastos fijos	1,632
Total	4,372
Crédito por azúcares recuperados	1,102
	3,270
Costo, por tonelada de fibra o bagacillo seca al horno sobre un rendimiento de 90%	3,633
Valor como combustible, por tonelada de bagacillo o fibra seca al horno	2,760
Costo, por tonelada para enfardar la fibra o aglomerar el bagacillo, seco al horno	2,760
Costo por tonelada de fibra enfardada o bagacillo aglomerado, seco al horno	9,153
Costo de apilado, cubrir las pilas, cargar (Keller)	4,409
Costo de fibra libre de bagacillo almacenado, por tonelada seca al horno	13,562
Costo de bagacillo aglomerado, por tonelada seca al horno	9,153

/Cuadro 9

Cuadro 9

ESTIMACION DE LOS GASTOS DE OPERACION REQUERIDOS EN LA SEPARACION DEL BAGAZO TOTAL EN MEDULA Y FIBRA LIBRE DE MEDULA. CASO 2A - FIBRA SECADA Y ENFARDADA DESPUES DE CRIBADO HUMEDO; MEDULA HUMEDA COMO COMBUSTIBLE. VALOR COMO COMBUSTIBLE; US$ 2,76 POR TONELADA SECA AL HORNO. RENDIMIENTO: 21,6% MEDULA; 68,4% FIBRA, 10% RESIDUOS Y PERDIDAS.

Estimación por tonelada métrica (secada al horno)

Combustible y energía	$ 0,696
Mano de obra, dirección, mantención, materiales	1,473
Gastos fijos	1,479
Total	3,648
Crédito por azúcares recuperados, por tonelada de bagazo seco al horno	1,102
Gastos netos de operación, por tonelada seca al horno	2,546
Costo por tonelada de fibra o bagacillo seca al horno sobre un rendimiento de 90%	2,828
Costo neto de separación del bagacillo, por tonelada de fibra seca al horno	
Costo de separación, por tonelada seca al horno, $ 0,98	0,980
	3,808
Valor como combustible, por tonelada de fibra seca al horno	2,760
Costo de enfardado, por tonelada de fibra seca al horno	2,760
Costo de apilado, cubrir las pilas, carga (Keller)	4,409
	13,737

/Cuadro 10

Cuadro 10

ESTIMACION DEL COSTO DE SEPARACION DEL BAGAZO ENFARDADO, MEDULA Y FIBRA LIBRE DE MEDULA. FIBRA PARA SER TRATADA HUMEDA, MEDULA PARA SER QUEMADA HUMEDA. COSTO DEL BAGAZO ENFARDADO Y ALMACENADO: US$ 9,92 MAS 10% POR PERDIDAS DE ALMACENAMIENTO, TOTAL US$ 10,91. RENDIMIENTO: 21,6 % MEDULA 68,4% FIBRA 10% RESIDUOS Y PERDIDAS

Estimación por tonelada métrica (secada al horno)

Costo de materia prima	US$ 10,91
Energía y agua	0,77
Mano de obra, dirección, mantención, materiales	1,60
Gastos fijos	1,73
Total	15,01
Costo neto de operación, por tonelada de fibra o bagacillo seca al horno sobre un rendimiento de 90%	16,68
Costo neto de operación, por tonelada de fibra seca al horno basado en un rendimiento de 68,4% de bagacillo sin valor	21,94
Crédito por bagacillo como combustible, por tonelada de fibra seca al horno, a 2,76 por tonelada	0,87
Costo neto de la fibra húmeda para elaboración, por tonelada seca al horno	21,07

/Cuadro 11

Cuadro 11

COSTO ESTIMADO POR TONELADA (SECADA AL HORNO) PARA PREPARAR, ALMACENAR, CARGAR Y CUBRIR LOS FARDOS DE FIBRA Y PARA AGLOMERAR LA MEDULA O SEPARAR EL BAGAZO ALMACENADO

	Bagazo total (Keller)	Caso 1 Fibra seca enfardada; médula seca aglomerada	Caso 2A Fibra seca enfardada; médula húmeda quemada como combustible	Caso 2B Médula seca aglomerada; fibra húmeda quemada como combustible	Caso 2C Fibra húmeda enfardada; médula húmeda quemada como combustible	Hydrapulper: fibra tratada en húmedo; médula húmeda quemada como combustible
Fibra	9,92	13,562	13,737	Combustible	12,650	21,07
Bagacillo	9,92	9,153	Combustible	15,284	Combustible	Combustible

Cuadro 12

COMPARACION DE LOS COSTOS DE PASTAS EN TERMINOS DE FIBRA CRUDA BASADOS SOBRE LOS COSTOS DE FIBRA DE BAGAZO LIBRE DE MEDULA - CASO 1 $ 13,562/TON (SECADA AL HORNO); HYDRAPULPER, $ 21,07/TON(SECADA AL HORNO); Y BAGAZO ALMACENADO (10% DE PERDIDA DE ALMACENAMIENTO) $10,91/TON (SECADA AL HORNO)

	Fibra libra de bagacillo			Bagazo total	
	Rendimiento	Costo por tonelada de pulpa secada al horno: Caso 2A	Costo por tonelada de pulpa secada al horno: Hydrapulper	Rendimiento	Costo por tonelada de pasta (secada al horno)
Blanqueada Luminosidad 80	48	28,03	43,90	37	29,46
No blanqueada	60	22,43	35,13	48	22,72
Corrugado	75	17,91	28,10	65	16,81

/Cuadro 13

Cuadro 13

CAPACIDAD DE ABSORCION DE LA MEDULA DE BAGAZO Y DE AGREGADOS SOLIDOS EMPLEADOS COMO ALIMENTOS DE GANADO

	Absorción		
	Densidad aparente kilogramos/m3.	Absorción media gramos de agua/ muestra de 3 gramos	Tiempo para la absorción, segundos
Médula de separación húmeda preparado por NRRL			
Esquema 1			
Bagazo de Hawaii	41,6	26,0	40
Bagazo de Hawaii depurado en forma espec.	32,0	29,5	50
Bagazo de Puerto Rico	35,2	25,8	58
Bagazo de Florida	40,0	24,3	42
Esquema 2			
Bagazo de Hawaii	48,1	24,5	42
Bagazo de Puerto Rico	52,9	26,2	50
Bagazo de Florida	56,1	23,1	39
Esquema 3			
Bagazo de Hawaii	54,5	24,9	68
Bagazo de Puerto Rico	52,9	26,2	100
Bagazo de Florida	59,3	25,5	59
Médula de separación seca de varios ingenios			
Ingenio A, finos deshidratados	76,9	15,3	60
Ingenio A, polvo del tamiz	86,5	13,6	110
Ingenio A, polvo del colector de polvo	67,3	14,6	111
Ingenio B, polvo de 40 mallas	72,1	13,7	—
Ingenio B, bagacillo depurado	91,3	20,3	—
Harina de alfalfa, deshidratada 17%	296,4	7,7	400
Paja de cebada cortada	240,3	8,9	210
Polvo de cebada	209,8	10,6	250
Pulpa de remolacha	233,9	14,4	270
Harina de semilla de algodón	528,6	6,5	500
Alimento de gluten	411,7	6,8	27
Harina de linaza extraída	487,0	8,2	—
Cebada germinada	254,7	14,9	3.200
Alimento de avena No. 90, grado B	299,6	7,9	25
Cáscara y polvos de avena	128,2	11,7	160
Avena pulverizada	397,3	5,5	1.860
Cerniduras, grano molido	306,0	6,7	63
Cerniduras, liviana No. a	269,1	8,2	25
Cerniduras, liviana No. b	280,3	7,7	45
Cerniduras, soya	363,6	12,0	260
Harina de soya, extraída	645,6	6,0	40
Salvado de trigo	182,6	11,4	82
Trigo y polvo de elevador	160,2	13,6	75
Cáscaras y polvo de trigo	230,7	11,1	65

/Cuadro 14

Cuadro 14

COMPOSICION DE LOS SOLIDOS SECOS DE LAS MELAZAS DE 23 FABRICAS DE LOUISIANA EN 1950 a/

	Mínimo	Máximo	Promedio
	%	%	%
Sacarosa verdadera	36,6	50,6	44,5
Azúcares reductores b/	21,8	38,9	26,1
Total azúcares	63,8	80,1	70,6
Ceniza carbonato (carbonate ash)	7,8	16,8	11,8
Materia orgánica no-azúcar c/	12,1	21,6	17,6
Ceniza sulfatada (Total)	11,4	21,7	15,1
Proteína (N x 6,25)	1,36	2,88	2,17
Potasio (K_2O) d/	3,1	9,5	6,4
Cal (CaO)	0,66	1,28	0,86
Magnesia (MgO)	0,32	0,91	0,61
Sílice (SiO_2)	0,36	1,06	0,67
Sulfato (SO_3)	0,34	1,75	1,09
Cloruro (Cl_3)	0,33	2,11	0,85
Aconitato ($C_6H_6O_6$)	3,33	6,99	4,97
pH	5,54	6,13	5,84
Acidez libre e/	0,62	1,72	1,07

a/ C.A. Fort, B.A. Smith, C.L. Black, and L.F. Martin, "Aconitic Acid Content and Composition of Louisiana Blackstrap Molasses", Sugar, Octubre 1952.

b/ Correctamente serían sustancias reductoras, puesto que alrededor de un 10 a 20% del poder reductor total no proviene de los azúcares.

c/ Se ha restado del total de los sólidos secos la suma de azúcares totales y la ceniza carbonato.

d/ Las cifras de potasio se han calculado e incluyen pequeñas cantidades de hierro, sodio y aluminio.

e/ Acidez titulada mediante potenciómetro a pH 8,3 y expresada en porciento de ácido aconítico sobre los sólidos secos.- La elección del ácido aconítico para expresar la acidez en base gravimétrica es estrictamente arbitraria.-

/Cuadro 15

Table 15

ALIMENTOS QUE CONTIENEN MELAZA EMPLEADOS COMO RACIONES PARA GANADO

	Por Novillo kilógramos diarios	Por Novillo kilogramos diarios
Mazorca molida	7,56	
Cáscara de semilla de algodón		10,46
Harina de soya	1,00	1,00
Alimento de melaza (45% de melaza)	0,45	0,45
Materias de pescado	0,03	0,03
Harina de hueso	0,08	0,08
Sal	0,03	0,03
Concentrado de vitaminas A y D	0,005	0,005

a/ Podría fabricarse con 50% de bagacillo y 50 % de melaza. T.W. Perry y W.M. Beeson, Corncobs, popcorn cobs, cottonseed hulls as grass silage as roughages for growing steers. A.H. 80 (5M) Purdue University, Agricultural Experiment Station, Lafayette, Indiana, Abril 25, 1952.

/Figure I

Diagrama I

PROCEDIMIENTO DEL MOLINO DE FROTACION PARA SEPARAR LA FIBRA Y LA MEDULA DEL BAGAZO HUMEDO, EN EL INGENIO AZUCARERO

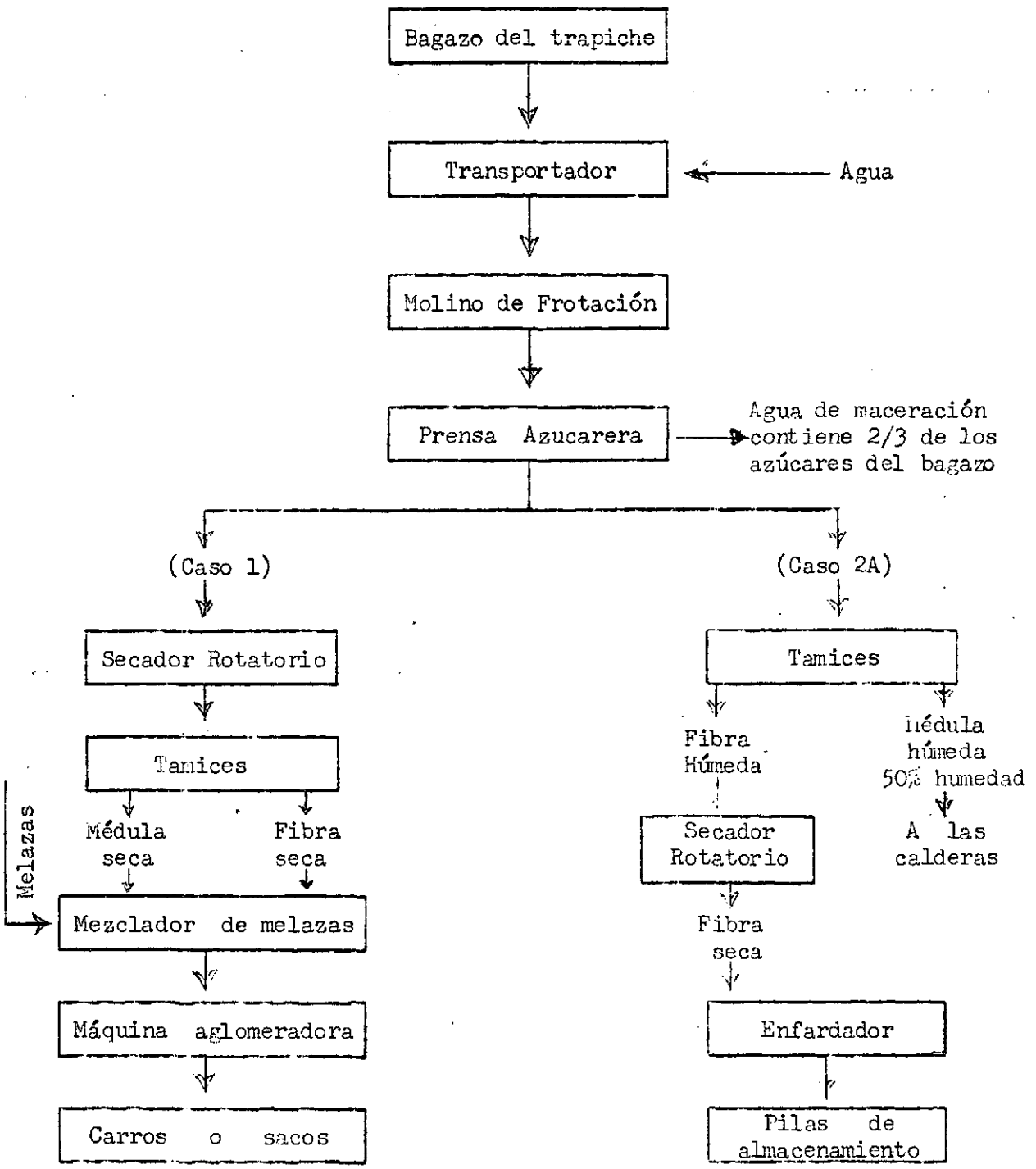
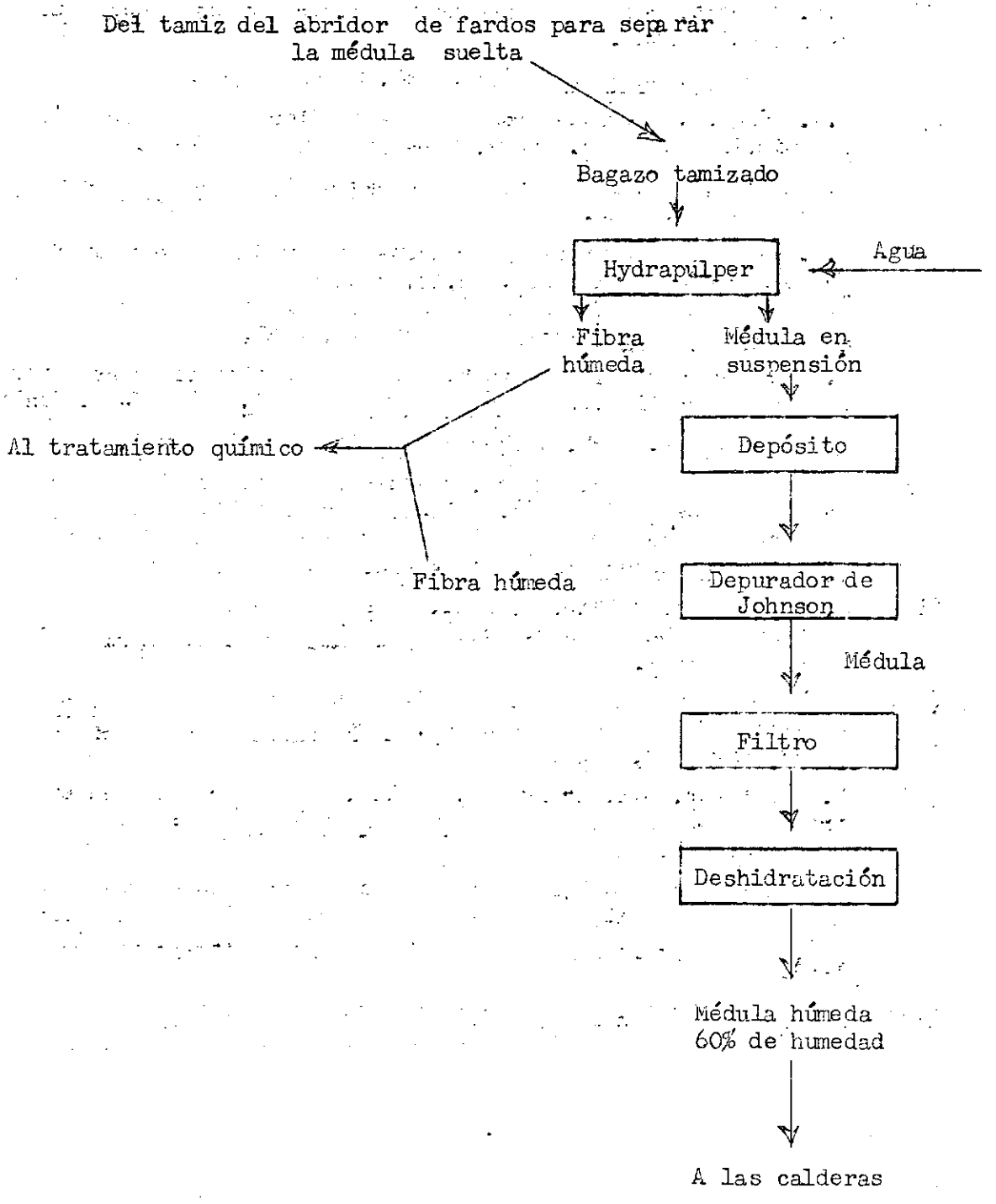


Diagrama II

Diagrama II

PROCEDIMIENTO HYDRAPULPER PARA SEPARAR EL BAGAZO ALMACENADO EN LA FABRICA DE CELULOSA EN MEDULA Y FIBRA LIBRE DE MEDULA



/BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

(1) C.C. Dymond, "The Waste Products of the Sugar Cane Industry", Soil and Health 2: 168-173, 1947; Intl. Sugar J. XLIX (587): 286-287, Noviembre 1947.

(2) W.S. Daubert, "Cost of Trash to the Sugar Factory", Sugar 44 (7): 32-33, Julio 1948.

(3) Kartar Singh, Sugar 40 (10): 29-30, Octubre 1945.

(4) E.A. Vásquez, "Algunos Productos de la Fibra de Caña de Azúcar", Ingeniería Azucarera, 26-27, Septiembre-Octubre 1949.

(5) A.G.Keller, "Louisiana Sugar Cane Bagasse", Paper Trade Journal, 29,32, Mayo 2, 1952.

(6) L.F. Martin, "Potential By-Products of Raw Cane Sugar Manufacture", The Sugar Journal 12 (11): 12,13,23, Abril 1950, y Grayson, "Recapitulation of Final Reports of Louisiana Sugar Cane Factories, Crops 1939-48", Sugar Bulletin 27 (22): 335, Agosto 15, 1949.

(7) E.A. Gastrock y D.F.J. Lynch, "Cost Evaluation of Bagasse for Industrial Utilization", Facts about Sugar 34 (6): 37-39, Junio 1939.

(8) H.J. Spoelstra, Arch. Suikerind. 41 (III): 1-28, 1933.

(9) E.C. Lathrop y T.B. Munroe, "Industrial Preservation of Crop Fibers", Ind. Eng. Chem. 26 (6): 594-598, Junio 1934; H.R. Hay y E.C. Lathrop, "Storage of Crop Fibers and Preservation of Their Products", Paper Trade Journal 112 (9): 29-34, Febrero 27, 1941

(10) T. Tatsuno, F. Nishio, S. Aoki, y K. Yamafuji, "Concerning the Pentosans of Sugarcane", Bull. Agr. Chem. Soc. Japan 17 (9): 83, Septiembre 1941.

(11) S.D. Wells and J.E. Atchison, "Production of Pulp from the Fibrous Elements of Sugar Cane Bagasse", Paper Trade Journal 112 (13): 34-38, Marzo 27, 1941.

(12) E.C. Lathrop, S.I. Aronovsky, y T.R. Naffziger, "Increased Profits from Cane Sugar Byproducts", Sugar Journal 14 (1): 10, 12, 14, 25-32, Junio 1951.

(13) T.R. Naffziger and H.I. Mahon, "Feed Evaluation-Determination of Absorption Capacity and Fibrous Material of Pith and Certain Feed Constituents", J. Agr. Food Chem. 1 (13): 847-851, Septiembre 16, 1953.

(14) Sugar Reports No. 21-M, Molasses Issue, U.S. Department Agriculture Commodity Stabilization Service, Sugar Branch, Noviembre 1953.