

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PAPEL Y CARTÓN  
DESDE LA FUENTE DE GENERACIÓN HASTA LA INCORPORACIÓN  
DEL MATERIAL RECICLADO EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO

PRESENTAN

204498

ENRIQUETA JOSÉ REAÑO

FABIOLA GERMÁN MARTÍNEZ

DIRECTOR: BIÓLOGA. MARÍA DE LOS ANGELES GALVÁN VILLANUEVA.

2000

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*



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 esta 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.

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PAPEL Y CARTÓN  
DESDE LA FUENTE DE GENERACIÓN HASTA LA INCORPORACIÓN  
DEL MATERIAL RECICLADO EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO

PRESENTAN

ENRIQUETA JOSÉ REAÑO

FABIOLA GERMÁN MARTÍNEZ

DIRECTOR: BIÓLOGA. MARÍA DE LOS ANGELES GALVÁN VILLANUEVA.

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al más grande científico de todos los tiempos: *Dios*

A mis padres: **Isabel y Joel**

Por su amor y apoyo en todo momento y por haberme enseñado a no rendirme y superarme en todos los aspectos.

A mi hija: **Belem**

Por su amor, apoyo y su comprensión por los momentos en que no me encuentro físicamente con ella y porque representa el amor y la esperanza.

A mi esposo: **Víctor Manuel**

Por su amor, comprensión y sobre todo por estar junto a mí.

A mis hermanos: **Armando, José Manuel, Delfino y Joel**

Porque saben cuanto los quiero y lo orgullosa que estoy de ellos. Porque nunca olvidemos lo fuerte de nuestros lazos.

A la memoria de mi hermano **Jaime** que ha partido y que no pudo estar físicamente conmigo en estos momentos.

A mis asesoras: Biól. Angeles Galván Villanueva

Biól. Maricela Arteaga Mejía

Y a la Biól. Leticia López Vicente por su gran apoyo y amistad.

Enriqueta

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres:  
Roberto Germán Piña  
Emma Martínez Romero

A Dios:  
Por haberme permitido terminar mi carrera

Ami familia:  
Por el tiempo compartido y las facilidades que me otorgaron para  
concluir mi tesis y titularme  
José Luis García Gutiérrez  
Sarahí García Germán  
David García Germán

Fabiola

# CONTENIDO

	PAG.
<b>I. RESUMEN</b>	1
<b>II. INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>III. MARCO TEÓRICO</b>	7
<b>3.1. Aspectos Generales del Reciclaje</b>	7
<b>3.2. Fibra Secundaria</b>	8
3.2.1. Clasificación de las fibras secundarias	8
3.2.2. Factores que influyen en la calidad de la fibra secundaria	8
3.2.3. Materiales no celulósicos en la fibra secundaria	9
<b>3.3. Manejo Integral de Papel y Cartón</b>	10
<b>3.4. Antecedentes de la Industria Papelera</b>	10
<b>3.5. Perfil de la Industria Papelera</b>	18
<b>3.6. Características de la Celulosa</b>	19
3.6.1. Propiedades químicas y físicas de la celulosa	20
3.6.2. Microorganismos celulolíticos	21
<b>3.7. Características del hongo <i>Trichoderma reesei</i></b>	22
<b>3.8. Procedimiento para la obtención de pulpa</b>	23
3.8.1. Producción de pulpa mecánica	23
3.8.2. Producción de pulpa semimecánica	23
a)Proceso a la sosa fría:	23
b)Tratamiento al sulfito de sodio:	23
c)Tratamiento al sulfito ácido:	23
3.8.3. Producción de pulpa semiquímica	24
3.8.4. Producción de pulpa química	24
<b>3.9. Fabricación de Papel</b>	24
<b>3.10. Preparación de la Materia Prima Fibrosa y Contaminantes Generados</b>	27
3.10.1. Madera	27
3.10.2. Descortezado	27
3.10.3. Astillado	27
3.10.4. Cocción	27
3.10.5. Tratamiento posterior a la cocción	28
a) Lejiación y lavado	28
b). Blanqueo	28
<b>3.11. Los Parametros de la Contaminación de la Industria Pastero-Papelera</b>	28
<b>3.12. Procesos Actuales de Fabricación de Pulpa</b>	30
3.12.1. Modificaciones al proceso en la fábrica kraft	34
3.12.2. Modificaciones al proceso de pasta mecánica	34
3.12.3. Producción de pulpa con oxígeno	35
	36

<b>3.13. Perspectivas de Solución para las Aguas Residuales de la Industria Pastero-Papelera</b>	36
<b>3.14. Recursos Forestales</b>	38
3.14.1. Inventario de los recursos forestales	38
3.14.2. Vulnerabilidad de los recursos forestales	39
3.14.3. Relación entre los recursos forestales y la Industria pastero-papelera	40
<b>IV. JUSTIFICACIÓN</b>	42
<b>V. OBJETIVOS</b>	44
<b>VI. HIPÓTESIS</b>	44
<b>VII. MATERIAL Y MÉTODO</b>	45
7.1. Recuperación y cuantificación de papel y cartón	45
7.2. Estudio de mercado	45
7.3. Descripción del experimento	45
7.4. Material	45
7.5. Método	46
<b>VIII. RESULTADOS</b>	48
<b>IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	59
<b>X. CONCLUSIONES</b>	62
<b>XI. RECOMENDACIONES</b>	63
<b>XII. BIBLIOGRAFÍA</b>	64
<b>XIII. ANEXOS</b>	
I. Producción de papel por tipos	71
II. Lista de sitios de acopio temporal y reciclaje	72
III. Cuestionario que se aplicó a los sitios de acopio	79
IV. Diagrama de flujo.	94
<b>XIV. GLOSARIO</b>	95

## I. RESUMEN

El presente estudio se realizó en colaboración con el programa "Manejo Integral de Residuos Sólidos" en el Centro de Acopio de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Se seleccionaron los sitios de muestreo en los que de acuerdo al programa se genera papel y cartón como residuo, estos se depositaron en contenedores específicos, posteriormente se trasladaron al centro de acopio donde fueron clasificados, pesados y finalmente almacenados en pacas o cajas con su respectivo rótulo; para su posterior comercialización como materia prima en otros procesos productivos.

La colecta y registro de datos se lleva a cabo en el período de mayo a septiembre de 1996, posteriormente se realizó un análisis comparativo en tiempo y espacio, con base a la cantidad (Kg) generada por sitio.

También se realizó un estudio de mercado para incorporar estos residuos a los ciclos productivos. A través de la aplicación de un cuestionario a 150 establecimientos que se dedican al acopio temporal de residuos sólidos principalmente papel y cartón, de tal manera que se encontraron algunas alternativas para incorporar el material y obtener mejores condiciones de compra.

En la fase experimental de este estudio se realizó la extracción de celulosa, en muestras de papel (blanco, color, estrasa, revista, periódico, varios o revoltura) y cartón con el hongo *Trichoderma reesei*. Los datos obtenidos arrojaron como resultado un mayor porcentaje de celulosa en las muestras que fueron sembradas. A dichas muestras se les aplicó la técnica de determinación de lignina y celulosa por permanganato (Sosa, 1981), en presencia y ausencia del microorganismo, sirviendo como testigos las muestras que no fueron sembradas; en esta fase se apreció también una gran afinidad del hongo *Trichoderma reesei* por el papel y cartón, ya que este cubrió toda la superficie de las muestras.

En función de la amplia demanda forestal y para satisfacer las necesidades de fibra en la industria pastero-papelera, la obtención de fibra secundaria mediante el proceso microbiológico, representa una estrategia ambiental.

Este microorganismo es viable para obtener celulosa en forma de materia prima reciclada, sin embargo, es necesario realizar más investigaciones a este respecto para calcular su factibilidad económica.

En este estudio también se observó que, en comparación con el año anterior (1995) se generó menos papel ya que la comunidad llevo a cabo un cambio de conducta -al utilizar el papel por ambos lados- mediante el programa "Manejo Integral de Residuos Sólidos". Sin embargo en 1997 hubo un incremento en la generación de estos residuos.

Por otro lado, en todos los sitios de muestreo no se logró una cooperación del 100%, por lo tanto, es indispensable proporcionar mayor información y concienciar permanentemente,

sobre los beneficios que proporciona la recuperación diferencial de residuos sólidos, particularmente papel y cartón.

México ocupa el segundo lugar entre los países recicladores, sin embargo solo se recupera el 42% de la fibra secundaria y para abastecer las necesidades del mercado es necesario importar papel y cartón de residuo. Por lo tanto, es importante fortalecer la cultura del reciclaje así como, la innovación de tecnologías limpias.

## II. INTRODUCCIÓN

Desde épocas remotas, el hombre se ha manifestado como un generador de residuos sólidos, ocasionando problemas desde las primeras civilizaciones debido a la complicada composición de estos, ya que con el paso del tiempo los residuos han pasado de alto contenido de materia orgánica a componentes de difícil y lenta degradación, además de contaminar suelos potencialmente productivos; ya que se pierden a razón de 100,000 m<sup>2</sup>/año de suelo por prácticas inadecuadas de los sistemas de disposición final (Davila, 1992).

Se entiende por Contaminación: la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico. Y por contaminante: toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, altera o modifica su composición natural o degrada su calidad (DOF, 1996).

Holdgate (1979), clasifica a los contaminantes dependiendo del objeto de estudio y los divide en tres categorías:

- a) Por su naturaleza: Se considera su estado físico y su composición química (orgánica e inorgánica), metálicos o no metálicos, sólidos, líquidos y gases.
- b) Por sectores ambientales: Terrestres, acuáticos, rurales, urbanos, etc.
- c) Por su origen: Natural y antropogénico.

Actualmente, México está catalogado como uno de los países más contaminados y con la mayor tasa de crecimiento promedio anual 0.4 %, ya que somos más de 97,361,711 habitantes (INEGI, 2000). Ante este crecimiento se han creado deficiencias en las necesidades prioritarias como son: agua, alimentación, vivienda y salud, a la par ha incrementado la generación de residuos, entendiéndose como residuo: a cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó, (Kupchella, 1993; DOF, 1996). Los productos generados en las diversas actividades de la sociedad comúnmente se conocen como basura. Por lo tanto, la basura es una mezcla de materiales sólidos degradables y no degradables (Barrera, 1990).

A este respecto, se sabe que cada habitante en el D. F. y la Zona Metropolitana genera aproximadamente 1 Kg./día o más, de residuos lo que equivale a 23,000 t/día (Colosio, 1992). La composición de los residuos es múltiple, variando según la región geográfica, costumbres y época del año.

Por otro lado, la basura generada es llevada a sitios de disposición final; en México se emplean los siguientes métodos:

- a) Disposición a cielo abierto: consiste en la elección de un sitio alejado de la zona urbana en el cual los residuos forman grandes cúmulos heterogéneos, para ahorrar espacios y costos de transporte (Turk, 1988), provocando además la producción de fauna nociva portadora de una gran serie de enfermedades infecciosas (Rios, 1991).

La disposición final inadecuada (a cielo abierto) de residuos sólidos prospera bajo la creencia errada de que es el método de disposición más barato. Con la esperanza de que los residuos van a desaparecer milagrosamente, esto es ingenuo y peligroso. El costo de manejo de estos sitios, es tres u ocho veces más bajo que en varios tipos de rellenos modernos, sin embargo, el costo ambiental total de estos tiraderos es probablemente mayor cuando se toman en cuenta los costos indirectos ocasionados por la contaminación y el tratamiento de las personas directamente relacionadas con el manejo de los residuos y de las zonas aledañas a los sitios (Rushbrook, 1999).

En estos sitios los lixiviados y el biogas no se colectan, por lo tanto, representan un riesgo potencial porque pueden producir serias consecuencias hacia el ambiente, ya que, el biogas que se genera en el proceso de descomposición de los residuos sólidos combinado con la generación de agua alcanzan temperaturas comprendidas entre 40 a 60 °C. Por otro lado, la disposición a cielo abierto favorece el incremento del calor con la incidencia permanente de los rayos solares, y el biogas es combustible y altamente inflamable además incoloro e inodoro y no desprende humo al quemarse en tanto que, los lixiviados contienen sustancias tóxicas en suspensión (Aguilar, 1997).

**CUADRO 1. COMPOSICIÓN TÍPICA DEL BIOGAS PRODUCIDO POR LA DESCOMPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

COMPONENTE	PORCENTAJE
Metano	47.5
Dióxido de carbono	47.0
Nitrógeno	3.7
Oxígeno	0.8
Hidrocarburos parafínicos	0.1
Hidrocarburos aromáticos y cíclicos	0.2
Hidrógeno	0.1
Sulfuro de hidrógeno	0.01
Monóxido de carbono	0.1
Constituyentes traza *	0.5

\*Los componentes traza incluyen dióxido de azufre, benceno, tolueno, cloruro de metileno, percloroetileno, sulfuro de carbono, amonio y ácidos orgánicos.

Fuente Maldonado, 1995

Los lixiviados constituyen una seria desventaja porque, el saneamiento y Reutilización de sitio se hace más complicado y los problemas de contaminación pueden persistir por más de 20 años postclausura; además, se desconoce el comportamiento de los asentamientos a largo plazo (Trejo, 1996).

Ejemplos de lo anterior han sido los exbasureros de Santa Cruz Meyehualco y el de Santa Fe, los cuales fueron clausurados en 1983 y 1986 respectivamente, aunque actualmente continúan presentando problemas de generación de biogas, lixiviados así como, asentamientos (Maldonado, 1995).

b) Enterramiento controlado: Consiste en disponer la basura en una área, dentro de un sitio elegido para este fin, donde se extiende y comprime, cuando alcanza una altura de 2 m aproximadamente se cubre con tierra extraída de alguna obra de excavación. Con esto se

evitan los malos olores, la dispersión de la basura y la formación de bolsas de gases que se desprenden de la descomposición de la materia orgánica (López, 1990).

Ejemplos de estas forma de disposición, son el tiradero Neza I y el de Prados de la Montaña.

c) Relleno sanitario: Es una de las formas más seguras de disposición final de los residuos, desde el punto de vista sanitario y de protección al ambiente, ya que cuenta con colectores de biogas y lixiviados además, el sitio se impermeabiliza antes de usarlo.

Este método consiste en depositar en el suelo de manera planeada y controlada los residuos y mediante maquinaria adecuada esparcirla y apisonarla en capas delgadas de espesor uniforme y forma regular para reducir su volumen.

Enseguida se cubre con una capa de tierra y finalmente ésta se compacta. De este modo se consigue aislar del medio los residuos y se establecen condiciones para el proceso de descomposición anaeróbica de los materiales conocido como digestión de la basura. A esta unidad de forma regular y aislada se le conoce con el nombre de celda sanitaria.

Todo relleno sanitario debe contar con sistemas operacionales, mecanismos y dispositivos de control que confinen los subproductos de la basura y eviten que puedan migrar más allá de su vecindad, de manera que dicho lugar opere en forma segura para no alterar su entorno, no contaminar el ambiente y no dañar la salud pública.

Los rellenos sanitarios permiten controlar los riesgos de incendio y la contaminación ambiental por el polvo, previniendo además la contaminación tanto de aguas superficiales como subterráneas (Maldonado, 1995). En cada uno de estos sitios de disposición final, los residuos orgánicos están expuestos a dos tipos de degradación:

La degradación química: es la transformación de compuestos inorgánicos a orgánicos por medio de procesos de óxido - reducción para que puedan ser asimilables y la degradación biológica: la cual ocurre en dos fases, una fase aeróbica en donde la materia orgánica acumulada es descompuesta por una gran diversidad de organismos como: bacterias, protozoarios, lombrices, hongos e insectos, el resultado final de dicha fase son dos compuestos, bióxido de carbono y agua; esta última al sumarse al agua de lluvia da origen a los lixiviados que se percolan por las capas de basura y del suelo, presentando movimientos horizontales y verticales llevando en solución y suspensión una gran cantidad de hidrocarburos que se originan en la primera etapa de la degradación anaeróbica; así como, microorganismos patógenos (Gaudy y Gaudy, 1981, Loher, 1979; Aguirre, 1985).

Duffus (1983) señala que la fase aeróbica es realizada por enzimas extracelulares producidas por los microorganismos; las que catalizan reacciones bioquímicas específicas de moléculas orgánicas complejas, hasta sus unidades estructurales (monómeros), a fin de obtener la energía y los requerimientos nutricionales para su metabolismo y reproducción, paralelamente se realiza una transformación de sustancias húmicas, estas sustancias tienen pH ácido o básico que contienen gran cantidad de sales así como un alto contenido de metales pesados tales como: Cromo, Cobre, Fierro, Plomo, Zinc, y otros (López, 1994),

## III MARCO TEÓRICO

### 3.1. Aspectos Generales del Reciclaje

Algunos expertos no consideran a este proceso como un tratamiento integral, ya que sólo se extraen con fines comerciales los elementos o materiales que económicamente tengan algún valor, resultando necesario tratar o eliminar el resto. Esta separación puede ser realizada desde el domicilio generador, y por tanto cualquier sistema de disposición final en cualquier país debe de contar con equipos apropiados para la selección del material susceptible de ser recuperado, como son los elementos metálicos (ferrosos y de otro tipo), papel y sus derivados, vidrio, huesos, etc., ya que no es posible darse el lujo de desperdiciar productos reutilizables (Maldonado, 1995).

El papel al igual que otros residuos sólidos como el vidrio y el metal, tienen gran capacidad de recuperación. Sin embargo, se sabe que las fibras de celulosa reciclada tienden a ser cortas, más planas, menos resistentes y menos húmedas que las fibras producidas con pulpa de madera. En ocasiones el papel está contaminado con algunos materiales peligrosos tales como, PBCs (bifenilopoliclorados). Todos estos factores tienden a complicar su reciclamiento. Por lo tanto, la recuperación desde la fuente generadora es muy importante para reciclar exitosamente. Los nuevos avances han hecho esto más práctico y aplicable a una gran variedad de materia prima. Es de gran utilidad considerar para el reciclaje la composición de los productos novedosos de papel (Monahan, 1990).

Entre los tipos de papel que se pueden reciclar se encuentran el periódico, de imprenta, de foto copias, color, cartón y revistas (Nemerow y Dasgupta, 1991). Pero según Ghtzewsky 1995, se recicla todo papel que no halla perdido su propiedad de hidratación. Desde 1994 en la industria papelera se producen, cuatro productos de papel hechos con materiales reciclables cuyos porcentajes son: para empaques 60 %, escritura e imprenta 23%, sanitario y facial 16% y especiales 1% (CNICP. 1998).

En la actualidad los países desarrollados cuentan con una tecnología muy eficiente respecto a los procesos de obtención de fibra reciclada y las etapas de pulpeo, flotación, lavado, etc. se llevan a cabo más prácticamente además, la materia obtenida es de gran calidad (Nerg, et. al, 1999).

### 3.2. Fibra secundaria

En el curso de la historia, los bosques fueron apreciados por los múltiples productos y beneficios que rendían. En cambio en la edad moderna se consideran esencialmente como fuentes de un solo producto: la madera. Este punto de vista dio como resultado la extracción intensiva de la madera, en detrimento del resto del ecosistema forestal, muchas veces hasta llegar a su destrucción.

En México, el avance de la urbanización y la explotación irracional de los recursos

forestales han provocado un alto grado de erosión y deterioro del suelo; la industria papelera comienza a figurar como uno de los culpables de esta situación, al grado de atribuirsele adjetivos como “contaminante” y “depredadora”.

Como consecuencia de este problema, se ha impulsado el uso de plantas no maderables y de *fibra secundaria* –papel desperdicio- para elaborar papel. La fibra secundaria se define como cualquier material fibroso que ha sufrido un proceso de manufactura y se ha reciclado como materia prima para la elaboración de un nuevo producto papelerero.

### 3.2.1. Clasificación de la fibra secundaria

Para un aprovechamiento efectivo de la fibra secundaria es necesario clasificarla de acuerdo con su calidad y tipo, que pueden caer en las siguientes categorías:

- a) Fibras oscuras y fuertes de pulpas kraft. Las principales fuentes son las de cartón corrugado, sacos, papeles de envoltura, etcétera.
- b) Fibras débiles de blancura media. Generalmente constan de una mezcla de pulpa mecánica y química. Las principales fuentes son periódicos, revistas, directorios telefónicos, libretas de notas, etcétera.
- c) Fibras blancas y fuertes de pulpas químicas. Las principales fuentes son papeles de escritura y papeles de impresión usados generalmente para correspondencia comercial y productos de impresión de alta calidad (Sanjuán, 1997).

### 3.2.2. Factores que influyen en la calidad de la fibra secundaria

Entre los factores que pueden influir en las propiedades de la fibra secundaria el más importante es, sin duda el proceso de fabricación del papel. Por ejemplo, en la refinación se reduce la longitud de la fibra y en el secado se endurecen, lo que impide las ligaduras entre ellas, y en el calandrado y satinado se presenta un acortamiento de fibras debido a presiones lineales. Por otro lado, los compuestos que se añaden en el proceso, como encolantes y pigmentos, pueden influir negativamente en la desintegración del papel por reciclar.

Por lo tanto, el papel no se puede reciclar indefinidamente. Cada vez se tienen pérdidas más importantes en la cantidad y resistencia de las fibras; por lo que los productos finales son inferiores en sus propiedades físicas. Por ese motivo, un país en donde el uso de la fibra secundaria es reducido, tiene ventajas considerables en cuanto a la calidad del papel que produce.

### 3.2.3. Materiales no celulósicos en la fibra secundaria

Junto con la fibra secundaria se encuentra un gran número de materiales no celulósicos, los cuales pueden representar del 1 al 50% del peso total. Los constituyentes no fibrosos más comunes son:

- a) Arcilla, dióxido de titanio, talcos y otras cargas.
- b) Resinas naturales y sintéticas.
- c) Alúmina.

- d) Almidones y gomas.
- e) Materiales envolventes como almidones, caseína y otras proteínas, látex, estratos, etcétera.
- f) Tintas, las cuales contienen pigmentos, secadores, resinas y otros compuestos.
- g) Envolventes plásticos como acetato de polivinilo, nitrocelulosa, acetato de celulosa, etcétera.
- h) Adhesivos, cementos y poliestireno.
- i) Grapas o elementos metálicos (Sanjuán, 1997).

### **3.3. Manejo Integral de Papel y Cartón**

Con el manejo integral de papel y cartón se pretende "integrar" su uso, reuso y recolección para reciclarlo. En primer lugar hablar de uso parecería redundante pues es necesario usarlo.

La comunidad universitaria utiliza una gran cantidad de papel en sus actividades cotidianas, pero ignora lo que esto implica: ¿usamos o abusamos del papel?; ¿lo usamos correctamente?.

Una concepción correcta respecto a integración en el manejo de papel y cartón debe comenzar con una precisión sobre el significado global de integración.

Integrar es mucho más que una colección de unidades aisladas y pegadas, entendiéndose por unidad una parte del equipo, su operación y respaldo teórico particular; estas unidades pueden estar funcionando independientemente con un objetivo común dentro de un espacio físico, es decir, aunque tengan uno o varios objetivos comunes pueden estar no integradas. Desde luego, esta interpretación es exagerada, pero nos sirve para ilustrar el sentido ambiguo del término y colocarlo en su adecuado esquema para comprender sus implicaciones. El término "integral" implica un diseño de actividades en orden jerarquizado de prioridades -como un todo armónico y eficiente- donde cada estrategia contribuye y complementa a la estrategia vecina para obtener buenos resultados. La integración es un engranaje.

#### **Estrategias integrales**

1. Difusión y educación
2. Reducir las fuentes de desechos de papel y cartón
3. Innovación educativa
4. Usarlo correctamente, reusarlo
5. Recolección periódica
6. Separación diferencial y clasificación para su comercialización
7. Integración del material colectado a los procesos productivos

Por otro lado, la integración de todas las personas es de gran importancia y debe ser apoyada con estímulos de calidad y eficiencia; al ahorrar, reusar y recolectar el papel. (Aurrecoechea, 1997).

### **3.4. Antecedentes de la Industria Papelera**

El descubrimiento del papel se atribuye a Ts'ai Lun en el año 105 a.c. el papel original se hacía en China con trapo, fibra de corteza y bambú, se remojaban durante más de 100 días, y después se hervían en una lechada de cal durante casi 8 días con sus noches para liberar las fibras. El arte de hacer papel llegó finalmente a Persia hacia el año 751 d.c. posteriormente paso a los países del Mediterráneo, de donde los moros llevaron a Europa la Industria en el siglo XII. La producción de la pulpa de madera llega después de transcurrir otros 120 años antes de que el químico francés Anselme Payen, demostrará que una sustancia fibrosa, a la que llamó celulosa en 1839, podía aislarse mediante el tratamiento de la madera con ácido nítrico, la extracción de dicha sustancia abrió las puertas para la producción de pulpa de madera, mediante métodos comerciales de deslignificación, incluyendo los procesos con sosa que patentaron Watt y Burgers en 1853, el proceso del sulfito inventado por Tilgman 1866, el proceso Kraft desarrollado por Eaton (1870) y Dabl (1879). Para el siglo veinte existen varios métodos para el blanqueo, numerosos refinamientos de dichos procesos que han conducido al rápido desarrollo y adaptación del papel, no solamente por ser el material básico para la comunicación sino también su utilidad como envolturas, fabricación de envases, varios productos desechables, empaques, aislantes y otros más (Casey, 1990).

La industria papelera en México es muy reciente, gracias a que así lo exigieron las necesidades del país. Las primeras fábricas se instalaron durante la época porfirista, en regiones cercanas a la ciudad capital de México: Coyoacán, Peña Pobre, San Rafael. Más tarde se crearon otras en Jalisco (Atenquique), con capital de Nacional Financiera, y en Oaxaca, casi en los límites de Veracruz (Tuxtepec). Todavía la República Mexicana no se autoabastece de papel, por lo que tiene que importarlo en grandes cantidades.

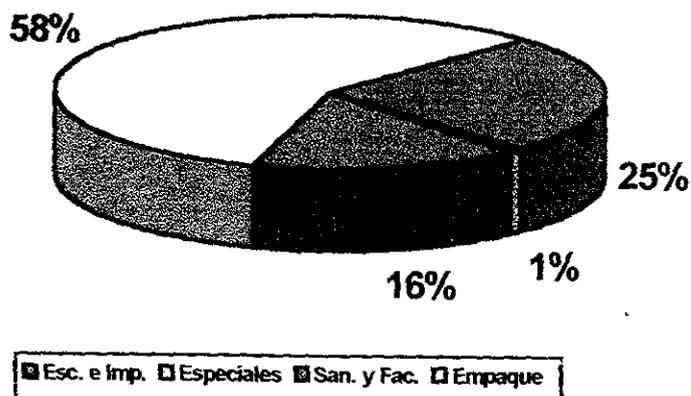
Por otra parte, la industria de la celulosa y el papel se caracteriza por mantener un nivel de inversión constante, manteniendo niveles muy dinámicos de crecimiento por su alto nivel de tecnificación y concentración existente (Farrera, 1995).

### **3.5. Perfil de la Industria Papelera**

Durante 1995 se produjeron 3,047,153 T de papel de las cuales el 58% corresponde al utilizado para empaque, siendo este sector el de mayor contribución al volumen de producción y de consumo de fibra secundaria, seguido por los papeles de escritura e impresión con un 25%, los sanitarios y faciales con un 16% y los especiales con un 1%, (Gráfica 1)

## GRÁFICA 1.

### PRODUCCIÓN DE PAPEL 1995

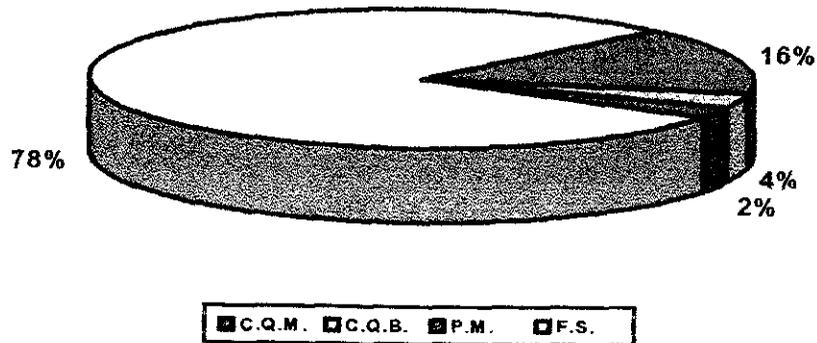


Fuente: INARE, 1996.

El consumo de materias primas para la fabricación de papel en 1995 fue de 35,000,000 T de las cuales 2,740,000 T fueron de fibra secundaria con una contribución del 78% del consumo total de fibras, un 16 % de celulosa química de madera, 2% de pastas mecánicas, 0.3% de otras celulosas y 4% de celulosa química de bagazo de caña, entre las muchas fibras agrícolas utilizadas para la fabricación de pulpa, el bagazo de caña de azúcar destaca, debido a que, los costos de recolección y limpieza del material son cubiertos por el proceso de extracción de azúcar, y cuando se compra al ingenio, está se encuentra en excelente condición para su procesado ulterior. Sus fibras son rígidas y de contornos irregulares tienen una longitud de 1.7 mm y un diámetro de 20  $\mu\text{m}$ . El parénquima se distingue por su anisotropía y sus variadas e irregulares formas, la fina pared celular permite un lumen mayor, y con ello cumple adecuadamente con sus funciones de almacenamiento y reserva de la planta. Desde el punto de vista de sus parámetros biométricos, estas fibras se clasifican como cortas, comparables con las de maderas duras. A partir de bagazo se pueden producir prácticamente todos los tipos de pulpa (Gráfica 2)

## GRÁFICA 2

### CONSUMO DE MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE PAPEL



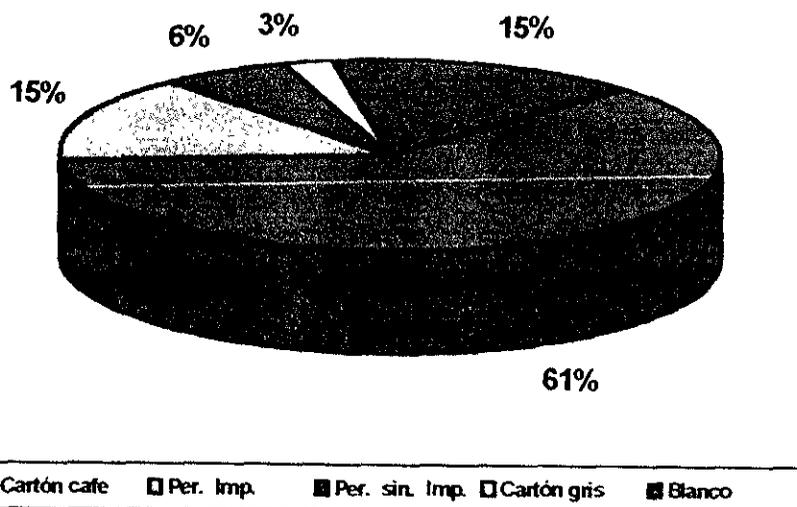
C.Q.M. = Celulosa Química de Madera  
 C.Q.B. = Celulosa Química de Bagazo  
 Fuente: INARE, 1996.

F.S. = Fibra Secundaria  
 P.M. = Pasta Mecánica

Por otra parte, del consumo total de fibra secundaria el 64% corresponde a cartón corrugado café, 15% a periódico con impresión, 15% a fibra blanca, 6.2% a periódico sin impresión y 3% a cartón gris (Gráfica 3).

## GRÁFICA 3

### CONSUMO DE PAPEL Y CARTÓN RECICLADO

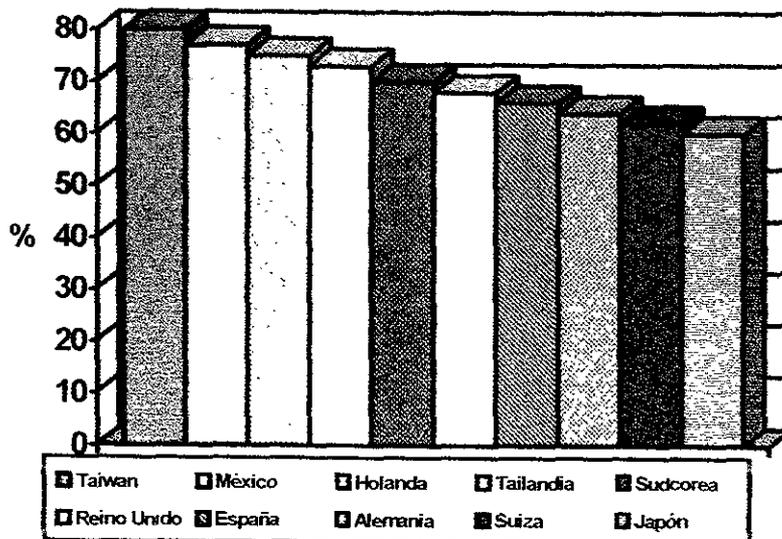


Cartón café, periódico con impresión (Per Imp), blanco, Periódico sin impresión (Per sin Imp) y cartón gris  
 Fuente: INARE, 1996

En tanto que, México ocupó en 1997 el segundo lugar entre los países recicladores de fibra secundaria en el mundo (Gráfica 4).

GRÁFICA 4.

PAÍSES RECICLADORES MAS IMPORTANTES EN 1997

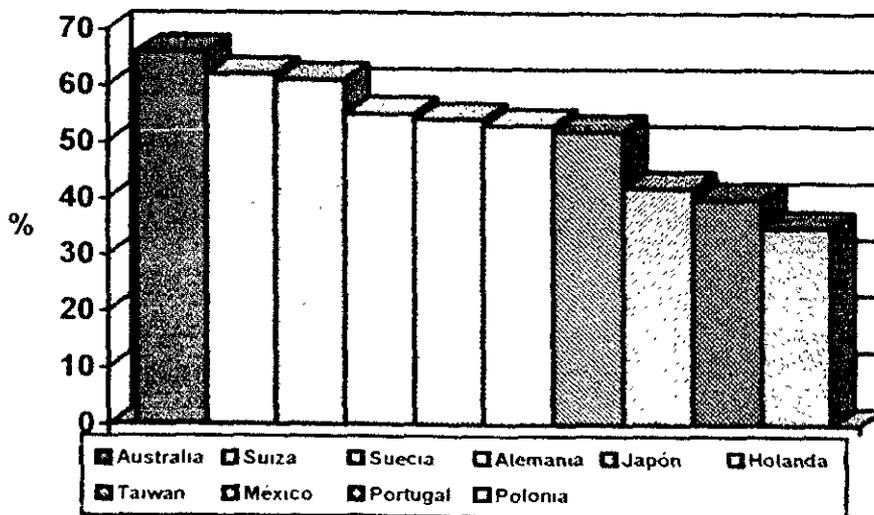


Fuente: CNICP, 1998.

Así mismo, México se ubico en octavo lugar entre los países con mayor recolección de fibra secundaria con el 42%, este porcentaje no cubre las necesidades del país, por lo tanto, importamos papel de residuo de Estados Unidos (Gráfica 5),

GRÁFICA 5

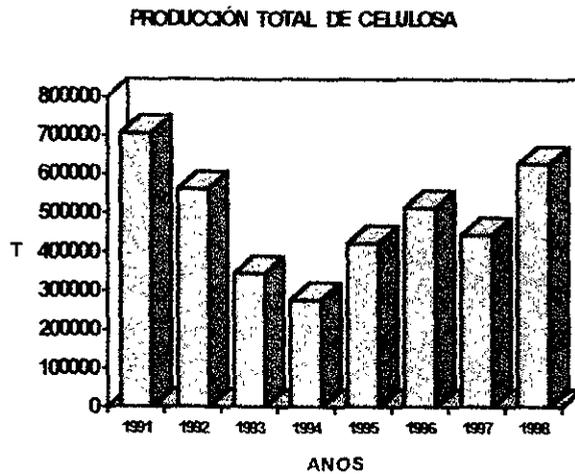
PAÍSES RECOLECTORES MAS IMPORTANTES EN 1997



Fuente: CNICP, 1998

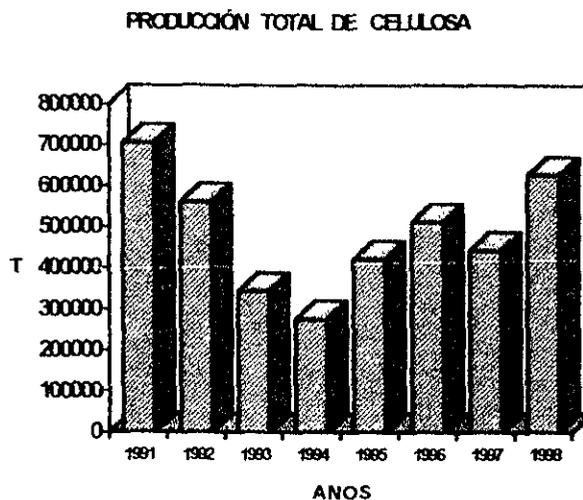
De acuerdo a cifras preliminares del Sistema de Cuentas Nacionales de México que lleva a cabo el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) se estima que durante 1998 el producto interno bruto del sector celulósico papelerero registró un incremento del 4.8%. Este sector representó 0.4% del PIB Nacional; 1.5% del industrial y 2.0% del manufacturero. La capacidad establecida para la producción de celulosa en 1998 representó 750,000 T, mientras que la capacidad situada para la fabricación de papel fue de 4,000,251 T (Gráfica 6 y 7). El total de la capacidad de fabricación de celulosa y papel, se distribuyó en 63 plantas y 18 entidades incluyendo el D. F. dando empleo directo a 27,701 personas.

GRÁFICA 6.



Fuente: CNICP, 1998

GRÁFICA 7



Fuente: CNICP, 1998.

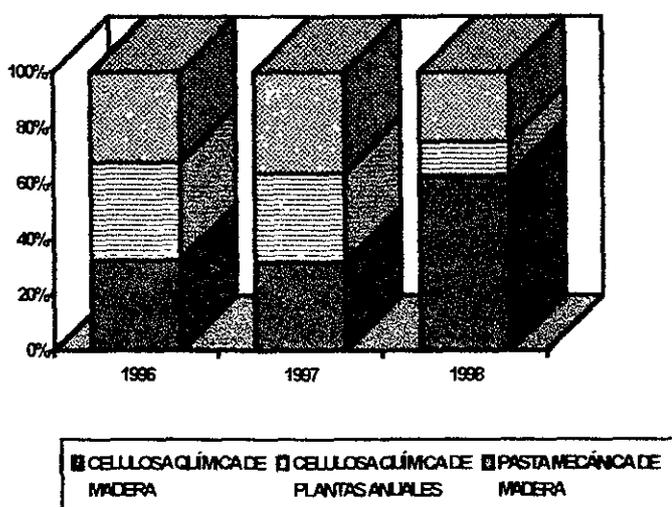
En 1998, la producción total de celulosas y pastas reflejó un incremento del 19%, respecto de 1997. Al analizar la producción de celulosas, se observó que todos los rubros reflejan

crecimientos, siendo los más destacados los bagazos de caña blanca con 35.7% y la pasta termomecánica con 14.89%.

En tanto que la participación relativa por grupos en la producción de celulosa durante el mismo año fue 62.8% de celulosa química de madera, 34.6% celulosa química de plantas anuales y 2.6% pasta mecánica de madera (Gráfica 8).

GRÁFICA 8

**PARTICIPACIÓN RELATIVA POR GRUPOS EN LA PRODUCCIÓN DE CELULOSA**



Fuente: CNICP, 1998.

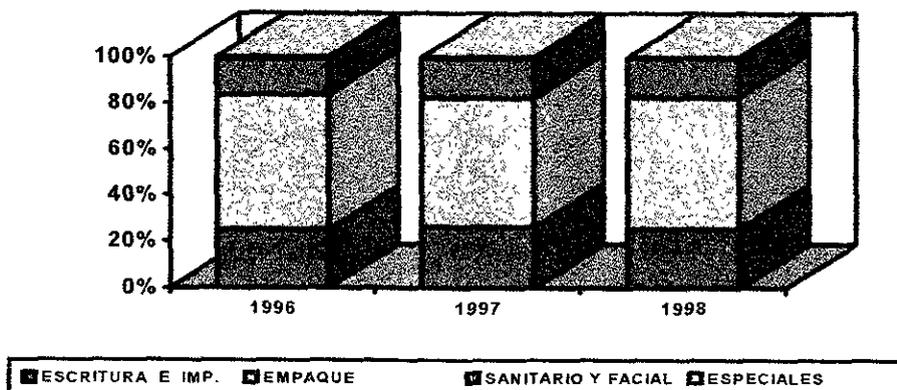
En 1998, el volumen de importaciones de materias primas fibrosas, ascendió a 1, 880,000 T no se registró exportaciones de celulosa en este año.

Las exportaciones de papel reflejaron un incremento del 21% lo que en términos absolutos representaron 39,900,000 T al pasar de 189,600,000 a 229,500,000 T y en las importaciones hubo un incremento del 12.4% respecto a 1997 (CNICP, 1998), (Gráfica 9).

La producción total de papel durante 1998, respecto al mismo periodo del año anterior, reflejó un crecimiento del 5 1%, representado en términos absolutos 177, 800 T, al pasar de 3,491,500 a 3,669,300 T Por rubros estos incrementos fueron en: periódico 8 9%, cajas 6.9%, cartoncillos 18.8% y sanitarios y faciales 4.4%. Por el contrario reflejan disminución escritura e impresión 1.6%, sacos 1.9%, bolsas 16 3%, envolturas 6.6% y especiales 1.7% (Anexo 1)

### GRÁFICA 9

PARTICIPACIÓN RELATIVA DE LA PRODUCCIÓN DE PAPEL POR GRUPOS

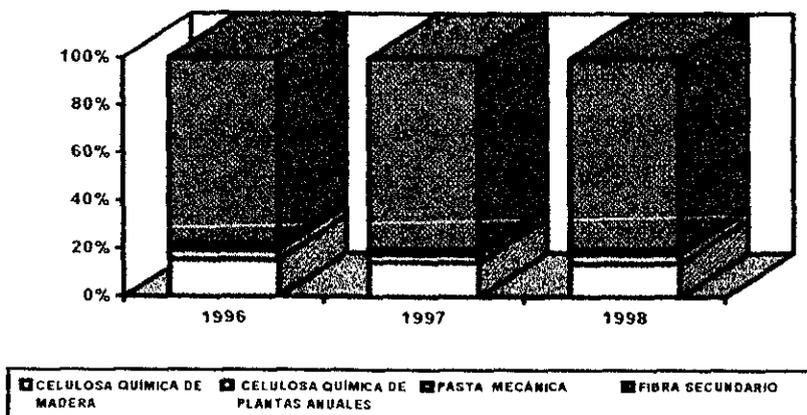


Fuente: CNICP, 1998.

El índice de recolección de fibras secundarias (definido como el cociente del consumo de fibras entre el consumo aparente de papel), fue de 46.3% reflejando un incremento con relación al índice de 1997, que fue de 44.5%. El consumo total de materias fibrosas para la producción de papel creció 3.8%, la mezcla fue de 20% de fibra virgen y 80% de fibra secundaria (Gráfica 10) (CNICP, 1998).

### GRÁFICA 10

PARTICIPACIÓN RELATIVA DEL CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS FIBROSAS EN LA PRODUCCIÓN DE PAPEL

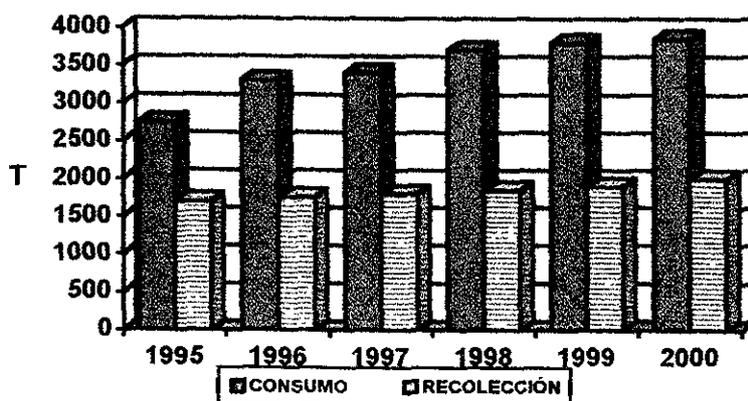


Fuente CNICP, 1998

La gráfica 11 representa una visión prospectiva de los consumos esperados de fibra secundaria en México hasta el año 2000, así como la recolección esperada en este lapso de tiempo, las expectativas en recolección son del 51% respecto al consumo

## GRÁFICA 11

### CONSUMO ESPERADO Y POSIBILIDADES DE RECOLECCIÓN DE PAPEL RECICLADO NACIONAL



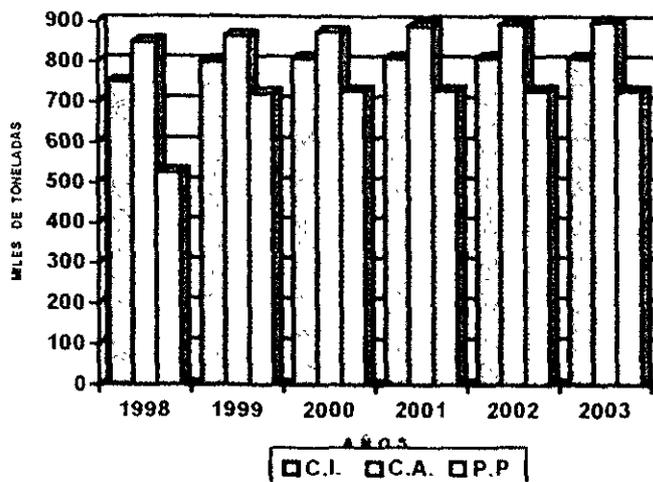
Fuente: INARE, 1998.

De acuerdo a estimaciones de la Comisión de Planeación y Estadísticas de la CNICP y con base a perspectivas de la economía nacional para los próximos cinco años, se espera que para el año 2003, el consumo aparente de papel aumentará en 1,333,000 T respecto a 1998, estimando alcanzar 5,992,800 T, así como un incremento en la capacidad instalada para la producción de papel de 412,000 T para esa misma fecha, alcanzando una capacidad estimada de 663,000 T.

Para satisfacer la producción estimada de papel en el año 2003, se proyecta un consumo de 5,052,000 T de materia fibrosa, lo que significa un incremento de 808,000 T respecto de 1998 (Gráfica 12 y 13) (CNICP, 1998).

## GRÁFICA 12

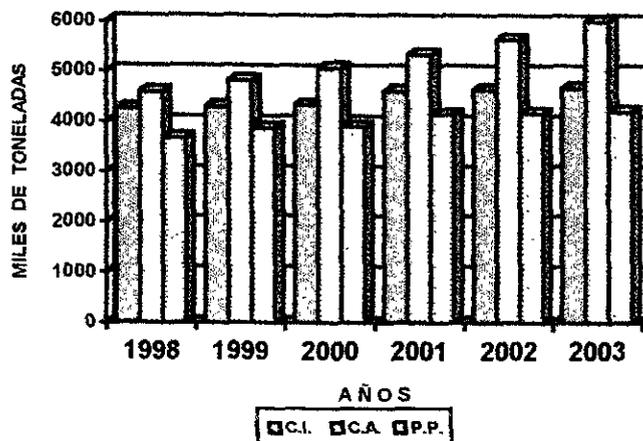
### PRODUCCIÓN DE CELULOSA A FUTURO



Fuente: CNICP, 1998

GRÁFICA 13.

PRODUCCIÓN DE PAPEL A FUTURO



C.I. = Capacidad instalada.  
 C.C. = Consumo aparente.  
 P.P. = Posibilidades de producción  
 Fuente: CNICP, 1998.

### 3.6. Características de la Celulosa

#### 3.6.1 Propiedades químicas y físicas de la celulosa

La celulosa tiene significados diferentes para distintas personas. Para los químicos orgánicos significa  $\beta$ -D (1-4) glucopiranososa, para los tecnólogos significa una entidad asintótica, con frecuencia denominada - celulosa que representa la parte insoluble en álcali de la pulpa de madera, para el biólogo ambientalista significa, finas microfibrillas de las paredes de la célula de las plantas (Casey, 1990) La celulosa existe en un 40-70% como componente básico en el material de las plantas leñosas y es producida al igual que otras sustancias naturales.

Esta formada por una cadena  $\beta$ -D glucosa consiste por lo menos de 14, 000 unidades de glucosa (fig 1). Su porcentaje en plantas varía del 40% en algunas maderas a 95% en algodón, las hemicelulosas comprenden a los polisacáridos de bajo peso molecular, de diversos tipos de azúcares, la cantidad de estas varía entre 10 y 30%. La lignina es un complejo formado por un polímero tridimensional de residuos de fenilpropano y está depositado en un estado amorfo alrededor de las microfibrillas de celulosa. Las propiedades físicas de las fibras celulolíticas radican especialmente en la fuerza mecánica y su insolubilidad en agua fría, caliente, solventes orgánicos neutros; como gasolina, alcohol, benceno, éter, cloroformo y tetracloruro de carbono; en soluciones acuosas diluidas de ácidos y álcalis, pero se disuelve en ácido sulfúrico a una concentración de 72 al 75% y en ácido clorhídrico al 44% aunque esto va a depender si la solución esta a temperaturas bajas (Libby, 1983).

Un solvente característico para la celulosa son los hidróxidos cuaternarios de amonio, como el hidróxido de dibencil-dimetil-amonio pero un solvente más reciente contiene un complejo de sodio del tartrato de hierro disuelto en un exceso de hidróxido de sodio; estas soluciones resultan aparentemente claras, estables e incoloras y prácticamente no se afectan por el aire o el oxígeno, ambas soluciones nos permite estimar el número de veces que la unidad de glucosa se presenta en una preparación de celulosa.

La celulosa no se puede considerar como una estructura de cadena simple, la cadena se puede interconectar con un enmascaramiento de grupos hidrofílicos y su estabilidad se incrementa; según el análisis estructural de rayos X contiene áreas no cristalinas con regiones enrejadas cristalinas alternas (Schelegel, 1990).

A través de investigaciones se ha encontrado que es un polímero de la D-glucopiranososa cuyo peso molecular es aproximadamente 50,000 a 2,500,000 que es el equivalente de 300 a 15,000 restos de glucosa (Atlas y Bartha, 1993).

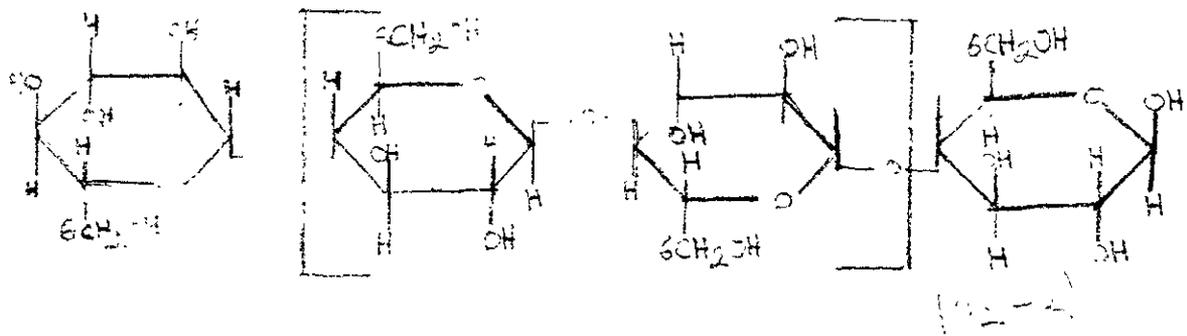


Fig. 1. Estructura de la Celulosa  
Fuente. Schelegel, 1990.

### 3.6.2 Microorganismos celulolíticos

Existen microorganismos desintegradores productores de enzimas “celulasa” que catalizan la hidrólisis de dicho polímero, ya sea por el extremo o al azar. El mecanismo utilizado por la “celulasa” es un complejo enzimático que actúa en dos etapas. Primeramente hay pérdida de la estructura cristalina causado por la degradación de los enlaces glucosídicos y de hidrógeno entre las moléculas. Posteriormente se lleva a cabo una hidrólisis de la celulosa a celobiosa, y finalmente dicha glucosa es absorbida por el desintegrador o entra a la fuente de carbono soluble. Por otra parte, existen diversos organismos que realizan esta degradación los cuales varían según el medio. Por ejemplo, en condiciones aeróbicas; hongos tales como: *Chaetomium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Penicillium* y algunas bacterias como son: *Cytophaga*, *Bacillus*, *Pseudomonas* (Grant y Long, 1989). En tanto que en condiciones anaerobias existen organismos como: myxobacteria, eubacteria y clostridia. Se ha determinado que el hongo juega un rol importante en la degradación de la celulosa bajo condiciones aeróbicas, por ejemplo: las especies del género *Fusarium* y *Chaetomium* son muy eficientes, pero por su alta toxicidad no se contemplan para el estudio (Schelegel, 1990).

### 3.7. Características del hongo *Trichoderma reesei*

El hongo imperfecto *Trichoderma reesei* (Nogawa; et. al, 1997) y *Sporotrichum pulverulentum*. tiene actividad celulolítica (Burns y Slater, 1982; Schelegel, 1990). Dichos hongos pertenecen a la familia Adelomycetes o Deuteromycetes. Según la clasificación de los géneros tomados de Herrera y Ulloa, 1990, pertenece a la división Eumycota II, subdivisión Deuteromycota, clase Hyphomycetes, orden Moniliales, familia Moniliaceae, género *Trichoderma*.

La subdivisión Deuteromycotina comprende una gran cantidad de especies de hongos (unas 15, 000) su reproducción se realiza solamente por mecanismos asexuales o parasexuales, cuya fase sexual se desconoce, se encuentra dividida en tres clases, Blastomycetes, Hyphomycetes y Coelomycetes.

En la fase asexual o conidial la mayoría de estos es muy semejante a los estados conidiales de algunos ascomicetes bien conocidos. Su estructura somática, típicamente forma un micelio bien desarrollado, septado y ramificado, con los compartimentos o células generalmente multinucleados. Los septos de las hifas en la mayoría de las especies son del tipo encontrado en ascomicetes, con un poro central que permite el paso de núcleos y organelos citoplasmáticos de un compartimento a otro. Sus estructuras reproductoras son esporas especiales conocidas como conidios que es una spora asexual, no móvil, usualmente formada en el ápice o en la pared lateral de una célula fértil especializada llamada célula conidiógena.

Dentro de los hongos imperfectos existen diferentes tipos de conidios que adoptan formas imaginables, pueden ser esféricos, ovoides, elipsoidales, elongados, cilíndricos, filiformes, espiralados o de otras formas. Además pueden ser unicelulares o multicelulares, los conidios también pueden ser hialinos o pigmentados, producidos individualmente o en grupos. (Herrera y Ulloa, 1990).

La clase Hyphomycetes, cuenta con aproximadamente 10,000 especies son los más trabajados en diferentes proyectos científicos debido a su importancia directa e indirecta que tienen para el hombre. Sus conidios se reproducen en conidióforos solitarios o agrupados en sinemas o en esporodonzos y nunca producen esporóforos más completos como los acérvulos y los picnidios.

Orden Moniliales, son un grupo muy grande muchas de ellas de inmensa importancia, utilizados en las industrias, algunos patógenos para plantas, animales y el hombre además de tener una participación en fenómenos biológicos y ecológicos muy interesantes, en el suelo como saprobios y otros parásitos o depredadores de pequeños animales. Se dividen en las familias Agonomycetaceae, Moniliaceae, Dematiaceae, Stilbellaceae y Tuberculariaceae.

La familia Moniliaceae, incluye todos los hongos imperfectos que se reproducen sus conidios en conidióforos hialinos, o directamente de hifas hialinas. La mayoría de las especies son saprobias, pero muchas otras son patógenas de plantas y animales,

depredadoras de pequeños animales o patógenas del hombre (Velasco y Tayz, 1986). El hongo *Trichoderma reesei* pertenece a esta familia es muy común en el suelo, caracterizado por su notable actividad celulolítica; Esta especie desarrolla conidióforos con verticilios de fiálide cortas, que producen conidios blásticos en sucesión basípeta, pero como son mucilaginosos se acumulan en bolas sobre la punta de las fiálides, apareciendo al microscopio como gotitas refringentes, ha sido señalada como causante de gastroenterocolitis en varios animales domésticos debido a su ingestión (Herrera, 1990).

El siguiente esquema muestra la degradación de la celulosa la cual es catalizada por celulasa que contiene un sistema de tres enzimas.

- (1) Endo  $\beta$ -1,4-glucanasa unida a  $\beta$ -1,4 enlace en el centro de las macromoléculas y produce una cadena larga libre al final.
- (2) La exo  $\beta$ -1,4-glucanasa es removida por celobiosas que forma al final cadenas de celulosa.
- (3) La  $\beta$ -glucosidasa es hidrolizada por la celobiosas con la formación de glucosa (Hudson, 1980) (fig. 2).

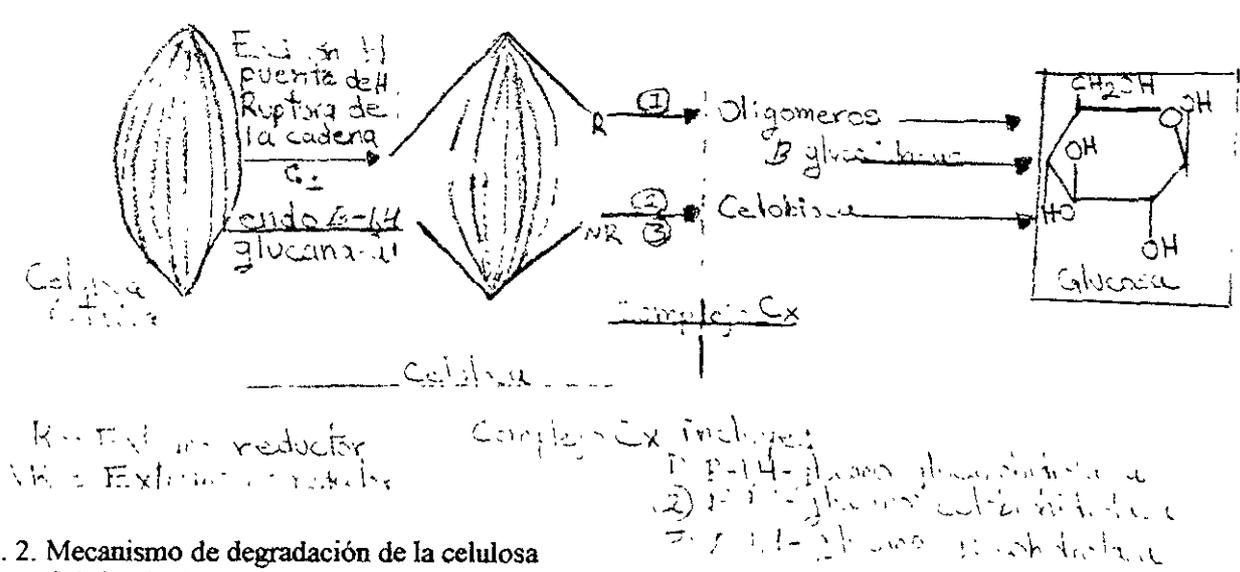


Fig. 2. Mecanismo de degradación de la celulosa  
Fuente. Schelegel, 1990.

Los avances industriales, han implicado desde el aislamiento, la modificación y la aplicación de la celulosa bajo la forma de un polímero fibroso o estructural. El hecho de que el material celulolítico pueda ser hidrolizado hasta sus azúcares y ser utilizados como fuente de alimento, alcohol y productos químicos industriales, ha creado otro tipo de oportunidades industriales, una de estas oportunidades sería la recuperación de celulosa de los residuos sólidos papel y cartón.

Existen actualmente métodos en fase experimental que pueden utilizar todo material que contenga fibra de celulosa natural (madera, trapos, papel, tallo de caña de azúcar y junco de pantanos), la cual se puede reducir a pulpa y convertirse en fibras útiles. Como podemos

ver el aislamiento de la celulosa es la principal finalidad, esto ha sido tema de muchas investigaciones, debido a que es el principal componente de las paredes celulares de los vegetales y a su amplia utilidad para la industria textil y papelera.

### 3.8. Procedimientos para la Obtención de Pulpa

Para elaborar pulpa, es necesario liberar las fibras celulósicas de los materiales lignocelulósicos con un tratamiento químico, mecánico o con una combinación de ellos; el tratamiento que se le da a los vegetales fibrosos se le denomina pulpeo. En el siguiente cuadro se presentan los procesos clásicos de obtención de pulpa. También la materia prima más utilizada, los reactivos químicos empleados y la energía aplicada. El desarrollo de estos procesos y la obtención de las correspondientes pulpas se justifica por los diversos tipos de papel que con ellas se fabrican (Sanjuán, 1997).

**CUADRO 2. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA CELULÓSICA.**

Proceso de obtención	Tipo de pulpa	Materia prima	Reactivos empleados	Energía aplicada
MECANICO	Mecánica de tronco Mecánica de astillas Termomecánica	Abeto Eucalipto Salicáceas	Ninguno	Desfibrado mecánico intenso Tratamiento térmico con vapor Desfibrado mecánico energético
SEMIMECÁNICO	Sosa fría (astillas) Sulfito de sodio (astillas) Químico (astillas) Químico (paja) Químico (bagazo)	Eucalipto Encino Maderas varias Paja Bagazo	NaOH Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> + NaHSO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Impregnación con reactivo + desfibrado mecánico energético
SEMIQUÍMICO	Sulfito neutro Sulfito semiquímico Sulfato semiquímico Sosa semiquímica	Salicáceas Eucalipto Encino Bagazo	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> + NaHCO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> S + NaOH NaHSO <sub>3</sub>	Acción química suave Tratamiento térmico intenso + desfibrado mecánico suave
QUÍMICO	Sulfato (Kraft)	Pino Araucarias Eucalipto Salicáceas Encino Abedul Haya y otros	Na <sub>2</sub> S + NaOH	Acción química intensa + tratamiento térmico intenso
	Sulfito ácido de calcio	Abeto Encino Araucarias Eucalipto Abedul	Ca(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
	Bisulfito de sodio Bisulfito de magnesio Bisulfito de amonio	Abeto Araucarias Encino	NaHSO <sub>3</sub> Mg(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	
	Stora Sivola	Eucalipto Abedul	NaHSO <sub>3</sub> /SO <sub>2</sub> NaHSO <sub>3</sub> /Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	
	ASAM	Diversas	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> /NaOH/AQ/CH <sub>3</sub> OH	

Fuente: Sanjuán, 1997

Existen cuatro procedimientos que llevan a cabo las industrias de la celulosa y el papel para obtener pulpa, utilizando materia prima virgen, la cual se puede sustituir proporcionalmente por materia prima reciclada; dichos procedimientos se describen a continuación.

### 3.8.1. Producción de pulpa mecánica

Este proceso implica la reducción mecánica de las astillas de madera mediante un molino de disco de fricción construido con precisión, que se denomina refinador; con esto se produce pulpa más resistente, que la obtenida por molienda con piedras, ampliaba los tipos de materias primas que podían utilizarse para producir pulpa aceptable y ofrecía la posibilidad de reducir la cantidad de costosas fibras químicas requeridas como materia prima para el papel periódico.

La producción de la pulpa con refinador mecánico se realiza en dos etapas básicas. La primera etapa, denominada desfibrado convierte la estructura original de la madera en fibras simples. La segunda etapa, denominada fibrilación reduce una parte de las fibras a fragmentos de pared celular, esta separación requiere poca energía específica (Casey, 1990).

Estos procesos son efectivos para eliminar la mayor parte de la lignina, sin embargo, contra lo deseado, también degradan cierta cantidad de celulosa, de manera que el rendimiento es bajo en relación con el pulpeo mecánico (usualmente entre 40 y 50% del material fibroso original) (Sanjuán, 1997).

### 3.8.2. Producción de pulpa semimecánica

En este procedimiento existe un pretratamiento químico de las astillas de madera seguido por un refinado mecánico que se aplica principalmente a la madera dura (pino y oyamel) ya que debilita la estructura fibrosa, existen algunos pretratamientos que se realizan a las maderas duras para la obtención de pulpa químicomecánicas, los cuales se describen a continuación:

#### a) Proceso a la sosa fría:

El proceso implica el remojo de las astillas de madera en solución de hidróxido de sodio a bajas temperaturas antes de proceder al refinado. El hidróxido de sodio produce una hinchazón de la hemicelulosa y de la región amorfa de la fibra, por lo general, el tiempo de remojo es de 30 a 120 minutos a la presión atmosférica. El aumentar la temperatura hasta los 80°C mejora las propiedades físicas de la pulpa; cuando mayor es la cantidad de álcali absorbido, es menor la energía de refinado requerida para llevar la pulpa a una resistencia elevada. La pulpa tendrá más fibras largas y por lo tanto, menos blancura y reducirá el rendimiento.

#### b) Tratamiento al sulfito de sodio:

El proceso es adecuado para su aplicación a maderas duras de baja densidad, se utiliza para sulfonar la lignina. El sulfonato convierte la lignina hidrofílica nativa en ácido lignosulfónico de manera que la fibra podrá hincharse y absorber agua, como consecuencia de ello estas fibras producirán una hoja bien unida y relativamente fuerte.

#### c) Tratamiento al sulfito ácido:

Es otro método para producir pulpa mecánica pretratada químicamente, a fin de lograr una resistencia más alta, incluye el impregnado a presión atmosférica durante 60 minutos con

una solución de sulfito ácido a un pH de 1.5 a 2 o seguido por la vaporización en un digestor de fase vapor aproximadamente 120°C, se utiliza en maderas suaves y el tipo de papel resultante presenta mejores cualidades para la impresión (Grat y Long, 1985).

### 3.8.3. Producción de pulpa semiquímica

La pulpa termomecánica se desarrollo originalmente para el uso en la industria del periódico pero sus características la hacen adecuada para otros grados de papel, como papel para publicaciones, en hojas revestidas de bajo peso, cartones, papeles tisú y productos absorbentes, tiene gran aceptación debido a su alta consistencia física tanto en estado húmedo como en estado seco, cuenta también con un volumen menor de la pulpa, lo cual da mayor resistencia y solo se utilizan maderas suaves (álamo, álamo negro), el reciclamiento de estos grados de papel tiene una corta vida, es decir que solo se puede reciclar 2 a 3 veces, antes de perder completamente su utilidad.

### 3.8.4. Producción de pulpa química

La producción de pulpa con este método, es para maderas suaves, y se puede obtener una pulpa más fuerte que con cualquier otro método mecánico de producción pero esta resistencia más alta se puede obtener únicamente con niveles más bajos de drenado, también permite aumentar la suavidad de las astillas mientras conserva un rendimiento superior al 90% produciendo una fibra con una flexibilidad muy grande y que se puede refinar con un mínimo de cortes a las fibras y el papel resultante es kraft (Casey, 1990).

## 3.9. Fabricación de Papel

Las exigencias de la calidad comercial del papel han conducido a fabricar varios tipos de pulpa empleando diferentes procesos de pulpeo y también empleando diversas materias primas. Por lo tanto, es necesario vigilar ciertas características de las fibras para asegurar la obtención de una buena calidad. Tales como: longitud, densidad, daños físicos, daños químicos, naturaleza y distribución de la lignina residual, naturaleza y distribución de las hemicelulosas.

La fabricación de papel se efectúa en dos fases: reducción de la madera en pulpa y la fabricación del producto final: el papel.

Si se parte de pasta ya fabricada y seca se iniciará con la operación llamada preparación de pastas y culminara en la etapa de lejiación (INE,1993).

Al hablar de fabricación de papel, la gama es variadísima, si bien puede agruparse en dos tipos: papeles industriales y papeles culturales. Entre los primeros pueden citarse desde los fabricados con pasta semiquímica, como es el caso de papel para ondular, pasando por los de pasta cruda, tales como el kraft para sacos y bolsas, o mezclas de química y mecánica como los de envolver, y terminando por los de tissue, glase, pergamino, que usan pastas

blanqueadas, además de la gama de papeles especiales, tales como papel para condensadores, etc. Entre los segundos destaca el de prensa, a partir de pasta mecánica, los de impresión, con pastas químicas blanqueadas, y los litos, asimismo con pastas blanqueadas y cargas minerales.

Mención aparte merecen los papeles coloreados, cuya gama es también amplísima, si bien estas industrias no suelen producir tan elevados tonelajes como las anteriores.

Raramente un papel está fabricado con el 100% de una misma pasta, dependiendo del uso que se le vaya a dar; son por lo general varios tipos de pastas que entran en la composición, ya que cada tipo aporta una propiedad diferente. Asimismo, la adición de minerales, son indispensables, sobre todo en los papeles de impresión.

Sea cual fuese el tipo de papel que se fabrique, hay un hecho que diferencia fundamentalmente esta fabricación de la de pastas químicas y semiquímicas, y es que no existen procesos de extracción, y por consiguiente, el problema de las aguas residuales será diferente, y mucho más fácil de resolver.

La primera etapa es la desintegración, las pastas se impregnan con agua y se someten a una desintegración mecánica, consumiéndose agua de aporte y agua recuperada. Posteriormente la pasta pasa a la etapa de refinado, esta consiste en separar las fibras e hidratarlas para hacerlas flexibles aquí se emplea agua para refrigeración. Después se mezclan las distintas pastas que van a intervenir en la fabricación. Hasta aquí, los desagües solo se deben, o a refrigeración (agua sin contaminar) o a agua más o menos turbia debido al arrastre de tierra y polvo que pueden acompañar a las pastas o papeles reciclados que se usan, por lo tanto el problema de estos desagües no presenta dificultad.

En el tanque de mezcla tiene lugar la adición de productos químicos (talco, caolín, bióxido de titanio, magnesia y cargas minerales); la cantidad de estas cargas es de 40% para papeles muy cargados, así que en los casos más desfavorables se eliminarán con las aguas residuales cantidades hasta de 200 Kg de carga por tonelada. Sin embargo, estas no plantean ningún problema técnico en las aguas residuales.

Simultáneamente, se adiciona una solución de sulfato de alúmina, cuya misión es actuar de agente coagulante y favorecer la retención de la carga por la fibra, en este caso la solución es ligeramente ácida. El tipo de contaminación lo constituyen los iones de sulfatos y aluminio. También se suelen añadir solución de cola animal o vegetal, resinas, caseína, almidones y otras materias, las aguas residuales arrastran algo de esta materia orgánica. Finalmente, en algunos tipos especiales se adiciona, uno o varios colorantes; en estos casos las aguas residuales llevarán colorantes y el problema es mucho más difícil de resolver.

Después de la tina de mezcla, la suspensión de pasta entra en la máquina con una consistencia de 0.5-0.6%, que al final de la parte húmeda es del 32-33%. Durante esta fase hay una pérdida de agua importantísima, a través de la tela metálica de la máquina, ayudada por las bombas de vacío y por los cilindros prensa.

Toda el agua eliminada en la parte húmeda sé recircula, si bien una parte de los circuitos de recuperación se vierte al drenaje, arrastrando consigo fibras, cargas y componentes adicionados a la cadena de fabricación.

Finalmente, viene la parte seca de la máquina en la que se lleva el papel desde el 32-33% al 92-94% de sequedad que es como se manipula después. Está pérdida de agua tiene lugar por evaporación de la hoja de papel que va pasando por entre cilindros calentados interiormente con vapor. No obstante, en esta parte hay unos drenajes, debidos en parte a la refrigeración de rodamientos de todos los accionamientos y en parte a las pérdidas del condensado procedente de los cilindros calefactores. Lógicamente estas aguas residuales no plantean ningún problema de contaminación. Igual ocurre en la sección de acabado en la que el agua se usa sólo para refrigeración en calandrias y cortadoras (Libby, 1983).

Actualmente, utilizando papel de residuo se ha desarrollado un proceso novedoso en el cual se separan las fibras que contienen tinta de aquellas que No la contienen. En dicho proceso intervienen dos reactores conectados, en los cuales el papel de residuo sé pulpea con la enzima celulasa. Después de algunas horas, las fibras de pulpa con tinta son retenidas en un contenedor por medio de una malla plástica que evita que las fibras sin tinta migren con el líquido en movimiento hacia el otro contenedor. Las fibras obtenidas son de gran longitud y resistencia, por lo tanto tienen buena calidad como fibra reciclada. Además este proceso no utiliza químicos y tampoco origina aguas residuales. Por lo tanto, representa una nueva alternativa para las industrias pastero-papeleras, ya que también ahorra energía. Este es un claro ejemplo de la tecnología limpia (Woodward; et al, 1994).

### **3.10. PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA FIBROSA Y CONTAMINANTES GENERADOS**

Para analizar el origen de los distintos tipos de contaminación a continuación se describe la preparación de la materia prima fibrosa, para el proceso de cocción.

#### **3.10.1. Madera**

Tradicionalmente, la materia prima se almacena como troncos, se descortezan, se astillan y se clasifican por tamaño –longitud y espesor- antes del pulpo.

#### **3.10.2. Descortezado**

La corteza difiere de la madera en el tipo de tejido, forma de fibra y color, por lo que No es un material propio para la obtención de pulpa y elaboración de papel, el objetivo del descortezado es eliminar al máximo la corteza, dejando la madera intacta y sin daños. Se requiere un consumo de agua del orden del 5% de la totalidad (Sanjuán, 1997).

Existen varios tipos de descortezadores. Los de tambor contribuyen con 7.5 a 10 Kg/ T de madera descortezada, y de 23 a 45 Kg de sólidos en suspensión y una DBO de 700 mg/L. Los hidráulicos emplean chorros de agua a alta presión para separar la corteza del tronco. El flujo total de desperdicio es aproximadamente de 19 a 45/cuerda y transporta 0.45 a 4.5 Kg de DBO y de 2.7 a 25 Kg de sólidos en suspensión por tonelada de producto, el efluente contiene 521 a 2350 mg/L de sólidos en suspensión, su contenido de cenizas es de 11 a 27% y el valor de DBO 52 a 250 mg/L, estos se deben al hecho de que el contacto entre el agua y la madera es breve, y no ocurre acción alguna en la molienda de la madera. Por lo general, los hidráulicos se emplea el agua fresca del proceso debido a los estrechos conductos presentes en el sistema de bombeo a alta presión. Los valores de DBO resultan muy afectados por las clases de madera que se descortezan y la estación en que se corta aquella, ya que, se debe a los jugos de madera y al agua extraíble.

Usualmente, el efluente procedente del proceso de descortezado se envía a alguna especie de sistema sedimentador independiente, antes de combinarlo con el flujo de la fábrica de pulpa para enviarlos al sistema de tratamiento de la fábrica. El efluente combinado del descortezador y del lavado de los troncos contiene gran cantidad de lodo y se asienta muy rápidamente. Del 70 al 90% del total de los sólidos suspendidos se elimina en un tiempo de asentamiento de 30 a 60 minutos (Casey, 1990).

#### **3.10.3. Astillado**

Una vez que la madera se ha descortezado, el tronco o raja se reduce de tamaño mediante la astilladora para aumentar la superficie de contacto. Las dimensiones de las astillas están determinadas por el grado de canales de comunicación existentes en los diferentes planos estructurales de la madera, dichos canales son el medio para transferir o poner en contacto la solución de reactivos (licor) que intervienen en el proceso de obtención de fibras de la matriz en donde se encuentran. La astilla se debe seleccionar por longitud y espesor antes de continuar con la cocción.

#### 3.10.4. Cocción

Cualquier proceso químico de pulpeo consiste esencialmente en mezclar la materia prima fibrosa con una solución acuosa de sustancias inorgánicas denominada licor de cocción, cuya composición varía de acuerdo con el proceso que se utilice y también con el uso que se le vaya a dar a la pulpa, las etapas de la cocción comienzan al poner en contacto el material fibroso con los reactivos inorgánicos en solución, donde tienen lugar los fenómenos de transporte: difusión, adsorción, desorción, extracción, etc., que se engloban en el efecto de impregnación de las astillas si se maneja madera. Catalizando la acción mediante la temperatura, se desarrolla la reacción con la lignina, esto es, la deslignificación.

Al final de la cocción se separa la pulpa del licor residual, el cual contiene el reactivo que no fue consumido junto con los productos de descomposición de la lignina y sales de ácidos grasos, que también se formaron en el digestor. La pulpa se lava con agua para eliminar el licor residual que pudiera acompañarla (Sanjuán, 1997).

#### 3.10.5 Tratamiento posterior a la cocción

##### a) Lejiación y lavado

En estas etapas se puede estimar que radica el 95% de los problemas contaminantes de una fábrica de pasta química. Así mismo, éste es el punto principal de la emisión de olores que suele tener un radio de acción de 8 a 10 Km en las fábricas al sulfato y al bisulfito.

Si las 1.56 T de sólidos en las lejiás residuales se recuperaran en su totalidad el problema desaparecería, desgraciadamente esto no sucede, ya que al circuito de recuperación hay que añadir una aportación de unos 80 kg sulfato sódico por tonelada de pasta, estos son las pérdidas, de las cuales un 20%, es decir 24 Kg/T se han ido con las aguas residuales al drenaje, combinados con la lignina y demás materia orgánica no recuperada, un 40%, es decir 32 Kg/T, se van adheridos e impregnados con la fibra y el resto escapa a la atmósfera en forma de compuestos sulfurados que originan los olores característicos.

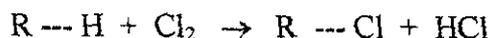
De estas etapas, se vierten al desagüe un 2% del consumo total de aguas con materia orgánica y un 5% de aguas con grasa y condensados ambas llevan fibras en suspensión.

Las lejiás se envían a recuperación. En esta fase se vierte agua residual. Las restantes etapas son similares a las de pasta mecánica y papel su único problema lo constituyen las fibras en suspensión, procedentes de la depuración y secapastas, así como sólidos en suspensión, o aguas de condensación o refrigeración (Libby, 1983).

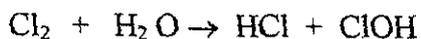
##### b) Blanqueo

El blanqueo es una continuación de la lejiación, empleando otros reactivos. Consiste en eliminar los últimos restos de lignina que no fueron retirados en la lejiación, tratándose de cantidades muy pequeñas, las aguas residuales del blanqueo no se recuperan, sino que se vierten al drenaje.

Con el empleo de cloro y sus derivados, la pasta en suspensión se hace reaccionar con  $\text{Cl}_2$  gaseoso, en esta etapa tienen lugar dos reacciones importantes. Por una parte, el  $\text{Cl}_2$  reacciona con la lignina actuando por sustitución del hidrógeno según una reacción del tipo:



Siendo R-H el radical lignínico, la reacción es exotérmica, pero al desarrollarse en fase acuosa el calor liberado es absorbido por el agua, impidiendo así que se dañe la fibra. Simultáneamente con la reacción anterior, el cloro reacciona con el agua dando agua de cloro.



Al final de esta etapa se obtienen unas aguas ácidas debido al HCl formado, la pasta entonces sometida a un lavado con agua para eliminar el agua ácida pero no la clorolignina insoluble en agua, ésta queda adherida a la fibra a la que comunica una coloración anaranjada. Para eliminar la clorolignina se somete la pasta a un tratamiento con sosa diluida en caliente, con lo cual se transforma en clorolignato sódico, de color negro, pero ya soluble en agua; por eso de este segundo tratamiento, tras un nuevo lavado en filtro de vacío, se obtiene un agua alcalina. Sin embargo, esta muy diluida y no es económica su recuperación.

A partir de esta etapa de extracción alcalina, tienen lugar tratamientos de oxidación de los últimos vestigios de lignina con tratamientos a partir de hipoclorito y bióxido de cloro con lavados intermedios; de estos lavados se obtienen unas aguas blancas, ligeramente ácidas, pero sin cantidades apreciables de lignina. Más bien se trata de cloruros e hipocloritos diluidos, que se reciclan. El consumo de agua de una fábrica de pasta química con blanqueo puede estimarse en unos  $200 \text{ m}^3/\text{T}$ , correspondiendo al blanqueo unos  $100 \text{ m}^3/\text{T}$ .

En cada una de las etapas de producción se generan aguas residuales de proceso – las resultantes de la producción de un bien o servicio comercializable - (DOF, 1998). En el siguiente cuadro se resumen sus características las cuales se clasifican en tres tipos: I que no requieren tratamiento, II cuya solución técnica y económica está resuelta fácilmente, y III en las que radica la gravedad del problema.

**CUADRO 3. VERTIDOS MÁS PROBABLES DE LAS FÁBRICAS AL SULFATO**

ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN	PORCENTAJE
PATIO DE MADERA Lavado Desperdicios Desagües del suelo	Aguas turbias con sólidos en suspensión, principalmente cortezas, astillas y tierra	I	5
CAUSTIFICACIÓN Sedimentos Desagües arenosos Refrigeración Desagües del suelo	Aguas turbias, con abundantes aportes de sales minerales, pero sin materia orgánica	II	20
EVAPORACIÓN Condensadores Refrigeración	Aguas limpias	I	5
Aguas de últimos lavados Reboses de lejías	Aguas con materia orgánica	III	2
PASTA Reboses Lavado de pasta	Aguas con materia orgánica	III	2
Aguas de refrigeración Condensados	Aguas con algo de grasa	II	5
DEPURACIÓN Aguas de lavado Aguas de refrigeración	Aguas con materia en suspensión Aguas limpias	II I	15 5
SECADO DE PASTAS Reboses Recuperación de fibras	Aguas con materia en suspensión	II	20
CENTRAL TÉRMICA Lavado Refrigeración	Aguas ácidas con materia mineral en suspensión	II	16

Fuente: Lara y Miro, 1978

### 3.11. Los Parámetros de la Contaminación de la Industria Pastero-Papelera

Los principales parámetros de la contaminación que preocupan a la industria del papel son la demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, temperatura, toxicidad, color, pH y sólidos. En las operaciones para producción de pulpa con madera molida, o con procedimientos químicos mecánicos o termomecánico y algunas operaciones de producción de pulpa Kraft, sosa y semiquímica el color del efluente, y la salida de sustancias tóxicas es también motivo de interés. Debe estudiarse el método de eliminación del agua de desecho, porque cuando menos el 90% del agua que entra a la planta la abandona ya sea como fuente de algún subproducto de enzimas y productos químicos, como vapor o como efluente de desechos incorporando estos contaminantes a las aguas de drenaje municipal.

Por otro lado, la adición de agua que contiene energía térmica a un río hará que se eleve la temperatura del mismo y ocasionará un incremento en la velocidad metabólica de los organismos que ahí viven, lo que producirá una demanda mayor en cuanto a los recursos de oxígeno. Este aumento en la temperatura puede dar lugar a un desplazamiento de la población en los tipos de organismos presentes.

La EPA recomienda una temperatura máxima promedio en el cuerpo receptor de 32 °C, con una elevación máxima permisible por encima de la temperatura que naturalmente existe de

18 °C. En caso de los lagos, el promedio tolerable de aumento será de 16 °C. Los efluentes de las fábricas de pulpa y papel están en general por encima de la temperatura ambiente, de manera que pueden ocasionar problemas potenciales de contaminación térmica, pero este problema se manifestará sólo cuando los flujos receptores sean pequeños (Casey, 1990). De acuerdo con el cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización así como, la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Los cuales se muestran en el cuadro 4 (DOF, 1997).

**CUADRO 4. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE CONTAMINANTES**

PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	CUERPOS RECEPTORES								
	TIPO A			TIPO B				TIPO C	
	Ríos con uso de riego agrícola Acuíferos	Aguas costeras con explotación pesquera navegación y otros usos	Suelos con uso en riego agrícola	Ríos con uso público urbano; Acuíferos	Embalses naturales Y artificiales con uso en riego agrícola	Aguas costeras con uso en recreación	Estuarios	Humedades naturales	Ríos con uso en protección de vida Acuática; embalses naturales con uso público urbano, Acuíferos
	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.	P.M.
Grasas y Aceites	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Sólidos Suspendidos totales	150	150	N.A.	75	75	75	75	75	40
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	150	N.A.	75	75	75	75	75	30
Nitrógeno total	40	N.A.	N.A.	40	40	N.A.	15	N.A.	15
Fósforo total	40	N.A.	N.A.	40	40	N.A.	15	N.A.	15
Arsénico (*)	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Cadmio (*)	0.2	0.1	0.05	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Cianuros (*)	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1
Cobre (*)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Cromo (*)	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
Mercurio (*)	0.01	0.01	0.005	0.005	0.01	0.01	0.01	0.005	0.005
Níquel (*)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Plomo (*)	0.5	0.2	5	0.2	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2
Zinc (*)	10	10	10	10	10	10	10	10	10

(\*) Medidos de manera total N.A. No Aplica

P.M. Promedio Mensual

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 1998.

NOM-001-ECOL-1996.

Para los efectos de dicho cuadro, se entiende que la concentración de los contaminantes arsénico, cadmio, cianuros, cobre, mercurio, níquel, plomo y zinc debe ser considerada en forma total

Para coliformes fecales, si la descarga presenta un valor que supere el límite máximo permisible de 1,000 como número más probable (NMP) por cada 100 ml, se causará el derecho conforme a las disposiciones del capítulo XIV; donde menciona que: están obligados a pagar el derecho por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales.

Para el potencial de Hidrógeno (pH), si la descarga presenta un valor superior a 10 o inferior a 5 unidades, se causará el derecho conforme a las disposiciones del mismo capítulo (CNA, 1998).

La industria de la pulpa y del papel ocupa el tercer lugar, en demanda de agua, entre las industrias de procesos húmedos, utilizando aproximadamente 15,000,000 m<sup>3</sup>/día. El consumo de agua varía ampliamente entre las fábricas de pulpa y papel. Esto puede deberse, en parte, a los diferentes requerimientos de los diversos productos y a que algunas fábricas de pulpa y papel están integradas mientras que otras no.

El agua en la fabricación pastero-papelera, actúa como vehículo de transporte de sustancias sólidas flotantes (astillas, fibras) o de sustancias en suspensión coloidal (colorantes, almidones, compuestos lignínicos) o disueltas (sales alcalinas, sulfatos, compuestos clorados); como consecuencia de este servicio hidráulico, es inevitable que el agua adquiera una contaminación más o menos grande, dependiendo de la capacidad de recuperación interna de la fábrica.

Por otra parte el agua actúa como materia prima del proceso, ya que en la fabricación de pasta química puede incluirse dentro de un caso típico de extracción sólido-líquido en el que el sólido lo constituye el vegetal y el líquido una solución de un producto químico en el agua; el proceso de lavado es también otro caso de extracción en el que el agua se encarga de quitar sales disueltas a la pasta ya fabricada. Asimismo, en la fabricación de papel intervienen reacciones químicas, tales como la hidrólisis de las sales de alúmina, imprescindible en la fase húmeda de la fabricación de papel, y la etapa de hidratación de fibras en la fase de refinado, auténtico proceso fisico-químico de adsorción. Finalmente, el agua actúa como agente de refrigeración y servicios auxiliares (Libby, 1983).

Es de gran importancia mencionar que, en las aguas residuales obtenidas en los procesos de extracción, aparecen tres propiedades íntimamente relacionadas entre sí: color, espuma y olor. El color negro de esta agua es debido a los procesos de degradación de los compuestos de la lignina, a los productos de tipo urónico y sacárico formados por hidrólisis, y a los taninos y resinas. En tanto que, la formación de espuma es otra consecuencia de la presencia de derivados lignínicos, junto con otras sustancias celulósicas.

Finalmente, en olor en las aguas procedentes de fábricas de pastas químicas o semiquímicas no es tan importante en cuanto a los productos disueltos; es más bien debido a la presencia de gases derivados de azufre, que desaparece a corta distancia de la fábrica.

La salinidad de las aguas residuales es otra variable común a todos los tipos de fabricación. Sin embargo, ninguno de los aniones (sodio, magnesio, aluminio) o cationes (sulfato, cloro, carbonato, azufre) son peligrosos para la salud. Aunque puede que para algunas especies piscícolas o en riegos tengan alguna influencia. Los problemas reconocidos como irresolubles corresponden a las aguas residuales de pastas químicas y no a las de pasta mecánica ni a las del papel. Sin embargo, la mayoría de los intentos se basan en la reducción de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno). En el cuadro 5 se pueden observar con más claridad las características de las aguas residuales.

**CUADRO 5. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA PASTERO-PAPELERA**

TIPO DE FABRICA	CARACTERÍSTICAS									
	Vertidos m <sup>3</sup> /T	Color	Espuma	Olor	Salinidad ppm	DBO ppm	pH	Fibras ppm	M.M.S. ppm	M.O.D. ppm
Pasta mecánica	250	no	no	no	20	150	neutro	60	No, o poco	120
Pasta semiquímica Cruda sin recuperación	200	Sí	Sí	no	400	2000	9-10	150	No, o poco	1000
Proceso alcalino con recuperación	150	Sí	Sí	no	135	500	7.7-8.5	135	No, o poca	330
Semiquímica al sulfito con recuperación	150	Sí	Sí	Sí poco	135	200	6-7	135	No, o poca	330
Pasta química cruda a la sosa con recuperación	15	Sí	Sí	no	160	200	7.5-8.5	135	No, o poca	160
Pasta química cruda al sulfato	150	Sí	Sí	Sí poco	160	200	7.5-8.5	135	No, o poca	160
Pasta química Blanqueada	200	Sí	Sí	Sí	500	250	7	120	No, o poca	375
Papeles industriales sin integrar	200	no	no	no	200	100	5-6	100	50	50
Papeles culturales sin integrar	200	no	no	no	600	200	5-6	100	1000	200
Papeles coloreados	200	Sí	No con reservas	no	600	400	5-6	100	1000	200
Papeles y pastas integradas	300	Sí	Sí	Sí	600	300	7	120	350	300

M.M.S. = materia mineral en suspensión

M.O.D. = materia orgánica disuelta

Fuente: Lara y Miro, 1978.

Por otro lado la contaminación atmosférica es un problema muy complejo que comienza con las emisiones a la atmósfera de material ya sea gaseoso, líquido o sólido. El material emitido se mezcla y puede ser transportado a grandes distancias por los vientos dominantes. Durante el proceso de transporte, las reacciones químicas que ocurren alteran el estado físico y químico del contaminante. Muchos de los procesos usados para convertir la madera en pulpa, papel y cartón son fuentes de contaminación atmosférica, como los compuestos volátiles de azufre, el sulfuro de hidrógeno, metil mercaptano y dimetilsulfuro; que influyen con su toxicidad, estos compuestos imparten sabor y olor al agua que los recibe. En los efluentes de las plantas Kraft también causan problemas los sulfuros, los compuestos orgánicos azufrados, las resinas ácidas, los fenoles clorados y los terpenos ( Sanjuán, 1997).

### **3.12. Procesos Actuales de Fabricación para Minimizar la Contaminación**

Aunque las fábricas tienen algún método de purificar sus suministros de agua, excepto las que compran el agua tratada, aquellas que tienen un suministro excepcional de agua subterránea y que pueden usar agua cruda porque hacen un producto que no requiere agua tratada. En donde esta se necesita, las características objetables del agua se eliminan por los siguientes procesos: sedimentación, coagulación, asentamiento, filtración o por una combinación de ellos.

Actualmente la reutilización del agua en general en las industrias de la pulpa y el papel, está aumentando debido, principalmente, a motivos económicos. La tendencia es hacia la máxima recirculación de las aguas tratadas de lavado a contracorriente y hacia la reutilización de agua blanca (Es la que drena de la pasta húmeda en las operaciones de fabricación de pulpa y papel).

Respecto a la reutilización a continuación se describen las modificaciones que se le han hecho a algunos procesos para disminuir así el caudal de agua residual.

#### **3.12.1. Modificaciones al proceso en la fábrica kraft**

El proceso que más se emplea en la producción de pulpa en el mundo es el kraft, en gran parte debido a su capacidad de producir una pulpa fuerte obtenida con una amplia variedad de especies. Este cuenta también con un excelente sistema de recuperación de productos químicos que, por sí mismo, puede considerarse como un dispositivo para controlar la contaminación, aún cuando fundamentalmente se creó con el fin de reducir costos en el sistema y recobrar los productos químicos para su reutilización.

En una fábrica de kraft, puede considerarse que el efluente procede de tres fuentes distintas: el filtrado en el separador, los condensados y las pérdidas intermitentes no controladas.

Filtrado en el separador. En las fábricas más antiguas, ocasionaba la mayor pérdida hacia la alcantarilla. Después se encontró que este, se podía reciclar totalmente para diluir la pulpa que entra, aunque se obtienen mejores resultados con el sistema de depuración a presión, ya que se reduce el problema de la espuma.

Una segunda alternativa consiste en eliminar el filtro de separador como fuente de contaminación, empleando para ello el depurado de pasta en caliente. Después de la cocción la pulpa pasa por un procesador de pasta. A continuación va a un depurador especialmente diseñado para pasta caliente que elimina con efectividad las astillas antes del lavado. Esta secuencia elimina la necesidad de diluir la pulpa para depurarla después del lavado y se reducen las pérdidas en el separador. La eliminación del filtrado, como fuente de contaminación reduciría la carga de DBO de la fábrica hasta aproximadamente una tercera parte.

Condensados. Los condensados del digestor y el evaporador unidos al agua de decantado ocasionan casi una tercera parte de la DBO, ya que están muy contaminados con materia

orgánica de bajo peso molecular. El metanol representa 80% de la materia orgánica y la mayor parte de la DBO. Otros alcoholes, cetonas, y pequeñas cantidades de sustancias fenólicas, de compuestos de azufre y de terpenos, representan el resto. El método lógico para resolver el problema de los condensados consiste en volver a usar éstos en la mayor medida posible. Pero esto ha causado otros problemas en la fábrica. Las necesidades de un aumento de resina con resistencia húmeda se relacionan con el empleo de condensados en el lavado de la pasta cruda. El reciclado puede ocasionar problemas de color en donde antes no se habían presentado, especialmente en la ventilación de los tanques y en los escapes de la bomba de vacío. Aún no se han definido otros efectos laterales, posibles consecuencias de este reciclado (Casey, 1990).

El aumento en los problemas de olor asociados con la recirculación de los condensados puede resolverse mediante la limpieza de estos antes de volver a utilizarlos. Son dos las técnicas que han vuelto a investigarse: limpieza por aire y limpieza por vapor. Esta última parece ser la preferida, debido a su mayor eficacia en la eliminación de DBO así como los compuestos olorosos.

Pérdidas intermitentes. La última fuente importante en la carga de desperdicios procedentes de una fábrica Kraft son los derrames, desbordes y lavados. Casi una tercera parte a una mitad de la DBO y de los sólidos suspendidos se deben a esta fuente. Estas pérdidas son resultado de una variación en los factores entre los que se incluyen las averías del equipo, mantenimiento rutinario, paradas y arranques planeados, fallas de energía, y cambios de tipo. Las pérdidas pueden reducirse como sigue:

1. Ahorrando la solución ocasionada por las ebulliciones periódicas de los evaporadores conservándolas en un tanque especial y devolviéndolas al proceso.
2. Determinando el tamaño de las instalaciones de almacenamiento para el licor negro débil, el licor negro fuerte, y los productos químicos para la planta de recuperación, a fin de evitar los derrames.
3. Reduciendo la producción para impedir los derrames en caso de que estos no se puedan evitar por otros medios.
4. Un monitoreo continuo de los desagües de la fábrica, a fin de observar si hay fugas.
5. Entrenamiento al personal para evitar los derrames en la medida posible, y para tomar acciones correctivas inmediatas.
6. Contar con cisternas de escape antes de llevar a cabo el tratamiento biológico.

### 3.12.2. Modificaciones al proceso de pasta mecánica

La pulpa de madera molida, o mecánica, se emplea sobre todo para la producción de papel periódico, toallas, tissue, tapiz y papeles con recubrimiento especial.

Al moler la madera en piedras, los troncos se comprimen contra una rueda giratoria grande mediante articulaciones hidráulicas, mientras que se rocía agua sobre la piedra. La pulpa molida se cierra para eliminar las astillas y los trozos burdos, se espesa en un separador y se envía a un depósito de materia prima para utilización en la fábrica de papel. El filtrado del separador se clarifica por sedimentación, filtración, o flotación, y se devuelve al

proceso. El efluente se produce en el proceso de molido de la madera procedente de los sellos, derrames, depuración de rechazos y en el cernido del filtrado del separador.

El agua de sellos debe mantenerse al mínimo. La mayoría de las fábricas logran reducir los derrames. En una fábrica de pasta mecánica en piedra se tendrá una descarga de aproximadamente de 8.3 m<sup>3</sup>/T. La DBO va desde 2 hasta 8.5 Kg/T y el total de sólidos en suspensión desde 5.5 hasta 21 Kg/T. En general se requiere menos agua cuando se trata de pasta mecánica por refinador. La DBO va desde 7.5 a 60 Kg/T y el total de los sólidos suspendidos desde 15 hasta 55 Kg/T.

### 3.12.3. Producción de pulpa con oxígeno

Existen métodos que pueden representar un potencial importante en cuanto a la reducción de la contaminación. Entre ellos se incluyen los hidrotópicos, alcoholisis, olopulpeo, con ácido nítrico, fenol y oxígeno. De estos, la producción con oxígeno es la más cercana a una ampliación a plena escala. Ya que, ofrece un control amplificado de la contaminación, porque los productos químicos utilizados (oxígeno y álcali con base de sodio) no contienen fuentes de compuestos malolientes que puedan producirse y porque la recuperación de los productos químicos sólidos resultaría más simple, existe también una mayor selectividad en la degradación de la lignina, incluso con menores contenidos de la misma, y reducción en las necesidades de energía requerida para refinar la pulpa.

Este proceso presenta dos desventajas principales: la baja resistencia de la pulpa y la falta de uniformidad en la misma cuando se utilizan astillas de tamaño normal (debido al lento transporte del oxígeno hacia la madera), igualmente problemas económicos y de ingeniería que es necesario superar, por lo tanto, el éxito de la producción de pulpa al oxígeno depende de cómo puedan superarse estas dificultades. Se ha encontrado que las aguas residuales de una fábrica de pulpa al oxígeno tendrían aproximadamente la décima parte de la toxicidad de los licores procedentes de una fábrica. Los efluentes tienen también menos color y menos espuma. Otro beneficio ambiental potencial tiene relación con el efecto del tratamiento por oxígeno correspondiente a las necesidades del blanqueo. La producción de pulpa por este método implica los siguientes beneficios, reducción en los costos de blanqueo como en la carga y volumen de los efluentes procedentes de la planta blanqueadora (Casey, 1990).

### 3.13. Perspectivas de Solución para las Aguas Residuales de la Industria Pastero-Papelera

En general, el único problema de contaminación de las fábricas pastero-papeleras se encuentra en las aguas residuales. En cuanto al consumo (y por consiguiente del vertido) es muy variable, de acuerdo con los tipos de papel y la reutilización del agua, pero se puede estimar un valor medio de 300 m<sup>3</sup>/T en una fábrica integrada entendiéndose esta como la fábrica que realiza todos los pasos para la obtención de celulosa, y de unos 200 m<sup>3</sup>/T en una no integrada este tipo de fábrica solo realiza los diferentes tipos de papel a partir de la materia prima; de estos valores un 20% podría reutilizarse y el resto contiene fibrillas en

suspensión (20-30 Kg/T), cargas minerales (0-200 Kg/T), sales disueltas (orgánicas e inorgánicas) y colorantes. Por otro lado, la localización geográfica de la planta una variante a considerar muy importante. Según el vertido se efectúe en una playa turística, en un río truchero, en un río ya contaminado, o en una agua para riego, o para la bebida, etc. así serán las exigencias que se requieran para el vertido (Libby, 1983).

Definir el tratamiento adecuado de unas aguas residuales de esta industria es poco menos que imposible por el número de variables que pueden influir; las materias primas, el grado de reutilización del agua dentro de la fábrica, el grado de integración de la planta, la existencia o no de recuperación de lejías, el rendimiento de esta recuperación, el tipo de proceso y la localización geográfica de la planta, son entre otras las principales variables a considerar (Casey, 1990).

Por lo tanto, en aquellos casos en que el problema consiste en eliminación de turbiedad, fibras y materia mineral en suspensión, es suficiente un tratamiento primario, si el caudal de recepción corresponde a un río normal, industrial, playa turística, o bien un tratamiento primario seguido de una floculación acelerada y filtración. Aunque, en los numerosos intentos llevados a cabo para eliminar los problemas de la lignina en las aguas residuales (espuma y color), no se ha tenido éxito, ya que los procedimientos biológicos son impracticables y los químicos excesivamente caros. Actualmente se están empleando tratamientos con coagulantes (cloruro de aluminio, sulfato de aluminio, acetato de aluminio), encontrando que es más eficaz para la disminución de color el cloruro de aluminio.

Finalmente, no se puede hablar de costos estandarizados de tratamiento de las aguas residuales en la industria pastero-papelera, ya que no existen plantas de depuración unificadas. Es evidente, que los costos, tanto de inversión como de explotación, serán tanto mayores cuanto más complicada sea la instalación (Lara y Miro, 1978).

### 3.14. Recursos Forestales

Según establece el reglamento vigente de la Ley Forestal, son recursos forestales los suelos, la vegetación espontánea o inducida, los productos o residuos orgánicos y los microorganismos que existan en los terrenos dominados por macizos arbóreos. El Sector Forestal de la Economía Mexicana es la explotación de estos recursos, o bien es el conjunto de actividades económicas que se desarrollan o sitúan en los llamados terrenos forestales: todos aquellos que están cubiertos por bosques, selvas o vegetación forestal de zonas áridas, o en los terrenos de aptitud preferentemente forestal: son aquellos que no estando cubiertos por vegetación forestal, pueden incorporarse al recurso, debido a sus condiciones de clima, suelo y topografía, se excluyen aquellos terrenos que sin sufrir degradación permanente, puedan ser utilizados en la agricultura y ganadería. Deben poseer pendientes mayores al 15% con una extensión superior a 25 m de longitud (Farrera, 1995).

#### 3.14.1. Inventario de los recursos forestales

México ocupa actualmente el cuarto lugar mundial en diversidad de especies forestales, a pesar de que cada año pierde entre 125,000 y 273,000 ha de bosques, en tanto que la pérdida anual en selvas se estima entre 189,000 y 500,000 ha. En cuanto a la superficie forestal, ésta representa el 72% (140.7 millones de hectáreas), del territorio nacional, de ese total, el 29% corresponde a zonas arboladas ocupados por bosques y selvas que equivalen a 56.5 millones de hectáreas, 58 millones son de vegetación hidrófila y halófila y 22.1 millones son forestales con diversos grados de perturbación y sin una cobertura arbórea o vegetal de importancia. De las 56.5 millones de hectáreas arboladas, 30.2 millones (54%) corresponden a bosque de clima templado frío y 26.3 millones (46%) a selvas de clima cálido.

El volumen forestal nacional de madera en bosques y selvas asciende a 2, 803.5 millones de m<sup>3</sup>. En particular, las existencias volumétricas totales de los bosques de coníferas y latifoliadas de clima templado y frío se calcularon en 1,831 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales destacan las asociaciones de coníferas y latifoliadas con el 42.4% y los bosques de coníferas con el 31.1% del total, cuadro 6.

**CUADRO 6. EXISTENCIA DE MADERA DE BOSQUES A NIVEL NACIONAL**  
1994

Bosques	Volumen (m <sup>3</sup> )
Coníferas	568, 614, 468
Coníferas y latifoliadas	776, 889, 517
Latifoliadas	399, 638, 898
Fragmentado	85, 861, 068
Total	1, 831, 003, 951

Fuente: INE, SEMARNAP, 1997

Por otro lado, las selvas altas, medianas y bajas, alcanzan 972.5 millones de m<sup>3</sup> de existencia de madera, de las cuales 65.2%, corresponden a selvas altas y medianas en tanto que el 24.2% son selvas bajas. El 10.6% restante corresponde a selvas fragmentadas en las que se incluyen selvas altas, medianas y bajas con cierto grado de perturbación.

En tanto que, 109.2 millones de hectáreas forestales (73% del total forestal), tienen potencial de producción de carácter maderable y no maderable 30.6 millones (20.6%) requieren algún tipo de trabajo de restauración y 9.0 millones son zonas de conservación (6.0%), cuadro 7.

**CUADRO 7. SUPERFICIES DE LAS ZONAS FORESTALES  
A NIVEL NACIONAL, 1994**

Concepto	Hectáreas
Producción	109, 172, 229
Restauración	30, 636, 797
Conservación	9, 017, 969

Fuente: INEGI, SEMARNAP, 1997.

### 3.14.2. Vulnerabilidad de los recursos forestales

Nuestros recursos enfrentan diferentes daños: plagas, daño humano directo, aprovechamiento forestal, pastoreo e incendios. Las principales causas de incendios es la actividad agropecuaria de subsistencia (roza, tumba y quema) y quemas de pastizales; esto ocasionó en 1995 el 52% de los incendios y en menor proporción las fogatas, fumadores, quemas con derecho de vía y los litigios, así como los ocasionados por tormentas eléctricas en el periodo 1990-1996, el mayor número de incendios registrados se presentó en 1993, pero fue en 1995 cuando se afectó a una mayor superficie cuadro 8.

**CUADRO 8. RESULTADOS HISTÓRICOS DE LOS INCENDIOS  
FORESTALES, 1990-1996**

Año	Número de incendios	Superficie afectada (Ha)
1990	3, 443	80, 400
1991	8, 621	269, 266
1992	2, 869	44, 401
1993	10, 251	235, 020
1994	7, 830	141, 402
1995	7, 860	309, 087
1996	9, 256	248, 765

Fuente: SEMARNAP, 1997.

En cuanto a las áreas de mayor afectación por plagas y enfermedades están en bosques naturales sin manejo forestal, parques nacionales, bosques de transición y zonas de pino piñonero. Por otra parte, los efectos de la contaminación del aire y otros factores de disturbio en bosques aledaños a la Ciudad de México han ocasionado el declinamiento del arbolado ( SEMARNAP, 1997).

### 3.14.3. Relación entre los recursos forestales y la industria pastero-papelera

Las características del medio forestal mexicano, son que los bosques templados en especial los de pino, están sujetos a una gran presión derivada de ser fuente de materias primas para varias industrias: la maderería, resinera y celulosa y papel. Esta última, sin embargo, ha abierto su espectro de utilización hasta abarcar otras especies y cae dentro del sector económico de la transformación.

La producción de celulosa y papel, en la actualidad se hace competir con el aprovechamiento de la madera. En algunos casos y regiones sin embargo, la producción de pulpa de madera, se hace a partir de los residuos de las cortas, como son trocerías, leñas, ramas, etc., que permiten un empleo intenso de la biomasa forestal derribada y convierten una porción mayor de ésta en plusvalía (Farrera, 1995).

Es bien clara, la gran demanda que tiene la industria de la celulosa y el papel día con día por lo cual, muchas empresas se han empezado a preocupar por el agotamiento o disponibilidad de sus materias primas. La industria de la pulpa y papel utiliza fibras como materia prima, ya sean éstas de árboles o de plantas no maderables, ambos son recursos renovables, cuya velocidad de crecimiento es diferente, y como fuente alternativa a la materia prima se presenta la materia reciclada o papel de residuo. Para así contribuir a disminuir el daño ambiental del proceso de fabricación del papel y conservar los recursos forestales.

Sin embargo, el reciclado de papel de residuo requiere de sistemas de recolección, clasificación, constante actualización tecnológica, formación de recursos humanos, consumo de energía y tiene un efecto significativo en los programas de manejo de recursos forestales, la generación de energía y sobre las condiciones de depósito de los residuos del proceso. En tanto que el proceso de obtención de pulpa a partir de recursos forestales o plantas no maderables requiere eficiencia en el proceso de corte, recolección y transporte, optimización del uso de energía, aplicación de productos químicos, así como, un manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos del proceso (Saucedo, et al, 1994).

La situación por la que actualmente atraviesa la industria de pulpa y papel a nivel mundial es difícil, nunca antes tuvo tantos problemas por enfrentar la escasez de capital, de materia prima y el más importante el impacto que la industria tiene sobre el ambiente. Las legislaciones en materia ambiental son cada vez más severas y los grupos ecologistas ejercen una gran presión pretendiendo cambiar las actitudes de autoridades, productores y consumidores.

En México se debe tomar en cuenta otro factor también determinante: apertura económica

al exterior que se ha dado recientemente. Con todo esto, la industria nacional de pulpa y papel está obligada a hacer eficientes sus procesos y utilizar las materias primas alternativas con las que cuenta el país, para de esta manera optimizar el aprovechamiento y la protección de los recursos naturales y ser más competitiva en el mercado internacional. (Sanjuán, 1997).

## IV JUSTIFICACIÓN

Aunque, en un principio existía cierta ventaja de utilizar madera, tales como: disponibilidad relativamente amplia, bajo costo, comodidad de manejo y almacenamiento, contenido en pulpa de alta calidad y la variedad en propiedades de la fibra procedentes de distintas especies de madera; actualmente existen muchas desventajas debido a que la demanda de papel continúa aumentando ya que en nuestro país el consumo de papel percapita es aproximadamente de 41.2 Kg considerando una población de 97,361,711 habitantes (INEGI, 2000) por tanto, se requieren 3,518,520 T de papel en sus diferentes presentaciones para satisfacer la demanda nacional. En la actualidad se cubre el 74.8% de dicha demanda y el restante 24.2 % se debe importar de los mercados internacionales (Saucedo, et al, 1994). Nuestra demanda actual obliga a ejercer presiones sobre los recursos forestales y a la vez en las fuentes de energía. Otra desventaja es que en el proceso de fabricación de papel se liberan grandes cantidades de contaminantes (Turk y Turk, 1988; Saucedo, et al, 1994).

Es de gran importancia mencionar que el Valle de México produce más de 23,000 T/día de residuos sólidos (Tena, 1995), de los cuales el porcentaje de papel y cartón son los siguientes: papel 17%, cartón 3%, dichos porcentajes se consideran altos y representan una pérdida de dinero, que se podría solucionar si la recuperación del papel y cartón por vía del reciclaje fuera mayor al actual 44%. Por otra parte, la creciente demanda de papel agotaría los recursos forestales y a la vez aumentaría la contaminación porque el gasto de agua, para obtener pulpa de papel por los procesos tradicionales consumen a razón de 10 a 30 l/Kg de papel fabricado y el consumo de energía por 1 Kg de materia prima es mayor de 3 Kw/h (Turk y Turk, 1988). Por lo tanto, es necesario implementar nuevas alternativas para recuperar el papel y cartón de residuo al 100% y contribuir a reducir el volumen de estos en los diferentes sitios de disposición final que existen en el D.F. y Área Metropolitana, prolongando así la vida útil de tales sitios.

Debido a la distribución de la población en el territorio nacional, la concentración de habitantes en determinadas regiones del país y a los distintos usos que se le da al papel (artesanías, charola para huevo y frutas, archivos, biblioteca, fabricación de laminas acanaladas, plantillas para calzado, etc.), sólo se recupera para reciclar el 44% y en función de las condiciones del país, por razones económicas sólo se podrá llegar a una recuperación máxima entre el 55 y 60%.

En un estudio, según datos de la FAO durante el año 2000, se requerirán en el mundo aproximadamente 138,000,000 T de papel residuo lo cual equivale a 450,000,000 m<sup>3</sup> de madera, mismos que de ser recolectados en plantaciones forestales manejadas técnicamente requerirán de una superficie de 11,000,000 ha en zonas tropicales y en zonas frías se requerirán aproximadamente 32,000,000 ha (Saucedo, et al, 1994).

Los factores antes mencionados indican la necesidad de realizar estudios acerca de las

## V. OBJETIVOS GENERALES

Colaborar con el centro de acopio de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II en el programa “Manejo Integral de los Residuos Sólidos papel y cartón”, recuperándolos desde su fuente de generación para su clasificación, comercialización e incorporación en los ciclos productivos como materia prima reciclada.

Realizar un análisis cualitativo en muestras de papel y cartón recuperados; por medio de una extracción enzimática de celulosa con el hongo imperfecto termofílico *Trichoderma reesei* y determinar si con la intervención del microorganismo el proceso se acelera.

## OBJETIVOS PARTICULARES

1. Recuperar desde las fuentes de generación, localizadas dentro de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II, papel y cartón para clasificarlos y cuantificarlos.
2. Llevar a cabo un análisis comparativo espacio-temporal con base a las cantidades recuperadas de dichos residuos.
3. Realizar un Estudio de Mercado por medio de encuestas, en el cual los residuos recuperados puedan ser adquiridos al mejor precio de manera, que representen un recurso económico.
4. Observar la afinidad del hongo *Trichoderma reesei* por el papel o cartón en la obtención del porcentaje de celulosa.

## VI. HIPÓTESIS

Por medio del manejo integral se podrá recuperar en un 100% nuestros residuos de papel y cartón. Este, debe partir de la información en la comunidad y manifestarse a través de la participación y cultura del reciclaje para transformar exitosamente nuestros residuos en un recurso. En lo que concierne a la actividad celulolítica del Hongo *Trichoderma reesei*, su intervención acelerará el proceso de extracción en las muestras sembradas, lo cual determina el porcentaje obtenido de celulosa.

## V. OBJETIVOS GENERALES

Colaborar con el centro de acopio de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II en el programa “Manejo Integral de los Residuos Sólidos papel y cartón”, recuperándolos desde su fuente de generación para su clasificación, comercialización e incorporación en los ciclos productivos como materia prima reciclada.

Realizar un análisis cualitativo en muestras de papel y cartón recuperados; por medio de una extracción enzimática de celulosa con el hongo imperfecto termofílico *Trichoderma reesei* y determinar si con la intervención del microorganismo el proceso se acelera.

## OBJETIVOS PARTICULARES

1. Recuperar desde las fuentes de generación, localizadas dentro de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II, papel y cartón para clasificarlos y cuantificarlos.
2. Llevar a cabo un análisis comparativo espacio-temporal con base a las cantidades recuperadas de dichos residuos.
3. Realizar un Estudio de Mercado por medio de encuestas, en el cual los residuos recuperados puedan ser adquiridos al mejor precio de manera, que representen un recurso económico.
4. Observar la afinidad del hongo *Trichoderma reesei* por el papel o cartón en la obtención del porcentaje de celulosa.

## VI. HIPÓTESIS

Por medio del manejo integral se podrá recuperar en un 100% nuestros residuos de papel y cartón. Este, debe partir de la información en la comunidad y manifestarse a través de la participación y cultura del reciclaje para transformar exitosamente nuestros residuos en un recurso. En lo que concierne a la actividad celulolítica del Hongo *Trichoderma reesei*, su intervención acelerará el proceso de extracción en las muestras sembradas, lo cual determina el porcentaje obtenido de celulosa.

## VII. MATERIAL Y MÉTODO

### 7.1. RECUPERACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN

Los materiales se recuperaron de mayo a septiembre de 1996 en los siguientes sitios previamente establecidos por el centro de acopio: Biblioteca, Lab. de Diferenciación Animal L-325, Coordinación de Biología, Herbario, Lab. de Servicios Ambientales a la Industria, CERFyS, Investigación y Posgrado, Planta, Docencia Cub. A-502-A y Cub. A-602-A, Invernadero, Unidad de Investigación en Biología Vegetal L-301 y Donaciones (proviene tanto de alumnos y de algunas instituciones). Los sitios se visitaron semanalmente para recolectar los residuos, que se llevaron al centro de acopio, donde fueron clasificados, cuantificados y almacenados. Posteriormente, se realizó el análisis comparativo con base a las cantidades recuperadas en tiempo y espacio.

### 7.2. ESTUDIO DE MERCADO

El Estudio de Mercado se llevó a cabo en 150 sitios, que se dedican al acopio temporal y reciclaje de residuos sólidos principalmente papel y cartón (anexo 2). Se localizaron en un directorio proporcionado por el DDF, Esta investigación se realizó por medio de llamadas telefónicas y con apoyo de un cuestionario (anexo 3), que se aplicó a los sitios en los cuales se logró establecer comunicación.

### 7.3. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Determinación del porcentaje de celulosa por permanganato. Se utilizaron fragmentos de los diferentes tipos de papel que se recuperaron en los sitios de muestreo de la misma institución. Esto es: papel blanco, color, periódico, estrasa, revista, cartón y varios. Los cuales se expusieron a la acción del hongo *Trichoderma reesei* (Burns y Slater, 1982; Scheleger, 1990) el cual tiene capacidad celulolítica sobre estos residuos.

### 7.4. MATERIAL

#### EQUIPO

Autoclave Elisa

Parrilla de calentamiento Thermolyne

Balanza analítica Bosch S 2000

Estufa Riossa

Mufla Sybrom

Equipo de filtración de vacío

Cepa de *Trichoderma reesei*

0.2 g de papel blanco, color, estrasa, periódico, revista, cartón y varios.

Medio de cultivo Agar de dextrosa.

#### REACTIVOS

Solución detergente ácido

Solución de anaranjado de metilo

Acetona

Solución de  $KMnO_4$

Solución reguladora

Solución desmineralizadora

Etanol al 80%

### 7.5. MÉTODO

Este método, se funda en la disolución de la lignina contenida en la fibra detergente ácido (FDA) con una solución de  $KMnO_4$  (Sosa, 1981). La pérdida en peso es considerada como el contenido de lignina. El residuo contiene celulosa.

Las muestras fueron los diferentes tipos de papel recuperado (blanco, color, estrasa, periódico, revista, cartón), de los cuales se cortaron fragmentos de c/u, con un peso de 0.2 g, se incluyó también una con varios -la cual consta de pequeños fragmentos de todos los tipos de papel-. Una vez cortadas y pesadas, se determinaron por duplicado obteniéndose finalmente 28 muestras, se colocaron en cajas de petri y se esterilizaron a 1.5 Lb por 30 minutos, posteriormente se incorporó el medio, el cual fue agar de dextrosa, previamente esterilizado, se dejaron enfriar las cajas durante 20 minutos y sólo en 14 de ellas se realizó la siembra del hongo, una vez condensadas estas se incubaron por cinco días a 34 °C. Finalmente se determinó el % de celulosa con la técnica: Determinación de lignina y celulosa por permanganato, sirviendo como testigos las muestras que no fueron sembradas (anexo 4).

#### PROCEDIMIENTO:

- 1 - Pesar 0.2 g de muestra y depositarla en un vaso de 100 ml.
- 2.- Adicionar 20 ml de solución de detergente ácido y tapanlo con un vidrio de reloj.
- 3.- Colocar el vaso en la parrilla.
- 4.- Al iniciar la ebullición, tomar el tiempo y disminuir el calor. Hervir el contenido del vaso por 60 minutos con ebullición suave.
- 5.- Por otro lado, secar un crisol y registrar su peso.
- 6.- Filtrar con vacío.
- 7.- Distender la capa de muestra con una varilla y lavarla con agua caliente hasta que no presente reacción ácida con anaranjado de metilo.
- 8.- Quitar el vacío y adicionar acetona aproximadamente 1 minuto y aplicar nuevamente vacío. Repetir la operación hasta haber eliminado el color.

10.-Enfriar en el desecador y pesar (el residuo contiene lignina, sílice y celulosa). En el residuo obtenido se determinará el contenido de celulosa.

11.- Colocar el crisol que contiene la fibra-detergente ácido en una charola con agua. El baño debe tener de 20 a 22 °C.

12.- Adicionar unos ml de la solución  $\text{KMnO}_4$  -reguladora- y mezclar con el agitador a modo de formar una pasta, desintegrando todos los grumos, dejar reaccionar durante 90 minutos.

13.- Pasados los 90 minutos filtrar con vacío y colocar nuevamente los crisoles en la charola limpia.

14.- Adicionar solución desmineralizadora hasta la mitad de los crisoles y dejar reaccionar por 5 minutos, después filtrar al vacío. Repetir la operación.

15.- Lavar dos veces con etanol al 80 %.

16.- lavar dos veces con acetona.

17.- Secar a 100°C toda la noche, enfriar y pesar (El residuo está formado de celulosa y sílice).

18.- Incinerar a 550°C, enfriar y pesar. (Este residuo contiene sílice).

Finalmente calcular los (g) y (%) de celulosa empleando las siguientes ecuaciones:

- ❖ Los gramos de celulosa se obtienen restando del peso del crisol conteniendo celulosa y sílice, el peso del crisol conteniendo sílice.

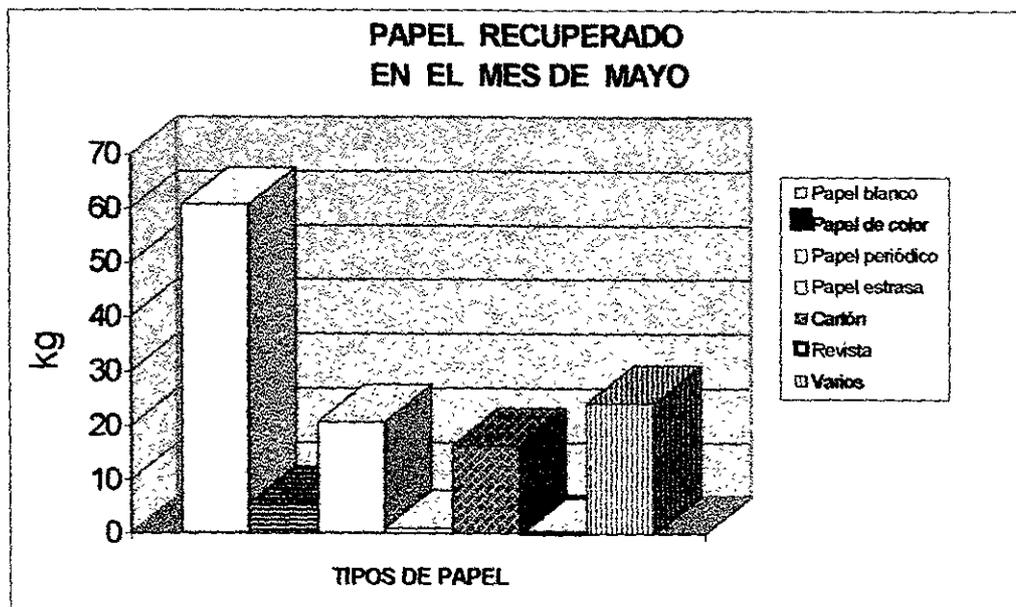
$$\% \text{ Celulosa} = \frac{\text{g de celulosa}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

- ❖ Los gramos de lignina se obtienen restando del crisol con FDA, el peso del crisol conteniendo celulosa y sílice.

## VIII. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la recuperación y recolección del papel y cartón de los diferentes sitios de generación durante el periodo de análisis de mayo a septiembre de 1996 (Anexo 3) se muestran en las siguientes gráficas y cuadros.

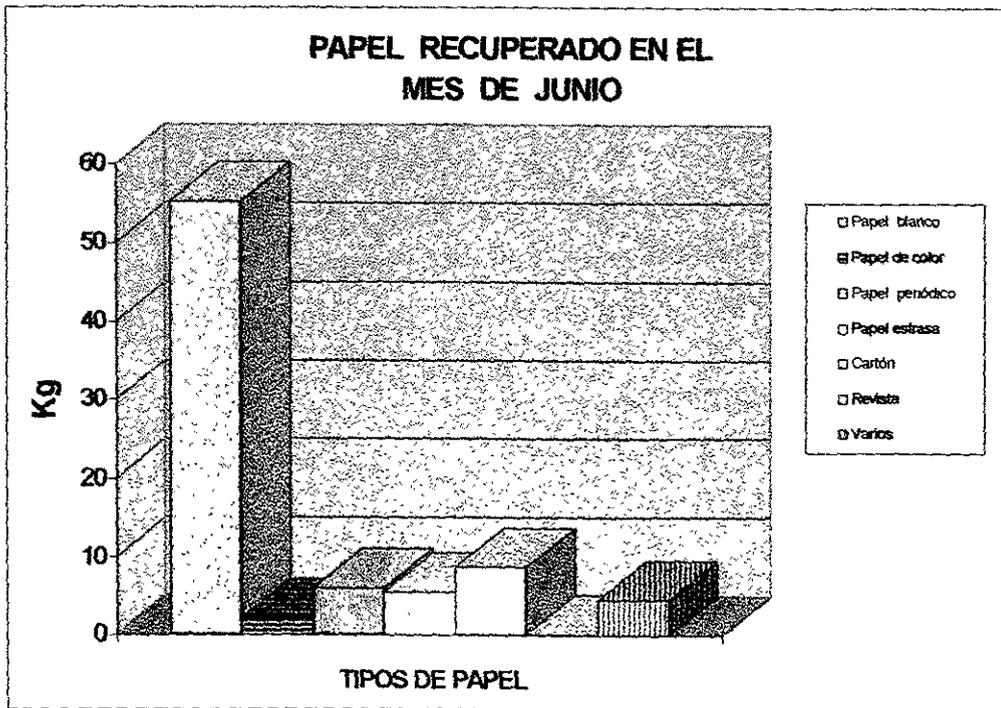
GRÁFICA 14



**CUADRO 9. RESIDUOS RECUPERADOS EN MAYO (Kg)  
DE LOS SITIOS DE GENERACIÓN**

Tipos de papel/Sitios de generación	Papel Blanco	Papel Color	Papel Periódico	Papel Estrasa	Cartón	Revista	Varios
Biblioteca	13.1	1	1.9	0.1	5.2	0	1.2
Lab. Diferenciación Animal	0	0	0	0	0	0	0
Coordinación de Biología	13.5	0.4	0.7	0.2	6.2	0	2.2
Herbario	0	0	0	0	0	0	0
Lab. de Servicios Ambientales a la Industria	1.4	1.6	9.6	0.2	0.4	0	1
CERFyS	0	0	0	0	0	0	0
Investigación y Posgrado	2.5	0.7	2.2	0.4	0	0	1.5
Planta	17.7	1.3	1.1	0	2.5	0	1.5
Docencia Cub. A-502-A	12	0.5	5.2	0.2	2	0	0.5
Donaciones	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>60.2</b>	<b>5.5</b>	<b>20.7</b>	<b>1.1</b>	<b>16.3</b>	<b>0</b>	<b>24.2</b>

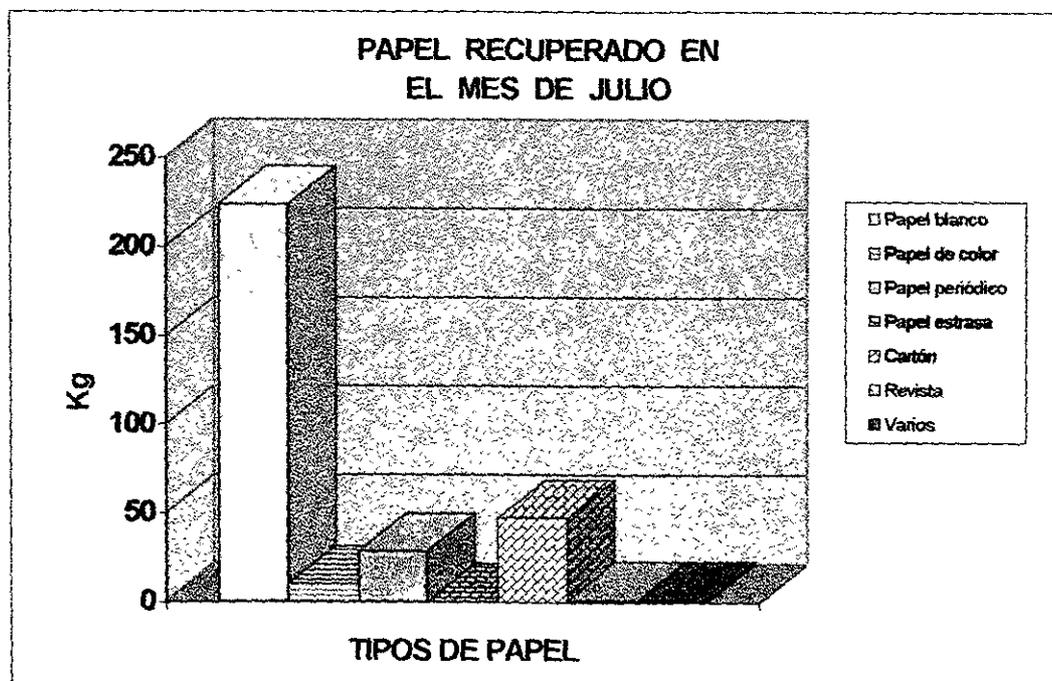
GRÁFICA 15.



**CUADRO 10. RESIDUOS RECUPERADOS JUNIO (Kg)  
DE LOS SITIOS DE GENERACIÓN**

Tipos de papel/Sitios de generación	Papel Blanco	Papel Color	Papel Periódico	Papel Estrasa	Cartón	Revista	Varios
Biblioteca	2	0.1	0.2	0	0.1	0	0.8
Lab. Diferenciación Animal	0.9	0	0	0	0	0	1.2
Coordinación de Biología	7.9	0.1	0.5	0	0.9	0	0
Herbario	1	0.1	0.5	5.1	0.4	0	1.5
Lab. de Servicios Ambientales a la Industria	0	0	0	0	0	0.1	0.7
CERFyS	0.9	0.1	0.1	0	0.3	0	0
Investigación y Posgrado	14.9	1	1.7	0	0.6	0	0
Planta	16	0.1	1.4	0.3	2.9	0	1.1
Docencia Cub. A-502-A	11.7	0.6	2.8	0.1	3.5	0	0.4
Donaciones	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>55.3</b>	<b>2.1</b>	<b>7.2</b>	<b>5.5</b>	<b>8.7</b>	<b>0.1</b>	<b>5.7</b>

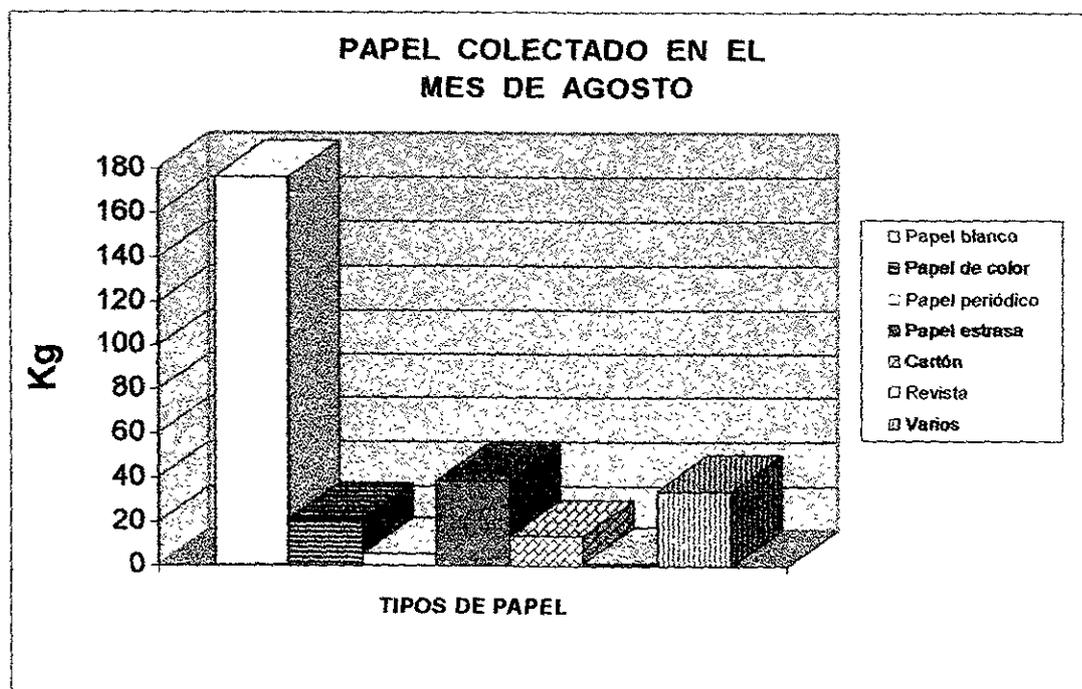
GRÁFICA 16



**CUADRO 11. RESIDUOS RECUPERADOS EN JULIO (Kg)  
DE LOS SITIOS DE GENERACIÓN**

Tipos de papel/Sitios de generación	Papel Blanco	Papel Color	Papel Periódico	Papel Estrasa	Cartón	Revista	Varios
Biblioteca	7.5	1	4	0	1	0	1.8
Lab. Diferenciación Animal	0	0	0	0	0	0	0
Coordinación de Biología	1.5	0	0	0	0	0	0
Herbario	0	0	0	0	0	0	0
Lab. de Servicios Ambientales a la Industria	0	0	0	0	0	0	0
CERFyS	19.5	0	2	0	0	0	0
Investigación y Posgrado	143.2	5.9	11.4	0	27.4	1.2	1.1
Planta	5.3	0.3	0	0.1	2.8	0	0.2
Docencia Cub. A-502-A	2.3	0	0.5	0.1	1.1	0	0.7
Donaciones	46	3	4	0.1	15	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>225.3</b>	<b>10.2</b>	<b>21.9</b>	<b>0.3</b>	<b>47.3</b>	<b>1.2</b>	<b>3.8</b>

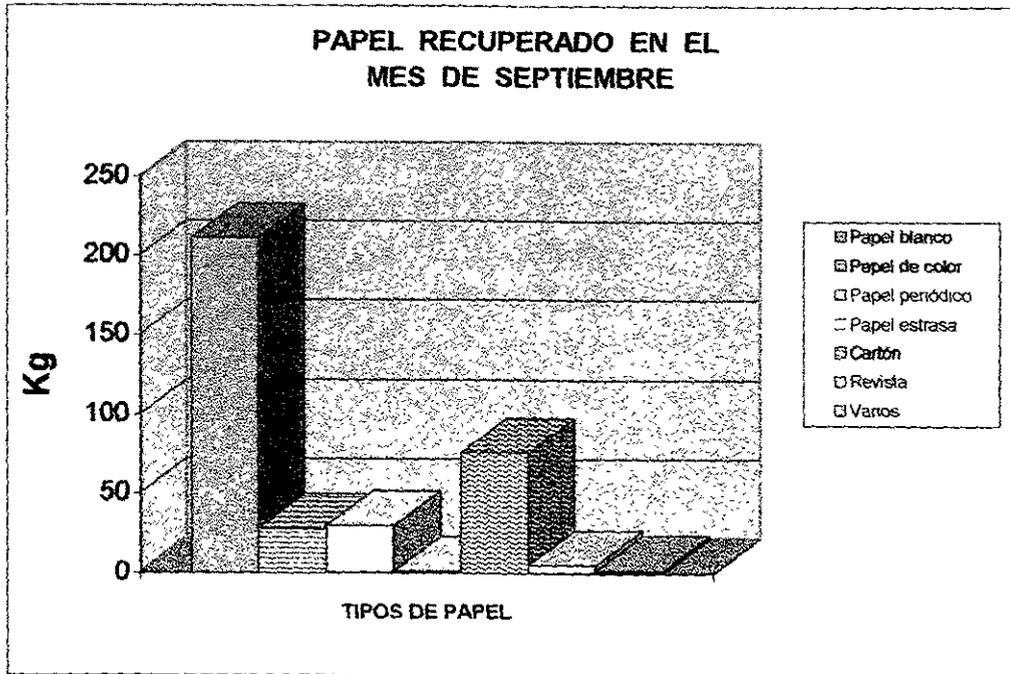
GRÁFICA 17



**CUADRO 12. RESIDUOS RECUPERADOS EN AGOSTO (Kg)  
DE LOS SITIOS DE GENERACIÓN**

Tipos de papel/Sitios de generación	Papel Blanco	Papel Color	Papel Periódico	Papel Estrasa	Cartón	Revista	Varios
Biblioteca	3	0	0	0	0	0	0
Lab. Diferenciación Animal	10.2	3.3	0.1	0.3	0	0	0.6
Coordinación de Biología	17	1.2	0	4.5	0.6	0	0
Herbario	0	0	0	0	0	0	0
Lab. de Servicios Ambientales a la Industria	0	0	0	0	0	0	0
CERFyS	49.7	7.5	0.4	6.4	0.6	0	1.6
Investigación y Posgrado	43.7	5.6	5	9.6	1.4	1.2	0
Planta	5.3	0.1	0.1	0.2	0	0	32
Docencia Cub. A-502-A	1.5	0.2	0	0.8	0	0	0
Donaciones	46	3.3	0	17	11.2	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>176.4</b>	<b>21.2</b>	<b>5.6</b>	<b>38.8</b>	<b>13.8</b>	<b>1.2</b>	<b>34.2</b>

GRÁFICA 18

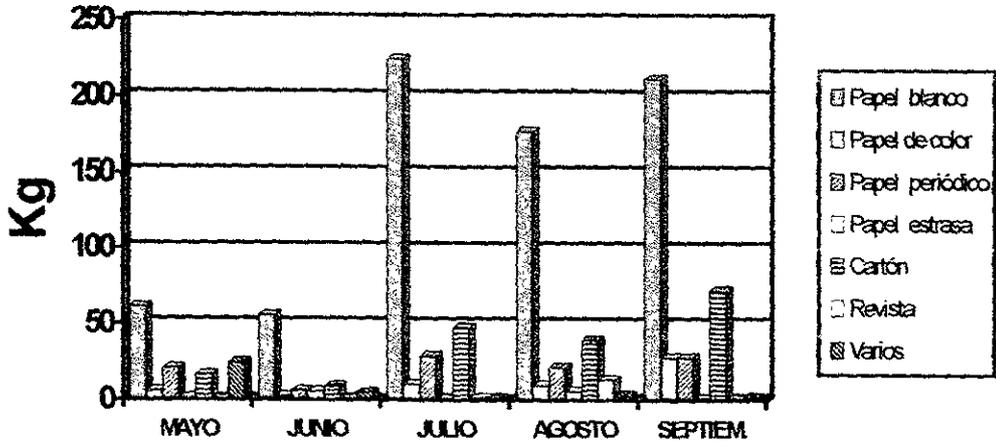


**CUADRO 13. RESIDUOS RECUPERADOS EN SEPTIEMBRE (Kg)  
DE LOS SITIOS DE GENERACIÓN**

Tipos de papel/Sitios de generación	Papel Blanco	Papel Color	Papel Periódico	Papel Estrasa	Cartón	Revista	Varios
Biblioteca	12.2	2.3	0.1	0.2	0.4	0	0.1
Lab. Diferenciación Animal	5.5	0	0.1	0	1.6	0	0
Coordinación de Biología	10.8	3.3	1.8	0	0.2	0	0
Herbario	0.4	0	0.2	0	1	0	0
Lab. de Servicios Ambientales a la Industria	13	0.3	1.5	0	0.1	0	0.2
CERFyS	0.1	0.1	0	0	9	0	0
Investigación y Posgrado	22.5	3	2.7	0	7	0	0.2
Planta	12.2	1.8	0.6	0.8	0	0	0.2
Docencia Cub. A-502-A y A-602-A	20.5	0.5	0.5	0	5.5	0	0.5
Donaciones	108.6	15.7	20.3	0	48.5	5	0.1
Invernadero	2.6	0.4	2	0	0.8	0	0
Unidad de Inves. en Biología Vegetal	2.5	0.1	0.1	0	1.2	0	0.5
<b>TOTAL</b>	<b>210.9</b>	<b>27.5</b>	<b>29.9</b>	<b>1</b>	<b>75.3</b>	<b>5</b>	<b>1.8</b>

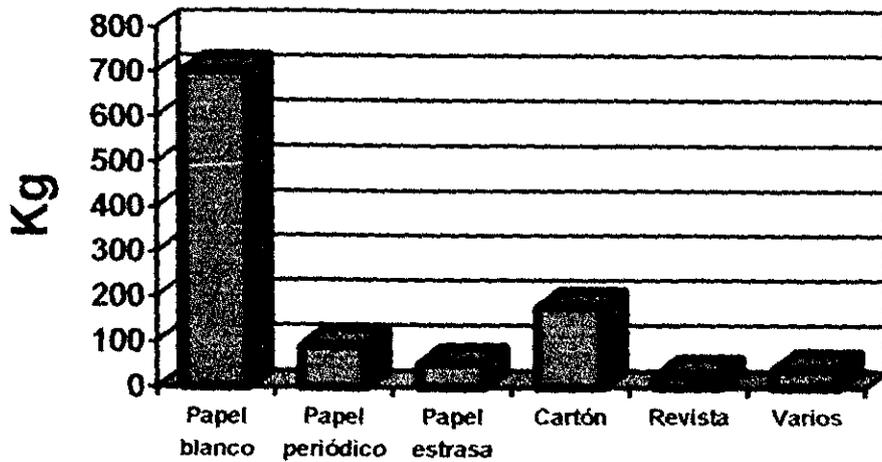
GRÁFICA 19

**Kg DE PAPEL Y CARTÓN RECUPERADO DURANTE EL PERÍODO DE MUESTREO**



GRÁFICA 20

**PAPEL RECUPERADO POR TIPOS DURANTE EL PERÍODO DE MUESTREO 1,092.24 kg**



Es de gran importancia resaltar la diferencia que hubo en comparación con otros años, lo cual se puede observar más claramente en el siguiente cuadro.

**CUADRO 14. PAPEL Y CARTÓN RECUPERADOS**

AÑO	1995	1996	1997
Kg	10,717.5	5,691.24	11,167

(López, et al, 1997).

Los resultados del estudio de mercado se basaron en las respuestas obtenidas de los sitios de acopio temporal y reciclaje (anexo 2), al aplicar el cuestionario (anexo 3).

Estos resultados se resumen de manera general en el cuadro 15, el cual muestra que solo en 42 de los 150 sitios fue posible obtener información sobre los precios de compra y las características que deberían reunir los residuos para comercializarlos.

**CUADRO 15. SITIOS EN LOS CUALES SE OBTUVÓ INFORMACIÓN DE MATERIALES Y COSTOS EN \$**

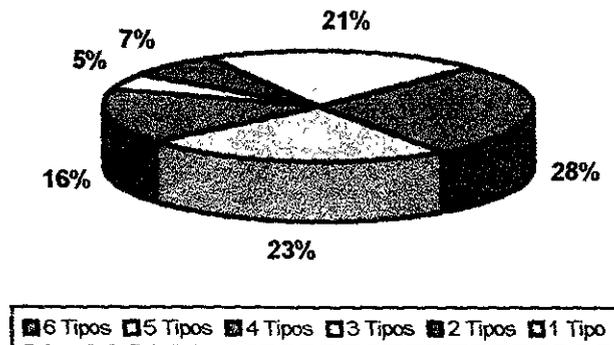
TIPO DE PAPEL Y PRECIO POR Kg.							
SITIO	P.B.	P.C.	P.P.	P.E.	CAR.	REVS.	M. y M.
1	0.82	0.66			0.30	0.55	>50 Ton.
6					0.65		M. y M.
12					0.55		>4 Ton.
17	1.00				0.55		M. y M.
19	0.82	0.66			0.30	0.55	>50 Ton.
26					0.60		>3 Ton.
27	0.50	0.40		0.10	0.30	0.10	M. y M.
30	0.60				0.40		>3 Ton.
31	0.60				0.50		M. y M.
32	0.50						M. y M.
36	0.50	0.40	0.40	0.40	0.60	0.40	>3 Ton.
50					0.40		M. y M.
60					0.50		>10 Ton.
63					0.50		M. y M.

77		0.80	0.70	0.40			M. y M.
88	0.80		0.70		0.40		M. y M.
89	0.25		0.012		0.10	0.10	M. y M.
100	0.40	0.40	0.35	0.55	0.30		M. y M.
101	0.80	0.65			0.30	0.60	M. y M.
105	0.40	0.20	0.40	0.20	0.35	0.20	M. y M.
107	0.50	0.30	0.50			0.30	M. y M.
108	0.50	0.25	0.40	0.30	0.30	0.25	M. y M.
110	0.80	0.40	0.60		0.30	0.40	M. y M.
115	0.70	0.40	0.50		0.30	0.40	M. y M.
116	0.60	0.30	0.50	0.30	0.30	0.30	M. y M.
118	0.60	0.30	0.40		0.30	0.30	M. y M.
121						0.30	M. y M.
122	0.80	0.60	0.60			0.50	M. y M.
123	0.70	0.40	0.60		0.40 0.30	0.30	M. y M.
128	0.70	0.40	0.30	0.40	0.30	0.40	M. y M.
131	0.50	0.30	0.20	0.30		0.30	M. y M.
133	0.70	0.50	0.30	0.36	0.35	0.30	M. y M.
139	0.70	0.30	0.50	0.30	0.40		M. y M.
140	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	M. y M.
141			0.60				M. y M.
144	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.80	M. y M.
145	0.70	0.50	0.45	0.35	0.40	0.35	M. y M.
146	0.60	0.50	0.50	0.45	0.40	0.20	M. y M.
147	0.50	0.30		0.30	0.10		M. y M.
148	0.95	0.65		0.40	0.50	0.65	M. y M.
149	0.95	0.65		0.40	0.50	0.65	M. y M.
150	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	M. y M.

P.B. - PAPEL BLANCO  
P.C. - PAPEL DE COLOR  
P.P. - PAPEL PERIÓDICO  
P.E. - PAPEL DE ESTRASA  
CAR. - CARTÓN  
REVS. - REVISTA  
M.Y.M. - MAYOREO Y MENUDEO.  
EMP. - EMPRESA

GRÁFICA 21.

**PORCENTAJE DE EMPRESAS QUE ADQUIEREN  
LOS DIFERENTES TIPOS DE PAPEL**



**CUADRO 16. DEMANDA DE CADA TIPO DE PAPEL**

<b>TIPO DE PAPEL</b>	<b># DE EMPRESAS QUE LO ADQUIEREN</b>	<b>INTERVALOS DE PRECIO.</b>	<b>PRECIO PROMEDIO \$</b>
<i>PAPEL BLANCO</i>	33	0.20 — 1.00	0.62
<i>PAPEL COLOR</i>	29	0.25 — 0.80	0.42
<i>PAPEL PERIÓDICO</i>	24	0.12 — 0.70	0.42
<i>PAPEL ESTRASA</i>	19	0.10 — 0.55	0.33
<i>CARTÓN</i>	33	0.10 — 0.65	0.40
<i>REVISTA</i>	25	0.10 — 0.80	0.35

Por otro lado, los resultados obtenidos de la técnica FDA para la determinación de celulosa, arrojaron los siguientes datos:

Por otro lado, los resultados obtenidos de la técnica FDA para la determinación de celulosa, arrojaron los siguientes datos:

**CUADRO 17. TESTIGO**

RESIDUO QUE CONTIENE	P.B.	P.C.	P.P.	P.E.	CAR.	REVS.	VAR.S.
Lignina, celulosa y sílice (g)	0.1780	0.1682	0.1650	0.1700	0.1922	0.1785	0.1552
Celulosa y Sílice (g)	0.1580	0.1184	0.1356	0.1191	0.1476	0.1601	0.1011
Sílice (g)	0.1467	0.1106	0.1278	0.1143	0.1442	0.1558	0.0952

**CUADRO 18. MUESTRAS SEMBRADAS CON EL HONGO *Trichoderma reesei*.**

RESIDUO QUE CONTIENE	P.B.	P.C.	P.P.	P.E.	CAR.	REVS.	VAR.S.
Lignina, celulosa y sílice (g)	0.1723	0.1479	0.1721	0.1640	0.1250	0.1585	0.1504
Celulosa y sílice (g)	0.1212	0.1043	0.1412	0.1457	0.0850	0.1230	0.1232
Sílice (g)	0.0747	0.0923	0.1284	0.1254	0.0668	0.0974	0.1060

**CUADRO 19. CELULOSA EN LOS TESTIGOS**

CELULOSA	P.B.	P.C.	P.P.	P.E.	CAR.	REVS.	VAR.S.
(g)	0.0113	0.0075	0.0078	0.0048	0.0034	0.0043	0.0059
(%)	5.6	3.7	3.9	2.4	1.7	2.1	2.9

**CUADRO 20. CELULOSA EN LAS MUESTRAS**

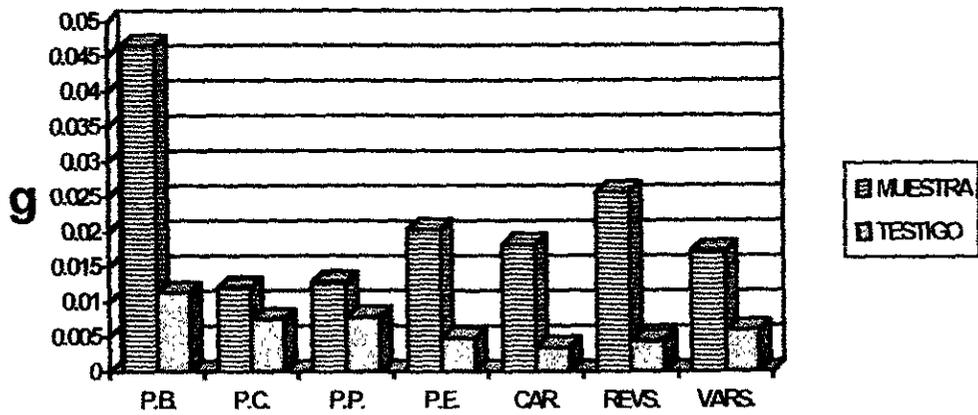
CELULOSA	P.B.	P.C.	P.P.	P.E.	CAR.	REVS.	VAR.S.
(g)	0.0465	0.0120	0.0128	0.0203	0.0182	0.0256	0.0172
(%)	23.25	6.0	6.4	10.1	9.1	12.9	8.6

P.B. - PAPEL BLANCO  
P.C. - PAPEL COLOR  
P.P. - PAPEL PERIÓDICO  
P.E. - PAPEL ESTRASA  
CAR. - CARTÓN  
REVS. - REVISTA  
VAR.S. - VARIOS

Con base a los anteriores resultados se obtuvieron las siguientes gráficas, las cuales reflejan de manera más clara dichos datos.

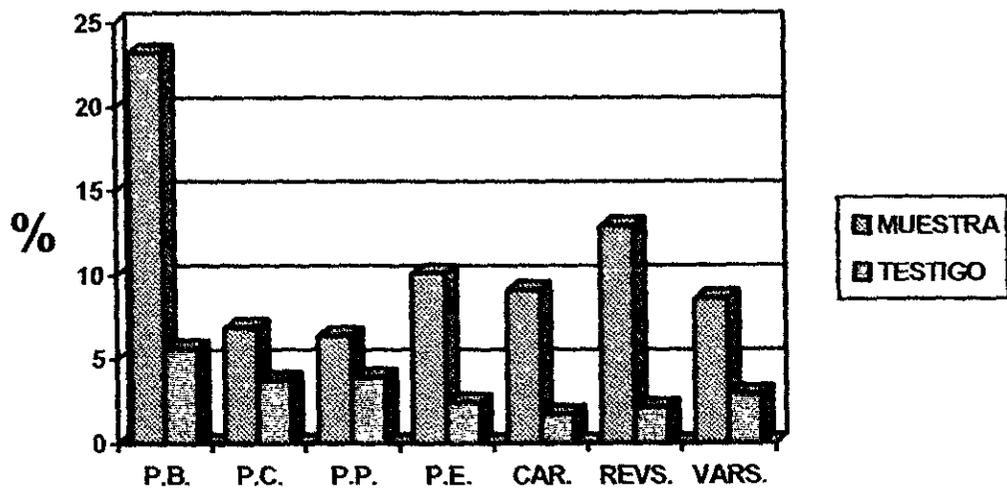
GRÁFICA 22.

g OBTENIDOS DE CELULOSA EN PRESENCIA Y AUSENCIA DEL HONGO *Trichoderma reesei* AL APLICAR LA TÉCNICA FDA



GRÁFICA 23

% OBTENIDOS DE CELULOSA EN PRESENCIA Y AUSENCIA DEL HONGO *Trichoderma reesei*



## IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la recuperación, clasificación y cuantificación del papel generado en los diferentes sitios de muestreo de la FES-Zaragoza Campus II, indican que, durante el mes de mayo (gráfica 14), se generaron 126.8 Kg de papel y cartón, además en tres de los once sitios no se cuantificó residuos (cuadro 9). En junio (gráfica 15) se generaron 84.6 Kg, es importante aclarar que en ambos meses no se registraron donaciones (se refiere a todo el papel y cartón que llega del exterior ya sean escuelas, campus I de la misma facultad o por parte de alumnos) (cuadro 10). Por otra parte, durante julio (gráfica 16, cuadro 11) se generaron 310 Kg. En agosto 291.2 Kg (gráfica 17, cuadro 12), aunque disminuyó un poco hubo más revista que en otros meses. Finalmente en septiembre se generaron 351.4 Kg (gráfica 18, cuadro 13), por medio de información, en este mes se incorporaron otros sitios los cuales fueron el cubículo de QFB.A-602-A, invernadero y Unidad de Investigación en Biología Vegetal por lo tanto finalmente participaron catorce sitios. Durante los últimos tres meses hubo mayor generación de residuos, debido a la terminación del ciclo escolar y a las donaciones. (gráfica 19). Por otro lado, se observó claramente que el papel blanco se genera en mayor cantidad (gráfica 20).

En total se recuperaron 1,092.24 kg de los diferentes tipos de papel durante cinco meses, (gráfica 20) y los responsables del centro de acopio cuantificaron 4,599 kg por lo tanto, dando un total de 5,691 kg de papel y cartón.

En el año anterior 1995 se cuantificaron 10,717.5 kg, esto es un 53% más que en 1996, por lo tanto, se observó claramente que la comunidad universitaria manifestó un cambio de conducta al utilizar el papel por ambos lados o en algunas otras actividades (cuadro 14).

Finalmente se observó que en algunos sitios hubo poca generación o nada, debido principalmente a dos factores:

1. Que utilizaban el papel en prensas, para envolver muestras u otras actividades.
2. Que en estos sitios utilizan en pocas cantidades el papel por lo tanto generan poco o nada de residuo.

En cuanto a los resultados obtenidos del estudio de mercado (Anexo II), con el 28% de los sitios no se logró establecer comunicación debido a que los números telefónicos ya no existen. El 2.66% sólo cuentan con oficinas y las plantas se encuentran en provincia (Chihuahua, Monterrey y Veracruz entre otros); por lo tanto, no sería redituable el manejo de los residuos.

Por otro lado, 3.3% de los sitios no estaban realizando compras aunque es posible obtener información en un futuro y 26% sus números telefónicos corresponden a largas distancias por encontrarse fuera del área metropolitana, por lo cual tampoco se logró establecer comunicación ya que esto incrementaría los costos del manejo de los materiales.

Por otra parte en un 7.3% de los sitios se encontró que estos ya habían cambiado de giro es decir, ya no funcionan como centro de acopio; en tanto que 2.66% requieren de muestras del material para poder establecer un precio de compra lo cual no es factible, porque se tendría que pedir apoyo de transporte para llevar las muestras los sitios además de concertar previa cita. Y esto conduce a un incremento en el costo del manejo del papel y cartón de tal manera que disminuirá la utilidad por otro lado, 1.33% no cuentan con número telefónico (anexo III).

Ahora bien, los centros de acopio temporal de los cuales se logró obtener información acerca de materiales y costos representan el 28% (cuadro 15). Es de gran importancia mencionar que en los cuarenta y dos sitios de los cuales se obtuvo información, se manifestó una gran diversidad de adquisición de los diferentes tipos de papel y que entran en la clasificación descrita por Nemerow y Dasgupta, 1991. Así como, de los precios de compra. Lo cual nos lleva a pensar que cada sitio de acopio temporal adquiere diferentes tipos de papel según sus necesidades e intereses, y en función también de la época del año y demanda del material, de tal manera que establecen un precio de compra con base a la zona de ubicación y a la calidad del material.

Otro aspecto importante fue que de los cuarenta y dos sitios del cuadro 15 el 88% adquieren cualquier cantidad de papel (mayoreo y menudeo), en tanto que, el 12% requieren de una cantidad establecida (mayoreo). Lo cual hace evidente que existe un mercado muy variado para nuestros residuos sólidos y que no es necesario acumular grandes cantidades para poder incorporarlos a los ciclos productivos nuevamente. Los sitios que requieren de una cantidad preestablecida generalmente llevan a cabo el reciclamiento de las fibras de celulosa y cuentan con la tecnología necesaria para realizarlo. Un ejemplo muy claro, es la empresa número 1 del Anexo 2, que corresponde a Kimberly Clark de México, S. A. de C. V. en tanto que, los sitios que adquieren tanto mayoreo como menudeo funcionan casi siempre como intermediarios, esto es, posteriormente venden sus residuos a las grandes empresas del reciclaje.

Por otro lado, la gráfica 21 muestra, que no todos los sitios de acopio temporal adquieren cualquier papel de residuo. Ya que, algunos solo compran cartón. Mientras que, otros no requieren de papel periódico u otro. Por lo tanto, se encontró que el 28% de ellos adquieren todos los tipos de papel residuo, 24% cinco, en tanto que, 17 % cuatro. Un 5% solo tres y el 7.14% 2 tipos de papel. Finalmente el 21% adquieren únicamente un tipo de papel.

Un resultado sobresaliente del presente estudio indica cuales fueron los tipos de papel que presentaron mayor y menor demanda en los diferentes sitios de acopio temporal los cuales corresponden al papel blanco y cartón, en tanto que el papel estrasa cuenta con menor demanda, cuadro 16,

También se encontró que, el intervalo de los precios es muy amplio, lo cual refleja que no existe un precio de compra uniforme para los residuos sólidos en todos los centros de acopio temporal. Aunque de manera general, el papel blanco y el papel estrasa son el más y

el menos redituable respectivamente. Tal diferencia entre estos radica en la calidad del material.

Por lo tanto, para llegar a un reciclaje exitoso se debe tener conocimiento de múltiples factores tales como: cuanto residuo se genera, como recuperarlos, como incorporarlos a otros procesos productivos lo cual implica conocer las condiciones de compra y otros aspectos que deben culminar en un manejo integral.

Respecto a la fase experimental, los resultados y las observaciones indican que existe una gran afinidad del hongo hacia el papel ya que este, cubrió toda la superficie de las muestras principalmente de papel blanco > revista > estrasa, en comparación con los testigos.

Los cuadros 17 y 18 corroboran que la técnica empleada es específica para determinar celulosa y también que el microorganismo actúa solo sobre ella, por lo tanto los (g) obtenidos de los otros componentes (lignina y sílice) son menores en las muestras sembradas.

De tal manera que, al comparar los cuadros 19 y 20, se observa claramente que el peso (g) obtenido de celulosa es mayor en presencia del hongo. Sin embargo, es de gran importancia resaltar que en la muestra de papel blanco y color se obtuvieron mas y menos gramos de celulosa respectivamente (gráfica, 22).

Por otra parte, tales cuadros indican que se obtuvo mayor porcentaje de celulosa con la intervención del hongo, en el caso del papel blanco (P.B.) se obtuvo un 80% más que en la muestra testigo, en color (P.C.) un 50 % más, en la muestra de periódico (P.P.) igualmente fue de 50%, en estrasa (P.E.) se determinó un 70 % más, en tanto que en el cartón (CAR.) un 70 % al igual que en la revista (REVS.), finalmente para papeles varios (VAR.S.) se determinó un incremento del 60%. Todo lo anterior se refleja claramente en la gráfica 23.

## X. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos de la recolección, clasificación y Cuantificación del material generado se concluye que:

El papel y el cartón de residuo se genera en cantidades considerables en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Campus II, y que por lo tanto es un recurso que no debe terminar en los sitios de disposición final sino, aprovecharlo al máximo. Por otro lado, la clasificación que se llevó a cabo de dicho material es la adecuada ya que cumple con las necesidades del mercado. De tal manera, que con base al estudio de mercado podemos afirmar que existen una gran serie de opciones para incorporar los residuos sólidos a los ciclos productivos y que, no es necesario acumular grandes cantidades de papel o cartón para poder comercializarlos, como en el caso particular de nuestra facultad.

Por otro lado, se corroboró que con el “Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos” se manifiesta un cambio de conducta en la comunidad universitaria, ya que ahora reusan el papel por ambos lados o lo reutilizan en algunas otras actividades, con lo cual se establece que la cultura del reciclaje día con día va ganando terreno. Muestra de esto es que ahora se genera menos papel y cartón de residuo que antes.

Por lo tanto, la separación diferencial de todos y cada uno de los residuos sólidos (papel, cartón, vidrio, metal, plástico, aluminio, etc.) nos beneficia ecológica, económica y éticamente. Y es posible implementar un plan de manejo integral para nuestros residuos ya sea en nuestro hogar ó en el lugar de estudio y trabajo.

Respecto a la extracción del papel y cartón con el hongo *Trichoderma reesei* y la obtención de celulosa como fibra secundaria se concluye que:

Aunque se requieren de condiciones muy particulares es viable para obtener celulosa utilizando residuos, por otro lado, la técnica debe modificarse para hacerla más eficiente y competitiva desde el punto de vista económico.

Finalmente, el programa de manejo integral para los residuos sólidos papel y cartón si funciona, ya que, de alguna manera los residuos se están convirtiendo en un recurso al incorporarlos a los procesos productivos, además de disminuir sus volúmenes en los sitios de disposición final, también decrecen las importaciones de papel residuo y se conservan recursos forestales. Sin embargo, podría funcionar mejor, si la integración de todos y cada uno de los factores que intervienen fuese más eficiente.

## XI. RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir apoyando a la cultura del reciclaje mediante una difusión permanente, por medio de platicas, videos, folletos y actividades donde participe toda la comunidad de la Facultad ya que No solo a los biólogos corresponde la responsabilidad de cuidar y buscar alternativas de conservación.

Es pertinente también, dar a conocer los resultados obtenidos del programa de manejo integral de residuos sólidos pero con un enfoque más didáctico y manejar encuestas deductivas, para que así la comunidad tome más participación.

La técnica empleada (determinación de celulosa por permanganato), es una buena opción pero debido a la inversión y los costos de los procesos desarrollados indican que deben hacerse cambios que la hagan competitiva y poderla aplicar a gran escala. Esto quiere decir, buscar organismos celulolíticos de mayor actividad así como, reducir los costos de separación y esterilización

Por otro lado, el hongo es un buen degradador y al combinarse con bacterias tales como: *Cellulomonas fimi*, *Microbispora bispora*, *Streptomyces flavogriseus*, y *clostridium stercorariu*, se pueden acelerar la extracción de celulosa ( Nogawa, et. al, 1997).

La celulosa sigue siendo un sustrato de gran potencial, pero para una mejor utilización se debe cambiar el enfoque ( cultivos mixtos, tratamiento microbiológico) y buscar procesos en que la inversión sea menor, para poder aplicar todo esto en la industria papelera mexicana.

México es un país con gran potencial forestal, si se fomenta, cuidan y manejan racionalmente estos recursos apoyándosele con la optimización en la recuperación del papel de residuo, la industria de la celulosa y el papel podrán disponer de materia prima de calidad con precios que le permitan competir con los mercados internacionales, desde el punto de vista ecológico se conservarán más bosques, más agua y el medio ambiente recibirá menos impacto.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, R. M. y V. H. Salas. 1997. La basura manual de reciclamiento urbano. Ed. Trillas. México. p 35-39.
2. Aguirre, B. M. 1985. Estudio microbiológico del estiércol y sus usos en agronomía. Tesis Licenciatura Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Autónoma de Chapingo. México.
3. Atlas M. R. y R. Bartha. 1993. Microbiol ecology fundamentals and applications. 3era. Edición. The Benjamin/ cummings publistling company Redwood. Canadá. p 302- 05.
4. Barnard, J. N. 1990. Enviromental science the way the word works. Ed. Prentice Hall New Yersey p 424- 440.
5. Barrera, C. 1990. Guía de saneamiento básico industrial. Ed. CPEHS, OPS, OMS, IMSS, México. p 205-227.
6. Burns, G. R. y H. J. Slater. 1982. Experimental microbial ecology. Ed. Blackwell scientific Publications Oxford. London. p 134-152.
7. Cabo, P. D. 1994. Impacto y monitoreo ambiental. AMCRESPAC. México p 1-27.
8. Camphell, R. 1987. Ecología Microbiana. Ed. Limusa. México p 59-65.
9. Casey, P. J. 1990. Pulpa y papel química y tecnología química. Vol.1, 2 y 3. Ed. Limusa, México. p 250, 261-268, 301-303, 674-677.
10. CNICP. 1998. Cámara Nacional de la Industria de Celulosa y Papel. Memoria estadística. 1990-1998. México. p. 11, 16, 20, 23, 29, 32, 43-45, 59, 63
11. Cheradame H., 1983. La tecnología del papel. Mundo científico, diciembre (31):

12. Cruz, J. 1994. Aspectos sociales del manejo de los residuos sólidos curso internacional de disposición final de los residuos sólidos. México. p 1-32.
13. Colosio, M. L. 1992. Informe Nacional del Ambiente (1989-1991) para la Conferencia de Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. SEDESOL. México. p 25-28.
14. CNA. 1998. Comisión Nacional del Agua. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. Título II. Capítulo XIV. México. p 23-50.
15. Davila, V. A. 1992. Residuos Sólidos Municipales. Secretaría de Salud y Asistencia Publica (SSA) México p 109-113.
16. Diario Oficial de la Federación. 1996. Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Viernes 13 de diciembre: 5-13.
17. Duffus, J. 1983. Toxicología ambiental. Ed. Omega. Barcelona. p 82-83.
18. Enklin, E. C.; G. Cano; R. A. Garza & E. Vogel. 1997. Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Ed. Internacional Thomson. México p 477-497.
19. Farrera, 1995. Bases técnicas para la incorporación de la Política Ecológica Nacional en el programa sectorial forestal. Instituto Nacional de Ecología. México. p 359-360.
20. Gaudy, A. y E. Gaudy. 1981. Microbiology for environmental scientists and engineers. Ed. Student. Internacional. USA. p 146-169.
21. Ghtzewsky, B. 1995. IV reunión anual reciclaje de residuos sólidos municipales. Octubre 9, 10, 11. México.
22. Grant, D. W. y P. E. Long. 1989. Microbiología ambiental. Ed. Acribia, S. A. España.

23. Grat, J. 1985. Manual sobre fabricación de pulpa y papel. Ed. Continental. México p 10 -20.
24. Guthrie, F. y J. Perry. 1980. Introduction to environmental toxicology. Ed. Elsevier. New York. p 219.
25. Herrera, T. 1990. El reino de los hongos. Ed. Fondo de Cultural Económico. México. p 424- 425.
26. Hudson, J. 1980. Fungal Saprophytism. 2da. edición. Ed. Arnold Edward Greant. Britain. p 4-15.
27. Hugh, G. y J. Rousseau. 1993. Fermentation of newsprint prehydrolysate by an ethanologenic recombinant *Escherichia coli*. Biotechnology letters, may 1(5):505-510.
28. INE. 1995. Bases técnicas para la incorporación de la política ecológica nacional en el programa sectorial forestal. p 359-360.
29. INE. 1993. Norma Para Establecer los Niveles Máximos Permisibles de las Emisiones de SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y RSH en Procesos de Recuperación de Celulosa. Ed. Pluralité.
30. INEGI. 2000. Censo de población y vivienda 2000. Encuesta nacional de la dinámica demográfica, 2000. México
31. INARE. 1996. Herramientas fiscales para el manejo de empresas recuperadoras y recicladoras. México.
32. Koneman, W. M. 1983. Diagnóstico microbiológico. Ed. Panamericana. Argentina. p 450 - 451.
33. Kupchella, M. C. 1993. Environmental science living within ten system of nature. 3ra. Ed. Prentice Hall New Jersey. USA. p 471-500.

34. Lara, S.F. y J. C: Miro 1978. Técnicas de defensa del medio ambiente. Ed Labor, S. A  
Barcelona. p
35. Libby, L. 1983. Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel. Tomo 1 y 2. Ed.  
Continental. México. p 79-84, 185-189.
36. Liptak, B. G. 1974. Environmental Engineers hand book. Land pollution Chilton  
Bookco. USA.
37. Loher, R. 1979. Land application of wastes. Ed. Van Nostrand reinhold company.  
USA. p 24-30.
38. López, D. R. 1990. El impacto de los desechos sólidos sobre el medio. Ciencias,  
octubre 134(8): 66.
39. López, S. F. 1994. Diseño del relleno sanitario y obras complementarias. Curso  
internacional sobre diseño y disposición final de los residuos sólidos. México. p 40-70.
40. López, V. L.; E. M. García, E. Loyo y A. L. Maldonado. 1997. Informe de la División  
de Ciencias Químico Biológicas. Programa de Manejo Integral de Residuos. México
41. Lynch J. M.; L. D. Mellor; P. D. Spare y J. H. Inwood. 1985. Métodos de laboratorio.  
2da. Edición. Ed. Interamericana. México. p 1031-1040.
42. Maldonado, T. 1995. Evaluación del potencial contaminante de los líquidos  
percolados producidos en un enterramiento controlado (Neza I) del estado de México.  
Tesis Licenciatura Biología. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M.  
México.
43. Mason, C. F. 1984. Biología de la contaminación del agua dulce. Ed. Alambra.  
España. p 7-9.

44. Monaham, S. E. 1990. Hazardous waste chemistry. Toxicology and treatment. Ed. Lewis Publishers Michigan. EUA. Pag. 246-247.
45. Monroy, H. O. y G. G. Viniegra. 1990. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. Ed. AGT. S.A. p 177-189.
46. Nemerow, N. L. y A. W. Dasgupta. 1991. Industrial and hazardous waste treatment. Ed. Van Nostrand rein hold. New York. p 213-217, 416- 469.
47. Nerg, H.; J. Pousi.; I. Hourula.; V. Juantinen y J. Meimonen. 1999. How to simplify RCF-process?. Inpaper international, april-june, 3(3):30-37.
48. Nogawa, M.; H. Takahashi.; A. Kashiwagi.; K. Ohshima.; H. Okada y Y: Morikawa. 1997. Purification and characterization of exol beta D-glucosaminidase from a cellulolytic fungus, *Trichoderma reesei*. Applied and Environmental Microbiology. marzo (64)3:890-895.
49. Ríos, R. P. 1991. Entre la basura la ciudad de México se inunda. Ecológicas. agosto 2(2):31-35.
50. Rodríguez, J. J. 1980. Los controles en la fabricación de papel. Ed. Blume. España. p.1-20 .
51. Rushbrook, 1999. Mejoras en botaderos para rellenos seguros requiere esfuerzo continuo. prevención de la contaminación, julio (04):9-15.
52. Saucedo, T. J.; R. R. Plascencia; S. P. Ramos & R. R. Casillas, 1994. Panorama de la industria papelera en México. Ciencia y Desarrollo, septiembre-octubre 118(XX): 38-45.
53. Sanjuán, R. D. 1997. Obtención de pulpa y propiedades de las fibras para papel. 1<sup>o</sup> Edición, marzo de 1997. Guadalajara, Jalisco, México. p. 52-54, 87-94, 259-262.

54. Schelegel, G. H. 1990. General microbiology. Ed. Cambridge University Press New York. USA. p 406- 408.
55. SEDESOL. 1988. Control de la contaminación por residuos sólidos municipales e industriales. México. p.8-40.
56. SEDESOL. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
57. Seeley, H. W. y J. P. Van Demark. 1973. Microbios en acción manual de laboratorio para microbiología. Ed. Blume, España. p 34-45.
58. SEMARNAP. 1997. Estadísticas del Medio Ambiente. Informe de la situación general en materia del equilibrio ecológico y protección al ambiente. México. p 209-217.
59. SEMARNAP. 1997. Ley Forestal. Título segundo. Capítulo V.
60. Sosa, P. 1981. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Tesis de Maestría Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional Autónoma de Chapingo. México.
61. Tena, G. 1995. La basura recurso desperdiciado. Ciencia y desarrollo. México. marzo-abril 21(121): 88-90.
62. Thaug, R. 1993. Compost engenering of the practica Hand book. Ed. Lewis. USA p 1-19.
63. Trejo. V. R. 1996. Procesamiento de la basura urbana. Ed. Trillas. México. p 13-3
64. UNDP. 1984. Borrador del informe final B, fase I y del estudio sobre las prácticas actuales y formales e informales de manejo de desechos y recuperación de recursos dentro del área metropolitana de la ciudad de México. p 30 - 50.

65. Velasco, C. O. y J. Tayz. 1986. Introducción a la micología médica. Ed. Francisco Méndez Cervantes. México. p 6.
66. Woodward, J.; L. M. Stehpan.; L. J. Koran.; K. K. Wong J. N. Saddler. 1994. Enzymatic separation of high-quality uninked pulp fibers from recycled newspaper. Bio/technology, september (12):905-908.

# ANEXO 1

## PRODUCCIÓN DE PAPEL POR TIPOS

(Toneladas métricas)

TIPOS/AÑOS	1996	1997	1998
<b>1.- PAPEL ESCRITURA E IMPRESIÓN</b>	808,387	915,949	931,276
1.1 Papel	778,290	892,395	909,338
1.1.1 Aéreo y copia	1,527	838	855
1.1.2 Bond	44,732	515,022	508,550
1.1.3 Ediciones	0	0	0
1.1.4 Recubierto	62,192	90,431	88,418
1.1.5 Periódico	296,769	286,104	311,515
1.1.6 Libros de texto	0	0	0
1.2 Cartulina	30,167	23,554	21,938
1.2.1 Sin Recubrir	18,596	10,951	10,371
1.2.2 Recubierta	11,572	12,603	11,567
<b>2.- EMPAQUE</b>	1,890,565	1,956,656	2,093,492
2.1 Papel	1,609,412	1,685,911	1,771,917
2.1.1 Sacos	181,033	179,219	175,863
2.1.2 Bolsas	41,756	37,126	31,091
2.1.3 Envolturas	786,940	825,128	869,969
2.1.4 Liner	529,234	566,795	612,931
2.1.5 Corrugado medio	30,685	34,783	42,013
2.1.6 Conos y tubos	218,153	270,745	321,575
2.2 Cartoncillo	8,023	8,003	5,872
2.2.1 Duplex sin recubrir	265,567	255,032	307,480
2.2.2 Duplex recubierto	7,563	7,710	8,223
2.2.3 Gris	0	0	0
2.2.4 Cartoncillo líquido	493,500	595,476	621,566
<b>3.- SANITARIO Y FACIL</b>	26,807	23,420	23,032
<b>4.- ESPECIALES</b>	3,805	4,284	3,754
4.1 Glassine	1,761	1,672	1,067
4.2 China	14,360	11,818	12,641
4.3 Otros	1,358	1,417	1,226
4.4 Base para siliconizar	0	0	0
4.5 Kraft para impregnación	0	0	0
4.6 Base p/engomar cilindros	3,812	4,229	4,344
4.7 Papel cigarrillo	39,764	42,860	40,050
4.8 Una sola vez	1,711	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3,219,259</b>	<b>3,491,501</b>	<b>3,669,366</b>

Fuente: CNICP, 1998.

## ANEXO 2

### LISTA DE SITIOS DE ACOPIO TEMPORAL Y RECICLAJE

SITIO	NOMBRE DE LA EMPRESA.	No. DE TEL.
1	KYMBERLY CLARK DE MÉXICO S.A. DE C.V..	3950155 3951413.
2	ADOLFO ANAYA S.A. DE C.V.	6561206.
3	CELULOSA Y PAPEL DE MICHOACÁN S.A. DE C.V.	3262200 3262268.
4	PROD. NACIONALES DE PAPEL DESTINADO.	3682455 3682401.
5	MANUFACTURAS DARGO S.A. DE C.V..	8220277 8220146.
6	FÁBRICA DE PAPEL STA. CLARA S.A. DE C.V..	7764808.
7	EMPAQUES MODERNOS SAN PABLO S.A. DE C.V.	3821158 3941800.
8	FÁBRICA DE PAPEL FINESS S.A.	5817799 5817985.
9	CAJAS CORRUGADAS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	5530580 5112692.
10	FÁBRICA DE PAPEL SAN JUAN S.A. DE C.V.	3262200 3262268.
11	PAPELERA DEL PACÍFICO S.A. DE C.V.	3580033 5766721.
12	UNIPAK S. A. DE C.V.	2550377 2032084.
13	DESTILACIONES Y QUÍMICA S A. DE C.V.	5692518.
14	PAPELERA ATLAS S.A. DE C.V.	5765900 3581577.
15	INDUSTRIAL PAPELERA MEXICANA S.A. DE C.V.	5453414 5317656.
16	CELULOSAS DARSO S.A.	3826970 5871941.
17	RECICLAJE TEXCOCO,	8520768.
18	PROD. NACIONALES DE PAPEL DESTINADO S.A.	3682455 3682401.
19	PRODUCTOS SAN CRISTOBAL S.A. DE C.V.	3262200 3266267.
20	CARTON PONDEROSA S.A. DE C.V.	3869914 2110111

21	PAPELES LOZAR S.A. DE C.V	20022	20219.
22	CARTONERA RINO S.A. DE C.V.	8551701.	
23	MEXICANA DE PAPEL PERIÓDICO S.A.	5672511	5875949.
24	PAPELERA DE MORELOS S.A. DE C.V.	5506000	5503336.
25	COPAL MEXICANA, S.A. DE C.V.	3955444	3915192.
26	EMPAQUES MODERNOS DE GUADALAJARA S.A. DE C.V.	7899088	7950004.
27	CENTRO DE ACOPIO DANIEL ESTRADA.	7925497	7329170.
28	PAPELERA HEDA S.A. DE C.V.	8551300	8552977.
29	TODOPAPEL, S.A. DE C.V.	20928	20454.
30	CELULOSA PAPELERA, S.A. DE C.V.	3955444	3925192.
31	SERVIPAPEL S.A. DE C.V.	5152801	720602.
32	TRANSFORMACIÓN DE PAPEL IRABIA S.A.	6562304	7092244.
33	CORPORACIÓN DE PAPELES TÉCNICOS Y ESP. S.A. DE C.V.	3973322	7092224.
34	INDUSTRIAS CENTAURO S.A. DE C.V.	6692087	6691654.
35	COMERCIALIZADORA DE PAPELES INDUSTRIALES S.A. DE C.V.	32622000	3262268.
36	EMPAQUES DERIVADOS DEL CARTÓN CORRUGADO	5694425.	
37	CARTONERA ATLAS S.A.	3974511.	
38	CORRUGADOS Y TROQUELADOS, S.A.	3580344.	
39	ENVASES Y EMPAQUES NACIONALES S.A.	3979022.	
40	FÁBRICA, DE CAJAS CORRUGAS DE MEXICO S.A. DE C.V.	5693466.	
41	FÁBRICA DE CARTÓN Y PAPEL DE MEXICO S.A. DE C.V.	5693466.	
42	FÁBRICA DE ENV. DE CARTÓN CORRUGADO.	7873488.	
43	FÁBRICA DE ENVASES DE PAPEL.	56934954	

44	FÁBRICA DE PAPEL TUXTEPEC S.A.	5672511.	
45	GRAPHO PAK GILARDI S.A.	5768068.	
46	LITO ENVASES.	8723646.	
47	MANUFATURERA SUAJADO E IMPRESIÓN DE CAJAS.	7552310.	
48	PRELITH S.A.	7552182.	
49	STOWE WOODWARD MEXICANA, S.A.	3900599.	
50	TETRAMEX S.A.	5765255.	
51	YOLANDA CASTAÑEDA TORRES.	SIN.NÚM.	
52	CAJAS CORRUGADAS DE MEXICO, S.A. DE C.V.	7818253	6569423.
53	CARTÓN FENIX, S.A.	6560786	6560846.
54	CELULOSA DE FIBRAS MEXICANA	5614100.	
55	PAPEL IRUÑA, S.A. DE C.V.	6562581	6554410.
56	COMERCIALIZADORA DE PAPELES INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.	5664466.	
57	FÁBRICA DE PAPEL FINESS, S.A.	5817445.	
58	FÁBRICA DE PAPEL LA SOLEDAD S.A. DE C.V.	8550469	8550186.
59	MANUFACTURERA DE CARTÓN S.A.	6562616	6566141.
60	MANUFACTURERA DE PAPEL BIDASDA S.A.	3826970	3941913.
61	PAPELERA DE NEVADO S.A. DE C.V.	6562581.	
62	SERVIPAPEL, S.A. DE C.V.	57470656.	
63	SONOCO DE MEXICO, S.A. DE C.V.	5691348.	
64	TODO PAPEL, S.A.	59720868.	
65	RECICLADOS INDUSTRIALES, S.A.	5613124.	
66	FÁBRICA DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE S.A. DE C.V.	5506000.	
67	CIA. INDUSTRIAL DE ATENQUIQUE S.A.	6691337	6691654.

68	FABRICA DE PAPEL COYOACÁN S.A.	5499500 499776.
69	EMPAQUES DE CARTÓN TITAN S.A.	5366875 5367453.
70	CIA. PAPELERA FENIX S A. DE C.V.	3553211.
71	SMURFIT CARTÓN Y PAPEL DE MÉXICO S.A. DE C.V.	5692511 5698121.
72	MANUFACTURERA DE PAPEL BIDASDA S.A. DE C.V.	3826965 3826956.
73	CELULOSA DE FIBRAS MEXICANAS S.A. DE C V	5614100 3528554.
74	SONOCO DE MÉXICO S.A. DE C.V	5626210 3937731.
75	PAPELERA VERACRUZANA S.A. DE C.V.	5614100 3528976.
76	GRAFT, S.A. DE C.V.	5330580 5112692.
77	PAPELERA DE CHIHUAHUA S.A. DE C.V.	5453350 5317656.
78	FÁBRICA DE CELULOSA EL PILAR S.A.	40253 7091817.
79	PONDERCEL S.A. DE C.V.	2110111 2865761.
80	CARTONAJE ESTRELLA S.A. DE C.V.	3680033 5670434.
81	PAPELES DE CALIDAD SAN RAFAEL S.A. DE C.V.	3262200 3262268.
82	FABRICA DE PAPEL SAN JOSÉ S.A. DE C.V.	5103270 8553677.
83	CIA. PAPELERA EL MALDONADO, S.A.	521550 760750.
84	FABRICA DE PAPEL LA SOLEDAD S.A. DE C.V.	7091481 8550186.
85	FABRICA DE PAPEL, S.A.	40022 7091817
86	CARTONERA GUADALUPE, S A DE C.V.	8551142 8551632.
87	MARRUECO Y CIA. S.A. DE C.V.	200111 20014.
88	COMPRA Y VENTA DE DESPERDICIOS INDUSTRIALES, HECTOR ROJAS.	6938373 6424424.
89	COMPRA Y VENTA DE DESPERDICIOS, NICOLAS BAUTISTA.	SIN NÚM
90	DESPERDICIOS INDUSTRIALES.	SIN NÚM

91	SRA. JUDITH SANCHEZ.	SIN NÚM.
92	SR. PORFIRIO PIÑA.	SIN NÚM.
93	PROVEDORA DE MATERIAS PRIMAS SENA, S.A. DE C.V.	SIN NÚM.
94	COMPRA Y VENTA DE PAPEL Y METAL, LORENZO CURIEL.	SIN NÚM.
95	BODEGA SAN FRANCISCO, SR. JUAN MUNOZ	SIN NÚM.
96	JUAN MANUEL MENDOZA SOLANO.	SIN NÚM.
97	AGAFITO MEDINA REYES.	6811786.
98	NICOLAS BAUTISTA.	6519483.
99	DESPERDICIOS INDUSTRIALES.	5480201.
100	BODEGA NUEVA SAN JOSÉ, PORFIRIO PIÑA.	3551287.
101	LEOPOLDO SEGURA MARTINEZ.	3965464 3965468.
102	PAPEL PONDEROSA, MANUEL QUINTOS GONZALES.	5613038.
103	JORGE COSME.	3684226.
104	MANUEL TEPICHINI.	3 821963.
105	JOSE CASTOLO CANO.	3520769.
106	PRODUCTORA E IMPORTADORA DE PAPEL, S.A..	5672511.
107	BODEGA SAN FRANCISCO.	5321111.
108	LA PALOMA, JUDITH SANCHES.	3940358.
109	PACA Y FIERRO EL HORMIGUERO, S.A.	5617513 5613037.
110	COMPRA Y VENTA DE PAPEL Y METAL.	5434326.
111	JUAN RESENDIZ FLORES.	6840313.
112	MAXIMILIANO PERES VALVERDE.	5442208.
113	JUAN BECERRA.	5498209.
114	DEPOSITO DE PAPEL Y FIERRO	6773744.

115	ISIDRO JIMENEZ ARRIETA.	5462537.
116	CARLOS PEÑA.	5382777.
117	SEÑOR MARTINEZ	5781024.
118	DESPERDICIOS INDUSTRIALES ARTURO GARCIA	5923154.
119	DESCARPEL.	7822389 5834801.
120	JUAN ALVAREZ.	7092303.
121	LUIS FONZALES CASILLAS.	5642384.
122	BODEGA CONDESA.	5535551.
123	MARGARITO ROJAS.	5649001.
124	GUADALUPE ALEMAN ALVAREZ.	7540903.
125	PAPELERA KRAFT S.A..	5173904.
126	ALBERTO MOLINA DEL RIO.	7546350.
127	ROSALBA PEREZ MARTINEZ.	7510838.
128	JUAN MORENO PEREZ.	6960880.
129	PAPELES MICO, S.A. DE C.V	6854711.
130	COMERCIAL DE DESPERDICIOS INDUSTRIALES.	SIN NUM.
131	NATALIA SALAZAR, COMPRA DE PAPEL.	5818439.
132	CASA JORGE.	7631226.
133	MAR. GUADALUPE HURTADO.	6947738.
134	HONESIMO ROMERO JARAMILLO.	6916970.
136	HERMILA SANCHEZ	2500582.
137	CARMEN SANCHEZ.	5270599.
138	VICTORIA HERNANDEZ.	5272912.

139	PREPARADOS DE PAPEL.	5272912.
140	REFUGIO RIOS.	7630121.
141	CAROLINA ROJAS.	7626786.
142	JOSE GUADALUPE LOPEZ.	7021018
143	RECICLADORES DE PAPEL Y PLASTICO.	7893529.
144	GUILLERMO GARCIA.	6764595.
145	CENTRO DE ACOPIO TACUBAYA.	7776071 2716071.
146	RAMYBA, S.A.	8550949.
147	CENTRO DE ACOPIO NEZA.	SIN NÚM.
148	RECICLAJES DE PAPEL VALDEZ, S.A.	5615629 5615399.
149	ECONOMOVIL, S. A. DE C. V.	5619825 5619829.
150	DESECHOS INDUSTRIALES GAVILAN.	SIN NÚM.

### ANEXO 3

#### CUESTIONARIO QUE SE APLICÓ A CADA UNO DE LOS CENTROS DE ACOPIO TEMPORAL Y RECICLAJE DE PAPEL Y CARTÓN

CENTROS DE ACOPIO TEMPORAL	TIPO DE PAPEL QUE ADQUIEREN	CANTIDAD QUE COMPRAN	PRECIO DE COMPRA \$	VIENEN POR EL MATERIAL	COBRAN POR EL FLETE	REQUISITOS PARA LA COMPRA	FORMA DE PAGO
1	BLANCO CARTÓN COLOR REVISTA	50 T	0.82 0.30 0.60 0.55	NO	-----	CLASIFICADO	CHEQUE
2	NO EXISTEN LOS NÚMEROS TELEFÓNICOS						
3	LAS PLANTAS NO ESTAN EN SERVICIO						
4	LAS PLANTAS SE ENCUENTRAN EN PROVINCIA, AQUÍ SÓLO HAY OFICINAS						
5	LAS PLANTAS SE ENCUENTRAN EN PROVINCIA, AQUÍ SÓLO HAY OFICINAS						
6	CARTÓN	CUALQUIER	0.65	NO	-----	LIMPIO	CHEQUE
7	REQUIEREN MUESTRAS PARA VER LA CALIDAD DEL MATERIAL						
8	EL NÚMERO TELEFÓNICO CORRESPONDE A LARGA DISTANCIA						

ESTA TESIS NO PUEDE SALIR DE LA BIBLIOTECA

9	NO EXISTEN LOS NÚMEROS TELEFÓNICOS						
10	YA CAMBIO DE GIRO						
11	NO EXISTEN LOS NÚMEROS TELEFÓNICOS						
12	CARTÓN	4 TONELADAS	0.55	NO	-----	LIMPIO	FACTURA
13	NO EXISTE EL NÚMERO TELEFÓNICO						
14	NO EXISTEN LOS NÚMEROS TELEFÓNICOS						
15	LAS PLANTAS SE ENCUENTRAN EN CHIHUAHUA Y MONTERREY						
16	LAS PLANTAS NO ESTAN EN SERVICIO						
17	BLANCO CARTÓN	CUALQUIER	1.00 0.55	NO	-----	LIMPIO	CHEQUE
18	POR AHORA SE ENCUENTRAN SUSPENDIDAS LAS COMPRAS						
19	BLANCO COLOR CARTÓN REVISTA	MAS DE 50 T	0.82 0.66 0.30 0.55	SÍ	NO	LIMPIO Y SEPARADO	FACTURA
20	NO EXISTE EL NÚMERO TELEFÓNICO						

21	POR AHORA SE ENCUENTRAN SUSPENDIDAS LAS COMPRAS							
22	EL NÚMERO TELEFÓNICO ESTA SUSPENDIDO							
23	EL NÚMERO TELEFÓNICO NO CORRESPONDE AL GIRO							
24	EL NÚMERO TELEFÓNICO NO CORRESPONDE AL GIRO							
25	EL NÚMERO TELEFÓNICO ESTA SUSPENDIDO							
26	SEMIKRAF KRAF CARTÓN AMERICANO	600 Kg - 3 T	1.00	NO	-----	JUEGO DE REMISIONES CON FACTURA	EN EFECTIVO Y DE UN DÍA PARA OTRO	
27	CARTÓN BLANCO COLOR REVISTA	CUALQUIER	0.30 0.50 0.40 0.10	SÍ	SE DISMINUYEN \$0.10 SOBRE EL PRECIO	FACTURA	EFFECTIVO	
28	BLANCO COLOR PERIÓDICO CARTÓN	NECESITAN VER MUESTRAS						
29	EL NÚMERO TELEFÓNICO CORRESPONDE A LARGA DISTANCIA							
30	PAPEL CARTÓN	3 T	0.60 0.40	NO	-----	LIMPIO Y SEPARADO	CON CHEQUE Y FACTURA	
31	CARTÓN BLANCO	CUALQUIER	0.50 0.60	NO	-----	LIMPIO Y SEPARADO	CON CHEQUE Y FACTURA	

32	NO CONTESTARON					
33	NO CONTESTARON					
34	YA CAMBIO DE GIRO					
35	BLANCO	CUALQUIER	0.50	NO	-	LIMPIO Y SEPARADO EFECTIVO
36	REVOLTURA CARTÓN BLANCO	MAYOR DE 3T	0.40 0.60 0.50	NO	-----	LIMPIO Y SEPARADO EFECTIVO
37	NO CONTESTARON					
38	EL NÚMERO TELEFÓNICO ESTA SUSPENDIDO					
39	NO COMPRAN PAPEL					
40	NO CONTESTARON					
41	NO CONTESTARON					
42	YA NO EXISTE					
43	ES LA MISMA EMPRESA QUE LA 36.					
44	NO CONTESTARON					

45	NO CONTESTARON				
46	EL NÚMERO TELEFÓNICO CORRESPONDE A LARGA DISTANCIA				
47	ES SUCURSAL DE LA 36				
48	ES SUCURSAL DE LA 36				
49	CAMBIO DE GIRO				
50	CARTÓN	CUALQUIER	0.40	NO	LIMPIO Y SEPARADO EFFECTIVO
51	NO TIENE NÚMERO TELEFÓNICO				
52	NO CONTESTARON				
53	NO EXISTE				
54	EL NÚMERO TELEFÓNICO CORRESPONDE A LARGA DISTANCIA				
55	CAMBIO DE GIRO				
56	ES SUCURSAL DE LA NÚMERO 1				

57	YA NO EXISTE				
58	POR AHORA SE ENCUENTRAN SUSPENDIDAS LAS COMPRAS				
59	YA NO EXISTE				
60	CARTÓN	10 T O MÁS	0.50	NO	----- EN PACAS EFECTIVO
61	NO CONTESTARON				
62	EL NÚMERO TELEFÓNICO CORRESPONDE A LARGA DISTANCIA				
63	KRAF	CUALQUIER	0.50	NO	----- EN PACAS CHEQUE
64	EL NÚMERO TELEFÓNICO ESTA SUSPENDIDO				
65	NO CONTESTARON				
66	NO CONTESTARON				
67	NO CONTESTARON				
68	CAMBIO DE GIRO				

69	CAMBIO DE GIRO
70	POR AHORA SE ENCUENTRAN SUSPENDIDAS LAS COMPRAS
71	POR AHORA SE ENCUENTRAN SUSPENDIDAS LAS COMPRAS
72	YA NO EXISTE
73	ES LA MISMA QUE LA 54 Y EL NÚMERO CORRESPONDE A LARGA DISTANCIA
74	ES LA MISMA QUE LA 63
75	LA PLANTA SE ENCUENTRA EN PROVINCIA
76	CAMBIO DE GIRO
77	POR AHORA SE ENCUENTRAN SUSPENDIDAS LAS COMPRAS
78	YA NO EXISTE
79	YA NO ES EL NÚMERO TELEFÓNICO
80	CAMBIO DE GIRO

81	REQUIEREN VER MUESTRAS PARA DAR LOS PRECIOS					
82	CAMBIO DE GIRO					
83	EL NÚMERO TELEFÓNICO CORRESPONDE A LARGA DISTANCIA					
84	NO ADQUIEREN PAPEL					
85	YA CAMBIO DE GIRO					
86	YA CAMBIO DE GIRO					
87	EL NÚMERO TELEFÓNICO CORRESPONDE A LARGA DISTANCIA					
88	PERIÓDICO BLANCO CARTÓN	CUALQUIER	0.70 0.80 0.40	SÍ	-----	SEPARADO  CONTADO
89	CARTÓN REVISTA BLANCO PERIÓDICO	CUALQUIER	0.10 0.05 0.25 0.12	NO	-----	SI EL MATERIAL VA REVUELTO SE PAGA COMO REVISTA  CONTATO
90	NO TIENE NÚMERO TELEFÓNICO					
91	NO TIENE NÚMERO TELEFÓNICO					
92	NO TIENE NÚMERO TELEFÓNICO					



103	YA NO ES EL NÚMERO TELEFÓNICO						
104	YA NO ES EL NÚMERO TELEFÓNICO						
105	BLANCO COLOR PERIÓDICO ESTRASA CARTÓN REVISTA	CUALQUIER	0.40 0.20 0.40 0.20 0.35 0.20	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
106	POR AHORA LAS COMPRAS ESTAN SUSPENDIDAS.						
107	BLANCO PERIÓDICO CARTÓN REVISTA	CUALQUIER	0.50 0.30 0.50 0.30	NO	-----	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
108	BLANCO PERIÓDICO CARTÓN REVISTA COLOR ESTRASA	CUALQUIER	0.50 0.40 0.30 0.25 0.25 0.25	NO	-----	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
109	SOLO ADQUIEREN PACA Y FIERRO						
110	BLANCO COLOR PERIÓDICO CARTÓN REVISTA	CUALQUIER	0.80 0.40 0.60 0.30 0.30	NO	-----	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
111	YA NO ES EL NÚMERO TELEFÓNICO						
112	YA NO ES EL NÚMERO TELEFÓNICO						

113	YA NO ES EL NÚMERO TELEFÓNICO						
114	SOLO ADQUIEREN PACA Y FIERRO						
115	BLANCO COLOR PERIÓDICO CARTÓN REVISTA	CUALQUIER	0.70 0.40 0.50 0.30 0.40	NO	-----	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
116	BLANCO COLOR PERIÓDICO ESTRASA CARTÓN REVISTA	CUALQUIER	0.60 0.30 0.50 0.30 0.30 0.30	NO	-----	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
117	CAMBIO DE GIRO						
118	BLANCO COLOR PERIÓDICO CARTÓN REVISTA	CUALQUIER	0.60 0.30 0.40 0.30 0.30	NO	-----	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
119	YA NO ES EL NÚMERO TELEFÓNICO						
120	CAMBIO DE GIRO						
121	CARTÓN	CUALQUIER CANTIDAD	0.30	NO	-----	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
122	BLANCO COLOR PERIÓDICO	CUALQUIER CANTIDAD	0.80 0.60 0.60	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO

	CARTÓN REVISTA		0.40 0.50					
123	BLANCO COLOR PERIÓDICO CARTÓN REVISTA	CUALQUIER CANTIDAD	0.70 0.40 0.60 0.30 0.30	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO	
124	REQUIEREN VER MUESTRAS PARA DAR LOS PRECIOS							
125	YA NO ES EL NÚMERO TELEFÓNICO							
126	CAMBIO DE GIRO							
127	CAMBIO DE GIRO							
128	BLANCO COLOR PERIÓDICO ESTRASA CARTÓN REVISTA	CUALQUIER	0.70 0.40 0.30 0.30 0.30 0.40	SÍ	SÍ	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO	
129	YA NO ES EL NÚMERO TELEFÓNICO							
130	NO TIENE NÚMERO TELEFÓNICO							
131	BLANCO COLOR ESTRASA	CUALQUIER	0.50 0.30 0.20	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO	

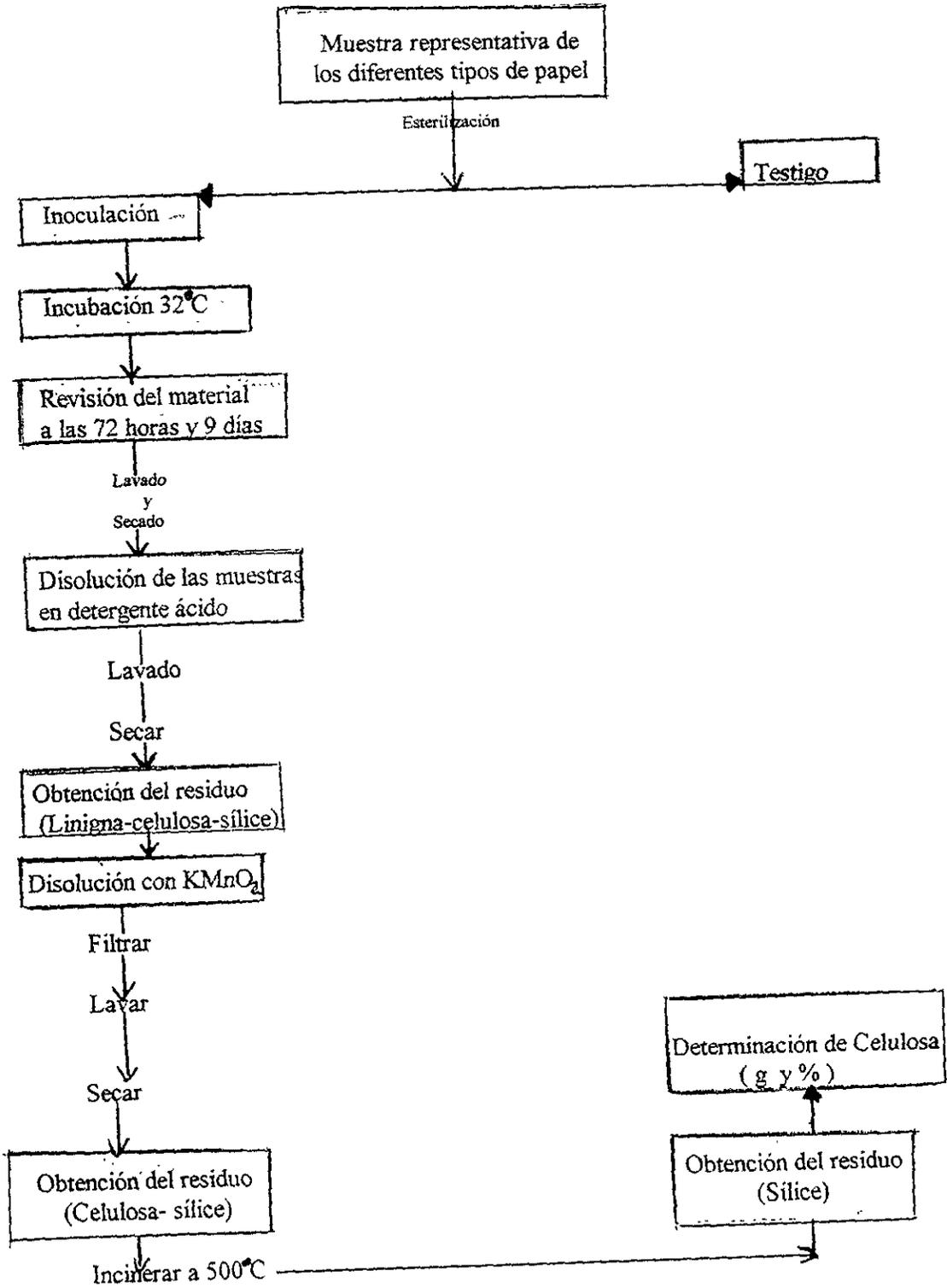
	CARTÓN PERIÓDICO REVISTA		0.30 0.30 0.20						
132	CAMBIO DE GIRO								
133	BLANCO COLOR PERIÓDICO ESTRASA CARTÓN REVISTA	CUALQUIER	0.70 0.50 0.35 0.30 0.35 0.30	SI ES MÁS DE 13 T	NO	SEPARADO Y LIMPIO	CHEQUE		
134	LOS NÚMEROS TELEFÓNICOS CORRESPONDEN A LARGA DISTANCIA								
135	BLANCO COLOR PERIÓDICO ESTRASA REVISTA	CUALQUIER	0.50 0.30 0.20 0.30 0.30	NO	-----	SEPARADO Y LIMPIO	CHEQUE		
136	CAMBIO DE GIRO								
137	CAMBIO DE GIRO								
138	BLANCO COLOR PERIÓDICO REVOLUTURA CARTÓN REVISTA	CUALQUIER	0.70 0.30 0.50 0.30 0.40 0.30	SÍ	SI SE LLENAN MÁS DE DOS CAMIONES SI		CHEQUE		
139	BLANCO COLOR PERIÓDICO REVOLUTURA CARTÓN REVISTA	CUALQUIER	0.70 0.30 0.50 0.30 0.40 0.30	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	CHEQUE		

LOS NÚMEROS TELEFÓNICOS ESTAN SUSPENDIDOS							
	PERIÓDICO	CUALQUIER	0.60	NO	-----	PACAS	EFFECTIVO
140							
141							
142	REQUIEREN VER MUESTRAS PARA DAR LOS PRECIOS						
143	YA NO ES EL NÚMERO TELEFÓNICO						
144	BLANCO COLOR PERIÓDICO REVISTA CARTÓN	CUALQUIER	0.20 0.20 0.20 0.20 0.20	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
145	BLANCO COLOR PERIÓDICO ESTRASA REVISTA CARTÓN	CUALQUIER	0.70 0.50 0.45 0.35 0.40 0.35	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
146	BLANCO COLOR PERIÓDICO REVOLUTURA REVISTA CARTÓN	CUALQUIER	0.60 0.50 0.50 0.20 0.40 0.45	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
147	BLANCO COLOR REVISTA CARTÓN	CUALQUIER	0.50 0.30 0.30 0.30	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO
148	BLANCO COLOR ESTRASA	CUALQUIER	0.95 0.65 0.40	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	EFFECTIVO

	CARTÓN REVISTA		0.50 0.65					
149	BLANCO COLOR PERIÓDICO REVISTA CARTÓN	CUALQUIER	0.95 0.65 0.40 0.65 0.50	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	CHEQUE	
150	BLANCO COLOR PERIÓDICO ESTRASA REVISTA CARTÓN	CUALQUIER	0.30 0.30 0.30 0.30 0.30 0.30	SÍ	NO	SEPARADO Y LIMPIO	CHEQUE	

# ANEXO 4

## FASE EXPERIMENTAL



## GLOSARIO

- 1.- Agua blanca pura: Término con el que se indican todas las aguas que en las papeleras y en las fábricas de materias fibrosas contienen en suspensión fibras, materias de carga y otras sustancias sólidas empleadas en la fabricación. Las que escurren a través de las telas de los fieltros, de los espesores y condensadores, así como también el agua de deshidratación desgotada a través de la tela de la mesa de fabricación y el agua residual.
- 2.- Babazas. Las babazas de la fábrica de papel son una masa de material filamentoso, pastoso, gelatinoso, que se encuentra en la pasta de fabricación del papel, y que tiene influencia en la oclusión de fieltros y telas metálicas, y origina imperfecciones o agujeros en el papel. Las babazas pueden consistir en cuerpos microbianos, depósitos de productos químicos, grumos de pulpa, depósitos fangosos, impurezas, pulpa seca e incrustaciones.
- 3.- Batido. El batido, consiste en mezclar al mismo tiempo, en suspensión acuosa, los diferentes materiales y en impartirles, mediante acción mecánica, las propiedades que determinan las características del producto final.
- 4.-DBO: Cantidad en partes por millón de oxígeno disuelto requerido durante la estabilización de la materia orgánica que puede descomponerse en un agua residual por acción bioquímica aeróbica.
5. Degradación: Reacción química que involucra la descomposición de una molécula en moléculas más simples.
- 7.- Fibrilación. El fabricante de papel considera que una pasta preparada con un juego de cuchillas romas, sé fibrilla o escobilla. Al examinar al microscopio la estructura de una fibra celulósica, se encontrará que se parece a una manguera, con su pared compuesta por varias capas. Las capas interiores están constituidas de fibrillas, cuando estas se aflojan de la fibra original, ésta aparece al microscopio como fibrilada.
- 8.- Hidratación. Cuando las fibras celulósicas se trabajan mecánicamente en presencia de agua, como sucede en el batido o en la refinación, sufren un cambio que las hace más resistentes a permitir el drenado de agua a través de la hoja o masa de pulpa. A este proceso se le conoce como hidratación.
9. Longitud de la fibra. La longitud de la fibra, por lo común, se refiere a la longitud promedio de las fibras en la masa de la suspensión fibrosa. El valor de la distribución de la longitud de fibra ha sido ampliamente apreciado. Algunos tipos de papel requieren que la masa de fibras sea lo más larga posible, en tanto que otros tipos de papel requieren fibras que sean substancialmente cortas para producir las características deseadas en la hoja acabada.
- 10.- Pulpa.- La pulpa o fibra, es el material fibroso preparado y listo para el proceso de

preparación de la pasta; puede ser sin blanquear o blanqueado, en forma de hojas o rollos secos, de paquetes húmedos, a granel, o cualquier otra forma apropiada para fines comerciales.

11.- Pulpeo. El proceso de pulpeo también conocido como proceso de rompimiento, desintegración o suspensión, consiste en, reducir el material seco a forma de pulpa, agregando la cantidad suficiente de agua para adaptarlo al proceso, y en liberarlo del exceso de haces de fibras u otros materiales no desmenuzados.

12.- Refinación. Es también un proceso mecánico al cual se sujetan las fibras, algunas veces después del batido, o a veces independientemente de él.