

Estudios y Trabajos del Laboratorio de Industrias Agrícolas

La paja del lino como materia prima para la fabricación de la pasta de papel

POR H. VANDÉ VENNE, INGENIERO AGRÍCOLA

Catedrático de Tecnología agrícola

« Podemos llamar la atención sobre el problema industrial de la transformación, en media pasta para la papelería, de cantidades enormes de paja de lino que se pierden, ó más bien dicho, se queman en los países en que se cultiva esta planta solamente por su grano, como en los estados occidentales de Norte América....

De esta paja se puede obtener una media pasta de celulosa indudablemente capaz de ocupar un rango muy elevado como materia prima para la fabricación del papel. La utilización del lino en esta manera es actualmente el objeto de una nueva y seria empresa industrial, y el producto parece llamado á ser un recurso importante. »

C. F. CROSS Y E. J. BEVAN.

« Manuel du fabricant de papier ». 2.^a edición, página 173.

En la República del Uruguay, y en la vecina República Argentina, se cultiva el lino en muy gran escala—como lo veremos en adelante por estadísticas que hemos de citar—sacando como provecho el grano, y la paja en la medida en que esta última se emplea como combustible. La fibra no se aprovecha. El objeto de su utilización ha sido el tema de muchos estudios y hasta el presente, cosa extraña, no se ha considerado sino la posibilidad de elaborar una fibra textil. Ahora bien, en este sentido los estudios en cuestión han demostrado muy claramente que las condiciones económicas y cultivadoras actuales de la agricultura sudamericana hacen absolutamente imposible la producción de una fibra textil de lino.

Mucho dudo de que antes de medio siglo, esta república

disponga de una mano de obra suficientemente diligente y barata para poder emprender económicamente el enriado natural del lino, como consecuencia de un cultivo racional de variedades textiles, es decir, como consecuencia de la transformación del sistema de cultivo actual.

En efecto; hoy día no se cultivan variedades textiles de lino, y no se toma ninguna de las precauciones indispensables para obtener un tallo que produzca una buena hilaza. Se objetará que, en el caso en que la agricultura evolucione en el sentido de la producción de una buena paja, se podría enriar industrialmente. Estamos absolutamente de acuerdo con esta manera de razonar; pero por otra parte tenemos razones excelentes para creer que, mientras tal industria no se halle establecida, mientras no haya interesados para los buenos tallos de lino, dicha evolución no se producirá, y estamos convencidos de que no se encontrarán economistas dispuestos á arriesgar capitales en una industria para la cual no hay materia prima disponible.

El presente estudio es un ensayo para imprimir al asunto de la utilización de la paja de lino un nuevo rumbo; examinará si, económicamente, se podrá transformar la paja del lino en una pasta para la fabricación del papel, y, por consiguiente, utilizar con provecho las enormes cantidades de tallos, que la agricultura sudamericana quema ó abandona en los campos, y las que se podrían producir suplementariamente á la cosecha actual, sin gastos, sin cambiar de manera alguna sus *modis cultivalis*. Tratará de reunir este estudio los datos disponibles que permitan aclarar el importante asunto bajo sus diversos aspectos y logrará pòsiblemente encontrar suficientes razones para llegar á la conclusión de que sería necesario someter la cuestión á un estudio experimental definitivo.

La utilización de la fibra de lino cuenta con dos interesados principales: el agricultor, ó sea el productor de la materia prima, y el industrial. Suponiendo que la transformación del tallo del lino en pasta para el papel ofrezca un interés económico verdadero, su realización está exclusivamente subordinada—desde que la materia prima está disponible—á la

creación de la correspondiente industria. Esta se establecerá sin dificultad ya que el beneficio realizable es suficiente y suficientemente garantizado.

Abordaremos pues dicho estudio desde el punto de vista de las ventajas que ofrece la utilización de la fibra de lino, primero para la industria y en segundo lugar para la agricultura. Con este objeto entablaremos los cálculos que seguirán sobre un precio de la materia prima que no creemos del caso considerarlo como *máximum*.

EL PRECIO DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima es abundante.— Se cultivan en las repúblicas del Uruguay y Argentina, variedades de lino cuyo tallo alcanza en el momento de la cosecha, una altura variando desde 0.40 m. á 1 m. y más. Generalmente, en el momento de la cosecha, se cortan los tallos á cierta altura. Es claro que si el agricultor deseara cosechar la cantidad máxima de paja, le costaría poco cortarla lo más cerca posible al suelo. Si se corta á una cierta altura, no es solamente á causa de la preparación defectuosa del campo ó de la desigualdad de su superficie, sino también con el fin de disminuir la cantidad de paja que pasaría inútilmente por la trilladora. Además es evidente que si el agricultor pudiese vender la paja de lino á un precio remunerador, sembraría, en cualquier lugar donde las condiciones fuesen favorables, variedades de gran rendimiento en paja.

En Bélgica (1) se cosechan, por hectárea, 6.000 kilos de lino seco, dando 4.500 kilos de lino trillado, es decir, de hermosos tallos propios para enriamiento, más los granos, 700 kilos de paja menuda y cápsulas, y unos 200 kilos de residuos. El agricultor uruguayo *que se dedique á la producción de paja de lino*, cosechará fácilmente 3.000 kilos por hectárea de aquel producto. Actualmente, el promedio de la cosecha es bastante inferior á dicha cantidad, y á muchos cultivadores ni siquiera les sobra un exceso de paja después de la trilla. Aunque así sea, no cabe duda que un agricultor

(1) A. Damseaux. Manuel des Plantes de la Grande Culture.

prevenido se comprometería sin dificultad, por contrato, á proporcionar paja de lino á razón de 3.000 kilos por hectárea.

En todo caso, una industria, por más importante que fuese, se aseguraría fácilmente una cantidad suficiente de materia prima. En la República del Uruguay, más de 35.000 hectáreas están sembradas de lino. En la República Argentina el cultivo del lino ocupa más de medio millón de hectáreas. Evidentemente, no todos los campos son aptos, por razón de su ubicación, para aprovisionar con pocos gastos una fábrica de pasta para papel. En efecto, por razones que expondremos en otro lugar, la situación de ésta es una de las principales condiciones de su éxito.

Es casi indispensable que tal fábrica esté instalada á orillas de un río, ó del mar, donde sería directamente abordable por los buques, de suerte que sus transportes principales puedan efectuarse por agua. Los grandes ríos que desembocan en el estuario del Plata, y el mismo estuario ofrecen para una industria de este género situaciones excepcionales. Supongamos pues una instalación á orillas del gran río. En esas condiciones, todos los puntos regados por el Uruguay y sus afluentes, por el Paraná y sus tributarios navegables, por el mismo estuario, podrían contribuir, en condiciones favorables para la industria, al aprovisionamiento de ésta.

En la República del Uruguay, el cultivo del lino muestra incremento considerable. Según las estadísticas ⁽¹⁾ en 1892 se cultivaban 59 hectáreas de lino; en 1893 el doble, 887 hectáreas en 1894; 1367 hectáreas en 1898-99; en 1899-1900, 1.325 hectáreas; en 1900-1901, 4.002 hectáreas; en 1901-1902 11.191 hectáreas y en 1902-1903, 33.922 hectáreas.

Estas 33.922 hectáreas se reparten entre los diferentes departamentos del modo siguiente:

Departamento de Colonia.....	25.156
» del Salto.....	2.079
» de Soriano.....	3.404
» de Florida.....	1.071
» de Canelones.....	1.396 etc.

(¹) Anuario Estadístico de la República Oriental del Uruguay.

Varios entre aquellos departamentos, y precisamente Colonia y Soriano están situados en las condiciones más favorables para aprovisionar una fabrica de pasta de papel, ubicada conforme á los *desiderata* que expusimos.

En la vecina República Argentina y para no alejarnos demasiado de un centro, citaremos en la *provincia de Entre Ríos*, los departamentos de Paraná, Diamante, Victoria, Gualaguay, Gualaguaychú, Uruguay, Colón, La Paz, Concordia, Federación, situados sobre los ríos, cultivándose en ellos 75.000 hectáreas de lino; en el *Rosario de Santa Fe*, los departamentos de Constitución, Rosario, San Lorenzo, San Jerónimo, Iriondo, Garay, San Javier, La Capital, Las Colonias, regados por los ríos, y cultivándose en ellos 300.000 hectáreas de lino; en la *Provincia de Buenos Aires* en fin, los partidos de San Nicolás, Ramallo, San Pedro, Baradero, Zárate, Campana, Exaltación, La Plata, Magdalena, Pergamino, Bartolomé Mitre, San Antonio, San Andrés, Luján y General Rodríguez, cultivando ellos solos 126.000 hectáreas de lino. (1)

La paja de lino de esas diversas procedencias puede ser puesta, con gastos moderados, en el lugar de embarque, sobre el río, y transportada á la fábrica en lanchas, es decir, económicamente. Las comarcas mencionadas pueden, en cuanto se dediquen á cosechar paja, proporcionar fácilmente, las uruguayas 90.000 toneledas, las argentinas 2.000.000 de toneladas de materia prima, pudiendo la sola producción del Departamento de Colonia alimentar *varias fábricas de la mayor importancia*.

Cabría ahora examinar á *qué precio podría el cultivador vender la paja de lino*. Para él este producto no tiene otra importancia que para combustible, y sólo en la proporción en que puede utilizarla para ese fin. Examinemos cual es el valor de la paja como combustible. Su composición media es la siguiente: (2)

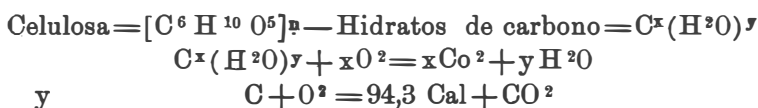
(1) • Investigación agrícola en la Provincia de Buenos Aires • por Ricardo Huergo, 1904.

(2) Wolff. Düngerlehre.

Agua	12 %
Cenizas	3 %
Substancias orgánicas.....	85 %

Estas últimas son esencialmente productos ternarios, celulosas, materias pécticas, etc.; contiene poca cantidad de materias grasas, y un poco de materia azoada (sólo las células de la corteza contienen protoplasma). Pero desde el punto de vista del presente cálculo podemos prescindir de esas substancias, á causa de su débil proporción.

Partiendo de las ecuaciones y fórmulas:



se calcula cómodamente que el valor de combustión de la paja de lino es intermediario entre 2.975 Cal. (considerándose toda la substancia orgánica como celulosa) y 2.669 Cal. (considerando la substancia orgánica como hidratos de carbono). Ahora bien, el valor de combustión del carbón de piedra oscila entre 9.000 y 9.600 Cal. Como se vé es tres veces mayor

Supongamos ahora que un cultivador coseche 3000 kilos de paja trillada por hectárea. Para trillar esta cosecha no ha necesitado 100 kilos de carbón; siendo el precio de este último 10 pesos los 1000 kilos, pongamos que llegado al campo su costo alcance \$ 1.50 los 100 kilos. El gasto de carbón para el trillado de una cosecha sería entonces de \$ 1.50 como *máximum*, porque tanto el gasto de carbón como su precio han sido avaluados muy alto.

A más del gasto de carbón, el agricultor que vende su paja de lino tendría que costear los gastos de transporte, hasta el lugar del embarque. Dicho transporte debería realizarse en la época en que los animales de tiro son disponibles, por ejemplo durante el invierno después de la época de la siembra. En la hipótesis de que las carretas puedan cargar 2000 kilos de paja, y que la distancia hasta el lugar del embarque sea tal que puedan hacerse dos viajes diarios, los gastos de

transporte no subirían de \$ 0.50 por 1000 kilos. En cambio si se puede hacer sólo un viaje diario, los gastos serán alrededor de un peso. Admitamos como término medio que el transporte de 3000 kilos de paja cueste \$ 2.00

Por hectárea ó por cada 3000 kilos de paja, el agricultor tendrá por consiguiente $\$ 1.50 + 2.00 = \$ 3.50$ de gastos como máximo. En las condiciones expuestas, creo que estaría dispuesto á vender los tallos de lino, puestos en el lugar del embarque, á razón de \$ 10 los 3000 kilos, precio que dejaría al productor un beneficio de \$ 6.50 por hectárea, (suponiendo siempre un rendimiento de 3000 kilos por hectárea que se podría fácilmente realizar) ó de la misma cantidad pero por 3000 kilos de paja.

Personas bien informadas é interesadas, me han declarado que en las condiciones referidas sería fácil tratar; y lo creemos, fundándonos en que compradores de paja de lino, en la República Argentina, pudieron allí proporcionársela á voluntad, á razón de \$ 1 oro los 1000 kilos, tomada en el campo. Se comprende que la industria realizaría compras por contrato con los productores, comprometiéndose éstos á proporcionar una cantidad determinada de materia prima. La industria tendría además interés en tratar preferiblemente con productores importantes que pudiesen facilitar una cantidad notable de materia prima. Por otra parte, el precio estipulado correspondería al tallo limpio, no conteniendo más que un cierto tanto por ciento de impurezas. En el sitio de embarque, el comprador haría controlar la mercadería, y no la admitiría sino respondiendo á las condiciones del contrato. Si toda la paja de lino, producida en las comarcas ya enumeradas, podría venderse en las condiciones expuestas, resultaría un beneficio anual suplementario de 3 hasta 4 millones de pesos oro para la agricultura platense, como minimum, y de 221.000 pesos para la agricultura uruguaya solamente, en el estado actual y primitivo de su desarrollo.

Examinaremos más adelante si la paja, á \$ 10 los 3000 kilos, puesta en el lugar del embarque, puede ser transformada económicamente en celulosa para la manufactura del papel.

ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA.—LA PAJA DE LINO
LA CELULOSA DEL LINO

Para comprender bien lo que á continuación ha de seguir, es menester hacer un somero estudio de la materia prima, de la paja de lino. Dicha paja está compuesta exclusivamente de la porción de la planta que se llama tallo, porque contrariamente á la práctica europea, aquí no se arranca la planta, se la corta.

En el momento de la trilla se separan con facilidad los desperdicios de las cápsulas. Los tallos aludidos, pasados por la trilladora son desmenuzados al extremo de que serían impropios para la enriadura. Están mezclados con impurezas y sobretodo con yuyos. Si las condiciones económicas lo permiten, el cultivador procedería ventajosamente á una entresaca en el momento de la trilla. De todas maneras el industrial tendrá que realizar esta operación pues no puede someter al trabajo industrial sino tallos ó fragmentos de tallos limpios.

Sobre una sección transversal del tallo, el microscopio nos permite distinguir, yendo hacia el centro, una epidermis que recubre la corteza, una capa de fibras ó sino haces de fibras rodeando el liber, y un cilindro central, madera y médula. Se dice generalmente que las fibras se hallan en la corteza. Eso es inexacto; las fibras son pericíclicas. Ahora bien, el periciclo pertenece á la stela ó cilindro central, y no á la corteza. En el cáñamo las fibras son corticales, aunque las haya pericíclicas. Si tratamos el corto con una solución de floroglucino en el ácido clorhídrico concentrado, el cilindro central—con excepción de la médula—se colorea de rojo vivo. Se colorea de amarillo cuando se lo trata por una solución de sulfato de anilina. (Empleo con éxito una solución de ácido sulfanílico.) Al mismo tiempo que el cilindro interior se colorean de rojo y de amarillo respectivamente las lamelillas intermediarias entre las fibras del esclerínquimo. Si tratamos ahora el corto por el magenta (ó fucsina) descoloreado por el ácido sulfúrico, observaremos que no sólo el ci-

lindro interno y las lamiillas intermediarias entre las fibras esclerosas, sino que también la corteza reacciona muy enérgicamente, coloreándose de rojo. Agreguemos que con el agua, el alcohol, la glicerina, la coloración de las laminillas intermediarias citadas, desaparece aunque sea producida por la floroglucina, la fucsina ó el ácido sulfanílico. Finalmente, si tratamos un corte por una solución de iodo en cloruro de zinc, obtenemos una muy buena preparación, cuya coloración es la siguiente: Las fibras: rojo pero bastante claro; el interior de las células de la primera camada: verde sucio; el cilindro central: amarillo oro; los vasos: verde sucio.

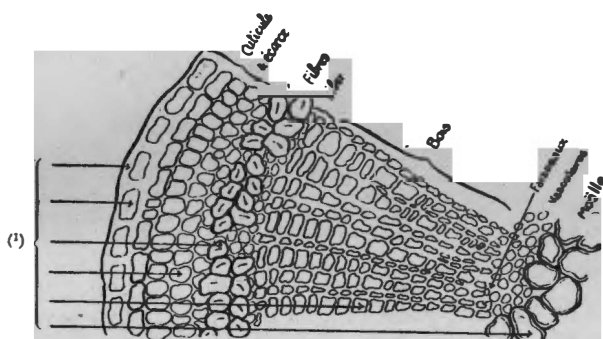


Fig. 1 — Corte transversal en un tallo del lino, según el natural por H. Vande Venne.

(1) Todas estas partes se colorean diversamente, tratando el corte por el iodo en solución de $ZnCl^2$.

Esas reacciones microquímicas nos revelarán la naturaleza de los elementos constituyentes del tallo de lino, como también resultará de las consideraciones que siguen, consideraciones relativas á la naturaleza química de las celulosas

Como tipo de la *celulosa*, se considera la del algodón. Tal como la produce la planta (envolviendo el grano) es casi pura. La fórmula empírica corresponde a $C^6H^{10}O^5$, la fórmula molecular es desconocida: $n C^6H^{10}O^5$. Esta celulosa es soluble en el cloruro de zinc, y en el cloruro de zinc adicionado de ácido clorhídrico. Es igualmente soluble en el óxido de cobre amoniacal, de cuyas dos soluciones se precipita al estado de *hidrato*. La celulosa del algodón resiste la acción de los ácidos diluidos, aun á temperaturas altas. Los ácidos media-

namente concentrados la hidrolizan, á la temperatura de ebullición. Los ácidos concentrados la hidrolizan con facilidad (sino combinándose con ellos forman éteres).

El ácido sulfúrico concentrado, actuando momentáneamente, la transforma en una modificación colóide, llamada *amiloide*, una *hidrocelulosa que el iodo colorea de azul* y he aquí la razón porque una solución de iodo en ácido sulfúrico concentrado colorea de azul la celulosa del algodón. Igual cosa acontece con una solución de iodo en cloruro de zinc. Según sea la concentración de dicha solución, el color varía del rojo pardo al azul. Ahora bien, vimos anteriormente que el corte tratado por la solución de iodo en el cloruro coloreaba de rojo pardo las fibras esclerenquimáticas. *Deducimos de allí que estas fibras están formadas por una celulosa semejante á la del algodón.*

La celulosa es muy resistente á la acción de los álcalis diluídos aún á temperaturas muy elevadas. Pero soluciones cuya concentración alcanza á 3 % la atacan en caliente. En cuanto la concentración es fuerte, hay formación de compuestos bien definidos é hidratación (mercerización). La celulosa del algodón posee igualmente una resistencia relativa á la acción de los oxidantes. Gracias á esta circunstancia puede blanquearse haciendo uso de agentes oxidantes que atacan las impurezas. Entre dichos agentes se halla el cloro en presencia del agua, ($H^2O + Cl = HCl + OH'$) y el hipoclorita de cal que oxida en un medio alcalino ($Ca Cl^2O = Ca Cl^2 + O$). Cuando la oxidación es enérgica la celulosa es atacada y entonces se produce una mezcla de sustancias diferentes que se le llama *oxixelulosa*, cuyos caracteres son: la solubilidad en los álcalis, en solución diluída y la propiedad de dar furfurool cuando hierve con ácido clorhídrico.

De todo lo que antecede, recordaremos sobre todo *que la celulosa pura del algodón, la celulosa propiamente dicha, es muy resistente á la acción de los álcalis y ácidos diluídos y á la acción de los oxidantes*, hasta el límite en que ella no exceda un cierto grado de energía, y *que manifiesta por consiguiente una cierta indiferencia en presencia de agentes hidrolizantes y oxidantes.*

Todas las propiedades de la celulosa de algodón son comunes á la celulosa de la fibra del lino. La celulosa del lino así como la del algodón, es una celulosa « propiamente dicha », caracterizada por una indiferencia relativa en presencia de agentes de hidrólisis y de oxidación. Es una celulosa de gran valor utilitario.

Aparte de las celulosas propiamente dichas (algodón, lino, cáñamo, ramio, etc.) hay celulosas que se caracterizan por una aptitud considerable á reaccionar. Son, por lo tanto, más ó menos fáciles de hidrolizar ú oxidar.

Divídense también las celulosas en los tres grupos siguientes: 1.º Celulosas propiamente dichas, semejantes á la del algodón, oponiendo una resistencia máxima á los factores de la hidrólisis y de la oxidación; 2.º Celulosas menos resistentes á los agentes enumerados (en cuya constitución química entran grupos cetónicos, grupos—CO—activos); 3.º Celulosas que se hidrolizan y se oxidan muy fácilmente. (1)

Los dos primeros grupos se llaman á menudo celulosas verdaderas, (son glycocelulosas—Ver von Lippmann. Die Zuckerarten, pág. 211). El último grupo es el de las hemicelulosas. Estas son muy solubles en las soluciones alcalinas diluidas.

Al primer grupo pertenecen la celulosa del algodón, del lino, del cáñamo, del ramio etc. Al segundo grupo pertenecen las celulosas que constituyen la masa principal del esqueleto de los fanerógamos, las que proceden de las maderas y de los tejidos leñificados, y las que provienen de las pajas de los cereales, del alfa, etc. Destiladas con tratamiento por el ácido clorhídrico, las primeras dan de 2 á 6 %, las últimas más de 12 % de furfuro. Producen las reacciones características de las aldeidas. Con la fenilhidrazina dan un fenilhidrazon, reaccionan con la fucsina descoloreada por el ácido sulfuroso (formación de productos de condensación) y son reductoras. Encierran por tanto grupos—CO—activos.

Consideremos la celulosa proveniente de los cereales (de la paja de trigo por ejemplo). En la hidrólisis esta celulosa produce de 60 á 70 % de celulosa común y 38 % de furóides.

(1) Cross y Bevan. *Manuel du fabricant de papier*, 2.ª edición, p. 55.

Estos furóides (1) tienen propiedades comunes á las pentosanas, pero con diferencias sin embargo. Ambos (furóides y pentosanas) dan furfurool, un hidrazón, reducen el líquido cupropótásico y otros, pero en cuanto las pentosanas reaccionan con la floroglucina, los furóides no reaccionan, ó bien de diferente manera. Estos últimos tienen propiedades que los aproximan más bien de las oxixelulosas, que hervidas con ácido clorhídrico producen igualmente furfurool. Si las celulosas procedentes de cereales encierran celulosa propiamente dicha y furóides, hay otras que encierran celulosa normal, furóides y *pentosanas*. Tales son las que provienen de la madera y de tejidos leñosos, y que combinadas con otras substancias forman, como lo veremos más adelante, las leñocelulosas. Es pues racional que dichas celulosas den las reacciones de las pentosanas y reaccionen con la floroglucina.

Las celulosas pertenecientes á los tres grupos anteriormente mencionados forman, en el reino vegetal, la parte principal de las CELULOSAS COMPUESTAS. Esta es la forma— casi exclusiva — bajo la cual se encuentra la celulosa en las plantas (exceptuando el algodón).

Ahora bien : estas celulosas compuestas pertenecen á tres grupos :

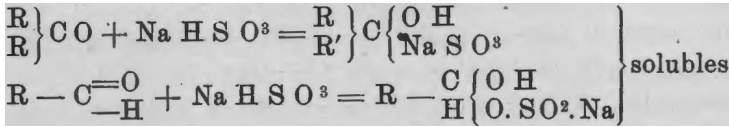
- Las leñocelulosas,
- Las pectocelulosas,
- Las cutocelulosas.

En el tratamiento industrial de las celulosas compuestas las sustancias pécticas de las pectocelulosas, y la cutosa de las cutocelulosas quedan eliminadas. Ni las pectocelulosas ni las cutocelulosas figuran pues como tales en el papel. Sucede lo contrario para las leñocelulosas que, como tales, se emplean en la fabricación del papel bajo forma de pastas mecánicas de madera. Pero dichas leñocelulosas sufren, en otros casos, un tratamiento químico que les sustrae la leña, es decir la materia componente.

Como tipo de una leñocelulosa citemos el yute: encierra, en primer lugar celulosa del segundo grupo (compuesta de

(1) Von Lippmann. Die Chemie der Zucherarten 3.^a edición pág. 47.

celulosa común, de furóides y de pentosanas) y en seguida leñina. Esta última, en presencia del cloro se transforma en cloruro de quinona, que es soluble en el sulfito de sodio. Pero la leñina es igualmente soluble en la soda cáustica en solución diluída, bajo la acción de una temperatura elevada. La disuelven también los sulfitos directamente, sin tratamiento previo por el cloro.



Sobre esos diversos principios descansan los diferentes tratamientos que la industria impone á las leñoscelulosas con el fin de preparar pastas químicas de madera. En efecto, la madera es la leñoscelulosa más común. Añadiremos todavía que las últimas se colorean de amarillo por las sales de anilina: sulfato, ácido sulfanílico etc.

Las *pectocelulosas* están representadas por la *fibra del lino*. Si se trata con sosa cáustica un hacesillo de fibras de lino, las fibras se separan una de otra; la sosa cáustica disolvió las sustancias que mantenía unidas las fibras, es decir la laminilla intermedia entre las fibras, *formada por substancias pécticas*. El tratamiento por las pecto-celulosas por la sosa deja, pues, una celulosa perteneciente al primer grupo.

Las *cuto-celulosas* pertenecen á los tejidos productores: hay dos tipos, el corcho y el tejido cuticular de las hojas, tallos etc. El corcho contiene 12 % de celulosa, que es fácil aislar. La suberina y la cutosa son dos substancias idénticas, ambos solubles en la sosa cáustica diluída en caliente. La celulosa que resulta después del tratamiento de las cuto-celulosas por la sosa *no es fibrosa*, y no ofrece interés alguno desde el punto de vista de la fabricación del papel.

Los preliminares que anteceden nos permiten formular las conclusiones siguientes:

- 1.º) La celulosa de lino posee un valor máximum desde el punto de vista de su inalterabilidad.
- 2.º) La celulosa de lino encierra cuto-celulosa, (la corteza

reacciona con la fucsina) pecto-celulosa, (las fibras reaccionan con el iodo en cloruro de zinc, las laminillas intermedias con los reactivos microquímicos citados y la safranina) y leño-celulosa (el cilindro interno).

Esto planteado ya determinaremos el tratamiento industrial al cual convendría someter el tallo de lino, con el fin de extraer la celulosa fibrosa para obtener una pasta para papel.

No es solo á causa de su inalterabilidad que la fibra de lino posee un valor muy grande, como materia prima para la fabricación del papel, sino por otras razones de orden técnico de las cuales no nos corresponde tratar aquí.

De un modo general debemos considerar la fibra de lino como el elemento de más elevado valor en la fabricación del papel. Esta fibra la suministran los trapos de tela. Y no cabe duda que mediante un tratamiento apropiado se podría obtener del tallo de lino una pasta de papel equivalente á la que suministran los buenos trapos de tela, pasta que sería buscada para la fabricación de los papeles finos.

Llámanse papeles finos, ó papeles de primera calidad ⁽¹⁾ los que se fabrican por medio de pastas provenientes de trapos de lino y de algodón. Los papeles fabricados mediante pastas químicas de paja y de madera son de segunda calidad. Aquellos que contienen pastas mecánicas de madera son de calidad inferior.

La pasta que se produce del tallo de lino, bien preparada y blanqueada, se emplearía pues en la fabricación de papeles de primera calidad, designados como sigue:

A. Papeles de escribir, clase de que la República del Uruguay importa anualmente 38.000 kilos, la República Argentina cerca de 1.700 toneladas. Se utiliza especialmente la pasta de lino en la preparación de papeles para documentos, en primer lugar por la buena conservación, la inalterabilidad, y de paso, la solidez, el hermoso aspecto, etc.; en los papeles de libros para contabilidad, que han de ser muy sólidos, muy uniformes y resistentes; en los papeles de cartas, en los papeles para máquinas de escribir, en los papeles para sobres

(1) Dr. Paul Klemm, Handbuch der Papierkunde 1904.

que no sólo han de ser muy sólidos sino también opacos, livianos, etc., en los papeles administrativos, en cierta medida en los papeles para cuadernos de escolares y finalmente en los papeles de música.

La pasta de lino no se emplea en la fabricación de papeles de imprenta, pero en cambio encuentra una aplicación considerable en la del papel de dibujo, del papel de culebrilla y aún en los papeles de cigarrillos.

Todos los papeles que acaban de enumerarse, en cuya preparación entra como base la pasta de lino se importan actualmente, en la República del Uruguay con un total de 367 (1) toneladas anuales, en la República Argentina con un total de 2.200 toneladas. Si la pasta de lino pudiera fabricarse económicamente en este país, la industria de los papeles finos no tardaría en crearse; *por otra parte las repúblicas platenses exportarían pasta de celulosa de lino, y abastecerían los mercados extranjeros*, en la misma manera que el Canadá y los países escandinavos son, en el mercado mundial, los principales abastecedores de pastas químicas y mecánicas de madera, por razón de la baratura de la materia prima en esas comarcas.

No abandonaremos este capítulo sin hacer notar que, á más de los papeles de escribir, de dibujar y de fumar, las Repúblicas Uruguay y Argentina importan:

República del Uruguay		República Argentina	
	Ton.		Ton.
Papel de estraza.....	83	Papel para suelas....	83
» » imprenta...	1.833	» » diarios....	6.000
» » embalaje....	93	» » embalaje..	497
» » sobres.....	57	» » imprenta..	1.414
Cartón.....		Cartón.....	4.588

La *mayor parte* de dicho papel podría fabricarse en los países citados pudiendo ellos suministrar *económicamente* una gran parte de la materia prima indispensable, y especialmente las papillas de paja de lino inferiores y otras de que hablaremos en adelante.

(1) Datos del Anuario Estadístico de 1903.

TRATAMIENTO INDUSTRIAL DEL TALLO DE LINO. — CÁLCULO
DEL COSTO DE LA PASTA DE LINO

Hemos visto que el tallo de lino encierra una pectacelulosa, una leño-celulosa y una cuto-celulosa, entre las que sólo la primera es de naturaleza fibrosa. Inspirándonos en las consideraciones que anteceden sobre las propiedades de las celulosas, simples y compuestas, vendremos á parar en el valor práctico de los tratamientos que en seguida detallamos. Se trata esencialmente de disolver las materias pécticas, muy solubles en la soda diluída, leñina y cutosa, esta última suficientemente soluble, la primera bastante resistente pero menos á la acción del cloro secundado por la del sulfito de cal, en solución por ejemplo.

PRIMER TRATAMIENTO.—Se somete la paja á la acción relativamente suave, de la sosa caústica, (solución al 3 %, cantidad alrededor del 5 % del peso de la paja, presión 2-3 atmósferas). Después de un prolijo lavado, se la somete á la acción del cloro gaseoso. Se la lava por segunda vez descolorando la papilla mediante el sulfito de cal. Puede entonces, si fuera necesario, sufrir un nuevo blanqueado. Este procedimiento, que ha de dar una pasta muy pura y buena á la vez, es talvez impracticable desde el punto de vista económico. Es cierto que podría importarse el cloro líquido. Pero aun tendría que comprar ó fabricar sulfitos; se harían necesarias muchas manipulaciones, etc., y una industria no es posible en las Repúblicas platenses—considerando la competencia extranjera—sólo si la materia prima es muy barata y la mano de obra reducida al minimum.

Doy á conocer dicho tratamiento para memoria, y paso al que sigue, no sin haber hecho notar, sin embargo, que desde el punto de vista técnico, es el único racional ya que deja intacta la fibra. En el siguiente tratamiento, en efecto, la solución de sosa (al sulfato) es tan concentrada que á una temperatura elevada ataca la celulosa.

SEGUNDO TRATAMIENTO.—La paja convenientemente preparada (ver más lejos) se la trata enérgicamente con soda

caústica: solución de 5-6 %; presión 3-4 atmósferas, talvez mayor; cantidad de sosa 10 % del peso de la paja.

Las correcciones que puedan sufrir los datos que acabamos de suministrar, solamente las puede determinar con exactitud la experiencia práctica; puede realizarse en el laboratorio. Con tal motivo hemos imaginado y dibujado un digestor de experiencias, en cuyo interior podrían tratarse varios kilos de materias primas, exactamente como ha de obrarse en gran escala. La descripción del aparato se dará en otra ocasión. A más del digestor es necesario una pequeña caldera que provea de vapor bajo presión.

Con el fin de justificar los datos indicados arriba, haré notar:

1.º Que el tallo de lino contiene proporcionalmente menos liñona que la madera; se la disolverá, pues, en menos cantidad de sosa que cuando se trata la madera.

Si para ésta emplean 20 % de sosa cáustica al 60 % es posible que 10 % sea bastante para el tallo del lino.

2.º Que la experiencia ha de establecer que concentración conviene dar á la lejía destinada al tratamiento del tallo del lino. Para la madera se puede llegar á 12 y una á 14º Bº (8—9.42 %). Es muy probable que para el tallo de lino una concentración semejante es inútil, lo que ofrece grandes ventajas desde el punto de vista de la celulosa fabricada.

3.º Que por otra parte, es posible que la presión tenga que exceder la que hemos supuesto.

Para que nuestros cálculos ulteriores no sean inferiores á la realidad, supondremos que 1.000 kilos de paja de lino exigen en el tratamiento industrial 12 % de sosa cáustica (al 60 % Na²O) actuando en solución concentrada al 5-6 %, durante 3-4 horas bajo una presión de 4 á 5 atmósferas.

Después de este tratamiento se lavará la masa cocida y según el uso que se haga de la celulosa se la blanqueará ó no. El blanqueo puede realizarse por el cloruro de cal; sin embargo si se pudiera disponer de una fuerza hidráulica, el blanqueo eléctrico debería preferirse en un país donde los productos químicos y la mano de obra son caros.

4.000 kilos de tallos de lino, tratados convenientemente y lavados perfectamente, producirán 1.000 kilos de celulosa que exigirán en el blanqueo alrededor de 10 % de cloruro de cal. Consideramos que esta celulosa se blanquea más fácilmente que la madera y la paja, y más difícilmente que los trapos. En dichas condiciones, la proporción de 10 % es ciertamente bastante. Creemos aún, que en el caso de la fibra de lino, será muy ventajoso de hacer el blanqueo más enérgico por la adición en el baño, de ácido sulfúrico en solución muy diluida. 10 kilos de ácido sulfúrico concentrado serán probablemente suficientes para dicho efecto. (1)

Un lavado muy completo debe seguirse al blanqueo.

Los precedentes datos, refiriéndose al blanqueo, pueden controlarse fácilmente en el laboratorio, desde que se dispone de una deshilachadora de experiencias, pudiendo contener de 3 á 4 kilos de celulosa, pesada seca.

Según las consideraciones que preceden la preparación de 1.000 kilogramos de celulosa de lino exige:

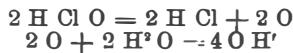
Blanqueada	No blanqueada
4.000 k. de paja de lino	4.000 k. de paja de lino
500 » sosa sulfatada	500 » sosa sulfatada
100 » cloruro de cal	
10 » ácido sulfúrico	

Más adelante volveremos á emplear estos datos.

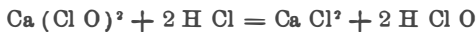
(1) Si se añade un ácido, en solución muy diluida y evitando un exceso, dicho ácido actúa sobre el hipoclorito de cal dejando en libertad ácido hipoclorórico.



El ácido hipoclorórico oxida del modo siguiente:



El ácido clorhídrico producido actúa sobre una nueva cantidad de cloruro de cal.



Como se ve, una molécula de hipoclorito de calcio suministra 4 iones oxidrilos, que son los agentes de la oxidación.

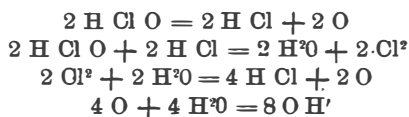
Si contrariamente, se añade á la solución blanqueadora, ácido en so-

Antes de emprender cálculos, vamos á entrar en algunos detalles referentes al *trabajo industrial*.

Cualquiera que sea el tratamiento al que se someta la paja con el objeto de extraer la celulosa de fibras, debe ante todo á su llegada á la fábrica, escogerse, cortarse en fragmentos de 3-4 cm. p. ej. y purificarse. — De esta manera habrá un residuo evidentemente muy variable según la clase de la paja de lino, procedencia, condiciones en que se ha cosechado, etc.— El cortado se efectúa fácilmente por máquinas de cortar ad hoc. Finalmente los fragmentos se envasan por sopladora, en depósitos construídos especialmente al efecto, de paredes de tela metálica, dejando escapar el polvo, conservando los fragmentos de paja, al paso que los objetos pesados habrán quedado en el trayecto. De vez en cuando se quitará de los depósitos la paja cortada y limpia, para llevarla á otros depósitos colocados arriba de los digestores.

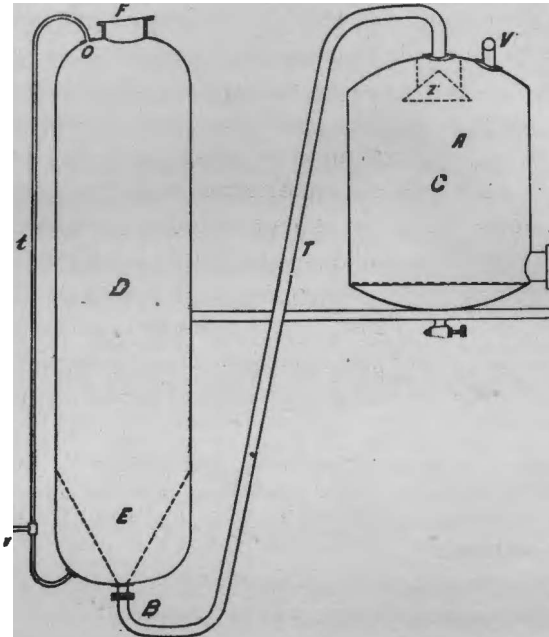
Todo este trabajo preparatorio eleva el precio del valor líquido de la materia prima, cuyo costo estimaremos en 5 kilos los $\frac{\text{‰}}{\text{‰}}$ kilos, pronta para el cocido. (Comprada en \$ 3.30 los $\frac{\text{‰}}{\text{‰}}$ kilos, al lugar del embarque, costará \$ 3.89 llegada á

lución concentrada, y en exceso, descompone enteramente el hipoclorito de cal, de tal modo que el ácido clorhídrico que proviene de la descomposición del último no actúa ya sobre el hipoclorito de cal, sino sobre el ácido hipoclorico:



En el primer caso, la descomposición de 2 moléculas de ácido hipoclorico *da lugar* á la producción de 4 iones oxidrilos; en el segundo caso a 8 iones. La reacción es mucho más rápida, la concentración de los iones oxidrilos mucho más considerable, su acción más enérgica y el blanqueo demasiado intenso. La celulosa queda entonces atacada, «quemada» como se dice en la técnica. Hemos explicado anteriormente que bajo una acción oxidante muy enérgica la celulosa se transforma en oxixelulosas que se caracterizan, por la presencia de grupos—CO—activos; reaccionan pues con los colorantes básicos. *Así se explica porque la celulosa quemada se colorea p. ej. por el azul de metileno (solución 1 ‰)*

la fábrica, si admitimos que los gastos de transporte por agua, no son superiores á \$ 0.50 por ‰ kilos. Las manipulaciones y residuos aumentan el costo de \$ 1-2 por ‰ kilos.) En seguida se cuece la paja, operación que se realiza en grandes calderas, de construcción especial, *que funcionan proyectando la lejía*, y calentadas al vapor. El dibujo adjunto representa — según Th. Knösel, ⁽¹⁾ salvo modificación de



dimensiones proporcionales—la forma que actualmente se da á una caldera de proyección de grandes dimensiones, que convendría para el tratamiento de la paja de lino.

Dicha caldera D está provista en su fondo de un embudo perforado, sobre el cual se halla la masa dejando pasar la lejía. Esta última después de atravesar la paja, se reúne en el fondo de la caldera de donde es llevada nuevamente en C del modo que explicaremos describiendo el funcionamiento del digester de experiencias, descripción que daremos próxi-

(1) Max Schubert. Die Cellulose Fabrikation.

mamente. En el digestor la lejía circula continuamente. La caldera D lleva aparatos accesorios que no se hallan representados en el dibujo. En B el tubo de descarga está provisto de una llave mediante la cual la caldera puede ponerse en comunicación con el cilindro de vaciar C. Concluída la cocción, el contenido de la caldera se trasvasa á dicho cilindro bajo presión de vapor. Una fábrica debe poseer varios cilindros unidos entre sí según el principio de Schank; de ese modo puede lavarse muy completamente la celulosa y de paso recuperar casi por completo la lejía utilizada en el cocimiento. Dicha lejía se la trabaja en seguida en vista de la recuperación de la sosa, como veremos más adelante. El cilindro mencionado arriba, de 12 metros de altura y 3 de diámetro, debe considerárselo como muy grande. Los elementos para determinar el volumen que han de tener las calderas son las siguientes:

1.º Volumen que ocupa 100 kilos de paja de lino; 2.º Concentración conveniente de las lejías; 3.º Cantidad de lejía que absorbe la paja picada. Además, es menester dejar espacio en la caldera para el agua de condensación que proviene del vapor.

Supongamos que los 100 kilogramos de paja de lino cortada ocupan 1 m³ de volumen. Para obtener 1000 kilogramos de celulosa son necesarios 4000 kilogramos de paja de lino que ocupan 40 m³ de volumen. A más se necesitan 450 kilogramos de sosa caústica en solución de 5 á 6 %. En estas condiciones, una caldera que por cada colado suministrará 100 kilos de celulosa seca, tendría un volumen máximo de 50 m³. Se la daría una altura de 7 metros y un diámetro de 3 metros.

Recuperación de la sosa. Acabamos de decir que en la fabricación de la pasta para papel, se evita en la medida de lo posible que haya pérdida de lejía. Esta se recoge, así como las aguas del lavado y se las trabaja con el fin de recuperar la soda. En una fábrica bien dirigida se recupera el 90 % del Na²O originalmente utilizado en el cocimiento.

Para nuestro estudio es un punto importante calcular el precio del valor líquido de la sosa recuperada en las condi-

ciones económicas de las Repúblicas Uruguay y Argentina y en seguida el valor líquido de 100 kilos de sosa, empleada bajo forma de lejía. Antes de abordar dichos cálculos debemos hacer notar que actualmente no se emplea soda cáustica exclusivamente para el cocido de materias primas sino *soda sulfatada*.

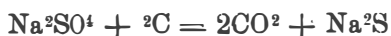
Expliquémonos.

Supongamos que hayamos preparado una lejía de soda cáustica, caustificando una solución de carbonato de soda según la ecuación



y separando mediante un sifón la solución clara después de formarse el depósito de carbonato. Si utilizamos en el cocimiento la lejía de hidrato de sodio, ésta solubiliza las sustancias orgánicas susceptibles de ser atacadas, merced á la formación de compuestos orgánicos del sodio. Después del cocimiento la lejía y las aguas de lavado encierran pues dichos compuestos.

Evaporando los líquidos y calcinando el residuo de la evaporación los compuestos orgánicos de sodio se transforman en carbonato de sodio. De esa manera se recupera 90 % del Na^2CO^3 empleado en el comienzo de la operación. Sería menester, ahora, añadir á la soda recuperada el 10 % de Na^2O perdido durante el cocimiento. Ahora bien, no se añade la soda al estado de carbonato de sodio sino al de sulfato de sodio. Se trata por la cal la mezcla, y en el segundo colado se emplea por consiguiente una mezcla de NaOH y de NaSO^4 . Después del cocimiento la lejía enviada á los hornos contendrá compuestos orgánicos de soda y de sulfato de soda: pero, durante la calcinación del residuo de la evaporación el carbono que se forma actúa sobre el sulfato de soda y por causa de la alta temperatura que rige en el horno lo reduce:



La soda recuperada del modo que acabamos de indicar

(¹) Th. Könsel. en Max Schubert. Die Cellulose Fabrikation.

contiene alrededor de 16.5 % de Na_2S , 83 % de Na_2CO_3 y 0.5 % de FeS . (1)

Antes de la caustificación se añadirá el Na_2O perdido en la fabricación (10 %) en la forma de sulfato de sodio. Finalmente la lejía sulfatada contiene hidrato, sulfuro y sulfato de sodio, y la sosa recuperada tendrá siempre la composición indicada.

El método de cocción por la soda sulfatada ofrece ventajas que no es oportuno discutir aquí: Hagamos notar sin embargo que es más económico que el método por la sosa cáustica, ya que el sulfato de sodio es menos caro que el carbonato.

La evaporación y la calcinación de las aguas cáusticas puede hacerse en el horno de Porión. Para recuperar 750 kilos de soda, dicho horno gasta 1.000 kilos de carbón.

Mencionemos que Enderlein modificó ventajosamente el horno de Porión, haciéndolo funcionar más económicamente. 1000 kilos de soda recuperada por el horno de Porión exigirían un gasto de \$ 12.50 en carbón, más \$ 6 para mano de obra, ó sea un total de \$ 18.50. Empleando un horno de Porión, modificado, la recuperación de la soda representa por 1.000 kilos de celulosa seca, un gasto de 600-700 kilos de carbón. En Sud América, donde el carbón y la mano de obra son caros, el empleo de un evaporador da triple efecto, en reemplazo del horno de Porion, permite realizar en la recuperación de la soda, una economía de 50 % por lo menos. En estas condiciones 1000 kig. de soda *recuperada costarian 9 \$ 25 ó sea alrededor de 50 francos*. Teniendo esta soda la composición ya indicada y representando el 90 % de la sosa empleada al comienzo de la operación, es necesario añadirle 10 % de Na_2CO_3 perdido, añadidura que, como dijimos, se verifica en la forma de Na_2SO_4 en la proporción de 50:75. Era menester añadir 121 kilos Na_2CO_3 , se añadirán pues 166 kilos de Na_2SO_4 . Entonces tendremos mezclados

830	kilos	de	carbonato	de	sodio
165	»	»	sulfuro	»	»
166	»	»	sulfato	»	»
5	»	»	impurezas.		

Para caustificar los 830 kilos, son necesarios 498 kilos de cal. Finalmente la operación exige un gasto de carbón y de mano de obra que avaluamos en 4 kilos. 830 kilos de soda han de suministrar 626 kilos de hidrato de sodio. La lejía caustificada contendrá pues

626 kilos de soda cáustica.....	=	407 kilos Na ² O
165 » » sulfuro de sodio	=	130 » »
166 » » sulfato de sodio	=	72 » »
5 » » impurezas		

962 kilos de sustancias diversas, actuando técnicamente como 609 kilos Na²O ó sea como 1015 kilos de soda al 60 % Na²O.

Los 1015 kilos exigidos <i>para la recuperación</i> entre carbón y mano de obra.....	50.00 francos
Caustificación { 498 k. de cal á 12 k.....	32.86 »
{ Carbón y mano de obra \$ 4.	20.00 »
	102.86 francos
Sulfato de sodio 166 k. á 115 frs. . .	19.09 »
	121.95 francos

1000 kilos de sosa sulfatada, tal como la empleamos en la fabricación (60 %) cuestan entonces, en números redondos, 120 francos.

(Observación: Concebimos que no hay necesidad de caustificar completamente, es decir, hasta transformación completa del Na²CO³ en Na(OH)². Una parte de la soda actúa con la misma energía que el hidrato de sodio. En un país donde la cal es tan exageradamente cara como en la República del Uruguay, esta cuestión ofrece importancia.)

Es inútil el detenernos en los detalles de la operación del blanqueo que necesariamente será especial para la paja de lino. Solo añadiremos que, suponiendo:

1.º) Que las calderas reciban cada vez una carga de 4.000 kilos de paja.

2.º) Que cada una de dichas calderas pueda funcionar 4 veces por día (de 24 horas).

3.º) Que la fábrica se halla provista de 4 calderas por lo menos. Se necesitarán para ejecutar la carga, la cocción, la preparación de las lejías (cubaje etc.) y el lavado de las celulosas en los cilindros de vaciar, 4 hombres de día y 4 hombres de noche. Para mayor comodidad, supongamos 12 hombres divididos en tres turnos y trabajando cada turno 8 horas. Si el jornal es de 1 \$ 50, tendremos $8 \times 1.50 = 12,00$ \$ para 16.000 kilos de celulosa seca, ó sea un gasto de 0 \$ 75 por 1000 kilos. El gasto del carbón está comprendido en la cantidad total indicada más adelante.

1.000 kilos de celulosa cocida y agotada (en el cilindro de vaciar) costará pues

4.000 kilos de paja picada y limpiada á		
\$ 5.50.....	110.00	francos
480 kilos de soda al sulfato 120 francos..	57.60	»
Mano de obra \$ 0.75.....	3.75	»
Total	171.35	»

Lavado. — Después de la cocción y del agotamiento en los cilindros de vaciar, la celulosa sufre un lavado en las lavadoras-deshiladoras; dicha operación es corta en consideración del agotamiento previo. — No ha de durar más de media hora; admitamos dos horas entre la carga y la descarga. Cada lavadora podrá recibir 1.000 kilos de celulosa pensada seca, y lavar en 24 horas 1.200 kilos de celulosa seca. Una fábrica que tenga 4 calderas instalará dos lava-deshiladoras que, en 24 horas, 3 hombres pueden cuidar, cargar y descargar (un hombre cuida á la vez 4 lavadoras). El lavado costará entonces \$ 4.50 por 16.000 kilos de celulosa pensada seca, ó sea, 22.50 francos, ó sea frs. 1.40 por 1.000 kilos. La celulosa lavada, pero sin blanquear, costará entonces $171.35 + 1.40 = 172.75$ francos por tonelada.

Hay todavía que agregar ahora los gastos de desecación hasta la proporción de 50 % de agua, si se tratara de celulosa que se utiliza en el país y de 10 á 12 % si se tratara de celulosa para exportar. Estimaremos los gastos de mano de obra en 3 francos por 1.000 kilos de celulosa seca.

En lo que concierne el gasto de carbón haremos notar que

para la fabricación de pasta de madera, empleando la soda, se cuentan por 1.000 kilos de celulosa, 3.000 kilos de carbón para la marcha entera de la fábrica. Para la fabricación de la celulosa al sulfito se cuenta 1 $\frac{1}{4}$ tonelada por cada tonelada de celulosa. Ahora bien, la preparación de la celulosa partiendo de la paja de lino es bastante comparable, desde el punto de vista de su rendimiento, á la fabricación de la celulosa química de madera. Por ejemplo, 650 kilos de madera bruta de pino, pierden quitando la corteza, alrededor de 150 kilogramos y quedan 500 kilogramos de madera húmeda suministrando aproximadamente 100 kilogramos de celulosa, siendo el rendimiento de la madera húmeda de un 20 %.

Pero, mientras que la madera sufre presiones que varían hasta 10 atmósferas, es probable que el tallo de lino pueda tratarse á 6 atmósferas máximum.

El gasto de carbón, descontando el que exigió la recuperación y que ya ha sido tomado en cuenta, no pasará probablemente de 1.500 kilogramos por 1.000 de celulosa pensada seca.

Una tonelada de celulosa seca costaba...	172.75	francos
Prensada y secada	3.00	»
Gastos de carbón 1.500 kilos en \$ 8. (1)...	<u>60.00</u>	»
Total.....	235.75	»

Esta pasta blanqueada, constituiría como ya lo dijimos, una materia prima de clase superior, para la preparación del papel fino.

Vamos á estudiar ahora lo referente al *blanqueo*.

La materia sometida al blanqueo costaría pues 235,75 francos los 1.000 kilos, porque ya que se la blanquee ó no, el tratamiento previo, comprendida la substración del agua, es idéntico.

No pretendemos que sea indispensable que la celulosa atraviese la prensa de pasta. La cuestión de saber si la ope-

(1) Una fábrica de celulosa, que gasta una cantidad considerable de combustible, puede fácilmente aprovisionarse de carbón, al precio líquido de 40 francos los 1.000 kilos.

ración es ventajosa, ó si más conviene quitarle el exceso de agua en la deshiladora, depende de la disposición de la misma. Es necesario en todo caso, instalarla de modo que la celulosa, pronta para el blanqueo, corra por sí solo á la blanqueadora, ó se consiga trasvasarla al último aparato con poco gasto.

La operación del blanqueo es bastante larga, pues entre la carga, la descarga y el lavado que sigue al blanqueo, se invierten 5 horas. Pueden realizarse por consiguiente 4 á 5 operaciones diarias, ó sea blanquear 5.000 kilos de celulosa por blanqueadora. Un hombre puede cuidar cuatro máquinas; 3 hombres alcanzan para blanquear 20.000 kilos de celulosa por día, siendo necesarios otros para la preparación de las lejías. Las últimas se preparan del modo siguiente: se disuelve el cloruro de cal en agua fría, introduciendo la materia conjuntamente con piedras para desmenuzarla en un cilindro rotativo perforado, que rueda dentro del agua. La solución enturbiada se recoge en un depósito donde se decanta; mediante un sifón se quita la solución clara, teniendo la guardada hasta el momento de usarla, siendo el residuo recogido y agotado sobre un filtro. Hemos dicho que para blanquear 1.000 kilos de celulosa se necesitan mil kilos de cloruro de calcio, disuelto en 2 m³ de agua.

El cloruro de calcio *costaría 260 francos*, llegado á destinación, esto es admitido que el costo del transporte hasta la fábrica sea de 35 francos la tonelada. Por 1.000 kilos de celulosa se emplearía pues cloruro de calcio por valor de 26 francos. Una blanqueadora que recibe 1.000 kilos de celulosa necesita una fuerza de 15 caballos para funcionar. Por caballo de vapor y por hora supongamos un gasto de 10 kilogramos de vapor; para producir 8 kilos se necesita 1 kilo de carbón más ó menos; luego por cada caballo y por hora el gasto de carbón sería de 2 kilos, ó sea 30 kilos para 15 caballos y 720 kilos durante 24 horas. 5.000 kilos de celulosa exigirían para su blanqueo un gasto de \$ 5.76, 1.000 kilos un gasto de \$ 1.15=5 francos 75.

El blanqueo por 1.000 kilogramos costaría pues:

Cloruro de cal.....	frs. 26.00
Mano de obra.....	» 3.00
Carbón.....	» 5.75
Disecación y enrollado	» 3.00
Total	frs. 37.75

Como se ve, el blanqueo resulta costoso en las condiciones económicas de Sud América; pero, si se dispone de fuerza hidráulica es posible, mediante el blanqueo eléctrico, economizar el 50 % sobre el gasto de la materia prima, de suerte que, en vez de costar 37,75 francos se reduce á 20 francos ó á menos.

Haremos aun notar que el precio del cloruro del calcio (260 francos los 1.000 kilos) que adoptamos, debe considerarse como muy alto.

Blanqueada con cal, (cloruro de cal) la celulosa llegaría á costar por 1.000 kilos $235,75 + 37,75 = 273,50$ francos

Observación.—Experiencias de laboratorio son suficientes para determinar cual es la proporción de cloruro de cual necesaria para blanquear la celulosa que nos interesa.

Creemos que el 50 % que hasta ahora hemos tenido en cuenta es excesivo.

Hemos llegado, pues, al resultado siguiente:

CELULOSA DE LINO

<i>Sin blanquear:</i> valor líquido de la tonelada..	frs. 235.75
Gastos generales 20 %.....	» 47.15
Total.....	frs. 282.90
<i>Blanqueada:</i> valor líquido de la tonelada...	frs. 273.50
Gastos generales 20 %.....	» 54.70
Total.....	frs. 328.20

La pasta de lino, sin blanquear, tal como acabamos de obtenerla, podría venderse en Europa á un precio variando entre 300 y 400 francos. Efectivamente, el valor de dicha

pasta sería equivalente al de la pasta de trapos, sin blanquear, y aún al de la pasta de trapos blancos. Los últimos valen en Europa de 25 á 50 francos los 100 kilos. Luego la pasta de trapos, de 30 francos los 100 kilos, (que dejan un residuo considerable de 20 % más ó menos) preparados con cal, (preparación que no suministra una pasta de las más finas) y sin blanquear, llega á costar en Europa más de 400 francos la tonelada. En Europa el blanqueo es mucho más económico que en las Repúblicas Sud-Americanas; por consiguiente no convendría exportar pasta *blanqueada*, pero la última constituiría un producto de los más económicos para la fabricación de papeles finos en las referidas Repúblicas, *donde hasta hoy día se importan exclusivamente*. Una industria nueva, la de los papeles de escribir y de los papeles más finos y más variados, encontraría aquí mismo las materias primas principales más apropiadas: la pasta de lino y la pasta de algodón. En lo que concierne á ésta, los trapos de algodón disponibles, en el país y en la República vecina, no son muy abundantes. Por otra parte no son caros, pero de mala cualidad; se venden en \$ 18 oro los 1000 kilos, como término medio; dejarían un residuo de 40 % en la fabricación; su limpieza sería bastante onerosa; después del tratamiento por la cal, de un lavado perfecto, de un deshilachado completo, deberían sufrir un blanqueo enérgico, en consideración de las materias coloreantes que deban eliminarse. Creemos que, blanqueados, darían una pasta costando más ó menos 300 francos, sin contar los gastos generales, como resulta del cálculo siguiente :

Trapos del país.—Residuo de fabricación 40 - 45 %.

Para conseguir 1000 kilogramos de celulosa, pensada seca, los gastos aproximados serían los siguientes:

1800 kilos de trapos brutos, á \$ 18	
los 1000 kilos.....	fcos. 178.00
12 % de cal, en \$ 16 los 1000 kilos.	» 19.50
10 % de cloruro de calcio (para 1000 kilos)	» 26.00
1000 kilos de carbón, minimum....	» 39.50

Trasporte...	fcos. 263.00
Mano de obra: bastante costosa, por causa del apartado, etc.....	» 25.00
	fcos. 288.00
Gastos generales 20 %....	» 57.60
Total....	fcos. 345.60
»	\$ 69 oro

Ahora sería oportuno examinar si modificando el sistema industrial descrito, fuera posible realizar una mejora, desde el punto de vista económico, es decir del precio de costo de la celulosa, así como *del significado de la industria*. El tallo de lino encierra un 70 á 73 % de madera; luego en el procedimiento industrial descrito, que no es más que un *procedimiento puro de preparación de celulosa*, la mayor parte de la lejía utilizada (más de 80 %) es confiscada por dicha madera que no suministra celulosa ninguna; lo mismo acontece con el cloruro de cal del que la casi totalidad es necesaria para disolver los elementos no - celulosas que provienen de la madera. Se impone naturalmente al examen la cuestión de saber si no fuera posible extraer una parte de la madera antes de la cocción.

Industrialmente, lo dicho puede realizarse :

- 1.º Enriando la paja al vapor p. ej.
- 2.º Desecando el producto.

3.º Quebrantándolo y agramándolo lo necesario para extraer los restos de madera, por lo menos en fuerte proporción. En dicho caso, en vez de someter 4000 kilos de paja á la cocción, para obtener 1000 kilos de celulosa, se cocerían 1500 á 2000 kilos de estopa. Procediendo así se harían las economías siguientes :

Por un lado :

- 1.º de soda, á lo minimum un 60 % sean 35 fcos.
- 2.º de carbón » » 50 % » 30 »
- 3.º de mano de obra » » 50 % » 2 »

Por otra parte habría un suplemento de gastos :

1.º De carbón para el tratamiento de la paja al vapor, para el funcionamiento de los aparatos y para la disecación.

2.º De mano de obra, para el transporte de la paja tratada al vapor á las superficies de desecación y para su vuelta á la fábrica.

Repetimos que para la celulosa blanqueada habría una economía *considerable* de cloruro de cal. No sabemos si las economías serían mayores que los gastos suplementarios. El asunto merece un estudio completo. No hay tampoco que perder de vista que la instalación para la enriadura á vapor lleva consigo un aumento del capital de 1.ª instalación, del interés y de la amortización. Pero aquella instalación significa por otra parte un fuerte impulso dado, en las repúblicas sudamericanas, á la industria textil. Efectivamente nada impide que, poseyendo la fábrica una instalación apropiada, fabrique buenas hilazas en cuanto comprara buenos tallos. Dijimos, en el comienzo de este estudio, que la industria textil encuentra en Sud América enormes dificultades: no se producen tallos de lino susceptibles de ser enriados y transformados en hilazas; pero si la industria que pueda utilizar eventualmente semejantes tallos, existe, no habrá ya obstáculo para que el sistema de cultivos actual (cultivo de variedades enanas de lino, corta de los tallos en vez del arranque, rotura por el trillado etc.) desaparezca, ó por lo menos evolucione, y que el chacarero se dedique á la producción de la paja de lino.

La industria de la pasta de papel podría, pues, con grandes probabilidades de éxito, duplicarse en una industria textil.

No terminaremos esta relación, sin detenernos un momento en la cuestión de la fabricación de *celulosa de paja*, para cuyo elemento las Repúblicas Uruguay y Argentina suministran abundantemente materia prima.

Se fabrican esencialmente dos especies de pastas químicas de paja: la *celulosa amarilla* y la *celulosa fina*. Esta se emplea en la fabricación de papeles de calidad fina y mediana; la primera se la transforma en cartón.

Celulosa de paja amarilla. Se cuece la paja picada con lechada de cal en un digestor cilíndrico de proyección, ó

también en un digestor rotativo, por un espacio de 2-3 horas y á una presión de 3-4 atmósferas. Después de la cocción se lava, y finalmente se tritura en un aparato ad hoc. Se transforma inmediatamente dicha celulosa en cartón.

La República del Uruguay importa cerca de 93.000 kilos de cartón en el que predomina el fabricado con paja. La República Argentina importa 5.000 toneladas.

Celulosa de paja fina, para papeles de calidad fina y mediana. La paja picada y limpiada se cuece en digestores rotativos con un 15 % de sosa, durante tres horas y bajo una presión de 2 á 3 atmósferas. (Pueden emplearse también las calderas á proyección): La substancia cocida se lava, se divide y se blanquea. (Para el aplastado se emplea un refinador especial de gran rendimiento). Se necesitan 15 % de cloruro de cal para blanquear la pasta.

Cálculo del precio de costo de 1.000 kilos de celulosa fina de paja.

2.800 kilos de paja á \$ 2.80	43.10 frs.
Mano de obra para su preparación	4.40 »
15 % de sosa — 420 kilos á 120 francos . . .	50.40 »
Mano de obra	4.00 »
Lavado, prensado de la pasta	3.00 »
Carbón, 1.500 kilos	59.40 »
150 kilos de cloruro de cal	39.00 »
Carbón, mano de obra, prensa, pasta, etc. . .	10.00 »
	<hr/>
	213.30 frs.
Gastos generales	45.00 »
Total	<hr/> 258.30 frs.

Esta pasta cuesta en Europa 300 francos considerando el precio de la paja (40 francos los 1.000 kilos). Es una excelente pasta para fabricar, unida á la del lino, un lindo papel.

En la República Argentina se creyó posible fabricar pasta química de leña, utilizando la madera de sauces y álamos, provenientes de las islas del Paraná. Dicha fabricación,

entre tanto, no resulta económica, como se desprende del siguiente cálculo:

7 1/2 toneladas de madera de sauce, á \$ 6 moneda nacional argentina.....	99.00 frs.
Trabajo mecánico.....	25.00 »
400 kilos soda sulfatada.....	56.80 »
Mano de obra.....	22.00 »
Carbón... ..	140.00 »
	<hr/>
	342.80 frs.
Gastos generales.....	70.00 »
Total.....	412.80 frs.

1.000 kilos de celulosa química de madera cuestan por consiguiente 412.80 francos, mientras se puede comprar en Europa (y en América del Norte, Canadá) lindas pastas *blanqueadas* á 330 francos la tonelada.

Pastas de paja de lino, de calidad intermediaria y de calidad inferior.

Hasta ahora no hemos considerado más que calidades de pasta de lino superiores, aptas para la fabricación de papeles finos. Variando el tratamiento se podrían hacer pastas menos blancas y menos puras, pero apropiadas á la fabricación de papeles donde no se busca ni la uniformidad, ni el hermoso aspecto, ni la blancura etc. sino la resistencia, también apropiadas para la fabricación de papeles de embalar muy sólidos.

No queremos examinar aquí esta cuestión en sus detalles, pues se subordina á la de la fabricación de pastas finas y aún á la cuestión de saber si la enriadura á vapor, previa á la cocción, es económica. Efectivamente el colado de tallos íntegros efectuado con cal, ó con ésta última adicionada de carbonato de sodio, no parece dar brillantes resultados.

Conclusiones

De las consideraciones que preceden llegamos á las siguientes conclusiones :

1.º Mediante un tratamiento adecuado es posible transformar en pasta para papel, de calidad superior, la paja de lino que actualmente el agricultor sudamericano abandona en los campos después de efectuarse la trilla.

2.º *Las condiciones económicas permiten exportar dicha pasta con la esperanza de realizar beneficios considerables.*

3.º Dicha pasta representa igualmente una materia prima muy económica para la fabricación, en este país, de papeles finos para escribir, exclusivamente importados hasta hoy.

4.º La industria de los papeles finos puede obtener en el país, y en condiciones económicas muy favorables, todas las celulosas que utiliza: de lino, de algodón (trapos) y la pasta fina de paja.

5.º La industria de los cartones y de los papeles para embalaje encuentra asimismo en el país, materias primas excelentes: pasta amarilla de paja, pastas de lino intermediarias y inferiores, — probablemente en condiciones económicas favorables.

6.º El estudio de la pasta de lino que precede, se ha hecho por deducción, partiendo de los conocimientos adquiridos en lo concerniente á la fabricación de otras pastas. Dicho estudio llega á resultados que, considerando la importancia del asunto, reclaman imperiosamente el control por el estudio experimental. Este estudio experimental, por inducción, es el único que permite dar al presente problema una solución práctica.

Este estudio ha de emprenderse sin tardar en nuestro laboratorio técnico. Con tal objeto mandaremos construir unos aparatos indispensables, cuya descripción daremos con oportunidad. Dicha descripción, el programa de nuestras investigaciones y probablemente sus resultados formarán el objeto de nuestro próximo informe sobre tan importante cuestión.
