



21217

INFORME FINAL

CATALOGADO

**Estudio: PREFACTIBILIDAD TECNICA - PLANTA DE PAPEL PRENSA EN EL
NORTE DE LA PROVINCIA DE SANTA FE**

Comitente: CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

**Unidad de Ejecución: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
LABORATORIO TECNOLOGICO**

Director Responsable: Ing. Aldo Abelardo Lossada

Santa Fe, setiembre 1975

0
H. 22282
511 F15
Final

PREFACTIBILIDAD TECNICA - PLANTA DE PAPEL PRENSA EN EL NORTE DE LA
PROVINCIA DE SANTA FE

Director Responsable: Ing. Aldo Abelardo LOSSADA

Co-Directores: Ings. Elías Jorge MATTA y Enrique Rosendo CONTRERAS

Asistentes de Investigación:

Período Completo (semidedicación)	Período Parcial (semidedicación)
Sr. Gustavo H. ALCORTA	Sr. Cristian E. BOGGO
Sr. Alberto R. NEGRI	Srta. Alicia G. KESSELER
Sr. Carlos A. LEVY	Sr. Carlos A. RAVIOLO
	Sr. Hernán E. LEIBOVICH

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Química
LABORATORIO TECNOLÓGICO

Santa Fe, setiembre 1975

	Página
Sumario	1
Sección I: ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	
Definición y Propiedades del Papel Prensa ..	4
Examen del Papel Prensa Clásico	9
Papel Prensa con Fibra Corta	12
Papel Prensa Nacional	18
Pulpas de latifoliadas y Papel Prensa Nacio- nal	21
Antecedentes del Estudio	32
 Sección II: ANALISIS DE LAS ESPECIES (Trabajos de Labo- ratorio)	
Programa sintético de trabajo	34
Preselección de especies	35
Recepción y Acondicionamiento de las maderas. Técnicas Analíticas	40
Características Macroscópicas	41
Morfología	43
Análisis Químicos	49
Notas Complementarias	52
 Sección III: TRABAJO EXPERIMENTAL EN PULPADO (Nivel de Planta Piloto)	
Capítulo I: Metodología de Selección de Procesos y Espe- cies	
Generalidades	54

	Página
Preparación Madera.	
Operatoria de Etapas Básicas	55
1. Impregnación/Digestión	56
2. Desfibrado Mecánico	58
3. Depuración	59
Parámetros de Procesos	
1. Soda Fría	59
2. Soda/Sulfito	60
3. Sulfito-Bisulfito a Presión	61
Control de procesos	62
Autoimposición de Topes Mínimos en Propieda des Físicas	63
 Capítulo II: Selección de Procesos (Pulpado individual de seis especies mediante tres métodos)	
Resultados Experimentales	
1. Respuesta a los métodos de impregnación y tratamiento químico	65
2. Resultados en Desfibrado y Clasificación	66
3. Propiedades Mecánicas de seis especies	67
4. Propiedades Ópticas de seis especies....	72
Discusión de Procesos	76
Conclusión	78
 Capítulo III: Selección de Especies (Pulpado individual de de diez especies a la soda/sulfito)	
Propiedades mecánicas y ópticas	79

	Página
Discusión de respuesta al pulpado de diez especies	80
Conclusión	83
 Capítulo IV: Pulpado de Mezcla de Especies	
Preoptimización del proceso soda-sulfito..	85
Blanqueo de las Pulpas Mezclas	
1. Elección del reactivo (H_2O_2)	89
2. Variables de proceso	90
Operatoria de Digestión	
1. Generalidades	95
2. Técnicas Analíticas	96
3. Rendimiento Químico	96
4. Consumo de reactivos	97
5. Rendimiento en fibra	97
Operatoria General del Blanqueo con Peróxido	
1. Preparación de las Pulpas	99
2. Preparación del Licor	99
3. Procesamiento	99
a. Operatoria	99
b. Parámetros	101
Resultados Experimentales	
1. Observaciones cualitativas	
a. Respuesta al tratamiento químico y mecánico	102
b. Comportamiento del stock durante la clasificación	102

	Página
2. Índices Cuantitativos	
a. Aspectos del pulpado	105
b. Propiedades Físicas	108
Conclusión	111
Capítulo V: Empaste con Adición de Fibra Larga	112
Resultados experimentales:	
1. Aspectos de pulpado	112
2. Ensayos mecánicos	112
3. Caracteres ópticos	114
Conclusiones	115
Muestra de Papel Prensa de Laboratorio (una hoja)	
Sección IV: Análisis de elementos de Factibilidad	
Prefactibilidad Técnica	117
Conclusiones Generales	123
Bibliografía citada	126
Anexo I. Respuesta del Proceso Soda/Sulfito por el método MM (dos especies)	129
Anexo II. Respuesta a las observaciones al Informe Final (versión preliminar) realizadas por CICELPA.....	132
Tablas y Gráficas (48 páginas)	140

SUMARIO

Habiendo detectado el Consejo Provincial de Desarrollo de la Provincia de Santa Fe, para la zona ribereña del Río Paraná con centro en la ciudad de Reconquista, elementos primarios de infraestructura favorable a la instalación de una planta de papel para diarios, el gobierno provincial solicitó al Consejo Federal de Inversiones una segunda etapa de estudios, con el objetivo de cuantificar dos aspectos específicos de prefactibilidad:

- a) disponibilidad y accesibilidad forestal del monte isleño
- b) aptitud tecnológica de especies espontáneas

La Universidad Nacional del Litoral, a través del Laboratorio Tecnológico de la Facultad de Ingeniería Química, tomó a su cargo la determinación de prefactibilidad técnica en escala reducida, que desarrolla el presente trabajo.

Se procedió inicialmente al estudio de caracteres físicos y composición química de una decena de especies del citado ambiente (sauce criollo - aliso del río - timbó blanco - timbó colorado - sangre drago - curupí - canelón - ingá - laurel del río - seibo). Aunque se determinaron aspectos negativos aislados, tales como la presencia de alto porcentaje de extractivos, células parenquimáticas y otros elementos finos no fibrosos, los valores globales obtenidos en dimensiones de fibras, composición química, densidad, etc., aconsejaron no desechar en esa etapa ninguna de las especies envayadas.

A continuación, éstas fueron sometidas individualmente a tres tipos de procesos de pulpado en el rango quimi-mecánico, soda y soda-sulfito a baja temperatura y sulfito-bisulfito a presión, por adecuarse en principio al objetivo perseguido. Los correspondientes valores de resistencia mecánica pueden catalogarse desde aceptables hasta excelentes, mientras los ensayos ópticos de "blancura" resultaron en general insuficientes. En esta etapa del estu

dio fue posible seleccionar el proceso químico de pulpado de mejor respuesta (soda-sulfito), señalar a una especie como poco aconsejable (seibo) y limitar el rango de utilización de unas pocas más.

Desde este momento se siguió operando en pulpado con una mezcla de especies, de composición conservativa respecto a calidad y acentuando la proporción de sauce criollo en correspondencia a su reconocido predominio en el monte ribereño. Dado el margen favorable de resistencia mecánica de las pastas preliminares se compensó el déficit de color adoptando condiciones menos drásticas de temperatura y dosaje de reactivos en las cocciones, a la vez que se ensayó un semi-blanqueo con bajos niveles de peróxido. Los resultados de esta etapa permitieron seleccionar parámetros definitivos de proceso más adecuados en calidad y economía para la mezcla de maderas autóctonas, confirmando además un rendimiento en fibra relativamente bajo, originado por la pérdida de material fino, hecho que si bien tiene incidencia económica negativa, mejora aspectos técnicos de las pastas.

Para obtener y ensayar muestras de "papel prensa de laboratorio" se procedió finalmente a mezclar dicho empaste con celulosa kraft semiblanqueada chilena en porcentajes variables.

Fueron superados todos los índices establecidos por el pliego de condiciones argentino en la materia: "blancura" + 2,5%; opacidad + 6%; tracción + 67% y desgarró + 30%, con un 10% menos que la fibra larga establecida. La holgura de resistencia alcanzada da pie para ulterior optimización de la economía del proceso cumplido.

Puede entonces concluirse, con las limitaciones que implica la escala y extensión del trabajo, que desde el punto de vista técnico, la mezcla de especies del monte espontáneo ribereño del Río Paraná -con pocas restricciones-, es adecuada a la obtención de papel prensa.

En el marco más amplio de la prefectibilidad industrial en la zona

de Reconquista, la conclusión resulta, por el contrario, negativa, ya que el estudio paralelo del área forestal, en base a determinaciones aerofotogramétricas, ha comprobado que la cobertura forestal de la zona es baja y la extracción difícil, a niveles que vedan la instalación de una planta de papel prensa.

Al obstáculo previo debe agregarse el presentado por el anteproyecto de Agua y Energía Eléctrica sobre represas en el Paraná Medio, que significan el anegamiento de la zona isleña en cuestión y la automática cesación total de suministro maderero desde la Provincia del Chaco hasta pocos kilómetros al norte de la ciudad de Santa Fe.

Como posibilidades alternativas que pueden rescatarse por la favorable respuesta tecnológica de las especies estudiadas se propone:

- a) Utilización actual en la zona de Reconquista, para especialidades papele- con exigencias de calidad análogas al papel prensa, que admitan una sensi- ble reducción de escala de producción, tomándose previsiones adecuadas en materia de forestación para el largo plazo.
- b) Utilización actual y futura en la zona ribereña al sur de la ciudad de Santa Fe con iguales vistas, y aplicación a papel prensa como abastecimien- to complementario de las fábricas en instalación o a instalarse en zonas del Paraná Medio e Inferior, ante eventual escasez y/o encarecimiento excesivo de salicáceas exóticas del Delta, o necesidad de tala del monte espontáneo margi- nal con propósitos de reforestación.

SECCION I

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

DEFINICION Y PROPIEDADES DEL PAPEL PRENSA

Tradicionalmente, se ha descrito más que definido el papel prensa clásico como el producto celulósico de gramaje medio obtenido a partir de una mezcla de pasta mecánica desfibrada en piedra, con pasta química cruda al sulfito ácido. Ambos componentes se obtenían de maderas de fibra larga - preferentemente abeto-, predominando la primera en proporción mayor a 2:1.

Tal referencia al origen y composición del empaste, careció de sentido cuando el avance tecnológico permitió el avance de desarrollos comerciales estables por vía de especies vegetales y métodos de pulpado no ortodoxos en dicha especialidad.

Fue evidente entonces, la necesidad de una reformulación del concepto que tuviera en cuenta caracteres permanentes tales como el destino y exigencias específicas del papel prensa. En la conferencia de FAO realizada en Tokio (1960) ya se redefinió como papel prensa: "Cualquier clase de papel capaz de ser corrido en prensas modernas de impresión y capaz de producir hojas de periódico impresas aceptables con un costo razonable". (1)

Resulta de interés a nuestros fines aclarar los términos implícitos de esta definición. En razón de la urgencia y el volumen de las tiradas habituales de los diarios de mediana y gran difusión, las rotativas que los imprimen deben girar a alta velocidad, debiendo comportarse satisfactoriamente tanto desde el punto de vista de la resistencia mecánica de la hoja, como en lo que se refiere a la impresión.

La primera propiedad que está sintetizada por la expresión inglesa "runnability", generalmente es evaluada por el impresor como el número de cortes producidos cada cien bobinas de papel pasados por la rotativa(2). Tales cortes se relacionan a las propiedades de resistencia dinámica de la

hoja y el papelerero las refiere a la resistencia al desgarramiento transversal y a la tracción longitudinal, así como al alargamiento y al contenido de haces o grumos y a imperfecciones de formación del papel.

La aptitud para la impresión o "impresionabilidad", en término de equivalencia literal a la expresión inglesa "printability" corriente en la literatura técnica, cuya evaluación subjetiva es inmediata por el impresor y el lector del diario, puede definirse en laboratorio mediante ensayos de capacidad y absorción de tinta del papel; y depende también del color, alisado y formación de la hoja, con absoluta independencia de sus propiedades de resistencia mecánica.

Por otra parte, la referencia a "costos razonables" que tácitamente afecta a cualquier especialidad, se ha explicitado en el caso del papel prensa por tratarse de un producto de fabricación y consumo masivo, cuyos precios deben ser accesibles a la demanda popular. A la vez, sirve de advertencia sobre la competencia ineludible que ejercerá el papel prensa nórdico a través de un empaste sumamente económico, cuyos parámetros técnicos de fabricación están clarificados hoy casi hasta el agotamiento.

El "costo razonable" de un papel prensa supone un tope crítico que afecta tanto a la materia prima y/o proceso de pulpado, cuando a las condiciones de fabricación del papel mismo -materiales fibrosos baratos, es decir, abundantes y accesibles; procesos de fabricación simples y magnitud de producción en gran escala son las premisas técnico-económicas de factibilidad.

A su vez la fabricación de papel en gran escala, significa máquinas papeleras muy anchas y veloces donde también se agudizan las exigencias de "runnability". A los valores de resistencia mecánica ya citados para la hoja terminada, se agregan aquí los de una adecuada resistencia en húmedo, que será probada entre las prensas de la máquina papelerera.

La definición de FAO, establece además ciertos índices de calidad cuantitativos, cuyos valores mínimos son los siguientes:

factor de rasgado	46% (CMD)
opacidad	86%
brightness (claridad)	50%
gramaje	52gr/m ²

Debe destacarse que la resistencia mecánica al desgarro, que se considera crítica, está expresada como el valor obtenible de la muestra comercial en dirección transversal a máquina (CMD) y no sobre hoja de papel de laboratorio. Las muestras de laboratorio, por la distribución ideal de la masa fibrosa, dan valores teóricos uniformes para cualquier dirección y sin correlación segura con el máximo que corresponde a la orientación preferencial en la dirección axial de las máquinas comerciales.

El hecho de que no se especifique un valor de rasgado en muestras de laboratorio, como es práctica usual en la casi totalidad de las especialidades papeleras, consigna por otra parte la escasa confiabilidad que se asigna a los ensayos en pequeña escala para papel prensa. En efecto, son tan frecuentes y marcadas las anomalías observadas en corridas industriales con pagtas avaladas por índices satisfactorios de resistencia en hojas de laboratorio, que hoy recién se admite la aptitud de un empaste de papel de diario cuando se ha comprobado su "runnability" en máquinas papeleras e impresoras de alta velocidad.

Las pruebas de laboratorio proveen condiciones muy diferentes a las tensiones dinámicas de equipos ultrarápidos comerciales, aunque no siempre es este último el caso más desfavorable; en este sentido es de interés mencionar una experiencia japonesa que comprobó una mejor resistencia y corrida

en máquina industrial con pasta mecánica de latifoliada a partir de astillas frente a una convencional de coníferas, a pesar de que los ensayos de laboratorio sobre hojas a mano auguraban lo contrario (10).

En nuestro país, la primera definición moderna de papel prensa está asentada en el pliego de condiciones del concurso ya mencionado y ella sigue la línea general de FAO, con el conocido aditamento sobre "precio razonable" que aquí se justifica "para que su comercialización no requiera excesiva protección aduanera". Las especificaciones cuantitativas son similares o muy cercanas a las de FAO, agregándose en este caso la resistencia a la tracción, que como en el caso de desgarró, se debe ensayar sobre papeles obtenidos en máquinas comerciales:

factor de rasgado (transversal a máquina)	45%
opacidad	86%
brightness	52%
gramaje	52 g/m ²
longitud de rotura (paralela a máquina)	3000 mts.
longitud de rotura (transversal a máquina)	1500 mts

Adelantamos que las cláusulas de la definición precedente suponen en conjunto obstáculos muy serios para los intentos no ortodoxos de fabricación de papel prensa.

Pueden darse numerosos ejemplos de papeles cuyas propiedades superen a los establecidos con holgura los índices establecidos para este caso. Un papel ondulado para corrugar es mucho más barato que el papel prensa; un buen papel embalaje puede superar el 200% de factor de rasgado; la opacidad de un buen papel de impresión puede superar el 86% en hojas de gramaje inferior a 40 g/m², con más de 90% de brightness; en papeles comunes pueden superarse corrientemente

los 6000 mets de longitud de rotura, etc. El problema radica en la obtención simultánea de todos los índices anotados para papel prensa en una hoja económica, dado que el desarrollo de una parte de las propiedades es antagónico con el de las restantes, por lo menos mientras rija la premisa económica. Como ejemplo de propiedades contrapuestas puede mencionarse:

precio razonable vs. resistencia mecánica

opacidad vs. resistencia mecánica

precio razonable vs. blancura

opacidad vs. blancura

Así, en la medida que por medios químicos y/o mecánicos se pretenda mejorar resistencia se afectará irreversiblemente opacidad.

Por otra parte, no debe confundirse el nivel de propiedades exigidas a determinado tipo de papel, con la "permanencia" de tales índices de calidad. Siendo el papel prensa rápidamente desechable en uso normal, se admite la posibilidad de degradación paralela que cualquier persona detecta en el marcado oscurecimiento y fragilidad que caracterizan a un diario viejo.

El grado de libertad de un técnico que debe formular un empaste no tradicional en papel prensa, es por lo tanto muy estrecho y deberán utilizarse enfoques originales en base a un cabal conocimiento de las características del recurso fibroso disponible y de los procesos de pulpado y blanqueo de uso potencial. El problema se agudiza cuando se abarca -como en el presente caso- un conjunto heterogéneo de especies.

EXAMEN DEL PAPEL PRENSA CLÁSICO

Como se ha dicho, el papel prensa tradicional se constituía mediante una mezcla de pastas mecánicas y químicas de coníferas con amplio predominio de la primera. La mecánica se obtuvo preferentemente de abeto, por ser una madera de excelente color, baja densidad entre las coníferas, buena resistencia intrínseca y longitud de fibra y bajo contenido de resinas depositables; el empaste la incluía aproximadamente en un 75%. Como pasta complementaria se usaba una química, también de abeto, procesada al sulfito ácido de calcio, método que si bien no permite alcanzar los mejores valores de resistencia, llega a límites suficientes para los objetivos propuestos. Además, y ello es muy importante de destacar, el proceso mecánico usado es de economía máxima a nivel absoluto y el químico alcanza dicho rango en confrontación relativa frente a procesos químicos alcalinos por mejores rendimientos, reactivos más baratos y por no necesitar blanqueo para uso en papel prensa.

Por vía empírica se logró tempranamente un producto que constituyó un balance casi perfecto de costo y cualidades técnicas que así mantuvo su vigencia hasta nuestros días sin variantes fundamentales.

Al aumentar las exigencias de fabricación y de impresión debió procurarse mejor "runnability" y "printability", y por otra parte se buscó la reducción de costos a través del aumento de la proporción de mecánicas en la mezcla.

Mejoras progresivas de la calidad de las pastas mecánicas convencionales y la entrada en escena de pastas químicas alcalinas semiblanqueadas de pino, con mayor resistencia al desgarrado que las químicas ácidas clásicas, permitieron aumentar el tenor de mecánicas al 80-85%. Más recientemente los avances en el campo de las mecánicas a partir de astillas desfibradas en moli

nos de discos, han logrado resultados que pueden catalogarse de espectaculares, especialmente en rasgado, permitiendo en casos especiales elevar la dosificación potencial de tales pastas en papel prensa hasta un 100%. Por un lado citaremos las llamadas "supermecánicas" (3), cuya fabricación no contempla agregado de reactivo o calor; y además han aparecido las "termomecánicas" (4)(35), que vapora previamente las astillas y compensan el semiblanqueo que demanda su oscurecimiento por el calor con una reducción sensible de la energía mecánica para desfibrarlas.

Obsérvese que en toda la evolución descrita no se abandonó el ámbito de especies vegetales de fibra larga, condición "sine quanon" de elevado desgarrero.

En la tabla N° 1 se han anotado los índices típicos de cualidades mecánicas y ópticas de las pastas citadas en nuestra rápida revista. Se ha cuantificado allí el crecimiento de la resistencia de las pastas mecánicas a través del perfeccionamiento de procesos sin mengua de los valores ópticos. Es notable además la superioridad de la pasta química kraft semiblanqueada desde el punto de vista mecánico, y aunque el costo de proceso debe ser algo mayor que el del sulfito crudo, se da una amplia compensación en el hecho que los procesos alcalinos son más drásticos y permiten el uso de maderas más densas y resinosas, incorporando a la fabricación de papel prensa los pinos de zona templada, es decir una vasta reserva fibrosa mundial.

Resulta claro de los valores tabulados que los caracteres físicos de los componentes del empaste tradicional son casi opuestos entre sí, y que corresponde a cada uno el aporte de propiedades específicas que en el otro son incipientes o nulas. Así el aporte de porosidad, absorción de tintas, formación, alisado y opacidad corre a cargo predominante de las mecánicas, reservándose a la pasta química el papel de esqueleto resistente, en especial

al desgarró, que es donde se hace más amplia la brecha entre ambos stocks. Obviamente, dado el predominio neto en porcentaje de las mecánicas, se requieren valores mínimos críticos de resistencia para no afectar en exceso el resultante de la mezcla. La tabla N°2 presenta cifras obtenidas en papeles de diarios comerciales de composición convencional, cuya comparación con las pastas individuales permitirá apreciar los respectivos niveles relativos (5).

Todo lo expresado es válido para el papel de diario de alrededor de 50gr/m². El encarecimiento de las pastas a nivel mundial está originando un movimiento en pro del aligeramiento de los papeles en general y de aquél en particular.

El peso previsto para papel prensa standard oscilaría entre 40-45 g/m², ello implicará exigencias mayores en el balance desgarró/opacidad, obligando probablemente a mayores porcentajes de pastas químicas con la contrapartida de cargas opacantes especiales.

PAPEL PRENSA CON FIBRA CORTA

La extensión de posibilidades tecnológicas desde la madera de abeto y otras coníferas aisladas de los bosques nórdicos, cuyo crecimiento hasta uso paplero requiere entre 40 y 100 años como mínimo según la latitud, hasta otras coníferas subtropicales -particularmente pinos- de desarrollo acelerado, significó un gran avance en la producción potencial de papel prensa y permitió la incorporación al bloque productor de países como Nueva Zelanda y Chile, y de grandes áreas forestales como la del sur de los EEUU de Norte América.

Al sur del Ecuador no abundan las coníferas nativas y aun los bosques nórdicos están machados a veces en abundancia por especies de latifoliadas como el abedul, la haya, el roble, etc., cuyo crecimiento es en general relativamente rápido. Si a esto agregamos las enormes reservas de recursos fibrosos no convencionales de zonas templadas, tanto en maderas de latifoliadas (especialmente eucaliptus, salicáceas y las innumerables especies del monte natural), como en gramíneas (bagazo, cañas y pajas), se justifica el interés demostrado desde hace unas décadas por los países de tecnología celulósica avanzada hacia las especies vegetales de fibra corta para completar los insumos celulósicos masivos que demanda el papel prensa.

Son destacables en este sentido las realizaciones pioneras de Italia, Australia, Japón y hasta Canadá y EEUU, que han llegado a la escala comercial, incluyendo porcentajes dominantes de pastas de fibra corta en sus papeles de diario. Un reconocido especialista industrial franco-canadiense, con experiencia en Norte América y Escandinavia, destaca cómo en estos países ha evolucionado la filosofía que consideraba a las pastas de latifoliadas como de relleno y estima en 80% el máximo de fibra corta incorporada a papeles de diario (6). El uso del bagazo con igual destino, ha interesado directamente

menor diámetro de fibra, mediante acciones química aún incipientes. Además, si el color natural de las pastas es subido y debe recurrirse al blanqueo, debe considerarse no sólo la elevación de costos sino el probable aumento extra de transparencia.

Un primer caso digno de análisis es el de la fábrica Australian Newprint Mills. Al final de la década del 50 los australianos lograron fabricar comercialmente papel de diario con un 82% de fibra de eucaliptus en el empaste, integrada con un 62% de mecánica de eucaliptus Regnans multitenarios y 20% de mecanoquímica a la soda fría de eucaliptus jóvenes o rebrotos, completado con 18% de pasta kraft semiblanqueada de pino Radiata de Nueva Zelanda, (9). Con la incorporación de la pasta a la soda fría, que en ese momento alcanzaba un desgarró del 59% (consumiendo 6,8% de HONa sobre madera seca) se mejoró la resistencia y el drenaje del stock, pudiendo aumentarse 30 mts/min. a la papelera. Un detalle que parece ser de especial interés para nuestro caso es la comprobación de corrosión hasta los refinadores, acompañada por la formación de complejos ferrotánicos negros que afectan el brightness de la pasta, problema que se solucionó forrando con acero inoxidable AISI 304 todas las partes en contacto con las astillas.

Cuando se agotaron los viejos eucaliptus Regnans que proveían la pasta mecánica, unos diez años después, no pudo mantenerse con ejemplares jóvenes y de otra especie la resistencia primitiva y la solución se alcanzó con una pre impregnación de los troncos con 3% de HONa antes de ir a los desfibradores de piedra, obteniendo lo que definen como "pasta mecánica alcalina". En la table N° 3 se dan las propiedades del empaste final y las individuales de sus integrantes de la que destacamos el elevado desgarró del pino al sulfato, que compensa el 22% de resgado correspondiente a la citada pasta mecánica alcalina (que aporta el 62% de la mezcla), elevando el indi

ce del conjunto a 75,3%.

Finalmente, debe advertirse que las dos pastas de eucaliptus necesitan aclararse con hidrosulfito de zinc, a pesar de lo cual el papel prensa australiano compite en precio con todos los importados y su performance técnica es equivalente a aquéllos en cualquier sentido.

La experiencia japonesa, a cargo de la empre Oji Paper Co., si bien llega a poco más del 50% de fibra corta, presente ciertos aspectos destacables. Según la referencia disponible (10), el stock de fibra corta se integra con un 16% de mecánica de astillas, 22% de quimimecánica (soda fría) y 14% de semiquímica (bisulfito sódico); y el papel prensa resultante del agregado de mecánica y química de fibra larga se fabrica en máquina a más de 600 m/min. Cuando, movida por razones de disponibilidad y precio se comenzó a reemplazar en el empaste de fibra larga el sulfito por semiquímica y la mecánica por mecanoquímica, se obtuvieron resultados negativos con respecto a opacidad, absorción de aceites y "runnability" en máquina papelera.

Posteriores desarrollos en mecánicas a partir de astillas de fibra corta, mejoraron las propiedades afectadas y permitieron aumentar la proporción a los niveles mencionados, no obstante los desalentadores resultados mencionados que, en ensayos sobre hojas de laboratorio se observaron al comparar las mecánicas de fibra larga y corta y sin que pudiera encontrarse explicación a la anomalía.

Finalmente nos referiremos a dos casos argentinos, de los cuales el más acabado corresponde a las experiencias culminadas en escala semicomercial en Finlandia realizadas por Proinpa y sobre cuya base se fijaron los parámetros de proceso para la primera planta industrial de papel prensa en el país, que está montando Papel Prensa S.A. Aunque no fueron develados ciertos detalles fundamentales, los antecedentes aportados en distintas fuentes bastan

para la ubicación útil a nuestros fines (11). Se trabajó con salicáceas del Delta del Paraná, cuyo porcentaje en el empaste establecido por la respectiva reglamentación debía alcanzar al 80%. Ensayos preliminares con pastas mecanoquímicas de laboratorio, no alcanzaron niveles de calidad satisfactorios y por otra parte se comprobó en mayor escala en empresas especializadas italianas, que la simple pasta mecánica de salicáceas del Delta no proveerían las propiedades mecánicas exigidas por el pliego de condiciones.

Posteriormente se alcanzaron los resultados deseados a través de una optimización de mecanoquímica alcalina lograda en semi-escala en Finlandia, la que no requeriría blanqueo. Los papeles de diario elaborados a 500 m/min en máquina semicomercial con 80% de dicha pasta y 20% de kraft chilena semiblanqueada alcanzaron los siguientes índices físicos:

Gramaje	53,9 g/m ²
Longitud de rotura MD	4470 mts
Longitud de rotura CMD	1870 mts
Factor de desgarró MD	45%
Factor de desgarró CMD	64%
Brightness	63,4%
Opacidad	91,5%

Tales valores fueron luego ratificados con la impresión sin inconvenientes en tiradas limitadas de rotativas finas y argentinas de alta velocidad (70.000 pliego/hora). Luego, no se dieron a conocer los valores alcanzados individualmente por el componente de fibra corta, pero dada la similitud de proporciones con el empaste tradicional, puede suponerse que aquéllos están en el nivel de una buena mecánica de fibra larga.

El antecedente argentino restante, si bien no culmina con el aval de corridas en impresoras, comprende etapas experimentales serias y exigentes, dignas de consideración.

La materia prima fue en este caso pasta a la soda fría semiblanqueada a partir de mezclas de maderas del monte natural misionero, procesadas en escala semiindustrial en Pacheco (Pcia. de Bs. As.) según el método argentino patentado MM. Dicha pasta de fibra corta fue transformada en la instalación experimental de Escher Wyss en Alemania, donde se mezcló con 15% y 25% de pasta kraft chilena semiblanqueada y se elaboró y enrolló a más de 500 mts/min en forma de hoja húmeda. El director del presente estudio participó en tales ensayos como veedor oficial por la Provincia de Corrientes que aportó la madera.

Sobre la muestra obtenida de dicha hoja, una vez sacada fuera de máquina se determinaron los índices de calidad que se transcriben a continuación:

	<u>85% MM</u>	<u>75% MM</u>
Gramaje	68,5	61,5
Longitud de rotura (m)	2920	4800
Factor de desgarró (Brecht)	79	113
Brightness (%)	56,7	57,1
Opacidad (%)	96,8	94,9

Se han expuesto hasta aquí distintas líneas concretas de respuesta favorable comprobada más allá de la escala de laboratorio. Resulta alentador para nuestros objetivos el hecho que el espectro de especies forestales usadas se extienda desde el convencional de baja densidad hasta el extremo opuesto representado por eucaliptus y maderas heterogéneas del monte natural subtropical argentino. Ademas debe destacarse la uniformidad de los enfoques tecnológicos del proceso, que se han resuelto por vía del pretratamiento alcalino de las astillas a presión atmosférica y desfibrado posterior en molino de discos.

PAPEL PRENSA NACIONAL

Como excepción única al cuadro de autoabastecimiento argentino en especialidades papeleras de uso masivo, aparece el papel prensa con un irrisorio 1,4% en 1970. Tal déficit se cubrió con la importación de más de 260.000 tons., significando un drenaje de divisas del orden de los 48 millones de dólares, que según estimaciones serias llegarían a los 100 millones en una década.

No se abundará aquí en la presentación de mayores datos estadísticos sectoriales a nivel nacional, ALALC y mundial. Los mismos están expuestos en distintas publicaciones argentinas accesibles con claridad y precisión (11), (12), (13).

Las cifras iniciales muestran de modo incontrovertible que se cumple con exceso la primer premisa de factibilidad para el nacimiento de la industria del papel prensa nacional: existencia de un mercado de dimensiones adecuadas a las exigencias de escala. La misma fue fijada para nuestras condiciones en un mínimo de 100.000 tons/año y sobre esa cifra se ha importado en los años normales desde 1950.

Quedaban aún por satisfacer otras dos condiciones básicas de factibilidad: a) Acceso a fuentes de materia prima fibrosa suficiente, adecuada y barata;

b) Disponibilidad de tecnología idónea.

Múltiples y poderosos intereses establecidos se afianzaron sobre nuestra reconocida carencia de recursos fibrosos convencionales y frustraron el primer intento de autoabastecimiento, en la década del 50.

El avance tecnológico fue debilitando la posición de los sostenedores del statu quo subsiguiente, que se rompe finalmente en 1969 con la creación del Plan Nacional de Autoabastecimiento de Papel Prensa, dispuesto por Ley

18312 y Decreto 4100.

Con realismo, dicho plan prevé la creación sucesiva de tres plantas de poco más de 100.000 toneladas anuales de producción unitaria, que surgirían a través de un mecanismo de licitación pública. Dicho trámite ya se ha cumplido para la primera etapa y probablemente pueda comenzar a funcionar en 1976 la planta pionera, cuya ubicación fue prevista por el respectivo pliego en el Delta del Paraná, para usar 80% de fibra corta a partir de salicáceas de la zona.

Hace varios meses se cerró la licitación de las etapas siguientes, con cláusulas algo más elásticas en cuanto a materia prima y localización, registrándose otras ofertas de ubicación en el Delta, así como una para Tucumán a partir de bagazo. Recientemente fueron solicitadas presentaciones complementarias a los oferentes, para avanzar en el trámite de evaluación respectivo.

Así planteada la situación, pareciera que con los resultados finales de esta licitación quedaría concluido el problema del autoabastecimiento de papel prensa en el país en la medida que se concrete la instalación y puesta en marcha de las tres plantas, lo que afectaría la justificación actual de estudios como el presente.

En consideración a tal posibilidad hemos planteado desde el comienzo nuestro trabajo como un estudio básico de aptitudes tecnológicas de recursos fibrosos espontáneos relativamente inéditos. Si bien se apunta en una dirección técnica concreta, queda un entorno de utilidades potenciales en otras especialidades papeleras que estimamos de real utilidad regional.

Por otra parte el habitat de las especies estudiadas, aunque relativamente angosto, es de latitud muy extendida, llegando hasta el mismo Delta, con pocas variantes de composición y concentración. Se amplía entonces el ámbito geográfico de influencia del estudio a lo largo del Paraná Medio y sus resultados podrían aprovecharse incluso en las fábricas de papel prensa ubicadas en el Delta.

En efecto, tenemos información desde hace tiempo (Sanmartín, H.R.; Papelera San Justo S.A., comunicación personal), sobre ciertas dificultades de abastecimiento en salicáceas que afrontan las plantas de fabricación de papel y tableros establecidas en el Delta, factor que ha llevado los respectivos precios a niveles cercanos a los del pino misionero descargados desde barcazas en los mismos puertos. Si esto ocurre antes de la demanda extra que suponen las dos etapas de instalación probable en la zona, cuyo consumo de madera verde entera oscilaría en las 1.300 tons/día, puede suponerse que en algún momento resultará conveniente considerar el aporte de recursos forestales espontáneos no muy alejados, si su respuesta tecnológica lo permite.

Con respecto a la presunta radicación de una planta en Tucumán, entendemos que sería prematura la iniciativa, desde que dependeríamos de tecnología importada que no está suficientemente probada en escala semicomercial. Subsisten aún ciertas incógnitas técnico-económicas que habría que develar sobre la marcha, afrontando riesgos imprevisibles (14). En otros sentidos, es muy plausible como esfuerzo de descentralización industrial.

Como lectura complementaria sobre el tema del papel prensa nacional, recomendamos la versión de una mesa redonde sobre el tema, organizada por ATIPCA en 1971, con la participación de varios especialistas (15).

PULPAS DE LATIFOLIADAS Y PAPEL PRENSA NACIONAL

Afinando nuestro enfoque hacia objetivos específicos del estudio, procederemos a una revisión final de antecedentes referidos a parámetros tecnológicos del pulpado de maderas de latifoliadas aplicables a papel prensa, que den respaldo a nuestra elección primaria sobre condiciones de trabajo del programa experimental.

En primer lugar, dada la considerable confusión que existe en la industria -y se refleja en la literatura- con respecto a la nomenclatura de las pulpas celulósicas híbridas modernas, creemos conveniente establecer la clasificación por la que nos regimos:

1 - Según el rendimiento en producto no blanqueado, obtenido a partir de maderas usuales, sin exceso de extractivos, vasos y células no fibrosas:

- a) Pastas normales (rendimiento menor al 55%)
- b) Pastas de alto rendimiento (55-80%)
- c) Pastas de muy alto rendimiento (más del 80%)

2 - Según el método de producción:

- A) Pastas químicas
- B) Pastas semiquímicas
- C) Pastas quimimecánicas o mecanoquímicas
- D) Pastas termoquímicas
- E) Pastas mecánicas

Hay marcada coincidencia entre los grupos a y A y b y B, los que difieren entre sí por la intensidad del efecto termoquímico, mientras en el rango de muy alto rendimiento, el pretratamiento químico en C o con vapor a presión en D, sólo pretende debilitar los vínculos inter o intrafibrila-

res, sin disolución sensible de material. Las pastas mecánicas, E, según nuestro concepto no admiten ninguna acción previa, salvo la humectación y eventual y muy suave calentamiento de las astillas o troncos que se tratarán respectivamente en molinos de discos o muelas cilíndricas abrasivas.

Dos aspectos técnicos primarios enmarcan inicialmente nuestras posibilidades:

- a) El porcentaje de fibra corta a incluir está fijado en 80% por la ley argentina, y que por razones obvias de simplicidad lo consideraremos en esta etapa del estudio constituido por un único tipo de pasta.
- b) La naturaleza del material fibroso, constituido en este caso por un conjunto heterogéneo de especies poco conocidas tecnológicamente, con predominio pero no exclusividad de maderas livianas y proporción elevada de extractivos, vasos y células parenquimáticas.

Atendiendo a la limitación antes mencionada, así como a numerosos antecedentes extranjeros y algunos propios, procedimos inicialmente por eliminación, desechando a priori los rangos de pulpado semiquímico y mecánico. En el primer caso, los procesos de elección serían el sulfito neutro y el bisulfito o su combinación usando cantidades moderadas de reactivos (10-20% en peso sobre madera seca).

Swartz, en artículo ya citado, asigna buenas propiedades de resistencia a ambos procesos aplicados a maderas poco densas como álamos y sauces, pero destaca como punto débil la opacidad, que es una propiedad crítica en este caso, condición necesaria y suficiente para vetarla aún sin entrar a considerar su blancura y costo. A pesar de la muy amplia información existente sobre estas semiquímicas, como generalmente se destinan a usos distintos del papel prensa, no suele medirse opacidad; como ejemplo podemos

mencionar a Onishi (artículo citado), 86,6% para mezcla de latifoliadas al bisulfito semiquímico. Recordemos que la deficiencia anotada comprende sólo al 14% del empaste en el caso del papel prensa japonés y se compensa con adición de mecánica.

Por el otro lado, las mecánicas puras de latifoliadas presentan un comportamiento precisamente opuesto y son muy sensibles a la densidad de la especie en uso, que obra negativamente. Los valores registrados de resistencia corresponden a ensayos en escala variada y son dispersos, aún referidos a la familia de salicáceas. Swartz menciona comunicaciones personales sobre valores superiores a los 3000 mts. de tracción y 34% de desgarramiento para salicáceas norteamericanas de desfibrado convencional, y otra fuente americana (16), para mecánica en molino de discos, con álamos, dan respectivamente 2970 mts. y 34%, mientras en pastas italianas (17) se anotan en caso análogo al anterior 1300 mts. y 30,5%. La influencia de la densidad de la madera puede apreciarse en valores citados en Libby (26) para abedul : 1175 mts. y 12,3% y para eucalipto 1180 mts. y 12%.

Los resultados obtenidos en ensayos de Proinpa en Italia con salicáceas argentinas, que se mencionan en el artículo conocido, no alcanzan para la mejor corrida los 1600 mts. de tracción y 26% de desgarramiento. Sobre especies de madera que integrarán nuestra mezcla podemos mencionar longitudes de rotura de 500 mts. para curupí (18) y de poco más de 1000 mts. para aliso, determinada ésta en condiciones no standard en nuestros laboratorios (19). No es necesario abundar en referencias extras para justificar la eliminación del rango mecánico en experiencias con mezclas de especies nativas heterogéneas.

Recalcamos que la exclusión de las pulpas semiquímicas y mecánicas

de latifoliadas se refiere a un papel prensa hipotético de empaste binario, con 20% de pasta química de fibra larga y no se descarta la posibilidad de incluirlas en empastes múltiples en baja proporción.

Según la clasificación propuesta, quedaría por analizar el ámbito de pulpas de muy alto rendimiento que tenemos representado por las mecanoquímicas y termoquímicas.

Consideramos a las últimas un desarrollo relativamente nuevo y muy promisorio en cuanto a rendimiento, resistencia, opacidad, costo y contaminación, con el color como único obstáculo potencial, pero lamentablemente exige instalaciones piloto muy especializadas, fuera del alcance actual de cualquier laboratorio del país.

Dentro de las mecanoquímicas -o quimimecánicas- cabe considerar dos alternativas conocidas:

- a) Dosaje medio de drogas con baja o media temperatura (presión atmosférica): procesos a la soda fría y soda-sulfito sódico.
- b) Dosaje bajo de drogas, calentamiento a presión por períodos muy cortos: procesos sulfito-bisulfito y bisulfito en base soluble.

En principio podrían utilizarse como bases: sodio, magnesio o amonio, con resultados parecidos, excepto en color, que resulta más oscuro para el último catión (20), (21), siendo preferible la base sódica por comodidad. Aquí no tiene importancia el factor recuperación de reactivos porque el dosaje es intencionalmente bajo y la disolución de materia orgánica resulta incipiente, lo que reduce la contaminación tornando prescindible y eventualmente antieconómico el proceso de recuperación.

Es oportuna la inclusión de un juicio de Laviste en el artículo ya citado que asigna a las pastas mecanoquímicas de latifoliadas el papel de reem

plazante material de las mecánicas de abeto y refiere mejoras concretas de resistencia observadas al usar pastas de álamo a la soda fría, que gran número de fábricas de EEUU han adoptado en fuertes porcentajes. Puede advertirse aquí cierta contradicción con la referencia de Oji Paper Co. en la sección anterior, la que debe aceptarse como una experiencia válida en el marco limitado de las particulares condiciones operativas actuales en la empresa japonesa.

Precedentemente quedaron planteadas cuatro líneas potenciales de proceso en el rango quimimecánico. No se incluyen allí el método al sulfito neutro por considerar que la cinética de la sulfonación a pH 8-11 es demasiado lenta para nuestros propósitos de pulpado corto a presión y además porque la reconocida preservación de hemicelulosas que caracteriza a este proceso puede ser inconveniente desde el punto de vista de la opacidad.

Aunque resultaría interesante el ensayo experimental de los cuatro procesos planteados, limitaciones en nuestro cronograma obligan a eliminar al menos uno de ellos.

A continuación intentaremos una evaluación relativa a través del examen de algunas diferencias sobre parámetros de proceso y propiedades resultantes, siempre desde la perspectiva técnico-económica del papel prensa.

Los procesos a presión atmosférica han sido objeto de experiencia prioritaria para el caso por su aparente simplicidad. Entre ellos es sin duda el de soda fría el más conocido y usado con fines generales.

Aún no están exhaustivamente determinadas las reacciones químicas y fisicoquímicas que tienen lugar durante el tratamiento con soda cáustica, pero bastará a nuestros fines mencionar que se produce una pequeña disolución de lignina -hasta varios puntos- y mayor remoción de hemicelulosas, en particular pentosanos, en reacciones de neutralización y degradación. Se ha estable

cido empíricamente que la reacción global depende de concentración del licor, tiempo, temperatura y la "respuesta" de cada especie (22).

La densidad es un factor preponderante pero no exclusivo en dicha respuesta y Swartz, en el artículo ya citado, establece el siguiente orden descendente para maderas del hemisferio norte: abedul, álamo, "sweet gum", haya, arce y roble. Otras fuentes colocan en último término a la haya.

En general, la resistencia de las pulpas está relacionada al grado de "hinchamiento" de la pared secundaria de las fibras bajo la acción cáustica, mecanismo que facilita la separación de las mismas por vía mecánica en virtud de fatigas que se originan en la interfase con una lámina media menos sensible a la acción alcalina. Revisando las variables de reacción Rydholm (23), establece que aumenta la resistencia hasta niveles del 50% de desgarró y 30% de reventamiento (así como el consumo de soda) al crecer el tiempo hasta 4 horas, la temperatura hasta unos 70°C y la concentración del licor hasta 60 g/lit de HONa, pero bajan el rendimiento -y lo que es de especial interés en este caso- la blancura y opacidad de las pastas. En consecuencia, se recomienda una concentración entre 50 y 25 g/lit como casos extremos, debiendo esperarse un consumo de álcali entre 5 y 10% sobre madera seca, en ajustada correlación con rendimiento.

Aunque se estima que la reacción de hinchamiento es rápida, obviamente la soda debe penetrar totalmente las astillas para ejercer esta acción y en razón de falta de poros en las fibras de latifoliadas y eventual cierre de sus característicos vasos por tilosas, debe asegurarse aquel mecanismo, asignando tiempos suficientes en impregnación natural o recurriendo a métodos de promoción forzada tales como vacío, presión mecánica y/o hidráulica o reducción del tamaño de la astilla a "escamas" o "fósforos".

Profundizando algo más sobre la propiedad que aparece como clave en este proceso: la "blancura" de la pasta, digamos que es muy acentuada la influencia de la especie. Swartz anota por ejemplo brightness de 41% para roble y 55% con eucaliptus Regnans (claros) mientras en un estudio sobre 30 especies de latifoliadas nativas de Filipinas, sometidas a proceso uniforme, encontramos un rango desde 26% hasta 54% con predominio de valores entre 35 y 40% (24). En términos generales, es éste el mayor obstáculo que se opone al uso de altas proporciones de soda fría en papel prensa, con el agravante del tono amarillento que predomina en la mayoría de los casos y que señalamos como un defecto en el ensayo de fabricación de papel prensa con pasta a la soda fría por el método MM en Alemania, ya citado. El blanqueo con peróxido de las pastas, logra sensibles mejoras en color y a veces en resistencia, pero reduce en todos los casos la opacidad, aumenta el costo y a veces no elimina el amarilleo.

Tratando de contrarrestar los aspectos negativos y dado que ellos están en directa conexión con el porcentaje de soda, se ha reemplazado modernamente parte de este reactivo por sulfito sódico, dando lugar al proceso soda sulfito en frío. Mencionemos que para los empastes que usan mezclas binarias, ésta es la alternativa casi obligada y que en cualquier caso, está ganando predominio sobre la soda fría aplicada a papel prensa.

De los aspectos teóricos del proceso soda-sulfito podría decirse que están menos definidos aún que los del proceso anterior. En efecto, no conocemos estudios sobre la acción del sulfito neutro entre 30 y 90°C, y la única segura es la tamponante que limita algo el pH. El hecho experimental reiterado es que se preserva la resistencia con mejora del color y opacidad, y ello quedará documentado con la mención de varios antecedentes:

- La empresa Blandin Paper Co. de los EEUU de Norte América (25), operando sobre álamo hizo una larga serie de ensayos de quimimecánicas a la soda fría y al sulfito de sodio por separado, ambos a baja temperatura, comprobando que ambos daban pulpas bien desfibradas, pero la primera tenía baja opacidad y buena resistencia, efecto que se invertía en la segunda. Ello condujo a experimentos en planta piloto de una mezcla de soda y sulfito cuyos resultados favorables llevaron a adoptar dicho método en escala comercial, confirmándose en ambos casos que al aumentar la proporción de soda cáustica, aumentaban desgarró y reventamiento mientras de crecían opacidad, brightness, volumen específico, "blanqueabilidad" y energía de desfibrado. Las condiciones de operación comerciales finales fueron: impregnación en digestor continuo M-D durante 15 minutos a 77°C y presión hidráulica de unas 7 atmósferas con un licor de 15 g/lit de sulfito sódico y 0,8-1,4 g/lit de soda cáustica, resultando de ello pastas con 56-64% de desgarró, 88-90% de opacidad y 67-71% de brightness luego de blanqueadas con 0,75% de agua oxigenada.

- Una ligera variante a tal operatoria se experimentó luego en la fábrica Combined Locks en EEUU de Norte América (27). También sobre álamos se trabajó en el mismo tipo de digestor y a temperaturas de 80-90°C, pero a presión atmosférica durante 30 minutos, con lo que además de simplificar el sistema se obtuvo mayor brightness. Según los datos de planta piloto, la ganancia fue de 2-3 puntos en el nivel de 56%, para un dosaje de aproximadamente 2% de sulfito y 2,2% de soda.

- Como último antecedente cualitativo mencionaremos el cereano correspondiente a los ensayos de Proinpa que al adoptar para el pretratamiento de las astillas la mezcla soda-sulfito tuvo en cuenta expresamente la ganancia de brightness inherente a dicha variante.

En nuestro caso, con especies prácticamente inéditas mezcladas, resulta imposible predecir cuál será, en el balance resistencia versus opacidad y brightness el aspecto más desfavorable. Por lo tanto parece prudente ensayar las dos variantes de proceso a baja temperatura revisadas.

Quedan por considerar las alternativas quimimecánicas propuestas como procesos rápidos a alta temperatura sulfito-bisulfito y bisulfito 100%. En los últimos tiempos se ha incrementado el interés sobre los proc.ácidos en rango de rendimiento muy alto, aplicados a ciertos usos específicos. Ya en conferencia realizada por la FAO en 1961 en Méjico, el ingeniero argentino Tortorelli menciona ensayos favorables realizados en dicho país aplicables al papel de diarios (27).

Tales métodos prometen en general buen color y otras propiedades acordes a la carga termoquímica que se aplique, subiendo resistencia con ella pero afectándose opacidad.

La reacción química fundamental en ambos casos es la sulfonación de los núcleos fenil-propano de la lignina, con mayor velocidad a medida que desciende el pH. Ensayos de laboratorio y planta piloto sobre el SO₂ reaccionado con la pasta, mostraron grados de sulfonación del 20% para rendimientos en pasta del 94% o más, lo que indicaría que la lignina sulfonada no se solubiliza, sino que sólo se ablanda al punto de reducir muy sensiblemente la energía de desfibrado (28). En el mismo artículo se informa sobre las siguientes condiciones de proceso usadas en una fábrica americana: 15' de tratamiento a 138°C y 6 atmósferas efectivas, con licor de sulfito-bisulfito aproximadamente 4:1 (pH 6,8) con 56 g/lit expresados como sulfito sódico. Sobre álamo se obtuvieron valores de 43,2% de desgarró y 9,7% de explosión y brightness de 47,5% que se elevó a 68% con peróxido, dando opacidad superior a 92% en pulpa cruda y 87% en blanqueada.

Otro ejemplo del proceso sulfito-bisulfito se menciona paralelamente en la misma fuente: una instalación industrial de Stora Koparbergs en Suecia que produce pulpas de abedul para uso sin blanquear en papel de diarios. Las astillas se vaporan, se prensan y absorben el licor pH 7,3 al expandir y se tratan en digestor continuo vertical en fase vapor. El consumo de reactivos es del 8-10% como sulfito sódico, con un rendimiento del 89% en digestor. El brightness con madera fresca es 65% y baja a 57% con estacionada. La resistencia es muy buena pero la opacidad deficiente y se usa en mezola terciaria con alto porcentaje de mecánica.

En tren de elección de rango de pH único para ensayar el proceso, creemos conveniente inclinarnos por uno intermedio por razones de mayor universalidad y esperando a la vez reducir eventuales problemas de impregnación de astillas con licores, que estimamos más agudos a medida que aumenta la acidez, hasta el máximo representado por el método al bisulfito en pH aproximadamente 4,5.

Quedan en consecuencia preseleccionados como métodos a ensayar individualmente sobre especies forestales del monte isleño espontáneo, en el mayor rango de rendimiento compatible con las propiedades buscadas, los procesos quimimecánicos soda y soda-sulfito a baja temperatura y sulfito-bisulfito a presión.

Concluiremos este examen de aspectos tecnológicos de las pulpas de latifoliadas a aplicar en papel prensa, tratando de determinar una metodología para la fijación de los valores mínimos de resistencia mecánica exigibles a las mismas, de modo que se acerquen en el empaste final a los niveles que fija la reglamentación argentina.

Ya se ha destacado previamente, las diferencias profundas que supo-

nen determinaciones de resistencia entre hojas hechas a mano y los papeles comerciales fabricados a gran velocidad. La dificultad aumenta cuando se quieren establecer relaciones entre el papel comercial y los componentes de la mezcla de pastas vírgenes que lo integrarán.

En la práctica se ha encontrado cierta aproximación entre los valores de la mezcla final y los calculados según ley de mezclas simples. La Tabla n° 3 recopila los valores correspondientes a tres casos en los que puede apreciarse que el valor así calculado resulta siempre inferior al real en lo que respecta al desgarró, mientras ocurre lo inverso para tracción y reventamiento, que se rigen por distintos mecanismos. Es interesante que el mismo comportamiento se verifique para mezclas binarias: pastas químicas mecánicas y para terciarias integradas por químicas -mecánica alcalina de piedra- soda fría. Por otra parte, las diferencias anotadas están dentro de un orden aceptable a nuestros fines a falta de otro recurso.

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Determinada la existencia de un mercado nacional de magnitud suficiente como para permitir la instalación de plantas elaboradoras de papel prensa de escala rentable y teniendo en cuenta que al iniciarse las gestiones para la realización del estudio, sólo estaba en montaje la primera etapa de autoabastecimiento que cubriría un tercio de la demanda, el Consejo Provincial de Desarrollo de la Provincia de Santa Fe, solicitó al Consejo Federal de Inversiones la financiación de un estudio que permitiera dilucidar la posibilidad de utilizar los recursos fibrosos nativos del Norte de la Provincia para la elaboración de dicho producto.

El estudio fue dividido en dos partes: la primera de ellas debería elaborar el inventario cuali-cuantitativo de la región en principio apta para proveer la materia prima fibrosa en base a la interpretación de las fotografías aéreas disponibles.

La segunda parte del estudio, motivo del presente informe, debía realizar los estudios de laboratorio y escala reducida para determinar la aptitud tecnológica de dichos recursos fibrosos. Por lo tanto el objetivo general de esta parte era determinar las especies forestales y las condiciones de proceso que se adecuaban a las exigencias técnico-económicas del papel para diarios para una planta industrial hipotéticamente ubicada en la costa del río Paraná, en el Norte de la Provincia de Santa Fe.

Los antecedentes aportados permitieron definir una serie de premisas metodológicas:

- El estudio sería de carácter preliminar y se desenvolvería de preferencia en el ámbito técnico sobre la base de estudios expe-

rimentales en pequeña escala.

- Se remarcó la necesidad de integrar las conclusiones de aptitud tecnológica con las disponibilidades forestales para emitir juicios sobre prefactibilidad del proyecto.
- Los ensayos tecnológicos comprenderían estudios de laboratorio sobre morfología fibrosa y composición química de las especies, y corridas de laboratorio y escala reducida dentro de un ámbito de pulpado restringido por las características del producto final.
- Las conclusiones de esta etapa tendrían carácter necesariamente limitado ya que los ensayos favorables a escala reducida tienen el valor de aporte necesario pero no suficiente.

La imposibilidad de contar con el inventario forestal en el momento de iniciar el estudio nos obligó a realizar una selección previa de especies.

Esta preselección se hizo en base a la información disponible en cuanto a calidad, disponibilidad y/o accesibilidad de las distintas fuentes de materia prima fibrosa y considerando las particularidades de los procesos de pulpado a aplicar y el tipo de producto final planteado.

S E C C I O N I I

ANALISIS DE LAS ESPECIES

(TRABAJOS DE LABORATORIO)

PARTE EXPERIMENTAL

Programa sintético de Trabajo

El estudio fue dividido en una serie de etapas como paso previo para la elaboración del plan analítico de trabajo,

Dichas etapas a grandes rasgos fueron:

- a) Recopilación de antecedentes y selección previa de especies y procesos de pulpado.
- b) Etapa experimental a nivel de laboratorio y planta piloto, evaluación de pastas celulósicas obtenidas en escala reducida;
- c) Selección de parámetros finales, formulación del empaste definitivo, elaboración de conclusiones.

La recopilación de antecedentes comprendió la información local, nacional y extranjera que dieran fundamento a la selección de especies y procesos de pulpado aptos en función de los excepcionales requerimientos del producto final planteado.

Realizada la selección previa de especies se procedió al estudio de sus características físicas y morfológicas como así también la composición química.

A partir de las conclusiones que se derivaron del análisis de los resultados de estos estudios de laboratorio, se pasó a la etapa de pulpado en escala reducida aplicando tres procesos diferentes en el rango quimimecánico.

Del pulpado individual y evaluación de las pastas resultantes de cada una de las especies seleccionadas previamente, surgió el método de pulpado más satisfactorio y se pudo restringir o desechar el uso de algunas maderas.

El paso siguiente fue formular una mezcla que, por un lado fuera repre

representativa de los porcentajes relativos en que se encuentra cada especie en su habitat natural, y por otra parte, fuera función de la respuesta de cada una de las especies a este tipo de pulpado.

Esta mezola fue procesada por el método seleccionado variando algunos parámetros operativos con el objetivo de mejorar la "blancura" de las pastas. Con este objetivo se procedió a aplicar una etapa de blanqueo con bajo nivel de peróxido.

A través de estas variaciones se lograron y superaron los requerimientos prefijados en cuanto a blancura y resistencia.

De esa preoptimización surgieron los parámetros operativos definitivos para esta escala, con los que se procesó una nueva partida que fue mezclada con dos porcentajes diferentes de pasta de fibra larga.

Seleccionado el porcentaje de fibra larga más adecuado se realizó el análisis de las propiedades del "papel prensa de laboratorio" así obtenido y se elaboraron las conclusiones finales de prefactibilidad técnica, las que integradas a los restantes elementos de prefactibilidad permitieron formular las conclusiones generales del estudio.

PRESELECCION DE ESPECIES

Como se dijo anteriormente, la imposibilidad de contar con el respectivo inventario forestal al momento de iniciar el estudio, obligó a realizar una selección previa de especies en base a la información disponible, entre las que cabe citar la escasa bibliografía existente sobre la composición del monte isleño y fundamentalmente a partir del propio conocimiento complementa

do por una serie de consultas ante el Ministerio de Agricultura y Ganadería, empresas privadas de cabotaje que operan en la zona y personas que viven en la región.

En esta selección previa se tuvieron en cuenta una serie de elementos de evaluación entre los que mencionaremos:

- a) Especies existentes en el monte isleño
- b) Cantidad relativa
- c) Accesibilidad
- d) Densidad
- e) Color
- f) Adaptabilidad a los procesos de pulpado
de muy alto rendimiento
- g) Aptitud para el producto final planteado.

Todos estos elementos nos llevaron a elegir en primera instancia y hasta tanto se contara con el inventario, que podría vetar o agregar nuevas especies, a las siguientes:

- Sauce Criollo
- Laurel
- Aliso del Río
- Curupí
- Timbó Colorado
- Timbó Blanco
- Seibo
- Ingá
- Canelón
- Sangre Drago

Creemos conveniente incluir aquí las características más importantes de estas diez especies, para lo cual se siguió preferentemente el texto básico de Tortorelli (29).

Sauce Criollo (*Salix humboldtiana*)

Es la única especie indígena de la familia de las salicáceas. Aparece de preferencia en las márgenes de ríos y arroyos, suele formar densos repoblados naturales sobre arenas húmedas.

Presenta albura blanca y duramen blanco-résáceo claro. Es madera liviana. Puede llegar a tener hasta 18 mts. de altura y 1,40 mts. de diámetro.

Vale mencionar que en función del producto final planteado por este estudio, los ejemplares jóvenes son los más apropiados por tener menor proporción de duramen que es la zona que podría impartir color a la pasta.

Laurel (*Nectandra falcifolia*)

Nombre vernáculo "Laurel del Río" o "Laurel de Isla", tiene preferencia cerca del agua. Es una de las especies constitutivas del monte en galería, conjuntamente con el Aliso del Río, Ingá, Timbó Blanco, Seibo, etc. Normalmente es un árbol de 3 mts. de altura y 15 cms. de diámetro -aunque conocemos ejemplares de 60 cms.-; es de crecimiento rápido.

Sin mayor diferencia entre albura y duramen de color amarillo claro. Es madera blanda de densidad media. No tiene aplicaciones maderables por su escasa magnitud, lo que no sería inconveniente como materia prima celulósica.

Aliso del Río (*Tessaria integrifolia*)

Aparece en las orillas de ríos y arroyos, donde suele formar verdaderas masas de vardascal y latizal muy densos.

Es un árbol pequeño de 2 a 8 mts. de altura y llega hasta unos 20 cm de diámetro. Es de crecimiento rápido y escasa longevidad.

No presenta mayor diferencia entre albura y duramen, ya que ambas son de color blanco. Es muy liviana. Estos dos elementos, clara y muy liviana, junto al hecho de no ser utilizado para otros fines la hace especialmente apta a los nuestros.

Curupí (*Sapium haematosperum*)

Es un árbol pequeño que mide de 5 a 9 mts. de altura y 12 a 40 cms de diámetro. Es de crecimiento medio y escasa longevidad. Albura blanca rosácea y duramen pardo oscuro a castaño. Madera muy liviana. Rico en exudaciones gomosas, se denomina por ello también como "lecherón".

Timbó colorado (*Enterolobium contortisiliquum*)

Árbol muy grande de fuste recto y tronco de hasta 30 metros de altura y 1,60 mts. de diámetro, en formaciones densas que constituye rápidamente masas arbóreas. Albura blanco amarillenta y duramen castaño rosada. Es madera liviana. Debido a la coloración del duramen, para nuestros fines serían preferibles los ejemplares jóvenes.

Timbó blanco (*Arthrosamea polyantha*)

Es un árbol de fuste un tanto irregular de crecimiento rápido. Escasa diferencia entre albura y duramen, ambas de color blanco amarillento. Es

madera de densidad media. Su color claro lo hace especialmente apto a nuestros propósitos.

Seibo (*Erythrina crista-galli*)

Crece muy bien, aunque generalmente aislado a orillas de ríos y arroyos participa en las formaciones en galería. Tiene fuste muy tortuoso y corteza muy gruesa. Arbol de hasta 12 mts. de altura y 50 cm de diámetro. Posee madera de albura y duramen blanco amarillento muy liviana y blanda.

Ingá (*Inga uruguensis*)

Crece en las formaciones en galería. Es de fuste recto y crecimiento medio. Albura ocrácea y duramen rosado. Madera moderadamente pesada. Su color la hace particularmente apta para nuestros fines.

Canelón (*Rapanea lorentziana*)

Es un árbol que puede llegar a tener de 8 a 12 metros de altura y 40 cm de diámetro, es de tronco recto y madera clara y semidura. Posee poca corteza.

Sangre drago (*Croton urucurana*)

Arbusto que crece hasta alcanzar unos 5 metros de altura y unos 20 a 25 cm de diámetro. Troncos rectos y corteza fina. Madera clara, sin duramen y muy blanda.

significado en función de los procesos de pulpaado a intentar y del producto final propuesto.

Las técnicas utilizadas para estos análisis fueron en todos los casos las dadas por TAPPI (32). Cabe aquí la aclaración de que estas normas han sido desarrolladas especialmente para maderas del hemisferio norte y en nuestro caso estamos frente a un grupo de especies que se diferencian en muchas características y/o propiedades de aquéllas. Cuando los resultados obtenidos se alejaban sensiblemente de los esperados, aun cuando los duplicados se asemejaran, se reiteraron los ensayos hasta asegurarnos que los valores correspondían a lo que estas maderas podían responder frente a esas técnicas.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS

El material de partida para estas observaciones fueron discos de unos 2 cm de espesor, tomando las muestras de diferentes troncos y distintas localizaciones dentro de cada tronco.

El porcentaje de corteza se determina en volumen midiendo el área ocupada por cada porción y en peso separando xilema de corteza, llevando ambas a sequedad y pesando.

Las determinaciones de densidad básica de la madera (peso seco a estufa/volumen verde) se realizaron siguiendo los lineamientos dados en la norma TAPPI T 18 m - 50, con algunas modificaciones para adaptarla a nuestras facilidades pero sin alterar los principios fundamentales de la citada técnica .

Se realizaron una serie de observaciones que no responden a norma específica alguna y por lo tanto no cuantificables en valores absolutos, no obstante ello es interesante presentarlas por su incidencia en la potencial aptitud de las diferentes especies. Entre ellas cabe citar el color de la madera, la presencia de duramen, el estado sanitario, los diámetros mínimos y máximos, la velocidad de crecimiento, etc.

En general todos los troncos ensayados y procesados cumplían con los requerimientos de diámetro mínimo y máximo aptos para la industria celulósica, como también en cuanto a su sanidad aparente.

La madera en general y estas especies en particular tienden a oscurecer durante el almacenamiento debido a efectos tales como oxidación, radiación, etc., además, en algunos casos, si la madera verde no es convenientemente secada tiende a hongearse, siendo este fenómeno de carácter superficial y por lo tanto no crítico.

A partir del diámetro de los troncos y del número de anillos anuales se pudo establecer una estimación de velocidad de crecimiento, siendo ésta de buena a aceptable para la mayoría de las especies ensayadas.

Siendo el color de la madera un elemento de peso en la evaluación de aptitud papelera es que se seleccionaron las especies más claras de las existentes en el monte natural del ambiente isleño del Paraná Medio. En los casos de existencia de duramen coloreado se prefirieron los ejemplares jóvenes para obviar en parte este inconveniente. Cumplida esta condición y aplicando un proceso de pulpado que no oscurezca ostensiblemente el producto obtenido se evitarían los blanqueos drásticos, que evidentemente tendrían una repercusión económica y técnica negativa.

Otra de las características de peso en la aptitud de estas especies es la densidad de su madera. De la Tabla N° 4 se deduce que ninguno de los valores obtenidos se aleja de nuestros requerimientos, tal como era de esperar teniendo en cuenta el ambiente donde se desarrollan.

En el rango más bajo ubicamos al Seibo y Sangre Drago, en un rango medio a Timbó Colorado, Curupí, Sauce Criollo y Aliso, quedando para el rango superior Laurel, Canelón. Ingá y Timbó Blanco.

La densidad de la madera ha sido vinculada con las propiedades de las pulpas resultantes, afectando favorablemente los rendimientos y negativamente la resistencia. En nuestro caso adquiere aun mayor importancia porque puede afectar la etapa de impregnación, con la que estará inversamente relacionada al igual que con la energía necesaria para el desfibrado mecánico.

De lo expuesto se deduce que desde el punto de vista de las características macroscópicas todas las especies ensayadas cumplen en principio con los requerimientos del tipo de proceso de pulpado a aplicar y del producto final planteado. Quizás sea necesario desde ya adelantar que el Seibo por la forma ondulada de su periferia y gran porcentaje de corteza dificultará el descortezado mecánico.

MORFOLOGIA

Estas observaciones se hicieron para identificar las diferentes especies, determinar la existencia de elementos no fibrosos y obtener valores de dimensiones de fibras individuales, intentando encontrar algún tipo de correlación entre estos caracteres físicos y las propiedades mecánicas y ópticas de las pulpas resultantes.

La determinación de rango y longitud de fibra se realizó según técnicas propias que se basan en la lectura de por lo menos 200 fibras separadas por desfibrado de la madera en solución de Jeffrey y/o con ácido acético + agua oxigenada de acuerdo a la respuesta de cada especie.

La determinación de diámetro de fibra se realizó sobre los mismos preparados de medición de longitud de fibra y sobre cortes transversales de unos 15 u de espesor, previo ablandamiento de la madera en glicerina y alcohol, coloreando los cortes con safranina. Dichos cortes fueron obtenidos con un micrótopo Leitz de cuchilla deslizante y observados con aumentos del orden de 600 X. Cabe citar que en los mismos no se detectó la presencia de tilosis.

Las mediciones de espesor de pared se realizan sobre los cortes de 15 u de espesor, con aumentos de 600 X, los valores promedios son estimaciones.

El número de vasos por mm^2 de sección transversal se realizó con aumentos del orden de 100 X siguiendo los lineamientos dados por FAO (31).

Cabe citar que el intento de relacionar los valores de propiedades físicas con las cualidades mecánicas y ópticas del producto final estará afectado por dos dificultades fundamentales:

- (a) la literatura técnica sobre el tema es abundante pero altamente conflictiva, con excepción de unas pocas conclusiones generales.
- (b) en su casi totalidad dichos estudios se refieren -como es lógico- a pastas bien deslignificadas, en las que la fibra celulósica ha alcanzado su punto de liberación espontáneamente y opera sin enmascaramientos físicos o químicos de la red fibrosa.



La única conclusión segura en el primer caso, según resume Dinwoodie en su revisión crítica sobre el tema es que los tres principales factores que controlan la resistencia del papel son densidad, longitud y resistencia intrínseca, todos referidos a la fibra (33).

Como en nuestro caso no se operará en el rango químico de pulpado, aun estas pocas conclusiones seguras carecen de validez. Debemos guiarnos en consecuencia por antecedentes aislados que se refieren a pulpas de muy alto rendimiento, afrontando sus limitaciones.

Marton y asociados revisaron la calidad de pastas mecánicas de álamo y abeto en función de la morfología de dichas maderas (34), concluyendo que la longitud de fibra original de las especies usadas no tiene influencia en la resistencia y propiedades ópticas de las pastas mecánicas resultantes, siendo por el contrario el ancho de fibra, espesor de pared y densidad de fibra los factores dominantes, porque ellos influyen la forma de separación entre las partículas en los molinos desfibradores y porque afectan el porcentaje de exposición de lámina media de las mismas o sea de la capacidad de unión interpartículas.

Se entiende que un proceso mecánico con preparación hinchante difiere algo del caso anterior, ya que el espesor de pared afectado por "swelling" y las tensiones que se crean frente a la lámina media inerte, constituye una variable extra de singular importancia y en la medida que se haya preservado la estructura fibrosa durante el proceso mecánico posterior, puede adquirir importancia la longitud original de fibra.

Los investigadores filipinos Nicolás y Navarro (24) evaluaron a la soda fría 30 especies de latifoliadas, 3 de coníferas y 4 bambúseas, y

aunque no intentaron la correlación, informan sobre ciertas características morfológicas de cada madera.

Cuando se comparan las resistencias mecánicas de sus pastas, que los autores dividen en tres grupos: alta, media y baja resistencia, con los valores de medición de fibras obtenidas, puede comprobarse:

- (a) en el grupo de mejor resistencia tenemos especies de latifoliadas de las mayores longitudes de fibra (1,59-1,43 mm), pero también de las menores relativas (0,87-1,06) y viceversa para las peores resistencias donde se dan longitudes de 1,5 y 1,48 mm.
- (b) la influencia del ancho de fibra o espesor de pared tampoco aparece clara. En el rango de 20 a 30 u de ancho y 4-5 u de espesor de pared, que es el medio, se dan ambos extremos de resistencias y hay casos excepcionales de fibra con la mayor densidad (28 u de ancho y 8 u de lumen = 10 u de espesor de pared) dando pastas de la peor resistencia.

No hay duda que la acción del hidróxido genera respuestas no previsibles, cuyo origen por ahora escapa a un estudio teórico.

Por otra parte, la presencia de elementos no fibrosos, como vasos y células parenquimáticas, todos de difícil cuantificación, aparece como una variable o incertidumbre extra.

Puede concluirse en principio, que en la medida que pueda mantenerse sin alteración en la pasta la estructura fibrosa original, es decir si el desfibrado no es destructor y la proporción de fibras separadas individualmente es grande, serán favorables a los efectos de mayor resistencia a la tracción y desgarró aquellas morfologías fibrosas de la mayor longitud y densidad de fibra, que cuenten con la menor proporción de elementos

vasculares y parenquimáticos.

En la Tabla n° 4 se resumen los datos de rango y longitud de fibra y del análisis de la misma se puede deducir que existe una especie que se destaca sobre las restantes, el Seibo, con una longitud promedio del orden del mm, mientras que en el extremo inferior ubicamos al Aliso con 0,70 mm. Es decir que desde el punto de vista de longitud de fibra, si bien existen algunas diferencias entre especies, éstas no son muy grandes y si ninguna se destaca en esta propiedad al menos se ubican en rangos que las muestran aptas para nuestro propósito.

Por otra parte, según FAO (31), para la resistencia al rasgado no es tan importante el valor absoluto de longitud de fibra como lo sería la relación longitud/diámetro. Cuando más elevada sea esta relación más elevado será el desgarramiento de las pulpas resultantes.

En nuestras determinaciones hemos establecido tres rangos para esta relación, Tabla n° 5. En la posición más favorable, con más de 50 se ubican Seibo, Ingá, Laurel y Timbó Blanco, en un rango medio con relación entre 40 y 50 están Sangre Drago y Sauce Criollo quedando el Canelón, Timbó Colorado, Aliso y Curupí con valores inferiores a 40.

A partir de los valores de espesor de pared y diámetro de fibra se ha deducido la relación de Runkel citada por Dinwoodie (33) que es la relación entre dos veces el espesor de pared al diámetro del lumen, lo que por otra parte sería una medida indirecta de la densidad de la fibra. En la Tabla n° 6 se han resumido estos valores. Según Runkel si se supera un cierto valor en la longitud de fibra y la relación citada es menor a la unidad, la especie es apropiada como materia prima celulósica. Como se

puede ver, todos los valores resultantes caen dentro del rango que las muestra como aptas para ser pulpadas.

En la Tabla n° 7 se dan los valores del número de vasos por mm^2 , de la misma se deduce que existen tres rangos más o menos bien definidos. En el extremo inferior con menos de 10 vasos por mm^2 se ubican Ingá, Sangre Drago, Timbó Blanco y Curupí, en el rango medio, entre 20 y 30 vasos por mm^2 Aliso y Laurel, mientras que en el rango superior ubicamos a Canelón y Sauce Criollo con más de 40 vasos por mm^2 .

Este valor podría estar relacionado positivamente con la facilidad de impregnación por ser los vasos los caminos naturales para la penetración de licores. De estos resultados se podría esperar ciertas dificultades en la impregnación de las cuatro especies citadas en primer término.

Como elemento no traducible en valores absolutos vale la pena citar que en los cortes microscópicos de Timbó Blanco e Ingá se observa un elevado porcentaje de células parenquimáticas no fibrosas, lo que evidentemente tendrá influencia negativa en el rendimiento en fibra que se puede obtener de estas maderas.

Como conclusión general de estas observaciones sobre morfología de las diferentes especies podemos decir que en principio no existe ningún impedimento serio a su utilización como materia prima fibrosa.

ANÁLISIS QUÍMICOS

Partiendo de la base de que el producto final intentado requiere que las materias primas fibrosas sean tratadas por procesos de desfibrado con altos rendimientos, lo que a su vez significa disolución mínima de materia sólida, los análisis químicos efectuados no abarcan el ámbito completo de composición de maderas, sino aquellos ensayos más significativos y cuyos valores podrían dar pautas del hipotético comportamiento de cada especie ensayada frente a dichos procesos.

Es así que se considerará que ensayos tales como alfa-celulosa, cenizas, etc. no aportarían datos importantes a la evaluación encarada. Si, en cambio pueden llegar a tener primordial importancia análisis tales como solubles en agua caliente y extractivos totales, ya que los procesos mecanoquímicos disolverán estos materiales en su gran mayoría, representando esto una merma de rendimiento.

Por otra parte, si dichos extractivos son responsables de la coloración de la madera, pero a su vez son solubles en las condiciones de pulpado a aplicar, su significación puede perder valor como material de interferencia.

Por lo tanto comenzaremos discutiendo los valores encolumnados como solubilidades en la tabla N° 8 que resume los valores de todos los análisis químicos a que fueron sometidas las 10 especies preseleccionadas.

En el caso de solubilidad en agua caliente encontramos que algunas especies muestran valores francamente elevados, como por ejemplo curupí, seibo, timbó colorado, canelén y también sangre drago y timbó blanco aunque en menor medida. No dudamos en calificar esta propiedad como negativa. Dentro de este mismo ensayo vemos que Aliso, Laurel, Sauce criollo e Ingá tienen menores cantidades de solubles en agua caliente, lo que los coloca en una pe-

sición más favorable desde este punto de vista.

En cambio a los solubles totales, es decir la cantidad total de extractivos, se mantienen los órdenes dados para el caso anterior.

Si nos referimos a los componentes principales de la madera vemos que en el caso de la lignina algunas especies muestran porcentajes francamente elevados como son los casos de Laurel, Seibo y Timbó blanco, otra se ubica en un rango normal para este tipo de maderas, el Timbó colorado, mientras que las restantes están evidentemente favorecidas en este aspecto, o sea Aliso, Curupí y Sauce Criollo. Es de aclarar que estos valores no son de ninguna manera críticos para el tipo de proceso de desfibrado y el producto final planteados. Además los contenidos de pentosanos caen en todos los casos dentro de rangos normales para estas especies.

La importancia de los dos ensayos anteriores surge del hecho de que los mismos permiten corroborar en cierta medida los resultados de holocelulosa, la cual representaría el máximo rendimiento teórico de carbohidratos y que son los componentes que en cierta medida intentamos preservar.

En el "review" ya mencionado de Dinwoodie, se concluye que las variables químicas son de menor importancia relativa que los rasgos morfológicos en lo que respecta a propiedades papeleras, con la posible excepción de las hemicelulosas de latifoliadas que a través del grado de unión interfibrilar y flexibilidad de fibra que imparten, pueden jugar un papel decisivo en tracción y reventamiento.

Nuevamente advertimos que este argumento es válido para masas fibrosas bien delignificadas, donde las hemicelulosas se muestran accesibles.

Si recurrimos nuevamente al estudio sobre pulpas a la soda fría de latifoliadas de Nicolás y Navarro, veremos que aparentemente se dan las mejores resistencias para los valores relativos más altos en pentosanos (19-21%) y más bajos de lignina (22-25%) y en el grupo de menor resistencia se ubican

los casos opuestos (10-16% de pentosanos y 28-42% de lignina).

De todo lo expuesto se concluye que, tal como era de esperar de un conjunto tan heterogéneo de especies cuyo único elemento común es el habitat isleño, se dan muy variadas condiciones morfológicas y en especial químicas, con algunos índices aislados totalmente alejados de los promedios aceptados para latifoliadas.

Por lo tanto en lo que respecta a los grandes rubros de composición química, donde cabe señalar variaciones de importancia entre las especies, éstas no revisten la importancia capital que adquirirían en el caso de procesar maderas en el rango químico. En ninguna de las corridas programadas para este estudio cabe esperar mayor disolución de lignina o hidratos de carbono.

Por otra parte el hecho de que se desestime el rango mecánico puro de elaboración de pastas, torna todavía más difícil una tarea de preselección de especies desde el punto de vista del color de las maderas, ya que el color de las pastas no dependerá por completo del original de la madera, afectado por la eventual presencia de durames de tonos intensos, sino que el tratamiento químico constituirá un factor adicional de modificación y por lo tanto de duda. Lo dicho será válido también para el caso de extractivos tipo tánico, gomosos o mucilaginosos que pueden sufrir alteraciones profundas por sulfonación o en medio alcalino, alteraciones que pueden ser favorables o indeseables.

En resumen, dada la difícil cuantificación teórica de las influencias negativas, tanto morfológicas como químicas, se estimó conveniente avanzar una etapa más en el procesamiento de todas las especies, llegando a su pulpa individual en escala reducida para estudiar su comportamiento y poder decidir si existía alguna deseable.

NOTAS COMPLEMENTARIAS

A continuación procederemos a ampliar conceptos técnicos desarrollados en el presente capítulo, en relación a tópicos que pudieran suscitar dudas.

1. Los estudios químico-morfológicos se han realizado sobre dos partidas de madera. Nuestras dudas respecto a variaciones posibles en las propiedades fueron aclaradas por el experto forestal del CFI, Ing. Gómez Smith, quien sostuvo que no podrían diferir sensiblemente las propiedades de iguales especies provenientes del ambiente isleño del norte o centro de la Pcia. Se admite por otra parte que las condiciones de obtención y certificación de las muestras no son ideales, desde que el Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Pcia. carece de infraestructura para su provisión directa desde islas, debiendo entonces recurrirse a acopiadores privados.
2. Con respecto al oscurecimiento de las muestras durante el estacionamiento, nuestra referencia previa se refiere al que sufre progresiva y uniformemente la periferia de la madera oreada, proceso que se asigna a la influencia ambiental (oxidación, radiaciones ultra-violetas) y que afecta en especial a la lignina y algunos extractivos. Se trata de un fenómeno de escasa penetración, y para el caso de troncos su incidencia es despreciable. El manchado puntual en color gris-azulado característico de ataque por hongos, que afectó a las especies menos densas, se combatió oreando el material mediante ventilación forzada, de modo que en ningún caso pudiera afectar en forma sensible el material a pulpar. Esta necesidad de acondicionamiento de las astillas es uno de los motivos que nos impidieron intentar el acopio total del material fibroso en una partida única, lo que hubiera exigido la dotación de cámaras frigoríficas de gran capacidad para detener la acción microbiana.

3. En lo que respecta a análisis químicos, obviamente se han seleccionado para realizar los ensayos muestras de buen estado sanitario aparente. Debe desecharse por lo tanto como causa de altos valores en la solubilidad en NaOH 1%, el ataque por hongos. Las anomalías que se notan con ciertas especies reconocen otras causas, tales como el elevado porcentaje de células parenquimáticas, almacenadoras de sustancias de reserva fácilmente solubles en álcalis (timbó blanco y colorado). En el caso del curupí podría tratarse de extractivos gomosos que constituyen una secreción característica de la especie, también conocida como "lecherón" por dicho motivo.

Cabe además acotar que los ensayos químicos según normas Tappi, no son acumulativos, ni aun para las especies de coníferas del hemisferio norte para las que fueron desarrollados, en razón de su naturaleza empírica y de la indefinición de los compuestos químicos que investiga. Sería por tanto gratuito suponer que puedan ser acumulativos los resultados obtenidos con latifolias del monte espontáneo, tan rica en extractivos. Aquellos valores muy alejados de los corrientes, fueron objeto de especial preocupación y se reiteraron hasta en exceso, a pesar de la demora que ello entrañaba. Por lo tanto nos permitimos asegurar que los índices tabulados son confiables, con las limitaciones que supone la aplicación de normas empíricas no específicas.

SECCION III

TRABAJO EXPERIMENTAL EN PULPADO

(NIVEL DE PLANTA PILOTO)

I - METODOLOGIA DE SELECCION DE PROCESOS Y ESPECIES

Generalidades

Este capítulo describe la puesta a punto operativa y parámetros básicos del pulpado individual de las distintas especies isleñas ya mencionadas, a nivel de planta piloto.

De acuerdo a los objetivos expuestos en la discusión de los antecedentes sobre el tema, estos ensayos debían facilitar la elección del proceso y de las especies más adecuadas para la obtención de una pulpa de fibra corta que reemplace a la pulpa mecánica tradicional en el empaste binario del papel prensa.

Con los tres métodos quimi-mecánicos pre-seleccionados para esta etapa (soda fría, soda-sulfito y sulfito-bisulfito a presión) se procesaron las siguientes especies:

- Sauce criollo
- Timbó blanco
- Canelón
- Ingá
- Laurel
- Sangre drago

Por causas ajenas a este laboratorio no se contó en su momento con el material suficiente para pulpar también las especies de Aliso, Curupí, Timbó colorado y Seibo, recepcionadas recién al final de esta etapa del trabajo.

En consecuencia, la selección del proceso de pulpado se hizo sobre la base de la respuesta obtenida con las seis especies inicialmente mencionadas. De cualquier manera, las cuatro especies de referencia se procesaron por

teriormente por el método elegido a los fines de corroborar y completar el trabajo, y por lo tanto, los resultados obtenidos con ellas también se incluyen junto a las restantes.

Preparación de la madera

Para todas las especies mencionadas, la preparación y acondicionamiento de las maderas siguió un proceso similar. Los troncos recibidos e identificados fueron descortezados en forma manual y posteriormente astillados en una chipera industrial en la planta de Celulosa Moldeada S.A. de Santa Fe.

Las astillas húmedas se dejaron orear al aire hasta equilibrio y finalmente embolsadas para su almacenamiento.

La selección de las astillas, previa a los ensayos, también se realizó manualmente y se redujo a eliminar aquéllas de tamaño anormal para este tipo de procesos, especialmente las de dimensiones transversales superiores a los 6 mm.

Operatoria de etapas básicas

La puesta a punto de las etapas críticas de estos procesos de pulpado: impregnación/digestión, desfibrado y depuración, tiene por objeto desarrollar técnicas prácticas, compatibles con el equipamiento disponible en nuestra Planta Piloto.

El método general observado es el de fijar las variables de cada etapa (tiempo de impregnación, luz entre discos en el desfibrado, número de etapas de depuración, etc.) en forma común para todas las especies (en cada método de pulpado) y seleccionadas de manera de obtener con ellas en cada caso una pasta aceptable y de calidad reproducible a escala industrial. Ello facilita la comparación entre especies y su posterior selección.

El criterio alternativo implicaba adoptar para cada especie, en cada etapa, la variable que mejor se adaptara al material, para obtener la mejor pulpa posible con cada una de ellas. Esta alternativa se desechó porque: a) no es factible de reproducir a plena escala, más aún en este caso donde con seguridad las especies serán procesadas en conjunto más que seleccionadas y pulpadas por separado, mezclando las pulpas obtenidas, b) implicaba una alteración sustancial del tiempo aplicado al programa.

1. Impregnación - Digestión

Se ensayaron distintas variantes de impregnación:

a) "Efecto esponja", sometiendo las astillas a ciclos de compresión y descompresión en presencia del licor de hinchamiento y a temperaturas de 70-80°C. El licor utilizado contenía NaOH en un 5% sobre madera seca y se empleó una relación de licor/madera seca de 3,5-4/1 (concentración aproximada del licor = 14 - 12,5 gpl).

Este método sería fácilmente reproducible a escala industrial mediante el uso de modernas prensas continuas y desde que de hecho ya se lo utiliza con bastante suceso, aparece como una de las alternativas industriales inmediatas más promisorias. Sin embargo debimos descartarlo para los ensayos en nuestra planta piloto debido a que la operación resultaba muy lenta e ineficaz, aparentemente a causa de la insuficiente presión disponible en la prensa con que contábamos al momento (máximo de 50 Kg/cm² efectivos sobre el material).

Las referencias bibliográficas disponibles mencionan presiones de varios cientos de atmósferas.

Teniendo en cuenta que de cualquier manera este licor alcalino está entre los de mayor capacidad de penetración, por sus propiedades "hinchantes", el método se descartó igualmente para los procesos con combinaciones soda-sulfito y sulfito-bisulfito.

b) Inmersión a presión y temperatura ambiente, hasta comprobar penetración total, en un licor de concentración determinada. Siendo esta impregnación espontánea, mediante los cambios de color observados en la zona de fractura de las astillas -ayudándonos en ocasiones con espolvoreo de fenolftaleína- se comprobó que la velocidad de penetración para las especies de mayor densidad y/o astillas de espesor excesivo era marcadamente baja. En consecuencia se adoptó un período de inmersión en licor de aproximadamente 24 horas para todas las muestras.

Las condiciones de proceso definitivas se alcanzaron en una etapa final a presión ambiente y temperaturas de 60-80°C durante 90 minutos.

Con la elevación de temperatura en la última parte del ciclo se pretendía:

- completar el proceso de impregnación acelerando los procesos difusivos.
- acentuar el efecto de "swelling" de los licores alcalinos sobre el material fibroso.

La relación de licor/madera, del orden de 5 - 6/1, se estableció de manera de cubrir perfectamente las astillas.

La concentración en reactivos totales de los licores se elevó hasta 30-50 gpl.

Este método se adoptó finalmente en los procesos a la soda y soda-sulfito, por cuanto se obtenía una buena impregnación con una operatoria sencilla.

Obviamente, el proceso de imbibición a presión y temperatura ambiente,

por un período tan prolongado de tiempo no parece práctico a escala industrial, sin embargo sus resultados serían fácilmente reproducibles, y aun mejorados en ciclos rápidos mediante técnicas de penetración forzada, con presión mecánica y/o hidrostática.

Se fija como parámetro la concentración del licor alcalino y no la carga del reactivo/madera, pues como ya se expresara anteriormente, con este tipo de procesos es aquella la variable controlante. De allí la utilización de elevadas concentraciones iniciales para el licor.

c) Promoción de la impregnación por presión hidrostática. Este procedimiento consiste en mantener las astillas cubiertas con licor, bajo presión de nitrógeno a presiones del orden de 14-16 kg/cm² y a temperaturas de 60-80°C, durante el tiempo necesario para la impregnación.

Se lo utilizó como método de promoción de los licores ácidos al sulfito-bisulfito, con los cuales resulta totalmente ineficaz la imbibición a presión y temperatura ambiente: luego de 72 horas de inmersión bajo un licor de aproximadamente 10 gramos de SO₂ total/litro las astillas aún presentaban un amplio núcleo prácticamente seco.

A este método de impregnación por presión hidrostática le caben consideraciones similares a las que apuntáramos para el método b). Resulta un artificio con el que se logran resultados satisfactorios, pero no parece óptimo, aun a escala de laboratorio o planta piloto, y sin duda a escala industrial deberá reemplazarse por métodos más efectivos. Probablemente en este caso resulte adecuado el vaporado previo a presión, usual en digestores continuos.

2. Desfibrado mecánico

a) Consistencia de la alimentación: teniendo en cuenta las ventajas

del desfibrado a consistencias más altas, como lo señalan las tendencias actuales, se trabajó a la mayor posible en nuestro equipo, esto es, 8 - 10%.

b) Caudal de alimentación, luz entre discos y número de pasadas: se procede por tanteo, tratando de realizar un buen desfibrado, no cortante, en el menor número de pasadas posibles y manteniendo una carga amperométrica constante, de nivel tal que permita la operación estable del equipo en todos los casos.

3. Depuración

Se utiliza un hidrociclón Bauer de 3".

El número de etapas de depuración se determina por tanteos, tratando de separar en todo lo posible el material fibroso de los finos y haces no desfibrados en una reiteración razonable. La consistencia de la alimentación está en todos los casos dentro del margen normal de trabajo del equipo (0,5-0,8%).

Parámetros de procesos

Se sumaria a continuación la operatoria de los distintos procesos de pulpado, detallando las variables utilizadas en cada etapa.

1. Proceso a la soda fría

a) Impregnación

a presión atmosférica y temperatura ambiente por 24 horas seguido de tratamiento a 60°C por 90'.

Reactivo = NaOH/concentración del licor = 50 gpl

Relación de licor = la necesaria para cubrir totalmente el material aun después de la absorción parcial (5-6/1).

b) Desfibrado

Cuatro pasadas por molino S.W. 12" a 8 - 10% de consistencia, a carga amperométrica constante en 35 amp.

Luz entre discos = 4 pasadas a 30, 7, 3 y 2 milésimos de pulgada.

c) Lavado

Sobre cajones provistos de tamiz malla 80, hasta un pH 6,5 - 7 con abundante agua corriente.

d) Clasificación

En centricleaner Bauer de 3", en cuatro etapas en serie. El "rechazo" de la última etapa se pasa nuevamente por molino, con una separación entre discos de 2 milésimos de pulgada y demás condiciones similares al desfibrado inicial. El material obtenido de este tratamiento se depura nuevamente en centricleaner, juntándose el aceptado con el obtenido de las cuatro etapas anteriores. El rechazo de esta quinta etapa constituye el rechazo de la corrida global.

El equipo de clasificación consta de un tanque y bomba de alimentación del centricleaner. Un tanque pulmón recoge el "aceptado" y lo vuelca sobre un espesador estático construido con una tela de 80 mallas, inclinada 45-50°, donde el material alcanza normalmente una consistencia del 4-6%.

2. Proceso a la soda-sulfito

a) Impregnación

Método operativo totalmente análogo al de soda fría.

Reactivo = NaOH - SO_3Na_2 / concentración del licor = 20 gpl HONa y 30 gpl SO_3Na_2 .

temperatura de la etapa final de reacción = 80°C

b); c); d) desfibrado, lavado y clasificación, totalmente análogo al proceso a la soda fría.

3. Proceso al sulfito-bisulfito a presión

Todo el proceso de impregnación y cocción se llevó a cabo en un digestor Weverk, de 15 lts. de capacidad, rotativo, calefaccionado eléctricamente y con válvulas de admisión para vapor directo, manómetros y termómetros de control. El recipiente es de acero inoxidable.

La secuencia de operación es la siguiente: se carga el digestor con las astillas, más el licor en una cantidad tal que se llene totalmente el recipiente; se calienta la masa hasta la temperatura de impregnación, 80°C, mediante la calefacción eléctrica, y luego, a través de una válvula se admite N_2 hasta la presión de trabajo, 15 kg/cm². La temperatura se mantiene durante todo el siguiente período mediante la calefacción eléctrica. Al final del ciclo de impregnación, se alivia el N_2 y se retira el licor en exceso para obtener una relación licor/madera más baja durante el período posterior de digestión. Finalmente, conectado el digestor a la cañería correspondiente, se inyecta vapor a la presión de 8 kg/cm².

a) Impregnación

Carga: 1500 grs madera seca

Relación licor/madera seca = 6:1

Concentración del licor: 7,15 gpl SO_3Na_2 ; 7,15 gpl SO_3HNa (8,08 gpl SO_2 total)

pH licor = 6,5 - 6,7

temperatura = 80°C

presión de N_2 = 15 kg/cm²

tiempo = 90'

b) Digestión

Relación licor/madera seca = 3,5:1

Temperatura digestión = 170°C

Concentración del licor = 8 gpl SO₂

Tiempo hasta 170°C = 5'/tiempo a 170°C = 20'

SO₂ total en licor residual = 0,8 - 1,5 gpl

pH final licor = 4,3 - 4,8

c) Lavado

Totalmente análogo al proceso a la soda fría; el lavado se realiza inmediatamente después de la digestión.

d) Desfibrado

en molino S.W. 12", a 6 - 8% consistencia/ 35 Amp., en tres pasadas a 30,7 y 3 milésimos de pulgada.

Control de procesos

El control y seguimiento de todos los ensayos, incluyó la determinación de la pureza de las drogas utilizadas en la preparación de licores frescos, todos de grado técnico, así como de la dosificación de licores blancos y residuales:

- Determinación de álcali activo y pH en los licores a la soda y soda-sulfito.
- Determinación de pH y SO₂ total en los licores soda-sulfito y sulfito-bisulfito.

La determinación de álcali activo (TAPPI T 625 m-48) y pH se realizó en forma potenciométrica mediante el auxilio de un pH-metro marca Metrohm.

La valoración de SO_2 total siguió en líneas generales la técnica TAPPI T 604 m-45.

Las operaciones de desfibrado y clasificación fueron controladas sistemáticamente mediante observación microscópica con una lupa binocular estereoscópica Leitz.

De cada pulpa obtenida se realizaron hojas de ensayo, sobre las que se determinó en nuestro laboratorio el grado de "blancura". El equipo formador de hojas usado es de fabricación nacional, tipo Rapid Koten, y el brightness se midió con un equipo Photovolt.

Autoimposición de topás mínimos en propiedades físicas

Como punto de partida consideramos conveniente a nuestros fines específicos establecer en este momento valores patrones de resistencia mecánica y propiedades ópticas para las pulpas de especies individuales, como autolimitación que dé fundamento cualitativo a su preselección.

En un capítulo anterior sugerimos una metodología de aplicación al caso, basada en la aplicación de la ley de mezclas que en confrontación de Swartz en el artículo ya citado conducía a valores teóricos de desgarramiento inferiores a los experimentales, mientras tracción mostraba tendencia opuesta, cuando se aplicó al empaste tradicional. Con mayor aproximación a nuestro caso, encontramos citas de Pearson sobre empastes que incluían mecanoquímicas a la soda fría, para los que se comprobaron respuestas parecidas. Es lamentable que el estudio de Proimpa no discrimine las resistencias de los integrantes individuales de la mezcla final, por ser un empaste binario con soda-sulfito de fibra corta.

Partiremos entonces de los valores que deseamos alcanzar con la mez-

cla, representados por los exigidos en papel prensa y de la resistencia usual de una kraft de pino semiblanqueada, que integrará el 20% de aquélla. La reglamentación argentina fija 45% de desgarró y 3000 mts de tracción, y si aceptamos para una buena pasta de pino poco refinada los valores de 150% y 4000 mts. respectivamente tendremos para nuestras mecanoquímicas:

$$\text{Factor de desgarró} = 45 - 0,2 \times 150/0,8 = 19\%$$

$$\text{Longitud de rotura: } 3000 - 0,2 \times 4000/0,8 = 2750 \text{ m}$$

En consideración a la importancia capital del resgado en papel prensa, adoptamos conservativamente para nuestras pastas: 40% de desgarró y 3000 m de tracción.

En cuanto a las propiedades ópticas, la consideración del escaso aporte que en cuanto a brightness puede realizar la pasta kraft semiblanqueada, y su efecto negativo en opacidad, invitan a elegir valores que como mínimo satisfagan la reglamentación vigente (52% de brightness y 86% de opacidad).

Adoptamos:

- Brightness 52%
- Opacidad 90%

Aquellos valores serán los índices que consideraremos standards para la evaluación relativa de las especies procesadas, a que procederemos a continuación.

II - SELECCION DE PROCESOS

(Pulpado individual de seis especies según tres métodos)

RESULTADOS EXPERIMENTALES

1. Respuesta a los métodos de impregnación y tratamiento químico

Para los dos métodos alcalinos, soda y soda-sulfito las técnicas de impregnación dieron resultados francamente positivos.

Aún antes de la etapa final en que se incrementa la temperatura, los chips se presentan bien embebidos y fáciles de abrir manualmente, incluso las especies más densas, Ingá, Laurel y Timbó Blanco, en los que se nota una mayor resistencia relativa. Estas apreciaciones se corroboran durante las primeras etapas del desfibrado, donde no se observó en la pasta resultante haces o núcleos resistentes ("nudos"), tal como ocurre normalmente con los chips irregularmente impregnados.

La mayor resistencia al desfibrado de las tres especies más densas también parecía evidente, ya que trabajando a consistencia y luz entre discos constantes, el operador normalmente disminuye en estos casos la velocidad de alimentación para poder mantener la carga amperométrica en el valor preseleccionado.

No ocurre lo mismo con el proceso sulfito-bisulfito, donde si bien la impregnación puede considerarse satisfactoria, para los medios de promoción disponibles en nuestra planta piloto, se nota en muchas astillas, especialmente las de mayores dimensiones longitudinales y transversales, un pequeño núcleo insuficientemente impregnado. Dada la rápida elevación de temperatura obtenida durante la etapa a presión, estos núcleos no desaparecen sino que por el contrario se hacen más evidentes, tomando un fuerte to

no oscuro como resultado de reacciones indeseables.

Nuevamente aquí resultan más perjudicadas las especies densas antes nombradas.

2. Resultados en desfibrado y clasificación de pulpas

La observación microscópica de las seis pastas obtenidas a la soda y de las diez procesadas a la soda-sulfito, antes de la clasificación, no arroja diferencias apreciables en el grado de desfibrado de las distintas especies. Las pulpas muestran en general un tratamiento adecuado, con muy pocas fibras rotas o dañadas y bajo porcentaje de haces fibrosos, la mayoría paquetes de no más de cuatro o cinco fibras.

En el caso de las pulpas ácidas sulfito-bisulfito, las especies densas Laurel, Ingá y Timbó Blanco presentan aún algunos haces fibrosos de mayor longitud que, incluso por su coloración relacionamos inmediatamente con los núcleos mal impregnados citados anteriormente.

La lupa muestra además, en todas las pulpas de las especies Ingá, Timbó Blanco, Gurupí y muy especialmente en Canelón y Seibo un porcentaje muy elevado de células no fibrosas (elementos de vasos, células parenquimáticas, etc.) que se presentan sueltos, en diversos grados de destrucción o formando agrupamientos de hasta más de 30 unidades.

Estas cinco especies nos presentaron problemas de clasificación, graves en el caso del Canelón y más aún en el Seibo, por la tendencia del material no fibroso al que aludimos, a pasar a la fracción "aceptado" al mismo tiempo que resultaba difícil separar las fibras desde el "rechazo" en las sucesivas etapas de la depuración.

Como consecuencia, los productos de la clasificación de estas pulpas exhiben importantes diferencias respecto a las restantes: "aceptados" con porcentaje relativamente alto de material no fibroso; rechazo constituido fundamentalmente por el mismo tipo de material, con pocos haces fibrosos y una cantidad anormal de fibras sueltas.

La forma en que se presenta el material no fibroso difiere sin embargo de una pulpa a otra. En el caso de Ingá, Timbó Blanco y Curupí, la mayor parte de las células están sueltas y muy degradadas por el tratamiento mecánico. El Canelón muestra un mayor número de "paquetes" celulares, y en el Seibo, éstos son francamente dominantes y de grandes dimensiones.

La cantidad de "finos" presentes en las pulpas es también considerable, especialmente en las alcalinas. Casi la totalidad de esta fracción es arrastrada en la clasificación con el "aceptado" y en general, rápidamente eliminada a través de la tela del espesador. Sólo en las pulpas seda-sulfite de Curupí se observaron algunos problemas de drenaje (taponamiento de tela), causado por las características mucilaginosas de la misma.

3. Propiedades mecánicas de seis especies

Los datos obtenidos a través de CICEIPA se consignan en Tablas n°s. 9, 10 y 11. Para mayor claridad se han volcado a gráficos individuales o de conjunto (Láminas L1 a L22), las que muestran:

- tracción y desgarré vs. SR°
- grado de engorde vs. tiempo de refino
- tracción vs. desgarré

a. Canelón

Las curvas de tracción vs. °SR muestran un comportamiento normal, oscilando entre los límites experimentales fijados, casi rectilíneamente y con igual pendiente en todos los casos, pero con una ganancia de alrededor de 1500 mts. para igual °SR en los procesos soda-sulfito y sulfito-bisulfito.

En términos absolutos la resistencia de estas dos pastas puede considerarse buena y oscila en los 3800 mts. a 50 °SR. Siguiendo comportamiento poco usual, el desgarró no muestra tendencia a decaer durante el período de refino hasta los 70°SR. La ventaja relativa que en tracción se esbozó para proceso sulfito-bisulfito aquí se hace más clara, con unos 6 puntos por encima de soda-sulfito y casi el doble sobre soda fría a 50 °SR.

Sin embargo, los mejores valores de desgarró en términos absolutos, son para esta especie desfavorables, ya que oscilan en 35%, es decir por debajo de la cifra que nos fijáramos como meta.

Las curvas de tiempo de batido muestran clara ventaja para el proceso soda-sulfito, que en sólo 15' alcanza los 50° SR, que consideramos tiempo normal de refino para este tipo de pasta. Las diferencias iniciales serían parcialmente asignables a diferente conducción o respuesta del desfiado previo, pero como se mantiene la misma tendencia en todo el ámbito de refino, no queda duda de que se refleja la respuesta específica de cada proceso. El método a presión se ubica en posición intermedia y la mayor inercia al engorde se cumple para el método a la soda fría.

b. Sangre Drago

Todas las curvas de tracción muestran extrema tendencia creciente sin decaer en todo el rango de engorde ensayado, pero se observa una ganancia progresivamente mayor para el proceso sulfito-bisulfito a medida que aumenta el batido, de modo que al nivel de 50 °SR se alcanzan 7200 m de longitud de rotura, valor que consideramos excepcional para el tipo de pulpado en ese grado de refino. La cifra homóloga para soda-sulfito es también excelente, con unos 7000 metros.

La resistencia al desgarro del Sangre Drago es buena para los tres procesos ensayados, pero se observa un comportamiento general opuesto al señalado para el Canelón entre las mejores pastas, que son en este caso soda y soda-sulfito. Las diferencias a favor del segundo método se acortan a medida que progresa el batido, y así dan más de 10 puntos extras a 25 °SR, los que se reducen a menos de 2, por encima de 52 °SR. En términos absolutos, los factores 41-45 % que acusan las mecanoquímicas de Sangre Drago a 50 °SR se pueden considerar buenas y por encima del tope que consideramos mínimo.

El refino de esta especie muestra nuevamente ventajas para el método soda-sulfito, que alcanza los 50 °SR en unos 25' contra 40' del método a la soda. Esta diferencia aumenta si se consideran mayores grados de batido. El orden relativo por proceso es igual al caso anterior.

c. Ingá

Cualitativamente las curvas de tracción del Ingá para ambos procesos a presión atmosférica son normales, con tendencia creciente sostenida en

el rango de refino estudiado.

Puede destacarse un comportamiento relativo de cada método opuesto al caso anterior, es decir, las diferencias de resistencia, sensibles al principio, se van reduciendo a medida que progresa el refino, igualándose a partir de los 60 °SR. A 50°SR la diferencia es de pocos metros, a un ni vel general de los 3900 mts. El proceso sulfito-bisulfito está en clara desventaja, debajo de 3000 mts.

En desgarró se observa para los tres procesos un aumento sensible entre los 20 y 45°SR, sosteniéndose luego para las pastas a la soda y sul fito-bisulfito, mientras decae para soda-sulfito. El nivel absoluto de este proceso es sensiblemente mayor y alcanza a 50 °SR, unos 44 puntos con tra 38 de sus oponentes. Con todo aun en estos casos se está muy cerca del tope mínimo previsto.

Las curvas de batido de los tres procesos, casi se superponen hasta los 20', pero desde allí se muestra una leve ventaja para el proceso soda-sulfito, que con 35' para llegar a los 50 °SR supera en 5' a la soda. La pasta sulfito-bisulfito aumenta en la parte final de la curva la ganancia relativa de refino y llega a igualar a la mejor.

d. Sauce Criollo

El comportamiento de las curvas de tracción es similar a las del Sangre Drago, aunque el nivel de resistencia a igual grado de refino es algo inferior para el Sauce Criollo. Con 6.000 mts. o más para soda-sulfi to y sulfito-bisulfito y 5.600 para soda, a 50 °SR, la especie muestra un

comportamiento muy satisfactorio.

En rasgado se presenta con esta especie la primera excepción a la superioridad del proceso soda-sulfito sobre soda y sulfito-bisulfito. Todas las curvas son crecientes/decrecientes y muestran las máximas diferencias a niveles medios de refino. A 50 °SR, el Sauce a la soda supera los 50 puntos, con más de 2 sobre soda-sulfito y ambos en un nivel absoluto muy satisfactorio. El método a presión se ubica en último término, con un valor de 40%.

El refino de pastas de Sauce a la soda-sulfito llega a los 50 °SR en unos 17', mientras con soda se necesitan 40' y las diferencias aumentan para mayor grado de batido. El método a presión se coloca una vez más en situación intermedia.

e. Laurel

No hay gran diferencia en el desarrollo de tracción para el Laurel pulpado por los dos métodos de mejor respuesta, que son los de baja temperatura, y ellas son mínimas sobre los 45 °SR, alcanzándose unos 4.600 mts. a 50 °SR. Claramente por debajo, el proceso a presión sólo alcanza unos 3.400 mts.

En rasgado, al principio es sensiblemente mayor la resistencia de la pasta soda-sulfito, y desde los 50 °SR se mantiene una diferencia constante de tres puntos en su favor sobre las dos restantes, cuyos valores corren apareados. Para aquel grado de refino las cifras son aproximadamente 44% y 41% respectivamente. Las curvas de refino son del tipo de las cementadas para el Sangre Drage, siempre con menor energía para el caso del proceso soda-sulfito.

f. Timbó Blanco

Se dan para esta especie las mayores diferencias entre los valores de tracción en todo el ámbito de refino ensayado para los procesos que se comparan. Las tres curvas, continuamente crecientes y paralelas en su parte media, muestran una diferencia extrema del orden de los 1.800 mts. para cada punto del ámbito de refino estudiado. Por lo tanto, mientras las pastas de Timbó Blanco a la soda no alcanzan los valores mínimos establecidos, aquellas a la soda-sulfito las superan, pues a 50 °SR alcanzan unos 4.600 mts., ubicándose el proceso a presión en una posición superior al promedio, a medio engorde.

En rasgado, esta especie presenta otra excepción a las tendencias generales observadas hasta ahora. Mientras la curva de la pasta a la soda es de crecimiento continuo, la otra a baja temperatura muestra pendiente negativa y ambas se cortan a unos 44 °SR con 53% de factor de desgarro. A 50 °SR, la pasta a la soda con 54 puntos, supera en 3 a la soda-sulfito. El proceso sulfito-bisulfito sigue una curva creciente/decreciente que en su tope acusa valores de aquél orden. Las curvas de refino son en este caso paralelas y no muy distantes, de modo que se establece una pequeña diferencia constante favorable a la pasta a la soda fría, que llega a 50 °SR en 20'. Las curvas de soda y sulfito-bisulfito marchan superpuestas hasta los 35 °SR pero luego hay un aumento relativo de la última.

4. Propiedades ópticas de las pastas

Tratándose de papel prensa las propiedades ópticas de las pastas mayoritarias: opacidad y brightness, adquieren una importancia fundamental,

magnificadas porque razones económicas limitan el alcance de los métodos de corrección usuales en otros casos.

En primer lugar se pasará revista a los valores de opacidad, para los que la reglamentación argentina fija como tope mínimo 86% en el papel final. Dado que la porción de pasta kraft influye negativamente, aunque en escala reducida, conservativamente puede adoptarse como valor crítico el 90% de opacidad.

Observando los valores aproximados obtenidos, vemos que todas las especies superan, en cualquiera de los métodos ensayados, la especificación mencionada.

No puede hablarse de marcada superioridad global de ninguno de los procesos, pero las muy pequeñas ventajas que manifiestan los métodos sulfito-bisulfito y a la soda, concuerdan con la mayor acción hidrolítica y consecuente disolución de hemicelulosas que cabe asignar en forma relativa a los mismos.

Se comprueba además en general que los métodos quimimecánicos, de incipiente acción delignificante, permiten mantener niveles relativamente altos de opacidad a pesar del elevado porcentaje de hemicelulosas que integra todas las especies ensayadas.

Con referencia al color de las pastas, el panorama no es tan propicio. Las normas vigentes exigen un valor de brightness del 52% que deberá ser aportado íntegramente por la pasta mecanoquímica, ya que poco mejorará el color el aporte de un 20% de pasta química, máxime si -por razones económicas y de resistencia- se recurre a kraft semiblanqueada. En la siguiente tabla se transcriben los valores de brightness obtenidos, agregándose a

la determinación de Cicelpa (Elrepho) los valores de nuestro laboratorio (Photovolt).

En primer término es notable la diferencia de valores determinados por ambos laboratorios. Por una parte pueden influir en ellos los instrumentos usados y su calibración. Es conocido el hecho que por la diferencia de diseño óptico, Elrepho suele dar 0,5 - 1,0 punto de ganancia en brightness sobre el standard Tappi (44), es decir, contra la desviación que se ha determinado.

Aquí debe haber influido preferentemente, un real oscurecimiento de las pastas durante el estacionamiento para oreado, previo al envío a Cicelpa, tanto espontáneo como accidental, es decir acelerado por radiación solar indirecta, uso de antihongos, etc.

<u>Especie</u>	<u>SODA FRIA</u>		<u>SODA-SULFITO</u>		<u>SULFITO-BISULFITO</u>	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Canelón	43,2	43,2	49,0	44,0	36,0	26,6
Timbó Bl.	45,5	41,2	47,5	42,8	43,5	33,6
Sangre Dr.	44,5	42,1	45,5	41,6	44,0	38,5
Sauce	35,1	34,6	43,5	38,6	36,0	31,8
Laurel	32,0	29,6	36,6	31,9	24,5	16,8
Ingá	35,0	32,6	36,0	31,9	37,0	27,7

(1) Photovolt ; (2) Elrepho

En primer término, claramente en desventaja se ubica en este caso el proceso sulfito-bisulfito, en especial con ciertas especies densas.

Discusión de procesos

Estamos ahora en condiciones de realizar una discusión global de los procesos ensayados, desde el punto de vista de la resistencia mecánica con miras a la necesaria preselección.

En primer lugar destacaremos la coherencia general de los resultados, que se manifiesta en tendencias de comportamientos claras y reiteradas, lo que facilita la deducción de conclusiones. Las excepciones que se observan son mínimas si se considera el ámbito de maderas trabajadas, integradas por especies de propiedades químicas, físicas y morfológicas muy disímiles, muchas de las cuales incluyen partículas no fibrosas en proporción considerable.

Por ejemplo, el orden de méritos relativos entre especies, en tracción y desgarró, es sensiblemente uniforme para los tres procesos. Tal es puesta ratifica un correcto manejo, tanto de la etapa de preparación de pastas, cuanto de las mediciones realizadas en Cicelpa.

Para dilucidar el mérito relativo de los procesos de pulpado, compararemos primero entre sí los de baja temperatura, y para ello resulta de suma utilidad basarse en las curvas que agrupan a todas las especies para cada propiedad física en función del °SR (láminas L1 a L6).

Puede comprobarse que para una sola especie (Sauce) y sólo en desgarró se dan valores de resistencia superiores del método soda fría sobre el soda-sulfito. Obsérvese además que los valores de este proceso son menos dispersos para las distintas especies y se ubican globalmente por encima de los niveles patrones establecidos de resistencia, con una sola excepción entre los 45 y 50 °SR = rasgado de Canelón.

Por lo tanto, el pulpado soda-sulfite constituye el de elección entre los métodos a baja temperatura.

Si contrastamos ahora este método con el sulfite-bisulfite, estimamos que se repite la superioridad del primero. En efecto, si bien en tracción el Sangre Drage pulpado a presión muestra el mayor valor absoluto con unes 7.200 mts. a 50 °SR, las curvas correspondientes a las demás especies tienden a dar un conjunto menos compacto, con una especie por debajo del valor crítico (3.000 mts. a 50 °SR).

Con desgarré se da un efecto similar y aparecen de nuevo dos especies con resistencia inferior a la especificada. Además, en este caso las curvas del proceso soda-sulfite son más aplanadas, es decir, sus incrementos crecientes y decrecientes en función del grado de refino, son menores, dando la posibilidad de obtener mayor cifra de desgarré en un ámbito más amplio de refino.

Desde el punto de vista de la resistencia mecánica preseleccionamos al proceso soda-sulfite como el más adecuado dentro de las condiciones ensayadas, destacando por otra parte, que es concretable con tecnología simple y experimentada a nivel mundial.

Las claras ventajas que se alcanzan con este proceso en tiempo o energía de batido, constituyen un factor adicional de significación económica a su favor.

Refiriéndonos ahora a las curvas de resistencia al desgarré versus tracción, comparando las de distintas especies, con método soda-sulfite, permite advertir un comportamiento general muy favorable; en todos los casos se da el máximo de desgarré para valores de tracción del orden de los 4000 mts.

Es conocida la posibilidad de alcanzar valores de tracción relativamente elevados con especies de fibra corta con sólo avanzar en el grado de refino, pero ello se consigue por lo general afectando progresivamente el desgarró, que sin duda es la propiedad crítica en este caso.

La tendencia recién observada para las pastas en estudio nos indica que a niveles de refino relativamente bajos se alcanzan simultáneamente valores de desgarró y tracción que se adecúan en principio a nuestro objetivo.

CONCLUSION

Comparando los índices mecánicos y ópticos determinados sobre hojas standard de laboratorio surge la superioridad del método de pulpado mecanoquímico a la soda-sulfito, sobre los procesos a la soda fría y sulfito-bisulfito a presión. Sin embargo, dentro de los límites experimentales estudiados, las diferencias no son tan extremas como para descalificar a los dos últimos.

Promediando aritméticamente las cifras obtenidas para cada una de las primeras seis especies ensayadas, a 50 °SR, resultan los siguientes valores, que facilitan la comparación

<u>ENSAYO</u>	<u>SODA SULFITO</u>	<u>SODA FRIA</u>	<u>SULFITO-BISULFITO</u>
tracción	4.950	4.100	4.650
desgarro	43,5	41,3	41,5
opacidad	97	98	99
brightness (Phot)	43,0	39,2	36,8

III - SELECCION DE ESPECIES

(Pulpado individual de diez especies a la soda-sulfito)

Para simplificar, las cuatro especies que no se incluyeron en la tanda de pulpado previa, se han procesado solamente por el método soda-sulfito, que demostró ser el más favorable para las seis especies restantes, y pasaremos revista a los resultados respectivos, que obtenidos en Cicelpa se incluyen en Tabla n° 10 y en los diagramas de las figuras correspondientes de tracción y rasgado vs. grado de engorde (láminas 12' y 15').

Resultados experimentales

Propiedades mecánicas y ópticas

Todas las curvas obtenidas muestran tendencias generales normales y los resultados relativos resultan coherentes. En las dos resistencias determinadas se nota un agrupamiento de tres especies, mientras la restante, Seibo, da valores sensiblemente distantes e inferiores, muy por debajo de los límites prefijados (3.000 mts. en tracción y 40% de desgarró) y a los niveles más bajos para las 10 especies.

Las curvas correspondientes a Timbó colorado, Aliso y Curupí son casi paralelas entre sí; levemente crecientes/decrecientes en desgarró y de crecimiento rápido continuo hasta 70 °SR en tracción.

En valores absolutos a 40 °SR, la menor longitud de rotura corresponde a Curupí con unos 4.000 mts. y el menor desgarró a Aliso con el 36%, mientras los valores máximos respectivos corresponden a Aliso (6.200 mts.) y a Timbó Colorado (46%).

Estas tres especies pueden considerarse de excelentes, a buen nivel de resistencia, pudiendo alternar con las mejores del grupo previo.

En lo que se refiere a propiedades ópticas, es muy buena la opacidad general, mientras en brightness se destaca -confirmando antecedentes- el Aliso con 47,4% y resulta para Seibo el peor comportamiento del grupo de 10 especies con 25,4% en un tono amarillo subido, que estimamos descalificante, al considerarlo en conjunto con su muy pobre resistencia mecánica.

Nuevamente para estas especies es el brightness la propiedad crítica con índices inferiores a los exigidos.

Discusión de respuesta al pulpado de diez especies

La respuesta individual de las especies ensayadas a la soda-sulfito es por supuesto variada, aunque el grado de dispersión de propiedades, especialmente en resistencia mecánica, es menor a lo que hacían suponer los resultados de los análisis químicos y estudios físicos y morfológicos con especies que por otra parte no tenían la menor interrelación botánica.

Discriminando por ensayos, resulta el siguiente orden de méritos:

a) Tracción (valores aproximados a 50 °SR)

1. Aliso	6.800 mts.
2. Sangre Drago	6.500 mts.
3. Sauce Criollo	6.000 mts.
4. Timbó Colorado	5.700 mts.
5. Timbó Blanco	4.800 mts.

6. Curupí	4.700 mts.
7. Laurel	4.600 mts.
8. Ingá	4.000 mts.
9. Canelón	3.750 mts.
10. Seibo	2.200 mts.

Puede observarse que todas superan el tope establecido.

b) Desgarro (valores aproximados a 50 °SR)

1. Timbó Blanco	55 %
2. Sauce Criollo	49 %
3. Timbó Colorado	47 %
4. Sangre Drago	46 %
5. Curupí	43 %
6. Ingá	43 %
7. Laurel	41 %
8. Aliso	34 %
9. Canelón	27 %
10. Seibo	22 %

Aunque las tres últimas no alcanzan el límite propuesto, para una mezcla de especies sólo consideramos insuficiente al Seibo.

c) Opacidad (valores aproximados a 50 °SR)

1. Ingá	99 %
2. Gurupí	99 %
3. Laurel	99 %
4. Seibo	99 %
5. Timbó Colorado	98 %
6. Sauce Criollo	98 %
7. Sangre Drago	96 %
8. Timbó Blanco	95 %
9. Canelón	94 %
10. Aliso	89 %

Todas las especies son holgadamente adecuadas.

d) Brightness (valores para pastas sin refino)

	(Elr.)	(Phot.)
1. Aliso	47,4	—
2. Canelón	44,0	49,0
3. Timbó Blanco	42,8	47,5
4. Timbó Colorado	41,9	—
5. Sangre Drago	41,6	45,5
6. Sauce	38,6	43,5
7. Gurupí	35,8	—
8. Laurel	31,9	36,6
9. Ingá	31,9	36,0
10. Seibo	25,3	—

Ninguna especie alcanza el tope establecido.

CONCLUSION

En base a los datos anteriores, de las especies ensayadas preseleccionamos incondicionalmente a: SAUCE CRIOLLO - TIMBO BLANCO - ALISO - SANGRE DRAGO - TIMBO COLORADO - CURUPI.

La aceptación de las restantes: Laurel, Ingá y Canelón, por razones de resistencia y/o color queda limitada a que su porcentaje en la mezcla no supere el 10% individual y se desecha incondicionalmente al Seibo.

Finalmente se impondrá la condición de que el porcentaje conjunto de las especies observadas (Laurel, Ingá, Canelón y Timbo Colorado con duramen definido) no supere el 15%.

Una incógnita que debía develar el trabajo de campo del área agronómica era la proporción de las especies integrantes de las mezclas. Por el momento y con la certeza del predominio neto del Sauce Criollo en el monte isleño lo incluimos a niveles no inferiores al 30% del total de las mezclas.

Los ensayos realizados a partir de este punto son de optimización, realizados exclusivamente sobre mezclas de especies preseleccionadas, a imitación del hipotético caso industrial, lo que técnicamente permitirá apreciar los potenciales efectos sinérgicos.

Aprovechando cierto margen de resistencia observado en los ensayos preliminares, la ganancia necesaria de blancura se procurará por vía general de tratamientos químicos menos drásticos y blanqueo.

La composición de la mezcla de especies a utilizar en los ensayos finales es la siguiente:

Sauce Criollo	40 %
Aliso del río	16 %
Timbó Blanco	10 %
Sangre Drago	10 %
Gurupí	10 %
Timbó Colorado	5 %
Laurel	3 %
Ingá	3 %
Canelón	3 %

Para adoptarla tuvimos en cuenta tanto la evaluación de las pulpas como la composición del monte natural. Sobre este último punto, y a falta de la mejor información que podría proveer un trabajo de campo específico, nos hemos manejado con los datos obtenidos en comunicación personal con técnicos del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Santa Fe, prácticos de las islas y experiencia propia.

La formulación resulta conservativa desde el punto de vista tecnológico, por la inclusión de altos porcentajes de Sauce Criollo y de tres de las peores especies.

IV - PULPADO DE MEZCLA DE ESPECIES

Pre-optimización del proceso soda-sulfito

Tal como se analizó en el capítulo anterior, la evaluación de los resultados obtenidos de los ensayos físicos sobre las pulpas quimimécánicas nos condujo a elegir la combinación soda-sulfito como la más adecuada para procesar la mezcla de maderas isleñas.

Si bien la mayoría de las especies componentes de la mezcla seleccionada arrojaron valores de tracción y desgarro altamente satisfactorios, cabe recordar que como contrapartida, ninguna de las especies individuales alcanzó el mínimo de brightness requerido de 52% OMg siendo el déficit en general del orden de 9-12 puntos (excepto para el Aliso a un nivel privilegiado del 47%).

Circunscriptos en el pulpado al rango mecanoquímico, por las consideraciones apuntadas anteriormente, el blanqueo se nos imponía como recurso lógico e inevitable para alcanzar los niveles propuestos.

Sin embargo, aprovechando el margen de resistencia que nos permitía prever los ensayos preliminares, creímos conveniente intentar además variantes de optimización del proceso soda-sulfito, apuntando a un tratamiento químico bajo condiciones menos drásticas, de manera de ganar siquiera algunos puntos en el brightness de la pulpa cruda.

De lograr este objetivo sin sacrificar las propiedades resistentes mínimas, no sólo reduciríamos el costo de blanqueo, sino que además esperaríamos obtener un reaseguro en cuanto a mantener un nivel de opacidad adecuado, siempre afectado por la intensidad de la cocción y el blanqueo.

Analizando el proceso soda-sulfito, el resumen de las variables involucradas más o menos directamente con la blancura de la pulpa podría ser el siguiente:

- (a) la concentración de reactivos totales en el licor de cocción
- (b) la relación sulfito/hidróxido
- (c) la temperatura de la etapa final de impregnación
- (d) el tiempo de la etapa de impregnación y especialmente del período final a temperatura.

Dado que cualquiera de estos parámetros podría a su vez alterar la resistencia de las pulpas en una magnitud impredecible, los ensayos deberían contemplar al menos dos niveles diferentes para cada variable.

Para no multiplicar excesivamente el número de pastas a elaborar, optamos en consecuencia por modificar sólo las variables que considerábamos críticas, esto es, la concentración del licor y la temperatura de la etapa final de impregnación. Sobre esta base programamos el procesamiento de cuatro pulpas diferentes para la misma mezcla de especies, bajo las siguientes condiciones:

Pulpa	Concentración del licor (gpl)			temp. de la etapa final impreg.
	HONa	SO ₃ Na ₂	Total	
M3	16	24	40	80°C
M4	16	24	40	60°C
M5	12	18	30	80°C
M6	12	18	30	60°C

El descenso en la concentración del licor y/o la temperatura pare-

cía prometer beneficios adicionales, especialmente una reducción en el consumo de reactivos y menor disolución del material. Tal lo que se desprendería de las experiencias publicadas sobre soda fría (23) y algunos ensayos de soda-sulfito sobre álamo americano (7).

Sin embargo, tampoco podíamos dejar de considerar la posibilidad de que algunas de las especies de la mezcla resultara especialmente sensible a las variaciones en la intensidad del tratamiento químico. Tal situación podría producir eventualmente no sólo fibras más debilitadas sino incluso indiscriminadamente destruidas por el desfibrado mecánico, particularmente en el caso de las células más débiles.

Como consecuencia, el aparente aumento en el rendimiento podría ser contrarrestado por un incremento correlativo del porcentaje de "finos" eliminables, disminuyendo en definitiva no ya la calidad sino además la cantidad de fibra útil potencialmente disponible.

Esas cuatro pulpas fueron elaboradas y remitidas a los laboratorios de Cicelpa, al igual que las anteriores, con el objeto de determinar sus propiedades ópticas y resistentes. Simultáneamente, reiteramos las cuatro corridas bajo tratamiento químico y mecánico totalmente similar pero blanqueándolas con peróxido de manera tal que todas ellas alcancen un nivel de brightness del 52%, sin esperar a conocer los resultados de los ensayos que se estaban realizando sobre las pulpas crudas. Ello hubiera significado un atraso considerable en la marcha del trabajo, y los plazos de nuestro cronograma ya resultaban exiguos.

De cualquier manera, en base a lo ya expuesto sobre las propiedades de las pulpas individuales y los posibles efectos sinérgicos en la

mezcla, contábamos con un mínimo de seguridad para esperar que por lo menos una de ellas superara los valores preestablecidos de 3.000 mts.de longitud de rotura y 40% de desgarro.

BLANQUEO DE LAS PULPAS MEZCLAS

1. Elección del reactivo (H_2O_2)

Teniendo en cuenta el tipo de pulpa que manejábamos y los objetivos que nos proponíamos lograr, la elección del agua oxigenada como blanqueador puede ser obvia, pero requiere algunos comentarios. Se necesitaba un reactivo no delignificante que asegurara una ganancia en brightness del orden del 12% con pérdidas mínimas en opacidad y efectos al menos neutros sobre las propiedades resistentes de la pulpa, a costos reducidos, esto es, con mínimo consumo de blanqueador y gastos operativos y de inversión lo más bajos posibles.

Los antecedentes indican que la respuesta de las pulpas químico-mecánicas -y en especial a la soda fría- al blanqueo en una etapa simple con peróxido es excelente, aun con cargas tan bajas como 0,5%.

Como regla general, las ganancias obtenidas con peróxido son algo superiores a las que se logran con igual carga de agentes reductores (como los ditionitos), aunque el costo del reactivo es mayor. De cualquier manera, la ganancia máxima que puede lograrse con ditionitos es sensiblemente menor que la del peróxido, y su uso es comúnmente recomendado sólo cuando se requieren incrementos menores, del orden de 4 - 8°G.E. (36).

El blanqueo con peróxido presenta el beneficio adicional de una mayor permanencia en brightness, además de resultar menos contaminante.

La industria nacional produce normalmente el peróxido de hidrógeno.

Tiene además una serie de ventajas adicionales que parecen suficientes como para colocar al blanqueo con peróxido en situación de privilegio frente a restantes métodos alternativos, como el uso de hidrosulfitos, hipoclorito,

clorito o secuencias combinadas de algunos de ellos con H_2O_2 . Si bien los mismos no deben ser descartados y aun pueden resultar económicamente prometedores, no parecen los más adecuados para integrar trabajos de prefactibilidad como el presente, y su aplicación debe reservarse para una etapa eventual superior del estudio.

2. Variables de proceso

Al encarar el blanqueo de las pulpas M3, M4, M5 y M6, bajo la exigencia de obtener de todas ellas un brightness del 52%, nuevamente, como al principio de los ensayos de pulpado, nos impusimos de la necesidad de intentarlo bajo condiciones operativas totalmente reproducibles a escala industrial. No estábamos seguros sin embargo de poder lograrlo a costos que en la industria pudieran considerarse económicamente viables.

El consumo de peróxido representaba la incógnita principal, dado el total desconocimiento respecto a la capacidad de respuesta al blanqueo tanto de la mezcla como de las especies individuales involucradas.

En consecuencia optamos por seleccionar la mayoría de las variables de forma de obtener, sino el método óptimo, por lo menos el que asegurara suficientes garantías de éxito dentro de los marcos de las más avanzadas prácticas industriales sobre el tema. De esa manera, reducíamos al mínimo la posibilidad de que ante un consumo excesivo de peróxidos las causas pudieran atribuirse al método utilizado.

Ciertos parámetros fueron adoptados "a priori", sobre la base de referencias bibliográficas y experiencias anteriores de este laboratorio en el blanqueo con peróxido. Así se fijó la consistencia de trabajo en el orden del 25%, el rango de temperatura en 70-80°C y se decidió la inclusión en



el licor de blanqueo de sulfato de magnesio y silicato de sodio, este último en cantidades suficientes como para obtener un pH inicial de 10,5. El tiempo y la carga de H_2O_2 se seleccionaron posteriormente mediante ensayos de blanqueo sobre pequeñas muestras, a diferentes % de peróxido y tiempos variables. La muestra que alcanzó un brightness del orden del 52% con el mínimo de peróxido determinó automáticamente el tiempo.

Decidimos también realizar el blanqueo sobre la fracción "aceptada" de la pulpa ya lavada y clasificada, a pesar de que algunas experiencias industriales sobre pulpas mecanoquímicas indican la conveniencia de incluir el licor blanqueador en la última etapa del desfibrado del stock (36). Este tipo de blanqueo, previo a cualquier lavado y clasificación, presenta las ventajas de un muy eficiente efecto de mezclado, ahorra álcali de reposición y no requiere calentamiento posterior de la pulpa ya que el calor necesario es generado por la misma acción mecánica del molino. Tal proceso presenta especial interés cuando se utilizan métodos de alta consistencia, donde la penetración y distribución de licor y calor son factores críticos.

Como contrapartida, se derrocha peróxido blanqueando el material que posteriormente será desechado en la clasificación, y que en nuestro caso particular representa un % significativo del stock. Aún podría esperarse un consumo extra de peróxido en la oxidación de cromóforos disueltos pero no eliminados, efecto que podría ser importante con ciertas especies.

De todas maneras, las necesidades de mezcla del blanqueo a alta consistencia pueden satisfacerse en cualquier caso con equipos específicos de diseño adecuado.

En el pasado, hemos realizado en nuestra planta piloto ensayos de

blanqueo de este tipo, con pulpas mecanoquímicas de eucaliptus y salicáceas. Los resultados mostraban que el brightness obtenido con la adición de licor en la última etapa de la desfibración (a 16-18% de consistencia) podría mejorarse notoriamente si la pulpa cruda era perfectamente lavada, espesada y mezclada con el licor en una nueva pasada por el molino de discos, que en este último caso trabajaba con gran apertura y carga amperométrica nula.

Podríamos haber intentado corroborar aquellos resultados en esta nueva oportunidad, pero las razones anteriormente expuestas y las serias dificultades de descarga que exhibe nuestro equipo durante el desfibrado a alta consistencia, nos hicieron desistir de tal experiencia, adoptando directamente la segunda de las variantes.

Las ventajas de iniciar el blanqueo con un pH 10,5 - 11 y las de estabilizar este medio con reactivos buffer ha sido demostrado para una muy variada gama de materias primas fibrosas y en procesos tan diferentes como el blanqueo de pulpas mecánicas (7), (37), o la secuencia con peróxido para pulpas químicas "super blanqueadas" (38), (39) y justificada por diversos autores como necesario para obtener en todo momento la mayor concentración posible de agente activo, manteniendo al mismo tiempo los efectos del "browning" alcalino bajo control. Estos y otros trabajos muestran también que bajo tales condiciones, la pérdida de peróxido por descomposición es la principal limitación a la ganancia en brightness posible de obtener con un dado porcentaje de peróxido.

La acción del "browning" puede llegar también a ser significativa si no se toman los recaudos necesarios. Este fenómeno aparenta comportarse como una típica reacción de competencia, en este caso con la de blanqueo, cuyos efectos pueden minimizarse ajustando las condiciones de operación de manera que favorezcan a esta última. En este sentido, el uso de muy altas con

sistencias provee en las etapas iniciales del blanqueo la máxima concentración del agente blanqueador y una carga mínima de álcali, para un dado porcentaje de peróxido y nivel de pH. El ajuste adecuado de las condiciones iniciales, sin embargo, no es suficiente, hay que asegurar el control de la velocidad de consumo de álcali y peróxido de tal manera que el descenso de las concentraciones de ambos sean concurrentes en un punto a pH de aproximadamente 9 en donde aún exista cierta concentración de peróxido. Si la carga de álcali es insuficiente, el pH descenderá a niveles tales que la reacción de blanqueo se detendrá totalmente, aunque haya exceso de peróxido. Por el contrario, si el peróxido se consume en reacciones que no consumen álcali, fundamentalmente en reacciones de descomposición, se obtendrá un exceso de álcali hacia el final del blanqueo, con serios efectos de "browning" mayores cuando más altas sean las consistencia y la temperatura.

La importancia de obtener al final del blanqueo una baja alcalinidad y un nivel suficientemente alto de peróxido ha sido enfatizada (23), especialmente con las pulpas de muy alto rendimiento, particularmente sensibles al "browning" (38), (39), probablemente por su elevado contenido de lignina.

La adición de silicato de sodio como buffer, álcali de reposición y junto con el sulfato de magnesio como estabilizador del peróxido, parecía por lo tanto una necesidad lógica. La eficacia de estos reactivos ha sido comprobada en numerosos trabajos (23), (7), (39), (41) y en especial nuevamente en las pulpas de muy alto rendimiento (42) que normalmente contienen concentraciones relativamente altas de cationes metálicos de activo efecto catalítico sobre la reacción de descomposición (43).

La práctica de excluir los estabilizadores del peróxido por motivos de simplicidad operativa usando excesos de H_2O_2 para compensar las pér-

didias por descomposición y asegurar un nivel final suficientemente elevado, está aún por demostrar sus ventajas técnicas y económicas.

OPERATORIA DE DIGESTION

1. Generalidades

El procesamiento de la mezcla de especies seleccionadas para obtener las pulpas crudas soda-sulfito M3, M4, M5 y M6, así como sus respectivos duplicados M3b, M4b, M5b y M6b destinadas al blanqueo, se realizó exactamente bajo las mismas técnicas de impregnación, desfibrado, lavado y clasificación ya descritas para las distintas especies individuales. Las únicas modificaciones se refieren a las condiciones del tratamiento químico (concentración del licor y temperatura) ya explicadas en páginas anteriores, las cuales se reiteran en las primeras columnas de la tabla N° 13.

Como en las corridas preliminares, la relación licor/madera seca se ajustó en todos los casos a valores de aproximadamente 5:1, el tiempo de impregnación a temperatura ambiente se prolongó durante 24 horas y la etapa final a temperatura durante 90 minutos. Por su evidente incidencia sobre costos de producción, con estas ocho pulpas además se tomaron especiales recaudos en la determinación de rendimientos, consumo de reactivos y porcentaje de fibra útil obtenida, para lo cual las condiciones iniciales (porcentaje de distintas especies en la mezcla, peso total seco del material fibroso, volumen y concentración del licor agregado) fueron estrictamente controladas mediante pesada, medición de humedad, titulación de drogas y licores preparadas.

Con el objeto de contar con datos más completos sobre las nueve especies seleccionadas y permitir así una mejor evaluación de los resultados correspondientes a la mezcla, se determinó también el rendimiento químico de las mismas, bajo condiciones en todo análogas a los ensayos preliminares, las técnicas de esas determinaciones se detallan a continuación y

sus resultados se vuelcan en las tablas N° 12 - 13 y 14.

2. Técnicas analíticas

Para obtener el contenido de NaOH tanto en licores frescos como residuales se siguió la técnica de álcali activo Tappi T 625 m 48. Las mediciones se realizaron potenciométricamente, con el auxilio de un pHmetro marca Metrohm. El mismo equipo se empleó en todas las determinaciones de pH.

Para la valoración del sulfito sódico se utilizó el método de oxidación de SO_2 total con iodato de potasio (método Palmrose), los lineamientos generales de esta técnica son los mismos citados por Casey (46) y Tappi RC 143. Se aplicó tanto a licores frescos como residuales. En la titulación del H_2O_2 para el blanqueo se empleó la técnica de oxidación de ioduros a I_2 y titulación por retorno con $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$, citada por Koltoff y Sandell (47).

3. Rendimiento químico

Definimos el rendimiento químico como el porcentaje de material fibroso original no disuelto durante el tratamiento de impregnación/digestión. La determinación de este valor se realizó en todos los casos por triplicado. Se cuarteaban tres pequeñas fracciones de la mezcla de humedad conocida (aproximadamente 20 gramos cada una) se pesan y colocan dentro de bolsas de algodón. Estas bolsitas se impregnan conjuntamente con el stock, retirándose las inmediatamente antes del desfibrado. Se lavan por difusión durante 48-72 horas y posteriormente se secan en estufa a 105°C hasta peso constante. Eliminado el material digerido, las bolsitas de algodón son nuevamente lavadas, secadas a estufa y pesadas. El peso seco de las astillas digeridas se obtiene así por diferencia.

El rendimiento químico se calcula como peso seco de astillas digeri

das/peso seco original. En cualquier caso, los tres valores determinados para cada corrida no difirieron entre sí en más del 0,8%.

4. Consumo de reactivos

El consumo de cualquiera de los dos reactivos componentes del licor se calcula con las fórmulas siguientes:

Consumo de reactivo (%) = $(\text{peso react. licor inicial} - \text{peso react. licor residual}) / \text{peso madera seca inicial}$.

Peso reactivo licor inicial = $V_0 \cdot C_0$

Peso reactivo licor residual = $V_1 \cdot (C_1 - C_2) + V_0 \cdot C_2$

donde V_0 y C_0 son el volumen y concentración del licor de impregnación. V_1 y C_1 el volumen y concentración del licor residual en exceso por sobre el absorbido por las astillas luego de la impregnación. C_2 es la concentración del licor absorbido. Para obtener el volumen V_1 , se dejó drenar libremente el total del stock sobre un tamiz, midiéndose la cantidad de licor separado. Posteriormente una fracción de las astillas fue prensada para extraer parte del licor absorbido y determinar su concentración.

5. Rendimiento en fibra

Definimos el rendimiento en fibra como el porcentaje de pulpa seca obtenida al final del proceso completo de pulpado, referida al peso seco de material original o inicial. Estos rendimientos se presentan en la tabla N° 14 discriminados como rendimientos en fibra útil o aceptado, en rechazo y en rendimiento total, que resulta de la suma de los dos primeros.

En la misma tabla se consigna también el rendimiento o porcentaje de fibra obtenida base de madera digerida y que se obtiene dividiendo el ren

dimiento en fibra, base madera original, por el rendimiento químico. La inclusión de esta columna tiene por objeto hacer resaltar la incidencia del material disuelto por el ataque químico, sobre el rendimiento en fibra útil obtenido.

De cualquier manera estos valores deben tomarse sólo como una aproximación general. A pesar de que en todas las corridas se aplicó un control bastante riguroso destinado a evitar la pérdida de material durante el proceso, lo reducido de la escala de trabajo y las múltiples etapas y trasvases involucrados hacen que dichas pérdidas sean inevitables y sólo aproximadamente cuantificables.

OPERATORIA GENERAL DEL BLANQUEO CON PEROXIDO

1. Preparación de las pulpas

Finalizado el lavado y la clasificación de las pulpas M3b, M4b, M5b y M6b, las mismas fueron espesadas en centrífuga, desde una consistencia aproximada del 6% hasta valores de 24-25%. Posteriormente, con ayuda de una prensa hidráulica, esta consistencia se elevó hasta los 38-40%. De este material se separaron por cuarteo muestras para determinar la consistencia exacta; se la pesó, embolsó en polietileno y finalmente guardó en heladera hasta el momento del blanqueo.

2. Preparación del licor

El licor de blanqueo se preparó a partir de peróxido de hidrógeno de concentración perfectamente conocida, determinada por titulación pocas horas antes y se diluyó con una solución ya preparada de $\text{SO}_4 \text{ Mg} \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. El volumen total se calculó sobre la base del peso seco y la consistencia de la pulpa correspondiente, de forma que al mezclarlas se obtuviera una pasta de 25% de consistencia.

Posteriormente se agregaba silicato de sodio hasta que el pH alcanzara valores preestablecidos de 10,7 - 10,9, dependientes también de la consistencia de la pulpa preparada y apuntando a un pH de 10,5 para la pulpa a blanquear.

3. Procesamiento

a) Operateria

El licor se adicionó a la pulpa mediante un mezclado inicial grosero, realizado manualmente, que "a posteriori" se completó con una pasada por el molino desfibrador, la apertura entre discos fue de 70

milésimos de pulgada y el equipo trabajó prácticamente a carga amperométrica de vacío.

La pasta obtenida se llevó a un digester estático de 25 lts. de capacidad, cuyo cuerpo es de acero inoxidable y que posee camisa de vapor. Para alcanzar la temperatura de trabajo se admitió vapor directo a presión normal durante unos 10 minutos, prosiguiéndose posteriormente la calefacción con ayuda de la camisa. El control de temperatura se realizó mediante termómetro insertado directamente en la pulpa.

Finalizado el blanqueo, se extrajeron muestras de pasta para verificación de la consistencia de trabajo y unos 200 ml de licor residual, por prensado, con el objeto de determinar pH y peróxido residual. Seguidamente se congeló la reacción mediante la adición de solución de SO_3HNa al 1% y agua fría suficiente para alcanzar aproximadamente el 6% de consistencia y pH neutro. La pulpa se mantuvo en estas condiciones durante unos 20 minutos, al final de los cuales se realizó un nuevo control de pH. Asegurada la neutralidad total del álcali, el material se sometió a una única etapa de lavado, consistente en la dilución hasta 0,5-0,8% de consistencia, espesando en tamiz malla 80 (el mismo utilizado a la salida del clasificador Bauer) y posteriormente centrifugada hasta un 20% de consistencia.

El último tratamiento de las pulpas en planta piloto consistió en una etapa de desgrumado, a 3-4% de consistencia, durante 10 minutos en un equipo hidrapulper Black Clawson, con rotor Vokes y cuerpo de acero inoxidable.

Finalmente la pasta fue nuevamente centrifugada, remitiéndosela a los laboratorios de Cicelpa con un 24% de consistencia.

b. Parámetros

El resumen de los parámetros adoptados para el blanqueo, cuyo fundamento ya fue anteriormente analizada, es el siguiente:

- consistencia de trabajo = 25%
- temperatura = 80°C
- pH inicial pulpa = 10,5
- $SO_4 Mg \cdot 7H_2O$ (base pulpa seca) = 0,03 %

Además, sobre la base de los ensayos de blanqueo a escala de laboratorio las distintas pulpas se procesaron bajo las siguientes condiciones:

Pulpa	% H_2O_2 (base pulpa seca)	tiempo blanqueo (min)
M3	1,0	75
M4	1,0	75
M5	0,8	60
M6	0,8	60

El consumo de silicato de sodio necesario para llevar la pulpa a pH 10,5, si bien fue un poco más elevado en los casos de las pastas M3 y M4, a causa de su mayor concentración de peróxido, osciló en general en el 5,5% (peso silicato 42° Be/peso pulpa seca).

Los valores de pH y % de peróxido en el licor de blanqueo residual fueron para todas las pulpas prácticamente sin variación del orden de 8,8 y 0,09 (2,65 gpl) respectivamente.

La adición de 1% de $SO_3 Na$ (base pulpa seca) fue suficiente para neutralizar todas las pulpas hasta pH 6,8 - 7,0.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

1. Observaciones cualitativas

a. Respuesta al tratamiento químico y mecánico

No se observó diferencias mayores entre las distintas pulpas en su respuesta al tratamiento químico. Como único detalle significativo puede apuntarse el tono subidamente más oscuro que presentaban los licores residuales de los tratamientos a 80°C frente a los de 60°C, aunque esta diferencia no se reflejaba en la pasta misma.

En general, la impregnación fue en todos los casos totalmente satisfactoria para cualquiera de las especies componentes.

Como ya indicamos al hablar de las corridas preliminares, las primeras etapas del tratamiento mecánico son especialmente sensibles al grado y homogeneidad del ablandamiento logrado con el material.

Si bien las astillas de las especies más densas: Ingá, Laurel y Timbó Blanco aparentaban ser más difíciles de desmenuzar manualmente, en ningún momento del desfibrado se presentaron dificultades o anomalías.

b. Comportamiento del stock durante la clasificación

La clasificación de las distintas pulpas dejó en evidencia características muy particulares de la mezcla, tanto en cuanto a su respuesta durante el proceso como a la composición de los productos obtenidos y que consideramos de especial importancia técnica y económica.

La clasificación en sí no presentó mayores problemas. La separación del material desfibrado del resto del stock considerado grueso, tal como nudos, haces, paquetes de células no fibrosas y material extraño, resultó particularmente efectiva, incluso en cuanto al rendimiento en fibra obtenido en cada etapa. Y en ese sentido, no presenta ninguna similitud con los problemas ya mencionados para la clasificación de especies como Canelón y Seibo. En cambio, resulta peculiar el comportamiento del aceptado, el que como se recordará, se recoge sobre un espesador estático fabricado con una tela de 80 mallas, inclinada unos 45-50°, respecto de la horizontal. La fracción obtenida de la primera etapa de la clasificación mostró una drenabilidad excesivamente baja, superando en todos los casos la capacidad normal del espesador y obligando al operador a reducir drásticamente el caudal de alimentación desde el tanque pulmón. Las fracciones de las etapas subsiguientes en cambio, se comportaron en forma habitual, con un aumento sensible de la drenabilidad al pasar de una etapa a otra.

Aparentemente, las mayores dificultades se presentaron con las pulpas que recibieron un tratamiento químico menos intenso: M4, M6 y sus duplicados M4b y M6b.

El control efectuado en cada corrida consiste en la observación microscópica y la determinación del grado de engorde en forma sistemática para el stock y las distintas fracciones de rechazo y aceptado, muestra que este fenómeno está directamente relacionado con la cantidad de "finos" presentes en la pulpa. El grueso de este material es arrastrado con el aceptado de la primera etapa de clasificación y parcialmente eliminado con las aguas madres a través de la tela del

espesador. Parte importante de la fracción restante acompaña también al aceptado de las siguientes etapas, pero en cantidades decrecientes.

En todos los casos, la drenabilidad del stock es prácticamente nula, con °SR que alcanzan los 100. El engorde de las distintas fracciones de aceptados disminuye drásticamente desde la primera etapa a la segunda, y alcanza valores normales (20 °SR aproximadamente) ya en la tercera etapa.

Hay también una reducción sensible en los °SR de cada una de las fracciones de aceptado, ya sea que se lo determine sobre muestras extraídas del pulmón o del sólido espesado.

La observación del agua eliminada a través de la tela muestra también diferencias en la cantidad y calidad a través de las sucesivas etapas. El contenido de sólidos es muy superior para la primera fracción. Está constituido fundamentalmente por restos de material no fibroso en distintos grados de subdivisión (paredes de vasos y células parenquimáticas, etc.) y en menor proporción por fibras rotas. Los sólidos de las restantes fracciones no contienen prácticamente fibras rotas, pero aún una cantidad importante de material de aspecto mucilaginoso.

Las características de los dos productos finales podrían resumirse así:

- I - Aceptado : fibras en aparente buen estado, muy pocos haces, en general paquetes de no más de tres/cuatro fibras y contenido relativamente bajo de material no fibroso, en su mayoría muy subdividido.

II - Rechazo : constituido fundamentalmente por paquetes de células no fibrosas poco subdivididas; una fracción relativamente importante de haces fibrosos y escasa cantidad de fibras sueltas, aparte de material extraño.

Comparando estas características de la mezcla con las especies individuales, surge una diferencia sustancial con las especies ya citadas Ingá, Canelón y Seibo, ya sea en la cantidad de material no fibroso que acompaña al aceptado pero fundamentalmente en el grado de subdivisión de este material. En este sentido, la primera fracción de aceptado obtenido presenta más bien el aspecto general y el comportamiento del Curupí.

2. Indices cuantitativos

a. Aspectos del pulpado

Las Tablas n°s. 13 y 14 registran una serie de datos cuantitativos sobre aspectos de proceso, que se consignan por considerarlos de incidencia real en la economía del pulpado final sobre mezclas de especies.

Las cifras respectivas están sujetas a limitaciones que derivan en especial de la escala de trabajo y de los recursos, improvisados a veces, a que se apeló para el cumplimiento de la metodología programada. Particularmente las que se refieren a rendimientos en fibras (Tabla 14) deberán ser consideradas como referencias aproximadas, ya que en ciertos equipos pilotos (el molino de discos por ejemplo) hay pérdidas sensibles que se evitarían en escala industrial.

El rendimiento inicialmente consignado como "químico", se refiere al obtenido en el proceso inicial, determinado sobre alcuota de astillas y sin pérdidas de finos. Vemos que, a igualdad de temperaturas (80°C) el licor más concentrado disuelve unos 3 puntos más de material.

En vista del agotamiento del NaOH en licor de 30 gpl, podría especularse admitiendo la posibilidad de igualar los rendimientos, equiparando las cargas de reactivos mediante variación de relaciones de licor.

A este nivel, el salto de 20°C aparentemente sólo juega papel cinético, dado que si bien el rendimiento a 60°C es mayor que a 80°C, también es menor el consumo de NaOH y mayor el nivel de álcali activo residual.

Los valores absolutos que oscilan entre el 87 y 90% son normales para el proceso elegido si se considera la elevada cantidad de extractivos de algunas especies.

Es destacable la coherencia entre valores de pH, consumo de NaOH y el rendimiento químico de todas las corridas.

En general el consumo de sulfito de sodio es prácticamente nulo, resultado concordante con los valores obtenidos para las especies separadas con 50 gpl de reactivo total (30 gpl SO_3Na_2). Sin embargo puede notarse que el consumo de sulfito aumenta con la temperatura (80°C vs. 60°C) y en especial en los casos de agotamiento de NaOH, donde se alcanza consumos hasta del 1% sobre madera original.

Tal incremento del consumo de sulfito de sodio no puede atribuirse a la formación de SO_3H^- desde que el pH se mantiene en los casos extremos suficientemente elevado para prevenir el avance significativo de la reacción $\text{SO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_3\text{H}^-$.

El consumo de NaOH sobre madera seca original está en cifras redondas entre el 6 y el 7%, nivel que puede considerarse normal para el proceso, y que probablemente descendería algo en el caso que operara con impregnación forzada del licor, acortando las primeras fases del tratamiento.

Acotemos además que en la medida que el brightness permitiera un reciclado de licor exhausto en escala industrial, podría ahorrarse en el dosaje de sulfito de sodio del licor de reposición.

Finalmente nos referiremos a los valores consignados para el rendimiento en pasta al término de la depuración hidrociclónica.

La Tabla n° 14 los expresa sobre base madera digerida y -afectado por rendimiento químico- sobre base madera original, y se recalcan sus limitaciones originadas en pérdidas de material total durante la etapa de desfibrado. Pero lo que interesa destacar es la pérdida de material fino, que se produce al recoger el material sobre tamices durante todas las etapas del proceso y en especial al espesar la pasta aceptada por el hidrociclón. Un probable error operativo en las pastas M4, M5 y M6, es el que permite, al cotejarlas con sus homólogas M4b, M5b y M6b, detectar diferencias de rendimiento base madera digerida entre el 12 y 24 puntos, a un nivel general del 61 al 73% para los valores considerados más ajustados a la normalidad. Dicho en otras palabras, hay importantes pérdidas de finos como rechazo de hidrociclón y por la

tela del espesador, y dichas pérdidas deben considerarse convenientes desde el punto de vista del comportamiento papelerero, ya que influyen sobre el drenaje de las pulpas en forma muy significativa (20-30 °SR), aunque muy poco en resistencia mecánica.

Por otra parte, la merma de rendimiento resultante de la eliminación de dichos elementos preferentemente no fibrosos, es de repercusión sensible sólo en el plano de costos y puede balancearse en la medida que la mezcla de especies del monte isleño compita en precio con salicáceas de forestación artificial.

De todos modos, en este rubro surge con nitidez la necesidad de ratificación del comportamiento de la mezcla de especies en corridas a escala semi-comercial.

b. Propiedades físicas

Como de costumbre, los valores obtenidos en Cicelpa se consiguen en las Tablas n-s. 15 y 16, y para facilitar la evaluación se vuelcan además en gráficos de resistencia vs. grado de batido (Gráfica n° 23).

Inmediatamente surge una anomalía general en el comportamiento de tres muestras: M4, M5 y M6 correspondientes a la tanda de cuatro pastas mezcla sin blanquear. Para ellas se observa un sensible corrimiento del Schopper inicial, en el orden de 20-30°, con respecto al resto de pulpas ensayadas a lo largo de todo el estudio, alteración que a nuestra solicitud fue verificada y ratificada por Cicelpa.

Es indudable que dicho fenómeno debe afectar la resistencia, aunque los valores obtenidos no se alejan en exceso de otros previos y actuales. En particular, el comportamiento de rasgado que sería el más vulnerable, puede considerarse aceptable, con valores crecientes para dos de las tres pastas observadas, y a niveles generales no discordantes con su homóloga normal M3.

Por este motivo, y apoyados en el mayor rendimiento en aceptado que se obtuvo después de la depuración (base madera digerida), precisamente para las pastas anormales (M4 = 74%; M5 = 69%; M6 = 68%, contra el de M3 = 59%), podría especularse que la razón del bajo drenaje relativo de aquéllas se encuentra en un manejo distinto durante la depuración, que no permitió eliminar a través de la tela del espesador, elementos finos preferentemente no fibrosos, en proporción aproximada del 10% sobre pasta.

De cualquier manera, esta serie de cuatro pastas crudas sólo tiene un valor secundario, desde que su brightness no alcanza niveles suficientes para nuestro objeto, debiendo darse atención preferente a las blanqueadas Mb.

Las curvas de rasgado respectivas siguen todas un desarrollo normal creciente/decreciente, encontrándose la inflexión entre los 40-45 °SR. Es evidente el mejor comportamiento relativo de M3b y M5b que corresponden a las condiciones de proceso de mayor temperatura (80°C), sin que se refleje con claridad, salvo para la parte inicial de la curva el mayor dosaje de reactivos de M3b (40 gpl vs. 30 gpl). Los valores absolutos mejores para un °SR de 40 aproximadamente oscila en 41% de desgarró, bajando hasta 34% en el caso más desfavorable.

También son coherentes los valores de tracción, con las cuatro curvas Mb crecientes entre los límites de batido experimental, hasta unos 60-65 °SR. Tomando en consideración las cifras correspondientes al máximo ragado (40 °SR) el orden de méritos sería: M3b, M5b, M4b y M6b, con aproximadamente 6.000, 5.600, 5.600 y 4.900 metros respectivamente. La influencia de temperatura y concentración de reactivos sigue las líneas generales, aunque está algo alternada.

Con respecto al brightness obtenido sobre pulpas crudas, aparentemente es sensible la influencia de las dos variables en juego, resultando más claras las pastas de 60°C y 30 gpl. Además la respuesta al blanqueo se corresponde con el porcentaje de peróxido aplicado:

M3b	40 gpl/80°C	1% H ₂ O ₂	12,2° de ganancia
M5b	30 gpl/80°C	0,8% H ₂ O ₂	10,8° de ganancia
M4b	40 gpl/60°C	1% H ₂ O ₂	16,5° de ganancia
M6b	30 gpl/60°C	0,8% H ₂ O ₂	13,2° de ganancia

Podría también especularse con una mayor "blanqueabilidad" de las pulpas digeridas a menor temperatura.

Los valores absolutos de brightness, de suma importancia en nuestro caso, por ser la propiedad necesitada de mejora para alcanzar el valor de 52% impuesto en el papel final por la reglamentación argentina, dos muestras M4b y M6b superaron con holgura dicho objetivo, con valores de 56,0 y 54,5% respectivamente, mientras las dos restantes quedaron muy poco por atrás del 52%. La M5b se blanqueó con el 0,8% de agua oxigenada, de modo que se considera fácilmente superable el tope crítico operando al 1%.

En opacidad se cumple la previsión que las condiciones más drásticas

de pulpado y blanqueo reducirían sus valores. Este es el caso de M3b (80°C; 40 gpl; 1% H₂O₂), pero aún así tenemos con el 92%, una cifra que cubre holgadamente las exigencias del papel prensa nacional.

CONCLUSION

La respuesta general de las pastas originadas en las cuatro alternativas de pulpado ensayadas ha satisfecho con holgura las previsiones autoimpuestas en lo que respecta a resistencia mecánica, y más ajustadamente, el parámetro crítico de brightness.

De entre ellas se selecciona la M5b para el ensayo final de mezcla con fibra larga en base a su menor demanda de reactivos y a buen factor de desgarramiento relativo, aunque debe observarse que detenta el menor brightness del conjunto, sin alcanzar el valor crítico de 52%.

V - EMPASTE FINAL CON ADICION DE FIBRA LARGA

En función de las conclusiones anteriores, elaboramos bajo las mismas condiciones de la muestra M5b, la pulpa destinada a los ensayos finales. Del stock sin blanqueo obtenido, se separó una fracción representativa que denominamos M7 y el resto se blanqueó con 0,8% de H_2O_2 . La porción blanqueada (M7b) fue a su vez dividida en tres partes, dos de las cuales se mezclaron posteriormente con sendas fracciones de pasta kraft de pino radiata semiblanqueada (origen chileno), en proporciones del 18 y 23%.

La preparación de la pulpa kraft antes del mezclado se redujo a una humectación de ocho (8) horas y un tratamiento posterior de cinco (5) minutos en hidrapulper al 2% de consistencia.

Resultados experimentales

1. Aspectos de pulpado

Durante el pulpado se obtuvieron los siguientes valores analíticos, para la muestra M7

- rendimiento químico	88,5%
- consumo de Na.OH	5,9%
- consumo de Na_2SO_3	1,0%
- rendimiento en fibra útil	50 %

2. Ensayos mecánicos

Las cuatro muestras resultantes:

M7 mezcla fibra corta cruda

M7b mezcla fibra corta blanqueada

M7b + 18% kraft S.B

M7b + 23% kraft S.B

Se ensayaron en CIGELPA, junto con una muestra de pasta kraft pura, y los valores correspondientes integran las tablas 17 y 18, volcándose además a las gráficas L 24 y L 25.

Las curvas correspondientes a los dos niveles de pasta kraft ensayados (18 y 23%) resultan coherentes y de desarrollo normal según puede apreciarse en la figura.

Es muy clara la influencia de la fibra larga en los valores absolutos de desgarró que se ven notablemente reforzados en ambos casos. Como es característica de dichas fibras -y a diferencia del comportamiento de las pastas antes ensayadas- se observa un continuo decrecer de las curvas desde el comienzo del refino. La pasta con mayor porcentaje de fibra kraft tiene mayores valores iniciales de desgarró, pero su pendiente es mayor y a partir de la mitad del refino sus índices son inferiores a los de la mezcla con 18%.

Es indudable que de haberse optado por la metodología inversa, de refino separado de los componentes y mezcla final, hubiera convenido un refino muy suave de la pasta kraft a niveles cercanos a 20°SR, refinando la fibra corta hasta máximo rasgado, alrededor de 40° SR.

Los valores de tracción muestran una tendencia creciente prácticamente ininterrumpida en el ámbito del ensayo, siendo ambas curvas casi paralelas con mayor nivel relativo para la de 23% de fibra larga. Los valores absolutos revelan un ligero aumento con respecto al componente de fibra corta, ratificando la escasa participación de la fibra kraft en los mecanismos de resistencia basados en uniones interfibrilares.

Dada la pendiente inversa de las curvas de rasgado y longitud de rotura, la elección del punto de trabajo óptimo necesariamente afecta una de estas cualidades.

Como los valores absolutos de resistencia obtenidos superan en todos los puntos de refino las especificaciones reglamentarias argentinas (45% de desgarró y 3,500 mts. de tracción), habría completa libertad para orientarse en función de otras exigencias de la máquina papelera, tales como drenaje. Recordemos que los caracteres físicos obtenidos para las muestras de mezclas de fibra corta M4, M5 y M6 comprobaron la posibilidad de aumentar en amplio rango el engorde sin afectar resistencia, con sólo eliminar menos finos del empaste, y esto podría ser industrialmente necesario para regular alisado, formación, porosidad y absorción.

3. Caracteres ópticos

Vemos en la tabla citada que para ambos niveles de adición, la fibra larga ha permitido elevar levemente el brightness que correspondía a la mecanoquímica, sin reducir en exceso la opacidad.

Como se suponía, los mejores valores relativos corresponden al menor nivel de pasta química. Con el aumento de 5 puntos de la misma se han reducido opacidad en 1,4 puntos y brightness en 0,8.

En todos los casos las cifras absolutas superan los niveles reglamentarios de propiedades ópticas, que constituían el flanco débil de las pastas experimentales.

CONCLUSIONES

Considerando los índices físicos obtenidos para el "papel prensa de laboratorio" con 18% de fibra larga, correspondientes a 38° SR, se pueden determinar los siguientes márgenes favorables en cualidades, sobre los valores establecidos por reglamentación argentina: - desgarró + 30%; -tracción + 67%; opacidad + 6%; brightness + 2,5%.

Puede entonces concluirse sin duda alguna que desde el punto de vista de los índices físicos de la pasta, la mezcla pulpada ha superado en escala experimental reducida las exigencias normales para integrar papeles tipo diario hasta en un 82%.

Quedan planteadas dos direcciones compatibles entre sí para sacar partido económico de las resistencias extras obtenidas.

- a) reducir el porcentaje de fibra larga hasta niveles de calidad más cercanos a los exigidos.
- b) optimizar el proceso de pulpado de la mezcla de latifoliadas del monte isleño, con condiciones menos drásticas, para abaratarlo y lograr automáticas mejoras extras en brightness y opacidad con menores exigencias técnico-económicas en blanqueo.

Por otra parte, si bien nuestro objetivo técnico ha sido muy preciso en cuanto a destino del empaste en papel prensa, ello no agota su uso potencial. Al contrario, derivando tales pulpas a otros fines papeleros de mayor rentabilidad, surge un espectro amplio de posibilidades, menos sujeta por otra parte a factores de economía de escala y adecuada por ello para la instalación de plantas integradas de tamaño reducido.

A. von Koeppen (45) establece como campos propicios para estos em-

pastas la fabricación de cartones para envases de comestibles, productos de celulosa moldeada y papeles higiénicos, y por nuestra parte agregamos = papeles de envolver, para afiches, boletas, cartulinas forradas, etc.

Se deja constancia que en estos casos el porcentaje de fibra larga a adicionar sería variable, y que al ser menores las exigencias de resistencia y uniformidad, puede reemplazarse la pasta kraft chilena semi-blanqueada, que debe importarse, por ciertos papeles de desuso de buena fibra, que a menos precios provee el mercado interno.

Papel Prensa de Laboratorio:

Se intercala a continuación una muestra de "papel prensa de laboratorio", elaborada en continua monocilíndrica (cartonera) de escala reducida, de 28 cm de ancho útil y velocidad máxima de 3 m por minuto.

Gramaje: 55 - 65 g/m²

Empaste: 82% Mezcla especies fibra corta
blanqueada (análoga M7b) más 18%
Kraft chilena semi-blanqueada.

Preparación de la pulpa:

La mezcla fibra corta-fibra larga se refinó en molino de discos S.W. de 12". El grado de engorde final fue de 55°SR.

Cargas, encolantes, etc.: No

Fecha elaboración : setiembre de 1975.

SECCION IV

ANALISIS DE ELEMENTOS DE FACTIBILIDAD

PREFACTIBILIDAD TECNICA INSTALACION PLANTA DE PAPEL PRENSA EN EL
NORTE DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

Las conclusiones del capítulo anterior, favorables desde el punto de vista tecnológico en cuanto a aptitud de las especies estudiadas, definen un aspecto necesario de la situación concreta de prefactibilidad que nos toca analizar pero que necesita complementarse con el conocimiento de la existencia, accesibilidad y precio estimado para la madera isleña.

Ex profeso se omite aquí un análisis de aspectos económicos del proceso desarrollado en nuestro estudio, ya que su necesidad y valor está supeditado a la comprobación de la disponibilidad forestal que se discutirá a continuación. Baste decir sobre aquel aspecto, que los principales parámetros de incidencia sobre el costo: dosaje de reactivos y temperatura, están al nivel de todos los antecedentes conocidos, aun considerando la inclusión de drogas de blanqueo. La merma de rendimiento de las maderas de monte natural es superior a la corriente con salicáceas y debería compensarse a través de los precios respectivos.

Como se ha expresado en la primera parte de este informe, se acordó la marcha paralela de un estudio de inventario forestal, que debería proveer la información específica referida a la zona de Puerto Reconquista.

Oportunamente se recibieron los datos referentes a fotointerpretación del área, que podemos resumir así: se ha determinado que en la superficie estudiada de 105.370 Ha., sólo el 4,11% (4.338 Ha.) aparece con cobertura forestal, y de este porcentaje el 70,5% ha sido clasificado como "tipo forestal 1" (árboles de primera magnitud en buena densidad y espesura por hectárea, aunque con mezola de ejemplares menores); el 24% (1.037 Ha.) como "tipo 2" (con menor densidad y más cantidad de formas arbustivas en-

tremezcladas como Aliso, Curupí, Seibo, Sangre drago, Timbó blanco) y un 6% (243 Ha.) se ha ubicado como dentro del "tipo 3" (casi exclusivamente constituido por estas formas arbustivas).

Agrega el informe del área forestal: "analizando las planchetas, se puede estimar desde ya sin otra prueba, que en general la extracción de la madera de la zona estudiada ofrecerá dificultades, porque salvo las masas que se encuentran en los "albardones" a las que habría acceso directo por agua, o sea aquéllas que se desarrollan en las costas del Paraná o de algunos cursos de agua de menor importancia, el resto, de localización interior harán penosa y antieconómica tal operación."

El mismo informe concluía: "Por lo expresado acerca de la pobreza de cobertura forestal del área de influencia de Reconquista, el difícil acceso a dichas masas y la presumible pobreza, a la luz de los conocimientos actuales sobre aptitud de las especies existentes, no se estima considerar el cumplimiento en tal área de la segunda etapa del trabajo, es decir el "inventario" propiamente dicho."

Aparentemente, se desechó con posterioridad nuestra sugerencia en el sentido de realizar al menos una tarea de campo parcial para cuantificar los porcentaje de especies y medir volúmenes de madera en varios rodales accesibles de la zona y hemos llegado a la etapa final del estudio sin disponer de tal información esencial.

Extraña que uno de los argumentos esgrimidos para sugerir la interrupción del trabajo forestal sea la "presumible pobreza, a la luz de los conocimientos actuales sobre aptitud de las especies existentes" cuando la razón de ser de este estudio paralelo era determinar una aptitud tecnológica y cuyo resultado -paradójicamente- ha sido positivo.

De cualquier manera intentaremos una fundamentación más ponderada sobre prefactibilidad, partiendo de los datos aportados por la fotointerpretación del área que indica 4% de cobertura forestal. En realidad, examinando con detenimiento la cartografía respectiva se advierte que en la superficie total abarcada de 105.000 Ha., están incluidas partes que en rigor no corresponden al ámbito isleño. Aproximadamente las 4.000 Ha. de monte detegado corresponden a un área propiamente isleña de sólo 50.000 Ha., es decir que el porcentaje de cobertura forestal no sería el 4% sino que ascendería al 8%. En consideración a las dificultades de acceso mencionadas en el informe forestal adoptaremos como área explotable económicamente sólo la mitad, es decir un 4% del ámbito isleño.

El dato correspondiente a rindes de madera de estos montes se ha estimado a partir de información brindada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Santa Fe (Ing. Cipollatti, comunicación personal) la que asigna 170-200 ton./Ha en madera fresca para la explotación de montes puros de aliso y sauce criollo y 150-250 ton./Ha. para la tala rasa del monte mezcla denso en nuestra zona.

Tomaremos como rinde medio la cifra de 160 ton./Ha. advirtiendo que en la práctica pueden encontrarse variaciones sensibles en función de parámetros tales como latitud, suelo, nivel del albardón, etc.

En estos casos la explotación del monte se efectúa a tala rasa y adoptaremos como período de repoblación natural hasta realcanzar la cobertura primitiva unos 15 años.

Por otra parte para calcular el insumo maderero hipotético de una planta de papel prensa que operará sobre la base de un 80% de pulpa mecánica

química de especies espontáneas del monte isleño, consideremos que las principales mermas que sufrirá la madera fresca serán:

- a) humedad 50%
- b) corteza y desperdicios varios 20%
- c) disolución y pérdidas de fino en pulpado 30%

El rendimiento total de la madera verde hasta conversión en pulpa sería entonces: $R = 0,5 \times 0,8 \times 0,7 = 25\%$

Una planta nacional tipo de 100.000 ton./año de producción de papel prensa con 80% de fibra corta requeriría por lo tanto:

$$80.000/0,28 = 285.000 \text{ tons./año de madera verde.}$$

Usando valores previamente establecidos sobre rinde de madera verde y periodos de repoblación, la superficie de montes necesarios sería:

$$285.000 \text{ tons/año} \times (15 \text{ años}/160 \text{ tons/Ha}) = 26.700 \text{ Ha.}$$

De donde, en función del porcentaje de cobertura forestal adoptada obtendremos el área total del ambiente isleño que necesitaría la planta en evolución continua:

$$26.700 \text{ Ha}/0,04 = 670.000 \text{ Ha.} = 6.700 \text{ Km}^2$$

Del examen de las planchetas surge además que el ancho medio de la zona fluvial en Reconquista es de unos 15 kilómetros, de los cuales aparecen sólo 8 kilómetros con cobertura forestal significativa. Más al sur, en la zona de Cayastá, hemos determinado en base a mapas del Instituto Geográfico Militar un ancho total de islas de 10-12 kilómetros, los que según nuestro conocimiento tienen un monte tal vez de menor magnitud que el anterior pero más uniforme.

Adoptando 12 kilómetros de ancho medio, la extensión de la zona a explotar resulta:

$$6.700 \text{ Km}^2 / 12 \text{ Km} = \underline{550 \text{ Km}}$$

Este valor que equivale a la distancia sobre el Río Paraná entre las localidades de Helvecia y Resistencia, resulta a todas luces por encima de los límites económicos normales, máxime considerando que las distancias reales aumentan debido a lo sinuoso e intrincado de la red fluvial. Debe agregarse todavía las dificultades de abastecimiento originadas por los niveles extremos de bajante o creciente del río.

Por otra parte, mencionaremos un elemento externo recientemente agregado, de tan absoluta y definitiva gravitación en contra del proyecto papel prensa Reconquista, que basta con referirlo en pocas palabras. Agua y Energía está desarrollando con inusitado vigor los estudios referentes al emplazamiento sobre el Paraná de sendas represas a la altura de las poblaciones santafesinas de Santa Rosa y Cayastá, que provocarían el anegamiento total de la zona isleña considerada, con aumento de nivel medio en varios metros a la altura de Reconquista. Este proyecto cuenta con prioridad oficial y aunque en el mejor de los casos demoraría diez - quince años hasta concretarse, supone la futura cesación total y definitiva del aprovechamiento del monte isleño.

Cualquier intento de industrialización actual de dichas especies debería tomar las providencias necesarias para el cambio de recurso fibroso en el mediano o largo plazo, asegurándose mediante forestación actual u otros medios.

Ratificando la conclusión preliminar del equipo de trabajo en el 6-

rea forestal, los cálculos aplicados a nuestros propios datos y estimaciones, demuestran que resulta impracticable la instalación en la zona Reconquista de una planta industrial de la magnitud de la adecuada para papel prensa, por insuficiencia de los recursos forestales espontáneos del ambiente isleño.

La cobertura forestal existente podría en cambio sostener una fábrica de menor producción, digamos 30 - 50 ton/día, orientada hacia especialidades papeleras citadas como alternativas técnicas del papel prensa.

CONCLUSIONES GENERALES

El estudio ha permitido, dentro de limitaciones de escala y extensión que constan a lo largo de su desarrollo, obtener dos claras respuestas a los objetivos planteados, que se resumen a continuación en lenguaje corriente:

1. Una mezcla de nueve de las diez especies forestales espontáneas del monte isleño del Paraná que se ensayaron, pulpada por métodos de uso corriente en tecnología celulósica actualizada, ha permitido obtener un "papel prensa de laboratorio" con propiedades ópticas normales y resistencia mecánica muy superior a las especificaciones vigentes. El rendimiento industrial en fibras de dichas especies se estima sensiblemente inferior al de las salicáceas.
2. La fotointerpretación de un sector representativo del área isleña Reconquista, indica muy baja densidad para la cobertura forestal y acceso restringido al monte, a niveles cuantitativos estimados muy inferiores a los que demandaría una hipotética planta de papel prensa.

Ahora bien, la insuficiencia en el abastecimiento forestal restringe pero no invalida la viabilidad planteada para Reconquista por la aptitud tecnológica de las especies, Quedan abiertas en la zona interesantes alternativas sobre instalación de plantas celulósico-papeleras de

menor escala económica que el papel prensa.

Otra posibilidad rescatable en razón de la respuesta tecnológica positiva, es el aprovechamiento del monte espontáneo que se extiende hasta el Delta en las plantas de papel prensa ubicadas en dicha región, como complemento de las salicáceas convencionales.

En cualquiera de los casos se necesitaría contar con un inventario forestal, al menor parcializado, para zonas de industrialización potencial o real a lo largo del Paraná hasta el Delta.

Con referencia concreta al presente estudio se destaca la conveniencia de desarrollar etapas complementarias que clarifiquen las incógnitas y optimicen aspectos de proceso según se establecen a continuación:

- a) estudio cuali-cuantitativo de la fracción no fibrosa en las especies en sayadas.
- b) estudio completo de algunas especies significativas no incluidas en el programa inicial.
- c) ensayos de distintos métodos promotores de impregnación de astillas, que acorten dicho período, para beneficio del color de las pastas.
- d) ensayos con reducción del dosaje de reactivo y/o temperatura y/o tenor de soda cáustica, hasta el límite permitido por la resistencia mecánica excedente alcanzada.
- e) Influencia cuantitativa de la retención de finos sobre las características físicas de la pulpa.
- f) estudio de la respuesta tecnológica de otras mezclas de especies.
- g) influencia de las variantes alternativas: refinación - mezcla y mezcla-refinación

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1) Burstall, A. - La producción de papel periódico a partir de bagazo de caña. ATCP. Vol.4.
- 2) Mannstrom, B. - Influence of GW Quality on Runnability and Printability TAPPI. Vol.55. p.551
- 3) Neill, M.T. and Beath, C.R. - Supergroundwoods in manufacture from chips an use as sole newsprint furnish. PPMC. Vol. 64 (7), 1963 T.299
- 4) Asplund Catalog. Nov. 1973, pag. 43
- 5) Pearson, A.J. - Production of High Quality Newsprint from Eucaliptus. TAPPI. Vol.52 (5) . May 1969
- 6) Laviste, C. - Utilization des pates de feuilles dans le papier journal. Tech et Rech. Papetiers. 1964, N° 4
- 7) Leask, R.A. - Chemimechanical Pulps from Hardwoods. TAPPI. Vol. 51 (12) 117 A.
- 8) Swartz, J.N. - Newsprint from Broadleaf Woods. Paper Trade Journal. Oct. 10, 1960. p. 44
- 9) Somerville, J.L. - Cold Soda Newsprint Pulp./Pulp and Paper Internatio-
nal. May 1959, p.31
- 10) Ohnishi, S.; Awaya, S. y Egawa, K. - Hardwoods Refiner Groundwoods as a
Newsprint Furnish Component. PPMC. Oct.4, 1968. p.79
- 11) Losada, O. - Salicáceas; una experiencia argentina para la industria del
papel de diario. ATIPCA, Año 12. N° 5, 1973
- 12) Asociación de Fabricantes de Papel de la República Argentina. Memoria Estadística, 1972
- 13) Papel Prensa S.A. - Papel para diarios: estrategia para un país adulto.

- 29) Tortorelli, L. - Maderas y Bosques Argentinos. Ed. ACME, 1956
 - 30) Stoves, J.L. - Fibre Microscopy. National Trade Press. London, 1957
 - 31) FAO. - Raw Material for More Paper. Roma, abril 1953
 - 32) Testing Methods - Recommended Practices - Specifications, of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry.
 - 33) Dinwoodie, J.M. - Tappi. Vol. 48 (8) - agosto 1965
 - 34) Marton, R. - Tappi. Vol. 48 - N°7
 - 35) Leask, R. - A Review of Thermo-mechanical Pulping. Pulp and Paper Canada, Vol. 76 (10) - T. 295, 1975
 - 36) TAPPI Monograph Series. N°27, 1963
 - 37) Yankowski, A.A. - Engineering Progress at the Univ. of Florida. Bulletin Series N° 71 - 1955
 - 38) Cristensen, P.K. - PPMC., 73 (2). 62-1972 (1).
 - 39) Fennel, F.L. and Statler, N.J. - Tappi 51 (1) - 62 A - 1968
 - 40) Fuentes, E. - ATCP. Vol. VIII, N° 5
 - 41) Hartler, N. y otros - Tappi 43 (10) - 806, 1960
 - 42) Crawford, I.A. - Appita 53 (3), 177, 1969
 - 43) Dick, D. and Andrews, D.H. - PPMC, 66 (3) - r 201, 1065
 - 44) McDonald - Pulp and Paper Manufacture - McGraw-Hill Book Co. Tomo II pag. 146
 - 45) A. von Koeppen - Paper Trade Journal. May 1, 1961
 - 46) Casey, J.P. - Pulp and Paper. Vol. 1 - Interscience Pub. New York, 1952
 - 47) Kolthoff, J.M. y Sandell, E.R. - Tratado de Química Analítica Cuantitativa. Editorial Nigar SRL - Buenos Aires, 1959
-

A N E X O S

ANEXO I

RESPUESTA DEL PROCESO SODA/SULFITO POR EL METODO MM

Para dos especies de las seleccionadas, Sauce criollo y Aliso, se programó un pulpado adicional por el método denominado MM (patente argentina), que se caracteriza por el uso de astillas muy delgadas (0,2 - 0,5 mm espesor) que se deshidratan hasta sequedad casi absoluta, como recurso para promover la impregnación.

Dichas "escamas" fueron preparadas por la empresa Papelera San Justo SA. (Bs.As.) a partir de troncos pertenecientes a nuestro stock. Con fines de comparación sólo se hizo deshidratar la mitad de la partida. Recibimos en consecuencia dos muestras de cada especie:

MM1, escamas natural, con 20% humedad

MM2, escamas deshidratadas, con 5% humedad

Las cuatro muestras fueron procesadas a la soda/sulfito según la siguiente operatoria:

Impregnación

Temperatura ambiente

Composición licor : 30 gpl SO_3Na_2 - 20 gpl NaOH

(idem corridas individuales iniciales)

Relación licor/madera: 9:1

Tiempo 2:30 hs MM1

1:30 hs MM2

(en ambos casos se comprobó penetración total)

Digestión

Temperatura	80°C
Relación licor/madera	2,5:1
Tiempo	1:30 hs

Desfibrado

En cuatro pasajes por molino SW 12", a 15 - 7 - 3 y 2 milésimas pulgadas de separación entre discos respectivamente.

Resistencia mecánica de las pulpas

En la tabla que se incluye a continuación se dan los valores correspondientes a las cuatro muestras.

Muestra	Tiempo de refinac. min.	Grado Schopper	Factor de rasgado $\frac{g}{g/m^2}$ %	Long. de rotura m	Opacidad %	Blancura %
Sauce MM1	0	26	36,3	4.630	96,3	
	6	37	34,4	6.150	96,8	
	11	49	34,5	6.440	96,3	
	16	59	27,4	7.000	96,0	36,5
Sauce MM2	0	20	42,4	4.300	96,7	
	12	40	35,7	6.178	96,6	
	17	52	35,1	7.272	95,8	
	22	64	30,7	7.460	95,9	39,3
Aliso MM1	0	23	25,6	5.660	93,5	
	6	40	34,1	6.540	93,0	
	13	53	27,7	7.180	91,2	
	19	62	23,3	8.190	87,6	46,0
Aliso MM2	0	25	27,2	5.560	93,1	
	5	32	26,5	5.950	92,9	
	13	47	23,5	7.090	91,3	
	18	59	23,3	7.620	90,3	47,1

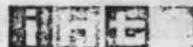
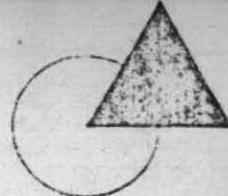
Se nota un solo caso de discontinuidad entre los mismos, para la muestra MM1 Aliso no deshidratada, en rasgado, donde se observa a un grado medio de refino (40° SR) un valor excesivamente elevado (34,1 %) frente a los extremos que son del orden del 26%. Las tres curvas restantes que pueden construirse son continuas y levemente descendentes.

No es posible señalar una tendencia definida de comportamiento diferencial entre las escamas húmedas y las deshidratadas, pues los mejores valores relativos se dan indistintamente.

Comparando ahora el proceso MM con el convencional (tabla 10) se nota una leve ventaja para el método MM en tracción para las dos especies, tendencia que se invierte en desgarró, cuyos valores favorecen sensiblemente al proceso tradicional.

Dentro de los límites reducidos de estos ensayos y destacando que ciertos aspectos básicos (tales como la preparación de escamas MM) han estado fuera de nuestro control directo, puede opinarse que para dos especies de baja densidad, la aparente desventaja en desgarró del método MM afecta su elección en papel prensa frente al proceso convencional.

Se advierte que la tendencia observada podría alterarse con maderas más densas, sujetas a problemas de impregnación.



O.T. N° 254550-
Informe final
15/10/1975
N° Interno 02129

MINISTERIO DE ECONOMIA
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
Alsina 1401
BUENOS AIRES

DETERMINACIONES EFECTUADAS

Estudio de prefactibilidad técnica

Visto el Informe final del Estudio de prefactibilidad Técnica- Planta de Papel prensa en el Norte de la Provincia de Santa Fé, presentado por la Universidad Nacional del Litoral- Facultad de Ingeniería Química- Laboratorio Tecnológico, pasamos a comentar los puntos que consideramos más destacables.

1. La conclusión que sobresale se refiere a " la pobreza de cobertura forestal del área de influencia de Reconquista" y "el difícil acceso a dichas masas", lo que sumando a " los estudios referentes al emplazamiento sobre el Paraná de sendas represas a la altura de las poblaciones santafesinas de Santa Teresa y Cayasta" que está desarrollando Agua y Energía lo " que provocaría el anegamiento total de la zona isleña considerada", hacen " impracticable la instalación en la zona de Reconquista de una planta industrial de la magnitud adecuada para papel prensa, por insuficiencia de los recursos forestales del ambiente isleño " (pag. 128 y otras).

Esto nos lleva a resaltar nuevamente la necesidad de realizar un estudio previo de las existencias de materias primas forestales, antes de emprender un estudio de prefactibilidad técnica.

2. En general, el estudio está bien esquematizado pero creemos necesario comentar algunos puntos del mismo, ya que en alguno de ellos, las condiciones o valores obtenidos, no están dentro de los que generalmente se logran o adoptan.

2.1. Productos químicos absorbidos

Se puntualiza que los consumos de hidróxido de sodio (6 a 7% sobre madera seca) y de sulfito de sodio (1% sobre madera seca) se pueden considerar normales para el proceso

soda - sulfito, en que el elegido entre todos los planteados. (pag. 117 y tabla N° 12).

Según datos aportados por la bibliografía (1,2,3) y que en parte son citados en el Informe Final (pag. 33 y 34) el rendimiento que se obtiene en este tipo de pastas está entre el 85 a 95% y los consumos de productos químicos se sitúan en porcentajes cercanos al 2% de hidróxido de sodio e igual porcentaje de sulfito de sodio absorbidos.

Las temperaturas son de unos 80-90°C y los tiempos de unos 30 minutos.

2.2. Rendimientos

Aún teniendo en cuenta la salvedad que algunas de las muestras poseen gran cantidad de solubles, los rendimientos obtenidos son muy bajos (tablas 11 y 12) si se los compara con los indicados en el punto anterior.2.1.. Estos bajos valores obtenidos se deberían a las eliminación efectuada de las fibras y partículas (finos) que han pasado la malla 80 de los tamices empleados.

Estas pérdidas de finos no se producen en tal proporción en la práctica industrial y la inclusión de los mismos en el empaste harán variar probablemente las propiedades de la pasta obtenida.

De aquí también que se haya tomado como grado de refino normal para estas pastas, los 50°SR que se considera " tope normal" (pag. 78) cuando en la industria se llegan hasta unos 65°SR.

2.3. Blanqueo con peróxido

En este punto estimamos que la temperatura de tratamiento con que se ha trabajado (80°C) es alta en comparación con la que generalmente se emplea, lo que puede haber producido una pérdida en el efecto blanqueante del peróxido.

-
1. Richardson, C A. y Le Mahieu, J.R., Supergroundwood from Aspen, TAPPI 48,6,1965.
 2. Bauer, Co. Chip. Groundwood and Chemi-mechanical pulp from poplar chips, 1966.
 3. Leask, R. Current Status of Manufacture of Groundwood from chips, P.T. Journal, Dic. 15,1969

Además y también ligado a la absorción de productos químicos que tuvieron las pastas, es relativamente bajo el incremento de blanco logrado con peróxido (pag. 120) ya que para pastas mecánicas, 60 minutos de tratamiento 60°C, se pueden obtener incrementos de blancura de unos 20 puntos.

2.4. Selección de procesos

Por lo que estimamos una equivocación en el encolumnamiento, creemos que se ha deslizado un error en los valores que definieron la selección del proceso (pag. 91) ya que la blancura que se asigna a las pastas a la soda correspondería a sulfito soda y viceversa. Esta circunstancia coloca en mejores condiciones al proceso soda-sulfito.

3. Consideramos de sumo interés el poder intercambiar opiniones con los técnicos de la Universidad del Litoral sobre los puntos señalados anteriormente para así llegarse a una conclusión provechosa.

4. Sugerimos sea aprobado el Informe final presentado, y basandonos en lo conuyente del informe forestal y la construcción de represas sobre el Paraña, no creemos conveniente- por el momento- ampliar el Plan de Trabajos ya realizado.

RESPUESTA A LAS OBSERVACIONES AL INFORME FINAL

Punto 1 - General

La conclusión que sobresale en el estudio no es única, según expresa CICELPA al referirse a "pobreza de cobertura forestal ...". Creemos haber sido claros al destacar por otra parte la excelente respuesta tecnológica de nueve de las especies estudiadas, tanto individual como en mezcla.

Dejando de lado el aspecto relativo a "represas del Paraná Medio", que a la fecha de iniciación del estudio no tenía estado público y refiriéndonos a la opinión de CICELPA sobre "necesidad de realizar un estudio previo de las existencias de materia prima forestal antes de emprender el estudio de prefactibilidad técnica", manifestamos nuestra oposición a dicho concepto. Sostenemos que la prelación relativa de los aspectos "aptitud tecnológica" e "inventario de recursos" no es antagónica en general y nuestro caso no constituye una excepción.

Vale tanto o menos determinar disponibilidad de un recurso que luego se comprueba inservible, como la opción inversa.

Las existencias del monte isleño estudiado son notoriamente insuficientes para un caso extremo de concentración en insumos madereros, pero ello no invalida otras alternativas industriales del mayor interés regional, y el uso complementario en plantas de importancia nacional, incluso de Papel Prensa, cuya factibilidad surge del estudio tecnológico. De ninguna manera el país puede desdeñar una reserva actual superior a las 80.000 Ha de monte apto para uso papelerero.

Por otra parte, en general resulta más caro el estudio de inventario forestal y ello invita muchas veces a comenzar por el estudio tecnológico, como ha hecho el mismo CICELPA con numerosas especies nativas del

país. En nuestro caso se disponía ya de las aerofotografías de la zona, que debía interpretarse y medirse. De haber esperado sus conclusiones, probablemente sólo hubiéramos modificado el alcance de nuestro estudio, sin circunscribirlo a Papel Prensa en Reconquista.

Sostenemos por lo tanto la validez del enfoque global de este estudio que afrontamos basados en nuestros propios conocimientos cualitativos del monte isleño y sus especies.

Punto 2.1 - Productos químicos absorbidos

El consumo de 6-7% de NaOH sobre madera seca ha sido considerado "normal" en nuestro estudio, desde el punto de vista de un proceso a la soda/sulfito programado como máxima resistencia de la pulpa resultante. En nuestro caso teníamos que alcanzar necesariamente ciertos niveles preestablecidos con maderas desconocidas, sobre la hipótesis conservativa de su respuesta inferior al de salicáceas seleccionadas.

Consideramos inoperante ensayar inicialmente niveles del 2% de NaOH y 2,5% de SO_3Na_2 , en vista de antecedentes del mismo CICELPA que en tales condiciones sólo alcanza 1962 m. de tracción y 29,5% de desgarró, en las corridas preliminares para PROINPA (ATIPCA, vol. 11, N° 5, p.30). Adviértese que en el mismo estudio, ensayos del Sindicato Celulosa Pomilio adoptan 7,2% NaOH y 7,2% SO_3Na_2 , y sólo alcanzan 3910 m. de tracción a 60°SR (idem pág.38). Ya en escala industrial, los australianos informan sobre un consumo del 7,5% NaOH sobre madera seca en soda fría de eucaliptus que utilizan en su papel prensa (Pearson, A.J.; TAPPI Vol.52, pág 5, n° 868)

Ahora bien, justificado así el dosaje inicial de NaOH y el califi

cativo de "normal", reiteramos aquí dos conceptos fundamentales mencionados en el estudio, que refuerzan nuestra posición:

a) el margen de resistencia mecánica obtenida en las pulpas del monte natural isleño (+ 67% en tracción y + 30% en desgarró) indica claramente la posibilidad y conveniencia de reducir la intensidad del tratamiento químico a través de menores concentraciones de reactivos. Por razones de extensión, nuestro trabajo no pudo alcanzar la etapa de optimización que seguramente redundaría en sensible ahorro de NaOH.

b) el nivel de reactivos usados tiene una incidencia económica relativa y sería incorrecto fijar como patrón el que se admite para maderas convencionales. Las especies mezcladas del monte natural isleño necesariamente tienen en pie un precio inferior al de las salicáceas forestadas y por ello admiten mayores costos en otros rubros de la industrialización.

Punto 2.2 - Rendimientos

Se observan los rendimientos finales consignados en el estudio como muy bajos frente al 85-95% que se asigna en la bibliografía a especies convencionales. Nosotros aclaramos que algunas veces, el valor que se reporta en esos trabajos es el rendimiento de digestión y no el rendimiento industrial. Sin ir más lejos, la soda fría de eucaliptus tiene un 25% de finos que pasan la malla 200 del fraccionador de laboratorio (Sommerville, J.; PPI, mayo 1959, pág. 31) y en estas condiciones difícilmente pueda mantenerse altos rendimientos industriales.

Nuestras pérdidas de material no responden solamente a solubles y partículas no fibrosas, que abundan en algunas especies. En escala piloto batch se producen además pérdidas sistemáticas y accidentales no cuantifi

cables y por ello nuestras cifras no son comparables con la de escala industrial. Se han consignado para facilitar una evaluación relativa general, y aunque admitimos que el rendimiento debe ser inferior al de salicáceas, las conclusiones no pueden ser cuantitativas.

Las pérdidas de finos -contrariamente a lo que afirma CICELPA- pueden regularse sin mayor dificultad en escala industrial, mediante adecuadas provisiones de diseño en las mallas de lavadores y espesadores. Como por otra parte, quedó accidentalmente comprobado en el estudio, a través del comportamiento de dos muestras con diferente grado de retención de finos, este hecho no modifica las resistencias mecánicas de las pastas que alcanzan las mismas cifras topes de tracción y desgarró a diferentes grados de batido. En consecuencia, la retención de finos sólo tiene incidencia económica y permite a la sección fabricación del papel elegir el grado de refino más adecuado a sus condiciones operativas.

En la industria se adopta un °SR adecuado al tipo de pasta y equipos papeleros. Con mecánicas puras debe llegarse a unos 65°SR o más para lograr la mayor resistencia, pero ello de ninguna manera es imperativo absoluto en otros casos, y en la medida que la separación interfibrilar sea más neta es decir, a medida que aumenta el efecto químico -como en el caso de nuestras pastas,- la resistencia al desgarró es afectada a °SR muy elevados, como lo muestran las curvas experimentales.

Por ello hemos considerado "tope normal" los 50°SR, pero con la salvedad que con sólo dejar mayor proporción de finos en las pulpas, puede lograrse hasta 30 puntos extras de engorde sin mengua de resistencia. Es decir que por esa vía, nuestras pastas presentan una notable versatilidad.

En el caso de la soda fría de eucaliptus del papel prensa australiano el grado de engorde en la planta es de sólo 450 ml CSF (aproximadamente 29°SR). (Pearson, obra citada, pág.868).

Observemos finalmente que el mismo CICEIPA emplea pulpas químico-mecánicas con °SR entre 41 y 50 en sus ensayos de formación de papel prensa en el estudio PROIMPA ya mencionado (pág. 30).

Punto 2.3 - Blanqueo con peróxido

Respecto de este punto, quisiéramos destacar en primer lugar, que la selección de variables de blanqueo no fue de ninguna manera una actitud arbitraria, como lo prueba el análisis previo introducido en el informe (pág.101) y el resumen de la bibliografía consultada. Ello no alcanza sin embargo, para encuadrar a los ensayos realizados como de optimización, y por lo tanto, es obvio, todos los resultados obtenidos son "a priori", factibles de mejorar. Así lo hemos expresado en el análisis citado.

En segundo lugar, CICEIPA hace mención a incrementos de blancura supuestamente bajos y los compara con los resultados que arroja alguna pasta mecánica. Puntualicemos que:

- a) la materia prima utilizada es uno de los factores más importantes que determinan la capacidad de respuesta al blanqueo de las pastas (especialmente en blanqueo no delignificante), como puede comprobarse consultando cualquier bibliografía sobre el tema. Las pulpas motivo de estas observaciones, realizadas con la mezcla de nueve especies de comportamiento inédito hasta el momento de este estudio, no reconocen antecedentes si

milares. En consecuencia, su respuesta al blanqueo no puede utilizarse para juzgar el método y/o las condiciones utilizadas, y hasta tanto otros trabajos no prueben lo contrario, deberían más bien considerarse como propiedades características de las pulpas.

b) tampoco puede ser decisiva la confrontación entre pasta obtenida por diferentes métodos y/o condiciones de pulpado, en vista de la reconocida sensibilidad de la respuesta al blanqueo hacia los tratamientos previos, tanto sobre la madera como sobre la pulpa a blanquear.

De cualquier manera las ganancias logradas con 0,8% de H_2O_2 , del orden de los 12 puntos (comparar M5 y M5b pero especialmente M7 y M7b), superan el nivel usual para pastas mecánicas tradicionales (Tappi Monograph Series N° 27 "The Bleaching of Pulp" 1963) (Pulp and Paper Manufacture, Vol. I; Mac Donald Ed.; McGraw-Hill Book Co.; New York, 1969). Los resultados son sí, sensiblemente inferiores a los que se obtienen con algunas especies pulpadas a la soda fría y en métodos de blanqueo conocidos como "refiners bleaching", con ganancias del orden de los 18-22 puntos (Jahne, J.F. and Price, C.E.; Tappi 43(7) 227 A - 1960) (Kindron, R.R. ; and Rosebuch, F.J.; Tappi 44(10): 158 A - 1061). Importa destacar, sin embargo, que las pulpas a la soda fría son, en general, las que mejor responden al blanqueo con peróxido. Esto no es exactamente el caso de nuestras pastas soda-sulfito, de propiedades físicas y ópticas bastante diferentes a las de soda fría, como se demostró en el estudio.

CICELPA observa también que "la temperatura ..., con que se ha trabajado (80°C) es alta en comparación con la que generalmente se emplea, lo que puede haber producido una pérdida en el efecto blanqueante del peróxido".

Nada hemos encontrado en nuestra búsqueda bibliográfica que permi-

ta adjudicar efectos negativos a la temperatura de trabajo seleccionada. Por el contrario, los datos a nuestro alcance muestran que en general los incrementos de temperatura en el rango de 80-85°C permiten mejores respuestas al peróxido, y de hecho, las tendencias industriales para el blanqueo de pulpas quimimecánicas y químicas (etapa peróxido) son a trabajar en el rango 70-85°C y sólo en el caso de mecánicas tradicionales no se supera normalmente los 60°C.

Como ya lo expresamos en el informe, nuestro criterio y experiencia es que, dentro de los límites antes citados, la temperatura actúa sólo como acelerador de las reacciones en juego y b hace aproximadamente en igual medida tanto para las negativas como las positivas. El efecto global depende por lo tanto, de que el balance del resto de las variables favorezca a unas u otras. En tren de optimizar el aprovechamiento del H_2O_2 , en consecuencia, consideramos mucho más importante fijar la atención sobre la carga de álcali, la evolución del pH, el efecto de los estabilizadores y/o el nivel del H_2O_2 residual, variables que probablemente deberán adaptarse a cada tipo de pulpa.

T A B L A S Y G R A F I C A S

Tabla N° 1 PROPIEDADES FISICAS DE COMPONENTES USUALES DE PAPEL PRENSA

INDICE CALIDAD	SULF. ACIDO de Ca		KRAFT SEMIBLAN.		MECANICA PIEDRA		MECANICA ASTILLAS		SUPERGROUNDWOOD	
	Abeto crudo	Pino radiata	Abeto	Pino	Abeto	Pino	Abeto	Pino	Abeto	Pino
FREENESS	601	693	88	145	104 - 178					
LONG. ROTURA	8900	5280	2630	2580	3000 - 3910					
DESGARRO	72	236	46	69	73,8 - 83,5					
BRIGHTNESS	46,5	52	58,5	57,0	+ oscura que norm.					
OPACIDAD	78,2	-	97,7	94,0	---					
Referencia	(10)	(5)	(10)	(40)	(3)					

Tabla N° 2 (5)

PROPIEDADES FISICAS DE PAPELES DE DIARIOS CONVENCIONALES

	Suecia	Finlandia	Canadá O.	Canadá E.	N. Zelandia	Australia
Gramaje	47,2	47,7	47,8	46,2	49,5	49,0
Desgarro						
MD	14,2	22,2	27,6	16,4	28,5	21,2
CD	22,4	28,7	41,0	23,6	33,3	34,1
Tracción						
MD	3850	3580	4860	4280	3520	3910
CD	1330	1865	1760,	1880	1760	1510
Brightness %	56,5	57,4	54,5	56,9	57,0	62,1
Opacidad %	95,2	96,2	95,1	95,8	95,5	96,0

Tabla 3 - PROPIEDADES DE PULPAS INDIVIDUALES Y MEZCLAS

PULPA	% empaste	°engorde CSF ml	Factor reventam.	Longitud Rotura	Factor Desgarro
Kraft Pino radiata	17,8	657	44,5	-	227
Mecánica alc. Eucaliptus	62,2	49	7,4	-	2,9
Soda Fria Eucaliptus	20,0	75	29,9	-	51,8
Mezcla real	-	127	15,0	-	75,3
Calculado	-	162	18,5	-	64,1 (5)
Kraft Pino	25	600	48	7000	130
Mecánica Pino	75	75	10	2400	40
Mezcla real	-	110	14	2800	67,2
Calculado	-	206	19,5	3550	62,5 (8)
Sulfito Abeto	25	630	47	6500	64
Mecánica Abeto	75	85	15	3400	45
Mecla real	-	226	16,8	3250	63,4
Calculado	-	223	22,9	4170	49,8 (8)

Tabla N° 4

PROPIEDADES FISICAS

ESPECIE	LONGITUD DE FIBRA (mm)		DENSIDAD (Kg/dm ³)	
	RANGO	PROMEDIO	RANGO	PROMEDIO
Laurel	0,54-1,28	0,88	0,45-0,48	0,47
Sauce	0,52-1,09	0,78	0,35-0,37	0,36
Aliso	0,53-0,87	0,70	0,33-0,37	0,36
Timbó colorado	0,56-1,22	0,82	0,30-0,32	0,31
Timbó bl.	0,59-1,19	0,88	0,56-0,58	0,57
Curupí	0,63-1,19	0,88	0,32-0,36	0,34
Seibo	0,57-1,37	1,00	0,22-0,28	0,28
Canelón	0,45-1,01	0,75	0,33-0,60	0,47
Sangre Drago	0,70-1,02	0,85	0,25-0,32	0,28
Ingá	0,56-1,24	0,92	0,48-0,52	0,49

Tabla N° 5

RELACION LONGITUD/DIAMETRO DE FIBRA

ESPECIE	LONGITUD (u)		DIAMETRO (u)		L/D
	rango	promedio	rango	promedio	
Canelón	450-1020	754	19-38	28,5	26,45
Aliso	530-880	705	17-28	23,1	30,54
Timbó colorado	560-1220	824	19-40	26,1	31,5
Curupí	630-1200	880	15-34	26,2	33,60
Sangre drago	700-1020	857	10-30	21,3	40,27
Sauce	520-1100	785	10-23	16,8	46,69
Seibo	570-1370	1000	10-30	20,1	49,75
Ingá	560-1240	918	10-30	18,1	50,60
Laurel	540-1280	887	10-25	16,4	53,98
Timbó blanco	590-1200	882	10-23	15,2	58,00

Tabla N°6 **ESPEJOR DE PARED Y DIAMETRO DE LUMEN/RELACION DE RUNKEL**

Especie	diámetro de fibra (u)	espesor de pared (u)	diámetro lumen (u)	Relación de Runkel
Curupí	26,2	2,5	21,2	0,23
Sangre drago	21,3	2,0	16,3	0,24
Aliso	23,1	2,5	18,1	0,27
Canelón	28,5	3,5	21,5	0,32
Laurel	16,4	2,5	11,4	0,43
Sauce	16,8	3,0	10,8	0,55
Ingá	18,1	3,5	11,1	0,63
Timbó blanco	15,2	3,0	9,2	0,65

Tabla N° 7NUMERO DE VASOS POR mm²

ESPECIE	NUMERO DE VASOS por mm ²
Ingá	5
Sangre drago	6
Timbó blanco	7
Curupí	8
Aliso	20/22
Laurel	28
Canelón	45
Sauce	58

Tabla N° 8

RESUMEN DE RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS

(Según Normas TAPPI)

ESPECIE ENSAYO	TIMBO			SANGRE						
	ALISO	CURUPI	LAUREL	SAUCE	SEIBO	BLANCO	COLORADO	INGA	DRAGO	CANELON
S Alcoh.-Benceno	9,2	17,3	5,9	6,4	14,9	12,9	15,0	5,5	10,4	13,1
O + agua calien.										
L										
U Alcohol	5,1	6,1	2,4	2,7	5,8	6,4	9,8	2,1	3,8	9,1
B Benceno										
I										
L Agua caliente	6,2	17,8	2,6	5,6	13,9	11,9	14,8	7,0	10,8	12,5
I										
D HONA 1%	22,5	35,2	13,9	23,2	24,1	39,2	29,6	18,5	23,8	25,1
A										
D Solubles	9,8	18,9	8,1	8,4	16,2	13,9	15,6	8,4	11,4	12,4
E totales										
S										
LIGNINA	17,1	14,1	25,0	17,4	26,3	24,6	22,1	15,5	15,3	14,5
PENTONSANOS	22,7	25,4	20,7	23,3	17,7	18,6	19,1	18,9	19,5	23,3
HOLOCELULOSA	68,1	63,4	68,3	71,6	57,3	68,9	60,3	72,5	71,4	72,1
CELULOSA										
CROSS & BEVAN	58,2	56,6	60,1	56,4	50,0	61,3	51,7	60,9	58,2	55,5

Tabla N° 9 SODA FRIA -, Resistencias y propiedades ópticas de las pulpas.

Especie	Tiempo de refino min.	Grado Schopper Riegler	Factor de rasgado $\epsilon/\epsilon/m^2$	Longitud de rotura m	Opacidad %	Blancura de pasta
Canelón	0	17	9,3	922	97,5	43,2
	20	40	18,9	2.390	97,5	
	30	58	24,9	3.239	97,5	
	40	73	28,5	3.683	97,5	
Sangre de Drago	0	17	37,8	2.222	98,5	42,1
	35	37	45,3	5.648	97,0	
	45	55	43,1	6.300	96,5	
	55	65	40,2	6.680	95,5	
Ingá	0	17	18,5	1.272	98,5	32,3
	30	37	35,9	3.291	99,1	
	45	57	38,7	4.053	99,1	
	56	71	36,8	4.550	99,3	
Sauce	0	20	34,7	2.021	99,0	34,6
	24	35	52,2	4.800	99,0	
	34	49	52,2	5.302	99,0	
	44	66	47,4	6.100	99,5	
Laurel	0	15	14,3	1.216	99,2	29,6
	35	37	37,7	3.839	99,3	
	42	43	40,4	4.277	99,3	
	54	66	37,2	4.791	99,3	
Timbó blanco	0	20	37,6	1.018	96,3	41,2
	19	41	51,2	2.208	96,9	
	26	52	53,3	2.559	98,6	
	34	65	58,6	3.069	96,9	

Tabla N° 10 SODA/SULFITO - Resistencias y propiedades ópticas de las pulpas.

Espece	Tiempo de refinación min.	Grado Schopper	Factor de rasgado g/g/m ² %	Longitud de rotura m.	Opacidad %	Blancura de plasta %
Canelón	0	29	21,9	2.393	94,3	44,0
	12	45	27,9	3.478	94,1	
	20	59	27,2	4.123	94,4	
	25	69	30,3	4.614	93,2	
	0	23	52,0	3.800	97,2	41,6
Sangre de Drago	18	40	49,5	5.550	96,6	
	29	54	44,4	7.000	95,0	
	38	68	43,0	7.400	92,5	
	0	15	25,3	1.864	98,5	31,9
Ingá	21	31	39,5	3.247	99,0	
	33	47	44,5	3.844	99,0	
	43	61	40,8	4.302	98,0	
	0	26	44,0	3.842	98,2	38,6
Sauce	13	44	48,4	5.619	97,9	
	19	54	48,6	6.282	98,4	
	26	66	46,1	6.657	97,7	
	0	21	37,6	2.549	98,8	31,9
Laurel	18	33	45,5	4.000	98,8	
	26	44	40,8	4.376	99,2	
	38	65	41,3	5.160	98,7	
	0	24	56,7	3.081	94,6	42,8
Timbó blanco	15	44	54,8	4.593	95,2	
	21	55	55,6	4.613	95,8	
	30	69	51,6	5.409	95,4	

Tabla N° 10 - (Continuación)

Especie	Tiempo de refinación min.	Grado Shopper	Factor de rasgado $\frac{g}{g/p^2}$ %	Longitud de rotura (m)	Opacidad %	Blancura de pasta %
Timbó colorado	0	29	42,5	3.618	98,0	41,9
	13	44	47,4	5.345	98,5	
	21	61	39,8	6.250	98,1	
	25	71	40,9	6.777	96,6	
Aliso del rfo	0	21	34,7	4.617	93,0	47,4
	10	31	36,0	5.438	91,3	
	25	52	33,5	6.838	88,6	
	33	70	30,8	6.963	84,2	
Curupí	0	36	42,5	3.568	100,0	35,8
	10	49	42,4	4.729	99,5	
	15	66	41,0	4.829	99,3	
	20	72	36,8	5.755	98,8	
Seibo	0	16	6,3	344	97,5	25,3
	30	40	22,4	1.974	98,5	
	40	56	22,1	2.299	99,1	
	50	73	21,7	2.475	99,2	

Tabla N° 11 - SULFITO/BISULFITO - Resistencias y propiedades ópticas de las pulpas.

Especie	Tiempo de refinación (min)	Grado SR	Factor de rasgado g/g/m ² %	Longitud de rotura (m)	Opacidad %	Brightness %
Canelón	0	20	13,3	1.575	99,4	26,6
	13	35	29,3	2.862	99,4	
	20	51	32,2	3.893	99,3	
	28	63	35,7	4.778	99,3	
Sangre drago	0	19	47,5	3.435	99,4	38,5
	23	36	41,7	6.386	98,6	
	32	49	41,1	7.197	98,2	
	40	63	33,6	7.395	97,5	
Ingá	0	16	7,6	672	99,3	27,7
	27	32	34,6	2.432	99,5	
	34	45	38,0	2.839	99,7	
	43	62	39,0	3.311	99,5	
Sauce	0	20	35,8	2.913	99,7	31,8
	18	34	43,1	5.569	99,4	
	28	50	40,4	6.379	99,4	
	38	65	34,1	6.477	98,2	
Laurel	0	19	16,7	1.307	100,0	16,8
	26	32	39,4	2.798	100,0	
	41	49	40,7	3.356	100,0	
	53	65	36,8	3.948	99,6	
Timbó blanco	0	20	20,1	1.683	98,2	33,6
	15	36	47,6	3.641	97,3	
	25	55	54,9	4.613	97,9	
	30	66	49,7	4.668	98,1	

Tabla N° 12 - ESPECIES SELECCIONADAS

Proceso SODA SULFITO

Condiciones generales:

Temperatura: 80°C

Concentración total licor: 50 gr/lt

Relación sulfito/soda: 3:2

Relación de licor: 5:1

<u>Especie</u>	<u>Rendimiento Qco. (%)</u>
Sauce	85,4
Aliso	81,9
Timbó blanco	85,5
Sangre Drago	86,2
Timbó colorado	80,3
Laurel	86,3
Ingá	86,0
Canelón	79,0
Curupí	80,6

Tabla N° 13 - PULPADO SODA - SULFITO / MEZCLA DE ESPECIES DE FIBRA CORTA

(Relación licor/madera seca ± 5/1; para todas las corridas, excepto M3, con una relación 6,6/1)

PASTA	Temperatura de reacción (°C)	concentración licor resid. exceso		concentración licor resid. absorbido		pH	HONa	SO ₃ Na ₂	HONa	SO ₃ Na ₂	pH	% licor absorbido	Rendimiento químico (%)
		gr/lit	gpl	gr/lit	gpl								
M3	80	16,2	25,0	4,1	24,7	13,0	3,4	23,8	13,0	2,8	82,5		
M3b	80	16,0	25,9	2,4	25,7	12,9	2,2	24,9	12,7	2,6	86,8		
M4	60	15,2	25,0	2,0	24,9	12,8	1,5	24,7	12,8	2,3	87,6		
M4b	60	16,0	25,9	3,2	25,9	12,9	2,3	25,5	12,8	2,3	89,1		
M5	80	12,1	18,0	0,1	17,1	11,1	0,1	16,6	10,9	3,2	88,2		
M5b	80	12,4	19,8	0,4	17,6	12,0	0,3	17,6	11,6	2,8	89,6		
M6	60	12,1	18,0	0,3	16,6	12,2	0,2	15,1	12,2	2,6	89,3		
M6b	60	12,4	19,8	0,9	19,1	12,4	0,8	18,6	12,4	2,4	90,1		

TABLA N° 14: PULPADO SODA/SULFITO - MEZCLA ESPECIES FIBRA CORTA

PASTA	TEMPERATURA REACCION (°C)	CONCENT. TOTAL LICOR nominal (gpl)	RENDIMIENTO EN FIBRA (%)				CONSUMO DE REACT.	
			base- peso madera orig. acep.	base- peso mad.orig. rechazo total	base- peso mad.orig/rend. rechazo total	base- peso mad.orig. acep.	NaOH	SO ₃ Na ₂
M3	80	40	49	--	59	--	8,2	0,5
M3b	80	40	41	9	59	10	6,9	0,3
M4	60	40	63	11	72	13	6,7	0,1
M4b	60	40	47	7	53	8	6,6	0,1
M5	80	30	61	11	69	12	6,0	0,6
M5b	80	30	49	10	55	11	5,9	1,0
M6	60	30	61	15	68	17	5,9	1,0
M6b	60	30	56	10	62	11	5,9	0,5

TABIA N° 15: PULPAS SODA - SULFITO/MEZCIA ESPECIES FIBRA CORTA - Propiedades Físicas

Muestra	tiempo de refinación (min)	grado schopper	factor de rasgado $\frac{g}{g/m^2}$ %	longitud de rotura (m)	Opacidad %	blancura %
M3	0	24	41,6	3.176	96,9	39,2
	9	35	47,9	4.333	96,9	
	19	55	42,3	6.415	96,8	
	25	69	40,4	6.650	96,6	
M4	0	56	42,5	4.786	97,6	39,5
	4	65	40,3	5.007	98,1	
	8	72	37,5	6.019	98,1	
	12	78	35,3	5.991	97,8	
M5	0	61	40,1	4.501	98,5	40,4
	3	67	41,4	4.833	97,7	
	6	74	46,6	5.685	97,8	
	11	79	44,1	6.395	97,4	
M6	0	56	35,7	4.341	98,0	41,3
	3	61	36,1	4.615	98,2	
	5	67	38,0	4.993	98,2	
	8	74	46,6	5.057	97,4	

TABLA N° 16 : PULPAS SODA - SULFITO/MEZCLA DE ESPECIES DE FIBRA CORTA - Propiedades Fisicas

Muestra	tiempo de refinación (min)	Grado Schopper	Factor de rasgado g/g/m ² %	longitud de rotura (m)	Opacidad %	Blancura de pasta %
M4b	0	21	33,6	3.296	93,4	56,0
	10	35	35,2	5.451	93,8	
	15	47	35,6	5.973	93,4	
	20	57	32,7	6.433	93,6	
M3b	0	20	41,8	3.678	91,4	51,4
	9	31	43,6	5.533	91,5	
	18	49	38,8	6.538	92,8	
	24	66	33,7	7.212	89,9	
M5b	0	21	32,6	3.616	91,7	51,2
	9	38	41,0	5.622	93,9	
	14	48	40,1	5.959	94,7	
	19	60	37,3	6.265	94,8	
M6b	0	26	34,4	3.624	94,0	54,5
	7	38	37,8	4.850	94,0	
	12	47	33,6	5.622	93,5	
	17	57	30,6	6.063	94,1	

TABLA N° 17 - MEZCLA DE FIBRA CORTA / KRAFT S.B. - PROPIEDADES OPTICAS Y RESISTENTES

PULPA	Grados SR°	Factor de rasgado (g/g/m ²) %	Longitud de Ruptura (metros)	Opacidad %	Blancura de pasta %
M7	39	37,8	4.744	97,4	40,1
	55	39,0	5.558		
	64	35,0	6.432		
	70	32,1	6.668		
M7b	26	40,7	3.925	94,8	52,3
	38	39,6	4.995		
	53	37,7	6.054		
	65	35,6	6.799		
KRAFT	13	180,6	3.902	72,7	70,4
	27	82	9.230		
	42	82,4	9.259		
	54	80,9	9.232		

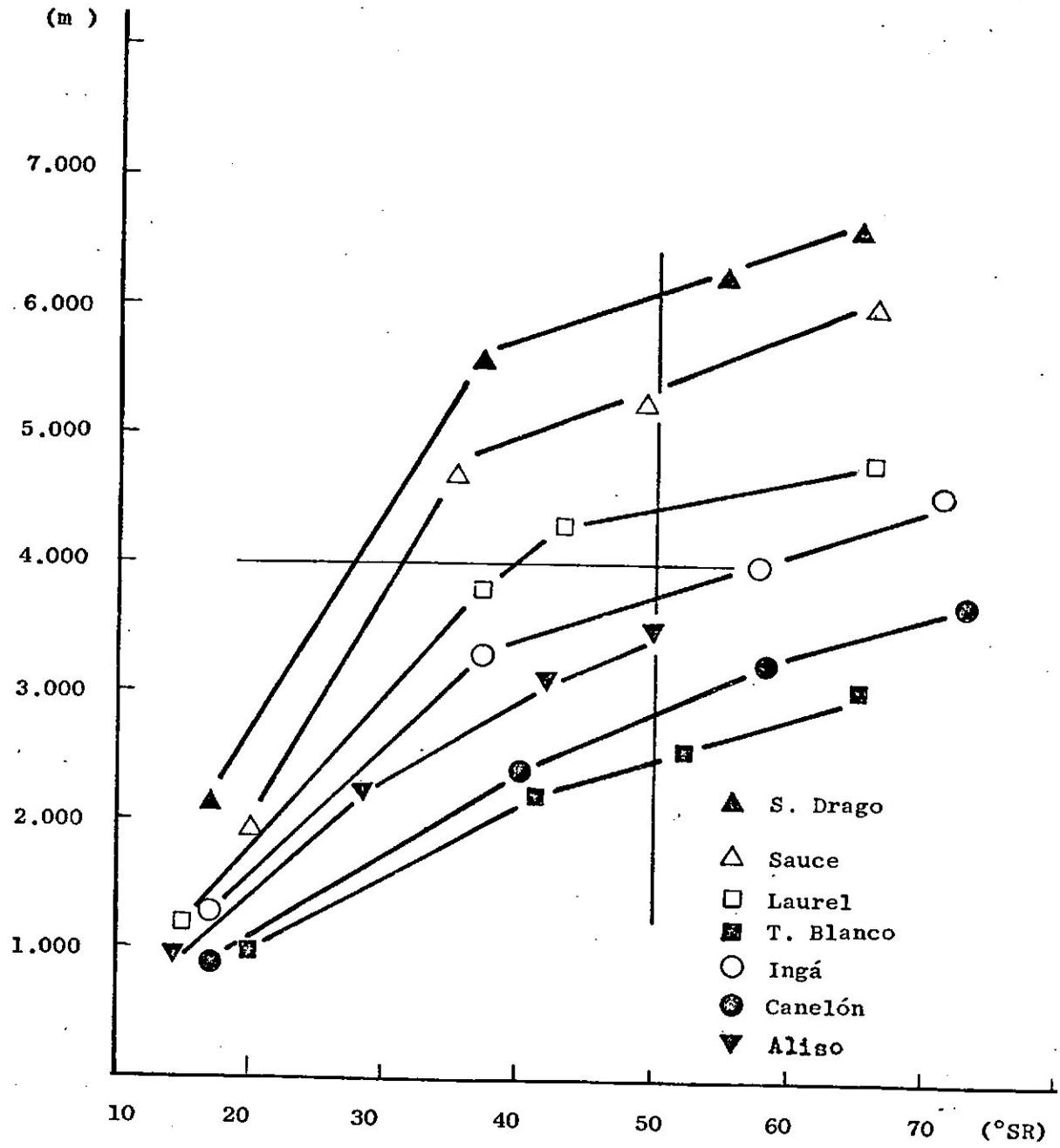
TABLA N° 18 - MEZCLA DE FIBRA CORTA Y LARGA - RESISTENCIA Y PROPIEDADES OPTICAS

PULPA	TIEMPO DE REFINO (min)	GRADOS SR°	FACT. DE RASGADO (g/g/m ²) (%)	LONG. DE ROTURA (m)	OPACIDAD (%)	BRIGHTNESS (%)
Mezcla fibras cor- tas blanqueadas + 18% Kraft S.B. Fibra Larga	0	25	60,9	4.201	93,0	54,0
	8	41	56,8	5.920	92,2	
	13	53	53,6	6.670	92,5	
	18	65	47,8	6.630	92,1	
Mezcla fibras cor- tas blanqueadas + 23% Kraft S.B. Fibra Larga	0	24	63,5	4.298	91,1	53,2
	8	38	58,4	5.878	91,4	
	13	49	50,6	6.378	91,1	
	18	61	46,3	6.967	90,5	



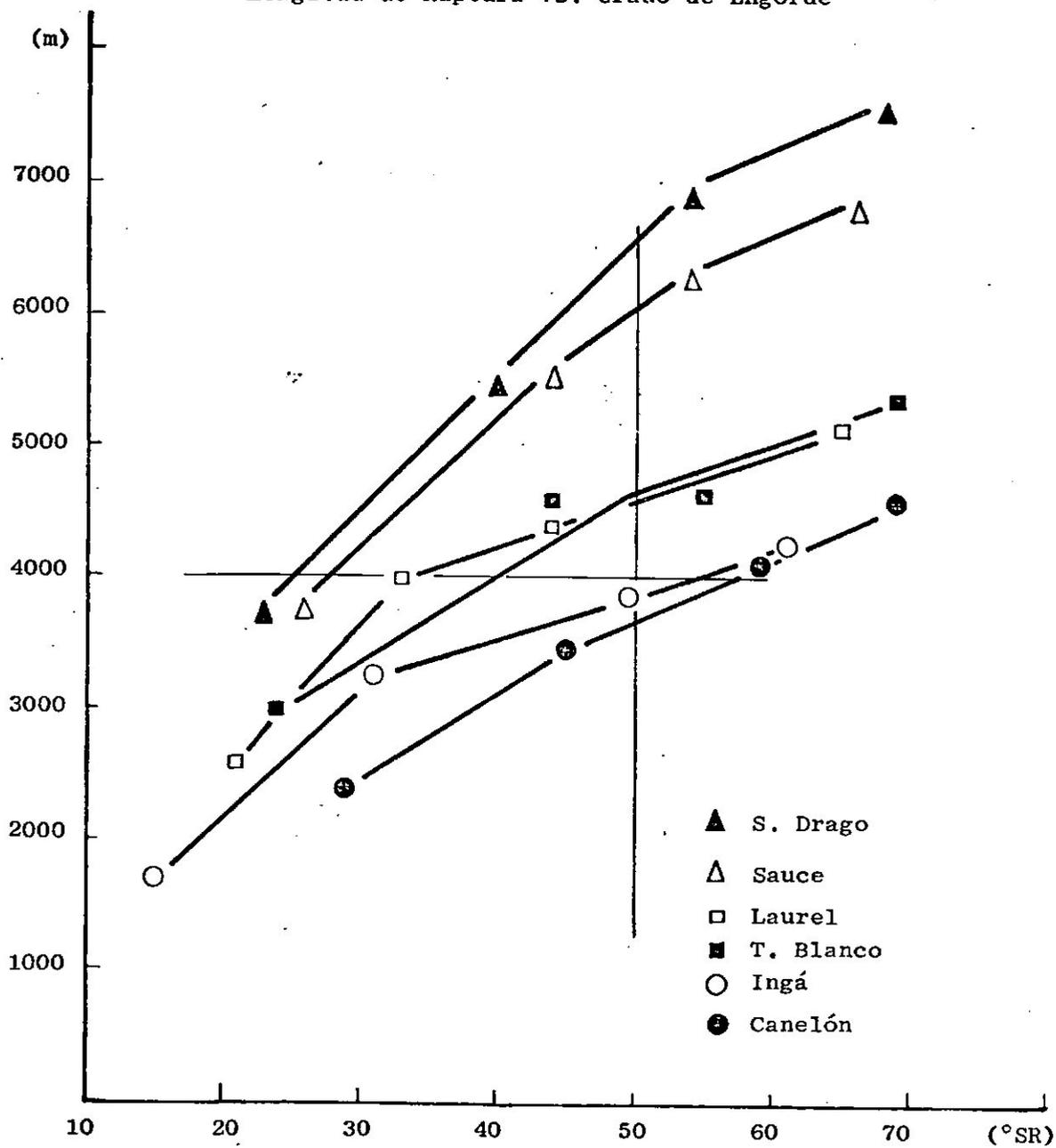
SODA FRIA

Longitud de Ruptura vs. Grado de Engorde



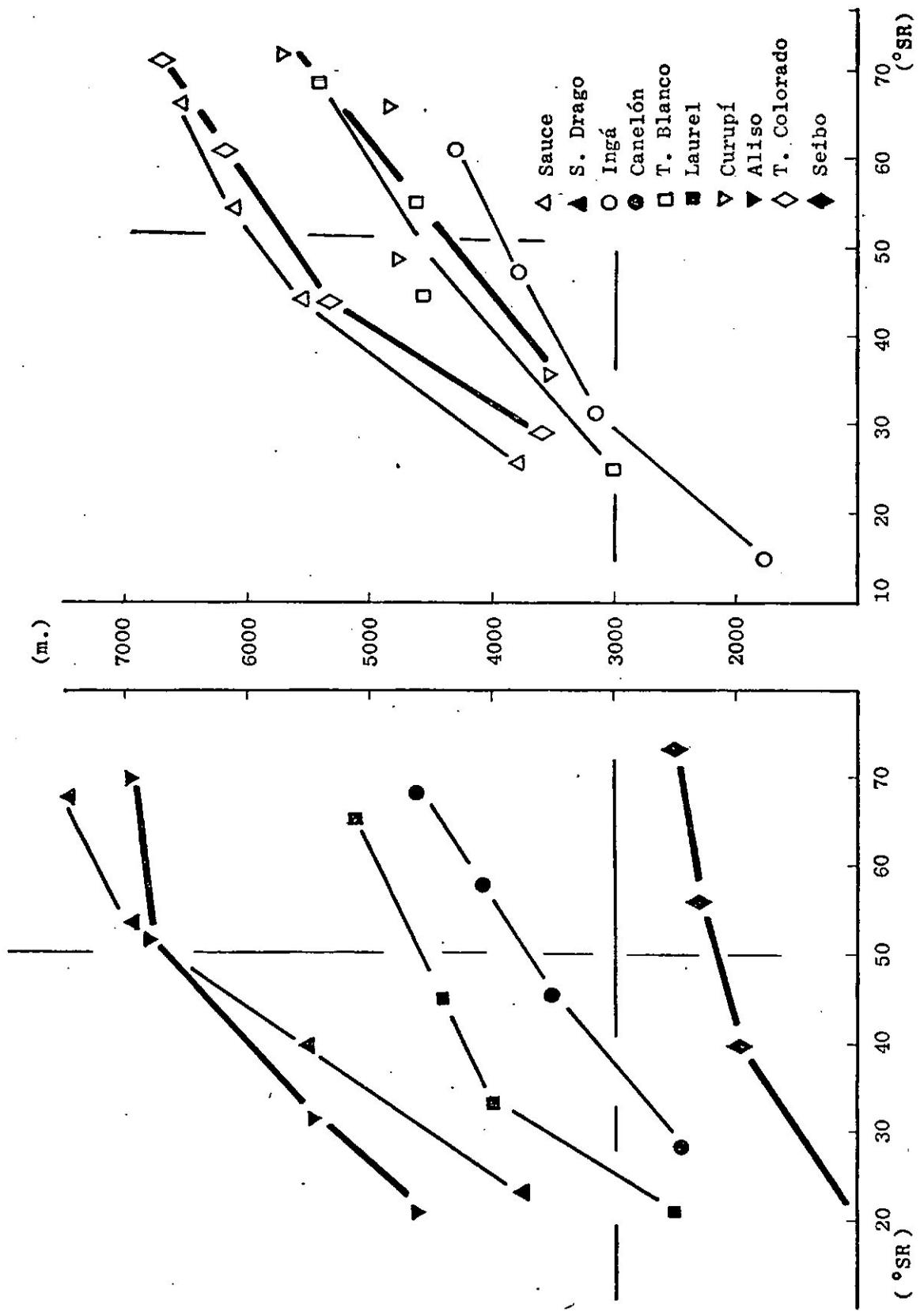
SODA - SULFITO

Longitud de Ruptura vs. Grado de Engorde



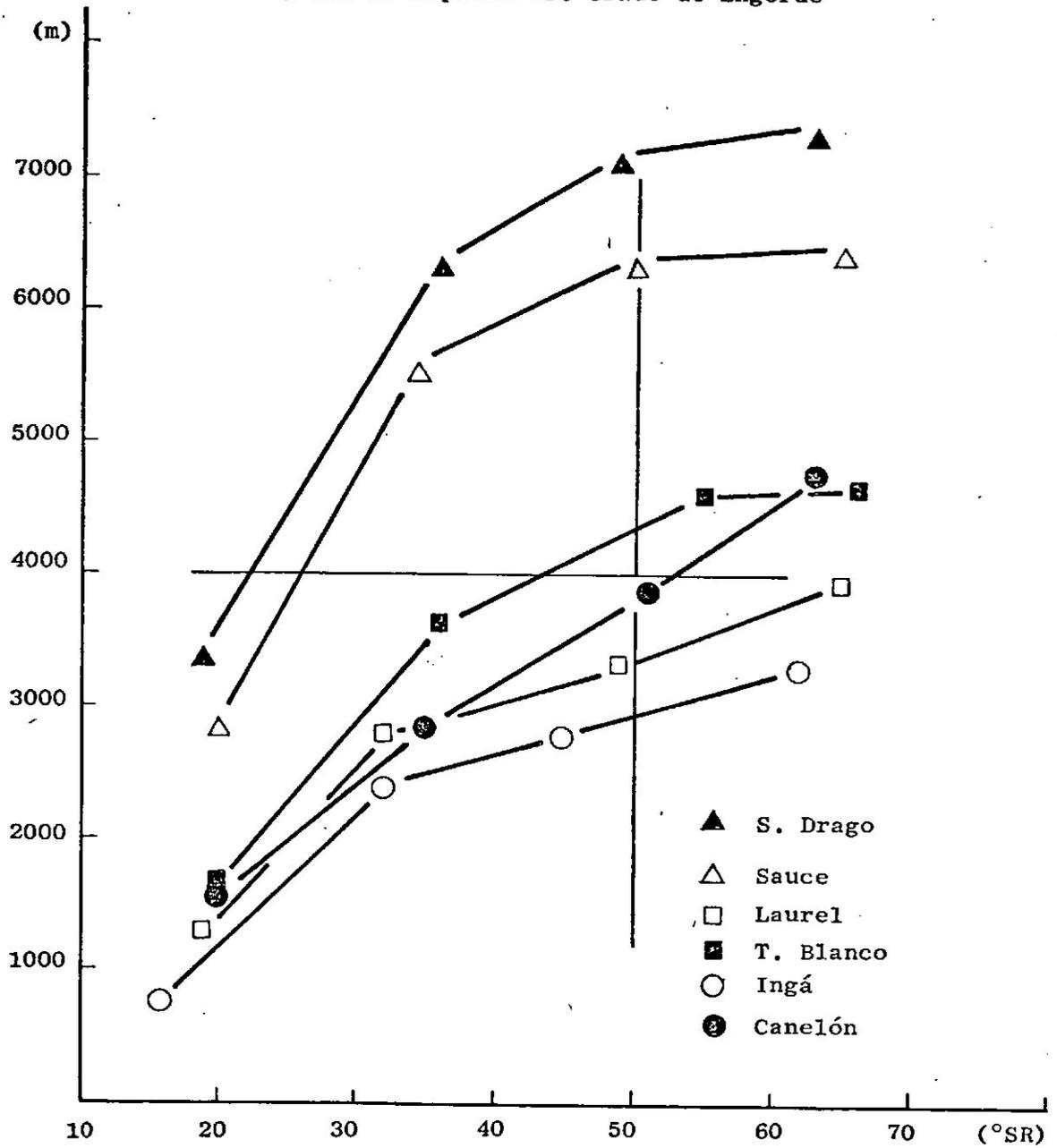
SODA - SULFITO

Longitud de Ruptura vs. Grado de Engorde



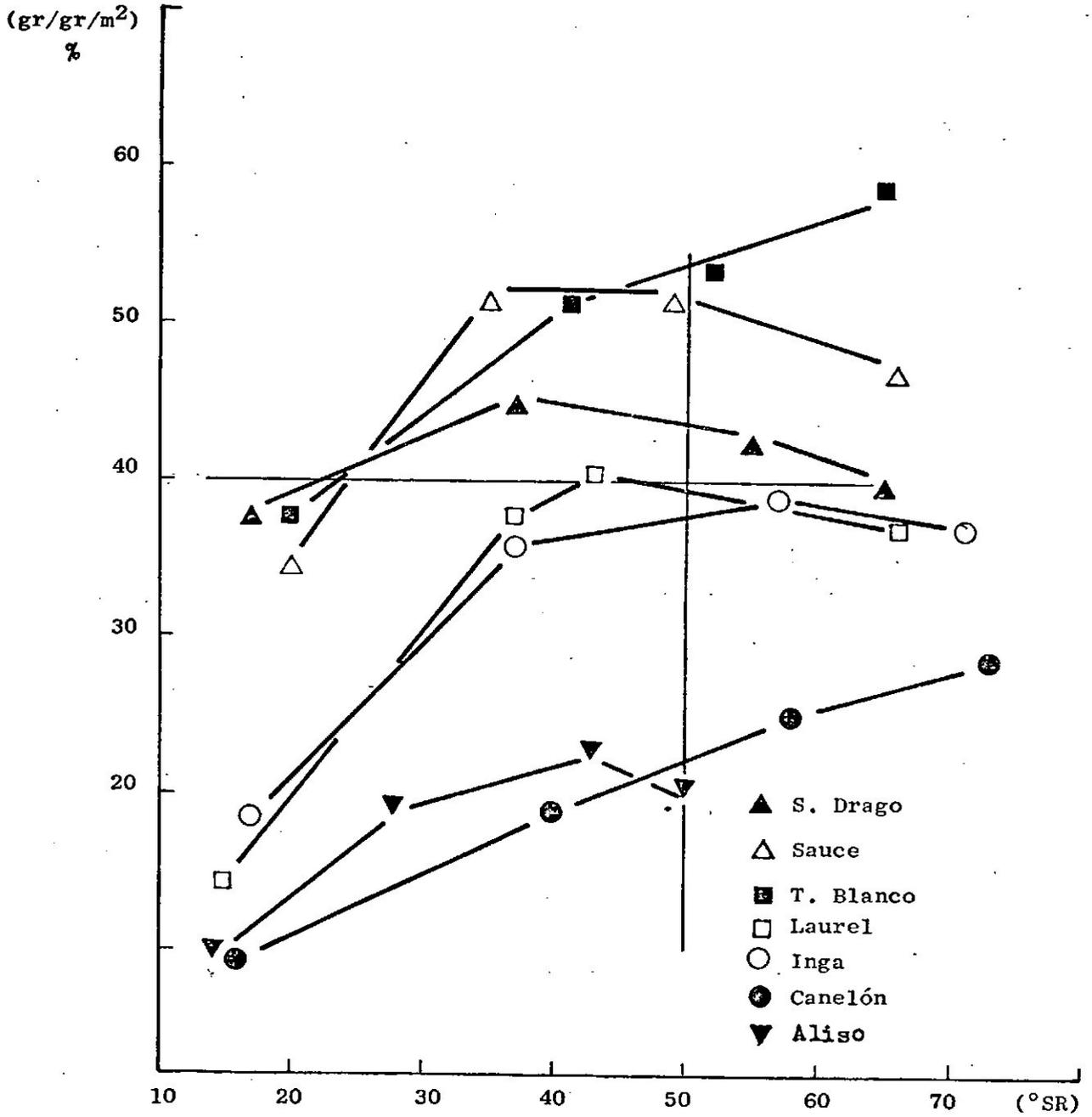
SULFITO - BISULFITO

Longitud de Ruptura vs. Grado de Engorde



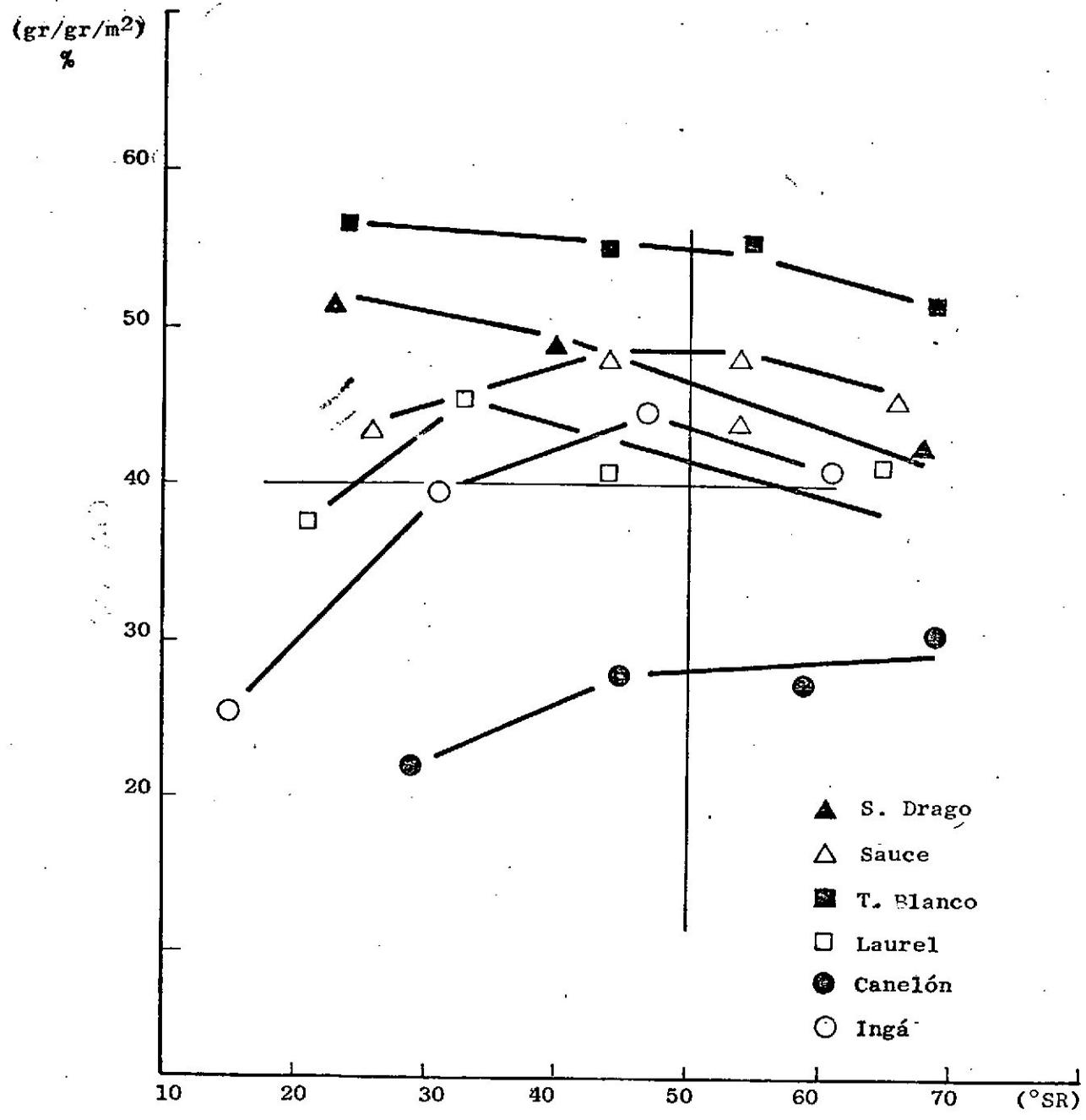
SODA FRIA

Factor de Rasgado vs. Grado de Engorde



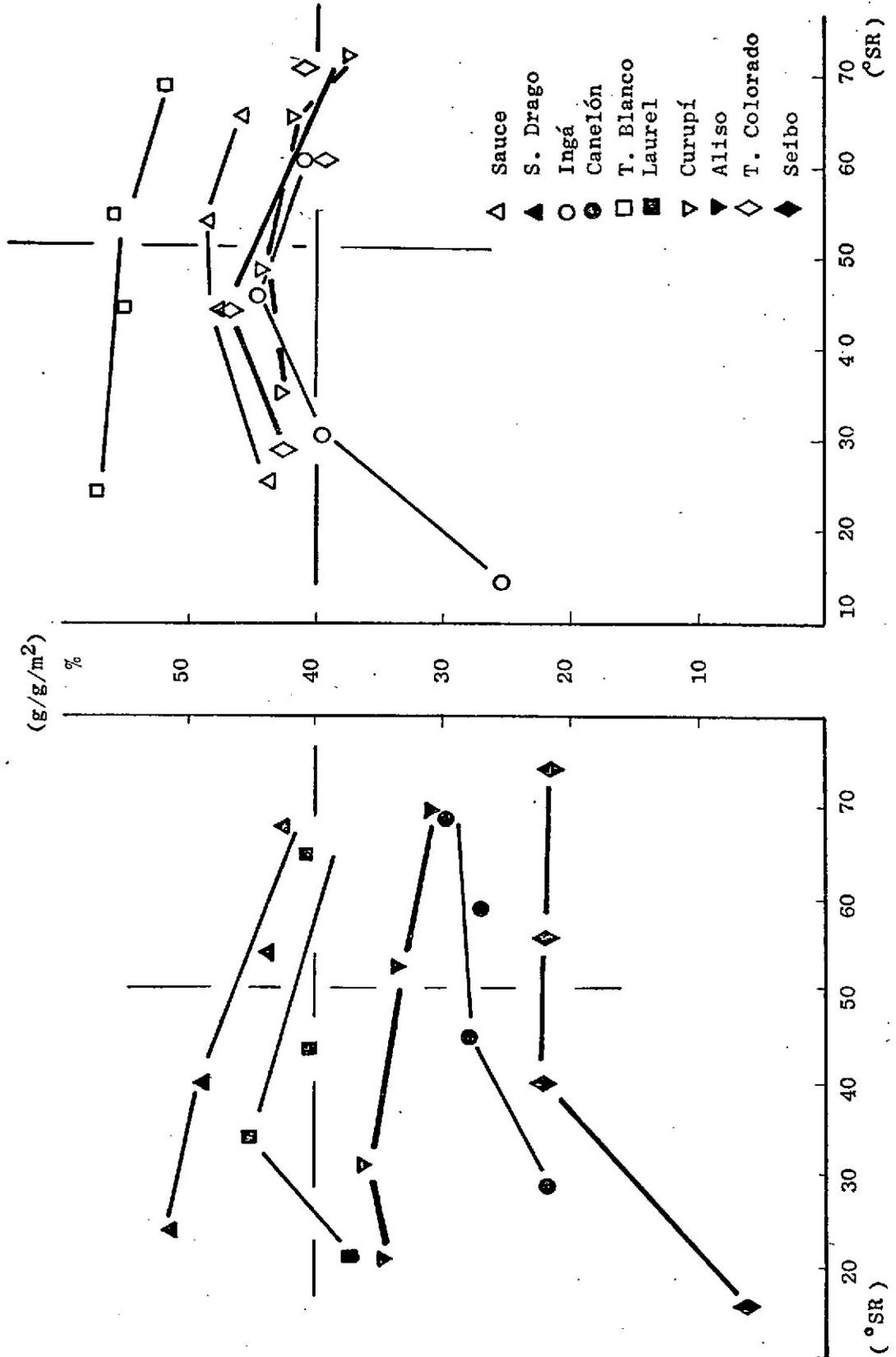
SODA - SULFITO

Factor de Rasgado vs.. Grado de Engorde



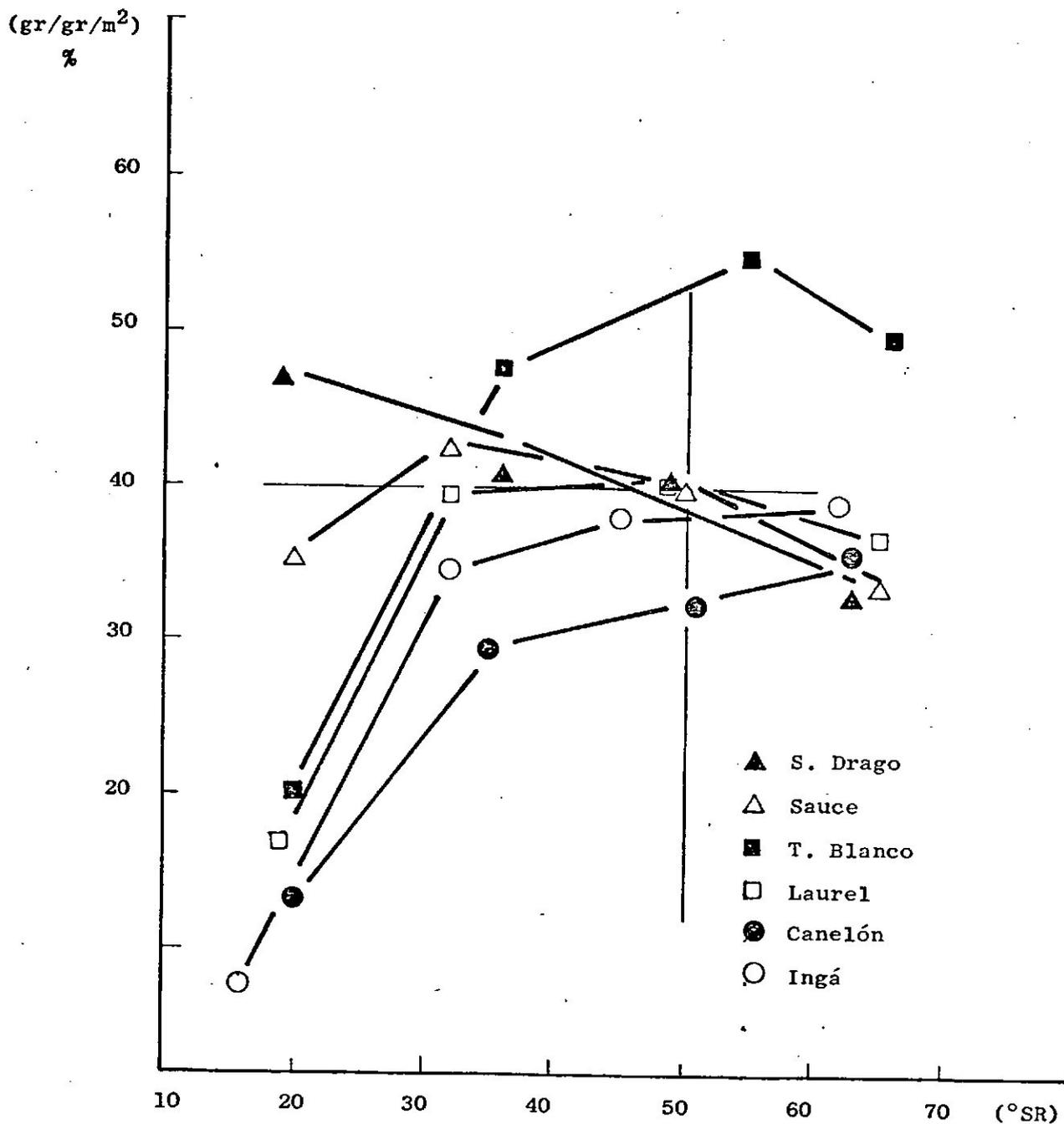
SODA - SULFITO

Factor de Rasgado vs. Grado de Engorde



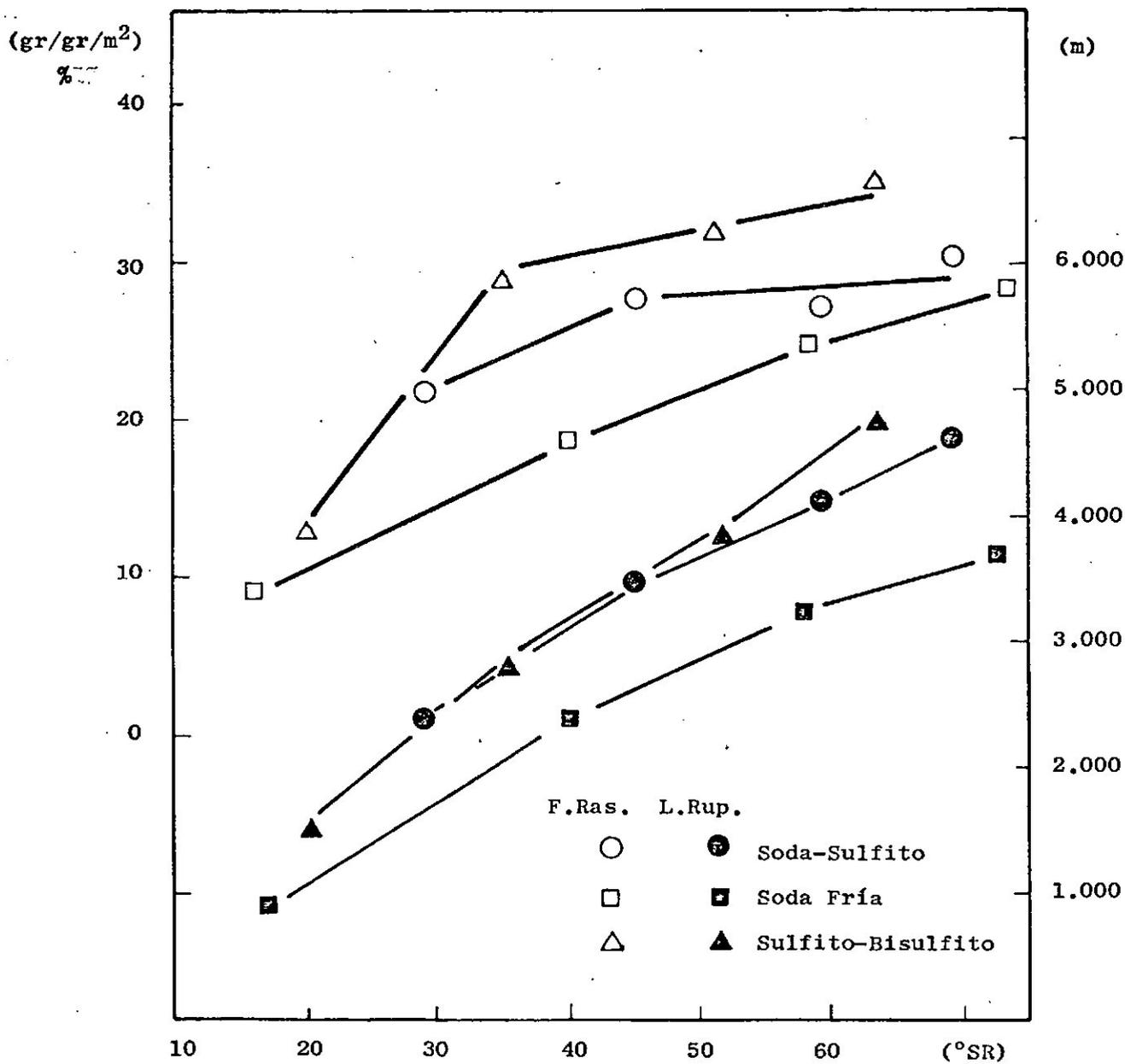
SULFITO - BISULFITO

Factor de Rasgado vs. Grado de Engorde



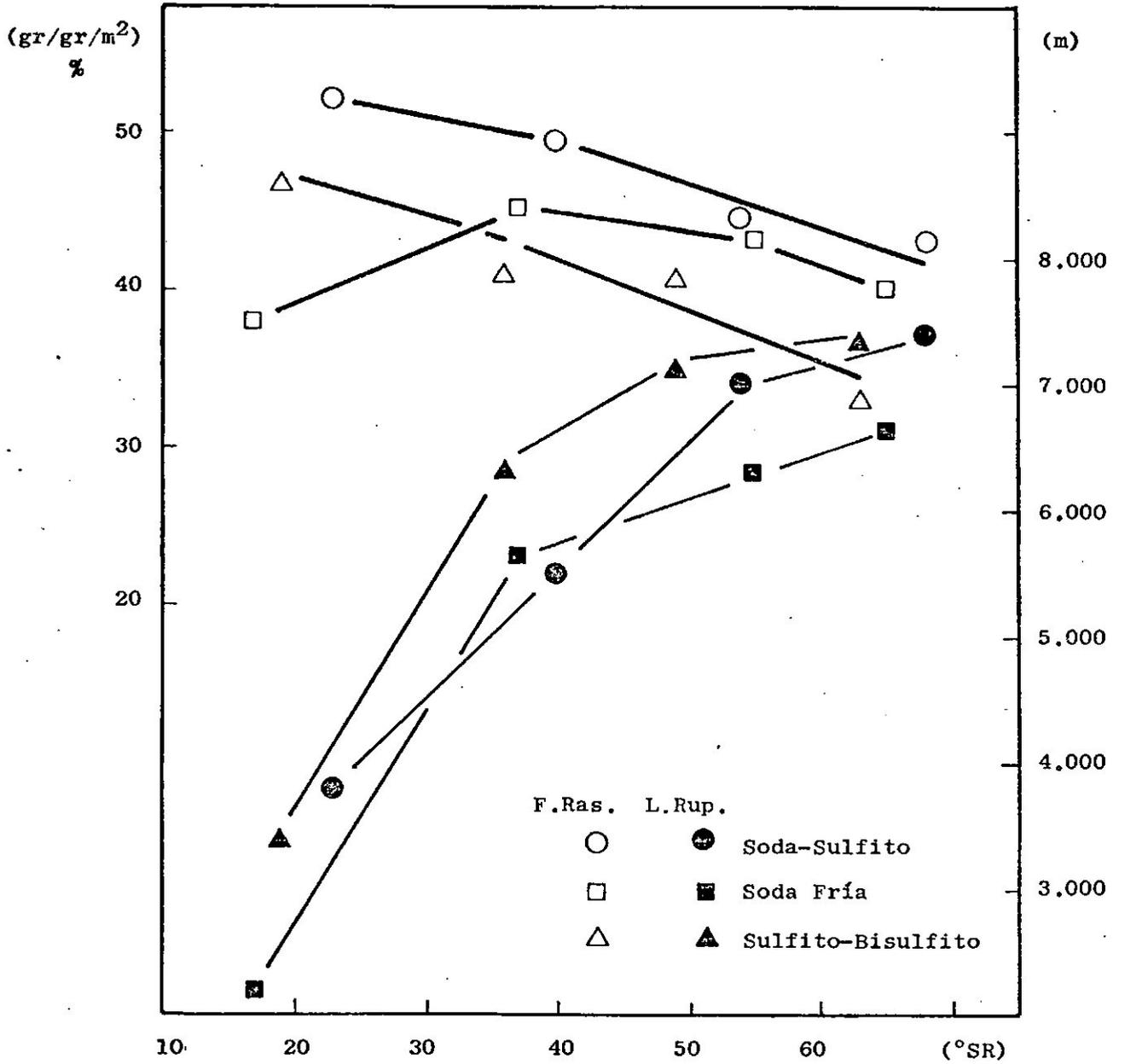
CANELON

L. Ruptura y F. Rasgado vs. Grado de Engorde



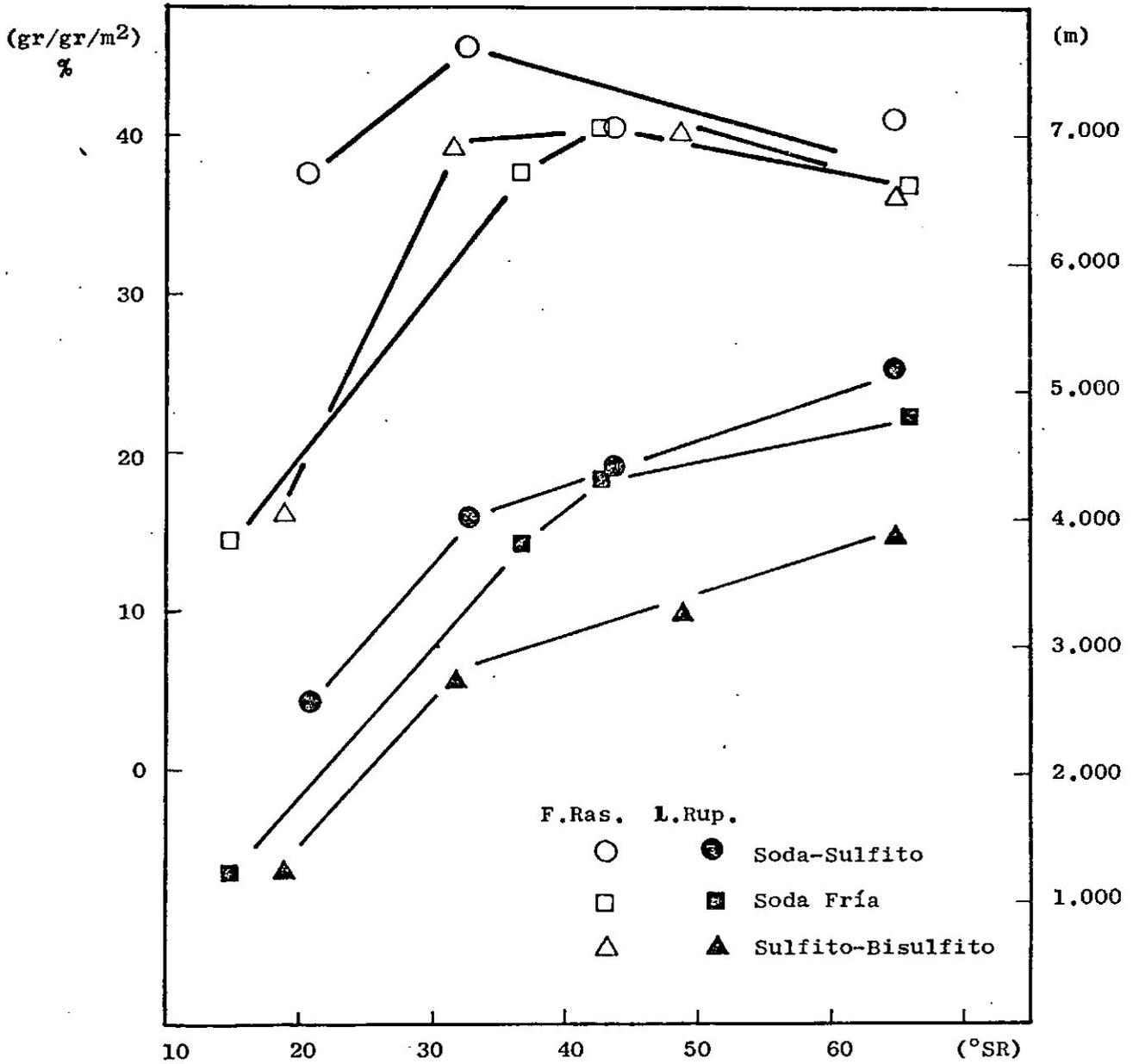
SANGRE DRAGO

L. Ruptura y F. Rasgado vs. Grado de Engorde



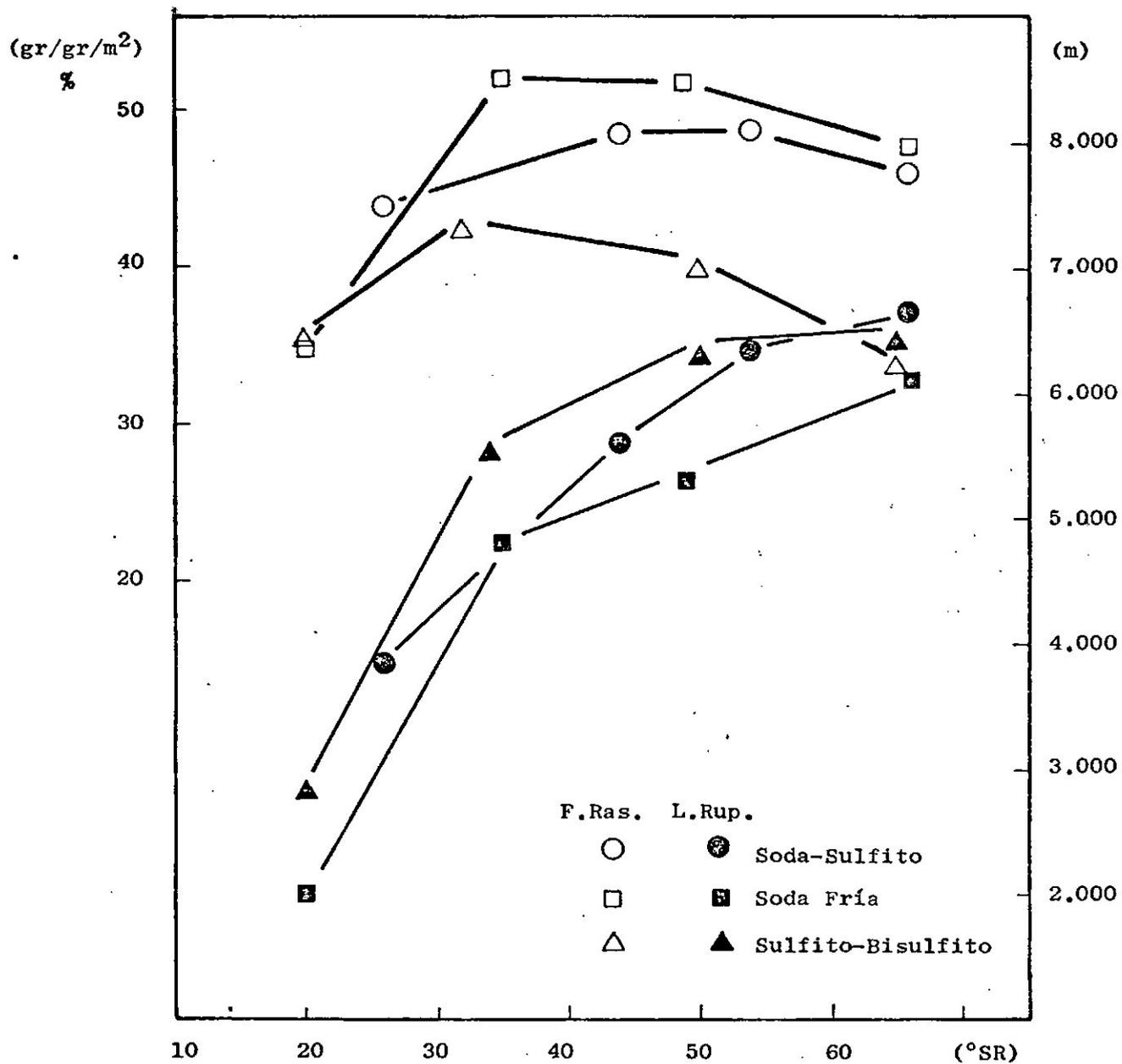
LAUREL

L. Ruptura y F. Rasgado vs. Grado de Engorde



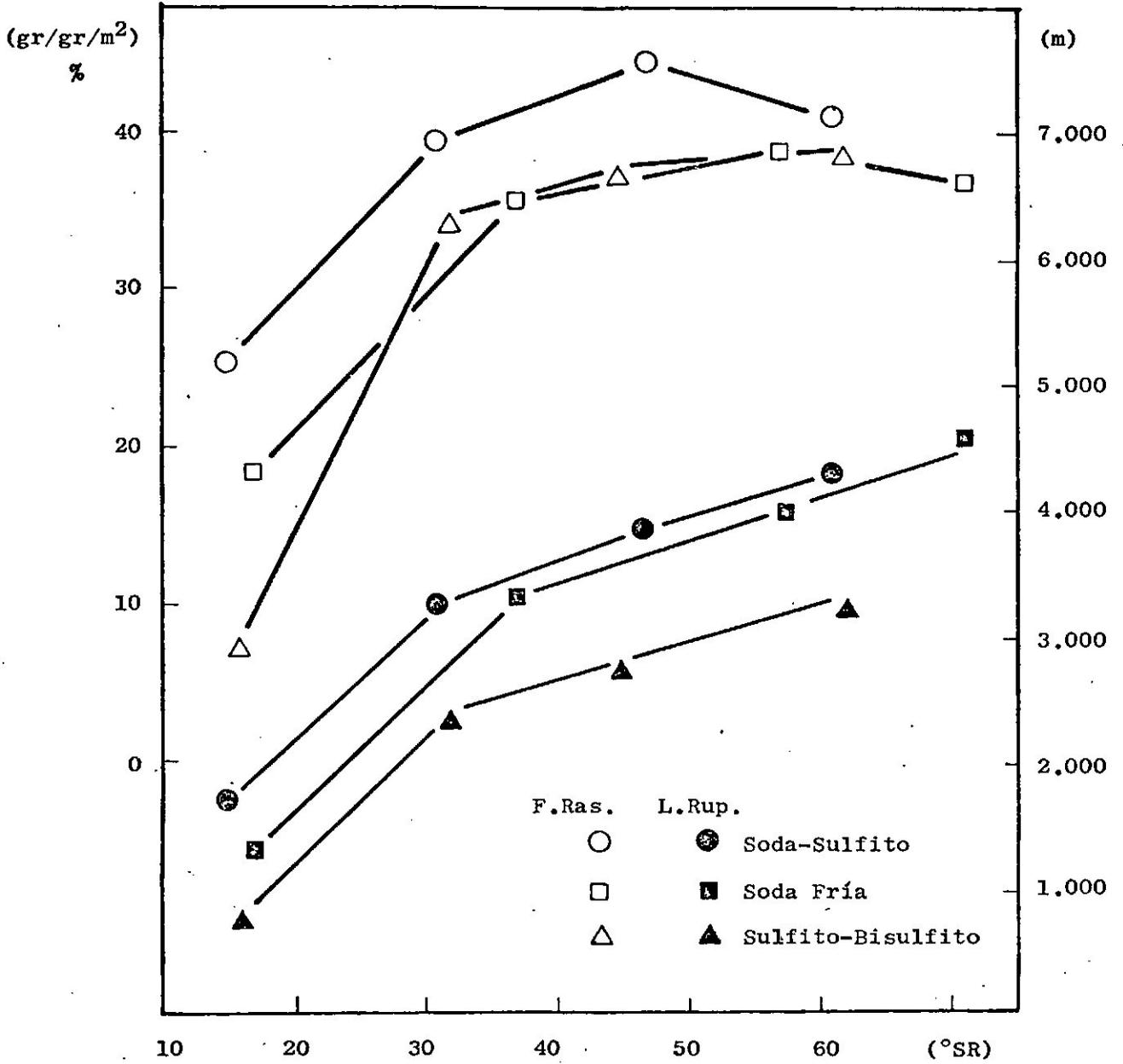
SAUCE

L. Ruptura y F. Rasgado vs. Grado de Engorde



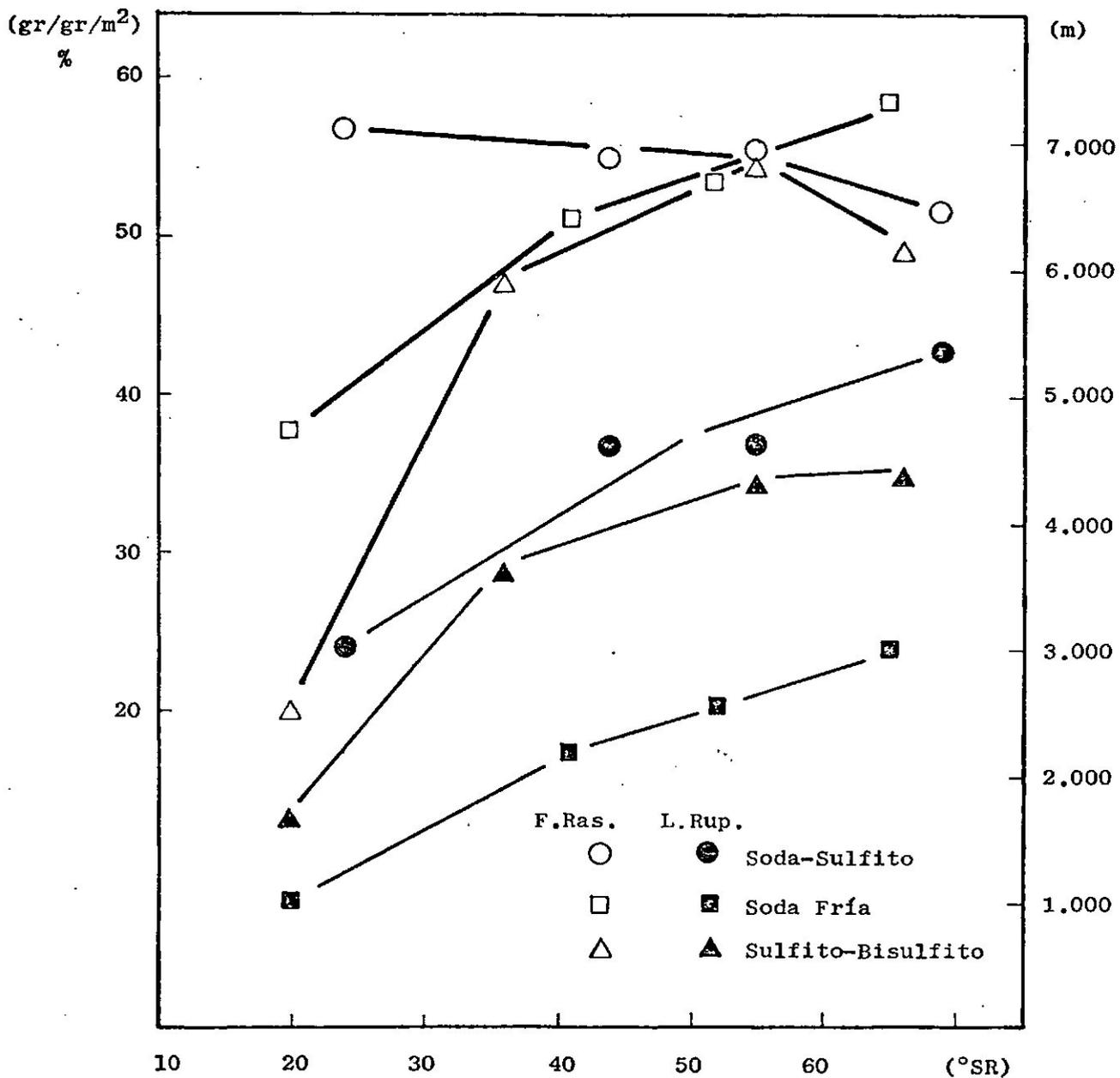
INGA

L. Ruptura y F. Rasgado vs. Grado de Engorde

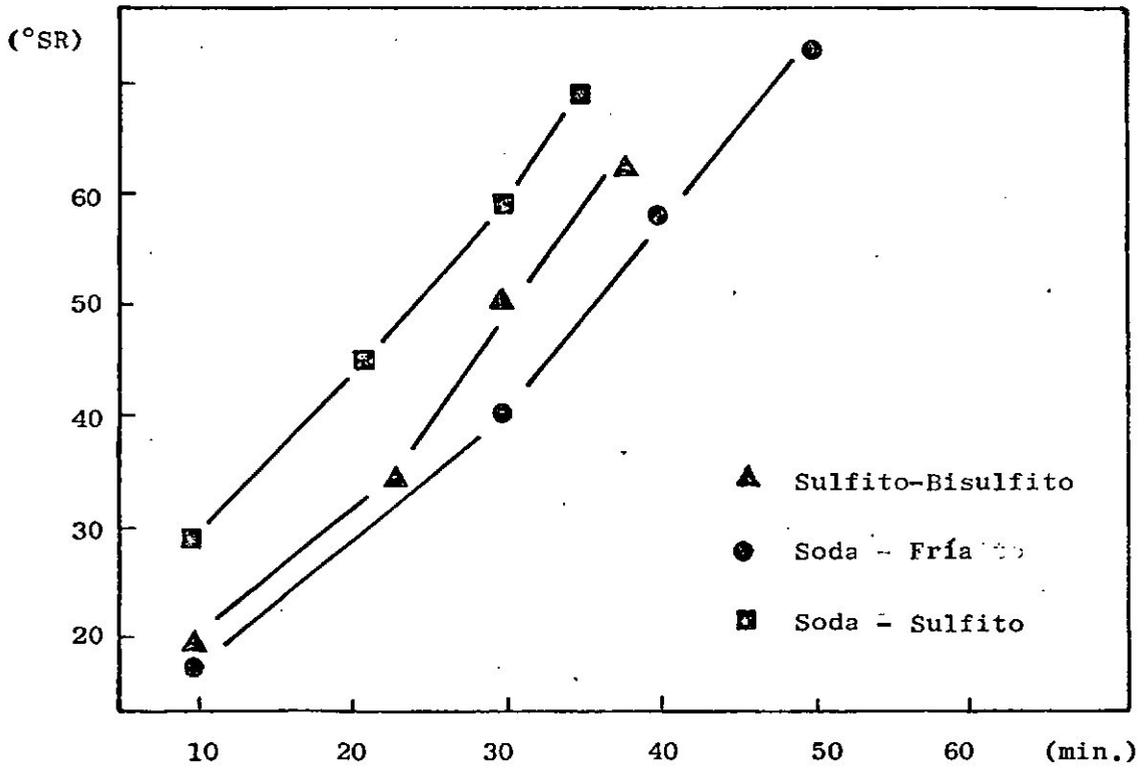
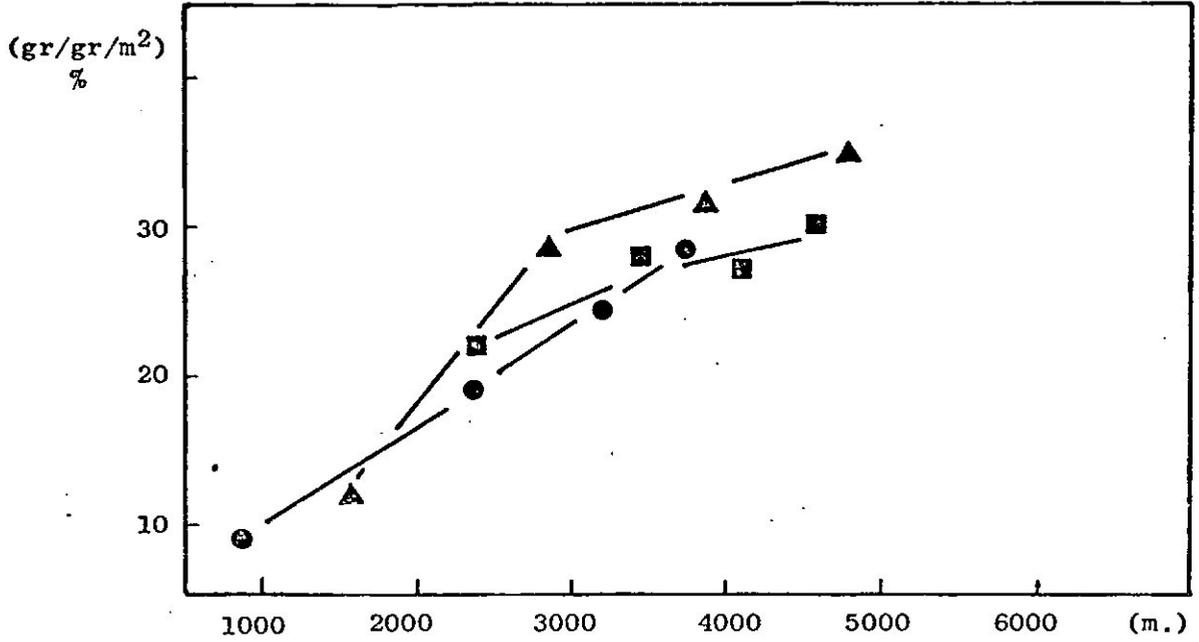


T. BLANCO

L. Ruptura y F. Rasgado vs. Grado de Engorde

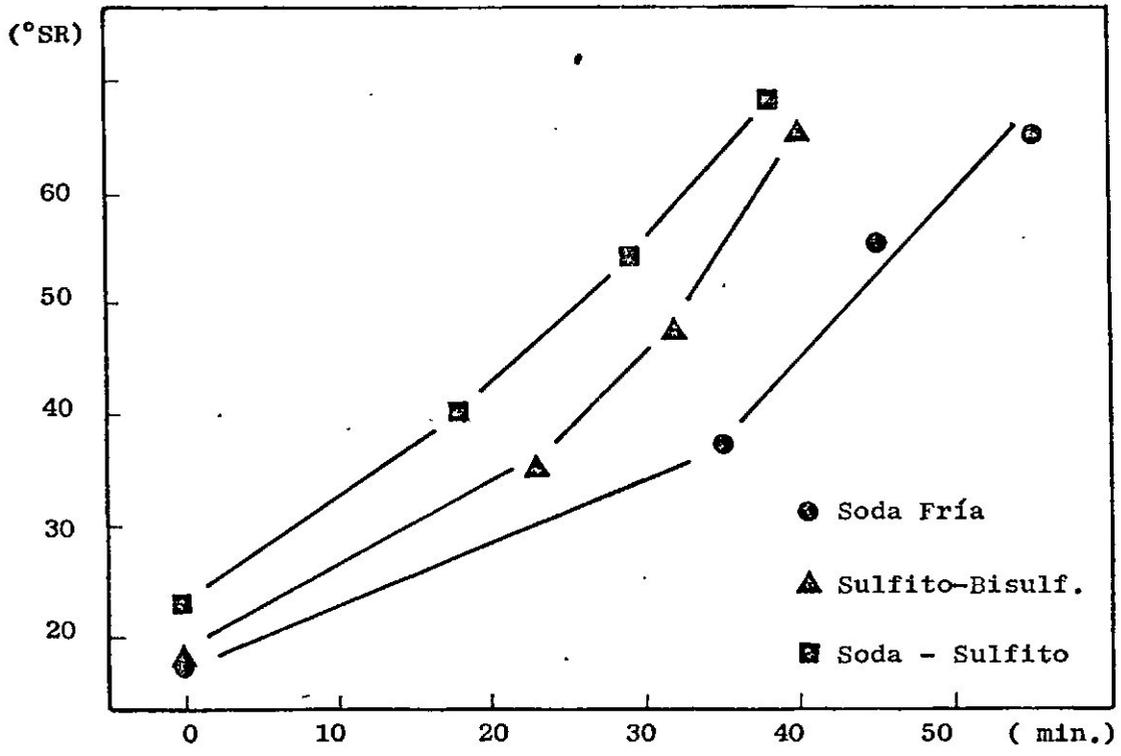
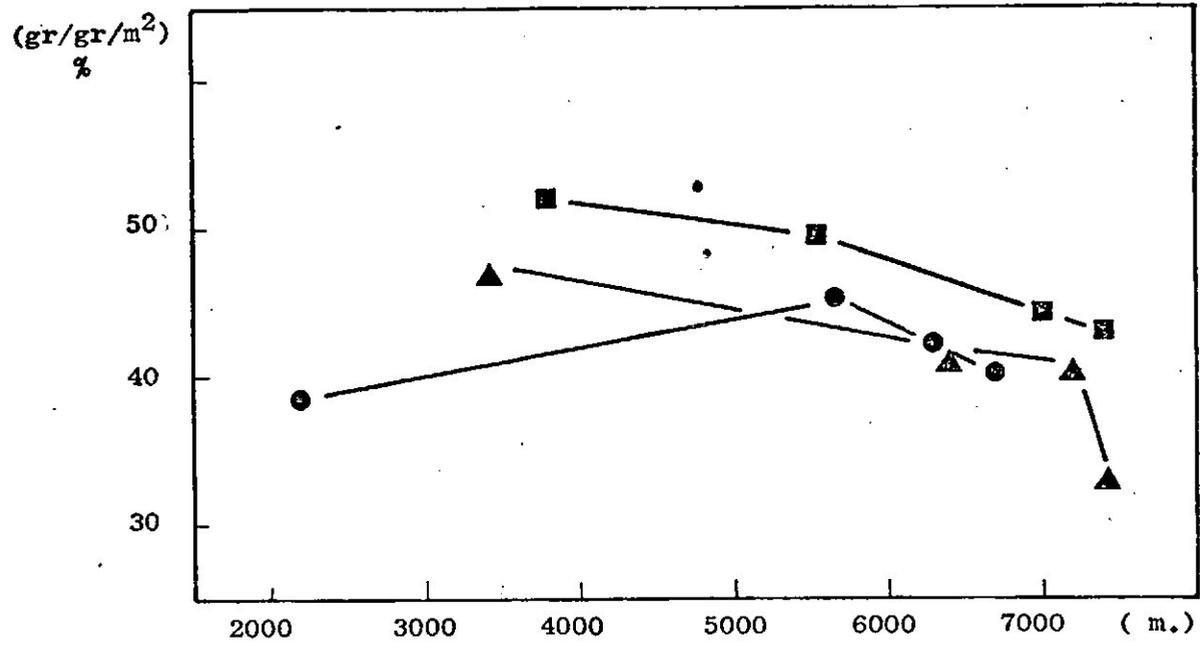


CANELON
 Factor de Rasgado vs. Long.de Ruptura
 Grado de Engorde vs. Tiempo de Refino



SANGRE DRAGO

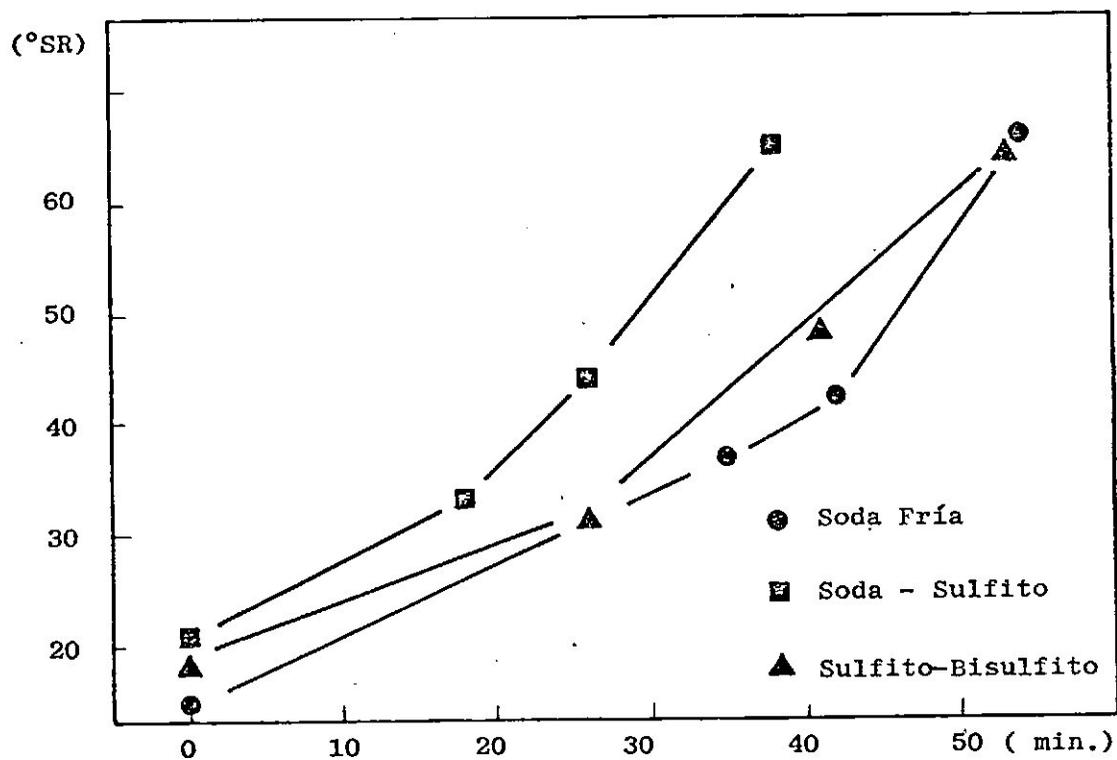
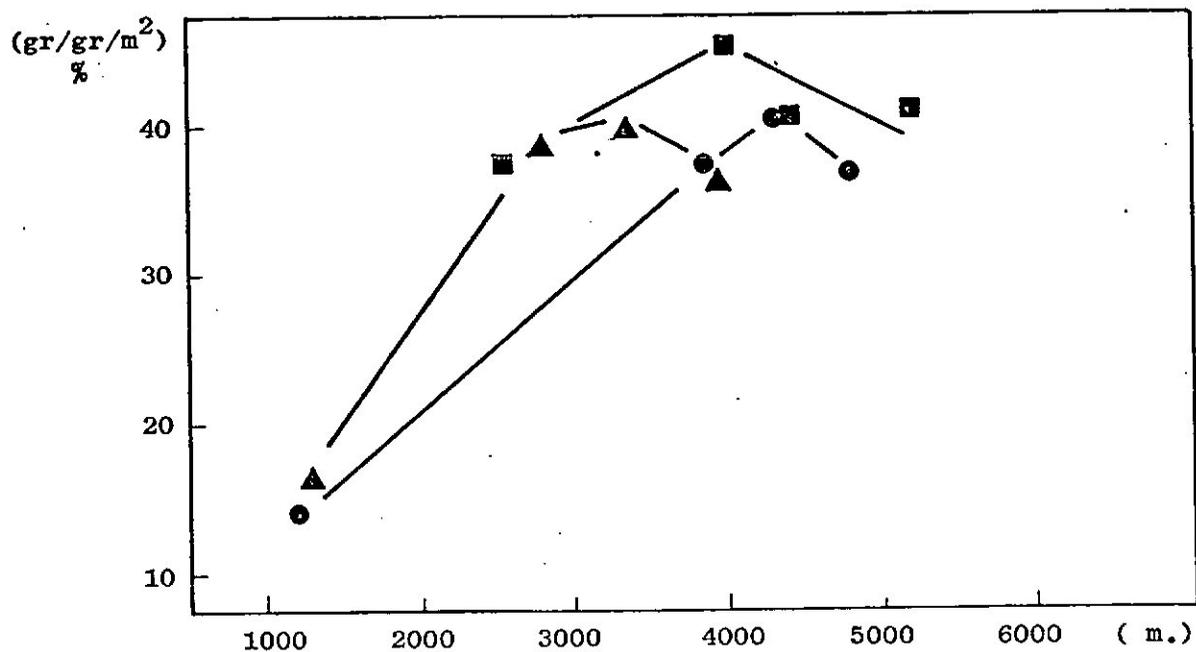
Factor de Rasgado vs. Long.de Ruptura
 Grado de Engorde vs. Tiempo de Refino



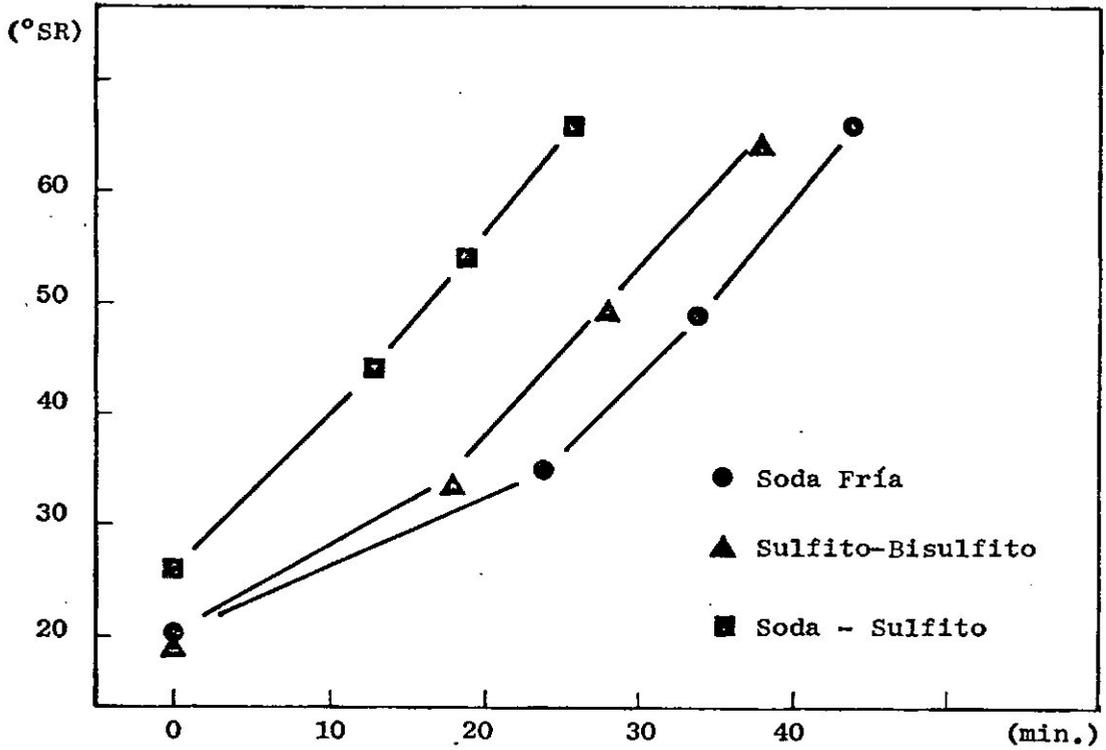
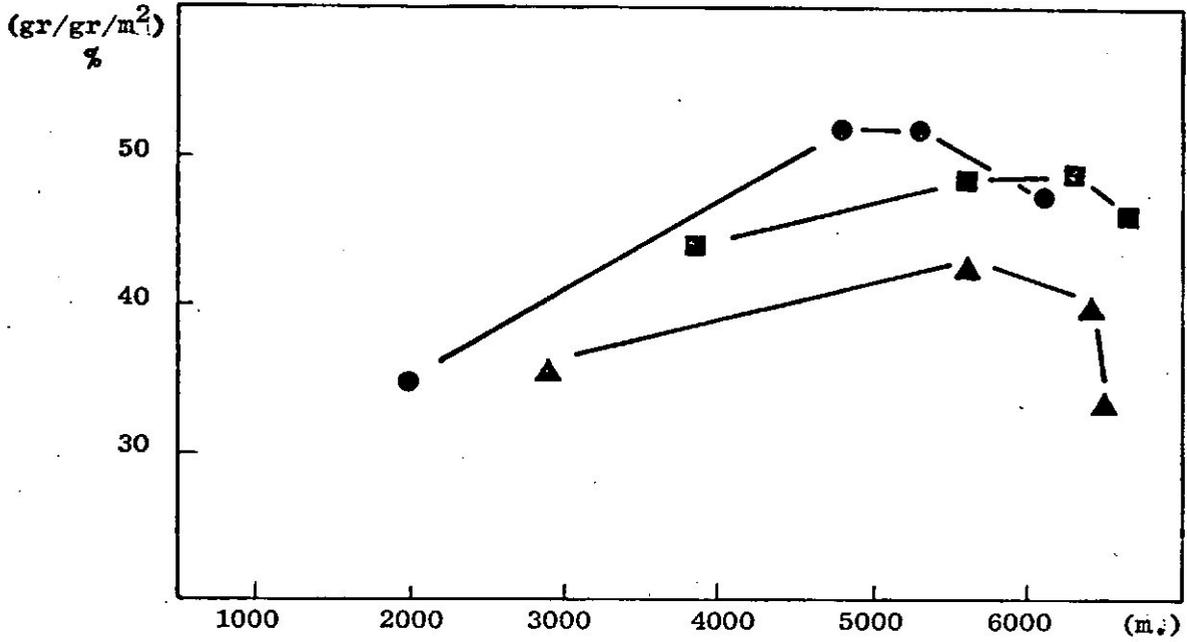
● Soda Fría
 ▲ Sulfito-Bisulf.
 ■ Soda - Sulfito

LAUREL

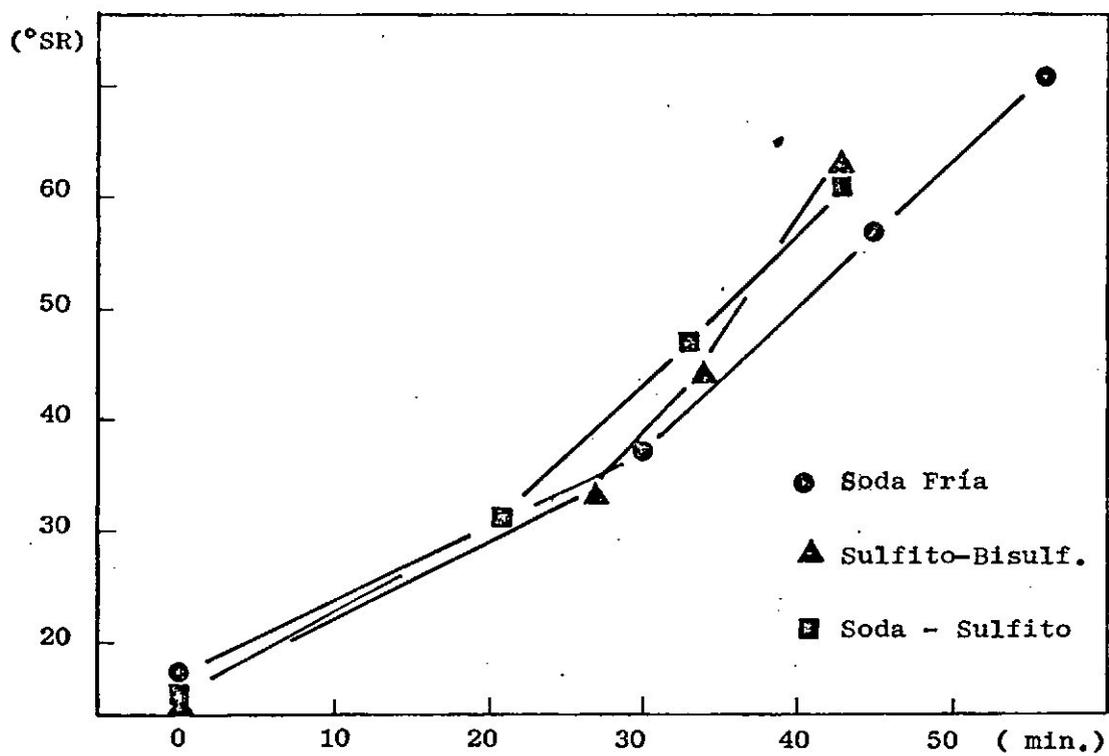
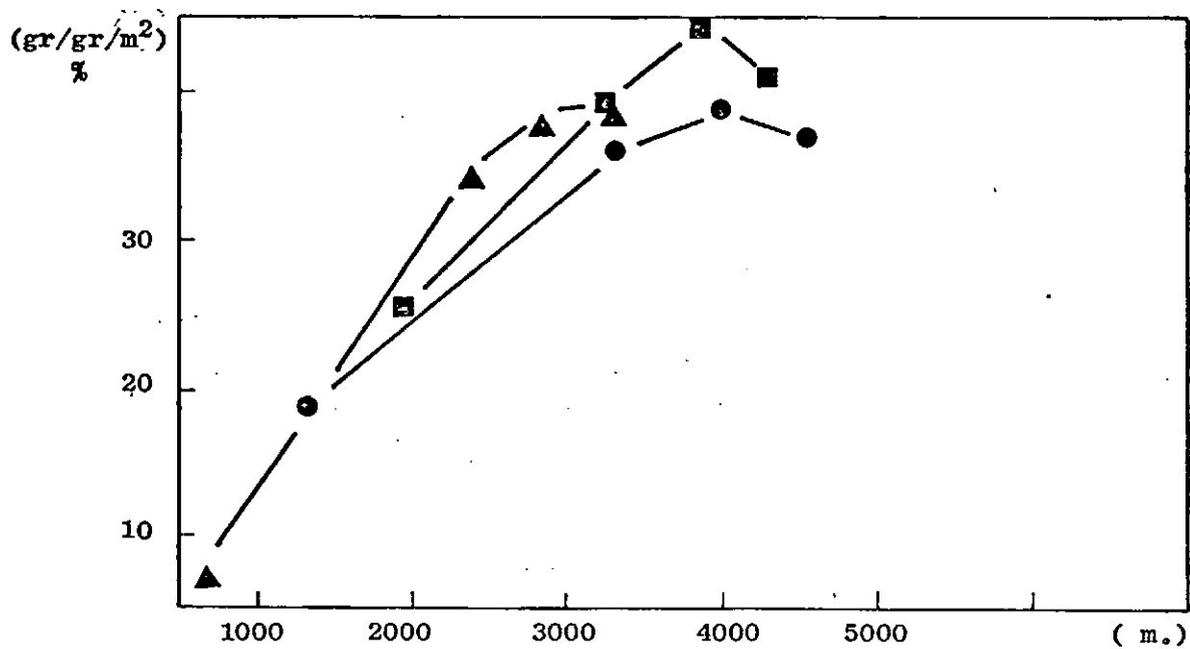
Factor de Rasgado vs. Long.de Ruptura
 Grado de Engorde vs. Tiempo de Refino



SAUCE
 Factor de Rasgado vs. Long.de Ruptura
 Grado de Engorde vs. Tiempo de Refino

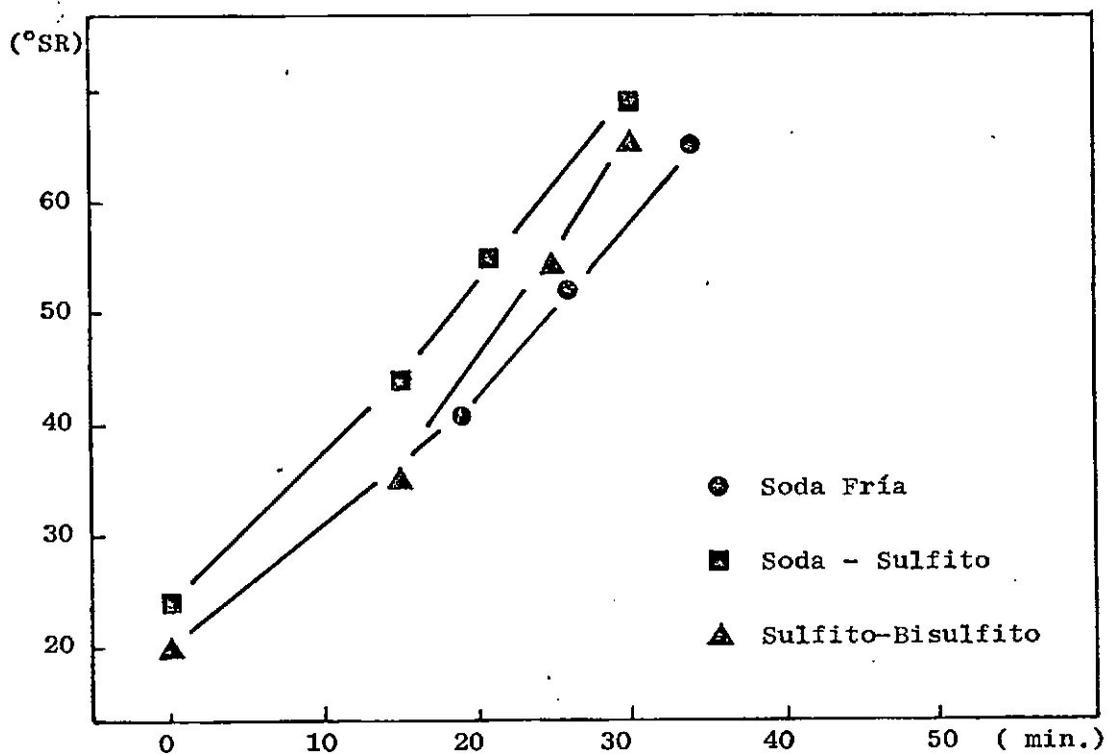
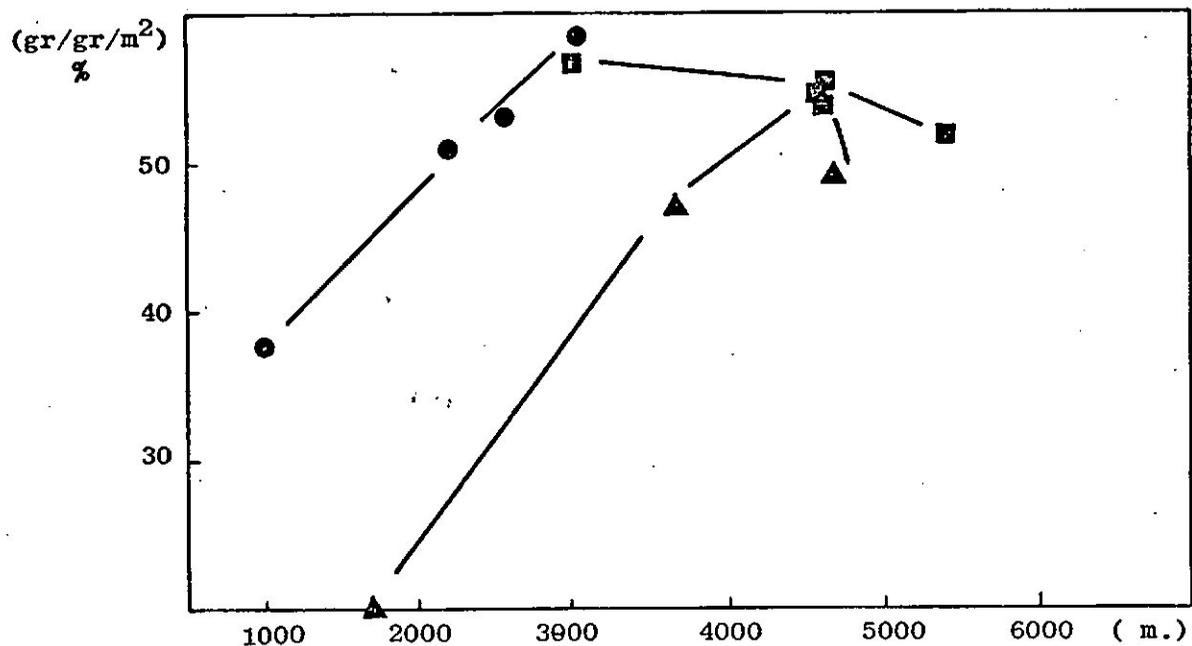


INGA
 Factor de Rasgado vs. Long.de Ruptura
 Grado de Engorde vs. Tiempo de Refino



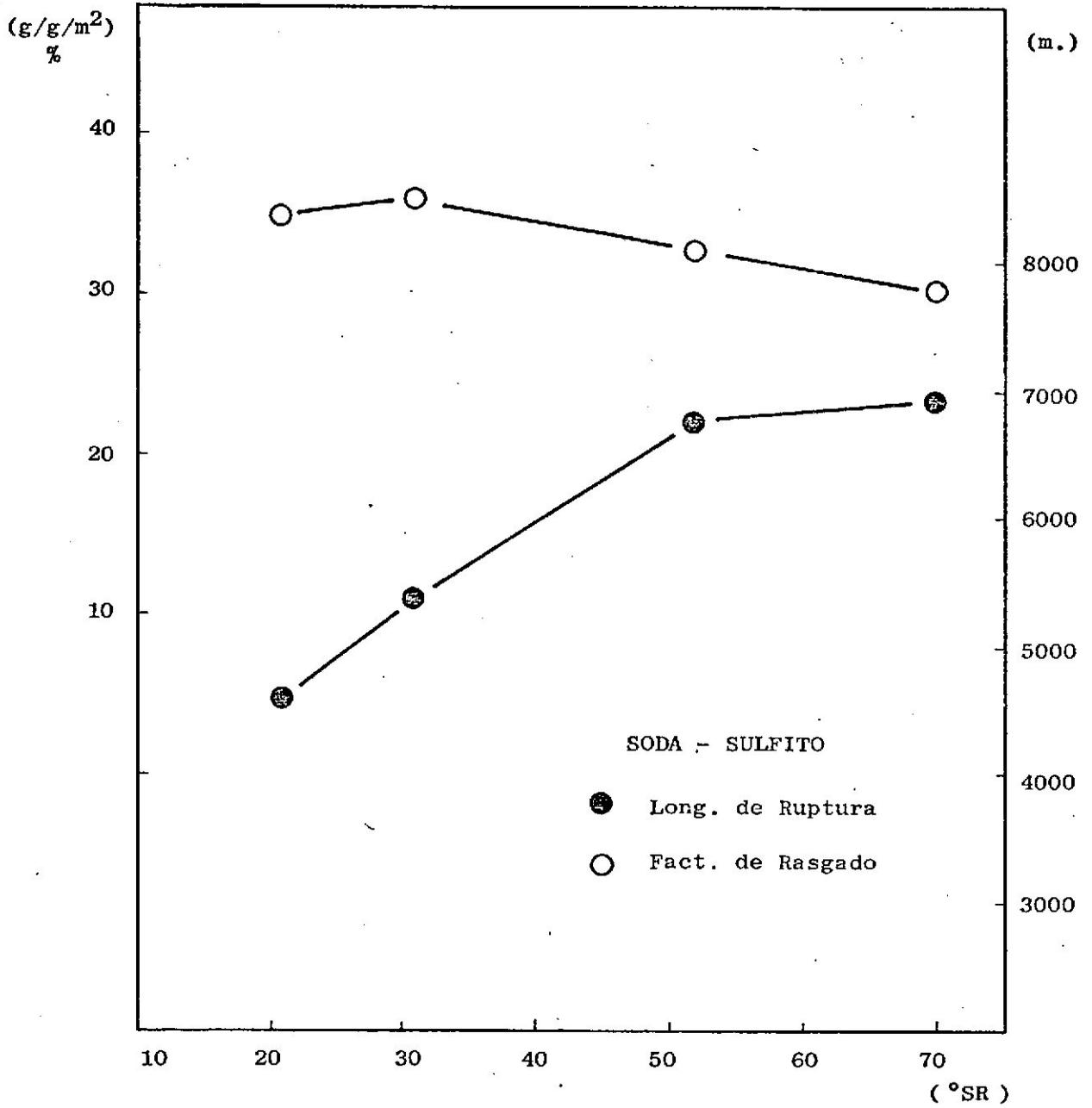
TIMBO BLANCO

Factor de Rasgado vs. Long.de Ruptura
 Grado de Engorde vs. Tiempo de Refino



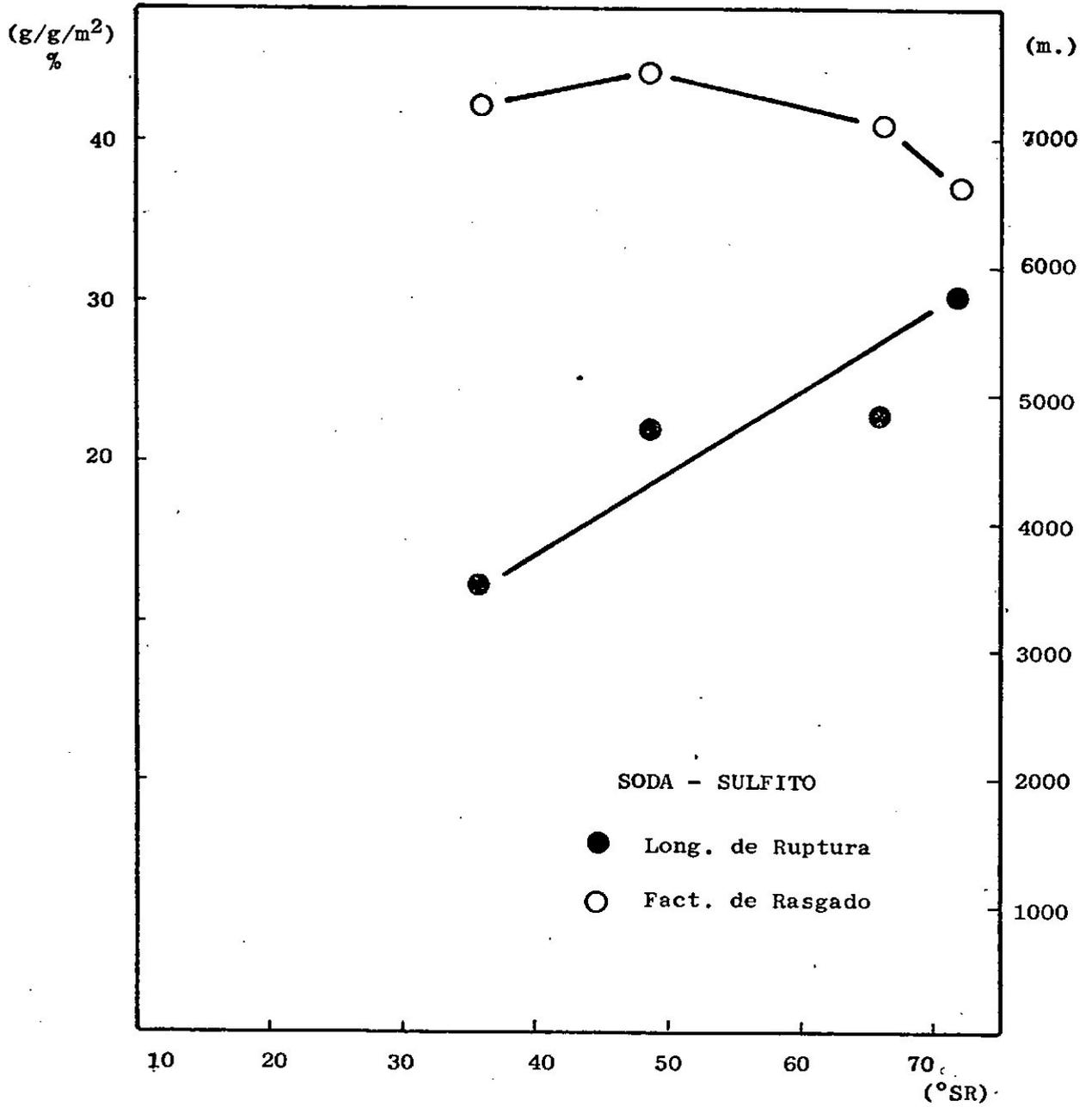
ALISO

Long. de Ruptura y Fact. de Rasgado vs. Grado de Engorde



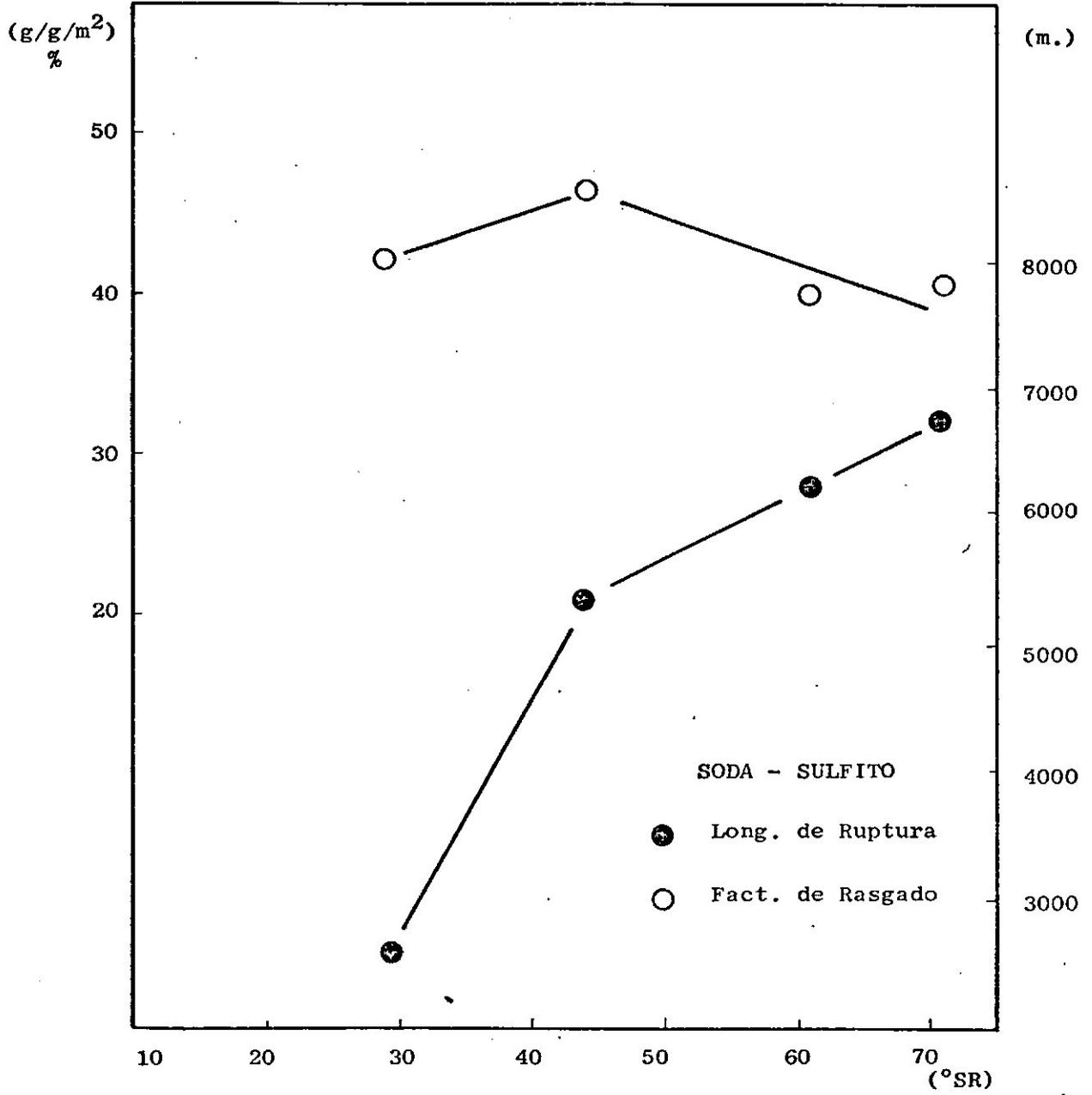
CURUPI

Long. de Ruptura y Fact. de Rasgado vs. Grado de Engorde



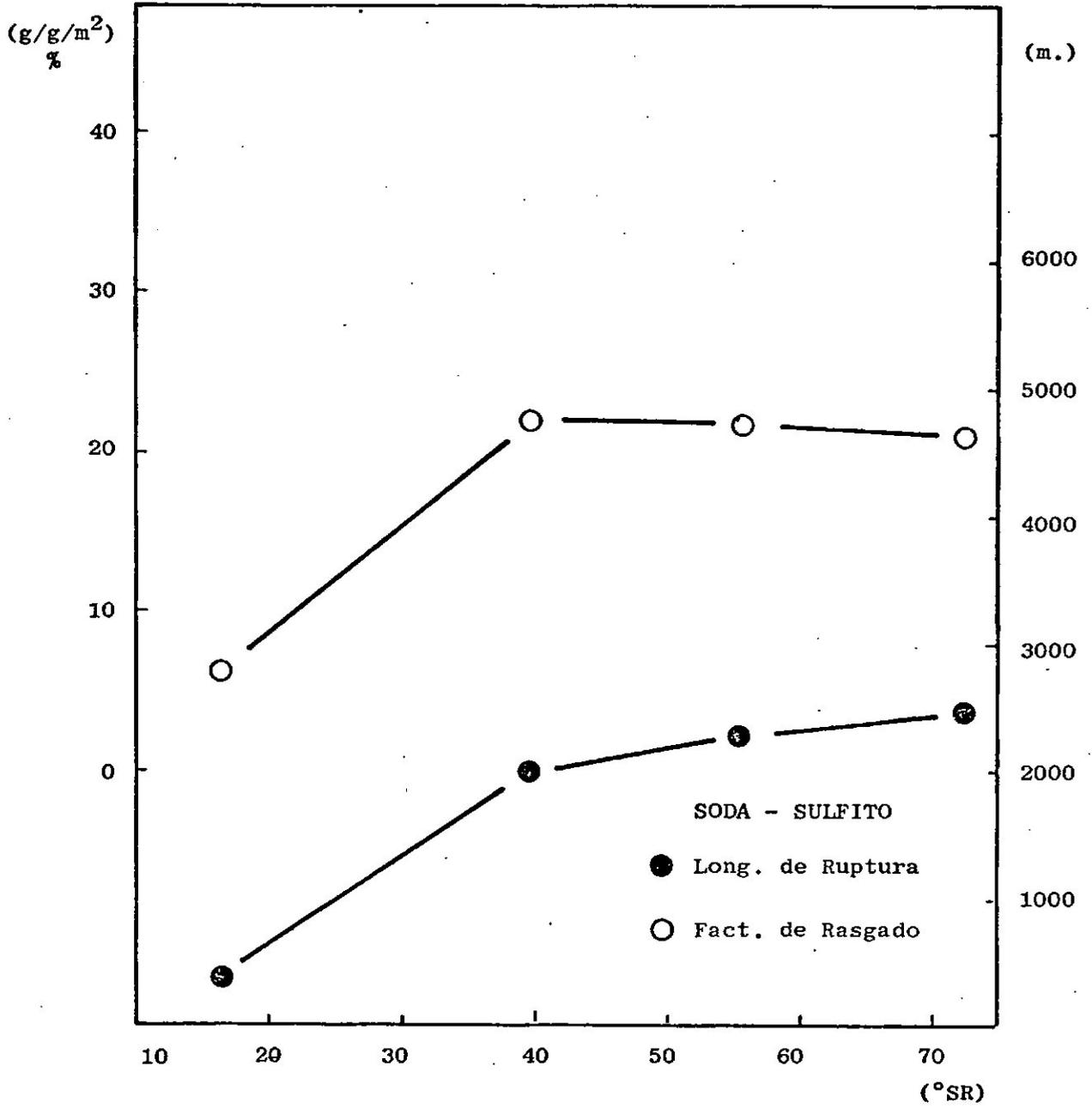
TIMBO COLORADO

Long. de Ruptura y Fact. de Rasgado vs. Grado de Engorde



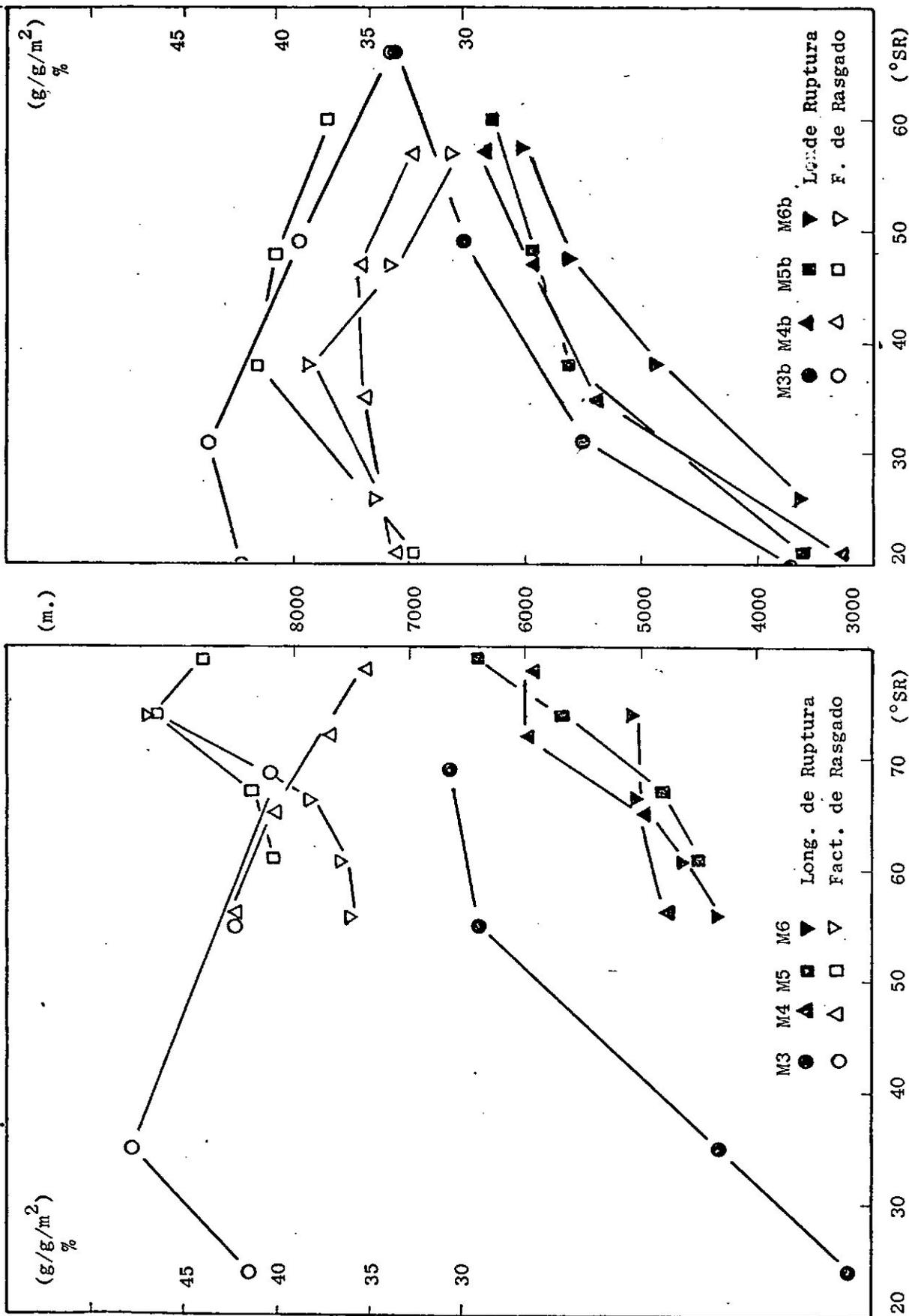
SEIBO

Long. de Ruptura y Fact. de Rasgado vs. Grado de Engorde



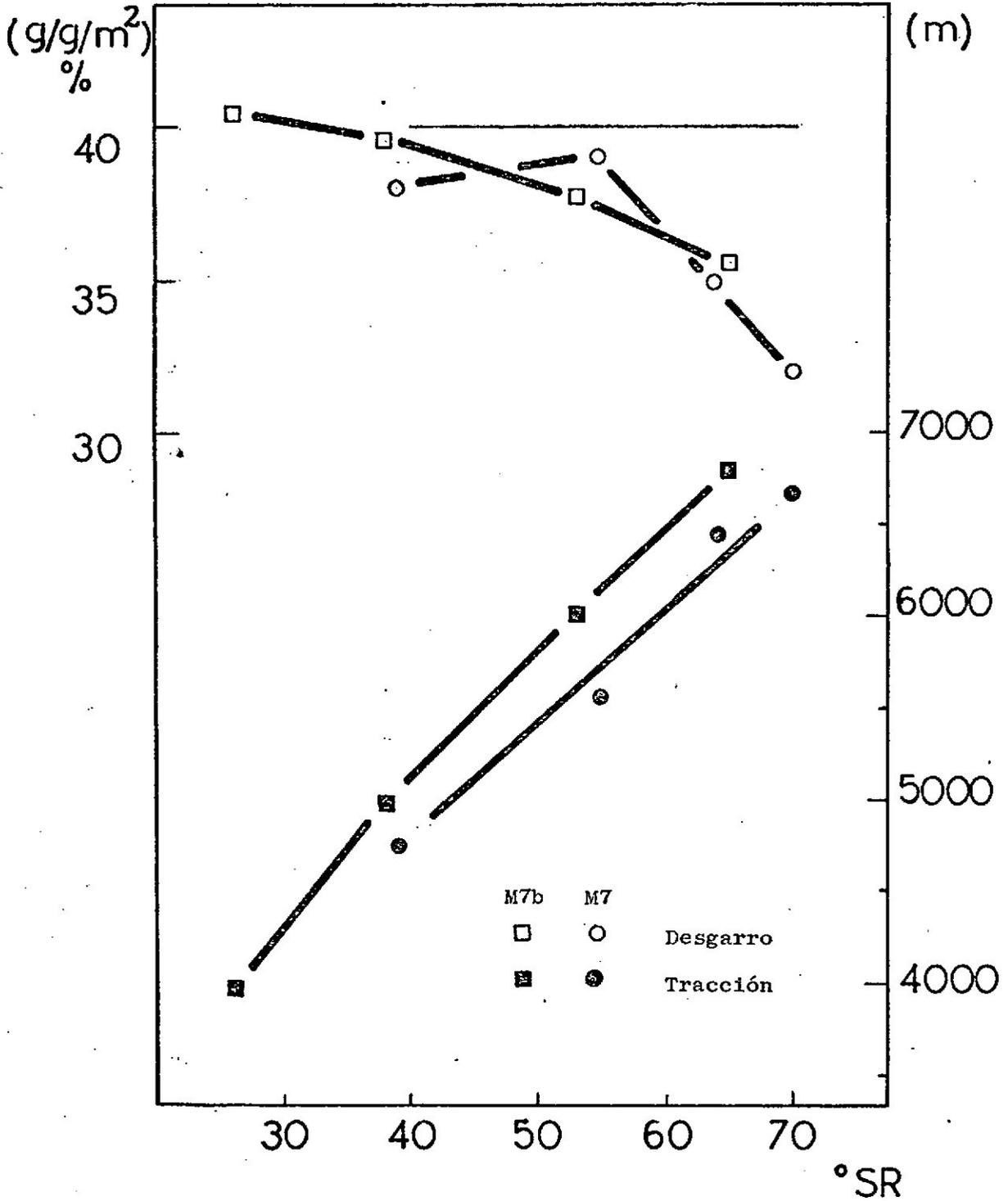
MEZCLA DE ESPECIES DE FIBRA CORTA

Long. de Ruptura y Fact. de Rasgado vs. Grado de Engorde



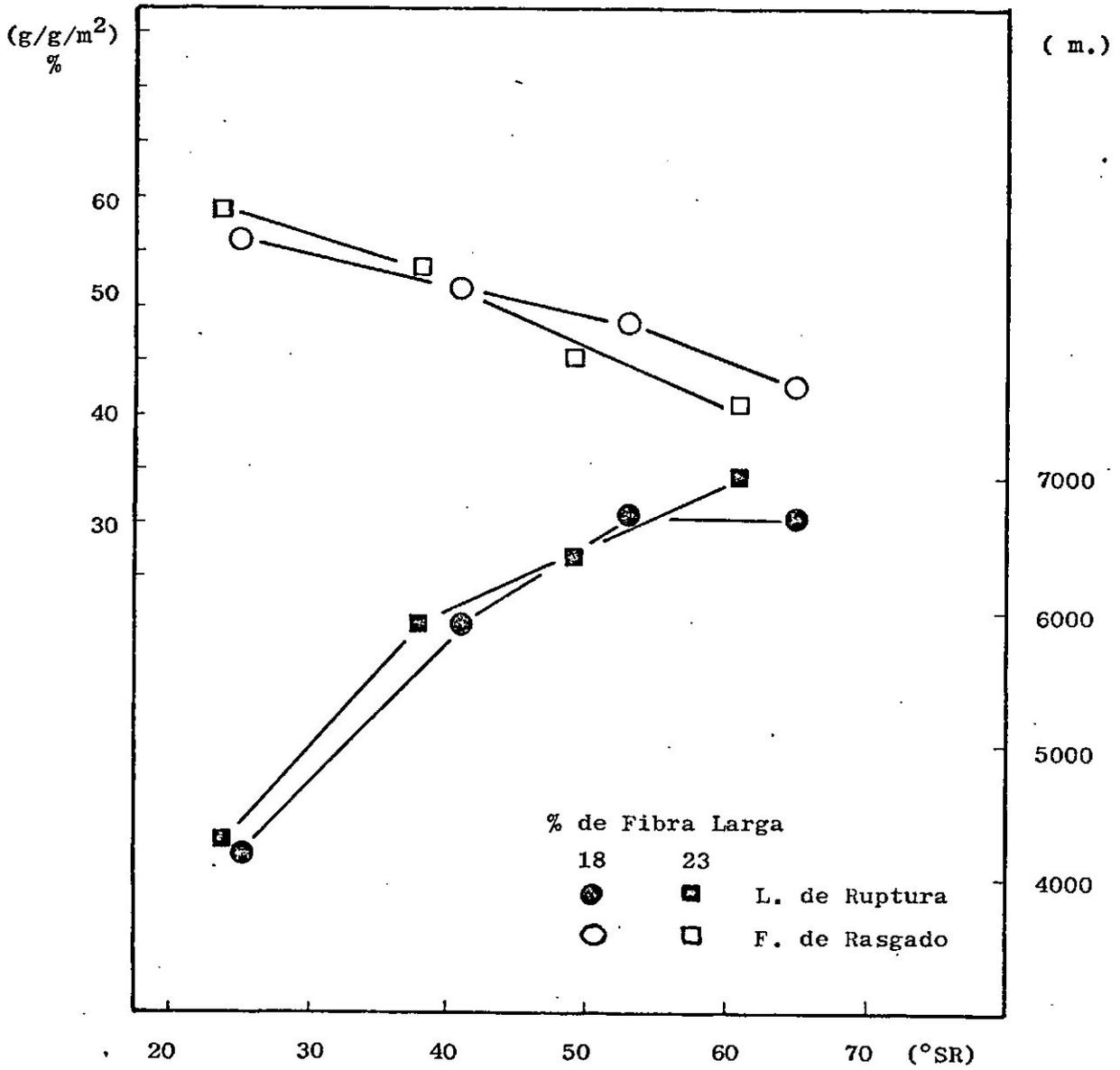
MEZCLAS ESPECIES FIBRA CORTA

M₇ - M_{7b}



MEZCLA DE FIBRA CORTA Y LARGA

Long. de Ruptura y Fact. de Rasgado vs. Grado de Engorde



Reconocimiento:

Se agradece la colaboración de CICELPA (INTI), en el ensayo físico de 40 muestras. Al Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Santa Fe por el asesoramiento general en materia forestal. A la empresa de cabotaje Riomar S.R. L. por la provisión de las maderas y a las firmas Celulosa Moldeada S.A. (Santa Fe) y Papelera San Justo S.A. (Buenos Aires) por la elaboración de astillas y escamas, respectivamente.
