

29
33



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA EL APROVECHAMIENTO
INTEGRAL DEL HENEQUEN CON FINES CELULOSICOS,
EN LA PENINSULA DE YUCATAN.**

TESIS MANCOMUNADA

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO**

PRESENTAN:

**RICARDO GOMEZ HERRERA
JOSE PATRICIO GARCIA VAZQUEZ**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

Capítulo I	Antecedentes y Objetivos
Capítulo II	Datos Estadísticos
Capítulo III	Aspectos Generales del Henequén y Procesos
Capítulo IV	Revisión y Análisis de la Información Técnico-Económica Existente Sobre el Aprovechamiento Integral del Henequén
Capítulo V	Estudio de Mercado
Capítulo VI	Conclusiones y Recomendaciones
Capítulo VII	Bibliografía.

I

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

I N T R O D U C C I O N .

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

La escasez mundial de materias primas, renovables como no renovables, para ser transformadas en diferentes productos tiende a ir en aumento. En la industria de la celulosa y del papel, se aprecia que la producción de estas materias primas se ha ido limintando a pesar del incremento en la demanda de dichos productos.

En México, además de la madera, se han utilizado por ser relativamente abundantes, el bagazo de caña y las pajas cereales; sin embargo estas materias primas no son capaces de suministrar el tipo de materias celulósicas que se necesitan para nuestro medio, tanto para la industria papelera como para la celulosa para disolver, ya que aunque para la primera pueden surtir gran parte del mercado, se presenta un déficit en fibras largas resistentes; y en lo que respecta a la industria de la celulosa para disolver, se requiere de una gran cantidad de materiales celulósicos necesarios para dar diferentes características al producto final, como son: grado de polimerización, viscosidad, cantidad de -celulosa, etc., que no satisfacen estas materias primas.

En nuestro país, actualmente la única fuente de celulosa para disolver, la constituyen los linters de algodón.

Por otra parte, la utilización del bosque mexicano con fines celulósicos, presenta una serie de dificultades, tanto técnicas como de carácter socio-económico, que no permiten la autosuficiencia de las reservas de materias primas necesarias para cubrir las tendencias del consumo nacional.

En vista de lo anterior, ha surgido la necesidad de buscar otras fuentes celulósicas que cubran parcialmente la demanda actual, que pueden ser residuos agro-industriales o materias primas no aprovechadas hasta la fecha.

Entre las materias primas que pueden llenar los requisitos anteriores, se encuentran algunas que pertenecen a la familia de las agavaceas.

Son objetivos de este trabajo, presentar un panorama general del aprovechamiento integral del henequén (*Agave Fourcroydes*), y con base a los estudios ya realizados acerca de la factibilidad técnica a nivel laboratorio, exponer algunas consideraciones sobre la obtención a nivel industrial de pulpa celulósica para la fabricación de papel, a partir del agave mencionado.

II

DATOS ESTADÍSTICOS.

DATOS ESTADISTICOS

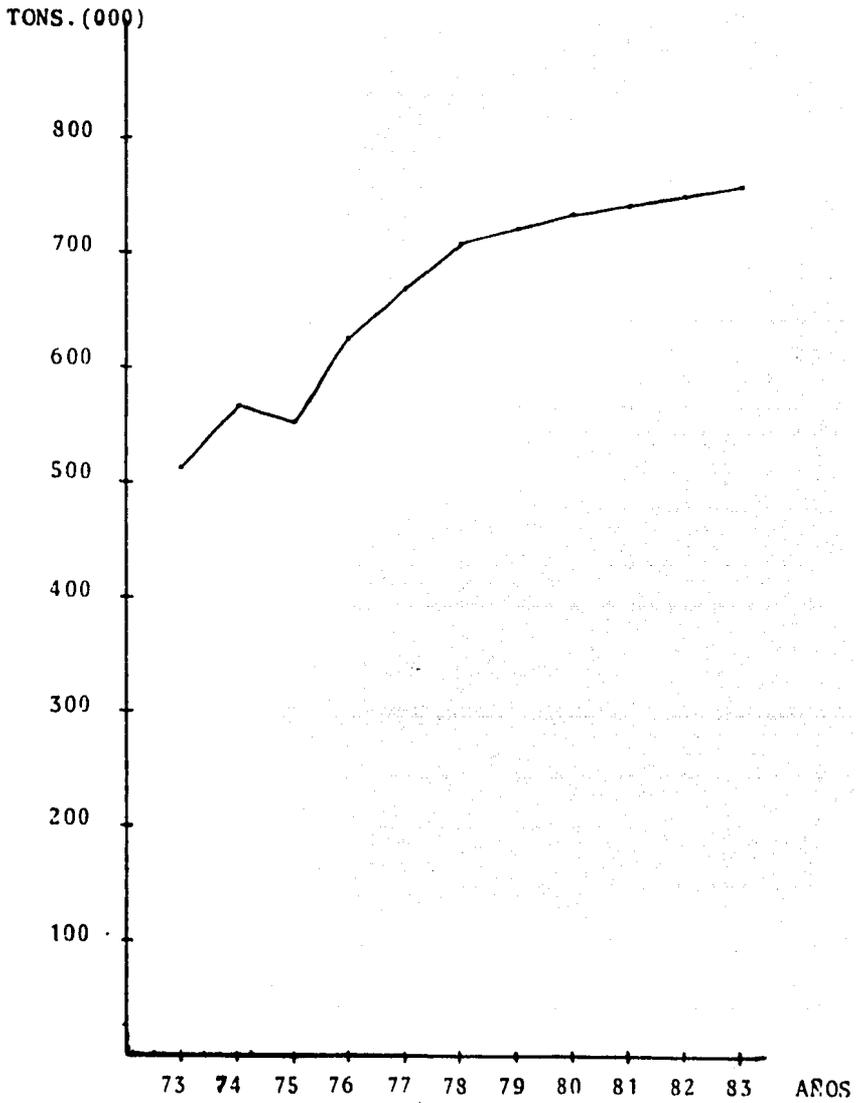
En este capítulo se presenta un panorama histórico en la producción, importación y consumo, tanto de pulpa celulósica y papel como de la fibra de henequén en México, a fin de poder utilizar estos datos en el posterior estudio del mercado para la obtención de la pulpa a partir de henequén.

2.1. PRODUCCION, IMPORTACION Y CONSUMO DE PULPA Y PAPEL (1)

(a) PRODUCCION TOTAL DE CELULOSA.

<u>AÑO</u>	<u>PRODUCCION (TONS.)</u>	<u>VARIACION (TONS.)</u>
1973	513'040	29'877
1974	566'763	53'723
1975	550'222	- 16'541
1976	623'005	72'783
1977	671'977	48'972
1978	706'408	34'431
1979	717'468	11'060
1980	731'769	14'301
1981	742'483	10'714
1982	748'119	5'636
1983	759'480	11'361

GRAFICA 2.1 PRODUCCION TOTAL DE CELULOSA.

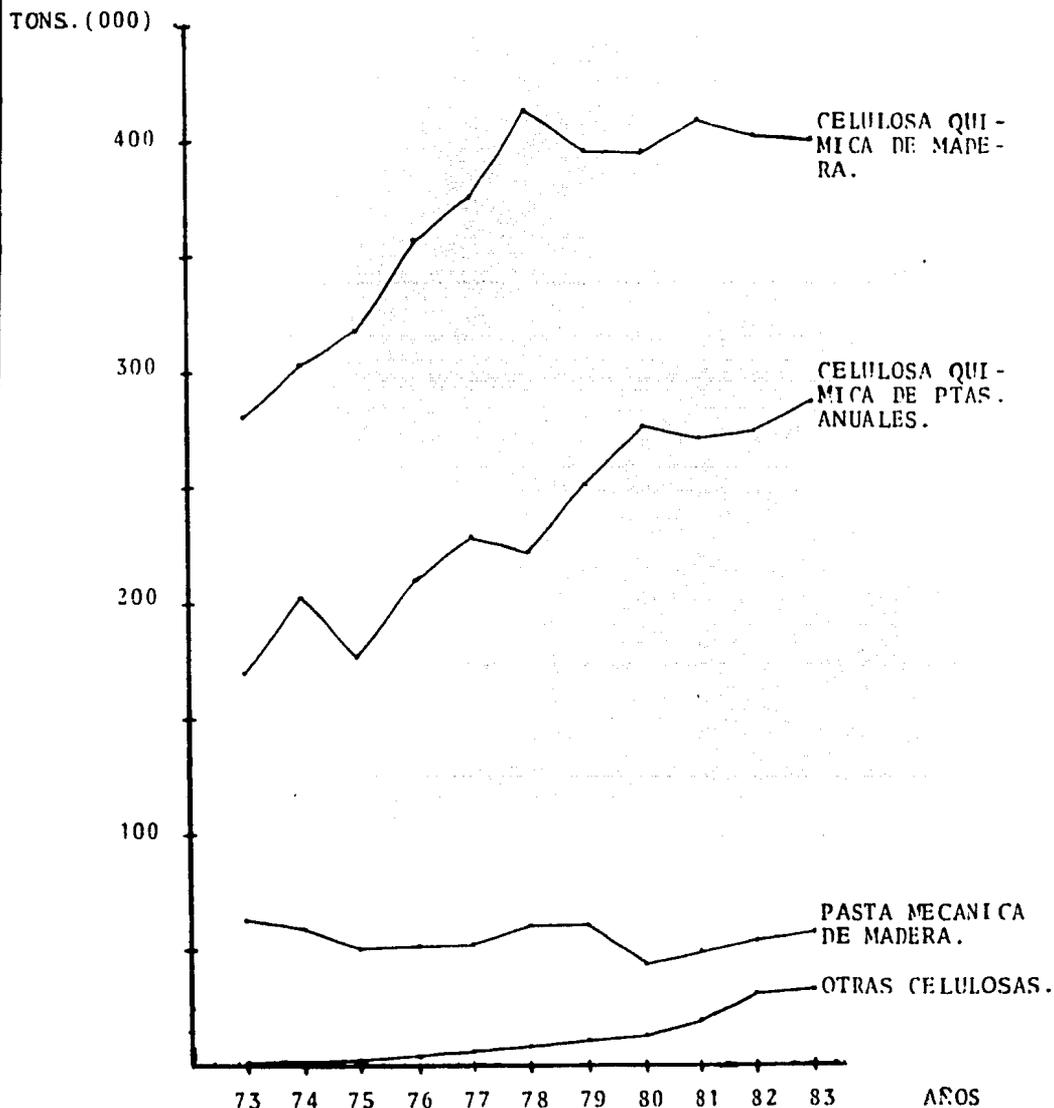


b) PRODUCCION DE CELULOSA POR TIPOS (TONELADAS METRICAS).

AÑOS

TIPOS	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Al Sulfato blanqueada	86'332	106'457	109'738	122'717	140'741	217'884	222'710	224'139	221'884	209'424	188'750
Al Sulfato sin blanquear	171'931	178'707	188'890	219'317	223'630	175'949	152'747	159'595	177'510	181'672	193'514
Al Sulfato blanquear	11'220	10'707	7'982	9'268	9'125	9'603	9'569	2'447	---	---	---
Al Sulfato sinblanquear	15'663	7'767	6'906	5'225	5'250	6'844	11'160	10'422	8'119	9'014	9'894
Subtotal	285'146	303'638	313'527	356'527	378'746	410'280	396'186	396'603	407'513	400'110	392'158
CELULOSA QUIMICA DE											
PLANTAS ANUALES:											
De bagazo de caña blan-											
queada	102'237	125'065	123'254	153'556	175'822	179'506	202'279	230'664	225'892	237'056	247'606
De bagazo de caña sin -											
blanquear	37'167	54'641	47'256	40'116	41'354	38'513	41'882	41'700	37'046	27'752	33'630
De paja de trigo o de ce											
beda sin blanquear	16'249	17'594	9'512	8'160	8'635	5'159	4'775	2'570	1'848	1'398	1'896
De borra de algodón blan											
queada.	10'569	5'436	3'859	6'215	8'006	4'852	3'343	3'046	2'755	2'502	1'048
Subtotal	106'222	202'736	183'881	208'047	233'808	228'030	252'279	277'980	267'541	268'708	284'180
PASTA MECANICA DE MADERA	60'672	58'498	50'760	53'708	53'987	59'830	59'452	46'117	50'028	53'410	56'130
OTRAS CELULOSAS	1'000	1'891	2'065	4'723	5'436	8'268	9'551	11'069	17'401	25'891	27'012
T O T A L	513'040	566'763	550'222	623'005	671'977	706'408	717'468	731'769	742'483	748'119	759'480

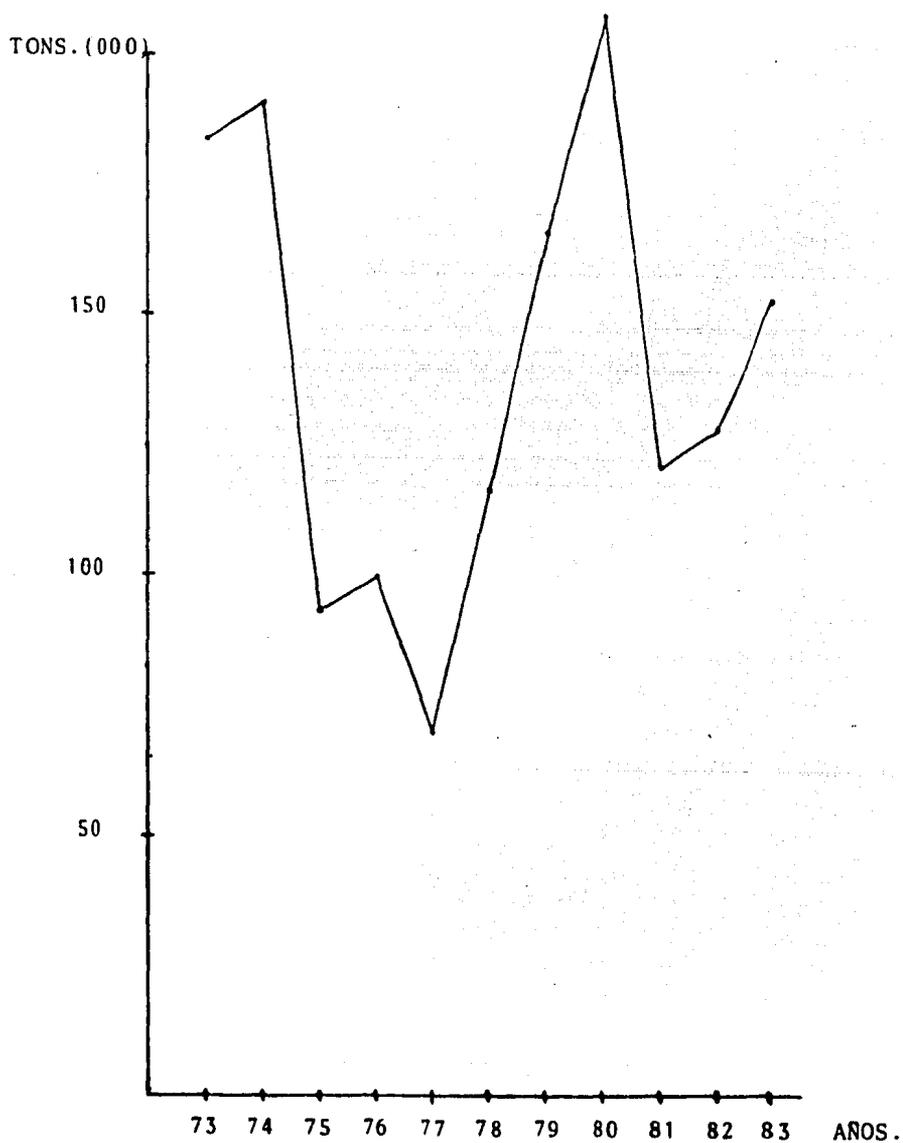
GRAFICA 2.2 PRODUCCION DE CELULOSA POR TIPOS.



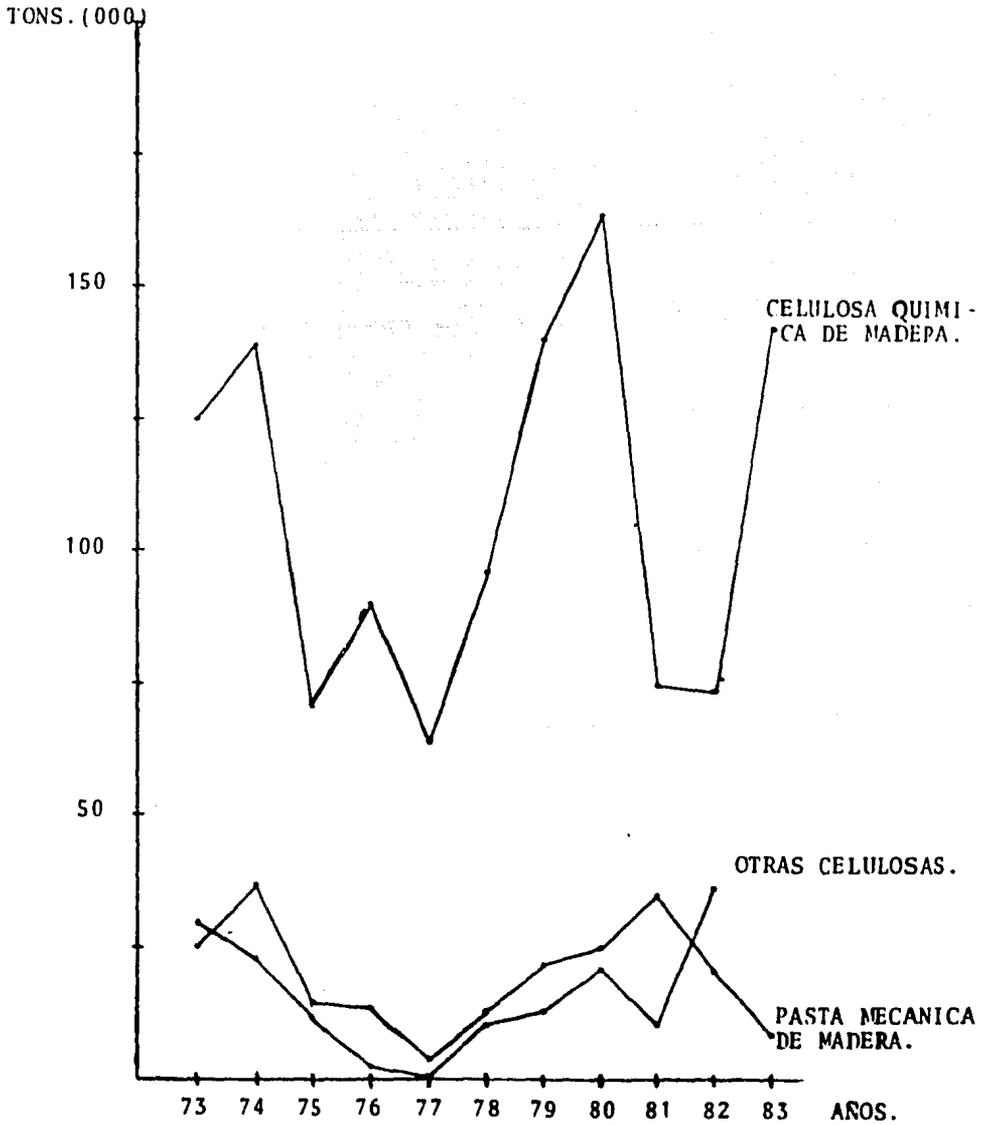
c) IMPORTACION DE PULPA CELULOSICA (TONELADAS METRICAS)

<u>AÑOS</u>	<u>PASTA MECANICA</u>	<u>CELULOSAS QUIMICAS DE MADERA</u>		<u>OTRAS</u>	<u>TOTAL</u>
	<u>DE MADERA</u>	<u>AL SULFATO</u>	<u>AL SULFITO</u>		
1973	25'214	83'792	41'357	31'270	181'633
1974	37'290	101'414	32'127	22'403	193'234
1975	14'577	40'322	26'399	11'641	92'939
1976	13'450	64'876	19'416	2'231	99'973
1977	4'444	49'266	13'098	844	67'652
1978	13'760	75'720	18'860	8'116	116'459
1979	19'543	112'607	22'128	12'154	166'432
1980	25'379	136'053	27'683	19'419	208'534
1981	35'667	65'515	9'845	10'258	121'285
1982	18'262	61'346	13'652	35'316	128'576
1983	8'649	142'747	2'741	-	154'137

GRAFICA 2.3 IMPORTACION TOTAL DE CELULOSA.



GRAFICA 2.4 IMPOIACION DE PULPA CELULOSICA POR TIPOS.

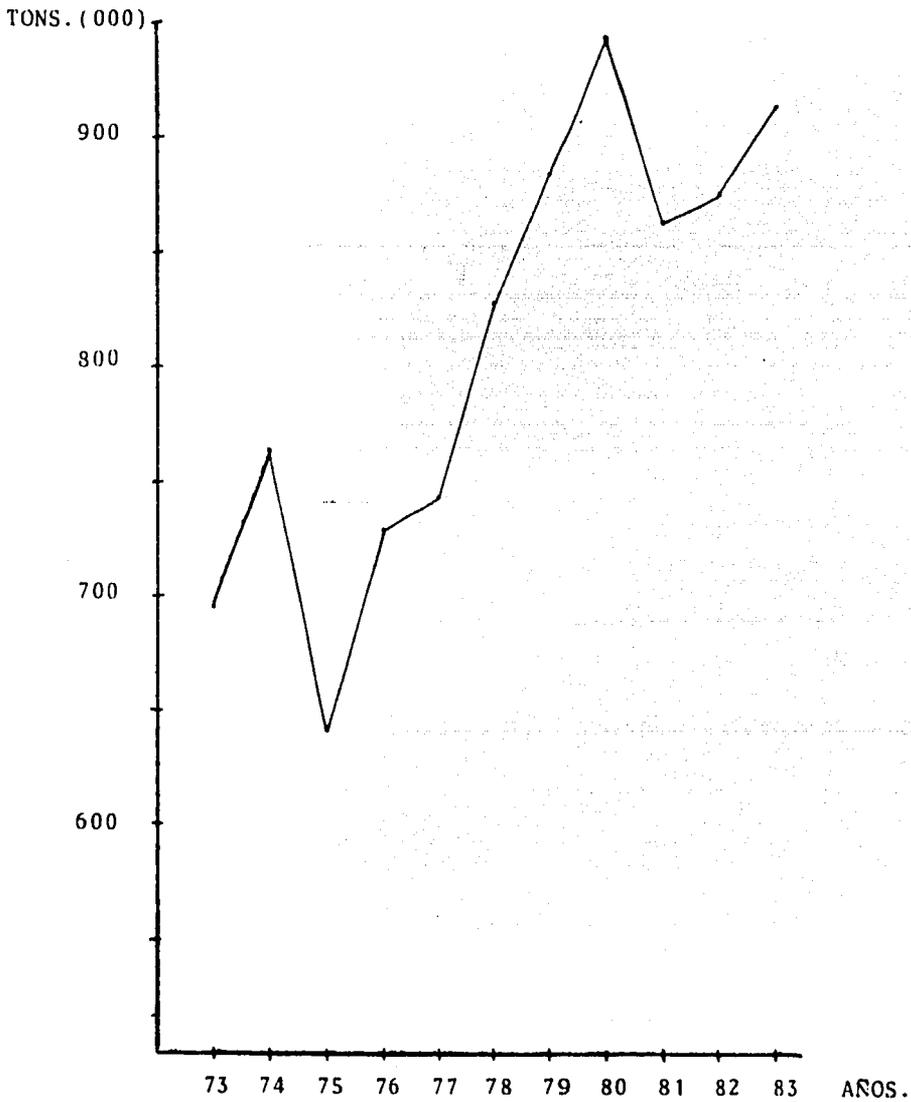


d) CONSUMO APARENTE DE CELULOSAS POR TIPOS (TONELADAS METRICAS)

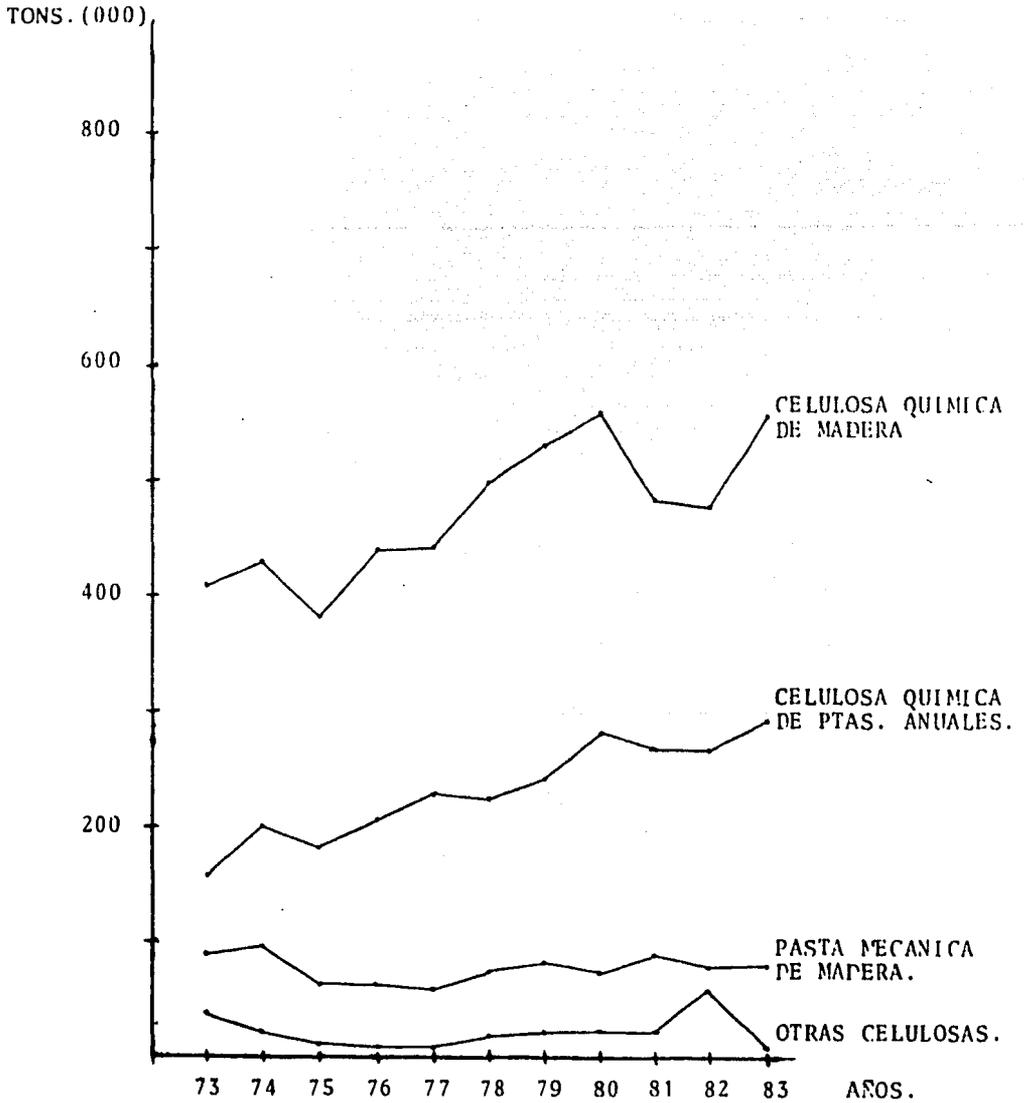
QUIMICA DE MADERA

<u>AÑOS</u>	<u>QUIMICA DE MADERA</u>			<u>QUIMICA DE PLAN</u>	<u>PASTA MECANICA</u>	<u>O T R A S</u>	<u>T O T A L</u>
	<u>AL SULFATO</u>	<u>AL SULFITO</u>	<u>SUBTOTAL</u>	<u>TAS ANUALES.</u>	<u>DE MADERA</u>		
1973	342'055	68'240	410'295	166'222	85'886	32'270	694'673
1974	386'578	50'601	437'179	202'736	95'788	24'294	759'997
1975	338'950	41'287	380'237	183'881	65'337	13'706	643'161
1976	406'910	33'909	440'819	208'047	67'158	6'954	722'978
1977	413'637	27'473	441'110	233'808	58'431	6'280	739'629
1978	469'553	35'307	504'860	228'030	73'590	16'384	822'864
1979	488'064	42'857	530'921	252'279	78'995	21'705	883'900
1980	519'787	40'552	560'339	277'980	71'496	30'488	940'303
1981	464'909	17'964	482'873	267'541	85'695	27'659	863'768
1982	452'442	22'666	475'108	268'708	71'672	61'207	876'695
1983	547'307	12'693	559'942	284'180	64'779	4'716	913'617

GRAFICA 2.5 CONSUMO APARENTE TOTAL DE CELULOSA.



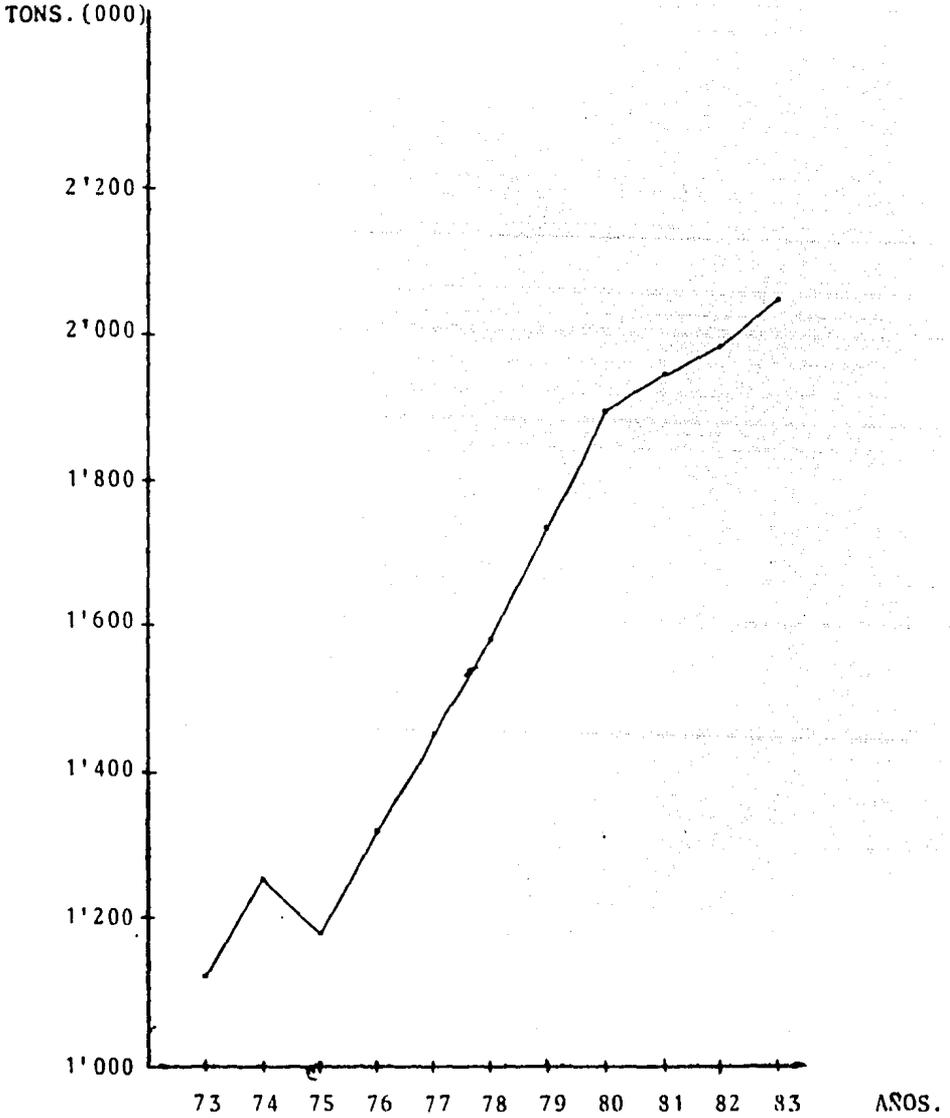
GRAFICA 2.6 CONSUMO APARENTE DE CELULOSA POR TIPOS.



e) PRODUCCION TOTAL DE PAPEL.

<u>AÑO</u>	<u>PRODUCCION (TONS.)</u>	<u>VARIACION (TONS.)</u>
1973	1'112'658	131'531
1974	1'253'688	141'030
1975	1'184'603	-69'085
1976	1'330'922	146'319
1977	1'453'656	122'734
1978	1'583'084	129'428
1979	1'731'425	148'341
1980	1'896'403	164'978
1981	1'950'264	53'861
1982	1'986'473	36'209
1983	2'061'791	75'318

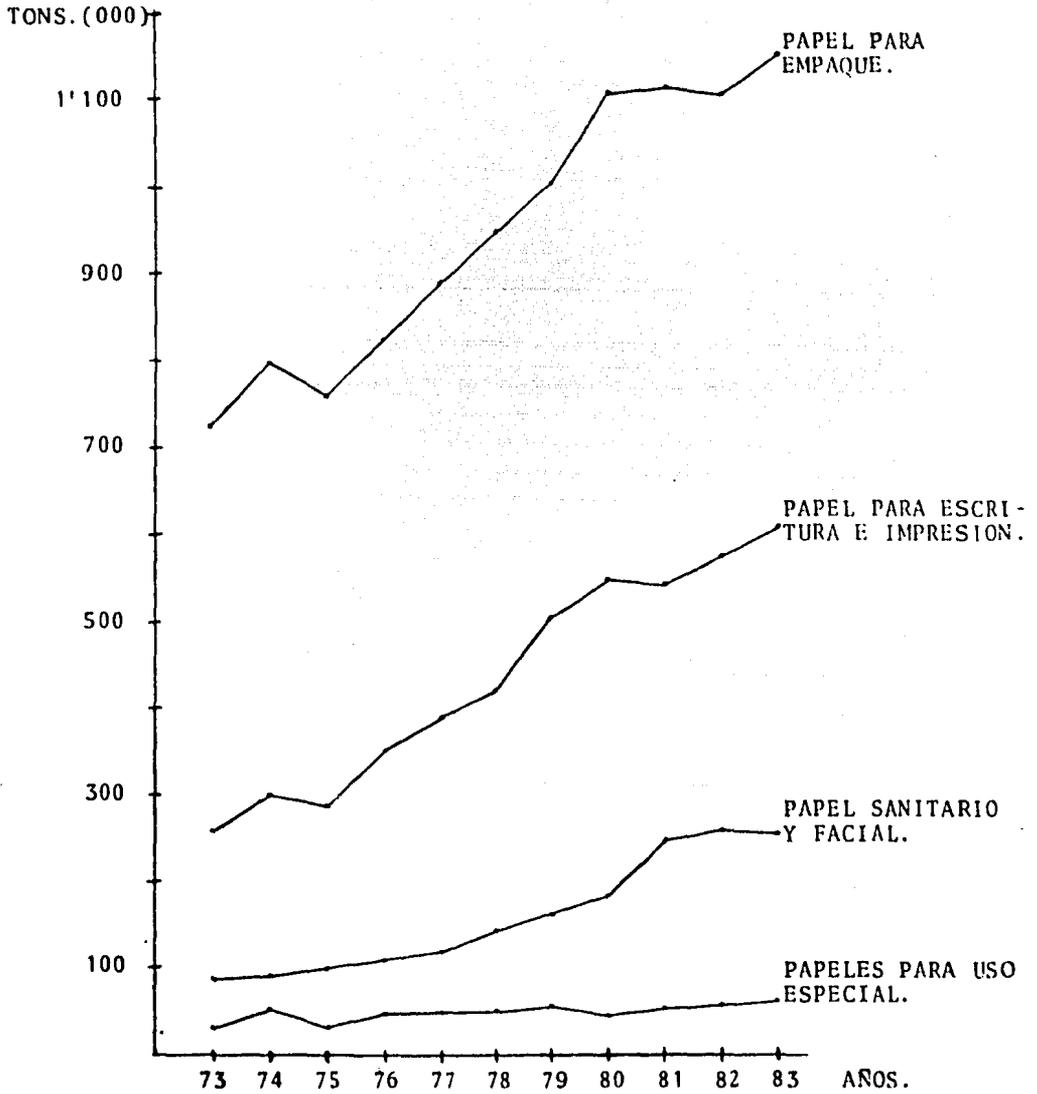
GRAFICA 2.7 PRODUCCION TOTAL DE PAPEL.



f) PRODUCCION DE PAPEL POR GRUPOS (TONELADAS METRICAS)

<u>AÑO</u>	<u>PAPEL PARA ESCRITURA E IMPRESION</u>	<u>PAPEL PARA EMPAQUE</u>	<u>PAPEL SANITARIO Y FACIAL</u>	<u>PAPELES PARA USO ESPECIAL</u>
1973	257'978	729'610	88'015	37'055
1974	296'828	805'395	99'752	51'713
1975	285'858	759'018	105'176	34'551
1976	349'087	824'893	112'491	44'551
1977	393'922	888'987	126'324	44'423
1978	434'228	956'005	145'483	47'368
1979	501'353	1'013'687	162'363	54'022
1980	559'675	1'108'479	183'834	44'415
1981	555'321	1'119'659	223'865	51'419
1982	577'423	1'106'330	247'921	54'799
1983	603'719	1'153'153	245'677	59'242

GRAFICA 2.8 PRODUCCION DE PAPEL POR GRUPOS.

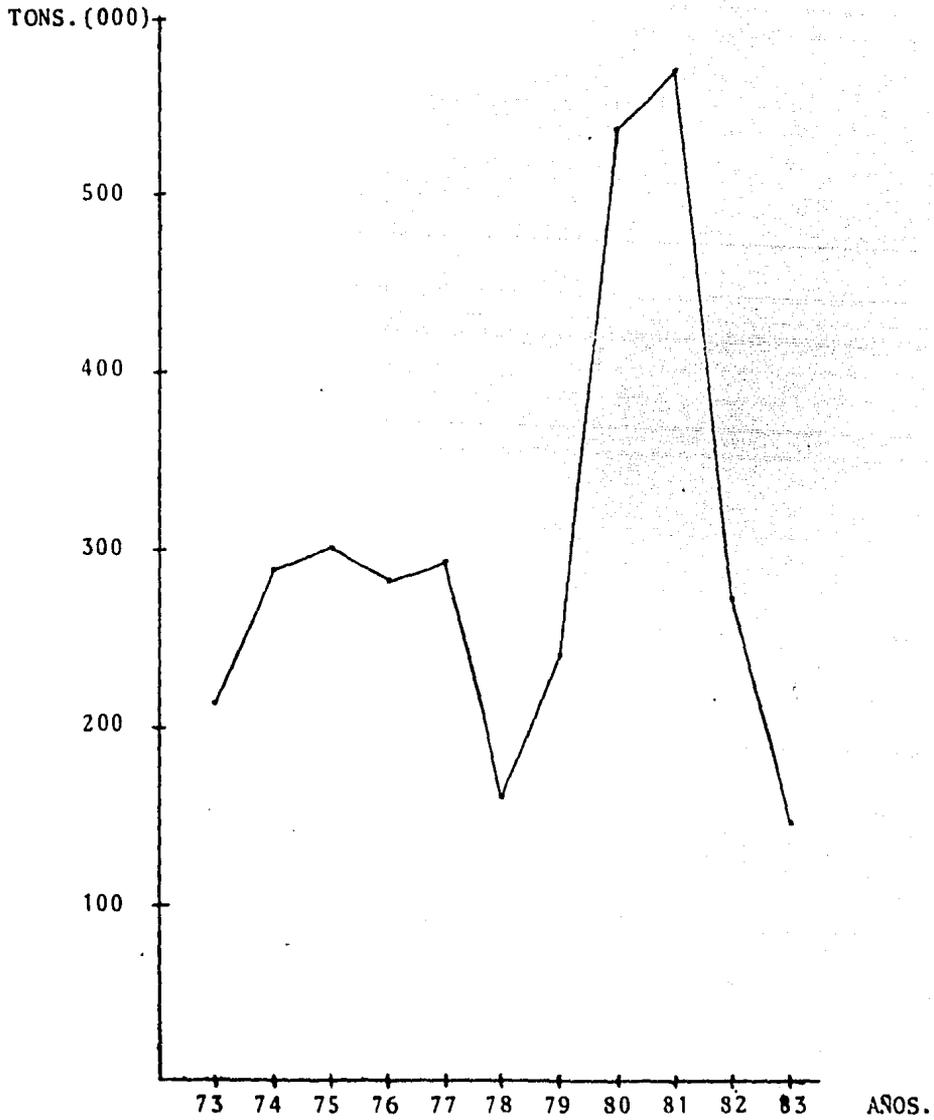


g) IMPORTACION DE PAPEL POR TIPOS. (TONELADAS METRICAS).

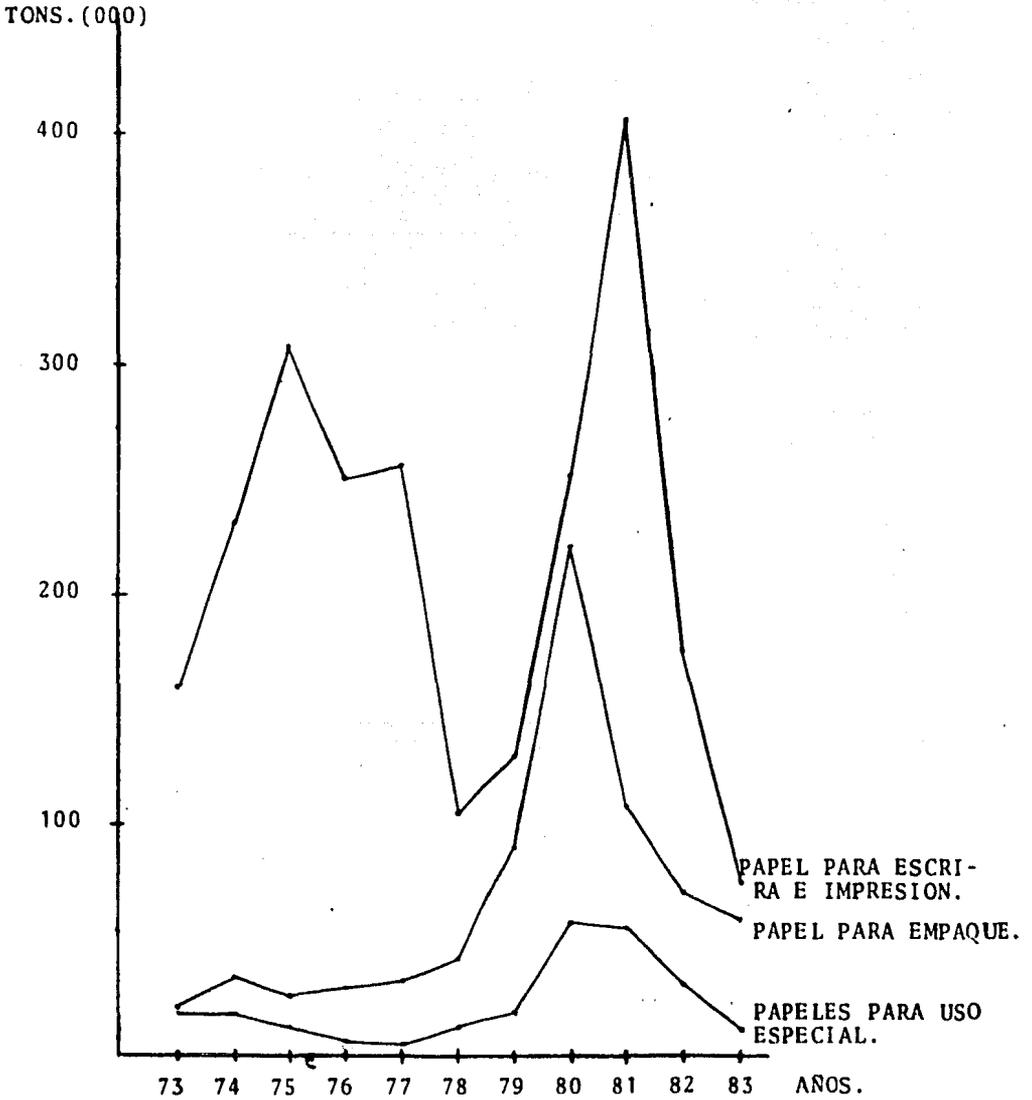
<u>AÑO</u>	<u>PAPEL PARA ESCRITURA E IMPRESION*</u>	<u>PAPEL PARA EMPAQUE</u>	<u>PAPEL SANITA RIO Y FACIAL</u>	<u>PAPELES PARA USO ESPECIAL</u>	<u>TOTAL</u>
1973	167'350	23'513	589	22'573	214'025
1974	234'379	35'413	746	21'938	292'476
1975	308'010	27'696	-	11'500	302'206
1976	249'098	30'693	-	5'064	284'855
1977	257'953	34'893	-	4'353	297'199
1978	107'627	40'664	-	12'689	160'980
1979	133'607	85'386	-	21'670	240'663
1980	253'818	222'925	681	56'995	534'419
1981	403'963	108'468	645	55'591	568'667
1982	175'585	72'997	1'001	31'807	281'390
1983	76'398	59'109	3	10'165	145'675

*INCLUYE PERIODICO Y LIBRO DE TEXTO.

GRAFICA 2.9 IMPORTACION TOTAL DE PAPEL.



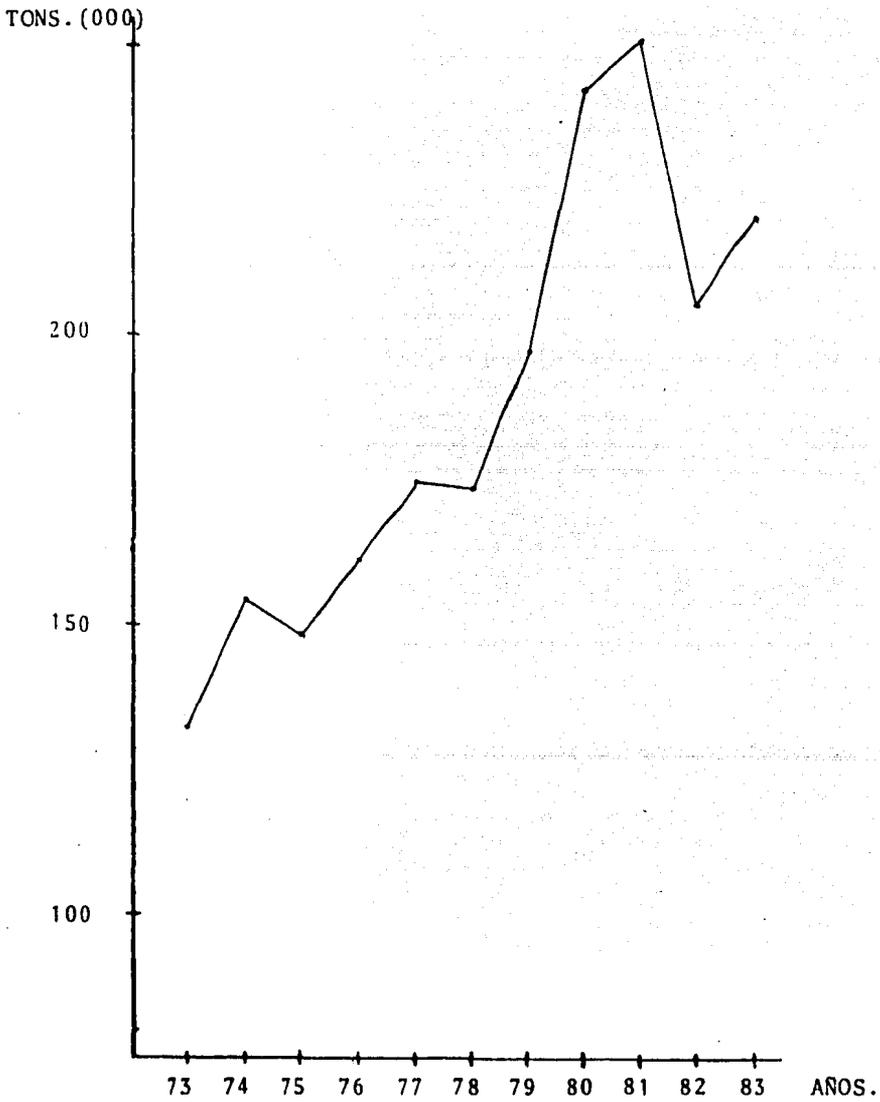
GRAFICA 2.10 IMPORTACION DE PAPEL POR TIPOS.



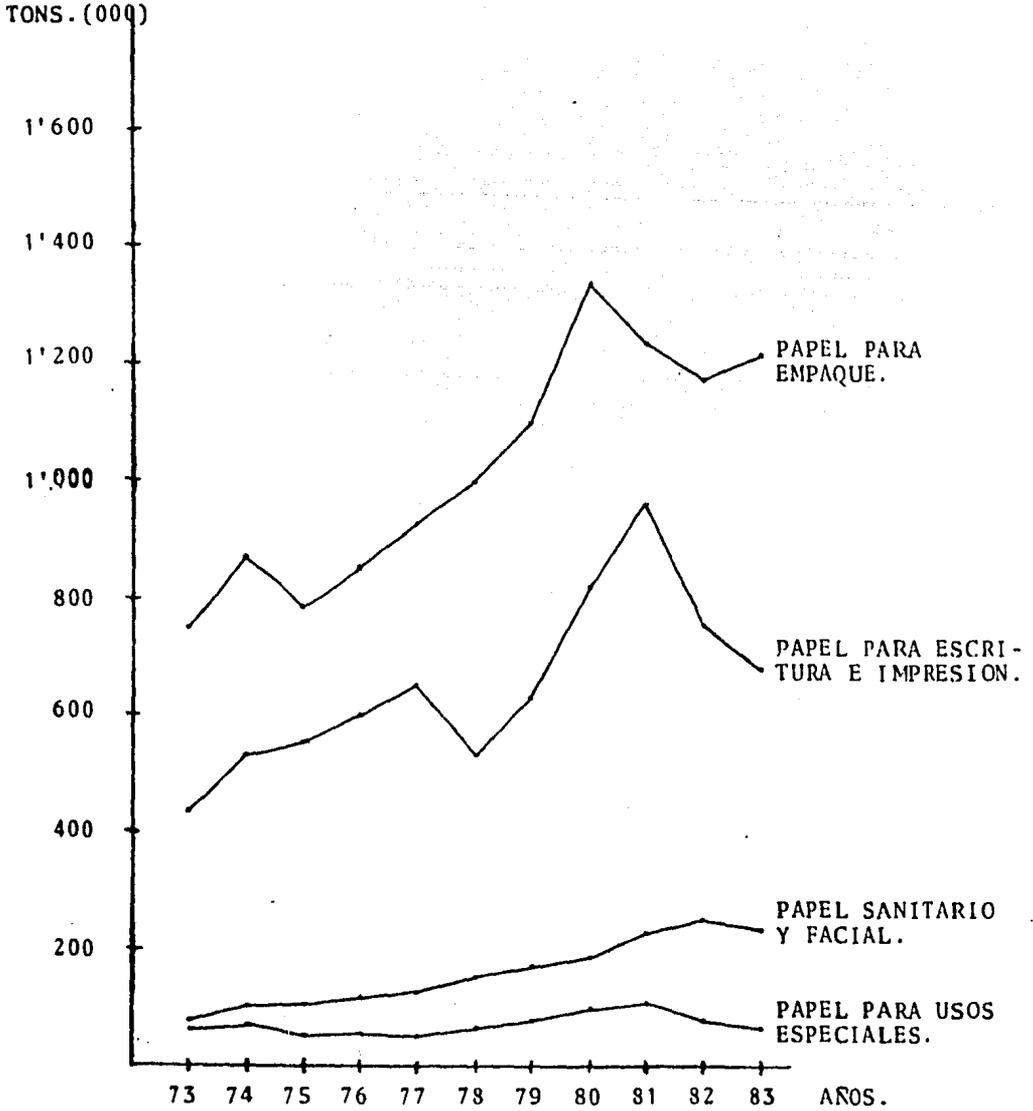
h) CONSUMO APARENTE DE PAPEL POR GRUPOS. (TONELADAS METRICAS).

<u>AÑO</u>	<u>PAPEL PARA ESCRITURA E IMPRESIÓN</u>	<u>PAPEL PARA EMPAQUE</u>	<u>PAPEL SANITARIO Y FACIAL</u>	<u>PAPELES PARA USOS ESPECIALES</u>	<u>TOTAL</u>
1973	425'328	753'123	88'604	59'628	1'326'683
1974	531'207	840'808	100'498	73'651	1'546'164
1975	548'868	786'714	105'176	46'051	1'486'809
1976	598'185	855'586	112'491	49'515	1'615'777
1977	651'875	923'880	126'834	48'776	1'750'855
1978	541'855	996'669	145'483	60'057	1'744'064
1979	634'960	1'099'073	162'363	75'692	1'972'088
1980	813'493	1'331'404	184'515	101'410	2'430'822
1981	959'284	1'228'127	224'510	107'010	2'518'931
1982	753'008	1'179'327	248'922	86'606	2'061'791
1983	680'117	1'212'262	245'680	69'407	2'207'406

GRAFICA 2.11 CONSUMO APARENTE TOTAL DE PAPEL.



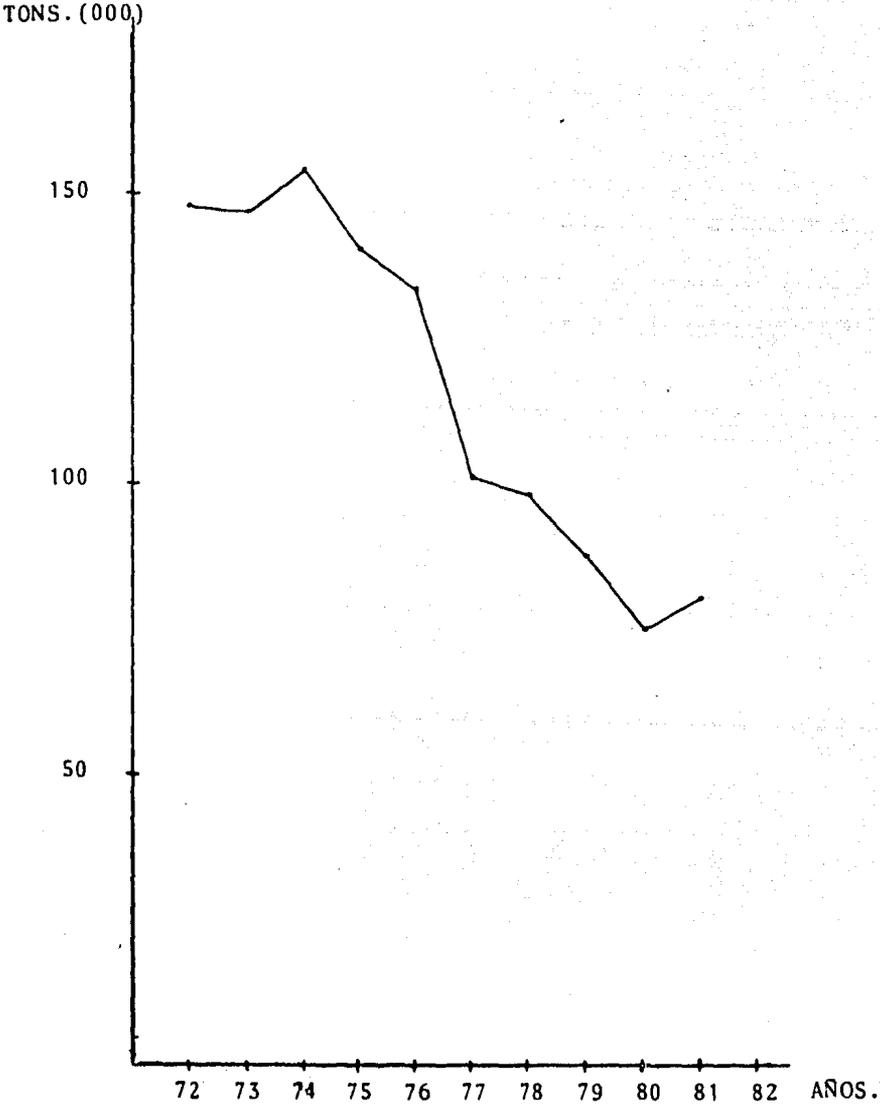
GRAFICA 2.12 CONSUMO APARENTE DE PAPEL POR TIPOS.



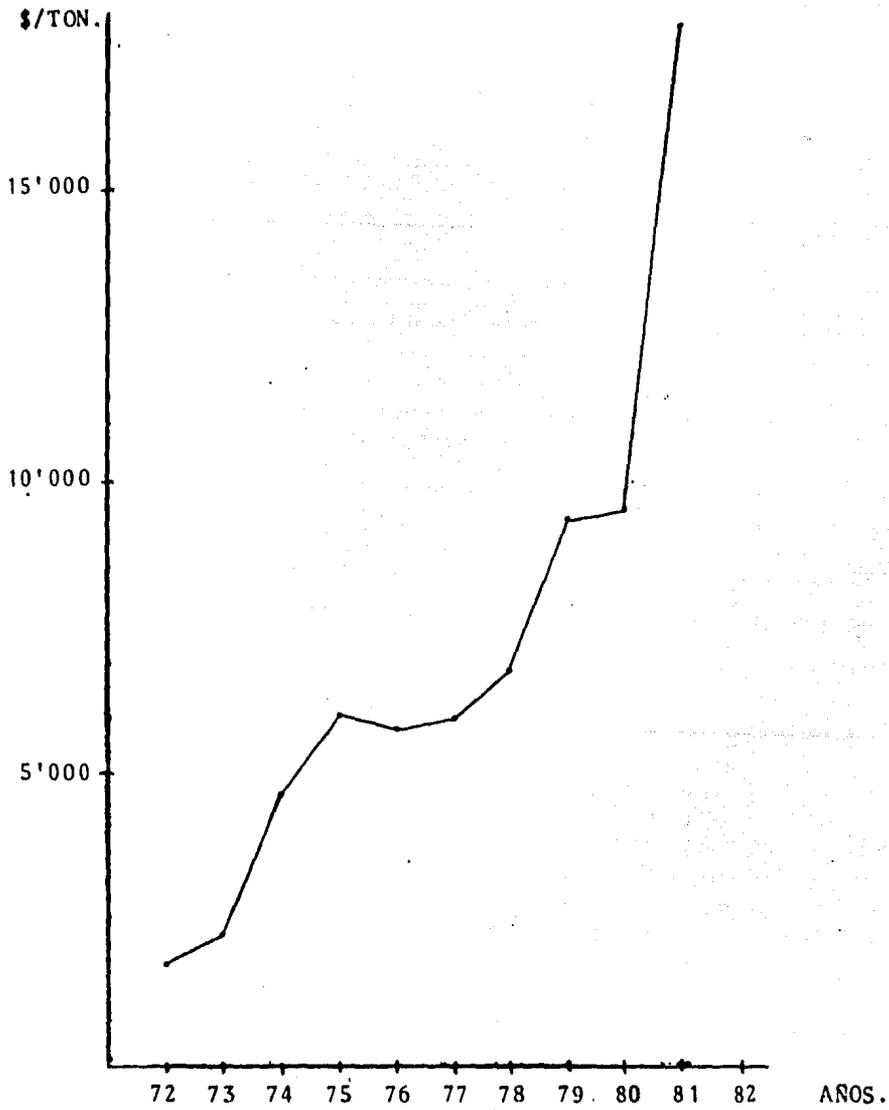
2.2. PRODUCCION, EXPORTACION Y CONSUMO DE HENEQUEN (12,13).

a) PRODUCCION.

AÑO	PRODUCCION (TONS.)	VALOR DE LA PRODUCCION (000 \$)	VALOR POR TONELADA \$/TON.
1972	148'152	254'910.214	1'720.60
1973	147'456	334'030.200	2'265.29
1974	154'228	719'073'680	4'662.41
1975	140'000	843'275.000	6'004.56
1976	133'359	772'014.000	5'788.99
1977	101'197	602'582.000	5'954.54
1978	98'273	663'263.000	6'749.19
1979	87'561	824'883.000	9'420.67
1980	75'000	713'325.000	9'511.00
1981	80'000	1'424'000.000	17'800.00



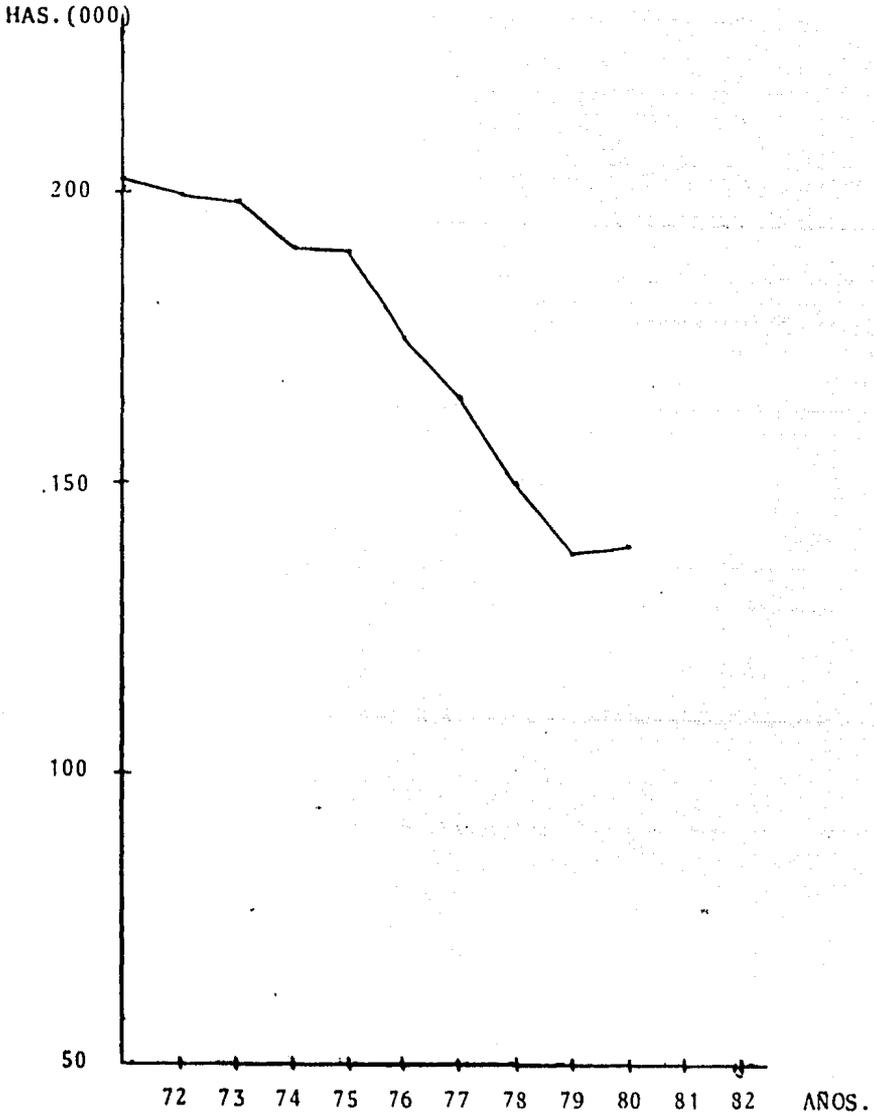
GRAFICA 2.14 VALOR DE LA PRODUCCION DE HENEQUEN POR TONELADA. ²⁷



b) SUPERFICIE COSECHADA.

<u>AÑO</u>	<u>SUPERFICIE COSECHADA (HAS.)</u>
1972	202'086
1973	199'950
1974	198'950
1975	190'750
1976	190'100
1977	175'276
1978	165'849
1979	149'719
1980	138'980
1981	139'000

GRAFICA 2,15 SUPERFICIE COSECHADA DE HENEQUEN.

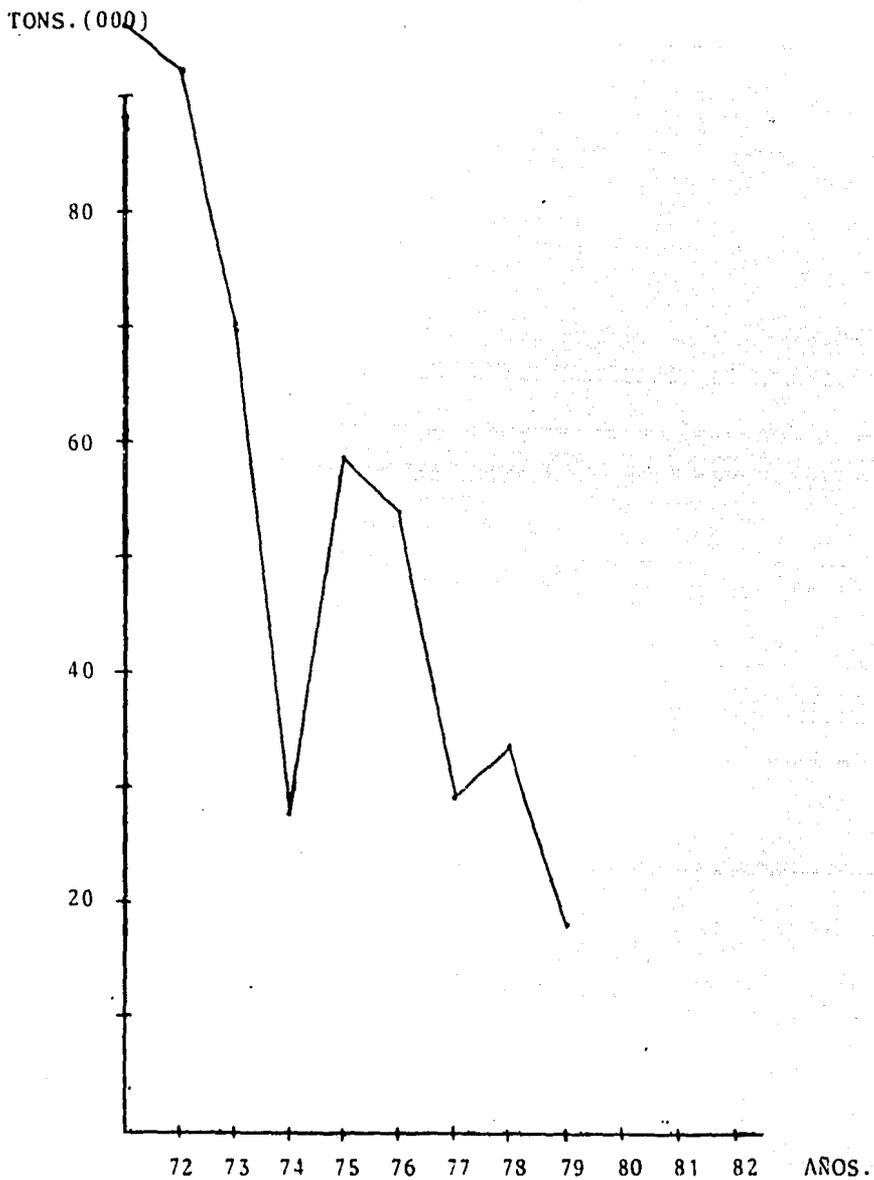


c) EXPORTACION DE HENEQUEN.

<u>A Ñ O</u>	<u>VOLUMEN DE LA EXPORTACION (TONS)</u>
1972	96'793
1973	92'515
1974	69'713
1975	27'537
1976	58'992
1977	53'869
1978	29'142
1979	33'622
1980	18'696

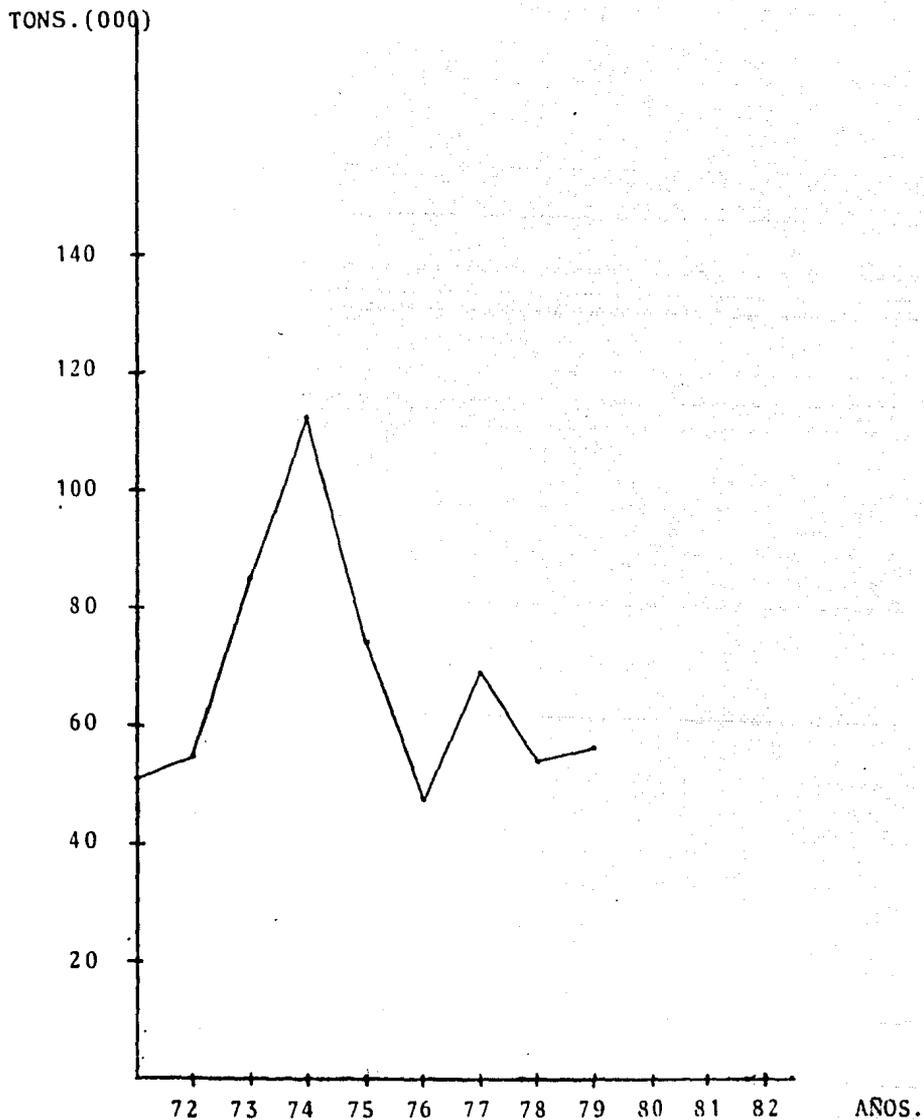
En algunos casos, la exportación es superior a la producción nacional en virtud de haber exportado remanentes de cosechas anteriores.

GRAFICA 2.16 EXPORTACION DE HENEQUEN.



d) CONSUMO DE HENEQUEN.

<u>AÑO</u>	<u>CONSUMO NACIONAL (TONELADA)</u>
1972	51'359
1973	54'941
1974	84'515
1975	112'902
1976	74'367
1977	47'328
1978	69'131
1979	56'939
1980	56'304



III

ASPECTOS GENERALES DEL HENEQUEN Y PROCESOS .

ASPECTOS GENERALES DEL HENEQUEN Y PROCESOS

En el mercado internacional, el henequén se designa con el nombre de sisal, que era el del antiguo puerto yucateco en que se hicieron los primeros embarques de la fibra; pero de acuerdo con la clasificación botánica y para distinguir la obtenida de las dos principales especies que la producen, se denomina sisal a la fibra derivada de la especie "agave sisalana" y henequén a la obtenida del "agave fourcroydes".

El Agave Fourcroydes Lemaire, o Agave Rígida Var, Elongata Baker vulgarmente conocido como henequén, es una planta nativa del estado de Yucatán; su tronco puede alcanzar 1.50 m. de altura por 20 a 25 cms., de diámetro; las hojas tienen una longitud de 1.30 a 1.60 m. por 10 a 12 cm., de ancho en la parte media presentando un color gris azulado y conservan en su cara las impresiones que dejan otras hojas en la prefoliación, se terminan con una espina de color castaño oscuro de 2.3 a 3.0 cm.

El quiote o varejón tiene de 4.0 a 5.0 m., de altura y un diámetro de 10 cm., en la parte media. Esta parte del henequén tiende a desarrollarse al sexto año de vida en donde se llegan a tener aproximadamente 75 varejones por hectárea. Al 18º año se tiene una producción de 500 quiotes. El peso promedio de estos quiotes es de 5.0 kg., base húmeda.

Esta especie es la que más extensamente se cultiva y produce una fibra de hebra gruesa; áspera y resistente, de color blanco.

La provincia climatológica de Yucatán-Campeche, que es donde principalmente se produce el henequén, tiene un clima cálido, semiseco, sin estación invernal bien definida y con primavera seca.

La cercanía al mar y la falta casi completa de accidentes topográficos, ocasionan un alto estado higrométrico del aire y al descender la temperatura durante las noches se condensa el agua sobre las hojas de las plantas, la que al caer al suelo proporciona una fuente constante de humedad, que alivia en parte a los cultivos de los daños ocasionados por la precipitación mal distribuida.

Las plantaciones de henequén están en condiciones de comenzar a ser explotadas en regla, a los 6 u 8 años de haber sido sembradas, dando principio el corte por las hojas inferiores, que en esta época miden comunmente 1 m., de largo.

En el primer corte se cosechan de cada pie de planta, de 30 a 40 hojas y en los demás alrededor de 20.

Con esta práctica el henequén dura produciendo de 12 a 14 años en los terrenos pedregosos.

3.1 PROCESOS UTILIZADOS PARA LA OBTENCION DE PULPA CELULOSICA.

Los procesos que a continuación se describen, son los procesos clásicos utilizados actualmente por las industrias en la extracción de pulpa celulósica.

A) PROCESO AL SULFATO O KRAFT

Las reacciones que se llevan a cabo en este proceso comprenden la hidrólisis de las ligninas, formando alcoholes y ácidos. Esta hidrólisis produce también mercaptanos y sulfuros.

Los pasos en la manufactura del proceso al sulfato son los siguientes:

Se almacena la materia prima en un depósito desde el cual se alimentan los digestores por gravedad. Una vez cargados los digestores, se agrega el líquido de cocción que esencialmente contiene sulfuro sódico y sosa caústica y se da entrada al vapor por medio de una caldera; la presión sube lentamente hasta 10.75 kg/cm^2

El período de cocción dura $3 \frac{1}{4}$ horas; al cabo de este tiempo se deja bajar la presión a 5.6 kg/cm^2 y se lleva la carga a un foso o hacia una batería de difusores a contracorriente para recuperar el vapor y así obtener un lavado mejor. Se lava la pasta después de la separación del líquido de cocción; el líquido de cocción gastado (licor negro) se bombea a almacenamiento, donde

espera el tratamiento para recuperar los productos químicos que vuelven a utilizarse en el proceso. Finalmente pasa a unos fil tros y decantadores donde se elimina una gran porción de agua; la parte decantada se blanquea a continuación. Se emplean dos tipos de blanqueo:

Un proceso en una etapa que consiste en el tratamiento con hipoclorito de calcio, y un proceso en tres etapas, que implica el tratamiento con cloro libre, de neutralización con lechada de cal o sosa cáustica, y después un blanqueo con hipoclorito cálcico. El agente de blanqueo en todo caso oxida y destruye los colo rantes debido a los sulfuros presentes en el líquido de cocción. Después del blanqueo, la pasta se deberá lavar y volver a decan-- tar para transformarse en hojas lo bastante secas para doblarse en un rollo, o puede verterse en la caja de carga de una máquina de papel para obtener la pasta seca.

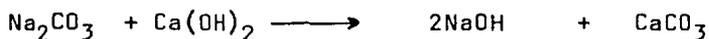
El arrollamiento se efectúa en un decantador húmedo para que transporte la pasta a través de rodillos de compresión y una serie de rodillos de prensa. Los fajos resultantes se apilan en prensas hidráulicas y se someten a presiones hasta de 210 kg/cm^2 . Este producto deberá contener de 50 a 60% de fibra seca.

B) PROCESO A LA SOSA.

La manufactura de este proceso es muy parecida a la del proceso Kraft, siendo ambos procesos alcalinos.

La preparación para la cocción es igual a la descrita para el proceso Kraft. El líquido de cocción tiene una densidad de 11.0 a 13.09 Be y contiene de 6 a 7% de sosa cáustica. El tiempo de cocción varía de 2 a 3 horas a una presión de 7.7 kg/cm², y a una temperatura de 177° C.

Los digestores descargan habitualmente en fosos abiertos, en vez de difusores desperdiciando el vapor. La pasta se lava en un tanque con falso fondo de chapa de acero, cubierto con tela metálica fina. El licor negro del proceso a la sosa contiene 16% de sólidos en total y 4.5% de álcali total. La mayor parte de éste es carbonato sódico, siendo el resto hidróxido sódico libre. Este licor se trata por evaporación en efecto múltiple, como en el proceso Kraft. Se agrega cal recuperada al líquido, y el horno alimenta los tanques de caustificación donde se agrega más carbonato sódico y la reacción que tiene lugar es esencialmente la siguiente

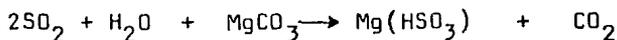
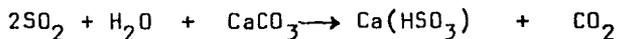


El barro de carbonato cálcico se separa por filtración y se envía a los hornos de cal, el filtrado es el agua blanca que se utiliza en los digestores.

C) PROCESO AL SULFITO.

La materia prima se transporta a los digestores para llevar a efecto la cocción.

Las reacciones esenciales que intervienen en la preparación del líquido de cocción son las siguientes:



El azufre se funde en un tanque calentado por un quemador, y se alimenta a este mismo, todo el azufre quemado que se vaporiza entra a una cámara de combustión donde se oxida a dióxido de azufre. El dióxido de azufre obtenido se enfría rápidamente en un refrigerante.

El paso siguiente es la absorción de agua, en presencia de los compuestos de calcio y magnesio. Esto se realiza en una serie de torres de absorción a contracorriente; un fino riego de agua baja a través del sistema, el dióxido de azufre es inyectado a través de toda la torre.

El líquido que abandona las torres contiene una cierta cantidad de azufre libre que va aumentando de cuando en cuando en la torre de recuperación, al borbotear en su interior, el dióxido de azufre que escapa de los digestores. El líquido final es una solución de bisulfitos cálcicos y magnésicos, que analizado da 4.5% de CO_2 total y alrededor de 3.5% de S libre.

Las condiciones de cocción dependen de la materia prima, o sea, de su naturaleza, composición del ácido y cantidad de pasta cargada.

La presión varía de 5 a 11 kg/cm². El tiempo y la temperatura varía de 10 a 11 horas y de los 105 a 155° C.

Al final del proceso de cocción se descarga el digestor a un foso y el líquido vuelve a circular.

La pasta se bombea desde el foso a una serie de cribas, donde se separan los nudos y los grandes terrones de fibra.

El producto aceptado de las cribas se envía a las arrieras de ranura; la materia extraña que acompaña a la pasta se va sedimentando gradualmente.

La pasta relativamente pura se concentra en decantadores; el agua pasa a través de una malla y la parte sólida quedará detenida en la criba. La pasta se envía al blanqueador, donde se introduce cloro libre, después de haberse agotado el cloro, se agrega lechada de cal para neutralizar la pasta.

El producto se lava, se decanta y se envía a una caja de máquinas que es donde se moldea en fajos, que deberán contener de 30 a 90% de fibra seca.

FIGURA 3.2 PROCESO A LA SOBA PARA LA OBTENCION DE PULPA CELULOSICA

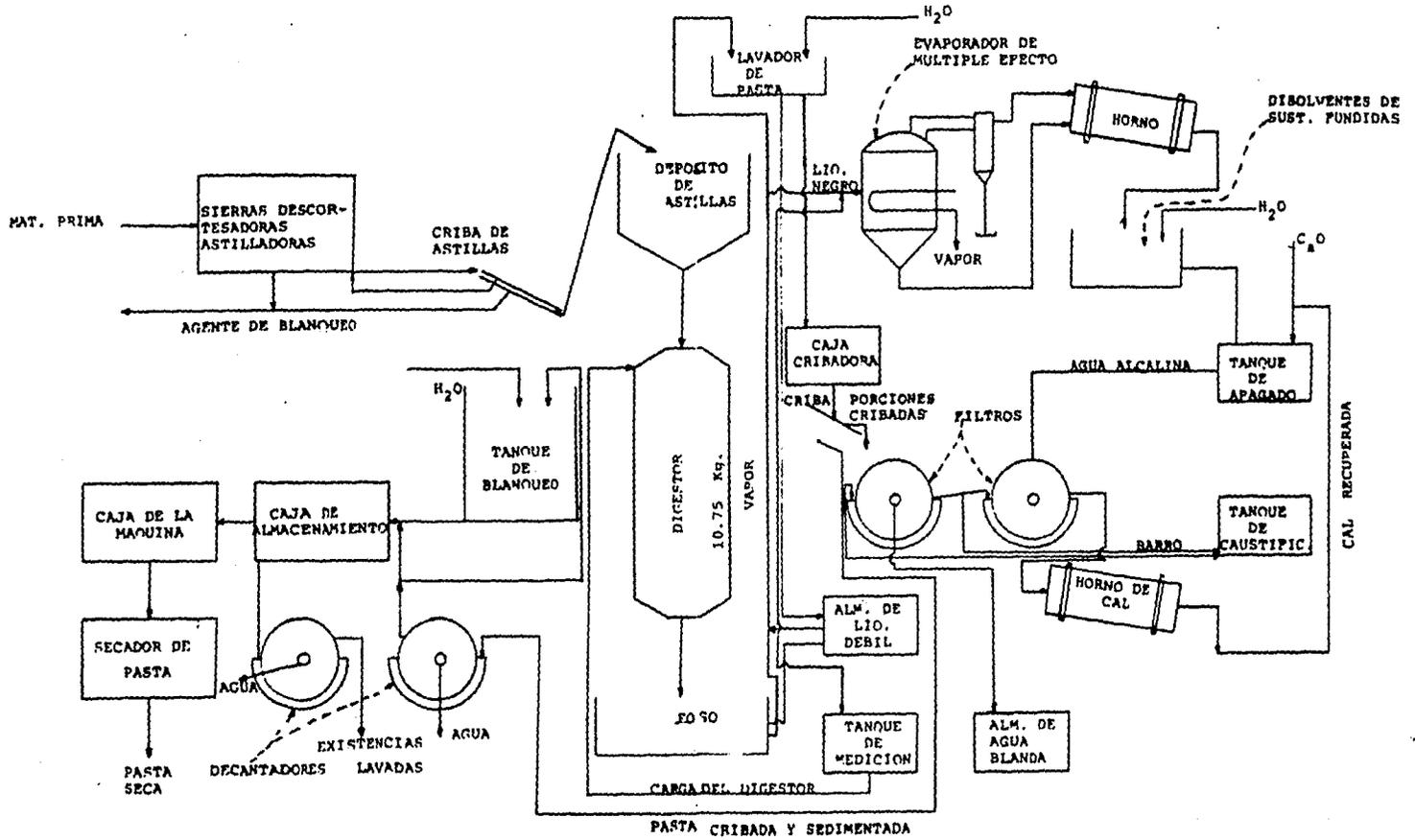
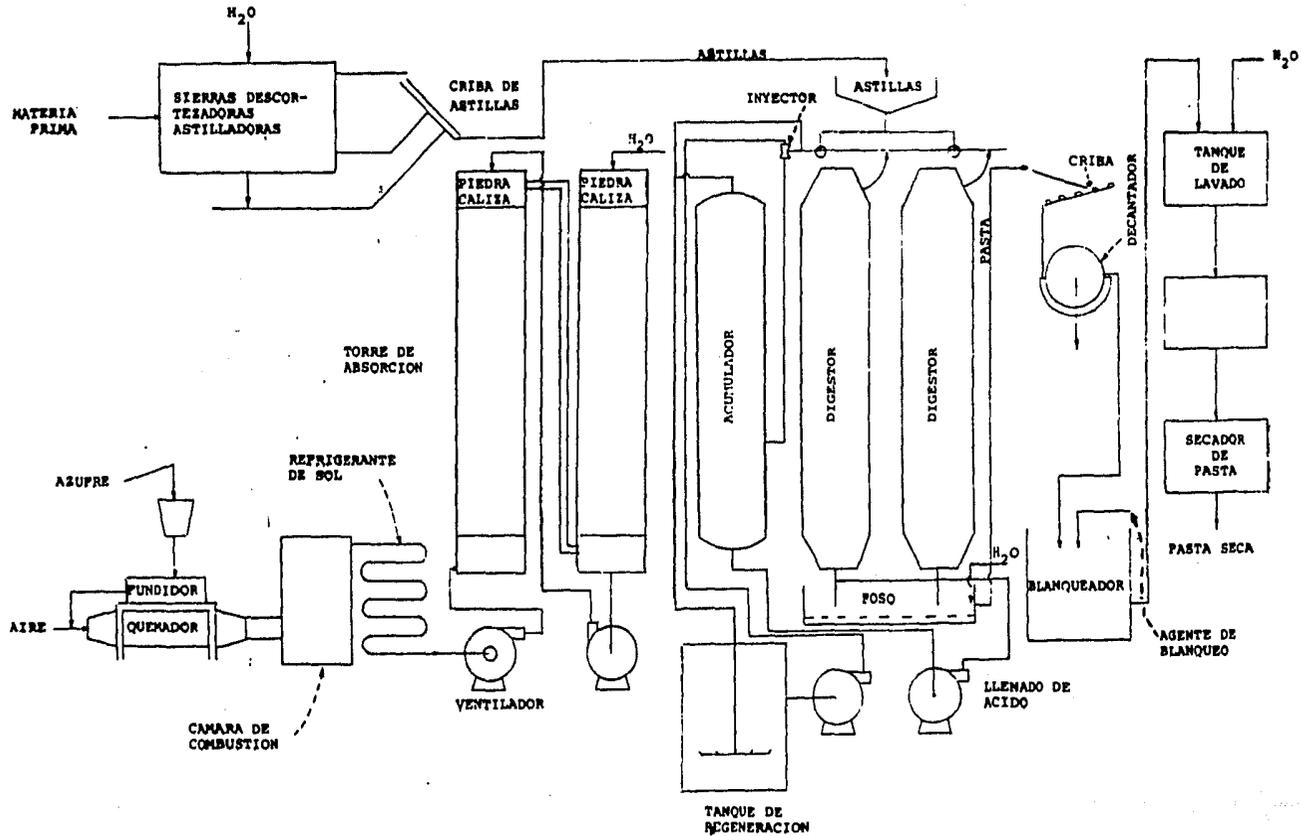


FIGURA 3.3 PROCESO AL SULFITO PARA LA OBTENCION DE PULPA CELULOSICA



3.2 PROPIEDADES FISICAS.

Los datos referentes a las propiedades físicas de la pulpa celulósica obtenida a partir del henequén que a continuación se presentan, se han consultado en la bibliografía y son resultado de los estudios de laboratorio efectuados para su determinación con anterioridad al presente trabajo (8).

a) DIMENSIONES DE LA FIBRA.

Es importante considerar las dimensiones de la fibra ya que hasta cierto punto, de ellas depende la calidad del papel que se vaya a elaborar, teniendo influencia directa sobre teñido, resistencia, flexibilidad y otras propiedades del papel.

Las dimensiones de la fibra fueron determinadas estadísticamente al microscopio, de acuerdo con el método recomendado por Graff, según el cual se grafican los resultados del promedio de frecuencia contra la longitud promedio de la fibra en intervalos de 0.5 mm.

$$\text{Promedio de Frecuencia} = \frac{\text{No. de fibras por intervalo}}{\text{No. total de mediciones}} \times 100$$

Los resultados obtenidos fueron:

- Longitudes:

Frecuencia (%):	8	31	41	13	6
Límites (mm.):	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5

Diámetros

Frecuencia (%):	8	88	4
Diámetro (mm.):	0.013	0.0195	0.026

Longitud en la mayor frecuencia: 2.25 mm.

Diámetro en la mayor frecuencia: 0.0195 mm.

$$\text{RELACION} \quad \frac{L}{D} = \frac{2.25}{0.0195} = 115$$

Por los resultados anteriores, y observando las gráficas 3.1 y 3.2 se puede decir que la fibra de henequén es bastante regular en sus dimensiones y que presenta una muy buena relación L/D (ver tabla 3.1.1.)

b) Factor peso de la fibra

Este factor es necesario para convertir el porcentaje de fibras de una mezcla dada, a porciento en peso de la misma fibra, - pues no todas las fibras pesan lo mismo.

Como base de comparación se toma a la fibra de trapo, a la que se le da un valor de 1.0.

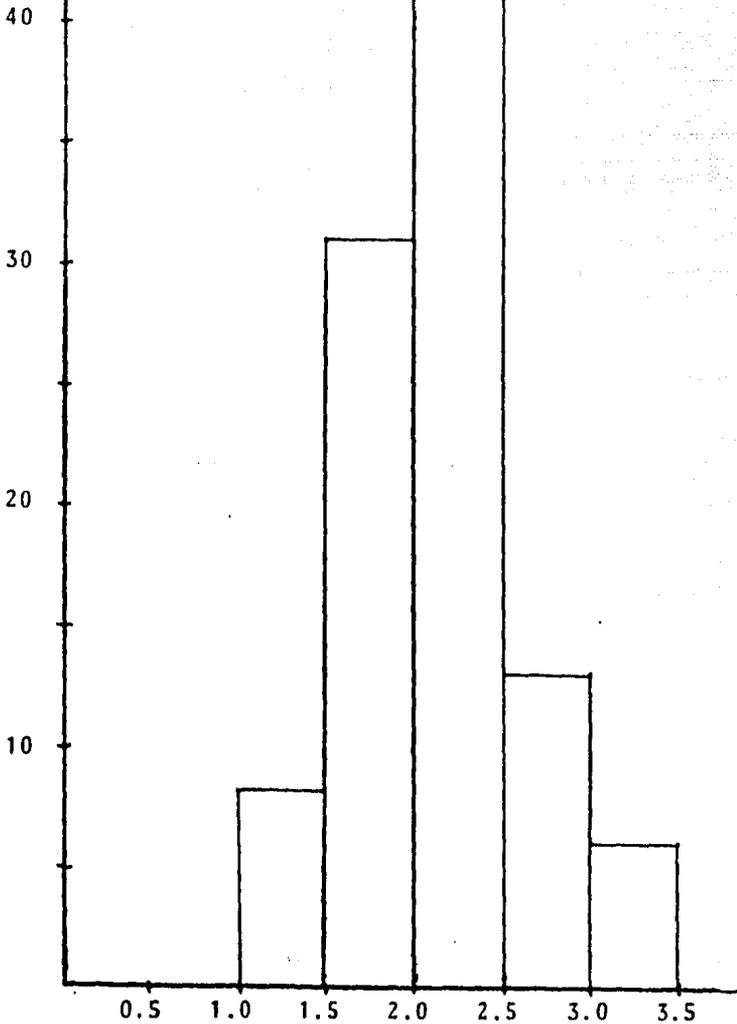
La determinación del factor peso se hizo comparando fibras de henequén al monosulfito con una pulpa kraft blanqueada de conífera, cuyo factor peso es de 0.900. se siguió el método de Graff y se obtuvo un valor de 0.656 para la fibra de henequén.

c) Resistencias Físicas.

Las resistencias físicas de las pulpas obtenidas se determinaron siguiendo los métodos "Standard TAPPI".

Los resultados de estas pruebas se exponen en la tabla 3.1.1. Se indican las resistencias correspondientes a un "Canadian Standard Frieness" de 300 ml ya que en la práctica generalmente las pastas se refinan hasta valores aproximados a esa cifra.

°/o DE FRECUENCIA.



LONGITUD.
(mm)

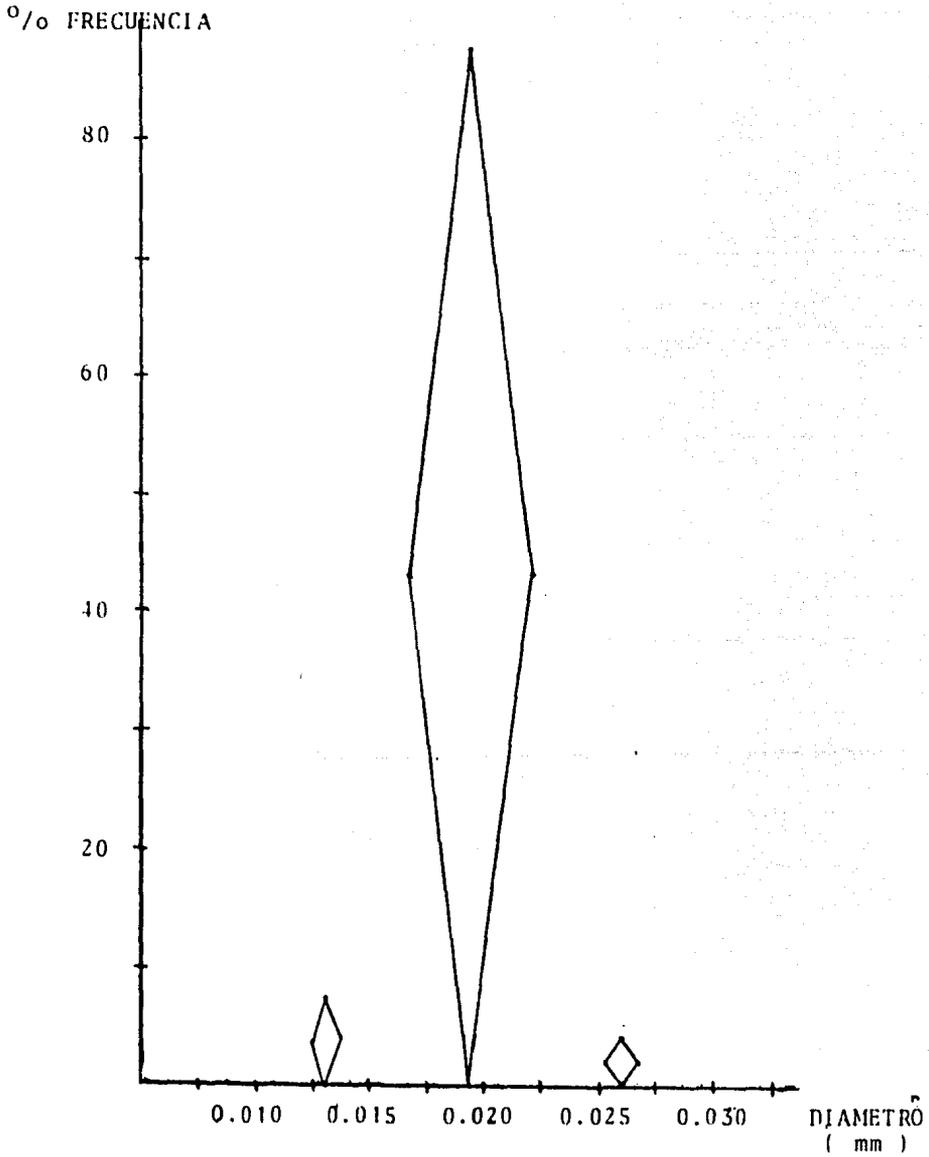


TABLA 3.1.1.

<u>PROCESO</u>	<u>LONGITUD DE RUPTURA (m)</u>	<u>FACTOR DE EXPLOSION</u>	<u>FACTOR DE RASGADO</u>
KRAFT	7,900	70.0	155.0
MONOSULFITO DE SODIO	7,600	61.0	159.0
A LA SOSA	7,200	35.0	39.0

3.1.1. COMPARACION DE PROPIEDADES FISICOMECAICAS DE LAS PULPAS OBTENIDAS DE HENEQUEN, MADERAS DE CONIFERAS Y BAGAZO DE CAÑA.

<u>CONCEPTO</u>	<u>HENEQUEN</u>	<u>MADERAS DE CONIFERAS</u>	<u>BAGAZO DE CAÑA</u>
Dimensiones de la Fibra			
Longitud mm	2.25	3.50	1.80
Diámetro mm	0.0195	0.035	0.018
Relación L/D	115.38	100.00	100.00
Densidad aparente g/cc	0.763	0.746	0.820
Factor de Explosión (Mullen)	70.0	73.2	41.3
Longitud de Ruptura (m)	7,900	10,000	7,560
Factor de Rasgado	155.0	104.0	45.0

3.3 PROPIEDADES QUIMICAS

Al igual que en inciso anterior, los datos aquí presentados son resultado de estudios realizados con anterioridad a este trabajo y consultados en la bibliografía. (3,8).

Los estudios realizados para la determinación del análisis químico del henequén, se efectuaron con muestras de desperdicio de la industria henequenera de Yucatán, en lo que respecta a recorte, y para quiote o varejón se utilizaron muestras de 30 y 90 días de edad, a partir de su brote en las plantas y el corte de las mismas.

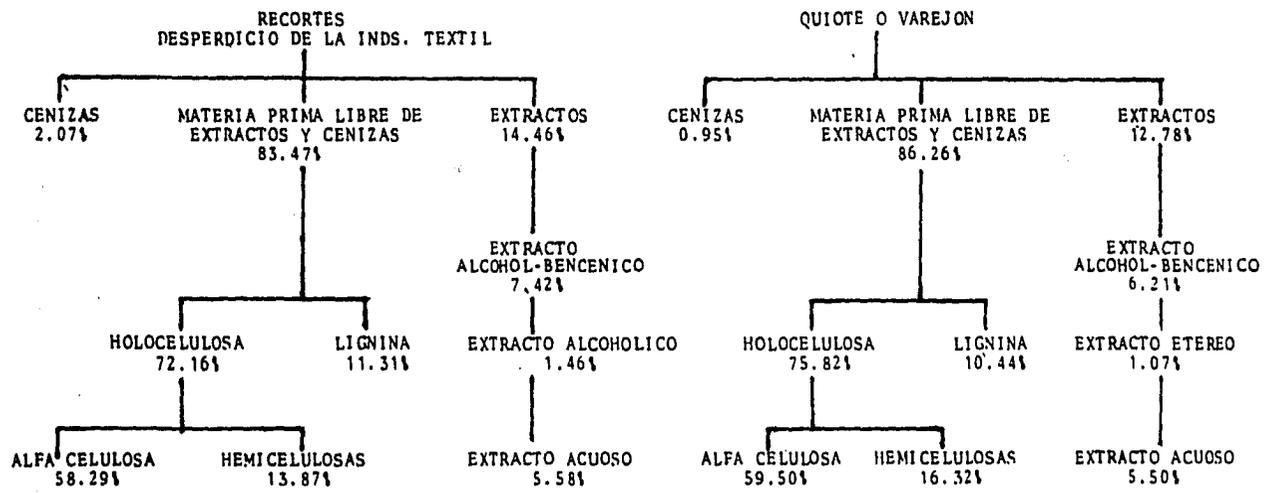
El análisis se llevó a cabo siguiendo los métodos "Standard TAPPI" y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 3.2.1.

<u>COMPONENTE</u>	<u>% DE RECORTE</u>	<u>% EN QUIOTE O VAREJON</u>
CENIZAS	2.07	0.95
LIGNINA	11.31	10.44
EXTRACTO ALCOHOL-BENCENICO	7.42	6.21
EXTRACTO ACUOSO	5.58	5.50
EXTRACTO ETereo	- -	1.07
EXTRACTO ALCOHOLICO	1.46	- -
EXTRACTOS TOTALES	14.46	12.78
MATERIA PRIMA LIBRE DE EXTRACTOS	85.54	87.21
MATERIA PRIMA LIBRE DE EXTRACTOS Y CENIZAS	83.47	86.26
HOLOCELULOSA	72.16	75.82
α -CELULOSA	58.29	59.50
HEMICELULOSAS	13.87	16.32
SOLUBILIDAD EN AGUA FRIA	13.55	11.80
SOLUBILIDAD EN AGUA CALIENTE	13.18	14.18
SOLUBILIDAD EN NaOH AL 1%	23.16	34.26

De forma más esquemática para tener una mejor visualización de la composición química del henequén, ésta se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 3.4 COMPOSICION QUIMICA DEL HENEQUEN (AGAVE FOURCROYDES)



3.4 COMPARACION CON OTROS RECURSOS FIBROSOS.

En la siguiente Tabla se hace una comparación de la composición química del henequén con las materias primas más frecuentemente usadas en México para la obtención de pulpas celulósicas. Estas otras materias primas son la madera de coníferas, maderas duras, y el bagazo de caña que últimamente ha tonido gran auge dentro de las materias primas no maderables (plantas anuales) para la obtención de pulpa celulósica (3).

TABLA 3.3.1.

ANALISIS QUIMICO COMPARATIVO ENTRE EL QUIOTE Y RECORTE DEL HENEQUEN, MADERAS SUAVES, MADERAS DURAS Y BAGAZO DE CAÑA.

<u>COMPONENTE</u>	<u>MADERA SUAVE</u>	<u>MADERA DURA</u>	<u>BAGAZO DE CAÑA</u>	<u>RECORTES DE HENEQ.</u>	<u>QUIOTE O VAREJ. HEN.</u>
CENIZAS	0.3 %	0.3 %	2.17%	2.07%	0.95%
LIGNINA	28.80%	23.40%	19.06%	11.31%	10.44%
EXTRACTOS TOTALES	5.00%	2.10%	6.20%	14.46%	12.78%
HOLOCELULOSA	70.00%	78.30%	67.89%	72.16%	75.82%
α -CELULOSA	51.50%	52.90%	41.35%	58.29%	59.50%
HEMICELULOSAS	18.50%	25.40%	26.54%	13.87%	16.32%
SOLUBILIDAD EN AGUA FRIA	---	---	3.57%	13.55%	11.80%
SOLUBILIDAD EN AGUA CALIENTE	4.0 %	3.30%	4.09%	13.18%	14.18%
SOLUBILIDAD EN SOSA AL 1%	14.0 %	20.40%	31.25%	23.16%	34.26%

Los resultados anteriores muestran que debido a que el henequén es la materia prima con más bajo contenido de lignina de las que se presentan, es de esperarse que sea el de más fácil digestión.

Se observa también que el contenido de holocelulosa en el henequén, se aproxima al contenido de la misma en las maderas siendo mayor el contenido de α -celulosa en el henequén que en éstas, por lo que teóricamente deberá de producir una pulpa de muy buena calidad. Asimismo, el contenido de hemicelulosas (β, γ -Celulosa) aunque es menor que en las otras fibras, en el henequén es lo suficientemente alto para asegurar una relativa facilidad en la refinación de las pulpas.

IV REVISION Y ANALISIS DE LA INFORMACION TECNICO-
ECONOMICA EXISTENTE SOBRE EL APROVECHAMIENTO IN-
TEGRAL DEL HENEQUEN.

REVISION Y ANALISIS DE LA INFORMACION TECNICO-ECONOMICA
EXISTENTE SOBRE EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL HENEQUEN.

Las fibras de henequén han sido objeto de estudios encausados tanto hacia la identificación de los constituyentes esenciales como son celulosa, hemicelulosas, lignina, cenizas, pectina y humedad, como hacia la determinación de los cambios que ocurren en la composición y comportamiento de la fibra bajo la acción de diversos agentes externos como la hidrólisis, sustancias químicas y colorantes. Todos estos estudios han contribuído al establecimiento de las posibles causas determinantes de la calidad intrínseca de la fibra con miras a su industrialización.

En los trabajos que se han efectuado sobre el estudio del henequén, sobresale la atención que se ha prestado a la determinación de la celulosa presente en la fibra y los resultados obtenidos coinciden entre sí y confirman el elevado contenido de este constituyente.

También se ha determinado la relación que guarda el contenido de celulosa presente en la fibra respecto a otros constituyentes como son: pectinas, xilosas, pentosanas y lignina, concluyendo que el contenido de xilosas y lignina es inversamente proporcional al contenido de celulosa.

Los análisis realizados para determinar la lignina demuestran la existencia de dos tipos: lignina A y lignina B; de estas la primera es la forma dominante, mientras que la lignina B representa únicamente del 10 al 30% del total y corresponde a la lignina residual que acompaña a algunas fibras blanqueadas.

A la lignina, catalogada en el grupo de los constituyentes, no celulósicos de la fibra, al igual que a las hemicelulosas, se les atribuye un papel importante en el comportamiento de la fibra, ya que los cambios químicos que sufren dichos componentes no celulósicos, repercuten en las propiedades principales de la fibra.

El análisis químico de la fibra de henequén, también se ha encauzado hacia la determinación de otros constituyentes no celulósicos como son: grasas, ceras, pectinas y sustancias solubles en agua y otros disolventes; y que de alguna forma pueden ser aprovechados.

El posible aprovechamiento de estos constituyentes da lugar a la realización del presente capítulo en el que se pretende exponer la situación que prevalece en torno al henequén, tanto en la fibra la cual ha constituido el aprovechamiento tradicional desde los orígenes de su explotación, como en los subproductos resultantes; en virtud de que el aprovechamiento integral del agave mencionado constituye un tema de interés nacional y su futuro depende en gran parte de la apropiada orientación y aplicación que se den a los logros alcanzados hoy en día, en las investigaciones desarrolladas con este fin.

4.1 ASPECTOS SOCIOPOLÍTICOS.

El cultivo y procesamiento del henequén ha llegado a ser en la actualidad uno de los más grandes problemas socioeconómicos y políticos de México, aunque la mayoría de la población lo ignore debido a la falta de difusión que ha tenido.

El henequén ha vinculado en forma dramática su auge y su ocaso a la historia de Yucatán, a lo largo de 180 años. Iniciada su explotación a mediados del siglo XIX, cobró una importancia repentina con la revolución industrial y la creación de la máquina segadora McKormick, que hizo necesario atar los aces de trigo con una cuerda resistente, barata e inmune al ataque de los insectos. La fibra de henequén, que ofrecía estas ventajas, se convirtió en el material ideal para esta operación.

Esto transformó violentamente la economía de Yucatán y la sujetó al monocultivo del henequén con nuevas condiciones para responder a las necesidades del comercio exterior. Los hacendados henequeneros demandaron toda la fuerza de trabajo y la mayor superficie para el cultivo, pero siempre sobre una base esclavizante debido a la naturaleza del mismo que obliga a jornadas agotadoras en las que el hombre casi es considerado como una bestia de carga, - que no puede ser sustituido por la máquina.

Durante la época de la Revolución Mexicana, mientras en el resto del país los grupos revolucionarios apoyaban la demanda de "Tierra y Libertad", en Yucatán los campesinos mayas no pedían tierra, buscaban apenas ser reconocidos como trabajadores y basaban su lucha en el derecho a percibir un salario. En esta etapa, surge la Ley de 1915, que declaraba libres a los mayas y ordenaba un salario correspondiente a su trabajo, ley que no era respetada, a pesar de que en la época de la segunda guerra mundial, la demanda de henequén había aumentado considerablemente, y que en las haciendas henequeneras escaseaba la mano de obra.

En 1922 es nombrado gobernador del estado de Yucatán, Felipe Carrillo Puerto, que llega con la idea de organizar las "Ligas de Resistencia", formadas por campesinos henequeneros, y que tenían como propósito buscar una mayoría en las condiciones de trabajo. Sin embargo, los hacendados no cedían ante las peticiones del campesinado y como respuesta optaron por abandonar los cultivos, ocasionando así la caída en la producción de henequén.

Posteriormente, la crisis mundial de 1933, trajo consigo otro desplome de la fibra, pero el golpe definitivo para Yucatán, no vendría sino pocos años más tarde cuando la aparición de las fibras sintéticas, desplazó violentamente del mercado a la fibra de henequén.

Mientras tanto, en el país el gobierno del general Lázaro Cárdenas, iniciaba su política agraria con la reforma del 8 de agosto de 1937, que afectó a los henequenerales de las haciendas para entregarlos a los campesinos, limitando la pequeña propiedad henequenera a 150 hectáreas del cultivo y 150 más de terrenos sin cultivar. Así se repartieron 180,000 hectáreas de cultivo de henequén y se integraron 800 ejidos henequeneros para, de este modo, beneficiar a poco más de 30,000 campesinos.

Sin embargo, la ausencia de una verdadera conciencia agraria motivó la indolencia de los nuevos ejidatarios, ya que muchos no mostraban interés ni siquiera por fijar los límites de sus tierras, presentándose así cierta irregularidad entre los ejidatarios, por lo que el gobierno del estado presentó un proyecto para integrar una asociación denominada "Henequeneros de Yucatán", integrando en ella a todos los ejidos en uno solo, con facultades para la nueva organización de la producción.

En una sucesión interminable de latrocinios y saqueos descarados, "Henequeneros de Yucatán" manejó y controló la producción de Henequén durante 16 años, hasta que en 1966 el gobierno federal ordenó su disolución, asumiendo el control el Banco Ejidal, considerado entonces como el principal instrumento del gobierno para apoyo al campo yucateco.

Para 1961 se fundó la empresa "Cordemex, S.A. de C.V." con el propósito de impulsar el desarrollo industrial del henequén, empresa que más tarde, en mayo de 1964, el gobierno del presidente Adolfo López Mateos decidió adquirir, basándose en el argumento de controlar el mercado del henequén en beneficio de los campesinos. En la transacción, los funcionarios encargados de realizarla, se confabularon con los propietarios de las cordelerías existentes para inflar en forma desproporcionada los avalúos de éstas, pagando el gobierno una suma muy superior a lo que en realidad valían, y así la empresa comenzó a funcionar completamente torcida.

Durante esta época, se origina una doble dependencia de la región henequenera, fomentada por:

a) La primera, la origina el mercado mundial del henequén, La producción y el consumo del henequén en Yucatán no están destinados a satisfacer necesidades de la población local ni nacional, la producción de hilos agrícolas y comerciales, jarcias, telas y sacos elaborados por Cordemex, se destinan prioritariamente al mercado exterior. Esto significa que el henequén, como bien de consumo productivo, no desempeña un papel estratégico en el desarrollo económico de México, sino que está destinado a satisfacer necesidades agrícolas de las economías centrales del mundo capitalista, y en menor volúmen se destinan a satisfacer necesidades agrícolas - nacionales.

b) La segunda dependencia, la constituye la federación, que controla la economía Yucateca a través de Cordemex, que compra la producción nacional de henequén, la industrializa y la exporta, y del Banco Nacional de Crédito Rural, que otorga créditos a los - 80,000 productores, y que es el contralor financiero de la población campesina que vive del henequén y que se encuentra en creciente proceso de proletarización al percibir semanalmente un salario, vía créditos institucionales, impagables bajo las actuales estructuras productivas.

Desde entonces el rubro más importante dentro de la contabilidad de Cordemex ha sido el renglón de pérdidas, como lo demuestran los balances anuales, para 1968 la cifra alcanzaba 264 millones de pesos, para 1975 perdió 300 millones, en 1976 la cifra fue de 990 millones, en 1977 sus pérdidas fueron por 290 millones, y en 1978 perdían aproximadamente 1 millón de pesos diarios, con la agravante del tipo de cambio en 1976 de \$ 23.50 por dólar. (9). Y a pesar de las altas inversiones que ha realizado el gobierno, la capacidad productiva nunca ha sido superior al 50% de la capacidad instalada.

Aunque aparentemente tienen poca significación, es necesario resaltar dos factores más; las actividades industriales que no comprenden el henequén y que tienden a cobrar importancia dentro de la economía regional, como lo demuestra el tratamiento estadístico de los censos económicos de 1965 y 1970, y la situación financiera de la administración pública local. Su aparente poca significación radica en el hecho de que en esta época Yucatán apenas participó con 1.39% del total del valor de producción industrial del país, y con 1.6% del total de población económicamente activa ocupada en el sector secundario.

El impacto de la industria, incluyendo la henequenera, en la creación de nuevas fuentes de trabajo, es relativamente baja y no ha sufrido cambios significativos en los últimos 15 años. La población económicamente activa del estado representaba en 1975 el 30% de la población total (aproximadamente 250,000 de 800,000 habitantes). de éstos, el 54% se dedicaba a las actividades del sector primario, 15% estaba ocupado en el sector secundario (que incluye industria petrolera, extractiva, transformación, construcción, generación y distribución de energía eléctrica, etc.), mientras que el sector terciario de servicios, gobierno, comercio y transportes, ocupaba 27% de la fuerza laboral, es decir, casi el doble de empleos de origen industrial, lo que habla de la desintegración de la estructura ocupacional productiva de la región. A ella hay que agregar 3% de trabajadores no especificados que incluyen una serie de servicios informales, temporales, esporádicos, que forman parte de una abundante oferta de mano de obra.

Alentada por el paternalismo oficial, la burocracia del sector henequenero ha crecido de manera que, a la fecha, consume más del valor total de la producción de la fibra, representando esto una de las mayores causas del déficit de Cordemex.

Los 900 empleados del Fideicomiso Henequenero representaron en 1983 un gasto de \$ 724,000.000; y el valor de la producción fué de \$ 700,000.000. En estas condiciones, cada kilogramo de henequén que se produce lleva implícito un déficit de \$ 52.78, según el Banco de Crédito Rural.

Los vicios de la estructura administrativa y productiva del sector henequenero reducen el rendimiento de cada ejidatario a \$ 12,584 por año, en tanto que el gobierno gasta, por concepto de créditos y avíos, \$ 35,543 al año, por lo que cada campesino representa un gasto para el estado de \$ 22,159 al año (4).

Sin embargo, los grandes beneficiarios de esto, no son los ejidatarios, que subsisten con un jornal de \$ 189.00 que en términos reales no pasa de \$ 70.00 al día, sino el gran comercio y los intermediarios de Yucatán.

En 1983 el programa henequenero aplicó en Yucatán una inversión de \$ 1,700 millones a programas de diversificación de cultivos y actividades complementarias, para reducir la dependencia en el monocultivo.

Además del burocratismo, la escasa productividad de los henequenerales es otra de las causas de esta dependencia en el sector; cada parcela ejidal tiene un rendimiento anual promedio de 430 kg. por hectárea, mientras que los productores particulares aseguran tener rendimientos de más de 800 kg. por hectárea (4), sin embargo Banrural considera estos últimos un tanto ficticios. En los plantíos particulares trabajan aproximadamente 22,000 ejidatarios a los que el hacendado particular no paga salario mínimo, pues considera que son beneficiarios de Banrural; tampoco contrae con ellos compromisos laborales, empleándolos a destajo, y no les proporciona tampoco servicios médicos ya que el banco, a través del IMSS se encarga de hacerlo.

Pero lo más grave es que induce al ejidatario a venderle, a precios mucho más bajos, parte de la producción ejidal, situación generalmente aceptada por los campesinos que agobiados por la situación económica y contando con un ingreso insuficiente para cubrir sus necesidades, no tienen escrúpulo en entregar parte de su producción a las desfibradoras henequeneras particulares, ya que al hacerlo, evitan además tener que pagar los descuentos que les aplica el banco en la amortización de los créditos. Así es como los henequeneros particulares consiguen incrementar sus ganancias con una producción en la que no requieren invertir ni arriesgar, ya que el gobierno es quien lo hace, y de ahí su constante y orgullosa referencia acerca del mayor rendimiento de sus sistemas de producción respecto al de los ejidos.

Otro aspecto importante, es el crecimiento demográfico desde el reparto agrario de 1937 a la fecha, el número de ejidatarios ha crecido hasta alcanzar la cifra de aproximadamente 57,000 ocasionando que la superficie aprovechable destinada al cultivo de henequén solamente alcance para 25,000 ejidatarios. Sin embargo en una actitud realmente solidaria y noble, los 25,000 que poseen tierras cultivables comparten su modesto ingreso con los que no la tienen.

A todo esto también se suma el escaso nivel técnico del cultivo henequenero en México, que en 100 años no ha registrado ningún adelanto; el campesino trabaja bajo condiciones agobiantes, el corte de la hoja se hace a mano con un cuchillo y sin protección alguna, la limpieza de los campos se realiza con machete, - las cargas de penca se hacen a espalda, y la siembra de vástagos se realiza con una primitiva coa.

Así la producción ha decrecido en forma constante durante - los últimos años, de aproximadamente 98,000 toneladas en 1978, - hasta 80,000 toneladas en 1981, pero lo más preocupante, a juicio

del banco de Crédito Rural, es la reducción de las superficies de cultivo, que en 1978 totalizaban alrededor de 166,000 hectáreas y en 1981 habían descendido a 139,000 hectáreas aproximadamente.

Hasta la fecha, el modelo económico tradicional del henequén, en torno del cual gravita la economía de Yucatán, no ha podido ser superado, e impone sus consecuencias, inhibe las posibilidades de un esquema opcional de desarrollo y acentúa la dependencia del subsidio y la progresiva declinación técnica productiva del cultivo henequenero.

Todo esto repercute en el aspecto social, las deformaciones derivadas del subempleo, los bajos ingresos, la pérdida del acervo productivo del campesino y el abandono de las plantaciones impiden la organización económica y la especialización productiva, tanto en el henequén como en las nuevas empresas que se fomenten.

Es imposible para Yucatán que dedica al henequén más del 90% de su territorio cultivable, y de lo que depende más de la tercera parte de su población económicamente activa (unas 600,000 personas) que alcance el crédito que el gobierno federal por medio de Banrural entrega semanalmente (aproximadamente 90 millones cada viernes) a los ejidatarios henequeneros, aún así esto representa el precio de su paz, precio que actualmente ha llegado a un alto grado de insuficiencia.

Todo el campesinado de Yucatán sabe que el crédito ya no alcanza, y ésto lo mantiene constantemente angustiado, viéndose por lo tanto precisado a buscar otros medios de obtener ingresos para su subsistencia, de manera legal e inclusive algunas veces ilegal, ya que sencillamente una familia no puede vivir con un ingreso menor a los \$ 70.00 diarios, trayendo consigo problemas graves de desnutrición entre la población, ya que los hijos de muchos campesinos ni siquiera una vez han probado la leche o la carne. Esta situación puede alcanzar niveles tan altos de insatisfacción que

en cualquier momento acarrearían a un estallido social a la población de Yucatán.

En realidad el crédito que desde hace ya casi 50 años distribuye Banrural en Yucatán, no es un préstamo propiamente dicho, sino que constituye una extraña forma de subsidio, una práctica nebulosa y ensombrecida por la corrupción, el saqueo y la postración humillada de todo un pueblo en donde a partir, de una desviación histórica, condenó a una sociedad a vivir en una dependencia sin opciones, absoluta y asfixiante.

La relación crediticia entre el ejidatario y el banco, está viciada de origen; el tutelaje oficial, forma disfrazada de un deficiente control político, no ha permitido al ejidatario utilizar los financiamientos adecuadamente, ni que a pesar de ser el poseedor de la tierra y del trabajo, y consecuentemente del producto de ambos, tenga el poder de decidir las cuestiones que se derivan de su producción y venta, cuando el banco debe afrontar responsabilidades concretas, esgrime la autoridad del ejidatario para la toma de decisiones y lo enfrenta a la seudorealidad de la legislación y las fórmulas burocráticas escritas.

El resultado de todo esto es la desproporción que existe entre el esfuerzo por incrementar la producción y el pago que exige el campesino, produciéndose dos fenómenos, por un lado, la imposibilidad práctica de lograr el sustento mediante el trabajo, y por otro lado, el relajamiento de las normas de conducta ante una acción del gobierno sin objetivos claros y sin estímulos reales.

Todo esto demuestra que el crédito en Yucatán no está sujeto a las políticas de producción, sino a las presiones sociales que enfrenta la producción henequenera.

El estancamiento del problema refleja el escaso desarrollo de la economía del estado y su limitada capacidad para transformar

la demanda monetaria de la federación en crecimiento productivo - real.

Ante este panorama y los problemas que enfrenta el país, resulta impostergable replantear el problema henequenero, entender que la solución se ubica en un plano de desarrollo regional más - amplio y un cambio en la estrategia del estado mexicano que tienda a reconfigurar el modelo social y económico hasta hoy prevaleciente y que parece llegar a sus límites de estancamiento, pues - supone una carga financiera cada día más fuerte para la federación y perpetúa los desequilibrios sociales.

4.2. PRODUCTOS DE EXTRACCION DEL HENEQUEN Y COMERCIALIZACION.

A continuación, se presenta un panorama general acerca de los productos que podrían obtenerse a partir del henequén considerando la posibilidad de aprovecharlo en una forma integral mediante la industrialización de las distintas partes que constituyen a la - planta.

4.2.1. INDUSTRIALIZACION DE LA FIBRA.

INDUSTRIA TEXTIL.

La fibra comercial, que puede llegar a tener hasta dos metros de largo, está constituida por gran cantidad de fibras elementales muy cortas de 2 a 5 milímetros de largo y 20 a 30 micrones de diámetro. A veces se observa la presencia de fibras finísimas de - unos 2 micrones de diámetro. arrolladas en forma de hélice y semejantes a un fino resorte.

Los productos manufacturados con henequén dentro de la industria textil son variados; entre los principales caben citar: los hilos agrícolas y comerciales, jarcias, sacos, telas, alfombras, tapetes, fieltros. Para hilar y tejer todos estos productos es

necesario el uso de equipo especial, que requiere que las fibras del henequén pasen por un tratamiento previo a la manufactura de los diversos productos que con ellas se vayan a realizar.

Este tratamiento consta de las siguientes etapas:

a) Tratamiento de las fibras:

En 1921, en una fábrica textil francesa se desarrolló un proceso de fermentación con el objeto de hacer las fibras lo suficientemente suaves que permitieran hacer hilados más finos. En dicho proceso las fibras se introducen en recipientes con agua tibia, se presionan y se tratan posteriormente con lechada de cal a baja concentración, las fibras se separan y se calientan con agua para finalmente someterlas a un tratamiento ácido. Los ácidos minerales presentan la desventaja de impartir a las fibras una tonalidad oscura por lo que es necesario usar a fin de blanquearlas, hidrosulfito de sodio.

Existen procesos que indican que el tratamiento alcalino imparte flexibilidad a las fibras sin disminuir su resistencia, las soluciones alcalinas empleadas contienen un óxido o un hidróxido de aluminio o de cinc, o de ambos metales, en solución. Se recomienda someter a las fibras a la acción de un aceite suavizante, como una emulsión de aceite de linaza, para mejorar así, aún más su resistencia, sometiéndolas después a un calentamiento de aproximadamente 150°C, a fin de eliminar el exceso de humedad.

b) Procesos previos de teñido.

La fibra de henequén se sujeta a un proceso mecánico que depende particularmente del artículo que se requiera elaborar, ya sea hilo, cordel, cable, jarcia, costales, alfombras, etc., Este proceso se compone por las siguientes etapas:

- Separación de la fibra.

La fibra previamente tratada se alimenta a un "breaker" cuyo objetivo es abrir la fibra y separarla empezando a formar la mecha que sirve para elaborar el hilo.

- Cepillado.

Este proceso de cepillado se hace necesario a fin de poder - eliminar al máximo las impurezas presentes en las fibras, así como las fibras demasiado cortas de la mecha.

- Peinado.

Una vez realizado el cepillado, se inicia el proceso de peinado, cuya alimentación se regula automáticamente empleando para ello una banda dosificadora, sobre la que se colocan madejas con un peso regulado que van cayendo alineadas sobre la cadena transportadora del primer peine del sistema, lográndose hace un empalme uniforme que da como resultado una mecha de grosor constante, que se acumula en forma de pila para alimentar, con diez de estas, el segundo peine, que a la vez produce las pilas que habrán de alimentar a un tercer peine especial que tiene como características recibir las pilas dentro de un recipiente formador, que permite amarrar el material para facilitar su maniobra sin enredarlo, dando además a las pilas las dimensiones y forma requeridas para introducirla en los portamateriales de las autoclaves donde será teñida.

c) Teñido del henequén.

Alrededor de 1965, investigaciones y pruebas a escala laboratorio realizadas para determinar el tipo de colorantes y los procesos adecuados para teñir el henequén, indicaban que considerando como el componente primordial del mismo a la celulosa, los co-

lorantes adecuados deberían ser aquellos afines a ésta, tales como colorantes directos, ácidos y reactivos al sulfuro. Después de un sinnúmero de estudios, se eligieron los colorantes directos que poseían mayor solidez a la luz, complementándolos con colorantes acidos cuyas características de brillantez y limpieza son de los mejores.

Estos dos tipos de colorantes, son hasta la fecha los más usados, por su precio, procesos cortos e indicados para trabajar en equipos de teñido a presión (autoclaves).

- Empaquetado de las fibras:

Las pilas de aproximadamente 20 kgs, que se reciben del tercer peine, se empaquetan en unos portamateriales, operación que se logra introduciendo una pila, la que se comprime para reducir su altura y dar cabida a una segunda pila, que posteriormente también se comprime completándose de esta manera la capacidad total del porta material que generalmente es de 400 kg. Con esta operación se logra además un acomodamiento de las fibras, que evita cualquier formación de canales en el interior de la pila, por donde podría fugarse el colorante dando como resultado una circulación incorrecta del baño dentro de las autoclaves.

- Teñido de las fibras:

Una vez cargado el porta material, se acopla a los dispositivos interiores del autoclave y se cierra a este último herméticamente.

El autoclave posee dos recipientes auxiliares; en el primero se prepara un baño normal alcalino con un pH de 8.0 a 9.0 para teñir con colorantes directos a base de colorante y carbonato de sodio, con una relación de 1:6 que representa 2,400 lt., de licor colorante requerido para teñir los 400 kg., de material empacado.

El segundo recipiente sirve como tanque auxiliar de adiciones como: cloruro de sodio, colorantes para matizar, etc.

La mezcla de colorantes se alimenta al autoclave por la parte central de la pila y una vez desalojado el aire interior del mismo, se pone en operación un equipo automático que invierte la circulación del baño del centro al exterior de la pila y viceversa, con una frecuencia de dos minutos controlando la entrada de vapor de tal manera que en 45 minutos alcanza una temperatura de 105 a 110°C, regulándose 15 minutos más para obtener el mayor agotamiento del colorante, al que se le habrá añadido en el momento de alcanzar una temperatura de 100°C, el correspondiente cloruro de sodio previamente disuelto en el tanque auxiliar del autoclave.

- Aclarado o Enjuague del material:

Una vez agotado el colorante, se procede a desvaporizar el autoclave, se tira el baño agotado y se inyecta agua suficiente para hacer el aclarado o enjuague del material, a fin de arrastrar las pequeñas partículas de colorante, espumas y demás impurezas.

Cuando se trata de tintes con altos porcentajes de color, se requiere de un proceso adicional consistente en mejorar la solidez al agua mediante la circulación de un nuevo baño, por un lapso de media hora, empleando productos tales como las sales de cobre.

- Secado:

Las pilas ya teñidas se dejan reposar durante un pequeño lapso para escurrir parte del agua excedente, después del cual se introduce el porta material en el autoclave de secado, acoplando y cerrando este último.

El proceso de secado consta de dos etapas, en la primera se

circula aire frío a presión durante 5 minutos, con el objeto de desalojar la mayor cantidad de agua excedente. Esta operación sustituye al proceso de centrifugado que representaría la gran desventaja de desacomodar el material enredándolo. En la segunda etapa del secado se inyecta aire caliente, aproximadamente a 150°C, realizándose cambios de flujo del mismo inyectándolo del centro a la periferia y viceversa. Las dos etapas de secado se llevan a cabo en un lapso de 15 a 45 minutos respectivamente obteniéndose 400 kg de fibra perfectamente seca.

d) PROCESOS POSTERIORES AL TEÑIDO.

Posteriormente al proceso de teñido, la fibra se somete nuevamente a un proceso de peinado durante el cual se realiza la mezcla de pilas teñidas de diferentes colores, que se ordenan en forma adecuada para lograr los efectos multicolores esperados en la mecha final del proceso de peinado, cuyo peso es de aproximadamente 20 g/cm., con lo que se alimenta posteriormente a las hiladoras.

e) HILADO.

La mecha de fibras ya teñidas son recogidas por las pequeñas varillas que forman los peines de la hiladora, dichas mechas son conducidas hacia una mariposa, la que al girar tuerce la mecha - convirtiéndola en hilo al cual se enrolla rápidamente en su carrete.

El peso del hilo se controla fijando el peso de la mecha por emplearse, la velocidad de las cadenas de introducción a los peines y la velocidad de la mariposa.

El hilo producido y clasificado se envía a las boleras, orilladoras, cambralleras, cordonadoras, etc., dependiendo del uso final a que se destine.

f) PROCESO DE TUNDIDO.

El hilo se somete a un proceso de tundido con el objeto de - eliminar las fibras más prominentes y así obtener una mejor apariencia y facilitar el proceso de tejido de las telas y alfombras.

Existe un proceso de tundido para telas después de haber sido tejidas que se efectúa introduciendo la tela en un baño de hidróxido de sodio diluido del 0.5 al 1.0% durante 5 horas; y posteriormente se pasa a través de una máquina tundidora de dos cuchillos - para cortar los hilos sobresalientes de ambas caras.

g) TEJIDO.

En forma general puede decirse que los telares para henequén, son más burdos que los empleados para otras fibras más finas; no obstante esto, pueden llegarse a obtener telas con tacto tan fino como la seda.

Para su tejido, los hilos de henequén son torsalados fuertemente y tejidos en igual forma en un telar, hasta obtener una tela común y corriente con un ancho y un largo propios para el objeto a que se destina. Después esta tela es respuntada en una máquina de coser especial a un centímetro de distancia en lo largo de la pieza hasta formar un sistema de costillas. Este material se corta precisamente en la parte media de los respuntos para formar unos gusanos de longitud determinada, los cuales, con objeto de tener la debida resistencia se tuercen con un hilo de cualidades especiales a fin de que sea invencible en el gusano.

En el caso de las alfombras, los dibujos se obtienen de un modo automático; ya que de antemano los hilos o gusanos que los forman están diseñados o dispuestos de acuerdo con los dibujos que se desean hacer.

Un tejido más burdo del henequén se emplea en la fabricación de sacos y costales; los cuales anteriormente presentaban el inconveniente de ser asperos y poseer fibras sobresalientes que ocasionaban algunas veces la ruptura del saco motivando mermas e impurezas en el producto embalado.

El problema anterior fue resuelto gracias al progreso de las técnicas de tundido, permitiendo así la fabricación de sacos que reúnen a satisfacción los requerimientos del mercado, proporcionando el más prolongado y eficiente servicio por su gran resistencia a la abrasión, a la ruptura, a la rensión y a la caída.

h) ACABADO FINAL Y EMBALAJE.

Esta etapa del proceso, en la industria textil, es de vital importancia, especialmente en la manufactura de telas y alfombras; ya que en ella se revisan y reparan las pequeñas fallas, las cuales son inevitables durante el proceso de tejido. Asimismo, se eliminan mediante flameo o chamuscado las puntas o barbas sobresalientes del tejido.

INDUSTRIA DE LAS JARCIAS.

Gracias a la excelente uniformidad de los hilos de henequén, ha sido posible fabricar jarcias o cables de 3 y 4 cabos dentro de las más estrictas normas de calidad que garantizan su regularidad y torcido.

Para la fabricación de las jarcias se emplea un procedimiento similar al de la obtención de los hilos. Los equipos utilizados para este fin, llamados "cableras" trabajan como las "mariposas" de las hiladoras, ya que al girar van torciendo los hilos formando el cable que se enrolla en carretes metálicos. Los cabos así enrollados pasan a la cableadora donde son unidos y torcidos para formar el cable que se va recogiendo en un carrete de fierro.

Con el objeto de incrementar la duración y contextura de los cables, se someten éstos a diversos procesos tales como hacerlos pasar a través de un baño de algún material plástico, como por ejemplo: resinas vinílicas, acetatos y nitrato de celulosa, resinas acrílicas, y en general toda clase de resinas sintéticas.

En la figura 4.2.1.1., se muestra de una manera esquemática y general, las etapas que se siguen para la manufactura de los productos anteriormente mencionados, que se pueden obtener de la fibra de henequén dentro de la industria textil.

INDUSTRIA DE LA CELULOSA Y EL PAPEL.

Debido a que el enfoque primordial de este trabajo está orientado hacia el uso del henequén en la industria de la celulosa y el papel, dentro de este capítulo sólo nos limitaremos a decir que las fibras de henequén son consideradas como un potencial importante de materia prima con miras a su aprovechamiento dentro de esta industria, y que en la elaboración de pulpas celulósicas a partir de la fibra de henequén se siguen los procesos convencionales que a la fecha se emplean con otros materiales celulósicos como son el proceso Kraft, el proceso al sulfito y el proceso a la sosa que ya fueron expuestos en el capítulo III.

INDUSTRIAS DIVERSAS.

A lo largo del procesamiento de la fibra de henequén se van obteniendo cantidades considerables de fibras cortas que por sus características no son aceptadas dentro de la industria textil.

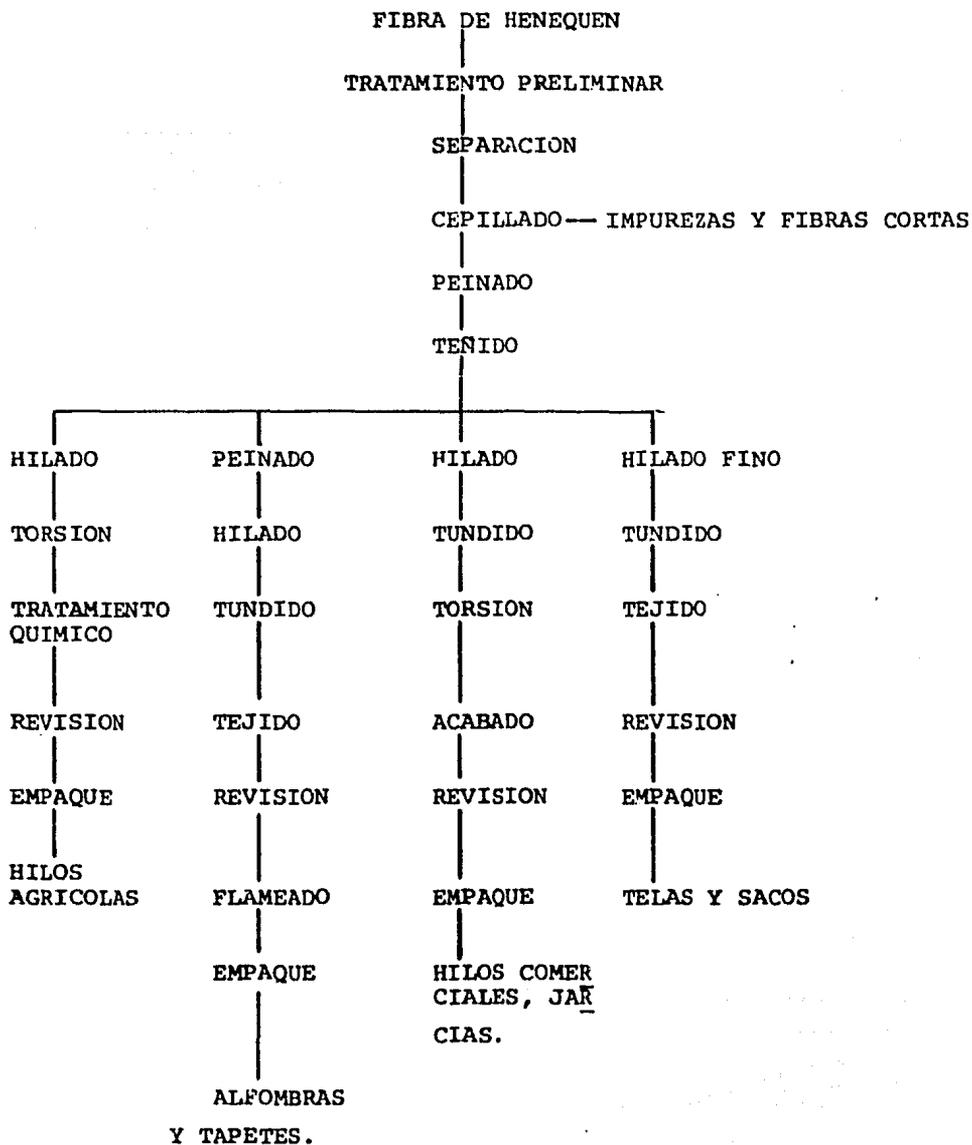
Con el fin de lograr el aprovechamiento integral del henequén, a las fibras cortas se les ha encausado a diversas industrias tales como la de colchones, empaques, tapicería, etc.

Dentro de la industria de los colchones, con las fibras se forman las unidades enresortadas, las que posteriormente se cubren con guata o borra de algodón y se visten con la tela de acabado del colchón. Se utilizan también mezcladas con fibras de coco para la elaboración de bajo-alfombras.

A partir de la fibra de henequén, se pueden fabricar empaques de muy buena calidad, mezclándolas con algún silicato líquido y sometiénolas a presión, adicionándoles fécula y agua para formar una mezcla semisólida que por calentamiento alcance la consistencia deseada.

FIGURA 4.1.

PRODUCTOS MANUFACTURADOS CON FIBRA DE HENEQUEN DENTRO
DE LA INDUSTRIA TEXTIL



4.2.2. INDUSTRIALIZACION DE LA PENCA.

La penca del henequén es una fuente valiosa para la extracción de numerosos productos comerciales, su potencialidad medicinal, particularmente para la obtención de esteroides, representa una posible fuente económica importante.

El jugo de las hojas del agave contiene materiales tales como saponeninas, vitaminas, clorofila y ceras.

La pulpa total de la hoja, es decir toda la materia sólida que permanece después de la separación del jugo y la fibra larga, representa del 17 al 35% e incluye; epidermis o cutícula, capa de cloroplastos o parénquima, tejido interno de la planta, fibras cortas y compuestos orgánicos e inorgánicos.

La porción epidérmica en la pulpa varía del 20 al 30% en peso y contiene aproximadamente 20% de cera y resinas, 5 a 10% de cenizas, 50 a 60% de hidrocarburos y 10 a 20 de hemicelulosas y glucósidos.

El parénquima forma una capa de espesor aproximado de 0.5 mm, situada debajo de la epidermis que contiene de 0.05 a 0.07% en peso de clorofila, 0.04 a 0.06% de carotenoides, aproximadamente 2.4% de grasa, de 3 a 6% de proteínas, 6 a 13% de cenizas, ácidos orgánicos, vitaminas y sales solubles en agua, y de 30 a 40% de glucósidos, azúcares y celulosa, el contenido de esta última depende de la cantidad de fibras cortas contenidas en la misma y varía de 16 a 22% en peso.

Debajo del parénquima se localiza un tejido interno, libre de pigmentos, compuesto principalmente de carbohidratos, aproximadamente 50% en peso, y de 15 a 20% de α -celulosa.

De lo anteriormente expuesto se deduce que de las hojas del henequén se pueden obtener productos importantes como son: fibras largas, importantes en la industria textil, jugo utilizable como materia prima para la obtención de sapogeninas; epidérmis, que puede servir como materia prima para la obtención de ceras mediante extracciones adecuadas; fibras cortas aprovechables en tapicería; empaques, etc., pulpa no epidérmica, como posible fuente de alimentos para animales.

SEPARACION DE SAPOGENINAS.

Económicamente las sapogeninas son muy apreciadas por ser las fuentes de producción de hormonas corticoides y sexuales.

Actualmente la industria de hormonas nacional, emplea como principal materia prima la diosgenina que se extrae del barbasco y en un reducido porcentaje (2%) utiliza la esmilagenina que se obtiene del Agave Lechugilla.

Debido a que el barbasco presenta la ineludible desventaja de ser una planta silvestre difícilmente cultivable y con cierta tendencia a la escasez, se ha originado la necesidad de buscar nuevas fuentes de sapogeninas motivando la inquietud de lograr obtener a escala industrial las sapogeninas del henequén.

Estas sustancias esteroidales se pueden extraer tanto a partir de la hoja del henequén después del proceso de desfibrado, como del jugo que se obtiene por extrucción de las mismas.

Las sapogeninas esteroidales, que son una mezcla de hecogenina y ticogenina, generalmente se extraen por dos procesos que a continuación se describen brevemente.

a) PROCESO DE HIDROLISIS.

La separación de las sapogeninas a partir de las hojas de henequén se realiza por hidrólisis, con un ácido mineral. Una vez que se encuentra parcialmente hidrolizado el material, las sapogeninas se extraen con algún solvente orgánico inmiscible en agua o con un alcohol, recuperándolas del extracto alcohólico por adsorción con carbón activado.

Las sapogeninas tal como se obtienen de fuentes naturales, - suelen estar contaminadas con cera, por lo que se hace necesario el uso de algún proceso de purificación.

El proceso de purificación comprende principalmente, calentamiento de las sapogeninas impuras con una solución alcohólica de un hidróxido o alcóxido de un metal alcalinotérreo, con lo que se elimina el material colorante; adicionando una sal de calcio se eliminan las impurezas restantes, y las sapogeninas libres de estas impurezas se recuperan de la solución por cristalización.

b) PROCESO DE FERMENTACION.

La obtención de hecogenina a partir del jugo de henequén por el proceso de fermentación consta principalmente de las siguientes etapas: Fermentación, Sedimentación, Hidrólisis, Centrifugación y Secado.

El jugo que se obtiene de la desfibración de las hojas se lleva a tanques fermentadores donde se mantiene de tres a siete días a un pH aproximadamente de 6.5, transcurrido este tiempo la fase sobrenadante se elimina y el sedimento se seca hasta un contenido de sólidos de 90 a 100%.

Una vez seco el sedimento, se somete a hidrólisis, con ácido sulfúrico o clorhídrico a una concentración 2N durante cuatro horas.

Para recuperar la hecogenina cruda del hidrolizado se añade carbón activo como adsorbente, se calienta, se filtra y se lava con una solución de hidróxido de sodio, se extrae durante 72 horas con éter isopropílico y el extracto se concentra obteniéndose así la hecogenina.

CARACTERIZACION Y APROVECHAMIENTO DEL PARENQUIMA.

El Parénquima es el tejido celular que efectúa en las plantas la función de asimilar las sustancias nutritivas, sus células vivas están provistas de cloroplastos, en donde las sustancias inorgánicas absorbidas por la raíz en presencia de CO₂ y bajo la acción de la luz se transforman en productos orgánicos asimilables como son: carbohidratos, grasas y proteínas.

En este trabajo se hace mención al parénquima debido a la relación que guardan los lípidos no cerosos presentes en la penca con los componentes de la cera cruda que se puede obtener del bagazo del henequén. Esta cera tiene como inconveniente la presencia de una fracción grasa procedente del parénquima, que la impurifica abatiendo su punto de fusión, además la abundancia de pigmentos clorofílicos le imparten un tono verdoso difícil de eliminar, esta fracción grasa es de gran interés por constituir el 40% de la cera del bagazo del henequén.

Los estudios que se han realizado de la fracción grasa del parénquima de la penca del henequén han reportado los siguientes datos:

<u>CONSTITUYENTES.</u>	<u>%</u>
Material no saponificable	30.4
Alcoholes alifáticos de cadena lineal	5.4
Esteroides y otros alcoholes	25.0
Acidos Solubles	6.0
Resinas	13.0
Acidos grasos insolubles	41.4
Clorofila	1.53
Caroteno	0.257

El contenido de esteroides (25% en mezcla con otros alcoholes) en la fracción grasa no han sido, a la fecha, objeto de estudio para determinar, las posibilidades de su industrialización, ya que el rendimiento de fracción grasa por penca es del orden del 0.28%; sin embargo, la cantidad relativamente alta de clorofila (1.53%) - contenida en ésta, podría ser aprovechada como pigmento medicinal en perfumeria o como colorante vegetal.

SEPARACION DE LA CERA DE LA CUTICULA DE HENEQUEN.

La cutícula constituye el tejido epidérmico de la hoja del agave y su separación se lleva a cabo empleando un proceso que consiste en macerar el material durante un período de tiempo que depende de la temperatura a la que se realice. En esta operación se adiciona agua, de 5 a 20 veces el peso del material, al agua se le agrega de 0.5 a 5% de cualquiera de las siguientes sustancias: fosfato trisódico, carbonato disódico, silicato de sodio, tetraborato disódico, solos o mezclados con sustancias que disminuyan la tensión y posean acción humectante; la masa resultante se somete a una agitación mecánica violenta por un corto tiempo a fin de separar la cutícula.

Para la extracción de la cera, se emplean, como disolvente, hidrocarburos aromáticos, principalmente tolueno, ya que su punto de ebullición es superior al punto de fusión de la cera (91-92°C).

El solvente al penetrar en la cutícula disuelve el material ceroso y la velocidad de extracción depende de la temperatura a la que se efectúa el proceso. Finalmente, la cera se recupera por evaporación del solvente, cuidando lo más posible alguna modificación en la composición química de la misma.

OBTENCION DE ALCOHOL.

El contenido de azúcar en las hojas de henequén es de 3 a 9.4% y en algunos casos puede llegar hasta 12%, se ha observado que este contenido varía de acuerdo con la edad de la planta, encontrándose que en aquellas que tienen cinco años de edad, la producción de alcohol es óptima.

Para la obtención de alcohol a partir de las hojas, el proceso consiste en fermentarlas con levaduras y al alcanzar el grado de fermentación deseado se interrumpe ésta añadiendo carbonato de sodio.

Cuando se utiliza como materia prima el jugo del henequen, se neutraliza con carbonato de calcio y se fermenta en forma similar a las hojas, obteniéndose buenos resultados.

ALIMENTOS PARA GANADO.

La pulpa después de la extracción de la fibra es rica en carbohidratos y nitrógeno libre, lo que la hace atractiva para emplearla, enriquecida con proteínas, para alimentar ganado en zonas cercanas a las desfibradoras mediante el establecimiento de praderas artificiales, ayudando así al incremento de la ganadería en las regiones henequeneras de Yucatán.

INDUSTRIALIZACION DEL QUIOTE O VAREJON DEL HENEQUEN.

La información existente dentro de la literatura en lo que respecta al aprovechamiento del quiote o del tronco del henequén es escasa, sin embargo se puede decir que existen tres posibilidades de utilización de éstas partes constitutivas del mismo: obtención de pulpa celulósica, obtención de biomasa y como forraje.

La primera posibilidad se funda en la urgente demanda de nuevas fuentes de material fibroso para su aprovechamiento en la obtención de pulpa y papel, posibilidad ésta que forma parte de los objetivos de éste trabajo.

La posibilidad de utilizarlos para la obtención de biomasa, se basa en la necesidad de buscar nuevas fuentes de energía, ya que en un futuro inmediato la demanda de hidrocarburos para esta finalidad se verá saturada, y México ya no debe depender de un solo tipo de energéticos como son los obtenidos del petróleo.

En las regiones tropicales el pasto es el recurso más abundante y barato para alimentar al ganado, pero en épocas de sequía hay una escasez estacional de forraje. La posibilidad de emplear el quiote y el tronco del henequén enriquecido con proteínas para la alimentación de ganado, principalmente para becerros, ayudaría grandemente a solucionar este problema.

4.2.4. INDUSTRIALIZACION DEL BAGAZO DE HENEQUEN.

Básicamente el bagazo de henequén se obtiene como subproducto del desfibrado de la penca de dicho agave y durante mucho tiempo se ha considerado como un desperdicio de la industria henequenera.

Desde el punto de vista de su composición, el bagazo está constituido por material pulposo y un porcentaje variable de fibra, relación que depende del proceso empleado durante la desfibración de

las pencas del agave.

El interés por el aprovechamiento de este desperdicio ha sido progresivo debido a que la cantidad disponible de bagazo corresponde al doble del peso de la fibra que se recupera durante la desfibración del henequén.

BAGAZO DE HENEQUEN EN LA INDUSTRIA DE LA CELULOSA Y EL PAPEL.

Con base en lo consignado por la literatura, respecto al aprovechamiento del bagazo en la industria de la celulosa y el papel, puede resumirse que éste ha sido tratado con diversos criterios y se han sugerido variados procesos para la obtención de las pulpas respectivas. No obstante, sobresale el hecho de que en los procesos seguidos existe una marcada tendencia por efectuar la digestión del bagazo en condiciones alcalinas (preferentemente con solución de hidróxido de sodio).

Por las mismas razones expuestas en el análisis del aprovechamiento de las otras partes constitutivas del henequén, dentro del presente capítulo no se profundizó más en lo que respecta al aprovechamiento del bagazo por la industria de la celulosa y el papel.

CERA DEL BAGAZO DE HENEQUEN .

Investigadores interesados en el aprovechamiento e industrialización de los desperdicios del henequén han escogido el bagazo o residuo pulposo, proveniente de la desfibración de las pencas como materia prima para la extracción de la cera, componente que se estima constituye del 2 al 4% del contenido total del bagazo.

Básicamente, la extracción de la cera se efectúa por tratamiento de la materia prima con disolventes orgánicos, aprovechando la solubilidad de la misma en aquellas. La extracción del material ceroso se hace a partir del bagazo que se seca y se mezcla con el

disolvente orgánico; la mezcla se pone a reflujo a una temperatura igual o un poco menor que el punto de ebullición del disolvente que se separa finalmente por destilación.

En la literatura se citan como posibles aplicaciones de la cera de henequén sus usos en: adhesivos, cosméticos, alimentos, industria hulera y lubricantes.

UTILIZACION DEL BAGAZO DE HENEQUEN PARA LA OBTENCION DE PECTINAS.

Las sustancias pécticas presentes en el bagazo del henequén han sido materia de estudio por parte de diversos investigadores y los procesos establecidos para su extracción, así mismo han sido objeto de varias patentes (5).

Los procesos de extracción patentados son aplicables al material pulposo de las distintas especies de agaves incluyendo bagazo de henequén; todos ellos coinciden en la hidrólisis ácida de la materia prima, a fin de liberar las sustancias pécticas, las que posteriormente se recuperan por tratamiento con un álcali apropiado.

Entre las posibles aplicaciones de las pectinas obtenidas, se citan dentro de la literatura a las siguientes: su empleo en la preparación de cocteles de frutas, rellenos para dulces o pastelería, cubiertas de varios productos alimenticios y productos con poca azúcar.

PLASTICOS Y AGLUTINADOS.

Los desperdicios del henequén han sido utilizados para la obtención de plásticos y aglutinados. Para ésto, el bagazo una vez que se le ha extraído la cera se mezcla con anilina, furfural y estearato de cinc, se moldea bajo condiciones de presión y temperatura aproximada a 310 kg/cm² y 150°C respectivamente y durante 15 a 20 minutos, obteniéndose de esta forma un plástico de muy buenas propiedades.

V ESTUDIO DE MERCADO.

V

ESTUDIO DE MERCADO

En este capítulo se hace una revisión de la situación de la industria de la celulosa y el papel en la República Mexicana, en términos de producción, importaciones, consumo y capacidad instalada para hacer en seguida una proyección de la demanda y visualizar de esta forma las posibilidades que se tendrían para instalar una planta productora de pulpa celulósica a partir de henequén y destinada a la elaboración de diversos tipos de papel.

5.1. PRINCIPALES CENTROS DE CONSUMO (1)

Se consideran como los principales centros de consumo de pulpa celulósica a aquellas regiones en donde se encuentran instaladas las plantas productoras de papel, y por entidades federativas se resumen en el siguiente cuadro.

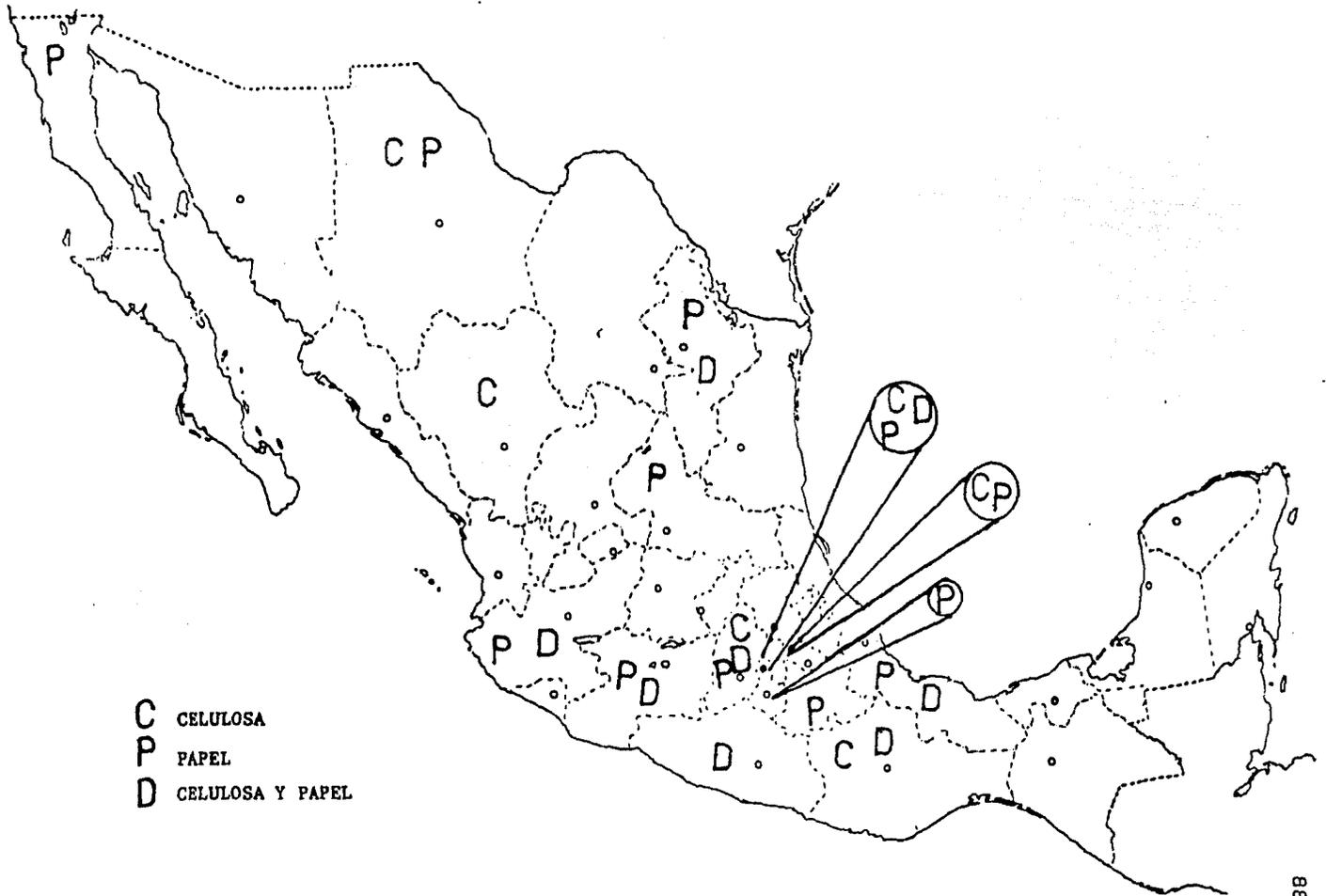
NUMERO DE PLANTAS INSTALADAS

PRODUCCION (TONS.)

ENTIDAD FEDERATIVA	PAPEL		PAPEL	TOTAL	CELULOSA		PAPEL	
	CELULOSA	Y CELULOSA			%	%		
BAJA CALIFORNIA NORTE	---	----	1	1	----	---	7'839	0.4
CHIHUAHUA	1	----	1	2	113'149	14.9	90'814	4.4
DISTRITO FEDERAL	1	1	9	11	15'120	2.0	187'219	9.1
DURANGO	1	----	---	1	47'526	6.2	----	---
GUERRERO	---	1	---	1	9'894	1.3	11'259	0.5
JALISCO	---	1	3	4	108'756	14.3	140'188	6.8
MEXICO	5	6	14	25	162'212	21.4	698'470	33.9
MICHOACAN	---	1	1	2	65'218	8.6	64.956	3.1
MORELOS	---	---	1	1	----	---	24'086	1.2
NUEVO LEON	---	1	3	4	15'305	2.0	214'869	10.4
OAXACA	1	1	---	2	82'855	10.9	47'787	2.3
PUEBLA	---	---	2	2	----	---	34'387	1.7
QUERETARO	---	---	2	2	----	---	162'715	7.9
SAN LUIS POTOSI	---	---	2	2	----	---	106'512	5.2
TLAXCALA	1	----	3	4	----	---	23'747	1.1
VERACRUZ	---	2	3	5	139'445	18.4	246'883	12.0
TOTAL	10	14	45	69	759'480	100.0	2'061 791	100.0

Estos datos están referidos al año de 1983.

FIGURA 5.1 LOCALIZACION DE LAS PLANTAS PRODUCTORAS DE CELULOSA Y PAPEL EN MEXICO.



De acuerdo a los datos anteriores, se observa que la principal zona de consumo es la region central de la República Mexicana, comprendiendo a los estados de México, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Morelos, Tlaxcala y el Distrito Federal.

5.2 CAPACIDAD INSTALADA (1)

a) PULPA CELULOSICA (TUNS.)

GRUPO	1982	1983	1984	1985	1986
CELULOSA QUIMICA DE MADERA BLANQUEADA ¹	298'000	302'000	303'000	303'000	303'000
CELULOSA QUIMICA DE MADERA SIN BLANQUEAR ²	262'000	245'000	259'000	259'000	259'000
CELULOSA QUIMICA DE PLANTAS ANUALES BLANQUEADA ³	323'000	363'000	363'000	383'000	398'000
CELULOSA QUIMICA DE PLANTAS ANUALES SIN BLANQUEAR ⁴	60'500	59'000	59'000	59'000	59'000
PASTA MECANICA DE MADERA	79'000	109'000	169'000	199'000	199'000
TOTAL	1'022'500	1'078'000	1'153'000	1'203'000	1'218'000

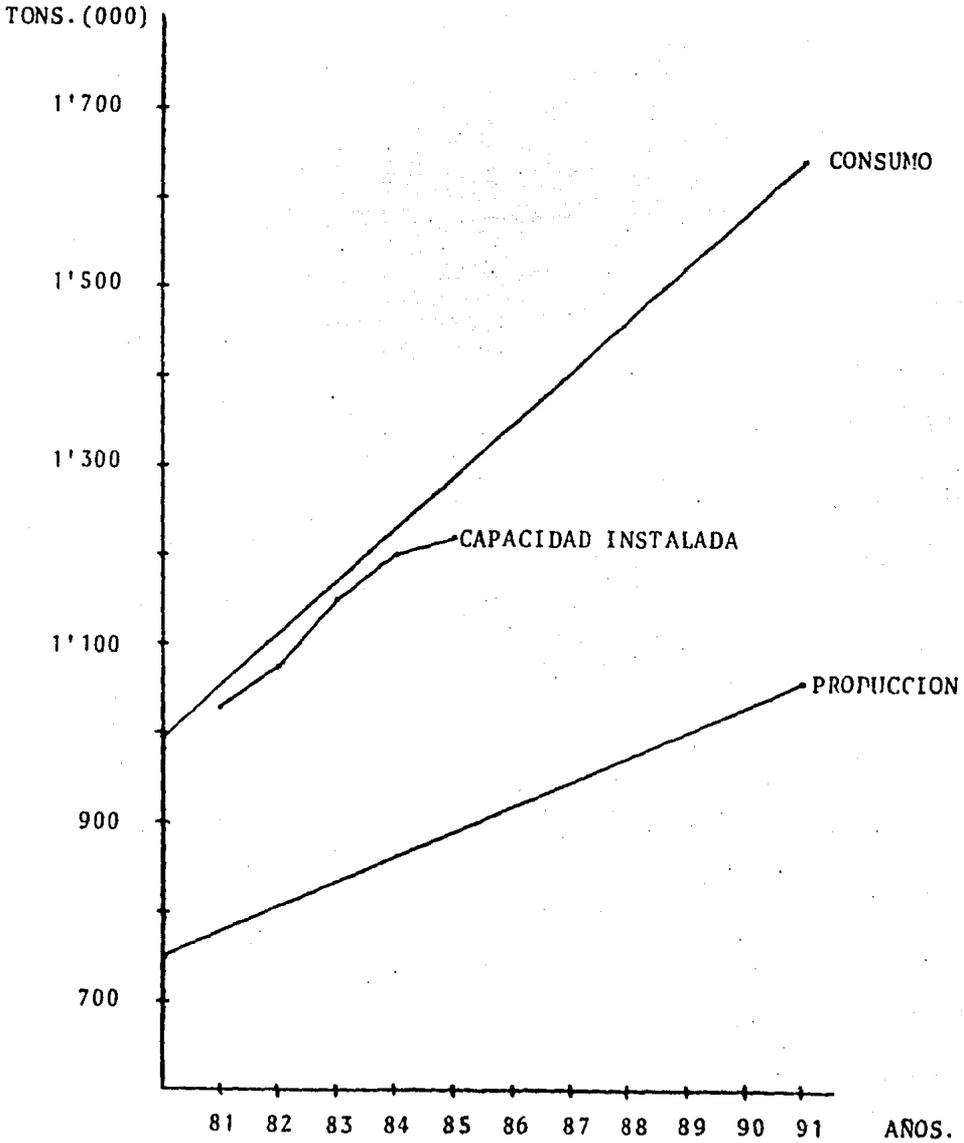
¹ Incluye Celulosas al sulfato de fibra larga, fibra corta y fibra regenerada.

² Incluye celulosa al sulfato y al sulfito.

³ Incluye Celulosas de bagazo y de borra de algodón.

⁴ Incluye celulosas de bagazo y de paja.

GRAFICA 5.1 CAPACIDAD INSTALADA Y PROYECCIONES DE PRODUCCION Y CONSUMO DE PULPA CELULOSICA.



b) PAPEL (TONS.)

GRUPO	1982	1983	1984	1985	1986
PAPEL PARA PERIODICO Y LIBRO DE TEXTO	.241'000	316'000	366'000	391'000	391'000
PAPEL PARA ESCRITURA IMPRESION ⁽¹⁾	616'000	595'000	595'000	595'000	595'000
PAPEL PARA EMPAQUE ⁽²⁾	1'548'000	1'645'000	1'749'000	1'920'000	1'969'000
PAPEL SANITARIO Y FACIAL	314'000	320'000	390'000	415'000	415'000
PAPELES ESPECIALES	85'000	91'000	94'000	94'000	94'000
TOTAL	2'084'000	2'967'000	3'194'000	3'415'000	3'464'000

No incluye papel periódico ni libro de texto

Incluye papel y cartoncillo

Las cifras de capacidad instalada que se consignan corresponden a los proyectos industriales conocidos a diciembre de 1982, habiéndose limitado el horizonte de planeación hasta 1986, a pesar de que algunos no alcancen en dicho lapso su desarrollo total.

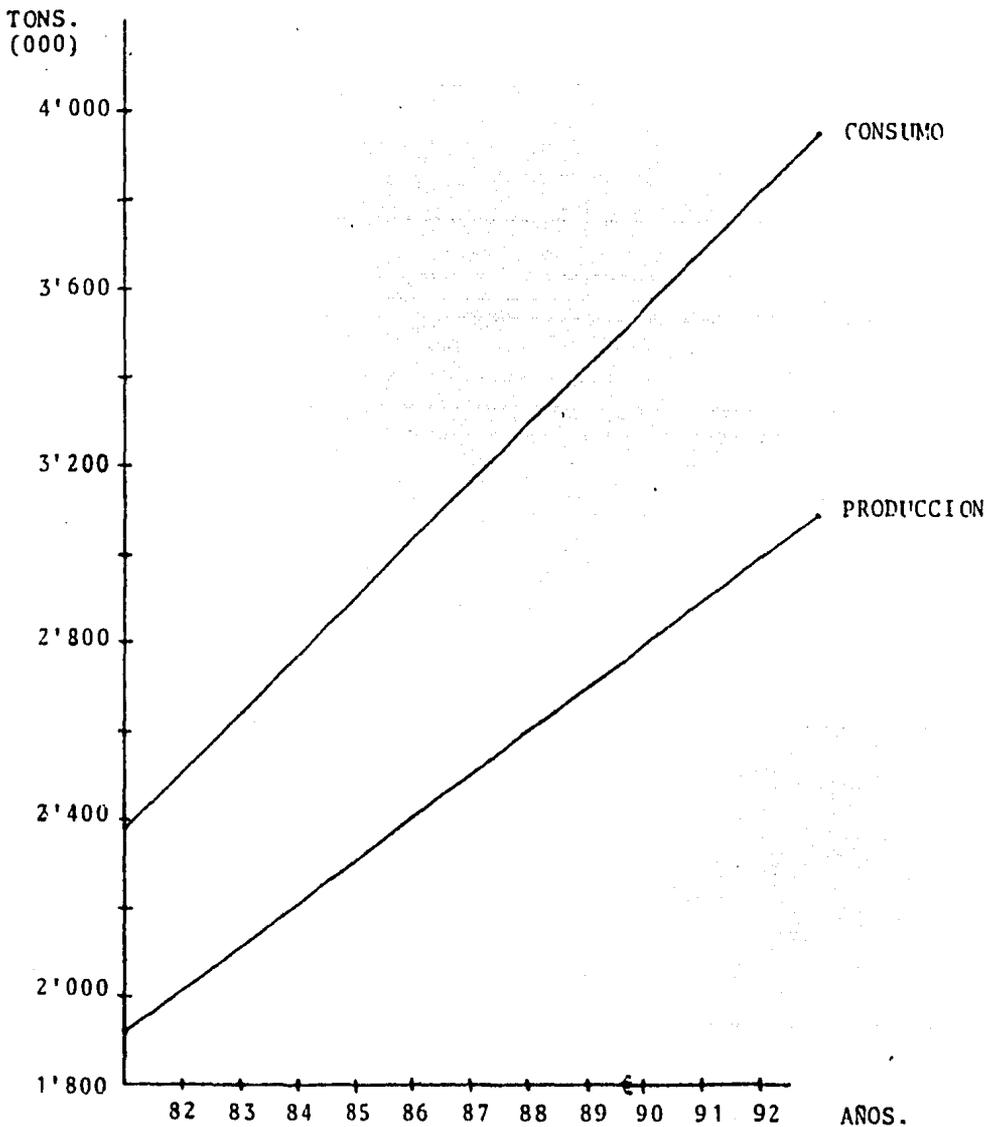
La capacidad instalada futura tiene ajuste con base en una curva de aprendizaje asignada a cada proyecto industrial (1).

3. PRODUCCION Y CONSUMO DE PULPA Y PAPEL.

a) PRODUCCION.

De los datos consignados en el capítulo II de este trabajo se observa que

GRAFICA 5.2 PROYECCIONES DE CONSUMO Y PRODUCCION DE PAPEL.



la producción total de pulpa celulósica se ha venido incrementando rápidamente, de 513,040 toneladas en 1973 hasta 759,480 toneladas en 1983 y la producción de papel de 1,112,658 toneladas en 1973 hasta 2,061,791 toneladas en 1983.

b) CONSUMO APARENTE

De igual forma que en el inciso anterior, se observa que el consumo aparente de pulpa celulósica se ha incrementado de 694,673 toneladas en 1973 hasta 913,617 toneladas en 1983, y el consumo de papel de 1,326,683 toneladas en 1973 hasta 2,207,466 toneladas en 1983.

5.4 PROYECCION DE LA DEMANDA.

Tomando como base los datos estadísticos sobre producción y consumo aparente para pulpa celulósica y papel del capítulo II, se puede conocer la proyección de la demanda mediante el ajuste de estos datos por el método de regresión lineal. Esta proyección se muestra en las gráficas: 5.1 y 5.2.

a) PRODUCCION:

a.1) PULPA CELULOSICA:

Los datos sobre producción anual de pulpa celulósica mostraron una comportamiento lineal:

$$y = b + mx$$

En donde y representa el volumen de producción en toneladas, b es la ordenada al origen, (en este caso es la producción en 1972), m es la pendiente de la recta y x es el año considerado.

La ecuación resultante fué $y = 504,748.533 + 27,704.8848x$ con un coeficiente de correlación de 0.9584.

a.2) PAPEL.

Los datos sobre producción de papel se ajustan a una línea -
recta, con las siguientes características:

$$y = 960,640.0 + 106,850.3273x$$

y con una correlación del 98.31%

b) CONSUMO APARENTE.

b.1) PULPA CELULOSICA

Al ajustar los datos sobre consumo aparente de pulpa celulósica, se obtuvo la siguiente expresión:

$$y = 469,727.4381 + 58,620.3143x$$

con un coeficiente de correlación de 0.9925

b.2) PAPEL

El ajuste en este caso originó la expresión:

$$y = 1,111,203.861 + 142,030.1833x$$

y una correlación del 94.12%

De las gráficas anteriores, se puede obtener por diferencia -
entre consumo y producción, la demanda insatisfecha tanto de pulpa
celulósica como de papel, representando este resultado el mercado
potencial que tendría la pulpa producida por la planta propuesta.

El resultado de la diferencia entre consumo y producción es
el siguiente:

a) PULPA CELULOSICA:

Consumo: $y_1 = 469,727.4381 + 58,620.3143x$

Producción: $y_2 = 504,748.533 + 27,704.8848x$

Demanda insatisfecha: $y_1 - y_2 = -35,021.0944 + 30,916.4295x$

b) PAPEL

Consumo:	$y_1 = 1,111,203.861 + 142,030.1833x$
Producción:	$y_2 = 960,640.00 + 106,850.3273x$
Demanda Insatisfecha:	$y_1 - y_2 = 150,563.861 + 35,179.856x$

La proyección de la demanda insatisfecha de pulpa celulósica se muestra en la gráfica 5.3

5.5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO

Como se puede observar en las gráficas 2.1 y 2.5, la producción nacional de pulpa celulósica, que en este estudio representa la oferta nacional ha sido tradicionalmente deficitaria respecto a las necesidades de la industria del papel, principal demandante de la misma, por lo que la demanda se ha complementado mediante importaciones, que han alcanzado durante los últimos diez años un volumen de aproximadamente 315,000 toneladas anuales como promedio.

Se puede observar también que la proyección de la capacidad instalada para la producción de pulpa no puede cubrir la demanda nacional, como lo muestra la gráfica 5.1; Nacional Financiera, S. A. (10) ha detectado que la industria de la celulosa y el papel se ha visto frenada por problemas en la oferta de madera, ocasionando que los productores de papel se vean orillados a utilizar otros tipos de celulosa, proveniente de bagazo de caña, de paja, etc: así mismo otro factor que ha contribuido a agravar la situación de esta industria ha sido la inflación.

Estos problemas se ven difíciles de resolver a corto plazo - ya que por un lado existen impedimentos forestales (mala reforestación, tala inmoderada, erosión, etc.) y por otro, que la demanda nacional de papel está creciendo rápidamente.

Para poder disminuir el volumen de importaciones, NAFINSA recomienda la instalación de 7 plantas modulares de 100,000 toneladas anuales cada una destinadas a la producción de celulosa de bagazo de caña y 6 plantas modulares de 122,000 toneladas anuales - cada una para producir pasta química. Además recomienda, a las empresas ya existentes, ampliaciones por cerca de 800,000 toneladas.

Con base en lo anterior, es deseable considerar la posibilidad de instalar una planta de pulpa celulósica que utilice como materia prima principal al henequén, que vendría a complementar a las 7 plantas de bagazo de caña que recomienda NAFINSA, ya que el proceso sería similar en ambos casos.

5.6 ESTUDIO DE LA DISPONIBILIDAD DE HENEQUEN COMO MATERIA PRIMA PRINCIPAL PARA LA PRODUCCION DE PULPA CELULOSICA.

a) ESTADISTICAS DE PRODUCCION.

Con base en los datos de la gráfica 2.13 y ajustándolos por el método de regresión lineal se obtiene la siguiente función que describe la tendencia en la producción de henequén.

$$y = 170,552.2909 - 9,845.5182x$$

en donde y representa el volumen de producción anual en toneladas y x el año de referencia.

El ajuste de los datos con los que se obtuvo la función presentan una correlación del 96.39%

SUPERFICIE COSECHADA

Tomando los datos de la gráfica 2.15, el ajuste nos da la siguiente función:

$$y = 221,075.6727 - 8478.9818x$$

Siendo en este caso Y la superficie cosechada al año, en hectáreas, y x el año correspondiente.

La función presenta una correlación del 97.46%.

Las proyecciones de las funciones de producción y superficie cosechada para henequén se muestran en las gráficas 5.4 y 5.5 respectivamente.

b) PROYECCION DE LOS PRECIOS DE HENEQUEN POR TONELADA.

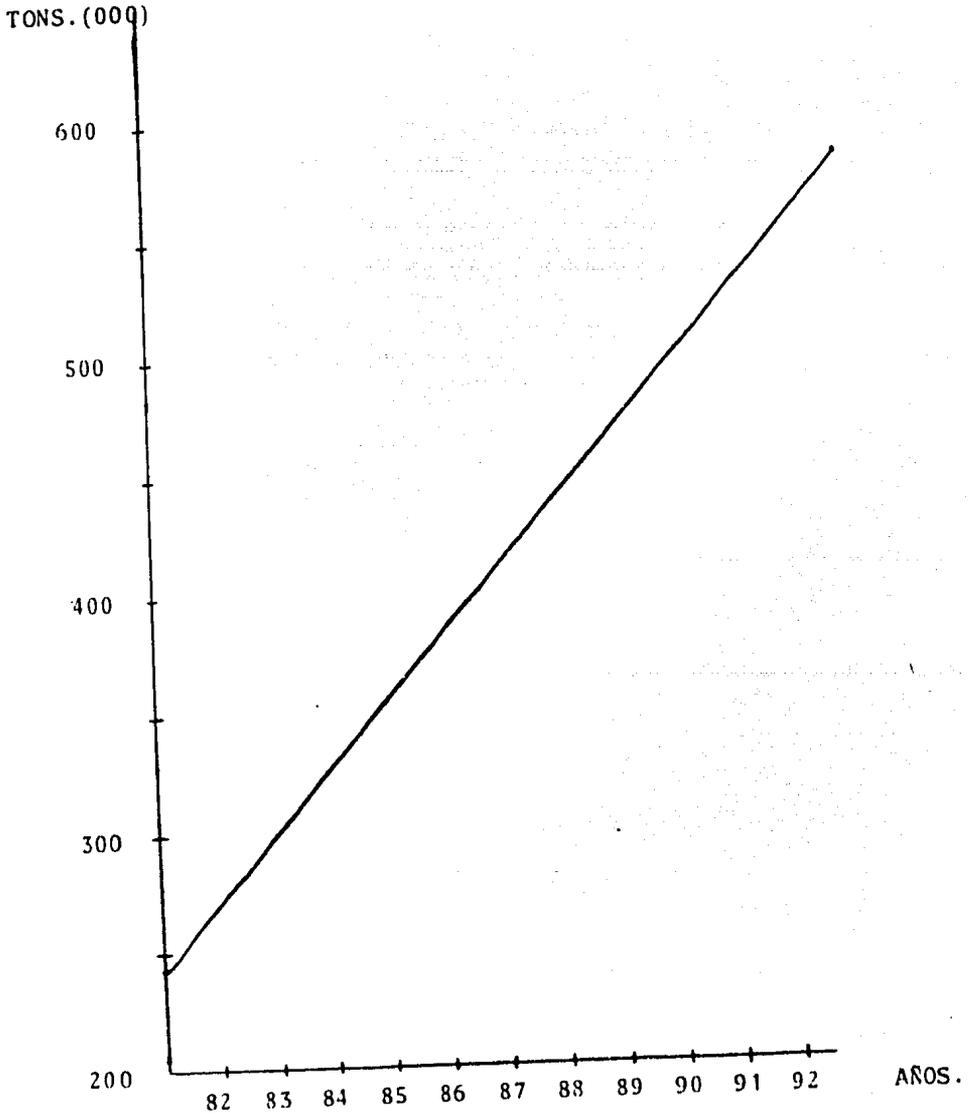
Considerando los datos de la gráfica 2.14, el ajuste por regresión lineal nos da la función:

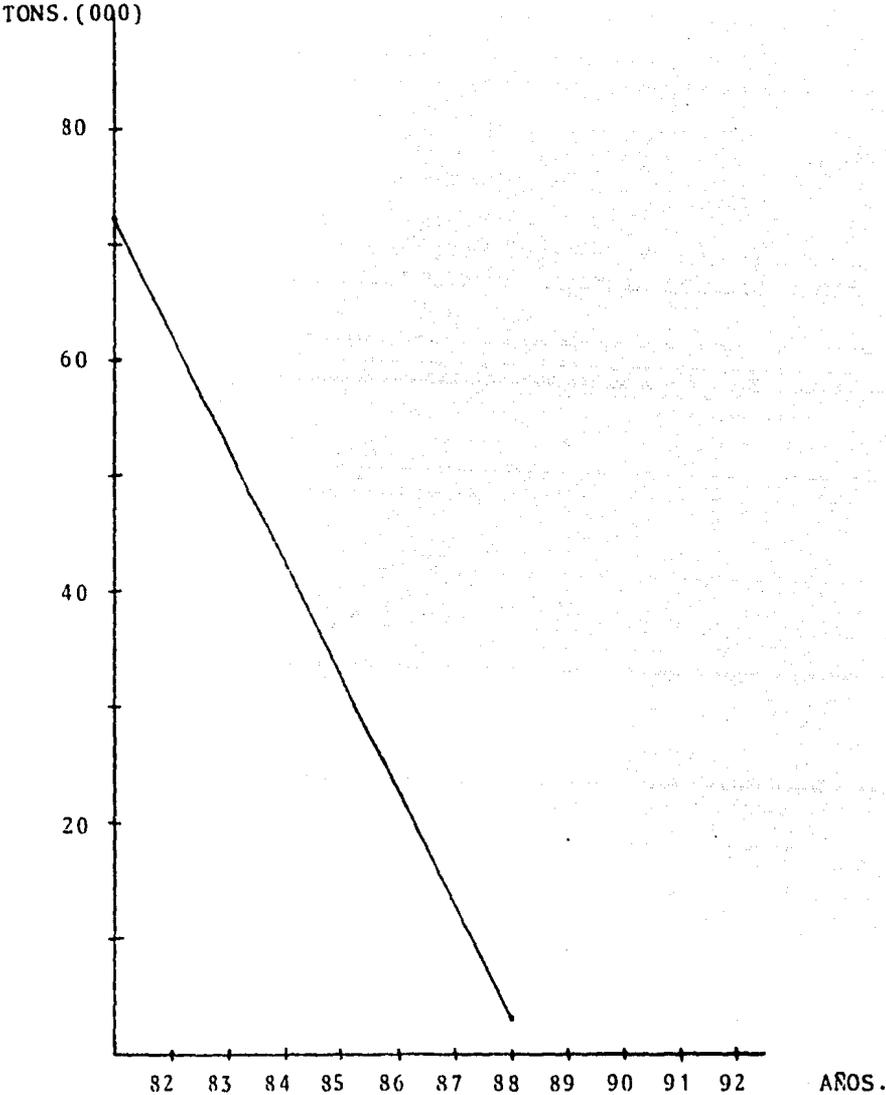
$$y = -1804.288 + 1694.3094x$$

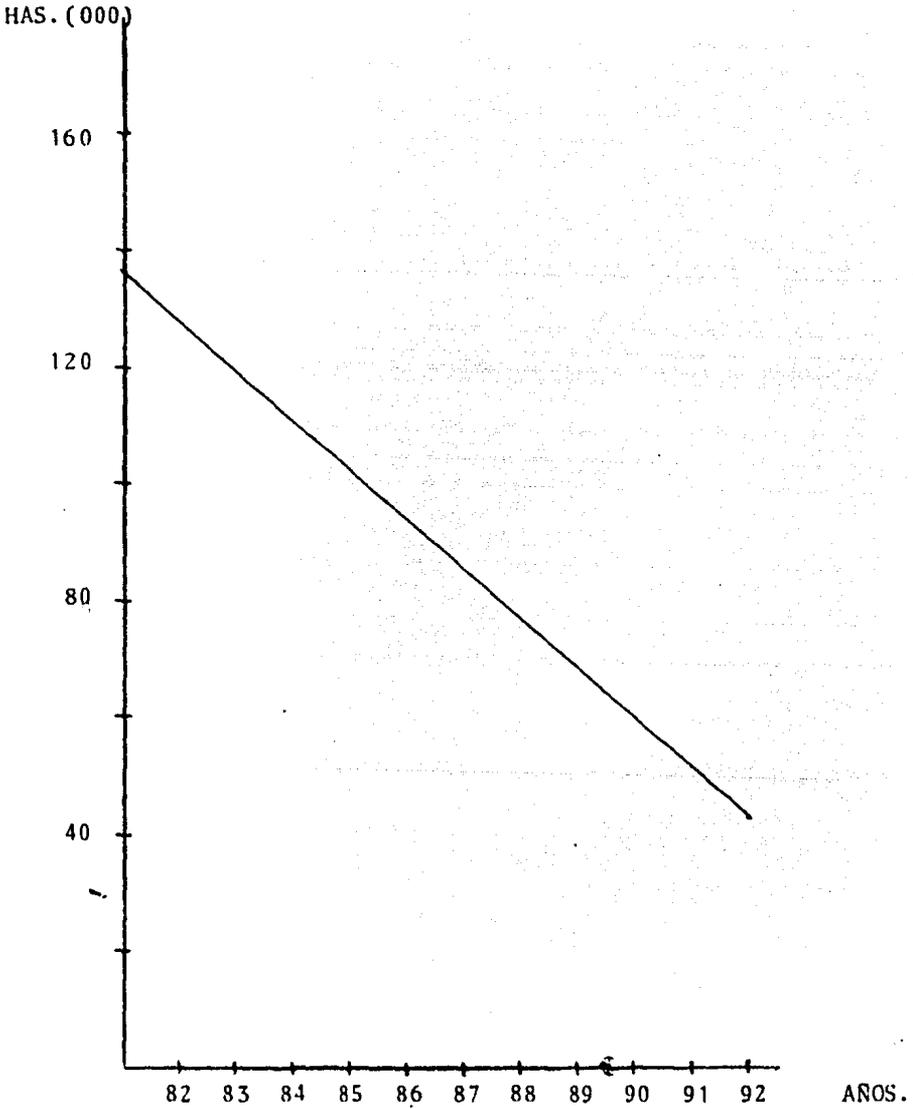
Con un coeficiente de correlación de 0.8932 y en donde Y representa el precio por tonelada de henequén y x el año en que el henequén alcanzará ese precio.

En la gráfica 5.6 se muestra la tendencia de los precios del henequén.

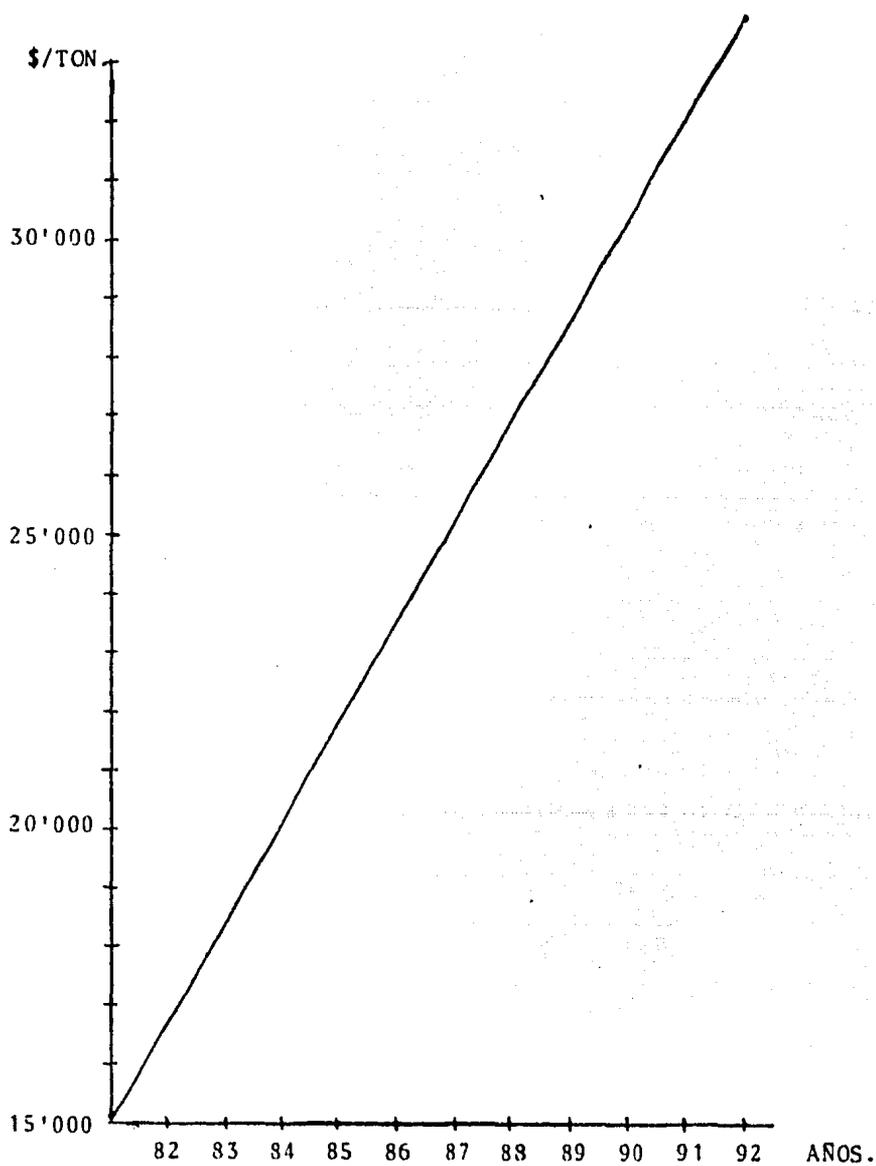
GRAFICA 5.3 PROYECCION DE LA DEMANDA INSATISFECHA DE PULPA CELULOSICA.







GRAFICA 5.6 PROYECCION DEL PRECIO POR TONELADA DE HENEQUEN. 101



c) ZONAS PRODUCTORAS DE HENEQUEN EN YUCATAN.

Durante los últimos años las zonas de producción en la región henequenera han venido disminuyendo en forma considerable, lo cual repercute en forma directa en la disminución de superficie cosechada; esta situación se puede observar en las figuras 5.2 y 5.3 - que corresponden a los municipios henequeneros en los años de 1970 y 1983 respectivamente.

Actualmente los municipios productores de henequén son los siguientes:

Abala	Dzemul	Ixil	Muna	Tecoh	Tixkokob
Acancech	Dziddzentun	Izamal	Muxupip	Tekal de Vanegas	Tixpeval
Baca	Dzilam González	Kanazim	Progreso	Tekanto	Vau
Cacalchen	Dzoncavich	Kinchil	Sacalum	Tekit	Uman
Cansahcab	Halocho	Kopoma	Samahil	Telchac Pueblo	Yaxkukul
Conkal	Hocaba	Mama	Sanahcat	Temax	Yobain.
Cuzama	Hoctum	Maxcanu	Seye	Tepakan	
Chapab	Homun	Mérida	Sinanche	Tetiz	
Chiczulub	Huhi	Mococho	Sudzal	Teya	
Chochola	Hunucma	Motul	Suma	Ticumuy	

5.7 LOCALIZACION DE LA PLANTA PRODUCTORA.

Considerando que la materia prima principal para la planta - productora en estudio, es el henequén y que su transporte resultaría mucho más costoso que el de los demás insumos y del mismo producto terminado, resulta conveniente situar a la planta en el lugar más cercano posible a la zona henequenera.

Haciendo una observación de los municipios integrantes de la región, anteriormente listados, nos damos cuenta de que las carreteras principales por las que se puede transportar, ya sea el henequén o la pulpa celulósica llevan directamente a los municipios de Mérida y Progreso, además de las principales vías férreas, así como la posibilidad de transporte marítimo a través del puerto de Progreso.

Por otro lado, cercana a la ciudad de Mérida se encuentra una zona industrial ya establecida que cuenta todavía con terrenos disponibles para la expansión de la actividad industrial; asimismo, por ser la capital del estado, Mérida es la zona que cuenta con la mayor parte de servicios y el mayor potencial de mano de obra a distintos niveles.

Con base en lo anterior, se propone que la planta en cuestión pueda ser instalada dentro del parque industrial del municipio de Mérida.

5.8 CAPACIDAD DE LA PLANTA.

Revisando la situación de la producción henequenera expuesta en este estudio, bajo las condiciones actuales no se podría considerar posible la instalación de una planta cuya materia prima fuera el desperdicio generado por la industria cordelera; sin embargo, de acuerdo a las necesidades de pulpa celulósica del país, podría considerarse la instalación a mediano plazo (5 a 7 años) de una -

planta con una capacidad inicial de 300 toneladas diarias, incrementándola en el futuro a 600 toneladas diarias, siempre y cuando se destinara una plantación de henequén para uso exclusivo de un aprovechamiento integral del mismo, y cuyos residuos (una vez extraídos los jugos y la cutícula) pudieran utilizarse como materia prima para la obtención de pulpa celulósica; propiciando con ésto un mayor desarrollo económico del estado, ya que al mismo tiempo en que se vería aumentada la producción henequenera, se incrementarían las fuentes de trabajo tanto a nivel agrario como a nivel técnico.

5.9 DETERMINACION DE LA SUPERFICIE DE SIEMBRA DE HENEQUEN REQUERIDA PARA EL ABASTECIMIENTO DE LA PLANTA.

Tomando en cuenta las condiciones de capacidad mencionadas anteriormente, la superficie de siembra requerida deberá ser tal que permita cosechar durante los primeros 5 años de producción, la cantidad de henequén necesaria para producir 300 ton/día de pulpa, y a partir del 6º año la cantidad necesaria para duplicar ésta producción.

Una mata de henequen pesa aproximadamente 200 kg, de los cuales un 90% en peso corresponde a su contenido de jugos (como humedad), y el 10% restante a la fibra aprovechable para el proceso. Esto indica que de cada mata se pueden obtener aproximadamente 20 kg de materia prima para la planta.

Para una producción de 600 ton/día se necesitan 1200 ton/día de materia prima (considerando un rendimiento de proceso de 50%), por lo que se requerirán 60,000 matas diarias de henequén, o bien 21,000,000 al año si se considera que la planta operara 350 días por año.

Por otro lado, una hectárea tiene capacidad de siembra para aproximadamente 2,500 matas, bajo condiciones actuales de cultivo,

ésto nos indica que se requerirán 8,400 hectáreas al año para la siembra, cuando la producción alcance las 600 ton/día o bien, 4,200 hectáreas para la capacidad inicial (300 ton/día).

Sabiendo que una mata de henequén requiere de 6 a 8 años de crecimiento para ser utilizada con fines textiles, ésto es, para desarrollar fibras lo suficientemente largas para ser utilizadas en esta industria, consideramos que con el propósito de utilizarlas para fines celulósicos, bastaría con 5 años de crecimiento para que estuviera en condiciones de ser aprovechada.

Con base en lo anterior, se calcula que se necesitaría disponer de una superficie de 42,000 hectáreas para la siembra de henequén repartidas en diez zonas de 4,200 hectáreas cada una, y dispuestas de la siguiente forma:

AÑO	ZONAS DE SIEMBRA	ZONAS DE COSECHA	PRODUCCION DE PULPA CELULOSICA (TONS).
to-5	I	-	-
to-4	II	-	-
to-3	III	-	-
to-2	IV	-	-
to-1	V	-	-
to	I;VI	I	105,000
to+1	II;VII	II	105,000
to+2	III;VIII	III	105,000
to+3	IV;IX	IV	105,000
to+4	V;X	V	105,000
to+5	I;VI	I,VI	210,000

VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La demanda nacional de pulpa celulósica se ha venido incrementando de manera notable durante los últimos años, al mismo tiempo que ha aumentado la diferencia entre producción nacional y demanda. Esta diferencia se ha tenido que cubrir mediante importaciones de celulosa y fibra secundaria, lo que ocasiona una fuerte fuga de divisas. Sumando a ésto los problemas forestales (abastecimiento, técnicas forestales, etc.) que se presentan en el país, se hace necesario considerar otras fuentes de pulpa celulósica.

Debido al contenido de celulosas presentes en la planta de henequén, y a las propiedades físicas que presenta la fibra de la misma (8), se le puede considerar como una buena fuente alternativa para la pulpa celulósica.

Sin embargo, como se presenta en este estudio, los problemas sociopolíticos y económicos que han agobiado desde hace bastante tiempo a la industria henequenera, han ocasionado una progresiva declinación en el cultivo de henequén, como se puede apreciar observando la diferencia de zonas de cultivo existente entre los años de 1970 y 1983. Esto hace que bajo las condiciones actuales no sea posible la instalación de una planta productora de pulpa celulósica abastecida únicamente por el desperdicio que genera la industria cordelera.

Este problema se podría resolver dedicando una superficie de cultivo que exclusivamente abasteciera de materia prima a la planta productora de celulosa y con el propósito de un aprovechamiento integral del henequén.

La superficie de cultivo propuesto acarrearía grandes beneficios al estado de Yucatán, como son:

- Se recuperaría una parte de la superficie de cultivo de henequén que se ha perdido y que actualmente se está desperdi --
ciando.
- Se propiciaría un mayor desarrollo económico del estado con la creación de una nueva industria dentro del mismo, y como consecuencia una mayor fuente de trabajo.
- Se ayudaría a evitar la desaparición de la industria henequenera mediante la diversificación de los productos obtenidos a partir del henequén.
- Se cubriría en parte el déficit actual de pulpa celulósica.

Por último, dadas las condiciones económicas actuales del país, sería deseable realizar un estudio con mayor profundidad, a fin de poder determinar la inversión necesaria, tanto para el abastecimiento como para la instalación y operación de la planta productora, tomando como base lo expuesto en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA .

BIBLIOGRAFIA.

1. Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel.
Memoria estadística 1983.
Memoria estadística 1984.
2. CONACYT.
Información Científica y Tecnológica No. 29
Septiembre, 1980.
3. Enríquez Rodríguez, Marcos.
Obtención de Pulpas Celulósicas para la fabricación de papel,
a partir del quiote o varejón del henequén.
Tesis Profesional. Facultad de Química, UNAM, 1974.
4. Excélsior.
Publicaciones de Junio-Julio, 1983.
5. LANFI.
Análisis Técnico sobre el aprovechamiento integral del hene-
quén (*agave fourcroydes*) y agaves similares como sisal (*agave*
sisalana). 1976.
6. Libby C., Earl.
Ciencia y Tecnología sobre pulpa y papel. Vol. 1
C.E.C.S.A., 1982.
7. López Huebe, Rubén; García de Fuentes Ana.
Manual de Información básica de la región henequenera de Yuca
tán.
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
Mérida, Yucatán, 1984.

8. Martínez Leal, Ana M.
Obtención de Pulpas Celulósicas a partir de recorte de hene --
quén.
Tesis profesional, Facultad de Química, UNAM, 1959.
9. Menéndez, Ivan.
Lucha Social y Sistema Político en Yucatán.
Ed. Grijalvo, S.A. 1981.
10. Nacional Financiera, S.A.
La demanda de bienes de capital para las industrias del papel
y la celulosa en México.
Monografías Sectoriales sobre bienes de capital.
1979.
11. Rojas Gutiérrez, Rafael; Castañares Alcalá, Jorge A.
Memoria de la XIV Reunión Anual y Semana Latinoamericana de Ce-
lulosa y Papel.
México, 1975.
12. SARH.
Econotécnia Agrícola: Consumos aparentes de productos agrícolas.
1972-1980.
Subdirección agrícola y operación.
Dirección Gral. de Economía Agrícola.
13. SARH.
Información agropecuaria y forestal.
1972-1981.
Subdirección agrícola y operación
Dirección Gral. de economía agrícola.
14. Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Savala, Ernesto; Martínez --
Frías, Héctor.
Formulación y Evaluación Técnica-Económica de Proyectos Indus--
triales.
I.P.N., 1981.