



UNITED NATIONS
ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA
TECHNICAL ASSISTANCE ADMINISTRATION
INDUSTRY AND AGRICULTURE
ORGANIZATION



LIMITADO
ST/ECLA/CONF.3/L.5.7
5 octubre 1954
ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

JUNTA LATINOAMERICANA DE EXPERTOS
EN LA INDUSTRIA DE PAPEL Y CELULOSA

Buenos Aires, Argentina
18 octubre - 2 noviembre, 1954

EXPERIENCIAS EN LA ELABORACION INDUSTRIAL
DE PULPA DE BAGAZO

por

Cellulose Development Corporation
(Inglaterra)

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)

EXPERIENCIAS EN LA ELABORACION INDUSTRIAL DE PULPA DE BAGAZO

por Cellulose Development Corporation

I

ANTECEDENTES

Aunque el propósito de este trabajo ha sido indicar las experiencias de la Compañía en la elaboración de pulpa de bagazo, es conveniente considerar también en conjunto los antecedentes sobre esta materia.

El primer procedimiento intentado para elaborar pulpa de bagazo data desde 1838, y el primer ensayo comercial para emplear el bagazo en la fabricación de papel se atribuye a Francia en 1884. Clarence J. West (1) ^{1/} ha reunido una bibliografía que hasta julio de 1951 sumaba 437 referencias sobre el uso del bagazo para celulosa, papel y cartón. El informe de Desarrollo sobre Expansión del Papel de Diarios (2), presentado por el Departamento de Comercio de los Estados Unidos en 1952 a un subcomité especial del Congreso, incluyó esta bibliografía como apéndice, con una bibliografía adicional que la actualizaba hasta agosto de 1952 e incorporaba 31 fuentes de referencia. La prensa ha publicado en los últimos años numerosos informes sobre las posibilidades del bagazo para fabricar papel, principalmente para diarios.

La razón de tal interés es, por supuesto, el rápido aumento de la demanda mundial de celulosa. En julio de 1954 el Profesor Streyffert de Estocolmo, en el primero de una serie de artículos publicados en el World's Paper Trade Review (3), indicaba algunas estadísticas interesantes al respecto. La producción mundial de pulpa ha aumentado desde un total estimado en 8,3 millones de toneladas en 1913 hasta 36,3 millones de toneladas en 1952. Considerando solamente los últimos 25 años, la producción y el consumo de celulosa de madera han experimentado un aumento desde un promedio anual de 13,6 millones de toneladas durante los años 1925-27 a 36,0 millones de toneladas en 1950-52. Es interesante señalar que la madera equivalente a la producción de celulosa de 1952 no fué inferior al 20 por ciento del total mundial de maderas industriales

^{1/} Todos los números entre paréntesis remiten al lector a la bibliografía numerada que figura al final del presente estudio.

cortadas y que el 95 por ciento de ella correspondió a maderas blandas (coníferas).

Este rápido desarrollo de la industria de la celulosa ha tenido lugar, predominantemente, en regiones de alto consumo de papel y cartón como son América del Norte y Europa, en donde se encuentra establecido el 90 por ciento de la industria mundial de celulosa de madera. Si se incluye Oceanía (Australia, Nueva Zelanda, etc.) entre los de alto consumo per capita de papel y cartón, el total de la población de estas regiones sería aproximadamente de 600 millones; el consumo puede muy bien aumentar en el futuro. Esta cifra de 600 millones contrasta con la de 1.800 millones estimada para el resto de las regiones del mundo, las cuales tienen actualmente un bajo consumo per capita. Como éstas pueden aumentar su nivel de vida y su desarrollo industrial, parece seguro que elevarán también su consumo de papel y cartón. Esto naturalmente hace surgir la pregunta de si sería prudente confiar en que las regiones productoras tradicionales no solamente mantengan sino que aumenten sustancialmente sus exportaciones de pulpa y papel a aquellas regiones en desarrollo.

Al lado del problema de las cantidades actuales disponibles actúan el de las divisas y el de los balances comerciales, que constituyen en algunos países un fuerte incentivo para pensar en el propio abastecimiento. Este es un problema planteado en el Reino Unido durante los años de postguerra; en los años 1950, 1951 y 1952 fué causante del 13, 14 y 13 por ciento respectivamente del balance comercial adverso. La situación mejoró algo en 1953 pero aún se sigue importando pulpa y papel, aunque sólo hasta una cantidad límite de libras esterlinas. Esta experiencia la comparten hoy otros muchos países.

Lo anterior justifica en parte el gran esfuerzo efectuado para desarrollar nuevas fuentes de materias primas fibrosas y el gran interés con que comúnmente se consideran las posibilidades de producir celulosa de maderas duras y residuos agrícolas. De acuerdo con lo indicado por el anterior Jefe de la División de Pasta y Papel del Mutual Security Agency, en un artículo publicado en el Paper Trade Journal (4), el bagazo de la caña de azúcar reúne mayor número de

/condiciones para

condiciones para constituir una buena materia prima para celulosa que cualquier otra fibra agrícola. Sin embargo, añade este autor, hasta inmediatamente antes de la segunda guerra mundial los únicos intentos comerciales afortunados, dentro de una larga serie de tentativas para elaborar pasta de bagazo, los productos de mayor éxito fueron unas pocas fábricas de cartón para paredes y un cartón aislante (popularizado por Celotex).

Ciertamente, en América Latina también se han producido costosos fracasos. Sin embargo, en 1939, tres hechos muy interesantes, aunque aparentemente independientes se produjeron en el mundo. En el Perú, en ese año, la firma W. R. Grace inició los trabajos de la fábrica de papel más importante del país, empleando bagazo como materia prima principal. Esta fábrica ha continuado trabajando con éxito y produce un amplio surtido de papeles y cartones incluso una pequeña cantidad de papel de diario. No produce celulosa blanqueada en escala comercial pero ha hecho una importante contribución al demostrar que el bagazo se puede emplear con éxito, mediante la adición de celulosa de madera de fibras largas, en la fabricación de sacos de papel de pliegos múltiples. El procedimiento de elaboración, que es una modificación del procedimiento discontinuo a la soda, incluye pequeñas cantidades de azufre en la soda cáustica, lo cual le da algunas de las ventajas del procedimiento al sulfato.

También en 1939, la fábrica Tatu, cerca de Taichung, en Formosa, empezó a producir celulosa blanqueada de bagazo, después de largos trabajos experimentales y del funcionamiento de una planta piloto, realizados por los japoneses que estaban entonces en posesión de la isla. Un año después, comenzó a funcionar una fábrica más grande en Hsinying, Tainan. Ambas fábricas emplearon el procedimiento al sulfito ácido de magnesio, que se adoptaba relativamente bien, desde el punto de vista económico, a la magnesita proveniente de Manchuria y al azufre de Taipei. El procedimiento no produjo una celulosa blanqueada de alta calidad; no obstante, hasta que las fábricas quedaron fuera de servicio por los bombardeos aliados, se exportó en cantidad a Japón, China y

/países del

países del Pacífico Sur para aliviar la escasez de celulosa ocasionada por la guerra.

Después de la guerra, ambas fábricas se incorporaron a la Taiwan Pulp and Paper Corporation formada por los chinos. La elaboración de celulosa de bagazo no se ha reanudado en la fábrica Tatu; pero sí en la de Hsinying, cambiándose el procedimiento al sulfito ácido por el del sulfito neutro de sodio. Aunque se produjo un mejoramiento en la calidad de la celulosa, se están realizando gestiones para transformarla nuevamente y cambiar el procedimiento al sulfato.

De esta manera, aunque las fábricas de Taiwan fueron las primeras en producir celulosa blanqueada de bagazo en escala comercial, apenas puede decirse que gracias a ellas se ha hallado una solución satisfactoria al problema, solución que se logró, sin embargo, después del tercer acierto producido alrededor de esa época.

Como resultado de 5 años de trabajos realizados por la Compañía General de Tabacos de Filipinas y la Central Azucarera de Bais, la Compañía de Celulosa de Filipinas inició los trabajos, en febrero de 1941, de una fábrica con capacidad para 15 toneladas diarias de celulosa blanqueada de bagazo y papel fino, empleando el procedimiento soda-cloro continuo, conocido en la actualidad como el procedimiento Celdecor-Pomilio. Esta fábrica operó con éxito desde su comienzo y producía unas 1.500 toneladas de papel para billetes y acciones que vendía al Gobierno de Filipinas. A los pocos meses la invasión japonesa interrumpió la fabricación y no fué posible reiniciarla hasta abril de 1949. Desde esa fecha la fábrica ha continuado funcionando con éxito y en 1953 alcanzó su mayor cifra de producción de casi 5.000 toneladas de papel para billetes y acciones y 1.000 toneladas de cartón gris elaborado con la misma celulosa blanqueada.

Por lo tanto, se puede decir que esta fábrica ha hecho historia por haber sido la primera en producir celulosa blanqueada de bagazo para papeles finos con éxito y en forma económica sin cambiar su procedimiento básico. Ella misma produce sus productos químicos mediante electrolisis de la sal común y tiene un pequeño excedente de cloro que es absorbido por una planta de ácido clorhídrico.

/A mediados

A mediados de 1954 otras fábricas producirán también celulosa blanqueada de bagazo y empleando igualmente el procedimiento Celdecor-Pomilio, en India (Rohtas Industries Ltd., Dalmianagar, Bihar) y en Brasil (Fábrica de Cellulose e Papel "Piracicaba", Monte Alegre, Estado de Sao Paulo). Además, Celulosa Argentina S.A., la fábrica más antigua y más grande basada en el procedimiento Pomilio, es capaz de elaborar celulosa de bagazo y en realidad la ha hecho, a pesar de que su materia prima principal es la paja de cereales. Por lo tanto, en la actualidad producen celulosa blanqueada de bagazo cuatro fábricas. Otras dos se encuentran preparadas para iniciar la producción, una en Louisiana, Estados Unidos, que empleará un procedimiento desarrollado por la Valite Corporation y otra en México, basada en el método Celdecor-Pomilio.

Además de las ya señaladas, diversas fábricas producen semi pulpa no blanqueada para papeles corrientes y cartones en Argentina, Colombia, México y Perú (aparte de la fábrica de Grace). En Africa del Sur hay una que emplea digestores rotatorios y otra, la Ngoye Paper Mills (pty.) Ltd., Felixton, Natal, usa solamente la primera parte del sistema Celdecor-Pomilio para producir semi pulpa no blanqueada para papeles corrugados y cartones. Actualmente alrededor de una docena de fábricas de papel y celulosa operan con bagazo en varias partes del mundo, aparte de las que deberán iniciar su producción. Se puede afirmar por lo tanto, con toda seguridad, que el bagazo ya es una materia prima reconocida en cuanto a la fabricación de papel.

II

DISPONIBILIDAD DE BAGAZO

El contenido de azúcar y de fibra en la caña es muy variable, pero, como promedio del total mundial, puede decirse que cada uno de estos productos representa aproximadamente el 13 por ciento de la caña. Por lo tanto puede decirse, grosso modo, que el bagazo producido (base seco) en las fábricas con tachos al vacío es equivalente al tonelaje de azúcar cruda elaborada. En los lugares donde se emplean procedimientos agrícolas

/rudimentarios o

rudimentarios o en los cuales el contenido de azúcar de la caña es bajo debido a las condiciones de clima u otros factores, se producirá de preferencia mayor cantidad de bagazo seco que azúcar; de este modo, la proporción mundial término medio se considerará algo superior a 1:1.

Se ha estimado (5) que la producción mundial de azúcar de caña en 1953/54 fué de 25,25 millones de toneladas. Descontando unos 3,5 millones de toneladas de "gur" (azúcar no elaborada en fábricas con centrifugas) producida en la India, se obtiene un total de 2,75 millones de toneladas de azúcar, que equivaldrían aproximadamente a 22,5 millones de toneladas de bagazo seco, cifra que se asemeja a la estimada para 1951 de 22,7 millones de toneladas. Algo más del 50 por ciento de esta cantidad, que representa un recurso potencial enorme, se encuentra en América del Norte y del Sur y en el Caribe. Sin embargo, en los ingenios azucareros se emplea por lo general el bagazo para producir vapor utilizado en el proceso y generar energía, y en muchos casos el sistema térmico está diseñado para consumir la mayor cantidad posible de bagazo con el objeto de evitar las incomodidades y los gastos que ocasionarían otros métodos para eliminarlo. Opositores y partidarios de la elaboración de pulpa de bagazo tienen distintos puntos de vista para analizar el problema; unos mantienen que existen enormes cantidades disponibles de bagazo y otros, en cambio, insisten en que no hay en efecto un excedente, porque los ingenios azucareros lo necesitan para la producción de vapor y energía.

La experiencia de la firma Celdecor, al examinar este problema en varias partes del mundo, ha demostrado que en los lugares donde no existe por ahora un excedente a la vista, es posible con frecuencia habilitar los medios para liberar una cantidad suficiente de bagazo que permita abastecer una fábrica de celulosa de tamaño económico. Este asunto se discute detalladamente en otro trabajo, que se presenta también a esta reunión, preparado por Celdecor en colaboración con John Thompson Water Tube Boilers Ltd., quienes han adquirido mucha experiencia en el diseño y suministro de calderas y hornos para bagazo destinados a ingenios azucareros y en colaboración con proveedores británicos de plantas azucareras. (6)

/En los ingenios

En los ingenios azucareros, el grado de eficiencia en la producción de vapor y en el consumo varía mucho, La introducción de energía eléctrica ha afectado notablemente a la demanda de vapor y se pueden realizar varias economías de importancia mediante el mejor empleo del vapor así como mejorando la eficiencia en la generación de éste, asunto que se analiza en el trabajo a que se ha hecho referencia.

No es necesario repetir aquí los argumentos de dicho trabajo, pero sus conclusiones son que, en conjunto, el mejoramiento del rendimiento de la caldera y la mayor eficiencia en el empleo del vapor, pueden permitir a un ingenio azucarero economizar entre un tercio y un cuarto de su bagazo para destinarlo a la elaboración de celulosa.

Tal ingenio azucarero podría ser capaz, por lo tanto, de abastecer a una fábrica de papel y celulosa solamente con los excedentes de bagazo. Este es el caso de la Central de Bais en las Filipinas que suministra la totalidad del bagazo a una fábrica de 15 toneladas diarias de celulosa blanqueada. Por otra parte, se pueden reunir los excedentes de dos o tres ingenios para abastecer una fábrica de papel, como se hace en Formosa (aunque en este caso se quema también carbón pulverizado).

Si se considera que el tamaño económico mínimo de una fábrica de pasta corresponde a una producción de 20 toneladas diarias de celulosa secada al aire, las necesidades mínimas de bagazo (con una humedad de 45 por ciento) serán las siguientes (7):

<u>Tipo de celulosa</u>	<u>Cantidad de Bagazo</u> (45 por ciento de humedad)
Semipulpa para papeles corrugados, cartones, etc.	17.000
Semipulpa para envolturas, sacos de papel, etc.	20.000
Celulosa blanqueada para papeles finos (imprimir, escribir, etc.)	32.000

Si estas cantidades no se pueden obtener únicamente haciendo economías, conviene considerar la sustitución por otros combustibles en la siguiente forma (8):

/Cantidades

	<u>Cantidades comparativas de ^{1/} combustible para una misma cantidad de vapor</u>
1. Bagazo húmedo (45 por ciento de humedad)	1,0 (parrilla escalonada)
2. Carbones inferiores	0,33
3. Carbón término medio	0,27
4. Petróleo	0,175

III

ENFARDADO Y ALMACENAMIENTO

Costo del bagazo no enfardado

En el momento de empezar a trabajar la fábrica de bagazo en Rohtas, India, el costo del carbón de Bihar (que es de calidad inferior a la normal) era de 21 rupias por tonelada entregada, de modo que las tres toneladas de bagazo húmedo no enfardado liberadas por esta sustitución (véase párrafos anteriores) tenían un valor no mayor que 7 rupias por tonelada; esto equivalía a 11,25 rupias por tonelada en las condiciones que normalmente se entrega a las fábricas de celulosa, seco al aire después de enfardado y apilado (alrededor de 12 por ciento de humedad). El bambú al mismo tiempo costaba cerca de 70 rupias y el pasto de hojas de palmera Sabai más de 100 rupias por tonelada entregada. Sin embargo las 11,25 rupias no representan una cifra comparativa del costo de la materia prima para la fábrica de celulosa puesto que debe agregarse el valor del enfardado, almacenamiento y transporte.

Basándose en las cantidades indicadas en el cuadro anterior, el costo del bagazo húmedo y no enfardado para la fábrica de celulosa variará, por lo tanto, entre cero o un valor negativo, (considerando, por ejemplo, todas las economías que se derivan de no quemar los excedentes en un incinerador) y el costo del combustible de sustitución.

Frecuentemente se puede esperar que el costo del bagazo represente un valor intermedio entre ambos, pues probablemente el abastecimiento de la fábrica se compondrá en parte de excedentes y en parte de bagazo, para

^{1/} Tomando en cuenta el poder calorífico superior y la eficiencia normal de combustión.

/el cual

el cual se ha procurado un combustible sustitutivo.

En general, es ventajoso el cambio por un combustible de sustitución. Aparte del problema del aumento de la eficiencia de la caldera, tales combustibles son más manejables que el bagazo; permiten obtener economías cuando fluctúa la demanda de vapor de la fábrica de azúcar, ya que es posible, por ejemplo, adaptarse más fácilmente a esta demanda con petróleo que con bagazo. Las modernas calderas de hogar para bagazo del tipo Thompson-Eisner, se consideran como un gran adelanto en este sentido sobre los hornos antiguos, todavía de uso corriente.

Costo de enfiardado y de almacenamiento

Los costos de enfiardado del bagazo en el ingenio azucarero, de almacenamiento hasta que se seque y de transporte hasta la fábrica de celulosa deben agregarse a ese costo negativo, nulo o de sustitución del bagazo.

El Profesor Arthur Keller, en un artículo publicado en el Paper Trade Journal (9), estima que el costo en Louisiana, Estados Unidos, en 1950 para el enfiardado, apilado, cubrirlo en el terreno para secarlo y desapilarlo de nuevo en los camiones, es de 7,15 dólares por tonelada de fibra secada y desmedulada.

Comparándolos con otros costos en la India, Filipinas, etc., donde los salarios son por supuesto más bajos, se puede considerar que 6 dólares por tonelada de fibra secada desmedulada es una cifra razonable. Por lo tanto, si el ingenio azucarero se encuentra situado al lado de la fábrica de celulosa (como en Ngoye, Africa del Sur y en Kohtas, India) o próximo (como en Filipinas y en la fábrica "Piracicaba" en Brasil), el costo para la fábrica de celulosa, que será ligeramente superior al de esta cifra, podríamos estimarlo en 6 dólares por tonelada secada al aire con 12 por ciento de humedad. Como se ha indicado, este costo debe agregarse al del bagazo húmedo.

El tipo de enfiardador de alta presión que se emplea normalmente en las fábricas de pasta tiene una capacidad de cerca de 4.000 fardos de bagazo húmedo cada 24 horas (150 a 160 toneladas) y lo atiende un equipo de tres por turno. En general, tres de estos enfiardadores, que funcionan

/durante la

durante la estación de molienda, son suficientes para abastecer durante todo un año a una fábrica de 24 toneladas diarias de celulosa blanqueada de bagazo. Es conveniente disponer de una máquina de emergencia.

Amarrado. Cuando los fardos deben transportarse a una distancia considerable (operación, que, en general, debe evitarse) es necesario prensarlos fuertemente y amarrarlos con alambre muy bien galvanizado; un alambre deficiente puede destruirse en nueve meses de almacenamiento, mientras que uno de buena calidad soporta dos o, tal vez, tres temporadas. Cuando las amarras de alambre se corroen y se rompen, el bagazo suelto produce serios inconvenientes en los lugares de apilado y en el transporte. El valor del alambre puede considerarse como el rubro principal en el costo del enfardado.

Algunas veces no es fácil conseguir un alambre adecuado, por escasez de divisas, y deben aprovecharse las fibras que comúnmente crecen cerca o en las regiones azucareras, como el sisal, yute, abacá, etc., o también hierbas o paja; indudablemente será más barato hacerlo de esta manera, siempre que proporcionen un mínimo de seguridad en el transporte y en el manejo. Debe hacerse una pila de prueba para asegurarse de que la cuerda elegida tiene suficiente fuerza y resistencia a la putrefacción para durar todo el período del apilado. Podrá ser necesario hacer fardos más livianos que cuando se emplea alambre, pero el atado con cuerdas es más rápido.

Apilado. Desde la guerra, no hay noticias de que se haya incendiado ninguna pila de bagazo enfardado, ya sea espontáneamente o por otras razones. Es habitual el apilado con espacios de aire entre los fardos, para favorecer el secado. En Formosa se considera necesario espaciar los fardos con gran cuidado y hacer el apilado por secciones, dejando espacios de ventilación entre ellos. Por el contrario, en la fábrica de la India los fardos se apilan sin dejar ningún espacio entre ellos, a pesar de lo cual los fardos conservan un buen color, indicación que no se ha producido sobre calentamiento. Lo que es indudable que la magnitud del daño debido a un posible incendio por causas accidentales (chispas de locomotoras, cigarrillos, etc.) es mucho menor cuando los /fardos se

fardos se apilan apretadamente, pues el fuego se reduce al exterior de la pila. En una pila ventilada, como puede demostrarse por un experimento en pequeña escala, los espacios de ventilación actúan como chimeneas y sirven para propagar las llamas al resto del material. Es muy difícil controlar un incendio de este tipo.

Es imposible generalizar acerca del problema de cubrir las pilas, porque depende del costo relativo del bagazo, del material destinado a cubrirlo y de las condiciones climáticas. En Formosa, se cubre el bagazo con esteras; en Filipinas, se emplea una estructura semi permanente de andamios techados con palma y en la India, una cubierta permanente de cemento y asbesto sobre armaduras de acero. (Este último sistema no puede aplicarse en regiones donde se producen ciclones.) En otros lugares las pérdidas de bagazo en pilas no cubiertas pueden ser menores que los gastos para cubrirlas. En tales casos puede ser conveniente el empleo de bórax. (10) El objetivo debería ser, por supuesto, reducir la superficie de la pila, sobre todo en la parte superior, en relación al volumen, lo que requiere especial cuidado al apilar, pues puede ser arriesgado tratar de hacerlo con más de 35 fardos a lo alto, especialmente fardos atados con cuerdas, puesto que los fardos inferiores se deslizan con la presión.

En Brasil se ha comprobado que al mantenerse el apilado descubierto durante nueve meses se deterioran casi totalmente los fardos de la última fila y en los de la segunda, cerca de la mitad se pierde como bagazo suelto. Los fardos rotos representan alrededor del 5 por ciento de las pilas con una altura media de 30 fardos. En los costados, la descoloración debida a putrefacción penetra unos 20 a 30 centímetros al interior.

IV

ELABORACION DE PULPA DE BAGAZO

Separación del bagacillo

Una de las dificultades con que se tropezaba en la elaboración de pulpa de bagazo era el alto contenido de bagacillo del material, el cual puede llegar a representar hasta el 40 por ciento del total. Las fibras mismas de bagazo tienen por lo general una longitud entre 1 y 1,5 milímetros (en comparación con 3 a 4 milímetros del pino o del abeto), son fuertes y flexibles y poseen buenas propiedades afieltrantes; en cambio, el bagacillo está constituido por fibras muy cortas y sus propiedades afieltrantes son malas. Además, el bagacillo reduce la velocidad de drenaje en la máquina papelera, dificulta el trabajo de las prensas de fieltro, reduce la velocidad de fabricación de papel, altera el blanqueado y la apariencia general de la pulpa y aumenta el consumo de productos químicos.

Por otro lado, si fuera posible eliminar todo el bagacillo el rendimiento en pulpa sobre el peso del material original seco bajaría a una cifra algo inferior al 30 por ciento incluso considerando que se obtenga un 50 por ciento de rendimiento de fibra útil, que puede alcanzarse en la práctica. Sin embargo, para elaborar celulosa blanqueada para la manufactura de papeles finos, es necesario, en general, eliminar solamente algo más del 20 por ciento del bagacillo.

Se han elaborado pulpas de bagazo no blanqueadas para papeles corrugados y otros productos corrientes sin separar el bagacillo. Se recomienda, sin embargo, eliminar algo del bagacillo para fabricar papeles inferiores, aunque no necesariamente para cartón. Ello afectará al rendimiento en pequeña cuantía, pero el funcionamiento mejor de la máquina papelera y la calidad superior del producto justifican ampliamente, en opinión del autor, la eliminación de parte del bagacillo.

Recientemente se publicó en la prensa técnica la declaración sorprendente de que en cierto procedimiento para elaborar celulosa

/blanqueada no

blanqueada no sería necesario separar nada del bagacillo. Se supone que esta conclusión está basada solamente en trabajos de laboratorio y que se perdió parte del bagacillo en los lavados entre las distintas etapas de la elaboración. Esto puede suceder muy fácilmente, tanto en el laboratorio como en la práctica, si se usan, por ejemplo, lavadores de tambor; el bagacillo se pierde, naturalmente, igual que la fibra útil.

Un factor importante consiste en el empleo que se le puede dar al bagacillo separado. Se han desarrollado extensamente varias aplicaciones, entre las cuales la más conocida es la mezcla con melaza para preparar alimento para ganado. Algunos ingenios azucareros proyectan separar totalmente el bagacillo del bagazo por el empleo que podrían darle y sin considerar la elaboración de pulpa. Un uso relativamente sencillo y práctico consiste en quemarlo en una caldera de la fábrica, puesto que su poder calorífico es sólo algo menor que el del bagazo total.

Existen dos métodos para la separación del bagacillo, conocidos generalmente con las denominaciones de húmedo y seco. En el procedimiento húmedo, el bagazo suspendido en agua se agita vigorosamente para despegar el bagacillo, que luego se separa mediante tamices. Esta última operación puede ocasionar dificultades por el hecho de que las fibras de bagazo forman un medio filtrante fino. El bagazo y el bagacillo quedan saturados con agua y deben ser aprensados.

En cuanto al método seco, en las fábricas diseñadas por Celdecor, los fardos de bagazo seco se cargan en un desintegrador especial, seguido de otros dispositivos que permiten separar el bagacillo por tamizado y soplado de aire. Tiene la ventaja de que éste se obtiene seco al aire y puede emplearse directamente en la caldera de la fábrica.

Procedimientos para elaborar la pulpa

Como puede comprobarse en la bibliografía, existen numerosos procedimientos para elaborar pulpa de bagazo; sin embargo, en este trabajo se hacen sólo referencias a las experiencias industriales. Como ya se ha mencionado, funcionan fábricas que emplean los procedimientos

/al monosulfito

al monosulfito de sodio (Formosa), soda-cloro (Filipinas, India, Brasil y, en parte, Africa del Sur) y se supone que otras siguen el procedimiento a la soda, probablemente en una forma modificada.

Parece que no es necesario establecer un procedimiento especial para el bagazo; una vez eliminado el bagacillo reacciona de una manera similar a las pajas de cereales y, en general, puede decirse que un procedimiento satisfactorio para paja deberá serlo también para el bagazo, con la salvedad de que éste es más limitado en sus tolerancias.

Por otra parte, la corteza del bagazo es más difícil de digerir que la mayoría de las pajas cereales, en particular ciertas variedades que se cultivan precisamente por su corteza dura para evitar los daños ocasionados por las ratas o para prevenir que la caña destinada a abastecer un ingenio azucarero se emplee en los trapiches a mano.

Además, las condiciones del proceso no deben ser tan enérgicas como para fragmentar la gran cantidad de material celular presente en el bagazo. Las técnicas para elaborar pulpa de madera desarrolladas con el objeto de penetrar las astillas con los productos químicos no son, por cierto, necesarias e incluso contraproducentes, cuando se las emplea en materiales como la paja y el bagazo, cuyas estructuras son más asequibles. Sin embargo, el procedimiento al sulfato se ha usado con éxito para producir celulosa blanqueada de paja (como en la conocida fábrica "Phoenix" en Holanda) y, por lo tanto, parecería probable que pudiera emplearse igualmente con bagazo.

En este sentido, Olavi Perilä dió a conocer, en un artículo en el "Papper och Trä" (11), una investigación de laboratorio realizada con siete métodos para producir fácilmente celulosa blanqueada de bagazo con el mínimo de consumo de productos químicos. Los procedimientos al sulfato, Pomilio y al monosulfito de sodio resultaron los más adecuados; los resultados fueron los siguientes:

/CELULOSA BLANQUEADA

CELULOSA BLANQUEADA

<u>Procedimiento</u>	<u>Sulfato</u>	<u>Pomilio</u>	<u>Monosulfito de sodio</u>
Soda cáustica usada (gramo de Na ₂ O por kilógramo de pulpa)	430	275	175
Sulfito usado (gramos SO ₂ por kilógramo de pulpa)	-	-	165
Cloro usado (gramos de Cl ₂ por kilógramo de pulpa)	25	85	70
Rendimiento en pulpa por ciento	43	47	54
Resistencia de la pulpa:			
longitud de rompimiento	8.300	9.200	6.600
reventamiento	58	64	49

Se debe advertir, respecto a estos resultados comparativos de laboratorio, que conviene tener en cuenta que la pulpa producida por el procedimiento al monosulfito de sodio contiene, por lo general, 10 por ciento de ceniza y ca, por lo tanto, cifras artificiales de rendimiento.

En la práctica, es posible mantener el consumo de álcali y cloro en el método Celdecor-Pomilio dentro de las proporciones estequiométricas en que se producen por la electrolisis de la sal común.

Para una fábrica constituye una gran ventaja el producir sus propios productos químicos e independizarse, por lo tanto, de fuentes externas de abastecimiento, especialmente en los países que carecen de una industria química importante. Esta oportunidad se presenta en los que empleen el procedimiento Celdecor-Pomilio con el cual se utiliza soda cáustica y cloro no solamente en las proporciones sino también en las condiciones en que se producen en las celdas. Desde este punto de vista, es preferible al procedimiento al sulfito, a menos que haya cabida para los subproductos, ya que en él se produce un serio desequilibrio en las proporciones estequiométricas.

Lo mismo sucede con los procedimientos a la soda y al sulfato, a menos que se instale un recuperador para los productos químicos, que

/determinaría costos

determinaría costos de capital adicionales; aunque la recuperación presenta ventajas, ella sólo puede realizarse económicamente si la fábrica trabaja en gran escala, es decir unas 50 toneladas diarias de pulpa. De esta manera, el procedimiento Celdecor-Pomilio se prefiere a menudo donde adquiere gran importancia independizarse del abastecimiento de productos químicos.

No obstante, debe indicarse que una planta electrolítica que produce un exceso de productos químicos puede inducir a la creación de una industria subsidiaria, posibilidad bastante conocida, que ha quedado plenamente demostrada en Argentina, donde Celulosa Argentina produce álcalis, cloro, hipocloritos, cloratos, hidrógeno, amoníaco y fertilizantes, compuestos orgánicos clorados, etc. El exceso de cloro puede emplearse también para otros productos como insecticidas (Gammahexano o B.H.C.), tricloroetileno, cloroformo, ácido clorhídrico y los polvos de blanqueo más corrientes. Ello presupone inversiones adicionales de capital así como una supervisión especializada y un mercado adecuado, que no siempre se encuentran. De otro modo un exceso de cloro significará, por supuesto, un álcali más caro.

En conclusión, es difícil sostener que un determinado procedimiento es siempre mejor que otro; en gran parte depende de las condiciones locales como la disponibilidad de soda cáustica, de azufre, de sal común, la eliminación de los desechos, la posibilidad de poder elaborar madera o bambú en la misma planta, etc. Por otra parte, siempre se corre un riesgo al instalar una primera planta comercial basándose solamente en técnicas desarrolladas en laboratorio o incluso en instalaciones pilotos como lo han demostrado las pasadas experiencias.

Lo anterior ha podido comprobarse en el terreno de la producción de celulosa de dilución, en el cual se han producido costosos fracasos al tratar de fabricar celulosa para rayón con bagazo. Igual que con la paja, el contenido de pentosanos y de cenizas de la pulpa de bagazo es alto cuando se lo compara con la celulosa de madera normal. Considerando también la alta proporción de bagacillo que debe ser eliminada, el rendimiento total sobre el bagazo original por fuerza debe ser muy bajo,

/no como

no como consecuencia del procedimiento, sino de la naturaleza del material.

En este sentido se conocen algunos hechos relacionados con intentos similares realizados con paja. Los alemanes durante la guerra presionaron a la Dutch Euka Company, Algemene Kunstzijde Unie para que instalara una fábrica destinada a obtener celulosa para rayón a base de paja, porque creían que ellos tenían los conocimientos suficientes para hacer este tipo de celulosa. La planta se construyó en Alemania, pero, según informaciones en poder de Celdecor, el producto que parecía adecuado por los análisis no fué nunca aceptado por los fabricantes de rayón. Aunque posteriormente la A.K.U. llegó por su cuenta a resultados más halagadores, abandonó la idea y Celdecor la ayudó en la transformación de su fábrica incompleta para la producción de celulosa para papel.

Aun cuando puede fabricarse celulosa para disolver a partir de paja o bagazo, se cree que ello es difícil y que será necesario realizar todavía mayores experiencias de laboratorio y de plantas pilotos.

Papel para diarios

En cuanto al papel para diario, la situación no difiere mucho de la de la celulosa para rayón. Sin duda ambos pueden fabricarse a partir del bagazo, pero es muy incierto que sea económico o satisfactorio. Celdecor ha fabricado papel de diario con una alta proporción de bagazo que se ha empleado con éxito para imprimir ediciones especiales de periódicos (12). El problema reside en que el bagazo y la paja, que deben elaborarse mediante procedimientos químicos, se encuentran en abierta desventaja cuando se trata de elaborar un producto similar al papel de diarios normal, que contiene cerca de 85 por ciento de pasta mecánica; el procedimiento químico, con un rendimiento de cerca de 50 por ciento, deberá ser forzosamente más caro que el mecánico, cuyo rendimiento sobrepasa el 90 por ciento. En otros aspectos, como opacidad y absorción de tinta, el bagazo y la paja no resisten la comparación con la pasta mecánica para papel de diarios.

Esta opinión, que la comparten otros industriales (13), está en desacuerdo con el fallo del Informe Final del Subcomité especial al

/Congreso de

Congreso de los Estados Unidos de Septiembre de 1953 (14). Este estudio, basado en ciertos ensayos tratados en detalle en el Informe de Desarrollo ya mencionado, señala que "el bagazo es hoy una de las materias primas más promisorias para la fabricación de cantidades adicionales de papel de imprenta". Es notable que este informe diga también "Debe reconocerse que los experimentos del Departamento de Comercio fueron realizados en plantas pilotos y por lo tanto no significa necesariamente que se obtendrán los mismos resultados en operaciones comerciales regulares respecto a la manufactura e impresión". Es asimismo de interés la opinión del Secretario de Comercio Weeks contenida en una carta al Senador Kefauver sobre el tema del papel de diario de bagazo (15):

"Quisiera sin embargo señalar que, aunque el informe del Departamento de Comercio sobre el bagazo, redactado el año pasado, es favorable en el aspecto económico al bagazo como materia prima para el papel de diario, basándose en pruebas de laboratorio, existe la opinión, entre los que han efectuado experimentos durante años con este material, de que deberá desarrollarse mayor tecnología antes de que la pulpa de bagazo pueda competir, sobre una base comercial, con otras fibras en la elaboración de papel de diario."

El criterio de Celdecor sobre este asunto es que puede ser económico combinar la producción de cierta cantidad de papel de diarios con la de otros papeles y cartones en una fábrica de producción múltiple, cuando se presentan ciertas circunstancias especiales como los fletes difíciles desde las fuentes normales de suministro de papel de diarios, las tarifas elevadas de importación, la falta de divisas u otras razones de autoabastecimiento nacional. Es preferible recomendar la elaboración de pulpa de bagazo para los papeles y cartones en que ya se ha logrado éxito y destinar la madera y los recursos de divisas a la producción de celulosa para papel de diarios y para rayón, en las cuales el bagazo no es apropiado.

V

USOS Y PRODUCCION DE PULPA DE BAGAZO

Así como ha sucedido con la paja, es probable que las aplicaciones adecuadas de la pulpa de bagazo se desarrollen con la práctica. Conviene recalcar que la pulpa de bagazo debe ser conocida; no es como la celulosa de abeto o de pino del norte, que puede usarse para casi la totalidad de los productos de papel. Las propiedades de la pulpa de bagazo limitan el surtido de papeles que pueden elaborarse sin incorporar otras fibras, a los de resistencia moderada y que no son muy firmes. Dentro de éstos, los de mayor éxito en la calidad blanca son los papeles para escribir (en los cuales se puede emplear hasta 90 por ciento de bagazo) y, en la variedad café, los corrugados. Para la mayoría de los papeles de imprimir es necesario agregar algo más del 10 por ciento de otras fibras para darle suavidad. En cuanto a los papeles para bolsas y de envolver, deben agregarse fibras largas para otorgar resistencia al desgaste.

Mezclada con otras celulosas, la pulpa de bagazo tiene gran variedad de usos. Igual que la paja y el esparto, el bagazo posee también ciertas cualidades propias que lo hacen necesario en la fabricación de papel y no como simple sustituto con otras fibras. Su fibra, relativamente corta, puede aprovecharse ventajosamente, por ejemplo, para fabricar papeles finos con celulosa blanqueada; les da buena apariencia y resistencia, que solo puede obtenerse con celulosa de madera después de considerable batido o acortamiento de las fibras. Mezclando pulpa de bagazo con pulpa de madera se necesita un tiempo de batido inferior que con la madera, debido a las buenas propiedades del bagazo para formar pliegos. Las fibras pequeñas dan una hoja de papel firme particularmente adecuada para los papeles de escribir.

En Filipinas se ha hecho buen uso de tal propiedad, pues estos productos se mantienen en el mercado a pesar de la libre competencia de las grandes fábricas norteamericanas y de que la fábrica se encuentra en desventaja por su pequeño tamaño y por el precio artificialmente alto
/de la

de la sal para la electrolisis, debido a dificultades legales, que debería ser barato. Sin embargo, situada a lo largo del ingenio azucarero, produce buen papel con no menos de 90 por ciento de pulpa de bagazo y el resto con pulpa de madera o de recortes de papeles de contabilidad. Estos papeles poseen un buen color blanco sin agregados de titanio u otros pigmentos; son bastante fuertes, limpios y casi totalmente libres de las imperfecciones de la superficie ocasionadas por manchas de fibras no convertidas que se presentan como puntos débilmente brillantes en la superficie del papel.

Reviste gran importancia la eliminación de estos haces de fibras no convertidas, bastante conocidas por todos los productores de pulpas de residuos agrícolas. Proviene de la estructura heterogénea de las gramíneas a cuya familia pertenecen las pajas cereales, la caña de azúcar y el bambú. Los puntos desarrollados como nudos, brotes y puntas contienen partes que son más difíciles de digerir que el resto de la planta. El mismo problema se presenta con los nudos en la madera, pero éstos representan una proporción mucho menor del total y pueden en todo caso separarse antes de comenzar el tratamiento.

Este problema tiene tres soluciones: Una sería cocer o tratar químicamente la totalidad de la materia prima con fuerza suficiente para destruir las partes duras; con el peligro de que el resto, que constituye la mayor parte, quede sobrecozido y la consiguiente pérdida de rendimiento y de resistencia. Otra consistiría en separar las partes duras por tamizado y emplearlas en papeles inferiores; constituye un buen método cuando la fábrica es suficientemente grande para abastecer dos o más máquinas papeleras o donde se presentan otros medios ventajosos para aprovecharlos, lo que, en general, no es lo corriente. El tercer método consistiría en cocer correctamente toda la materia prima y después separar por tamizado las partes duras para volver a tratarlas por medios químicos. Esta es la modalidad de trabajo de las plantas Celdecor-Pomilio, excepto cuando existe la posibilidad de emplear los desechos en la fabricación de otros papeles, como se hace, por ejemplo, en la gran instalación de Celulosa Argentina.

/La fábrica

La fábrica de la India es la segunda planta Celdecor-Pomilio construída exclusivamente para producir pulpa de bagazo blanqueada. Se encuentra situada también a lo largo de un ingenio azucarero y pertenecen ambas a un mismo dueño. Después del éxito relativamente fácil de la empresa de Filipinas, esta fábrica, inesperadamente, tuvo dificultades que no se presentaron en aquella. Existía entonces la tendencia a creer que todos los bagazos eran iguales y que lo correcto en Filipinas debía resultar también en la India. Fue necesario dar mayor importancia al tipo de caña y a las características físicas del bagazo. En la India se habían introducido cañas muy duras para que no pudieran ser molidas por los trapiches a mano y se preparara la mezcla de azúcar y melaza denominada "gur". Este hecho tuvo lugar entre la terminación de los trabajos de laboratorio y la iniciación del servicio de la fábrica.

La caña dura exigió mayor consumo de soda cáustica en la cocción, lo cual trajo, posteriormente, un menor consumo de cloro. El balance químico se rompió y se presentó el problema del excedente de cloro. Las modificaciones de Celdecor solucionaron después estos problemas.

La fábrica produce principalmente cartones duplex y triplex y papel de seda para los cuales emplea pulpa de bambú, pasta mecánica de maderas duras de la India y recortes de papel de calidad inferior. La longitud de las fibras de bambú y de maderas duras no es mucho mayor que la del bagazo y por lo tanto no ayudan mucho a la formación de la hoja en las prensas de la máquina papelera; en este sentido, se ha encontrado que una pequeña proporción (5 a 7 por ciento) de fibras largas resulta beneficiosa al elaborar papeles con residuos agrícolas, como lo son el bagazo y la paja. Factor ya conocido por las experiencias realizadas en Filipinas; pero, pendiente de la explotación de los bosques de maderas blandas del Himalaya, la India carecía de celulosa de fibras largas. Sin embargo, la fábrica obtiene ahora resultados superiores a los de la planta de Filipinas.

La fábrica de Ngoye, que comenzó a trabajar el año pasado en Natal, Africa del Sur, fué la siguiente planta Celdecor de bagazo que entró en funciones. Un ingenio azucarero vecino que proporciona el bagazo es co-propietario de esta fábrica. Emplea solamente parte del procedimiento

/Celdecor-Pomilio

Celdecor-Pomilio para producir una semipulpa no blanqueada para elaborar papel en máquina Fourdrinier con una cuba. Este producto es un excelente corrugante que ha tenido gran aceptación en la Unión y ya se están haciendo planes para duplicar su capacidad.

La cuarta fábrica Celdecor-Pomilio y la tercera de pulpa de bagazo blanqueada ha sido construída en Brasil por la familia Morganti, del consorcio azucarero Refinadora Paulista, en uno de sus ingenios en el Estado de Sao Paulo.

Esta fábrica produce azúcar refinada; por lo tanto el consumo de vapor (y por consiguiente de bagazo) es mayor que el de una fábrica de azúcar cruda; hasta ahora gran parte del bagazo para la fábrica de papel se obtiene empleando petróleo como combustible de sustitución.

Tan grandes han sido las ventajas obtenidas al quemar petróleo que sería conveniente aumentar el empleo de este combustible; pero no lo permite el interés nacional. Como ya se ha dicho, la operación de una fábrica de azúcar se facilita considerablemente quemando petróleo porque es más fácil adaptarse a las fluctuaciones de la demanda de vapor.

A medida que sea posible se irá poniendo en práctica un plan para mejorar la eficiencia térmica. Tal vez el cambio más importante consiste en la fabricación en gran escala de alcohol para motores de combustión, por la ventaja del ahorro de vapor y, por lo tanto, de bagazo cuando el jugo se manda a la fermentación sin precalentarlo o evaporarlo. Además, a medida que las calderas se tornen anticuadas, deberán reemplazarse por calderas más eficientes equipadas con economizadores y precalentadores de aire.

Se espera que en este año se completará la instalación en Norteamérica de una nueva máquina papelera de diseño moderno con capacidad para 40 toneladas diarias, en la primera fábrica diseñada en América para fabricar papeles finos con bagazo. Es significativo que la iniciativa haya partido de un ingenio azucarero y no de una fábrica de papel. La fábrica produce sus propios productos químicos por electrolisis de sal y ha sido posible equiparar aproximadamente sus consumos internos de cloro y soda cáustica con la producción de su planta electrolítica. En México,

/no lejos

no lejos de la capital, deberá también iniciar sus operaciones una planta para elaborar celulosa blanqueada de bagazo; adquirirá el bagazo de los ingenios azucareros vecinos y venderá su celulosa a una fábrica de papel ya establecida. Esta fábrica, que también empleará el procedimiento Celdecor-Pomilio, se llamará Fábrica de Celulosa "El Pilar" y tendrá su propia planta electroquímica.

VI

CONCLUSIONES

Aunque resta mucho por hacerse en este terreno, se produce en la actualidad una variedad relativamente grande de papeles y cartones en una docena de fábricas instaladas en todo el mundo sin ninguna novedad especial y sin ningún secreto en lo que respecta a los procedimientos y técnicas de elaboración.

Puede esperarse mayor adelanto cuando se disponga en el mercado de una producción constante de pulpa de bagazo de primera clase, de suerte que cada productor tenga la oportunidad de conocer lo que todavía es para muchos un material nuevo de potencialidades desconocidas.

Si lo que ya ha sido ensayado y comprobado en la práctica se divulga enérgica y animosamente, es indudable que el bagazo puede aportar una participación importante en el abastecimiento de las naciones del mundo.

BIBLIOGRAFIA

1. "The Utilization of Sugar Cane Bagasse for Paper, Board, Plastics and Chemicals" (2nd Edition). Bibliografía compilada por Clarence J. West, the Institute of Paper Chemistry, Appleton, Wisconsin. The Sugar Research Foundation, New York, February 1952.
2. "Study of Newsprint Expansion", a Progress Report of the Department of Commerce to Subcommittee N° 5 of the Committee on the Judiciary, House of Representatives. U.S. Government Printing Office, Washington, 1952.
3. "Wood Pulp Industry of the World, Trends and Prospects" by Professor Thorsten Streyffert, Dean of the Royal School of Forestry, Stockholm. "World's Paper Trade Review" London 10.6.54.
4. "Utilization of Sugar Cane Bagasse in the Pulp and Paper Industry", Dr. Joseph E. Atchinson, Chief, Pulp and Paper Branch, Mutual Security Agency, Washington. "Paper Trade Journal", New York, 17.10.52.
5. "Sugar Crops of the World, Willet & Gray's Crop Estimates", Weekly Statistical Sugar Trade Journal", New York; 13.5.54.
6. "Saving of Bagasse for Paper Making - Thermal Considerations" conjuntamente por John Thompson Water Tube Boilers Ltd. y Cellulose Development Corporation, England y otros. Octubre 1954.
7. Parte del cuadro I del trabajo anterior.
8. Basado en el cuadro VII del trabajo anterior.
9. "Louisiana Sugar Cane Bagasse, Cost as a Raw Material" por Arthur G. Keller, Professor, Chemical Engineering, Louisiana State University. "Paper Trade Journal", New York, 2.5.52.
10. "Preserving Stored Bagasse", por D.W. Barnacle, Borax Consolidated Ltd. London. "World's Paper Trade Review", London, 23.7.53.
11. "Fine Paper Pulp from Bagasse", Olavi Perilä, "Papper Och Trä", Finland, 1953. 35 (2), 29.
12. "El Caribe", Ciudad Trujillo, República Dominicana, 26.11.52.
"La Nación", Ciudad Trujillo, República Dominicana, 27.11.52.

13. Ejemplos:

Dr. J.E. Atchinson, Former Chief, Pulp & Paper Branch, M.S.A. Washington, "Processes Available for Production of Pulp from Sugar Cane Bagasse", "Paper Trade Journal", New York, 20.6.52. Ver también 4.

Dr. S.I. Aronovsky, Pulp & Paper Section, Agricultural Residues Division, United States Department of Agriculture, en "Pulp & Paper Magazine of Canada", Octubre 1952.

/14. "The Newsprint

14. "The Newsprint Problem", Final Report of the Special Antitrust Subcommittee of the Committee on the Judiciary, House of Representatives. U.S. Government Printing Office, Washington, 1953.
15. "Secretary of Commerce answers Kefauver on Bagasse Newsprint", "Paper Trade Journal", New York, 16.10.53.

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..