



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA QUÍMICA - ÁREA SISTEMAS

**Estudios de inteligencia tecnológica de procesos de
biorrefinación a partir de biopolímeros**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
JESÚS SANTIAGO ALEJANDRO DE LA CRUZ

Tutor Principal:
Dra. Yara Cecilia Almanza Arjona,
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología.

Ciudad Universitaria, CDMX, Enero de 2020.



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.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Martín Guillermo Hernández Luna.

Secretario: Dr. Alberto Rosas Aburto.

1 er. Vocal: M.C. María Georgina Ortiz Gallardo

2 do. Vocal: M.I. Luis Roberto Vega González

3 er. Vocal: Dra. Yara Cecilia Almanza Arjona

Lugares donde se realizó la tesis: Facultad de Química, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología.

TUTOR DE TESIS:

Dra. Yara Cecilia Almanza Arjona

FIRMA

Agradecimientos.

Me es grato poder dedicar unas palabras a todas aquellas personas que han contribuido a alcanzar esta meta, la cual marca un hito en mi proyecto de vida.

Doy gracias a mis padres, hermanos y demás familiares que me han apoyado. No cabe duda de que mi familia ha sido uno de mis grandes motivadores y colaboradores en este proceso de formación. Estoy muy feliz que formen parte de mi vida.

Quiero agradecer infinitamente a mi tutora, la Dra. Yara Cecilia Almanza Arjona por su guía, consejos y ejemplos, los cuales fueron un aliciente que me impulsaron a superar mis límites. Mil gracias doctora, es una gran persona que deja una huella imborrable en mi persona.

También quiero agradecer a la Dra. Berenice Vergara Porras del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), por apoyarnos en el establecimiento de la colaboración con su institución. Del mismo modo, agradezco a la Dra. Rosa María Rio Belver de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), por permitirme aprender de ella y hacer más amena mi estancia en su maravilloso país (España).

Se agradece a la DGAPA-UNAM por el financiamiento a la investigación obtenida con los Proyectos PAPIIT IG100718 (Procesos de biorefinación a partir de un proceso de deconstrucción ácida en fase gas de materiales lignocelulósicos) e IV100119 (Desarrollo de nuevas tecnologías de producción de lignosulfonatos, celulosa, ácido láctico, bioetanol y materiales híbridos a partir de residuos agroindustriales). De igual modo, doy gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por concederme la beca (CVU/Becario) 854844/635099 del programa nacional de posgrados de calidad (PNPC) que materializó mi formación académica.

Por otra parte, quiero dejar registro de que soy una persona afortunada por formarme en esta admirable institución educativa. Además de los conocimientos adquiridos, en el proceso me ha mostrado a personas maravillosas, algunas están cercas y otras no tanto, pero siempre las tengo presente en mi mente. Por las razones anteriores, estaré eternamente agradecido con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Tabla de contenido

1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	3
1.1.1. Contexto mundial de los derivados del petróleo: combustibles y materias primas ...	3
1.1.1.1. El reemplazo de los combustibles fósiles.....	5
1.1.2. Biorrefinerías.....	7
1.1.2.1. Historia y contexto mundial de las biorrefinerías.....	7
1.1.2.2. Tipos de biorrefinería.....	7
1.1.2.3. Producción y procesos.....	10
1.2. Planteamiento del problema.....	13
1.2.1. Solución.....	13
1.2.2. Preguntas de investigación.....	13
1.2.2.1. General.....	13
1.2.2.2. Específicas.....	14
1.3. Objetivo.....	14
1.3.1. Objetivo general.....	14
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Justificación.....	15
1.5. Alcances y limitaciones.....	16
1.6. Hipótesis.....	17
1.7. Bibliografía.....	18
2. Marco teórico.....	19
2.1. Las biorrefinerías y su relación con la celulosa.....	19
2.1.1. Plantas productoras de celulosa como candidatos para la implementación de modelos de biorrefinación.....	20
2.1.2. Derivados de celulosa, productos de alto valor agregado.....	20
2.2. Inteligencia tecnológica competitiva.....	22
2.2.1. ¿Qué es la inteligencia tecnológica?.....	22
2.2.1.1. La relación de la vigilancia tecnológica y la gestión de la tecnología.....	23
2.2.1.2. Tipos de inteligencia.....	24
2.2.1.3. Beneficios que ofrece la aplicación de la inteligencia tecnológica.....	25
2.2.2. El proceso de inteligencia.....	25
2.2.2.1. Ciclo de inteligencia tecnológica.....	25
2.2.2.2. Necesidades del cliente.....	27
2.2.2.3. Método de búsqueda.....	27

2.3. Minería tecnológica	30
2.4. Bibliografía.	32
3. Resultados.	34
3.1. Inteligencia de Mercado de celulosa.	34
3.1.1. Consumo aparente.	34
3.1.2. Producción de celulosa en México.....	35
3.1.2.1. Producción nacional.	35
3.1.2.2. Empresas productoras.	37
3.1.3. Importaciones de celulosa a México.	39
3.1.3.1. Cantidades de importación.....	40
3.1.3.2. Países de procedencia.....	41
3.1.3.3. Valor económico de las importaciones.	43
3.1.4. Exportaciones de celulosa.	44
3.1.4.1. Cantidades de exportación.....	44
3.1.4.2. Países destino.....	45
3.1.4.3. Valor económico de las exportaciones.	46
3.1.5. Balanza comercial	47
3.1.6. Usuarios de celulosa.	47
3.2. Inteligencia de mercado y competitiva de los derivados de celulosa.	49
3.2.1. Producción nacional de acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa.	49
3.2.2. Empresas productoras.....	51
3.2.2.1. Química Amtex.....	51
3.2.2.2. Ashland.....	51
3.2.2.3. Grupo Petroquímico Beta.....	53
3.2.2.4. Grupo Celanese.....	53
3.2.2.5. Henkel.....	54
3.2.3. Importaciones.	56
3.2.3.1. Cantidades importadas.	56
3.2.3.2. Países de procedencias.	57
3.2.3.3. Valor económico de las importaciones de derivados de celulosa.	58
3.2.4. Exportaciones.....	59
3.2.4.1. Cantidades exportadas.	59
3.2.4.2. Países destino.....	60
3.2.4.3. Valor económico de las exportaciones de derivados de celulosa.	61
3.2.5. Balanza comercial.	62

3.2.6. Proveedores de materia prima.....	62
3.2.6.1. Rayonier.....	63
3.2.6.2. GP Cellulose	63
3.2.6.3. International Paper Company.....	64
3.2.6.4. Southern Cellulose Products.....	65
3.3. Inteligencia tecnológica.....	65
3.3.1. Tecnologías base en la producción de celulosa empleada para la elaboración de los derivados de interés.....	65
3.3.2. Tecnologías protegidas a nivel nacional para la elaboración de celulosa.....	67
3.3.3. Características de la celulosa como materia prima.....	72
3.3.4. Tendencias tecnológicas en la producción de pulpa empleada para la elaboración de derivados de celulosa.....	74
3.4. Resultados de la minería tecnológica.....	80
3.4.1. Cesionarios vs Países miembro.....	81
3.4.2. Cesionarios vs Códigos IPC.....	85
3.4.3. Países miembro vs Códigos IPC.....	89
3.5. Bibliografía.....	95
4. Conclusiones	100
Anexo I. Áreas Tecnológicas.....	103
Anexo II. Lista de patentes.....	104
Anexo III. Procesos de producción de pulpa de celulosa.....	110
1. Pulpa Kraft.....	110
i. Lavado y recuperación del licor.....	111
ii. Caustificación.....	111
iii. Blanqueo de la pulpa de celulosa	111
2. Pulpa al sulfito	112
3. Pulpa para disolver.....	115
4. Bibliografía.....	116

1. Introducción.

La principal motivación del presente trabajo es generar información actual del entorno nacional que de soporte al grupo de investigadores de la facultad de química (usuario final) sobre la decisión de explotar la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica en las industrias nacionales de la celulosa, acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa y/o hidroxipropilcelulosa.

El presente trabajo de tesis consiste en una investigación descriptiva con un enfoque mixto que genera la información requerida por el usuario final a partir de la identificación, recolección, procesamiento y análisis de información documental del contexto de mercado, competitivo y tecnológica de las industrias nacionales de celulosa, acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa. Se propuso realizar un estudio de inteligencia tecnológica debido a los diferentes contextos examinados de las industrias de interés para el usuario final. La metodología de la inteligencia tecnológica permite generar información que apoya los planes estratégicos del usuario final [1] y entre los beneficios de la aplicación del proceso de inteligencia tecnológica se encuentra la identificación de oportunidades, amenazas y tendencias de los sectores de estudios.

Con el fin de proteger la confidencialidad del desarrollo tecnológico y no vulnerar sus ventajas, el presente trabajo no expone la descripción de la tecnología creada por el grupo de investigadores de la facultad de química, ni las decisiones tomadas por el usuario final derivadas de la aplicación de las inteligencias generadas. A causa de estas limitaciones, solo se muestran las posibles decisiones que acataría el usuario final en forma de sugerencias.

Por otra parte, la inteligencia tecnológica cuenta con varios sinónimos dentro de la literatura tales como Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VT/IC), *Competitive Intelligence* (en documentos de idioma inglés) o Inteligencia Tecnológica y Competitiva (ITC); por ello, se emplea material bibliográfico referido a cualquiera de estos nombres.

A nivel nacional, el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. (IMNC) emitió la norma "NMX-GT-004-IMNC-2011 Gestión de la Tecnología - Directrices para la implementación de un proceso de vigilancia tecnológica", la cual se tomó en cuenta para la ejecución del estudio de inteligencia tecnológica. De igual manera, se empleó el proceso de inteligencia competitiva propuesto por la Sociedad de Profesionales de Inteligencia Competitiva (SCIP, por sus siglas en inglés).

El presente trabajo de grado se distribuye en cuatro capítulos y tres apéndices, cada sección contiene su propia bibliografía. En el primer capítulo se establece la importancia de las biorrefinerías, el contexto global de biorrefinerías, algunos clasificaciones de estas. También se expone la problemática de la falta de información y las metas que se plantean cumplir con la realización de esta tesis.

El segundo capítulo abarca el marco teórico donde se expone la relación entre las biorrefinerías y los productos finales de interés (la celulosa y algunos derivados de esta). Por otra parte, se profundiza en el tema de la inteligencia tecnológica, la metodología del proceso y los tipos de inteligencia que se realizan de acuerdo con el contexto de análisis. Asimismo se presenta la metodología de la minería tecnológica, técnica alineada a los propósitos de la inteligencia tecnológica.

El tercer capítulo presenta las distintas inteligencias generadas para el usuario final. En la inteligencia de mercado destaca la cantidad de celulosa química al sulfato blanqueada importada, lo cual representa una oportunidad en el entorno. Por otro lado, la inteligencia competitiva reveló la presencia de empresas productoras de los derivados de celulosa de interés en México y que son líderes a nivel mundial; lo cual puede verse desde dos perspectivas: una oportunidad para ser proveedores de celulosa o una amenaza si desea producir los derivados de celulosa. Por último, la inteligencia tecnológica hace notar que a nivel nacional las invenciones protegidas en la producción de celulosa son innovaciones incrementales de las tecnologías bases del sector.

En el cuarto capítulo se exponen las conclusiones derivadas de las inteligencias generadas sobre las industrias de interés. Destaca la oportunidad a nivel nacional de capitalizar la necesidad de celulosa con características similares a la pulpa química al sulfato blanqueada. El uso de la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica en la industria de la celulosa representaría una innovación, la cual permitiría aumentar el ciclo de vida de los productos y aumentar la rentabilidad de la empresa, al hacer un uso integral de la biomasa.

Por último, se incluyen tres apéndices con información correspondiente a las patentes empleadas para el análisis tecnológico, las áreas tecnológicas de las tres muestras de patentes empleadas, así como la descripción de los procesos de elaboración de la pulpa Kraft, pulpa al sulfito y pulpa para disolver.

Cabe señalar, que el estudio tecnológico se fortaleció con análisis cuantitativos sobre los registros de las patentes colectadas, de los cuales se identificaron los principales cesionarios, áreas tecnológicas y países de protección mediante la aplicación de la minería tecnológica y el análisis de redes sociales. Ambas metodologías fueron aprendidas durante la estancia de investigación en la Universidad del País Vasco (UPV/EHU); durante la estadía se generaron otros resultados complementarios, entre

los más importante destacan: la presentación del trabajo “*Towards a Science Map on Sustainability in Higher Education*” en congreso internacional *13th International Conference on industrial Engineering and industrial management*”/XXIII Congreso de ingeniería de Organización (CIO 2019) y la publicación del trabajo en la revista científica *Sustainability* (<https://doi.org/10.3390/su11133521>) con un factor de impacto de 2.592. Actualmente está por enviarse un segundo artículo con base en los resultados de esta tesis.

De modo similar, se realizó una alianza estratégica con Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), que permitió tener acceso a sus bases de datos y en consecuencia la captación de información relevante para la generación de inteligencia competitiva.

1.1. Antecedentes.

1.1.1. Contexto mundial de los derivados del petróleo: combustibles y materias primas

Actualmente la sociedad demanda un consumo intensificado de combustibles fósiles a raíz de ser la principal fuente de energía, lo que acentúa el impacto en el medio ambiente, pues aceleran la producción de gases de efecto invernadero, promotores del cambio climático. Durante muchos años, los combustibles fósiles han sido el motor de desarrollo de los países, pero su uso excesivo ha provocado una disminución en las reservas, lo que da origen a la encrucijada entre su disponibilidad y los efectos adversos al medio ambiente. De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), organismo autónomo de cooperación internacional dentro del marco de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), para el año 2040 se pronostica un aumento del 30% en la demanda energética mundial y con ello, el incremento en el consumo de combustibles tanto fósiles como renovables [2]. Por otro lado, la Administración de Información Energética de Estados Unidos (U.S. Energy Information Administration, EIA), pronostica el aumento del consumo de energía en 28% para el mismo año [3], dos puntos porcentuales debajo del escenario de la IEA (ver **Figura 1**).

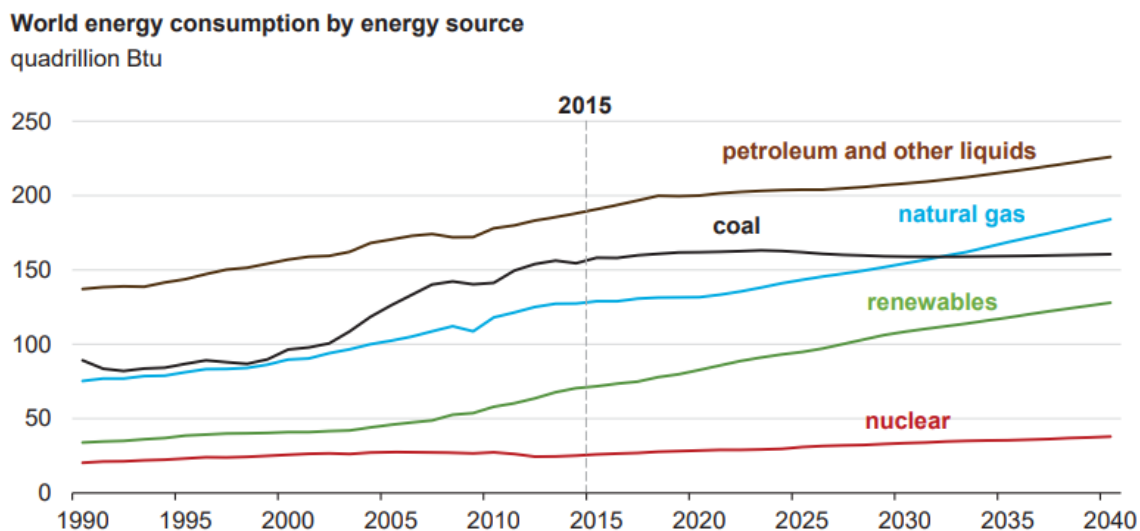


Figura 1. Tendencias de consumo de energía por fuente de origen [3].

El escenario que la IEA sugiere para el 2040, asocia un incremento del empleo de hidrocarburos para su uso final en combustibles para el sector transporte y como materia prima para el sector industria, debido a los pocos sustitutos existentes [2]. Al respecto, la EIA coincide con esta tendencia (ver **Figura 2**).

Para mitigar los efectos del cambio climático, se han implementado medidas a nivel mundial, por ejemplo el Acuerdo de París, que establecen en su plan de acción a mediano plazo, delimitar el aumento de la temperatura global a 1.5°C y la transición de combustibles fósiles a energías limpias [4].

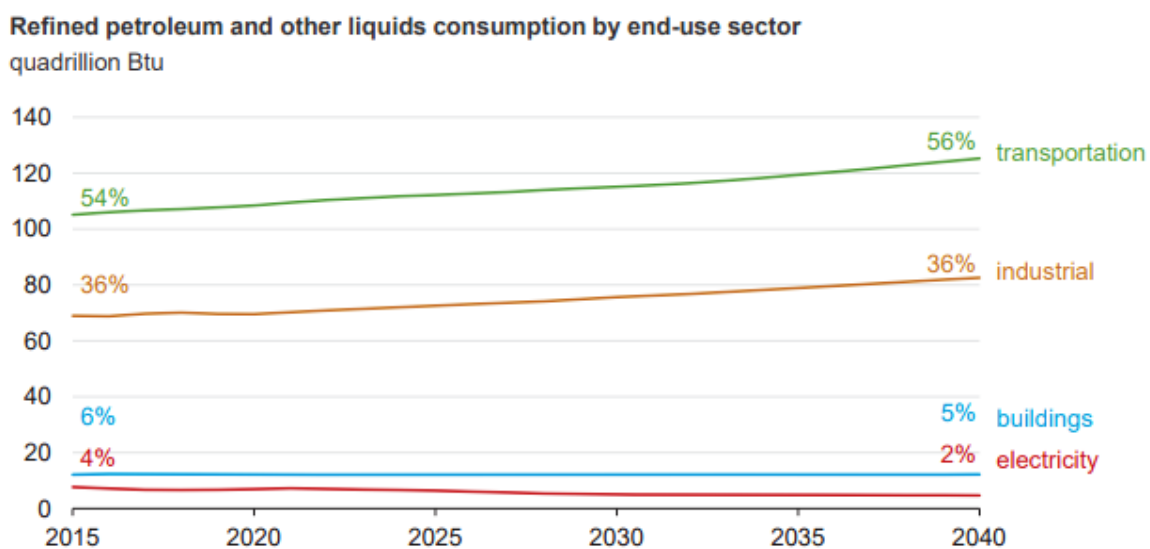


Figura 2. Uso final del petróleo y otros combustibles líquidos [3].

1.1.1.1. El reemplazo de los combustibles fósiles.

Entre las fuentes de energía renovable, la biomasa es la única capaz de generar combustibles líquidos y materias primas para la industria química como sustituto al petróleo, ver **Figura 3**. Este enfoque de economía basada en biomasa incluye las cadenas de producción y procesamiento de materias primas renovables, vegetales y animales, utilizadas fuera del sector alimentario para la producción de materiales, productos químicos, aditivos, combustibles y energía [5]. La IEA ha identificado algunos temas donde la investigación, el desarrollo y la innovación son importantes para lograr la transición a energías sostenibles; en lo referente a la biomasa destacan [6]:

- El uso de la biomasa como materia prima para la producción de olefinas, metanol y amoníaco en el sector industrial de la química y petroquímica, para disminuir la emisión de CO₂.
- En el sector de la celulosa y el papel, propone la mejora en la gasificación del licor negro para aumentar la flexibilidad de los subproductos obtenidos a partir de la biomasa y aprovechar la lignina pura como materia prima.
- Mientras que en el sector transporte, aconseja el incremento a escala comercial, de la producción de combustibles a partir de biomasa, tales como el aceite vegetal hidrotratado (HVO, por sus siglas en inglés) y el etanol celulósico.
- El uso alternativo de combustibles combinados de biomasa y residuos para el sector del cemento.

La economía basada en biomasa utiliza este material renovable de manera sostenible y eficaz, por lo cual, su enfoque se encuentra vinculado al concepto de las biorrefinerías [7].

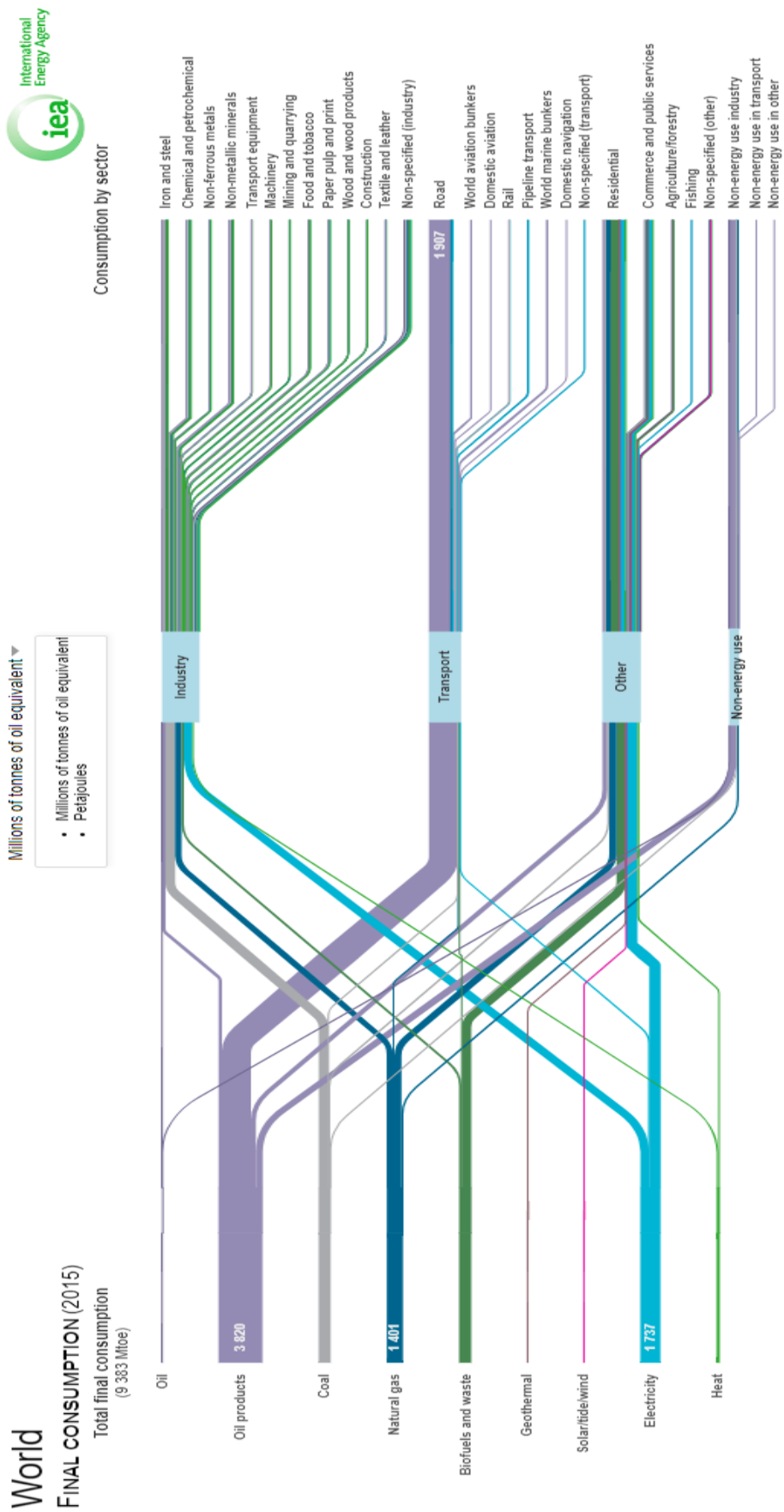


Figura 3. Disposición final de la energía por sector [6]

1.1.2. Biorrefinerías

Ante la complejidad del entorno, surge la necesidad y compromiso de las naciones a dejar de depender de los combustibles fósiles y emigrar a energías limpias. La biomasa brinda la posibilidad de cubrir la seguridad energética y química, indispensables en las civilizaciones sostenibles. Por lo cual, nuevas propuestas para la producción de combustibles, químicos orgánicos, polímeros y materiales a partir de biomasa, emergen continuamente. Entre las nuevas propuestas, aparecen las biorrefinerías, que plantean aprovechar la biomasa como materia prima de manera integral [7,8].

1.1.2.1. Historia y contexto mundial de las biorrefinerías

El concepto de biorrefinería surge a finales de los años 90, a raíz del uso de biomasa para obtener productos no alimentarios, debido a la disminución de la disponibilidad de los combustibles fósiles; desde entonces diferentes definiciones han sido propuestas. En 1997, se empleó el término "biorrefinería verde" para describir a un sistema complejo de tecnologías sostenibles, amigables y en equilibrio con el medio ambiente, que integralmente la materia y energía, donde el material biológico se utiliza como materia prima en una región sostenible de la tierra [8]. El Laboratorio Nacional de Energía Renovable de Estados Unidos (National Renewable Energy Laboratory, NREL), definió la biorrefinería como "una estructura productiva que integra procesos de conversión de biomasa y equipamiento adecuado para producir combustibles, energía y productos químicos de valor agregado" [7]. En 2015, Mikkola y colaboradores [9], definieron el término biorrefinería como una instalación que emplea la biomasa como materia prima en procesos de transformación a través de múltiples etapas, que incluyen fraccionamientos, separaciones y/o conversiones, y produce varios productos de mayor valor biológico. Finalmente y debido a que existe una amplia variedad de configuraciones y productos finales, el grupo de expertos sobre biorrefinerías de la IEA, optó por sintetizar el concepto de biorrefinación como "transformación sostenible de la biomasa para generar un amplio espectro de productos y energía con interés comercial" [10].

1.1.2.2. Tipos de biorrefinería

Actualmente no se cuenta con una clasificación estandarizada aplicable a las biorrefinerías, debido a la amplia gama de arreglos que pueden existir. Las clasificaciones reportadas en la literatura relacionan las características claves de la biorrefinerías, tales como: estado tecnológico (generaciones), tipo de materia prima empleada, tipo de proceso de conversión (proceso termoquímico, químico, bioquímico y físico) y plataforma empleada o producto final obtenido [11].

De acuerdo con la tecnología empleada en las biorrefinerías, se consideran tres tipos de fases o generaciones de biorrefinería:

- Primera generación o fase I, son las menos sofisticadas en su capacidad de procesamiento, emplean granos como materia prima (materia seca) y obtienen etanol o biodiesel, pienso y dióxido de carbono (debido a la poca flexibilidad, su aprovechamiento es mucho menor en comparación con las otras generaciones).
- Segunda generación o fase II, permiten la molienda de materia húmeda dándole mayor versatilidad al procesamiento, se emplean igualmente granos, pero obtiene un mayor espectro de bioproductos.
- Tercera generación o fase III, son las más complejas y avanzadas, utilizan los cultivos íntegramente (cereales, biomasa verde, materia lignocelulósica, incluyendo los residuos orgánicos). Genera multiproductos (tanto energía como productos químicos) adecuado a la fisiología de la biomasa alimentada [8,12].

Respecto de la biomasa que se emplea, las biorrefinerías pueden organizarse en función del origen residual o por cultivo energético [12], los cuales contienen subclasificaciones, ver **Tabla 1**.

Tabla 1. Clasificación de biomasa empleada en la biorrefinería. Basado en [12–14].

Clasificación por:	Subclasificación	Especificación
Origen residual (carece de valor económico dentro del sector generado).	Sector primario (agrario)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Forestales ➤ Agrarios ➤ Ganaderos
	Sector secundario (transformación)	Industriales
	Sector terciario (urbano)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Residuos sólidos urbanos ➤ Aguas residuales ➤ Aceite de fritura
Cultivo energético (cultivos específicos para generar energía).	Cultivos alcoholígenos. (biocombustibles de primera generación)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Producción de bioetanol a partir de procesos de fermentación de azúcar. ➤ Cultivos de biomasa azucarada. ➤ Cultivos de biomasa amilácea.
	Cultivos oleaginosos. (biocombustibles de primera generación)	Semillas que contienen aceites vegetales y pueden usarse como combustible para motores.
	Plantas productoras de terpenos y caucho.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Plantas productoras de terpenos, utilizados para carburante o productos químicos. ➤ Plantas productoras de látex.
	Cultivos lignocelulósicos (biocombustibles de segunda generación)	Cultivos herbáceos o leñosos con polisacáridos de elevado peso molecular.
	Hierbas y pastos (biocombustibles de tercera generación)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cultivo que tradicionalmente se usa como alimento de ganado. ➤ Especies de hierba. ➤ Plantas herbáceas en fases tempranas. ➤ Cereales cuando están verdes y no han desarrollado el grano.
	Cultivos acuáticos (biocombustibles de tercera generación)	Biocombustible procedente de algas además aportan una fuente de triglicéridos, carbohidratos y lignina
	Algas y microorganismo modificados genéticamente (biocombustible de cuarta generación)	Biocombustible de alto rendimiento con alto contenido lipídico a partir de algas.

Las plataformas, son productos intermedios obtenidos tras un proceso primario (pretratamiento) en la biorrefinería, las cuales son la base para producir bioenergía y/o bioproductos tras procesos de conversión [15]. Los tipos de plataforma tampoco son homogéneos, por lo que existen diferencias entre las clasificaciones que manejan los diversos autores. En la **Tabla 2**, se muestran las clasificaciones propuestas por el NREL [16], el grupo de expertos de biorrefinería de la IEA [11] y el grupo de expertos españoles sobre biorrefinerías formado por BIOPLAT y SusChem-España [15].

Tabla 2. Clasificación de plataformas propuesta por diversos autores [11,15,16].

Plataformas propuestas por diversas instituciones		
Laboratorio Nacional de Energía Renovable de E.U.A.	Grupo de expertos de biorrefinería de la Agencia Internacional de Energía.	Grupo de expertos españoles sobre biorrefinerías (BIOPLAT y SusChem-España).
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gas de síntesis. ➤ Biogás. ➤ Aceites de pirólisis. ➤ Cadenas ricas en carbono. ➤ Plantas biofactoría (molecular farming). ➤ Azúcares - lignina. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gas de síntesis. ➤ Biogás. ➤ Aceite pirólisis. ➤ Aceite base de planta. ➤ Aceite de algas. ➤ Solución orgánica. ➤ Azúcar de C6/C5. ➤ Lignina. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gas de síntesis. ➤ Biogás. ➤ Aceite vegetal y otros lípidos. ➤ Proteínas. ➤ Azúcares. ➤ Lignocelulosa.

Se hace notar una cierta similitud entre varias de las plataformas propuestas por estos tres organismos. En el caso del grupo de experto de la IEA, se proponen tres plataformas de aceites, dando como resultado un total de ocho plataformas. El grupo de expertos españoles (representado por BIOPLAT y SusChem-España) presenta una propuesta acorde a su país. Dada la afinidad de las plataformas propuestas por el grupo de BIOPLAT y SusChem-España con los tipos de biorrefinerías que se analizan en este estudio, se toma como base esta última clasificación.

1.1.2.3. Producción y procesos

Ante la diversidad tanto de biomasa como de procesos de conversión que habilitan múltiples rutas de operación dentro de las biorrefinerías, se ha propuesto considerar dos grandes bloques de procesos integrados por fases, para describir la configuración de las biorrefinerías [15], ver **Figura 4**.

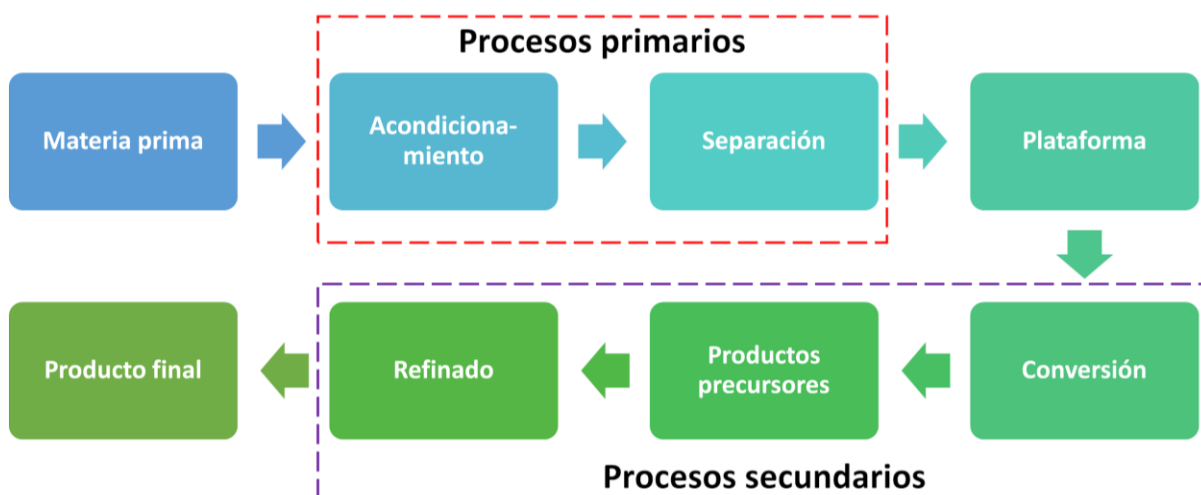


Figura 4. Secuencia general de los procesos dentro de una biorrefinería. Basado en [15].

Los procesos primarios implican la separación de los componentes de la biomasa en productos intermedios (plataformas). Engloba trabajos de acondicionamiento y descomposición de la biomasa, así como operaciones de pretratamiento con la finalidad de homogeneizar y facilitar su conversión posterior en los procesos secundarios. Los procesos secundarios incluyen los procesos de transformación (conversión total o parcial en precursores y productos intermedios) y procesados adicionales (refinado total o parcial a productos) para la obtención de bioenergía y bioproductos. Las operaciones unitarias que se pueden encontrar en los procesos primarios y secundarios de las biorrefinerías se agrupan en cuatro categorías, ver **Tabla 3**.

Tabla 3. Categorías y principales operaciones unitarias en los procesos de una biorrefinería. Elaboración propia, basado en [15].

Tipos y principales procesos que ocurren en una biorrefinería.				
Tipos	Físico	Químico	Termoquímico	Biotecnológico
Fundamento de operación	Aplica energía para transformar la materia.	Emplea las reacciones y/o catalizadores químicos para transformar la materia.	Transforman la materia alterando la temperatura, a veces ocurren transformaciones químicas.	Conversiones de la biomasa con la interacción de microorganismos.
Procesos	Adsorción. Centrifugación. Cristalización. Densificado. Destilación. Extracción. Filtración. Humectación. Molienda. Prensado. Refrigeración/ Calentado. Rotura celular. Secado/ Deshidratación. Tamizado. Tratamiento con ultrasonidos.	Craqueo. Deslignificación. Electrólisis. Epoxidación. Esterificación. Esterificación. Explosión con amoniaco. Explosión con CO ₂ . Explosión con vapor. Hidrogenación. Hidrólisis. Hidrólisis ácida. Hidrólisis alcalina. Isomerización. Reacciones REDOX. Polimerización. Pretratamiento químico. Proceso hidrotérmico. Purificación. Reacciones en disolventes eutécticos. Reacciones en líquidos iónicos. Reacciones de condensación. Refinado. Solvolisis. Síntesis Fischer-Tropsch. Transesterificación.	Combustión. Gasificación. Licuefacción. Reformado con vapor. Torrefacción.	Deslignificación. Digestión anaerobia. Esterificación. Enzimática. Fermentación. Hidrólisis enzimática.

1.2. Planteamiento del problema.

Actualmente no existe información de acceso público referente al entorno actual de las industrias nacionales de la celulosa y sus derivados que permita dar soporte en la toma de decisión de explotar los mercados antes mencionados mediante un proceso de biorrefinación de biomasa lignocelulósica, tecnología desarrollada por el grupo de investigadores de la facultad de química (usuario final). De modo similar, la falta de información no permite identificar posibles líneas de investigación relacionadas con el mejoramiento de la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica para su aprovechamiento en los sectores de mercado de interés. Además, al disponer de información de las industrias es posible identificar potenciales empresas interesadas en adquirir este tipo de tecnología. Por ello, el grupo de investigadores de la facultad de química (usuario final) ha solicitado un análisis del contexto de mercado, competitivo y tecnológico de las industrias nacionales de celulosa, acetato de celulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa que proporcione la información de las condiciones o factores actuales de las industrias de interés.

1.2.1. Solución.

Dado que la solución del problema implica generar conocimiento y conocer factores del objeto de estudio, el presente trabajo de tesis consiste en una investigación descriptiva con un enfoque mixto, guiado por la metodología de inteligencia tecnológica que genera la información requerida por el usuario final a partir de la identificación, recolección, procesamiento y análisis de información documental. En este caso la información documental procede del contexto de mercado, competitivo y tecnológica de las industrias nacionales de celulosa, acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa.

1.2.2. Preguntas de investigación.

1.2.2.1. General

- ¿Qué oportunidades, amenazas y tendencias en el contexto de mercado, competitivo y tecnológico de las industrias nacionales de la celulosa, acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa sustentan la decisión de elegir alguna de las industrias antes mencionadas como posibles segmentos de mercado a explotar con la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica, así como la identificación de líneas de investigación relacionadas con el desarrollo tecnológico y las industrias analizadas, además de la detección de potenciales empresas interesadas en adquirir el desarrollo tecnológico?

1.2.2.2. Específicas

- ¿Cuál es la capacidad instalada y la producción de celulosa a nivel nacional?
- ¿Qué empresas nacionales producen celulosa en México?
- ¿A cuánto asciende en volumen y valor económico las importaciones y exportaciones de celulosa?
- ¿De dónde procede la celulosa que ingresa al país?
- ¿A dónde se envía la celulosa exportada?
- ¿Qué empresas consumen celulosa?
- ¿Qué empresas nacionales producen acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa y/o hidroxipropilcelulosa y cuáles son sus capacidades instaladas?
- ¿A cuánto asciende en volumen y valor económico de las importaciones y de las exportaciones de los derivados de celulosa de interés?
- ¿De dónde proceden la AC, CMC, HEC y HPC que ingresa al país?
- ¿Qué países son el destino de la AC, CMC, HEC y HPC que se exporta del país?
- ¿Cuáles son las especificaciones técnicas de la celulosa para la producción de los derivados de celulosa de interés?
- ¿Quiénes son los proveedores de la celulosa necesaria para la obtención de estos productos?
- ¿Cuáles son las tecnologías de producción de las celulosas empeladas como materia prima en la elaboración de acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa?
- ¿Cuál es la tendencia que muestra el sector de la producción de celulosa?
- ¿Qué empresas han realizado invenciones el área de producción de celulosa?
- ¿Qué otros países son atractivos para proteger invenciones relacionadas con la tecnología de producción de celulosa?

1.3. Objetivo.

1.3.1. Objetivo general

- Identificar, coleccionar y difundir información documental del contexto de mercado, competitivo y tecnológico de las industrias nacionales de celulosa, acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa y hidroxipropilcelulosa mediante la aplicación del procesos de inteligencia tecnológica para sustentar la toma de decisión respecto a la elección de posibles segmentos de mercado en donde explotar el desarrollo tecnológico creado por el grupo de investigación de la facultad de química, la identificación de áreas de investigación relacionados con el aprovechamiento del desarrollo tecnológico en las industrias analizadas, así

como detección de potenciales empresas interesadas en adquirir la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las empresas productoras, el volumen de producción nacional, las importaciones y las exportación, así como los usuarios de la celulosa a nivel nacional mediante la realización de un análisis de inteligencia de mercado sobre información de acceso público, bases de datos e internet.
- Identificar en México las empresas productoras, las capacidades instaladas de producción, las importaciones y las exportaciones correspondientes al acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa, así como los proveedores de celulosa empleados por la empresas productoras de los derivados de interés, mediante la realización de un análisis de inteligencia de mercado e inteligencia competitiva sobre información de acceso público, bases de datos e internet.
- Determinar la tecnología de producción de la celulosa empleada en la elaboración de los derivados de celulosa de interés, las características de la celulosa empleada como materia prima, así como las tendencias del sector de producción de celulosa a nivel nacional, mediante el análisis de inteligencia tecnológica sobre información comercial y tecnológica.
- Identificar las empresas más activas en la protección de invenciones relacionadas con el sector de la producción de celulosa, los principales países donde realizan las protecciones así como las áreas tecnológicas que más protegen en México, mediante un análisis de minería tecnológica aplicado a las patentes recolectadas para este trabajo.

1.4. Justificación.

Dentro de la información de acceso público, no está disponible ningún estudio de mercado, competitivo y tecnológicos relacionados con las industrias nacionales de celulosa, acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa o hidroxipropilcelulosa. Debido a lo anterior, el grupo de investigación de la facultad de química que desarrolló un proceso de biorrefinación de biopolímeros, específicamente de biomasa lignocelulósica, no tiene información del entorno actual de las industrias nacionales de la celulosa, acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa, lo cual aumenta el riesgo de tomar una mala decisión referente a explotar la tecnología de biorrefinación en alguna de las industrias nacionales estudiadas. Otro problema que se deriva por la falta de información es no poder identificar áreas de investigación que puedan ayudar a mejorar el aprovechamiento de la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica en las

industrias de interés. Por último, la falta de información de estas industrias no permite identificar posibles empresas interesadas en adquirir la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica.

Este trabajo de investigación aporta información relevante y actual de las industrias nacionales de la celulosa, acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa. Los resultados presentados muestran un panorama de industrias nacionales de interés desde el contexto de mercado, competitivo y tecnológico. Ahora bien, la investigación está dirigida según el requerimiento de información del grupo de investigadores de la facultad de química (usuario final) y permitirá dar apoyo a sus decisiones. Sin embargo, la información estará disponible para la sociedad y podrá ser utilizada por cualquier persona u organizaciones interesadas en conocer o tomar decisiones relacionadas con las industrias nacionales de la celulosa, acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa o hidroxipropilcelulosa.

Considerando las características del problema, el presente trabajo plantea realizar una investigación descriptiva con enfoque mixto. Se ha utilizado la metodología del proceso de inteligencia tecnológica debido a los diferentes contextos analizados, entre ellos el tecnológico, además de que esta metodología permite identificar oportunidades, amenazas y tendencias de los mercados estudiados; por lo cual, se genera información que da soporte a las decisiones estratégicas del usuario final.

1.5. Alcances y limitaciones.

El presente trabajo consiste en una investigación descriptiva con un enfoque mixto, el cual se limita a un estudio transversal de la última década sobre el objeto de estudio. En este caso, el objeto de estudio corresponde a las industrias nacionales de la celulosa, acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa y se delimita a elementos del contexto de mercado, competitivo y tecnológico.

El estudio realizado se guía por la metodología de inteligencia tecnológica que permite generar conocimiento mediante el procesamiento y análisis de información documental; esta información se recolecta a través de libros, artículos científicos, anuarios, bases de datos, estudios de mercados, patentes e información disponible de internet. Para dar validez a la información usada en este trabajo se empleó la triangulación de datos, técnica que corrobora un dato al ser consultado en diferentes fuentes.

La información comercial y científica se recolecta principalmente de las siguientes bases de datos e informes: *Euromonitor International - Passport*, *EMIS professional*, *ProQuest*, *Emerald*, *Bloomberg*, *Hoovers*, el Banco de Información Económica (BIE),

la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM), la Balanza Comercial de Mercancías de México (BCMM), el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENU), los Informes Anuales de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y el Papel, el Directorio de la Asociación Nacional de Industria Química e informes anuales de las compañías de interés para este estudio. Por su parte, la información tecnológica se obtuvo a través de la base de datos *Derwent Innovation Index* (DII) y por vía electrónica, a través de las oficinas de patentes o el motor de búsqueda de *Google Patent*.

Las conclusiones se derivan principalmente de la inferencia de los datos analizados, a excepción de las conclusiones generales obtenidas por la minería tecnológica, la cual procede de un análisis cuantitativo. Tanto los resultados como las conclusiones están afectadas por las limitaciones de los datos de origen, los cuales son ajenos al control del presente trabajo. Un ejemplo de lo anterior, se presentó al no poder visualizar los datos de las Balanza Comercial de Mercancías de México correspondiente al año 2018, debido a las medidas tomadas por el INEGI para no mostrar específicamente esa información.

1.6. Hipótesis.

Debido a la naturaleza descriptiva del trabajo de investigación no se plantea hipótesis; en su lugar, la tesis se dirige por las preguntas de investigación, las cuales se encuentran estructuradas en el apartado de planteamiento del problema (ver **sección 1.2.2.**).

1.7. Bibliografía.

1. Kerr, C.; Phaal, R. Directing the technology intelligence activity: An “information needs” template for initiating the search. *Technol. Forecast. Soc. Change* **2018**, *134*, 265–276.
2. OCDE/IEA *World Energy Outlook 2016; Executive Summary - Spanish version*; International Energy Agency, Ed.; International Energy Agency: Paris, 2016;.
3. U S Energy Information *International Energy Outlook 2017*; U S Energy Information, Ed.; U.S. Energy Information Administration: Washington, 2017;.
4. Comisión Europea *El camino desde París: evaluar las consecuencias del Acuerdo de París y complementar la propuesta de Decisión del Consejo relativa a la firma, en nombre de la Unión Europea, del Acuerdo de París adoptado en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*; Comisión Europea, 2016;.
5. Meesters, K.P.H.; van Dam, J.E.G.; Bos, H.L. *Protocol for Monitoring of Material Streams in the Biobased Economy*; Netherlands Enterprise Agency/The Ministry of Economic Affairs, 2013;.
6. OCDE/IEA *Tracking Clean Energy Progress 2017*; International Energy Agency, Ed.; International Energy Agency: France, 2017; pp. 90–91;.
7. Salazar, R.A.; Cárdenas, y. G.J. La bioeconomía y las biorrefinerías Available online: <http://www.eeaoc.org.ar/upload/publicaciones/archivos/356/20131204115302000000.pdf>, (accessed on Oct 22, 2017).
8. Maity, S.K. Opportunities, recent trends and challenges of integrated biorefinery: Part I. *Renewable Sustainable Energy Rev.* **2015**, *43*, 1427–1445.
9. Mikkola, J.-P.; Sklavounos, E.; King, A.W.T.; Virtanen, P. The Biorefinery and Green Chemistry. In *Ionic Liquids in the Biorefinery Concept: Challenges and Perspectives*; Bogel-Lukasik, R., Ed.; The Royal Society of Chemistry, 2015; Vol. 36, pp. 1–37.
10. Bioenergy:T42, I. Biorefineries: adding value to the sustainable utilisation of biomass Available online: <http://www.ieabioenergy.com/publications/biorefineries-adding-value-to-the-sustainable-utilisation-of-biomass-2/> (accessed on Oct 26, 2017).
11. Task, I.B. biobased chemical: Value added products for biorefinery Available online: <http://www.qibebt.cas.cn/xscbw/yjbg/201202/P020120223415452622293.pdf> (accessed on Oct 26, 2017).
12. del Prado, M.G. *Biorrefinerías: Situación Actual y Perspectivas de Futuro Informe de Vigilancia Tecnológica*; España/ciemat., G., Ed.; Fundación Española para el Desarrollo de la Investigación en Genómica y Proteómica / Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, 30 Abril, 2009;.
13. Hertwich, E.G.; Zhang, X. Concentrating-solar biomass gasification process for a 3rd generation biofuel. *Environ. Sci. Technol.* **2009**, *43*, 4207–4212.
14. Dutta, K.; Daverey, A.; Lin, J.-G. Evolution retrospective for alternative fuels: First to fourth generation. *Renewable Energy* **2014**, *69*, 114–122.
15. BIOPLAT/SusChem-España *Manual de biorrefinerías en España*; BIOPLAT/SusChem-España, Ed.; España, Septiembre, 2017;.
16. National Renewable Energy Laboratory Biorefineries: National Renewable Energy Laboratory 2002 Research Review, 1st Edition Available online: <https://www.afdc.energy.gov/pdfs/6748.pdf> (accessed on Oct 19, 2017).

2. Marco teórico.

2.1. Las biorrefinerías y su relación con la celulosa

La bioeconomía ocupará un papel preponderante durante la transición a fuentes de energía renovables que se proyecta entre el 2030 - 2050 [1]. Como se mencionó anteriormente en la introducción, las biorrefinerías son los procesos análogos a las refinerías que buscan el aprovechamiento integral de la biomasa, para su desarrollo y utilización. Actualmente en el mundo se han emprendido varias biorrefinerías. Entre las más destacadas están Neste Oils NextBtl®, la cual produce diésel y turbosina renovable. En Brasil y Estados Unidos se han orientado a obtener bioetanol a partir de maíz. Empresas pequeñas, tales como BioEndev, comercializan tecnología de torrefacción. Otro ejemplo es Roquette, que se enfoca a producir combustible y productos a partir de cultivos comestibles. Recientemente se creó una biorrefinería celulósica (residuos de maíz) en Kansas, U.S.A. GranBio en Brasil, opera con residuos de bagazo y paja. Grupo Portucel Soporcel o el Grupo Repsol en Portugal, operan bajo los modelos de las biorrefinerías. Mientras que los alemanes y chinos se esfuerzan por la producción holística [2]. En Suecia, Domsjö Fabriker ha incorporado etapas a su proceso de sulfito para alcanzar un modelo de biorrefinería, esta fábrica produce celulosa especial, etanol, lignina, ácido carbónico y biogás. Otro ejemplo de una biorrefinería es la planta de Borregards en Sarpsborg, Noruega, donde a partir del proceso al sulfito obtienen celulosa, que emplean en la fabricación de éteres de celulosa [3]. Estos son solo algunos de los ejemplos de empresas que han incluido modelos de biorrefinerías. Estos procesos no quedan excluidos de la globalización y competitividad, por lo que continuamente se buscan mejoras a través de innovaciones y desarrollo tecnológico, con el fin de mejorar la rentabilidad de la empresa y sustentabilidad del futuro .

Existe el interés por fomentar biorrefinerías lignocelulósicas, ya que esta biomasa no compite contra la alimentación, además de ser abundante en el planeta y gracias a la tecnología actual, es posible producir polímeros versátiles [4]. Así, las plantas productoras de pulpa celulosa tienen el potencial y condiciones para incorporar modelos de biorrefinería en sus procesos, tal como se presenta en la siguiente sección.

2.1.1. Plantas productoras de celulosa como candidatos para la implementación de modelos de biorrefinación.

Los desafíos presentes en el planeta no solo obligan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero sino también a lograr una eficiencia energética dentro de las tecnologías actuales y futuras [5].

La IEA propone la implementación de biorrefinerías integradas en este sector de celulosa y papel, con el fin de utilizar subproductos, redes de calor y electricidad bajo un enfoque sistémico [6]. Por otro lado, el sector papelerero es altamente competitivo en precio, con altos costes de energía e insumos. Por lo que aumentar la cartera de productos con alto valor agregado ayudaría a mejorar los indicadores de rentabilidad [7]. De acuerdo con los datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por su siglas en inglés) [8], el proceso Kraft (pulpa química al sulfato) lidera la producción de fibras vírgenes de celulosa a nivel mundial. La implementación de modelos de biorrefinerías aplicado al proceso Kraft podría innovar la industria para obtener una sustentabilidad ambiental e igualmente incrementar la rentabilidad del proceso. Se considera que las fábricas de pulpa tienen condiciones apropiadas para convertirse en las futuras biorrefinerías debido a [3]:

- Los grandes volúmenes que se manejan a nivel mundial, que posibilitan una economía de gran escala.
- Los subproductos del proceso, así como los residuos forestales pueden emplearse para generar productos de mayor valor económico.
- La oportunidad de ubicar nuevas industrias en la planta de celulosa para la integración de procesos.

Así, las plantas productoras de celulosa resultan ser candidatos para la implementación de procesos de biorrefinación; en el capítulo 3 se analiza el mercado nacional de la celulosa con el fin de detectar oportunidades y amenazas para la competitividad de los productos generados por los procesos desde la perspectiva de una biorrefinería.

2.1.2. Derivados de celulosa, productos de alto valor agregado.

Otra ruta para obtener ventajas competitivas es generar productos con alto valor agregado. Como se planteó en la sección anterior, las biorrefinerías generan productos de mayor valor a partir de biomasa. En el caso de una biorrefinería de material lignocelulósico, la celulosa se convierte en una plataforma para generar productos químicos y biocombustibles.

A nivel mundial, el 97.5% de la producción de celulosa de madera y de algodón se emplean en la industria del papel (ver **Figura 5**). Mientras que el 2.5% restante se ocupa en industria química; cuyo producto es principalmente la celulosa regenerada [9].

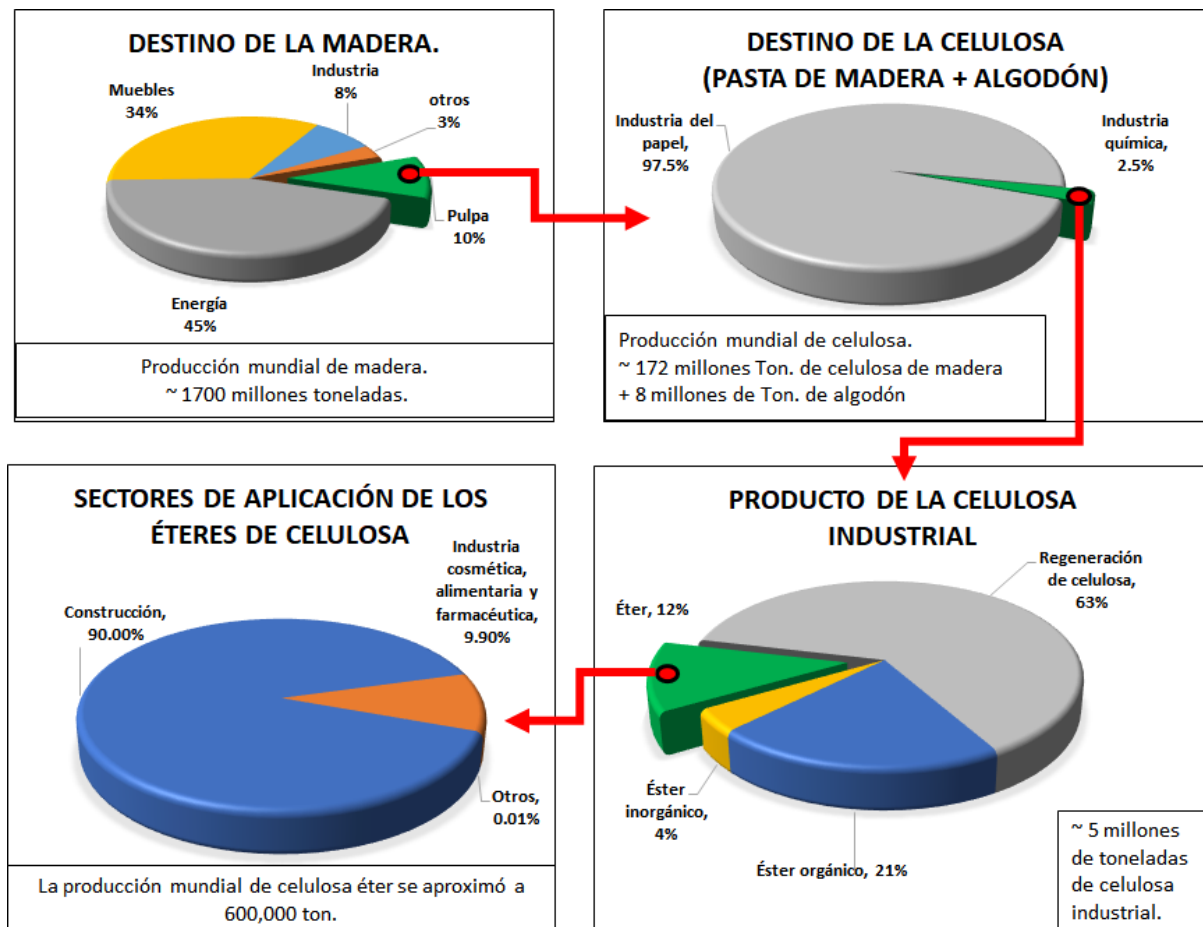


Figura 5. Uso global de la madera para la producción de éter de celulosa en 2003, elaboración propia basado en [9].

Los derivados de la celulosa son productos generados a partir de modificaciones químicas, físicas, enzimáticas o genéticas, principalmente; lo que origina cambios en el comportamiento y propiedades de la celulosa [10].

A pesar de que los derivados de ésteres de celulosa (orgánica e inorgánica) acaparan un mayor porcentaje en volumen como producto de la celulosa, la importancia de los derivados de éteres de celulosa radica en la diversidad de aplicaciones en los diferentes sectores industriales. A escala comercial, los derivados de la celulosa más importantes son: carboximetilcelulosa (CMC), metilcelulosa (MC), hidroxietilcelulosa (HEC), hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), hidroxipropilcelulosa (HPC), etilhidroxietilcelulosa (EHEC) y metilhidroxietilcelulosa (MHEC) [10–12].

En el capítulo 3 se presenta el resultado de la inteligencia de mercado y competitiva generada para los siguientes derivados de celulosa: AC, CMC, HEC y HPC; los cuales se consideraron como posibles productos de valor agregado para el desarrollo tecnológico que se busca apoyar. De igual modo, se realizó un análisis tecnológico para detectar las invenciones protegidas referentes a la producción de celulosa empleada como materia prima y las características de esta.

2.2. Inteligencia tecnológica competitiva.

Las organizaciones de la actualidad se encuentran inmersas en un mundo globalizado y ciclos tecnológicos más cortos, que propician ciclos de vida de procesos, productos y/o servicios reducidos. De ahí que las innovaciones forman una de las ventajas competitivas más relevantes para la continuidad de la organización.

Según la norma mexicana NMX-GT-001-2007 [13], la innovación es un “proceso dirigido a un mercado bajo un enfoque de negocio que detecta oportunidades y capacidades organizacionales para generar productos, procesos y servicios novedosos, aceptados por los consumidores”.

Por otro lado, las organizaciones deben disponer de información del entorno que permita que la invención obtenga el grado de innovación. Sin embargo, la basta cantidad de datos irrelevantes pueden originar una saturación de información. Ante esta situación, la implementación de un estudio de inteligencia permite obtener información oportuna y de alto valor que apoye en la toma de decisiones estratégica y por consiguiente, impulse la generación de innovaciones si forma parte de las metas de la organización.

2.2.1. ¿Qué es la inteligencia tecnológica?

Dentro de la literatura, el término de inteligencia tecnológica cuenta con los siguientes sinónimos:

- Inteligencia tecnológica y competitiva (ITC).
- Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva (VT/IC).
- *Competitive Intelligence* (CI), traducido del inglés al español como Inteligencia competitiva.

Pedroza [14] señala que la inteligencia tecnológica busca “proporcionar alertas anticipadas de los desafíos y oportunidades emergentes en ciencia y tecnología, desarrollos tecnológicos potenciales y movimientos tecnológicos en los negocios que puedan afectar el futuro de la empresa o una unidad de negocio”. Por su parte, la

norma mexicana NMX-GT-004-IMNC-2011 [15], indica que la vigilancia tecnológica se refiere al “proceso que tiene como fin la búsqueda, detección, análisis y comunicación de información que oriente a los directivos de la empresa en la toma de decisiones sobre oportunidades y amenazas externas en el ámbito de la ciencia y la tecnología”. A nivel internacional, la comunidad *Strategic and Competitive Intelligence Professionals* (SCIP) define la inteligencia competitiva como el proceso de recopilación y análisis legal y ético de información sobre los competidores y las industrias en las que operan, con el fin de ayudar a su organización a tomar mejores decisiones y alcanzar sus objetivos [16].

2.2.1.1. La relación de la vigilancia tecnológica y la gestión de la tecnología.

La gestión de la tecnología comprende la forma en que las organizaciones se desarrollan, adaptan y explotan el conocimiento científico y las *capacidades tecnológicas*¹ para crear nuevos y mejorados productos/servicios; todo ello con el fin de lograr los objetivos estratégicos de la organización [18].

De acuerdo con la norma NMX-GT-003-IMNC-2008, la gestión de la tecnología es la base para que las organizaciones o países generen *innovaciones tecnológicas*² [19]. A propósito, la norma NMX-GT-004-IMNC-2011 [15] plantea un modelo del sistema de gestión de la tecnología conformado por cuatro funciones: Vigilar, Planear, Proveer y Proteger. Dentro de este modelo, se contempla la actividad de vigilancia tecnológica inmersa en la función de Vigilar, ver **Figura 6**.

De modo similar, el Modelo Nacional de Gestión de Tecnología, integra el proceso de vigilancia tecnológica dentro de la etapa de Vigilar [20]. El modelo propuesto por la Fundación del Premio Nacional de Tecnología e Innovación está conformado por cinco funciones: Vigilar, Planear, Habilitar, Proteger e Implementar.

¹ **Capacidades tecnológicas:** “Habilidades técnicas, organizativas y de gestión necesarias en una empresa para instalar una planta, utilizarla eficientemente, mejorarla y ampliarla con el tiempo, así como desarrollar nuevos productos y procesos” [17].

² **Innovación tecnológica:** proceso que conjuga una oportunidad de mercado con una necesidad y/o una invención tecnológica que tiene por objetivo la producción, comercialización y explotación de un nuevo proceso, producto, actividad comercial, modelo de negocio, modelo de logística o servicio al cliente [13].

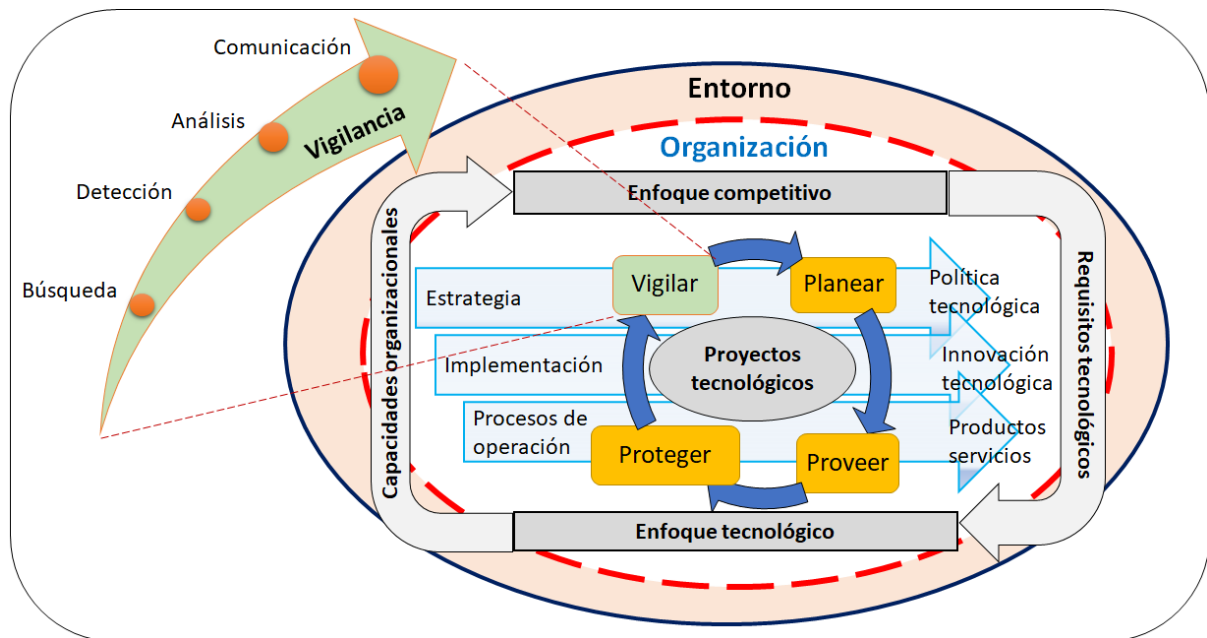


Figura 6. Modelo de Gestión de Tecnología y la Vigilancia Tecnológica [15].

2.2.1.2. Tipos de inteligencia.

Según la norma NMX-GT-004-IMNC-2011, los estudios de vigilancia tecnológica se aplican en los siguientes contextos [15]: de mercado, competitivo, del entorno, interno y tecnológico (ver **Figura 7**). El presente trabajo reporta los resultados del proceso de inteligencia de mercado, competitiva y tecnológica, acorde con las necesidades identificadas del usuario final.

Mercado	<ul style="list-style-type: none"> • Mercado, clientes y sus necesidades, proveedores y lanzamientos de productos.
Competitivo	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de competidores (actuales y potenciales) y productos sustitutos.
Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • Ciencia, estado del arte y tecnología, así como sus oportunidades y amenazas.
Entorno	<ul style="list-style-type: none"> • Aspectos sociales, legales, medioambientales, culturales, en el marco de la competencia.
Interno	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidades, ideas, proyectos, aplicaciones, buenas practicas, recursos tecnológicos, entre otros generados dentro de la organización.

Figura 7. Tipos de vigilancia tecnológica propuesta por el IMNC y su campo de aplicación. Basado en [15].

2.2.1.3. Beneficios que ofrece la aplicación de la inteligencia tecnológica.

Bose [21] menciona que la aplicación de la inteligencia tecnológica en la organización propicia:

- La capacidad de tomar decisiones con visión de futuro.
- Conocer las debilidades de la organización contra los competidores.
- Localizar las oportunidades y amenazas competitivas presentes en el mercado.
- Ayudar a informar y fortalecer todo el proceso de planificación estratégica.
- Conocer áreas de mejora, riesgo y oportunidades dentro de la propia organización.
- Probar y validar suposiciones realizadas en la toma de decisiones estratégicas.
- Crear perfiles que permitan identificar fortalezas, debilidades, estrategias, objetivos, posicionamiento en el mercado y posibles reacciones de los competidores.

2.2.2. El proceso de inteligencia.

Diferentes autores han propuesto diversos procesos de inteligencia tecnológica que varían principalmente en el número de etapas, lo cual hace unos procesos más complejos que otros.

A nivel nacional, la norma NMX-GT-004-IMNC-2011 especifica que la metodología de inteligencia tecnológica se desarrolla en cuatro etapas [15]: 1) búsqueda, 2) colección, 3) análisis y 4) comunicación. El modelo se plantea como un proceso secuencial y unidireccional.

Por otro lado, la organización SCIP propone un ciclo de cinco fases [21]: 1) planeación y dirección, 2) colección, 3) análisis, 4) diseminación y 5) retroalimentación. En este modelo es posible hacer iteraciones para la mejora continua del proceso de inteligencia tecnológica.

2.2.2.1. Ciclo de inteligencia tecnológica.

Para los fines del presente trabajo, se empleó el ciclo de inteligencia tecnológica propuesto por el SCIP, en la **Tabla 4** se describe cada etapa y las acciones realizadas en cada una de ellas.

Tabla 4. Etapas del ciclo de inteligencia tecnológica y acciones realizadas. Elaboración propia, basado en [21].

Etapa	Descripción	Actividades realizadas
Planificación y dirección	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entendimiento de las necesidades del usuario. ➤ Establecimiento del plan de inteligencia tecnológica, se toma en cuenta el tiempo y los recursos disponibles. ➤ Inicio del proceso de inteligencia. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reuniones con los usuarios finales. ➤ Identificación de las necesidades de inteligencia requeridas. ➤ Realización de cronograma de actividades. ➤ Establecimiento de alianzas con el ITESM y la UPV/EHU con el fin de acceder a recursos no disponibles en la UNAM. ➤ Identificación de fuentes primarias y secundarias a consultar.
Colección	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseño de los criterios de búsqueda de información, bajo principios legales y éticos. ➤ Adquisición y almacenamiento de los datos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se diseñaron estrategias de búsqueda en función de la base de datos consultada. ➤ Realización de investigación de campo. ➤ Selección de fuentes de información, con relación al interés de inteligencias. ➤ Acopio de los datos en formato físico o impreso.
Análisis	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Procesamiento analítico de la información recolectada y su conversión en inteligencia. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Transformación de los datos recolectados a inteligencia a través del análisis. Esta etapa requirió las habilidades del estudiante y el empleo de herramientas de procesamiento de información, en este caso, Microsoft Excel, Vantage Point y Gephi.
Diseminación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Difusión de la inteligencia generada a los tomadores de decisión de forma oportuna. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elaboración de reportes con los avances de las inteligencias generadas cada semestre. ➤ Difusión de los reportes en formato electrónico, así como presentación de los avances ante el usuario final
Retroalimentación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluación de los resultados obtenidos y generación de pautas para la mejora continua en la investigación actual o futura. ➤ Ejecución de las acciones derivadas de la toma de decisión. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Integración de los comentarios recibidos al procesos de inteligencia tecnológica e inicio del nuevo ciclo con las nuevas necesidades del usuario final.

2.2.2.2. Necesidades del cliente.

El proceso de inteligencia tecnológica inició con la identificación de las necesidades de inteligencia requeridas por el usuario final. Estas se agruparon en tres factores claves: acciones estratégicas, jugadores claves y alertas tempranas; posteriormente se generaron las preguntas claves, tal como sugiere Herring [22].

De esta forma se determinó que los requerimientos de inteligencia debían enfocarse en obtener **inteligencia de mercado e inteligencia tecnológica de la celulosa**, así como **inteligencia de mercado y competitiva de los derivados de celulosa de interés (AC, CMC, HEC, HPC)**, ver **Figura 8**. Los resultados de las distintas inteligencias generadas se detallan en el capítulo 3.

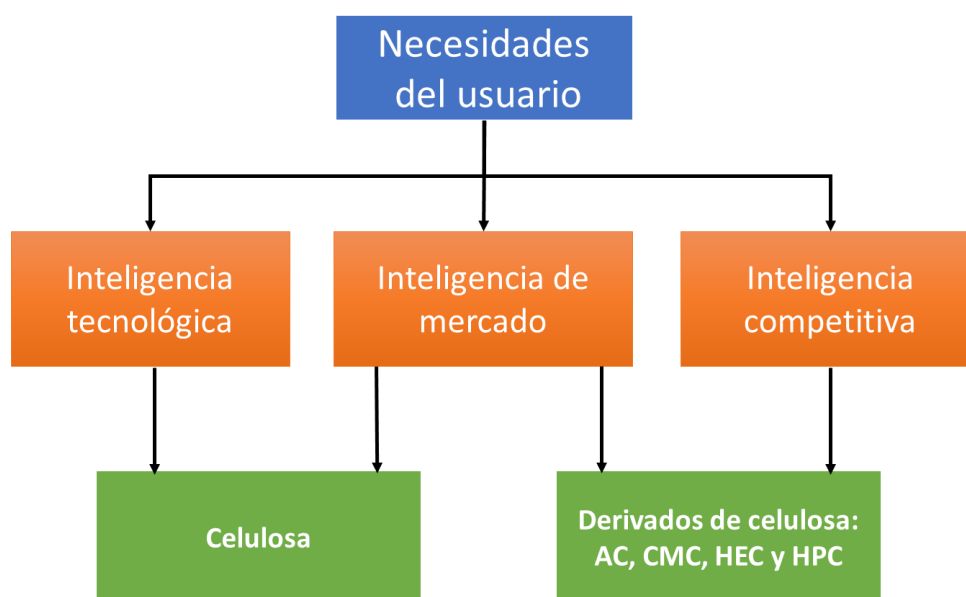


Figura 8. Necesidades de inteligencia requerida por el usuario final.

2.2.2.3. Método de búsqueda.

La búsqueda de la información inició con el establecimiento de palabras claves para los diversos temas requeridos por el usuario final. Las palabras clave se estructuraron tanto en español como en inglés, en función de la base consultada, asimismo se emplearon sinónimos para hacer la búsqueda lo más completa posible.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de las palabras claves empleadas: consumo aparente, celulosa, *cellulose*, pulpa, *pulp*, pasta, derivados de la celulosa, *cellulose derivative*, carboximetilcelulosa, CMC, *carboxymethyl cellulose*, carboxymethylcellulose, hidroxipropilcelulosa, HPC, importaciones, exportaciones,

producción nacional, balanza comercial, empresas productoras, unidades económicas, capacidad instalada, entre otras.

2.2.2.3.1. Recolección de información científica y comercial.

La información científica se recolectó a partir de recursos electrónicos disponibles en la UNAM, tales como revistas electrónicas y bases de datos, informes o reportes de instituciones especializada como la IEA, FAO, e información disponible por internet.

Para la inteligencia de mercado se emplearon, informes anuales, reportes y páginas web de las empresas de interés. También se tuvo acceso a informes de reportes de mercado de la bases de datos del Tecnológico de Monterrey, entre ellos, *Euromonitor International - Passport*, *EMIS professional*, *ProQuest*, *Emerald*, *Bloomberg* y *Hoovers*. Así como bases de datos públicas y gratuitas a cargo del INEGI, tales como el Banco de Información Económica (BIE), la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM), la Balanza Comercial de Mercancías de México (BCMM) y el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Asimismo, se obtuvo acceso a recursos de consulta como los Informes Anuales de la CNICP y el Directorio de la ANIQ.

2.2.2.3.2. Recolección de información tecnológica: búsqueda de patentes.

Se emplearon los siguientes lineamientos para la captación de la información tecnológica relacionada con la producción de la celulosa que es empleada como materia prima en la producción de los derivados de interés:

- Se seleccionó la base de patentes *Derwent Innovations Index* (Web of Science, Clarivate Analytics) debido a la estructura de los datos.
- Se restringió la búsqueda a números de patentes nacionales (PN) comprendidas en el periodo de 1978 al 2018.
- Como criterio delimitador de los documentos tecnológicos, se usaron los *International Patent Classification*, también denominados códigos IPC (IP), relacionados con la elaboración de derivados de celulosa, así como de producción de celulosa.
- Se establecieron palabras clave y sinónimos a buscar en los campos de título (TI) y tema (TS).
- Se utilizaron comodines (*) y operadores booleanos (OR y AND) para realizar una búsqueda selectiva.

Así, el diseño de estrategias de búsqueda empleadas para la recolección de datos tecnológicos, se basó en las palabras claves, códigos IPC, número de patentes, comodines y operadores booleanos, así como la búsqueda de estos elementos en campos específicos de las patentes, ver **Tabla 5**. Según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), así como Escorsa y Ortíz [23,24], consideran esta forma de búsqueda en patentes como una buena práctica para la captura eficiente de información tecnológica.

Tabla 5. Estrategias de búsquedas diseñadas para la recolección de información tecnológica.

Base	Derwent Innovation Index		
Sintaxis de búsqueda	TS=((proces* OR prepar* OR produc* OR fabric* OR elabor* OR obten* OR proced* or manufac* OR mak* OR creat*) AND (ester* cellulose OR derivati* cellulose OR eter* cellulose OR carboxymethyl cellulose OR hydroxypropyl cellulose OR acetate cellulose OR hydroxyethyl cellulose OR CMC OR HEC OR HPC)) AND PN=(MX*) AND IP=(C08B-011* OR C08B-015/00 OR C08B-013* OR C08B-003* OR C08B-001* OR C08L-001* OR A61K-047/38 OR C08L-001* OR C08B-037/00 OR C08H-008/00 OR D21H-011/20 OR D21C-003* OR D21C-005/00) AND TS=(pulp OR ram OR cotton OR wood)	TI=((proces* OR prepar* OR produc* OR fabric* OR elabor* OR obten* OR proced* or manufac* OR mak* OR creat*) AND (ester* cellulose OR derivati* cellulose OR eter* cellulose OR carboxymethyl cellulose OR hydroxypropyl cellulose OR acetate cellulose OR hydroxyethyl cellulose OR CMC OR HEC OR HPC)) AND PN=(MX*) AND IP=(C08B*)	TI=((prepar* OR produc* OR fabric* OR elabor* OR obten* OR proced* or manufac* OR mak* OR creat*) AND (ester* cellulose OR derivati* cellulose OR eter* cellulose OR carboxymethyl cellulose OR hydroxypropyl cellulose OR acetate cellulose OR hydroxyethyl cellulose OR CMC OR HEC OR HPC)) AND PN=(MX*) AND IP=(C08B-011* OR C08B-015/00 OR C08B-013* OR C08B-003*)
Periodo	1978 - 2018		
Refinado por	(pulp OR raw OR cotton OR wood)		
Resultado	44	13	43
Identificador	EB 1	EB 2	EB 3

Durante el proceso, se identificó que varias patentes fueron detectadas por más de una de las estrategias de búsqueda; en tanto que las áreas tecnológicas eran desiguales, lo cual podría sugerir la presencia de conjuntos complementarios. En el **Anexo I** se muestran las áreas tecnológicas relacionadas con la producción de pulpa de celulosa y sus derivados, por cada estrategia de búsqueda diseñada. Por esta razón, se decidió unir los resultados obtenidos de los tres criterios de búsqueda, con lo cual se generó una muestra de 79 patentes; en el **Anexo II** se presenta la lista de dichos documentos.

Tras el análisis de los documentos, se determinó que solamente 67 contenían alguna de las palabras clave en el título o en el resumen de la patente, relacionada con la producción de celulosa y los derivados de celulosa de interés; a partir de esta muestra se identificaron las tecnologías de producción.

Por su parte, en el análisis tecnológico del sector de producción de pulpa, se empleó la muestra de la estrategia de búsqueda EB1 debido a que estas incluyen áreas tecnológicas relacionadas con la producción de pulpa de celulosa (ver **Anexo I**). Por otro lado, se emplearon las 79 registros de patentes para el proceso de minería tecnológica.

2.3. Minería tecnológica

La minería tecnológica es la aplicación de las herramientas de minería de texto en información científica y tecnológica [25]. El empleo de la minería tecnológica permite realizar análisis bibliométricos para responder preguntas tales como: ¿Quiénes?, ¿Dónde?, ¿Cuándo? y ¿Qué se ha desarrollado en el área de interés? [25–27]. En las patentes, algunos de los elementos bibliométricos son: los títulos, los nombres inventores, los nombres de cesionario, el año de la patente base y los países miembros de la familia de patentes. El análisis de un solo elemento es denominado análisis bibliométrico de primera generación; en cambio, el análisis de la relación entre dos elementos bibliométricos se considera un análisis de segunda generación [28], lo cual se generan a partir de matrices de co-ocurrencia, autocorrelación o correlación cruzada [29]. La minería tecnológica es una herramienta empleada por la inteligencia tecnológica para la generación de información, que de otra forma sería muy complicado obtener [21,25]. Por esta razón, el proceso de minería tecnológica se alinea al proceso de inteligencia tecnológica.

En el presente trabajo se emplea la metodología de minería tecnológica propuesta por Porter y Cunningham [25] para realizar análisis bibliométricos sobre las 79 patentes recolectadas, ver **Anexo I**. En la **Tabla 6** se muestran las distintas etapas del proceso de minería tecnológica y las actividades realizadas en el presente trabajo. Para la limpieza de datos, generación de indicadores de primera y segunda generación se empleó el programa de minería tecnológica *Vantage Point* (*Search Technology Inc., E.U.A., 2018*). La limpieza de datos consiste en agrupar elementos con distintos nombres de cesionario, por ejemplo: *Dow Company LLC* y *Dow Company Inc*; para el caso expuesto, ambos nombres corresponden a la misma organización.

Tabla 6. *Etapas del proceso de minería tecnológica. Basado en [25].*

Etapas	Actividades realizadas
Identificación del tema	Búsqueda de tecnologías de producción de celulosa empleada para elaboración de AC, CMC, HEC y HPC.
Selección de fuente de información	Elección de la base de patentes <i>Derwent Innovation Index</i> .
Refinamiento de búsqueda y adquisición de datos	Ejecución de los tres criterios de búsqueda avanzada (ver Tabla 5), unión y descarga de los registros completos en formato <i>Plain Text</i> (*.txt).
Limpieza de datos	Importación de los 79 registros al programa <i>Vantage Point V11</i> . Limpieza de los datos en los campos de países miembros de la familia de patentes y de los nombres de cesionarios (reducción de 155 a 54 nombres).
Análisis básico	Generación del mapa mundial de los países donde están protegidas las familias de las patentes (análisis de primera generación).
Análisis avanzados	Generación de matrices de co-ocurrencia: <ul style="list-style-type: none"> • Cesionarios vs Países de las familias de las patentes • Códigos IPC (4 dígitos) vs Cesionarios • Códigos IPC (4 dígitos) vs Países de las familias de las patentes
Representación	Análisis y visualización en <i>Gephi</i> de las redes creadas por las matrices de co-ocurrencia.
Interpretación	Interpretación de los resultados obtenidos.
Utilización	Uso de la información para la toma de decisiones de la organización.

2.4. Bibliografía.

1. Schieb, P.-A.; Lescieux-Katir, H.; Thénot, M.; Clément-Larosière, B. *Biorefinery 2030: Future Prospects for the Bioeconomy*; Schieb, P.-A., Lescieux-Katir, H., Thénot, M., Clément-Larosière, B., Eds.; Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2015; pp. 25–66; ISBN 9783662473740.
2. Mikkola, J.-P.; Sklavounos, E.; King, A.W.T.; Virtanen, P. The Biorefinery and Green Chemistry. In *Ionic Liquids in the Biorefinery Concept: Challenges and Perspectives*; Bogel-Lukasik, R., Ed.; The Royal Society of Chemistry, 2015; Vol. 36, pp. 1–37.
3. Sandén, B.; Pettersson, K. Systems Perspectives on Biorefineries 2014 Available online: <https://www.chalmers.se/en/areas-of-advance/energy/publications-media/systems-perspectives/Pages/Systems-Perspectives-on-Biorefineries.aspx> (accessed on Jan 24, 2017).
4. Isikgor, F.H.; Becer, C.R. Lignocellulosic biomass: a sustainable platform for the production of bio-based chemicals and polymers. *Polymer Chemistry* **2015**, *6*, 4497–4559.
5. Fornell, R. Process integration studies on Kraft pulp-mill-based biorefineries producing ethanol, Chalmers University of Technology, 2012.
6. OCDE/IEA *Tracking Clean Energy Progress 2017*; International Energy Agency, Ed.; International Energy Agency: France, 2017; pp. 90–91;.
7. Pettersson, K.; Mahmoudkhani, M. Opportunities for biorefineries in the pulping industry Available online: <http://publications.lib.chalmers.se/publication/185714-opportunities-for-biorefineries-in-the-pulping-industry> (accessed on Jan 23, 2018).
8. FAO Forestry Production and Trade Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (accessed on Dec 10, 2017).
9. Wuestenber, T. *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry Fundamentals and Applications*; 1., Auflage.; Wiley-VCH: Weinheim, Bergstr, 2014; ISBN 9783527337583.
10. Mishra, M. *Concise Encyclopedia of Biomedical Polymers and Polymeric Biomaterials*; Mishra, M., Ed.; CRC Press: 6000 Broken Sound Pkwy NW #300, Boca Raton, FL 33487, EE. UU., 2017; Vol. I; ISBN 9781439898550.
11. Choudhury, M.J.; Khan, G.M.A. *Biomass and Bioenergy: Applications*; Hakeem, K.R., Jawaid, M., Rashid, U., Eds.; Springer International Publishing: Cham, 2014; Vol. II; ISBN 9783319075785.
12. Research and Markets Cellulose Ether & Its Derivatives Market by Product Type, Application, Region - Global Forecast to 2021 Available online: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4039726/cellulose-ether-and-its-derivatives-market-by> (accessed on Apr 20, 2018).
13. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. *NMX-GT-001-IMNC-2007: Sistema de gestión de la tecnología – Terminología*; IMNC: Distrito Federal, México, Mayo, 2007;.
14. Pedroza, Á.R. Inteligencia competitiva. In *Innovación y tecnología en la empresa. Claves para adelantarse al futuro*; Oficina de publicaciones del ITESO, Ed.; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente: Guadalajara, México, 2013; pp. 51–91 ISBN 9786077808817.
15. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. *NMX-GT-004-IMNC-2011: Gestión de la Tecnología - Directrices para la implementación de un proceso de vigilancia tecnológica*; IMNC: Distrito Federal, México, 2011;.
16. Strategic and Competitive Intelligence Professionals (SCIP) Code of Ethics - Strategic and Competitive Intelligence Professionals (SCIP) Available online: <https://www.scip.org/page/CodeofEthics> (accessed on Aug 26, 2019).
17. Ciceri, H.N. *Manual para la elaboración de proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación. Trabajo de investigación I*; Facultad de Química de la UNAM, Ed.; Comité editorial de la FQ: Ciudad de México, México , 2011; ISBN

- 9789703226429.
18. Argote, L.; Hora, M. Organizational Learning and Management of Technology. *Prod Oper Manag* **2017**, *26*, 579–590.
 19. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. *NMX-GT-003-IMNC-2008: Sistema de Gestión de la Tecnología – Requisitos*; IMNC: Distrito Federal, México, Noviembre, 2008;.
 20. Premio Nacional de Tecnología e Innovación *Modelo nacional de gestión de tecnología*; {Fundación Premio Nacional de Tecnología e Innovación, A.C.}, 2016;.
 21. Bose, R. Competitive intelligence process and tools for intelligence analysis. *Industrial Management & Data Systems* **2008**, *108*, 510–528.
 22. Herring, J.P. Key intelligence topics: A process to identify and define intelligence needs. *Comp. Int. Rev.* **1999**, *10*, 4–14.
 23. Ortiz, I.M.; Escorsa, E.O. *Guía de buenas prácticas para la búsqueda de información en patentes*; Fia-Pipra, F.P. la I.A., Ed.; FIA - PIPRA, Fundación para la Innovación Agraria, 2010; ISBN 9789563280654.
 24. World Intellectual Property Organization *WIPO Guide to Using PATENT INFORMATION*; WIPO, 2015;.
 25. Porter, A.L.; Cunningham, S.W. *Tech Mining: Exploiting New Technologies for Competitive Advantage*; Sage, A.P., Ed.; Wiley-Interscience, 2004; ISBN 9780471475675.
 26. Lezama-Nicolás, R.; Rodríguez-Salvador, M.; Río-Belver, R.; Bidosola, I. A bibliometric method for assessing technological maturity: the case of additive manufacturing. *Scientometrics* **2018**, *117*, 1425–1452.
 27. Randhawa, K.; Wilden, R.; Hohberger, J. A Bibliometric Review of Open Innovation: Setting a Research Agenda. *J Prod Innov Manag* **2016**, *33*, 750–772.
 28. Garechana, G.; Rio, R.; Cilleruelo, E.; Gavilanes, J. Tracking the evolution of waste recycling research using overlay maps of science. *Waste Management* **2012**, *32*, 1069–1074.
 29. Newman, M. The Structure and Function of Complex Networks. *SIAM Rev.* **2003**, *45*, 167–256.

3. Resultados.

3.1. Inteligencia de Mercado de celulosa.

El mercado de celulosa, papel y cartón en México se valuó en 30,600 millones de pesos, tras un aumento del 11.6% en las ventas en el año 2015. El crecimiento fue propiciado por la subida de los precios del papel, como consecuencia de los altos costes de importación de materias primas procedentes de los E.U.A. y Europa. El mercado de celulosa y papel resultó beneficiado por el incremento en el consumo del papel corrugado y desechable, cartón y envases [1].

3.1.1. Consumo aparente.

Con el fin de identificar el segmento de mercado de la celulosa, se ha consultado el **consumo nacional aparente**³ (CNA). De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) [3], el consumo nacional aparente de la celulosa considera únicamente a la *celulosa química de madera*, la *fibra de bagazo de caña* (pulpa de fibra distinta a la madera) y las *pulpas mecánicas*⁴, asimismo se especifica que los datos proceden únicamente de las empresas afiliadas a la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y el Papel (CNICP). La celulosa química de madera (también conocida como pasta o pulpa química de madera) es el producto más relevante del CNA de la celulosa, dado que en el periodo 2010-2017 aportó entre el 93% y el 96% del volumen anual, ver **Tabla 7**.

Tabla 7. Consumo nacional aparente de la celulosa expresado en toneladas métricas [3].

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Celulosa química de madera	916,184	892,523	897,376	913,966	915,780	951,592	983,093	1,036,857
Fibra de bagazo de caña	0	0	3,306	17,072	8,463	0	0	0
Pulpas mecánicas	43,498	47,980	45,822	41,929	38,124	41,376	74,919	42,081
CNA	959,682	940,503	946,504	972,967	962,367	992,968	1,058,012	1,078,938

³ Consumo nacional aparente: “indicador que determina el volumen de producto, en peso de desembarque, que se orienta al mercado interno para consumo humano directo e indirecto. Resulta de sumar las importaciones a la producción nacional, restándole las exportaciones” [2].

⁴ Las pulpas mecánicas comprenden los métodos mecánicos, termomecánico y químico - termomecánico [4].

Los consumidores de pulpa mexicanos dependen en gran medida de productores extranjeros para abastecer sus demandas. Las importaciones de pulpa, papel y cartón representaron el 47% del mercado total en el 2015 [1]. Considerando las proyecciones de la FAO, se estima una tendencia constante en las importaciones, ya que no existe evidencia que sugiera un incremento en la capacidad instalada para la producción de pulpa de celulosa en el periodo 2017-2022 [5]. Por su parte, la CNICP considera este déficit de materia prima como una oportunidad para la producción nacional, y se muestra optimista ante los factores tales como el aumento de energéticos e insumos [6]. Además, la proyección de la CNICP para el periodo 2018-2023 estima un crecimiento de 3% en el consumo aparente de papel [7], lo cual estimularía positivamente el incremento en el consumo aparente de las celulosas y fibras.

3.1.2. Producción de celulosa en México.

3.1.2.1. Producción nacional.

Según el Informe Anual 2018 de la CNICP [7], la **producción nacional de celulosa** en el año 2017 alcanzó las 124,755 toneladas, que representa una disminución del 7.7% respecto al año previo. La producción nacional se limitó a la fabricación de pulpa química de madera, de la cual el 68.56% corresponde a pulpa química al sulfato blanqueada y el 31.44% pertenece a pulpa química al sulfato sin blanquear. En la **Figura 9** se exhibe la producción nacional de celulosa en el lapso 2013-2017.

Es posible apreciar una tendencia en los últimos años a producir exclusivamente pulpa química; la producción de fibra de bagazo se detuvo desde el año 2015, en tanto que la fabricación de pulpas mecánicas se interrumpió a partir del 2010. En relación con este comportamiento, se aprecia una reducción en las capacidades instaladas para las pulpas mecánicas y de fibras de bagazo en el año 2015 [7]. En la **Tabla 8** se presentan las capacidades instaladas de los diferentes tipos de pulpa, los datos expresan que las capacidades son subutilizadas, a excepción de la destinada a producir pulpa al sulfato blanqueada.

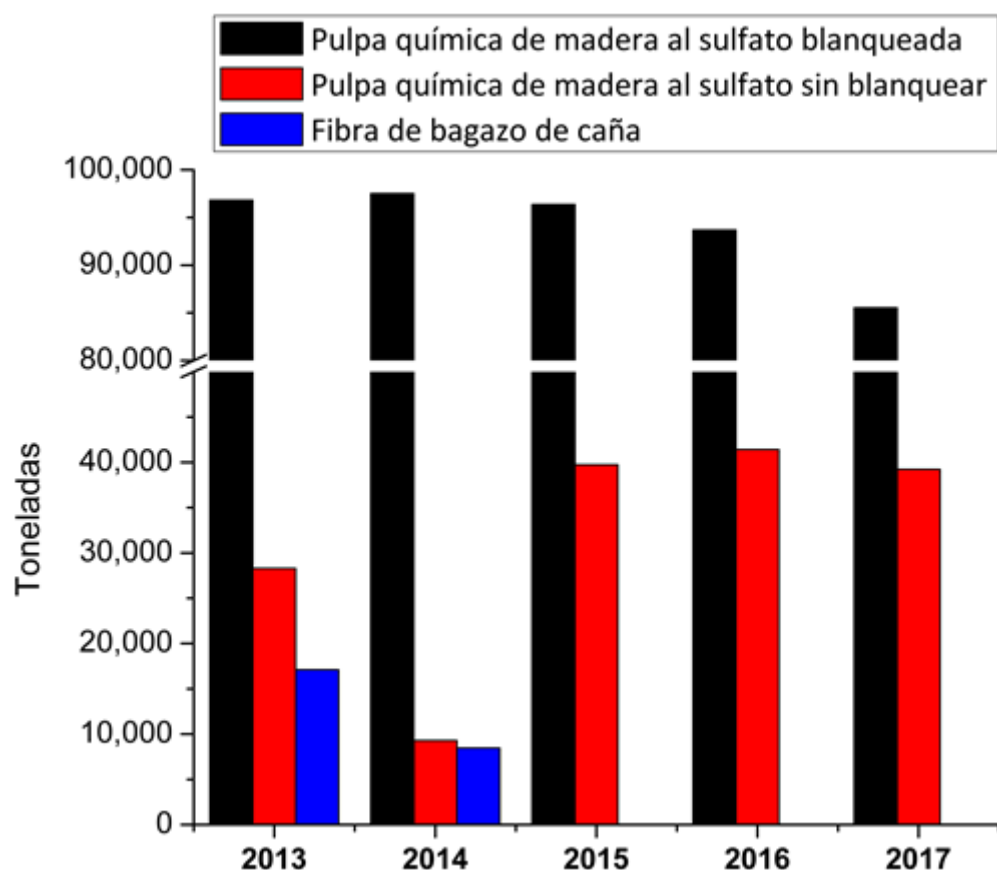


Figura 9. Producción nacional de pulpa de celulosa durante el periodo 2013-2017. Elaboración propia, basado en [7].

Tabla 8. Capacidad instalada en miles de toneladas métricas en el periodo 2013-2017 [7].

Tipo pulpa	Año	2013	2014	2015	2016	2017
Madera blanqueada (al sulfato + SODA)	Capacidad instalada	100	100	100	100	100
	Producción	96.8	97.5	96.4	93.7	85.5
	Utilización (%)	96.8%	97.5%	96.4%	93.7%	85.5%
Madera sin blanquear (al sulfato)	Capacidad instalada	128	128	126	126	126
	Producción	36.2	9.3	39.7	41.4	39.2
	Utilización (%)	28.3%	7.3%	31.5%	32.9%	31.1%
Fibra de bagazo de caña	Capacidad instalada	207.5	207.5	155	155	155
	Producción	17.1	8.5	0	0	0
	Utilización (%)	8.2%	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Pulpas mecánicas	Capacidad instalada	158.4	158.4	90	90	90
	Producción	0	0	0	0	0
	Utilización (%)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

3.1.2.2. Empresas productoras.

El Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI, registra las *unidades económicas*⁵ que producen celulosa bajo la clasificación: *fabricación de pulpa*⁶. Con el propósito de identificar a las empresas que producen celulosa y evitar registros duplicados originados por la diferencia en el nombre de la unidad económica y/o subdivisión de la estructura organización, se utilizó la razón social como filtro. En el caso de las unidades económicas que no incluían razón social, estas fueron consideradas como entidades individuales. Estas mismas directrices se utilizaron para otras consultas realizadas en el DENUE.

En la **Tabla 9** se muestran los nombres de las seis empresas productoras de pulpa de celulosa registradas en el DENUE. La empresa INTERNATIONAL PAPER MEXICO COMPANY, S. DE R.L. DE C.V. cuenta con dos unidades económicas. La primera denominada *IPM* con más de cien empleados (mostrada en la **Tabla 9**); mientras que, la segunda unidad económica, está registrada bajo el nombre de *BODEGA DE INTERNATIONAL PAPER MEXICO COMPANY*, que opera con menos de seis empleados [10].

Tabla 9. *Empresas productoras de pulpa de celulosa.* Elaboración propia, basado en [10].

Unidad económica (Razón social)	Actividad
CY Y HD (CY & HD DE MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.)	Fabricación de pulpa
IPM (INTERNATIONAL PAPER MEXICO COMPANY, S. DE R.L. DE C.V.)	
CONS MEC COMERCIAL NANCY S.A. DE C.V.	
INTERCAM CASA DE BOLSA (INTERCAM CASA DE BOLSA, S.A. DE C.V.)	
PROQUIMET (PRODUCTOS QUÍMICOS Y METALIZADOS S.A.)	
RECUBRIMIENTOS METÁLICOS SULTANA (RECUBRIMIENTOS METÁLICOS SULTANA, S.A. DE C.V.)	

⁵ Una unidad económica es una entidad (establecimiento, empresa, hogar o persona física sin establecimiento) con el fin de producir o proporcionar bienes y servicios, que intercambia por dinero o servicio [8].

⁶ “Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de pulpa de madera y materiales reciclados de papel, cartón y textiles. **Excluye:** u.e.d.p. a la fabricación de pulpa en plantas de papel integradas (322121, Fabricación de papel en plantas integradas)” [9].

Por otra parte, las unidades económicas clasificadas como *Fabricación de papel en plantas integradas*⁷ y *Fabricación de cartón en plantas integradas*⁸ producen pulpa de celulosa de autoconsumo. Estas dos categorías registran un total de 39 unidades económicas, donde figuran 37 empresas; en la **Tabla 10** se presentan las 10 empresas con el mayor número de trabajadores registrados.

Tabla 10. Principales empresas productoras de celulosa de autoconsumo. Elaboración propia, basado en [10].

Unidad económica (Razón social)	Actividad
COMERCIALIZADORA DIEM DEL BAJIO SA DE CV (COMERCIALIZADORA DIEM)	Fabricación de papel en plantas integradas.
CONVERTI PAP (CONVERTIDOR DE PAPEL SA DE CV)	
FÁBRICA DE PAPEL LA LIEBRE (FÁBRICA DE PAPEL LA LIEBRE SA DE CV)	
FIA MEXICO SA DE CV (FYE DE MÉXICO SA DE CV)	
ESCORPIÓN PALET (KIMBERLY CLARK DE MÉXICO SAB DE CV)	
CCI (CARTONES Y CORRUGADOS INDUSTRIALES SA DE CV)	Fabricación de cartón en plantas integradas.
CORRUGADOS Y EMPAQUES DE NORTH AMERICA	
INTERNATIONAL PAPER (INTERNATIONAL PAPER MEXICO COMPANY, S. DE R.L. DE C.V.)	
PAPELES Y CONVERSION DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	
SEROC CORRUGADOS (SEROC CORRUGADOS SA DE CV)	

El DINUE emplea el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2013 (SCIAN 2013), y como consecuencia de su estructura, no es posible identificar los productos específicos que fabrican las unidades económicas integradas en una misma clasificación. Los códigos SCIAN organizan las actividades económicas de las diversas industrias [11]. Por ejemplo, el código SCIAN 322110 *Fabricación de pulpa*,

⁷ “Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de pulpa (de madera y de materiales reciclados), papel y productos de papel en plantas integradas. **Excluye:** u.e.d.p. a la fabricación de papel a partir de pulpa comprada (322122, Fabricación de papel a partir de pulpa); de papel celofán (325220, Fabricación de fibras químicas); de papel fotosensible para fotografía (325992, Fabricación de películas, placas y papel fotosensible para fotografía); de papel aluminio (331310, Industria básica del aluminio), y de papel carbón (339940, Fabricación de artículos y accesorios para escritura, pintura, dibujo y actividades de oficina)” [9].

⁸ “Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de pulpa (de madera y de materiales reciclados), cartón y productos de cartón en plantas integradas. Incluye también: u.e.d.p. a la fabricación de láminas de cartón asfaltadas hechas en fábricas de cartón. **Excluye:** u.e.d.p. a la fabricación de cartón y cartoncillo a partir de pulpa comprada (322132, Fabricación de cartón y cartoncillo a partir de pulpa)” [9].

incluye todas las unidades económicas dedicadas a la elaboración de pulpa, cartón y textiles. A su vez, este código incluye los siguientes productos:

- celulosa de bagazo de caña, fabricación
- celulosa mecánica, fabricación
- celulosa química de madera, fabricación
- pulpa de desechos de cartón, fabricación
- pulpa de desechos de papel, fabricación
- pulpa de desechos textiles, fabricación
- pulpa de materiales reciclados, fabricación
- pulpa de paja, fabricación
- pulpa mecánica, fabricación
- pulpa química o celulósica, fabricación
- pulpa semiquímica, fabricación

3.1.3. Importaciones de celulosa a México.

Los datos de las importaciones, así como de las exportaciones de los productos examinados provienen de la Balanza Comercial de Mercancías de México (BCMM), a cargo del INEGI [12]. Asimismo, tanto las importaciones como las exportaciones se analizan en el periodo 2013-2017.

En el caso de la fibra de bagazo de caña, no existe información precisa del comercio exterior, debido a que este producto no cuenta con una fracción arancelaria específica, sino que se incluye en la partida: *Pasta de fibras obtenidas de papel o cartón reciclado (desperdicios y desechos) o de las demás materias fibrosas celulósicas*⁹, en la categoría *Las demás* (subpartida relacionada a la obtención de pulpa a partir de fibras distintas a la madera). La categoría antes mencionada se incluye en las subsecuentes secciones bajo el nombre de *Pulpa de otras fibras a la madera* con fines representativos; las cifras mostradas no incluyen los valores asociados a las pulpa de algodón ni de bambú, dado que fue posible separarlas por sus fracciones arancelarias individuales. Por su parte, la categoría *pulpas mecánicas* se ha desglosado en: *pulpa mecánica de madera* y *pulpa semiquímica de madera* (también denominada *pulpa de madera proveniente de tratamientos mecánicos y químicos*). Esta clasificación se emplea en las secciones subsecuentes.

⁹ **Pasta de fibras obtenidas de papel o cartón reciclado (desperdicios y desechos) o de las demás materias fibrosas celulósicas:** Está pulpa incluye cualquier método, la materia prima procede del reciclado de papel o cartón, así como de otras fibras, entre las cuales encontramos bagazo, bambú, algodón y otros no especificados. Esta clasificación se localiza en la sección 4706 de la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (TIGIE) [13].

3.1.3.1. Cantidades de importación.

Dentro del intervalo de estudio (2013-2017), las importaciones se han incrementado año con año; esta tendencia al alza es propiciada principalmente por la recepción de pulpa química de madera; segmento que aporta entre el 91.65% y el 95.53% del volumen total anual que ingresa al país (ver **Figura 10**).

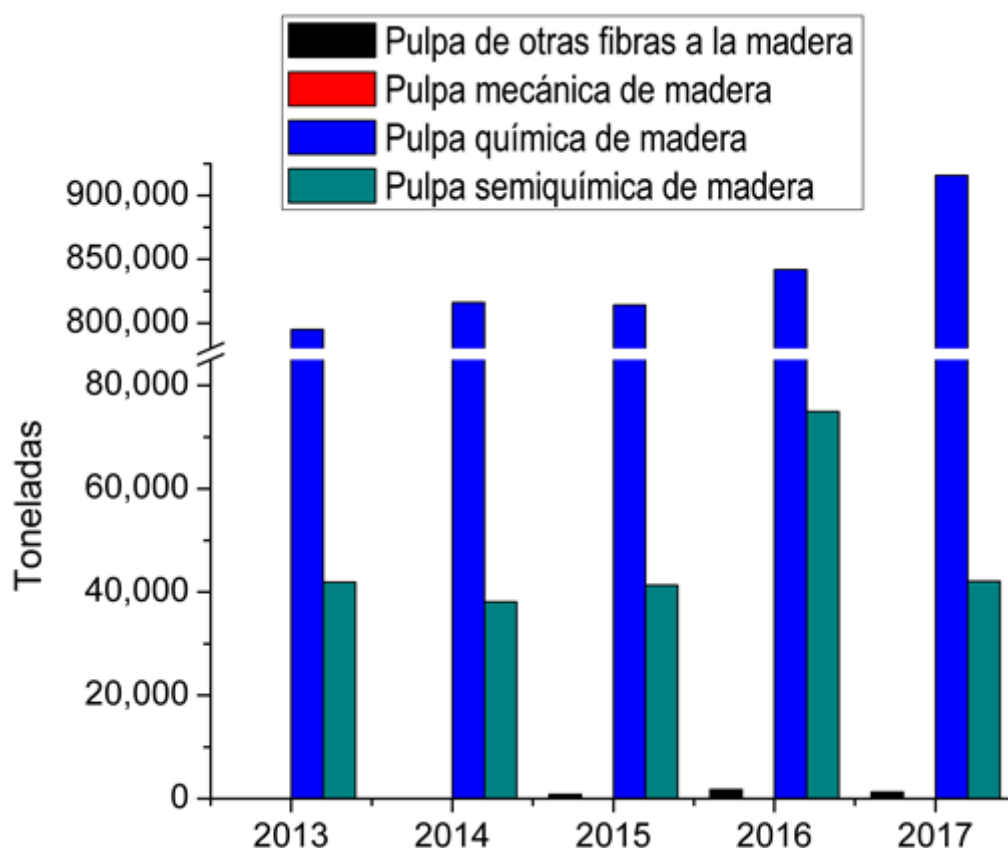


Figura 10. Importaciones de pulpas de celulosa a México en el periodo 2013-2017. Elaboración propia, basado en [12].

En el año 2017, ingresaron al país 959,316.75 toneladas de pulpas de celulosa. De esta cantidad, la *pulpa química de madera* fue la de mayor importación, con un total de 915,912.92 toneladas. En contraste, la *pulpa mecánica de madera* fue la de menor importación, con 5.19 toneladas [12].

A su vez, la *pulpa química de madera* se desglosa en *pulpa al sulfato* y *al sulfito*, con sus variantes *blanqueada* y *sin blanquear*, para ambos casos. De todas las versiones antes mencionadas, la *pulpa química al sulfato blanqueada* representa el 99.09% del volumen importado en el periodo 2013-2017; además muestra un continuo crecimiento (ver **Figura 11**), lo que indica que es el tipo de pulpa de celulosa de mayor relevancia en las importaciones en el país.

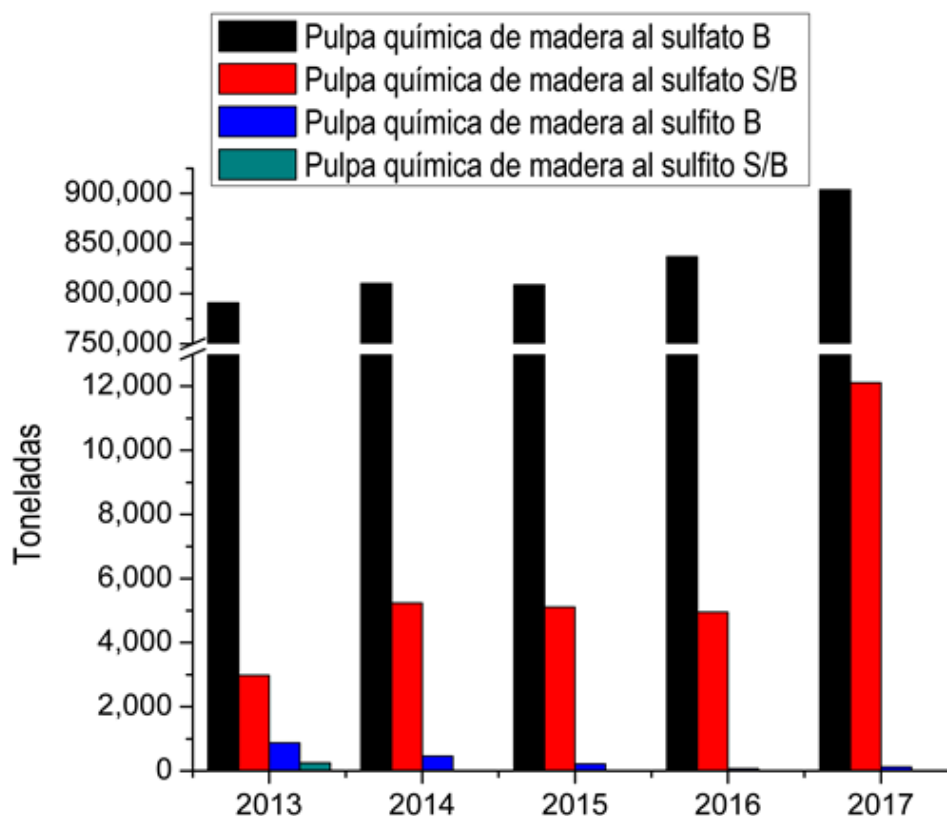


Figura 11. Pulpa química en sus diferentes versiones importadas a México, en el periodo 2013-2017. Elaboración propia basado en [12].

De las 915,912.92 toneladas de pulpa químicas importadas en el año 2017, la pulpa química al sulfato blanqueada aportó el 98.66%, la pulpa al sulfato sin blanquear contribuyó con el 1.32% y la pulpa al sulfito blanqueada tan solo con el 0.01% [12].

3.1.3.2. Países de procedencia.

Acorde con los datos de la BCMM [12], Estados Unidos de América (E.U.A.) es el principal país de procedencia de las pulpas de celulosa importadas a México con el 59.55% del volumen total ingresado al país durante el periodo 2013-2017. En segunda posición se ubica Brasil con el 24.30% y Canadá en tercer lugar con 12.11%.

En la **Figura 12** se muestran los principales países de importación para las dos versiones de la pulpa química al sulfato y la pulpa semiquímica, estas tres variedades en conjunto representan el 99.86% de todo el volumen importado en el periodo evaluado [12].

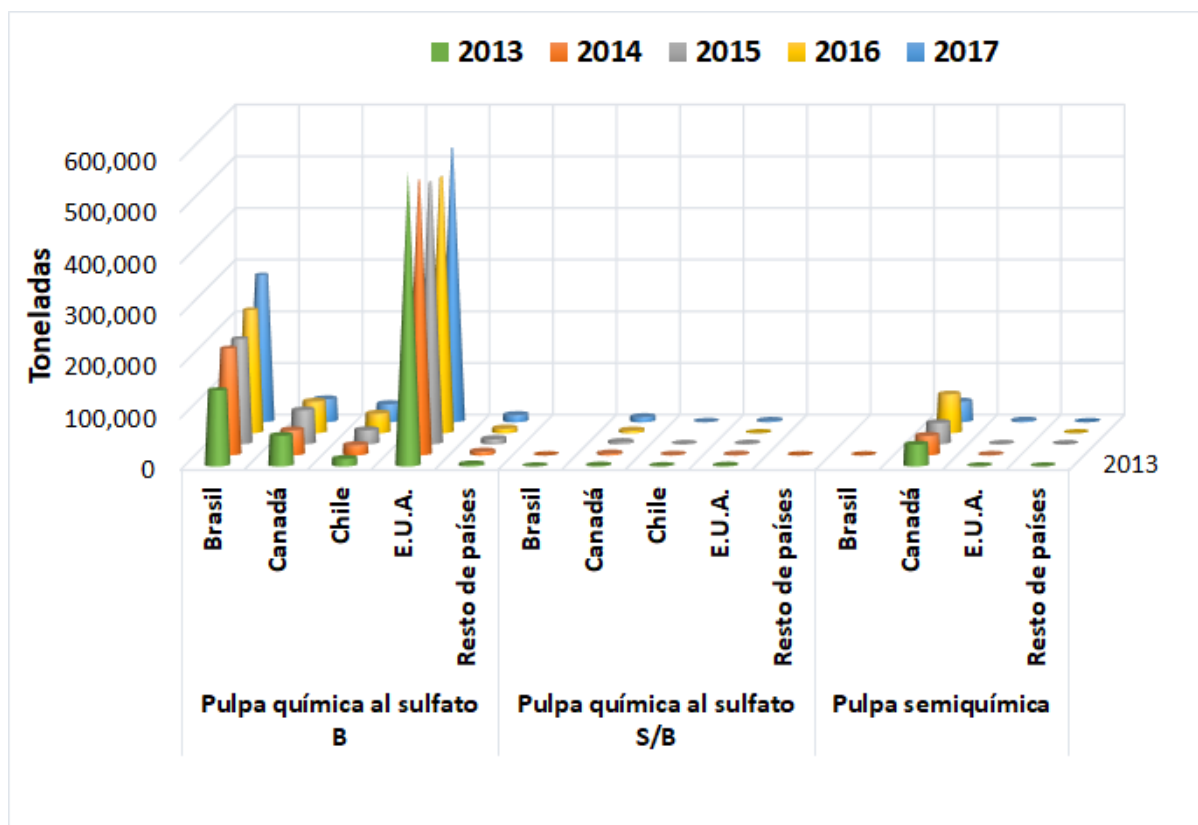


Figura 12. Principales países de origen de las importaciones de pulpa química al sulfato y pulpa semiquímica en el periodo 2013-2017. Elaboración propia, basado en [12].

En el caso de la pulpa química al sulfato blanqueada, E.U.A. es el principal país de origen con una aportación en promedio de 524,440 toneladas por año; con ello ha contribuido con el 63.17% del volumen ingresado al país durante el periodo de estudio. Por su parte, Brasil, con el 25.90% del volumen importado, se posiciona como el segundo país con mayor aportación y muestra un crecimiento continuo durante el periodo (2013-2017). En el año 2017, E.U.A y Brasil contribuyeron a las importaciones de la pulpa química al sulfato blanqueada con el 58.41% y el 31.37%, respectivamente.

Por otro lado, Canadá es el principal proveedor de pulpa semiquímica con una contribución del 98.52% del volumen importado durante el lapso 2013-2017. En el 2017, Canadá colocó el 93.75% de las importaciones, mientras que E.U.A. introdujo el 6.17% del volumen.

De modo similar, Canadá y E.U.A. comparten el primer y segundo lugar de los países de origen de la pulpa al sulfato sin blanquear. Durante el periodo 2013-2017, Canadá aportó el 75.75% y E.U.A el 17.50% del volumen ingresado al país. En el 2017, Canadá participó con el 79.77% de las importaciones; en tanto que, E.U.A. contribuyó con el 18.43%.

3.1.3.3. Valor económico de las importaciones.

La información presentada en esta sección fue adquirida de la BCMM y no incluyen los costos de seguro, fletes ni gastos asociados al ingreso de la aduana mexicana, dado que las transacciones son reportadas en términos comerciales de libre a bordo (F.O.B., por sus siglas en inglés) [12].

En el año 2013, las importaciones de la pulpa química, pulpas mecánicas y fibras distintas a la madera (sin incluir el algodón ni bagazo) registraron un valor monetario de \$7,102.19 millones de pesos. A partir de este año, el valor de las importaciones ha registrado un incremento anual que oscila entre el 10% - 15%; de manera que en el año 2017, el valor de las importaciones ascendió a \$11,348.99 millones de pesos. El incremento en el valor económico se correlaciona directamente con el aumento en el volumen de las importaciones, principalmente por la pulpa química. En la **Figura 13** se muestran los valores monetarios de las importaciones de la pulpa química al sulfato (blanqueada y sin blanquear) y la pulpa semiquímica; que conjuntamente aportan el 99.78% de las transacciones realizadas durante el periodo 2013-2017.

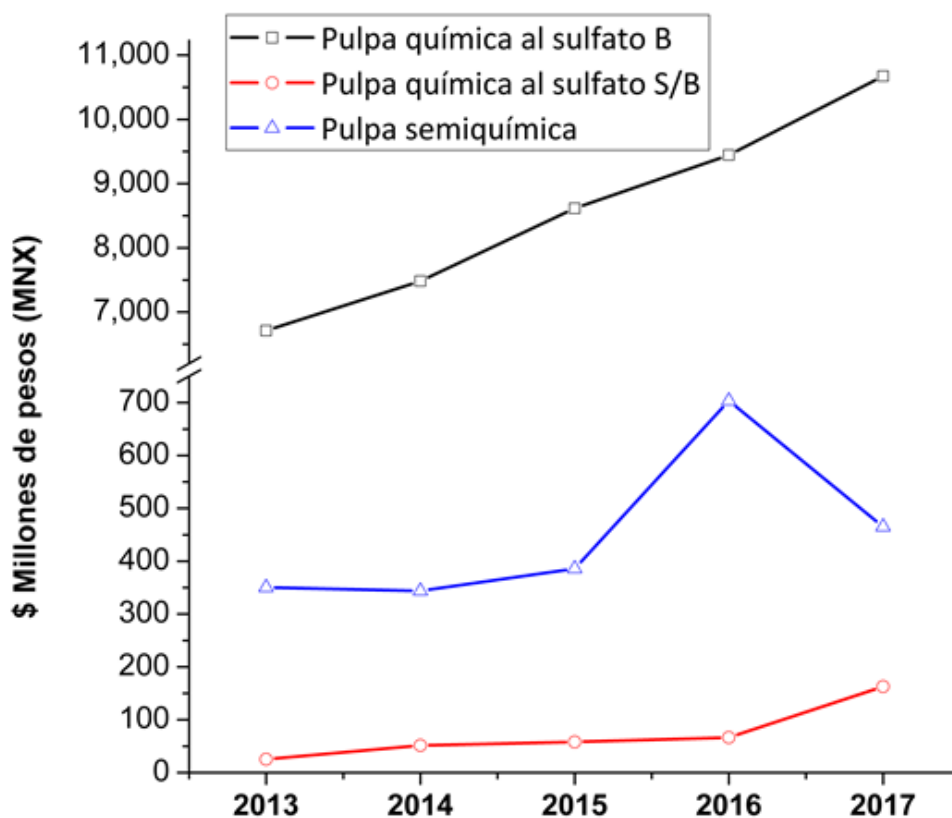


Figura 13. Valor económico de las importaciones de las pulpa de sulfato y pulpa semiquímica en el periodo 2013-2017. Elaboración propia, basado en [12].

En el año 2017, las importaciones de la pulpa y fibras consideradas en el consumo nacional aparente contabilizaron \$11,348.99 millones de pesos, de los cuales, la pulpa química al sulfato blanqueada, la pulpa semiquímica y la pulpa al sulfato sin blanquear aportaron el 94.06%, 4.39% y 1.26% al valor monetario, respectivamente [12].

3.1.4. Exportaciones de celulosa.

3.1.4.1. Cantidades de exportación.

En el periodo 2013-2017, las exportaciones de las pulpas de celulosa y fibras consideradas en el CNA, contabilizaron 357.34 toneladas [12]. En la **Figura 14** se muestran las cantidades enviadas al extranjero anualmente de las diferentes pulpas y fibras analizadas. La pulpa química al sulfato blanqueada de madera es el único producto que ha sido constante en las exportaciones, no obstante, presenta un comportamiento errático.

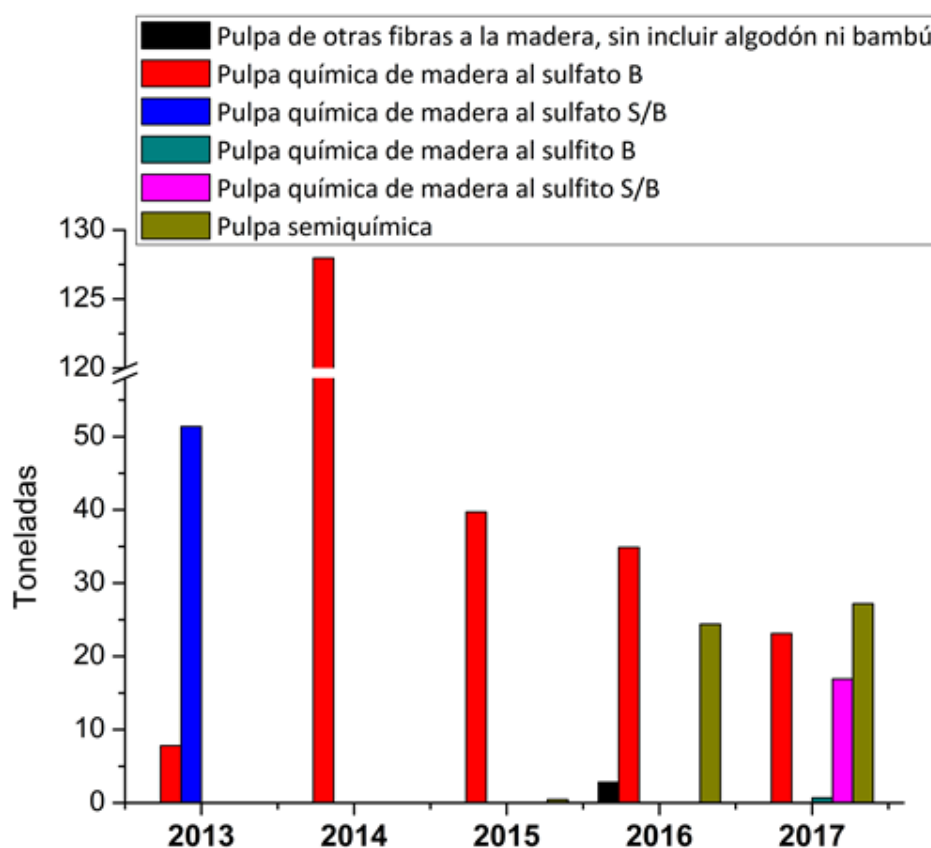


Figura 14. Exportaciones de los diferentes tipos de celulosa consideradas en el CNA dentro del periodo 2013-2017. Elaboración propia, basado en [12].

En el año 2017, se exportaron 67.93 toneladas de celulosa, de las cuales el 40.04% corresponde a pulpa semiquímica, seguido por la pulpa química al sulfato blanqueada con el 34.04 y en tercer lugar la pulpa química al sulfato sin blanquear con el 24.91%.

3.1.4.2. Países destino.

Estados Unidos de América es el principal país de destino con la recepción de 193.96 toneladas (54.28% del volumen total exportado) durante el lapso 2013-2017 [12]. En la **Figura 15** se presentan los principales países a donde se exportaron la pulpa química al sulfato (blanqueada y sin blanquear), pulpa química al sulfato sin blanquear y la pulpa semiquímica, que conjuntamente representan el 99.02% del volumen exportado en el periodo de estudio.

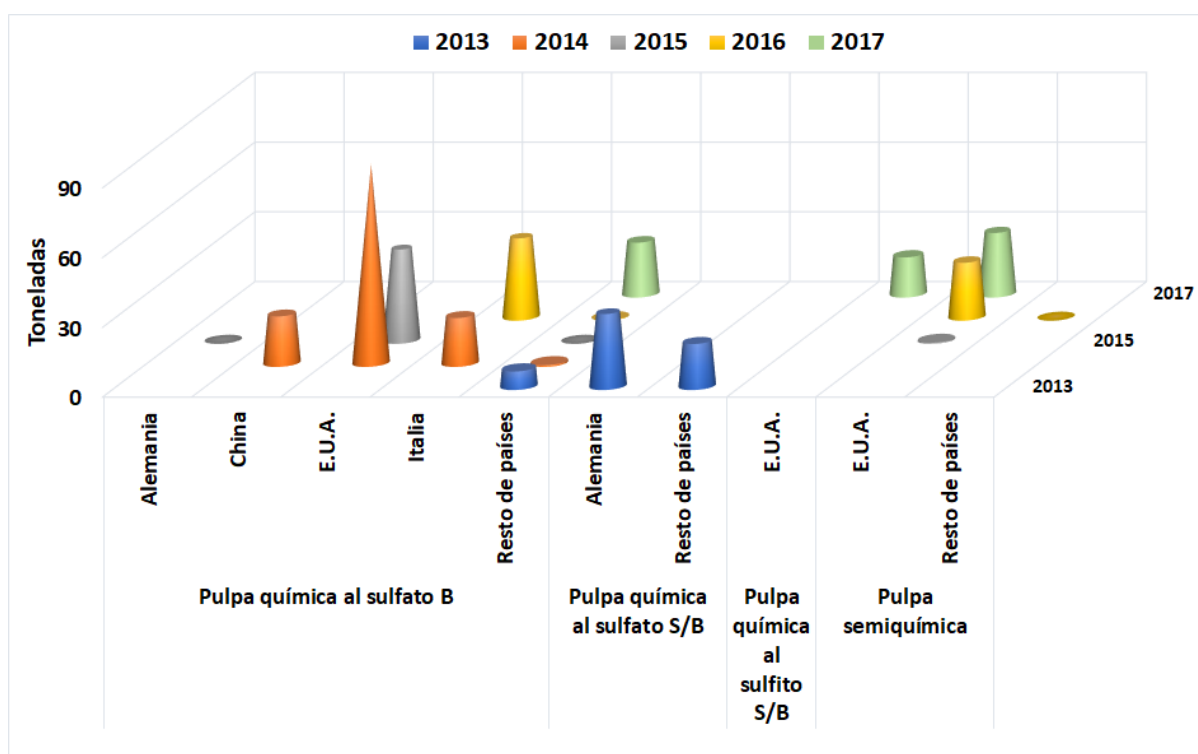


Figura 15. Países destino para las pulpas química al sulfato, pulpa al sulfato sin blanquear y pulpa semiquímica, en el periodo 2013-2017. Elaboración propia, basado en [12].

En el caso de la pulpa química al sulfato blanqueada, E.U.A. acapara el 53.53% de la cantidad total enviada al extranjero; seguido por Italia con el 23.66% y China en tercer lugar con el 9.11%. Por otra parte, Alemania es el principal país de destino de la pulpa química al sulfato sin blanquear con el 62.28%. Por último, E.U.A. es el destino final tanto de la pulpa química al sulfato sin blanquear como en la pulpa semiquímica.

3.1.4.3. Valor económico de las exportaciones.

A continuación se presentan los valores monetarios (expresados en pesos mexicanos) de las distintas pulpas de celulosa exportadas en el periodo 2013-2017. Los datos se adquirieron de la BCMM, asimismo las transacciones son reportadas en términos comerciales de libre a bordo (F.O.B., por sus siglas en inglés), por lo cual las transacciones se refieren al valor de venta de las mercancías en la aduana de salida [12].

Dentro del periodo de análisis, en los primeros tres años, las exportaciones registraron en promedio un valor de \$946,951 pesos. Sin embargo, en el año 2016 las exportaciones superaron los 72.08 millones de pesos; posteriormente en el año 2017 el valor monetario de las exportaciones alcanzó los \$122.81 millones de pesos [12], lo que representa un aumento del 70% respecto al año previo, ver **Figura 16**. En los años 2016 y 2017 la pulpa semiquímica fue el principal tipo de pulpa exportada y las transacciones asociadas propiciaron los incrementos en ambos años.

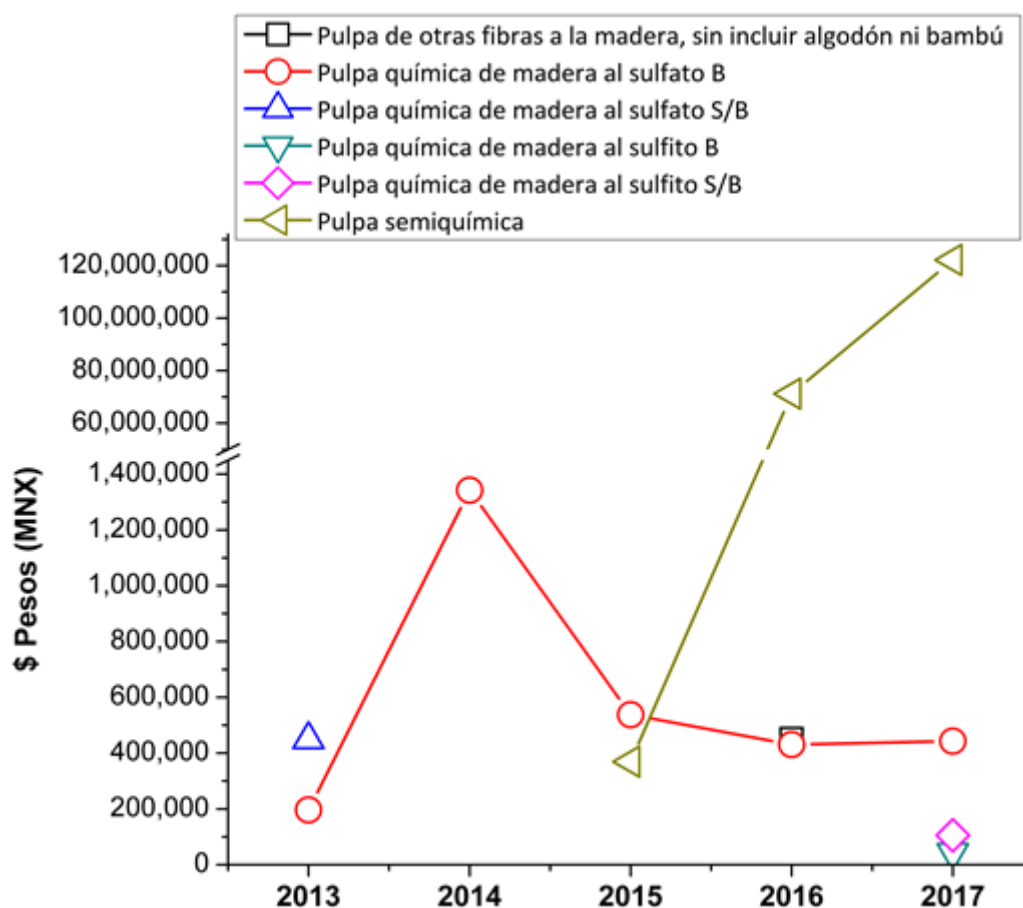


Figura 16. Valores de las diversas pulpas de celulosa exportadas.
Elaboración propia, basado en [12].

3.1.5. Balanza comercial

Entre el 2013 y el 2017, la balanza comercial de las pulpas de celulosa y fibras presenta una déficit en constante crecimiento, ver **Figura 17**. En el año 2013 la balanza comercial presentó un saldo negativo de \$7,101.55 millones de pesos; a partir de ese año el déficit ha aumentado a una tasa anual entre 10% - 15%, hasta alcanzar en el año 2017 una balanza deficitaria de \$11,226.19 millones de pesos. La tendencia desfavorable de la balanza se atribuye directamente al incremento en las importaciones de la pulpa química al sulfato blanqueada; por el contrario, las exportaciones son insignificantes, y en consecuencia no representan un contrapeso en el comportamiento de la balanza comercial.

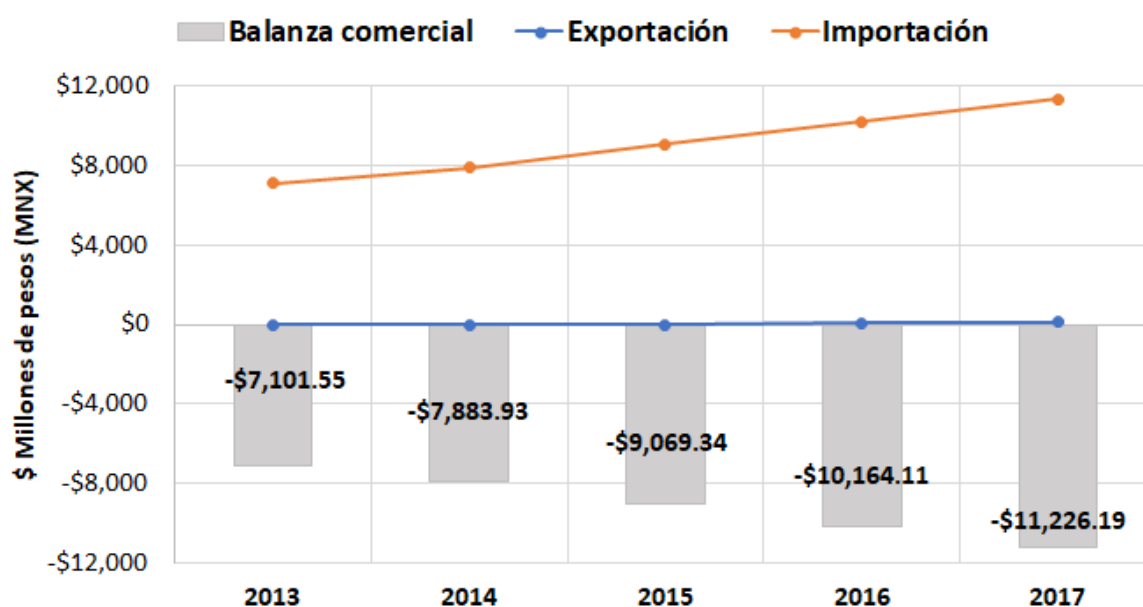


Figura 17. Balanza comercial de las pulpas de celulosa en el periodo 2013-2017.
Elaboración propia, basado en [12].

3.1.6. Usuarios de celulosa.

A nivel mundial, el 97.5% de la celulosa se emplea en la industria del papel; mientras que el porcentaje restante se emplea en diversos sectores industriales [14]. Por otro lado, la CNICP informó que durante el 2016 la industria nacional del papel utilizó 6.46 millones de toneladas de celulosa y fibras; del volumen anterior, el 88.4% corresponde a pulpa de fibras recicladas y el 11.6% pertenece a pulpas de fibras vírgenes [4].

La identificación de los usuarios de celulosa en México se llevó a cabo a partir del análisis de datos reportados en el DENU. Con el propósito de identificar a las empresas que consumen celulosa y evitar registros duplicados, se utilizó la razón

social como filtro. De esta forma, se localizaron 412 unidades económicas que consumen pulpa de celulosa, de las cuales 348 corresponden a empresas con diferentes razones sociales. El 89.65% de las empresas utilizan la celulosa para la *fabricación de papel a partir de pulpa*¹⁰ y el resto para la *fabricación de cartón y cartoncillo a partir de pulpa*¹¹. En la **Tabla 11**, se presentan las 15 empresas más grandes (aquellas que reportan un mayor número de empleados) que consumen pulpas de celulosa.

Tabla 11. *Empresas que compran pulpas de celulosa.* Elaboración propia, basado en [10].

Unidades económicas (Razón Social)	Actividad
CARTONES PONDEROSA SA DE CV	Fabricación de papel a partir de pulpa
CUAUTIPACK S DE RL DE CV	
PAPELES Y CONVERSIONES DE MÉXICO SA DE CV	
PRODUCTORA DE PAPEL SA DE CV	
MOLINO LOS REYES (SMURFIT CARTÓN Y PAPEL DE MÉXICO SA DE CV)	
BIO PAPPEN PACKAGING (BIO PAPPEN SAB DE CV)	Fabricación de cartón y cartoncillo a partir de pulpa
CELULOSA Y CORRUGADOS DE SONORA	
COPAMEX INDUSTRIAS SA DE CV	
EMPAQUES MODERNOS SAN PABLO S DE RL DE CV	
FÁBRICA DE PAPEL SAN FRANCISCO	
FÁBRICAS DE PAPEL POTOSÍ SA DE CV	
GRUPO CORPORATIVO PAPELERA SA DE CV	
INDUSTRIAL PAPELERA MEXICANA SA DE CV	
KIMBERLY CLARK	
PLANTA PAPELES HIGIÉNICOS DEL CENTRO SA DE CV (SCA CONSUMIDOR MÉXICO SA DE CV)	

¹⁰ “Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de diferentes tipos de papel, como papel higiénico, facial, para impresión, escritura, embalaje y otros usos, y de cartulina a partir de pulpa (de madera y de materiales reciclados) comprada. **Excluye:** u.e.d.p. a la fabricación de papel y productos de papel integrada con la fabricación de pulpa (322121, Fabricación de papel en plantas integradas); de papel celofán (325220, Fabricación de fibras químicas); de papel fotosensible para fotografía (325992, Fabricación de películas, placas y papel fotosensible para fotografía); de papel aluminio (331310, Industria básica del aluminio), y de papel carbón (339940, Fabricación de artículos y accesorios para escritura, pintura, dibujo y actividades de oficina)” [9].

¹¹ “Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de cartón y cartoncillo a partir de pulpa (de madera y de materiales reciclados) comprada. Incluye también: u.e.d.p. a la fabricación de cuero artificial o cartón cuero. **Excluye:** u.e.d.p. al curtido y acabado de cuero y piel (316110, Curtido y acabado de cuero y piel), y a la fabricación de cartón y productos de cartón integrada con la fabricación de pulpa (322131, Fabricación de cartón en plantas integradas).” [9].

3.2. Inteligencia de mercado y competitiva de los derivados de celulosa.

Con respecto a la inteligencia de mercado los derivados de celulosa, si bien fue posible ubicar las exportaciones e importaciones referentes a la AC, CMC y HEC gracias a las fracciones arancelarias del código TIGIE; no ocurre lo mismo para los datos estadísticos de producción nacional. En este caso, donde los derivados de interés pertenecen a la actividad económica denominada **Fabricación de resinas sintéticas**¹² [15], se incluyen en el código SCIAN 325211. Esta clasificación agrupa a 87 subcategorías relacionadas con la fabricación de: copolímeros, resinas termoplásticas, plásticos de etilcelulosa, plastificantes primarios, polímeros sintéticos, resinas de celulosa, entre otros.

A nivel nacional, las bases estadísticas no disponen de información específica de la producción de los derivados de celulosa de interés, debido a que emplean la clasificación SCIAN. El Banco de Información Económica (BIE), la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM) y el Directorio Estadísticos Nacionales de Unidades Económicas (DENUE), todas ellas a cargo del INEGI, fueron las bases que se consultaron.

De igual modo, la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) emplea la clasificación SCIAN para presentar los datos estadísticos de los distintos sectores, incluido el de las resinas sintéticas.

3.2.1. Producción nacional de acetato de celulosa, carboximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa e hidroxipropilcelulosa.

Según el Directorio ANIQ 2018, Química Amtex, Ashland, Grupo Petroquímico Beta, Grupo Celanese y Henkel son fabricantes nacionales de al menos uno de los derivados de celulosa de interés. En la **Tabla 12** se muestran las compañías, los derivados que producen, las capacidades instaladas, su ubicación geográfica y el año de emisión del reporte. Por su parte, en la **Figura 18** se ubican las plantas de producción de las empresas detectadas dentro del país.

¹² Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de resinas sintéticas termoestables y termoplásticas. **Incluye también:** u.e.d.p. a la fabricación de materiales plastificantes. **Excluye:** u.e.d.p. a la fabricación de resinas a partir de plásticos reciclados (325993, Fabricación de resinas de plásticos reciclados) [9].

Tabla 12. Empresas productoras de AC, CMC, HEC y HPC. Elaboración propia a partir de [16–22].

Empresa	Producto de interés	Capacidad instalada (Ton/año)	Ubicación	Año de reporte
Química Amtex	CMC	6,000	Argentina	2013
		8,000	Colombia	2013
		10,000	México	2013
Ashland	CMC	50,000	América, Europa y Asia Pacífico	2013
	HEC	10,000		2011
	HPC	ND		ND
Grupo Petroquímico Beta	HEC	50,000 ¹³	México	2013
Grupo Celanese	AC	72,000	México	2017
Henkel	Adhesivos de CMC	148,800 ¹⁴	México	ND



Figura 18. Localización de plantas nacionales productoras de derivados de celulosa.

¹³ Capacidad total de la planta para fabricación de sus diferentes productos.

¹⁴ Capacidad instalada en sus plantas de Ecatepec y Salamanca de todas sus líneas de producción.

3.2.2. Empresas productoras.

3.2.2.1. Química Amtex

De acuerdo con el estudio de mercado de la consultora *Research and Market*, la empresa Química Amtex es catalogada como un jugador prominente en el segmento de la CMC a nivel mundial [23]. Este producto celulósico se comercializa bajo la marca GELYCEL [24,25] y abarca el mercado de alimentación y farmacéutico [26].

En el año 2010, la empresa registró una capacidad instalada de 32,000 toneladas anuales para producir CMC, cuyas plantas se ubicaron en Argentina, Colombia y México [27], ver **Figura 19**. Sin embargo, un reporte de mercado de CMC del año 2013 realizado por la empresa *Tran Tech Consultants Inc.*, informó que la capacidad instalada de Química Amtex era de 24,000 toneladas anuales en la misma región, de los cuales, su planta en México tenía el 42% (ver **Figura 19**). El mismo estudio mostró que la empresa produjo el 4.9% del mercado mundial de CMC (454,000 toneladas) en el año del reporte [17].

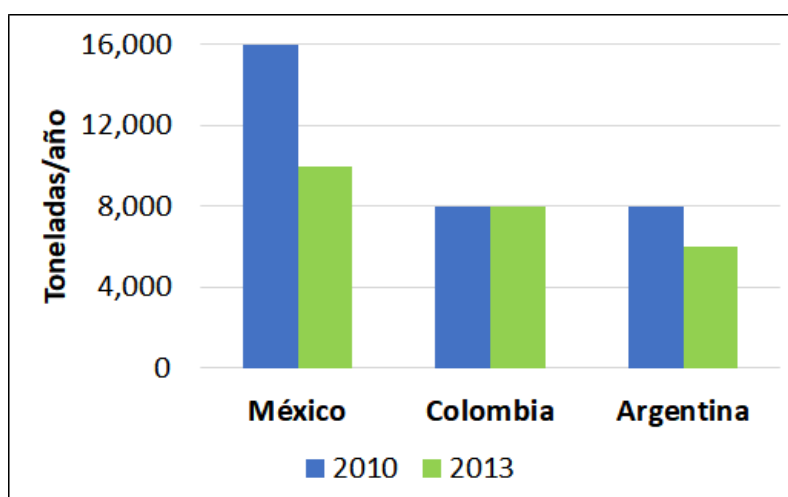


Figura 19. Química Amtex, distribución de la capacidad instalada para la producción de CMC en Latinoamérica. Elaboración propia, basada en [17,27].

Actualmente la compañía cuenta con una capacidad instalada de 40,000 toneladas anuales para la fabricación de CMC, polímeros funcionales y otros productos en el continente americano [28].

3.2.2.2. Ashland

Ashland es otra empresa prominente en mercado de la CMC a nivel mundial [23]. En México opera a través de la subsidiaria Ashland Chemical de México S.A. de C.V., y son productores de CMC, HEC y HPC [16]. Conforme al reporte anual 2011, la

empresa tenía una capacidad instalada de 10,000 toneladas anuales para la fabricación de HEC [18]. Por otro lado, un estudio de mercado de CMC del 2013, informó que Ashland Chemical cubrió el 9.4% del mercado mundial de este derivado celulósico y que su capacidad en ese momento era de 50,000 toneladas anuales [17].

Movimientos estratégicos

En el 2008, la compañía Ashland adquiere a *Hercules Incorporated* [29]. Posteriormente, en el 2015 inició la expansión de sus líneas de productos celulósicos en su planta de Hopewell, Virginia, E.U.A. El proyecto se programó a tres años y consideró incrementar la capacidad instalada de HEC en 4,700 toneladas y en 50% de la HPC [30,31]. En el 2017, la compañía adquirió a *Pharmachem*, empresa dedicada a productos de cuidado personal y fragancias, con lo cual anexó 14 fábricas ubicadas en México y E.U.A., a la división económica de *Specialty Ingredients* [32]. Este segmento de la compañía es líder mundial en éteres de celulosa, pirrolidonas de vinilo y biofuncionales para aplicaciones de consumo e industriales, incluyendo cuidado personal, farmacéutica, alimentos y bebidas, recubrimientos y energía [33]. Opera con un total de 41 plantas distribuidas en América, Europa y Asia Pacífico [32].

Al cierre del 2017, las ventas de productos celulósicos representaron el 36% de los ingresos para la unidad de *Specialty Ingredients*, de un total de 2.2 mil millones de dólares [34]; o el equivalente al 24% de las ventas por parte de la compañía [32]. Actualmente, *Composites* e *Intermediates and Solvents* son las otras divisiones económicas de la compañía [32]; en la **Figura 20** se muestra el aporte de cada división económica en el año fiscal 2017. Por otro lado, en la **Tabla 12** se muestran los productos de interés para esta investigación, con sus respectivas marcas comerciales y los segmentos de mercado al que se relacionan.

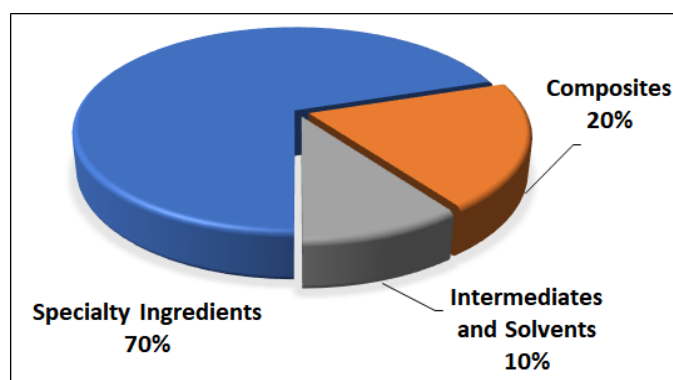


Figura 20. Ingresos por divisiones de Ashland [35].

Tabla 12. Marcas comerciales de CMC, HEC y HPC de Ashland. Elaboración propia, a partir de [36,37].

Derivado de celulosa	Marca	Mercado
CMC	Bondwell™, Blanose™, Aqualon™	<ul style="list-style-type: none"> ● Batería/Electrónicos ● Edificación, construcción e ingeniería civil ● Comercio e institucional (industria ligera) ● Adhesivos y selladores ● Minería y extracción ● Cerámica, alfarería y porcelana. ● Artículos de hogar y consumo ● Textiles ● Tabaco ● Pulpa y papel ● Alimentos
CMC	AquaVIS	<ul style="list-style-type: none"> ● Fluidos de perforación
CMC, HEC y HPC	Agrimax	<ul style="list-style-type: none"> ● Agricultura
HEC	Natrosol, Natrosol B	<ul style="list-style-type: none"> ● Edificación, construcción e ingeniería civil ● Comercio e institucional ● Energía ● Adhesivos y selladores ● Cerámica, alfarería y porcelana ● Pintura y Recubrimientos ● Cuidado personal
HPC	Klucel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impresión y tintas ▪ Polimerización ▪ Moldeo por inyección ▪ Cerámica ▪ Removedores de pinturas ▪ Tabaco ▪ Adhesivos ▪ Encapsulado
HPC	AeroWhip	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alimentos
CMC	Aquasorb™	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alimentos

3.2.2.3. Grupo Petroquímico Beta

Esta compañía cuenta con una planta con capacidad de 50,000 toneladas anuales para la generación de productos, la cual se ubica en Coatzacoalcos, Veracruz [38]. La empresa comercializa la HEC bajo la marca Betacel® H y atiende a los mercados de pinturas, construcción, cuidado personal y del hogar y fluidos de perforación [39,40].

3.2.2.4. Grupo Celanese

En México, Grupo Celanese cuenta con dos plantas en Ocotlán, Jalisco, donde fabrica acetato de celulosa en forma de escamas de acetato y estopas de acetato (filtro mecha de cigarrillo), así como de anhídrido acético [41]. Estos productos se emplean

en las industrias de filtración, empaque, aislamiento, gránulos de acetato, suministros médicos y no tejidos.

De conformidad con el reporte anual 2017 de la empresa, los negocios referentes a los derivados de celulosa pertenecen al segmento de *Consumer Specialties*, dentro del segmento, es considerado uno de los líderes a nivel mundial. Cuenta con plantas de producción en Bélgica, México y Estados Unidos; además, sus tres filiales en China cuentan con plantas [42].

En junio de 2018, el director del grupo Celanese, Antonio Rodríguez Martínez, informó que una de las plantas en Jalisco cuenta con capacidad de producción de hasta 52 mil toneladas anuales de acetato de celulosa [22]. En tanto que la segunda planta, produce 20 mil toneladas anuales de mecha de cigarro [22]. Sin embargo, la empresa anunció el cierre de esta segunda planta al finalizar el año 2018, debido a la disminución progresiva del consumo de cigarros a nivel mundial [22,43].

Movimientos estratégicos

Entre las acciones más recientes, el 3 de mayo de 2017 Celanese adquirió la división de *Nilit Group*, empresa dedicada a la fabricación de productos de alto rendimiento en nylon, resinas, fibras y compuestos [42]. Por otro lado, el 18 de junio de 2017, Celanese formó un *joint venture* con filiales de Blackstone. La alianza combina las operaciones ligadas a los derivados de celulosa de Celanese con las operaciones de acetato de celulosa de Rhodia Acetow [42].

3.2.2.5. Henkel

Henkel es el principal productor de adhesivo a nivel mundial [44]; tiene 59 años de presencia en México [45] y cuenta con los segmentos de mercado mostrados en la **Tabla 13**. Henkel Capital (subsidiaria de Henkel) es productor de adhesivo de CMC dentro del país [16]. Por su parte, la plataforma de *EMIS Professional* indica que Henkel Capital es fabricante de jabones, limpiadores y dentífricos [48]. En la **Tabla 14** se muestran las subsidiarias de Henkel en el país.

Tabla 13. Sectores comerciales de Henkel en México. Elaboración propia a partir de [44,46,47].

Sector	Aplicaciones	Principales marcas en México
<i>Adhesive Technologies</i>	Adhesivos, selladores y recubrimientos funcionales	Pritt, Resistol, Fester, Sista, Ceresit y Loctite.
<i>Beauty Care</i>	Cuidado de cabello, cuerpo, piel y bucal	Schwarzkopf, Dial y Syoss
<i>Laundry & Home Care</i>	Detergentes y cuidado del hogar	Persil, Mas y Viva

Tabla 14. Subsidiaria de HENKEL en México [49].

Subsidiaria	Ubicación	Capital (millones de euros)
Henkel Capital, S.A. de C.V.	Ecatepec de Morelos	508
Henkel Mexicana, S.A. de C.V.	Ecatepec de Morelos	11
GCP Container Technologies, S. de R.L. de C.V.	Santiago Tianguistenco, Toluca	41
Fashion and Style S.A. de C.V.	Ciudad de México	44
Natura Laboratorios S.A. de C.V.	Zapopan	214
North American Tube Company S.A. de C.V.	Zapopan	1
Patrice Comercial S.A. de C.V.	Guadalajara	0

Según el sitio web oficial de Henkel, la planta de Ecatepec cuenta con una capacidad para producir 1,800 toneladas de polvos, 26,000 toneladas de líquidos y 6,500 toneladas de selladores anuales [19]. A su vez, la planta en Salamanca tiene una capacidad instalada de 114,500 toneladas anuales [20].

Movimientos estratégicos

En la **Tabla 15**, se resumen los movimientos estratégicos más recientes de la empresa a nivel internacional y que tienen relevancia en el marco de esta investigación, ya que son posibles campos de aplicación de los adhesivos de CMC, a pesar de no ser mencionados explícitamente.

Diversos medios informativos nacionales e internacionales como *El Economista* y *SABI-Business News*, anunciaron en el 2017 que la compañía iniciaría la expansión de la planta en Salamanca con el objetivo de proveer de adhesivos y selladores a la industria automotriz y dejar de importarlos de los Estados Unidos de América [51,52].

Tabla 15. Movimientos estratégicos recientes de Henkel. Elaboración propia basada en [50].

Tipo	Fecha	Descripción	Ubicación
Inversión	Abril 2018	Inversión de 24 millones de euros en la línea de producción de lavandería avanzada de la Planta de producción de <i>Laundry & Home Care</i>	Racibórz, Polonia
Comunicado	Abril 2018	La compañía anunció el uso de resina granulada en envases flexibles para sus detergentes de lavandería.	
Nuevo producto	Mayo 2018	<i>Henkel Adhesive Electronics</i> desarrolló las series ECAs (<i>electrically conductive adhesives</i>) que facilita el armado de paneles solares	
Contrato	Julio 2018	Acuerdo para adquirir Aislantes Nacionales S.A., empresa dedicada a materiales de construcción	Chile

3.2.3. Importaciones.

En las subsecuentes secciones relacionadas al comercio exterior, se presentan datos de los derivados de celulosa de interés que cuentan con una fracción arancelaria en la BCMM [12]. En el caso específico de la hidroxietilcelulosa (HEC), la balanza comercial agrupa los datos de este producto junto con el Etil hidroxietilcelulosa (EHEC). Por otro parte, no existe una fracción arancelaria para la hidroxipropilcelulosa (HPC), por lo cual se incluyen los datos de la hidroxipropilcelulosa (HPMC) con fines representativos, ya que se emplea en segmentos de mercado parecidos al producto de interés .

3.2.3.1. Cantidades importadas.

En el periodo 2013-2017, la carboximetilcelulosa es el derivado de celulosa con el mayor volumen importado de los productos de interés. Por otra lado, las versiones de acetato de celulosa (plastificado y sin plastificar) son los derivados con menos volumen ingresados en el país, ver **Figura 21**. En el año 2017, se importaron 11,135.71 toneladas, de las cuales la CMC contribuyó con 36.6%, seguido por la HEC - EHEC con el 33%; en contraste, las dos versiones del AC no alcanzaron ni el 1.5% del volumen importado.

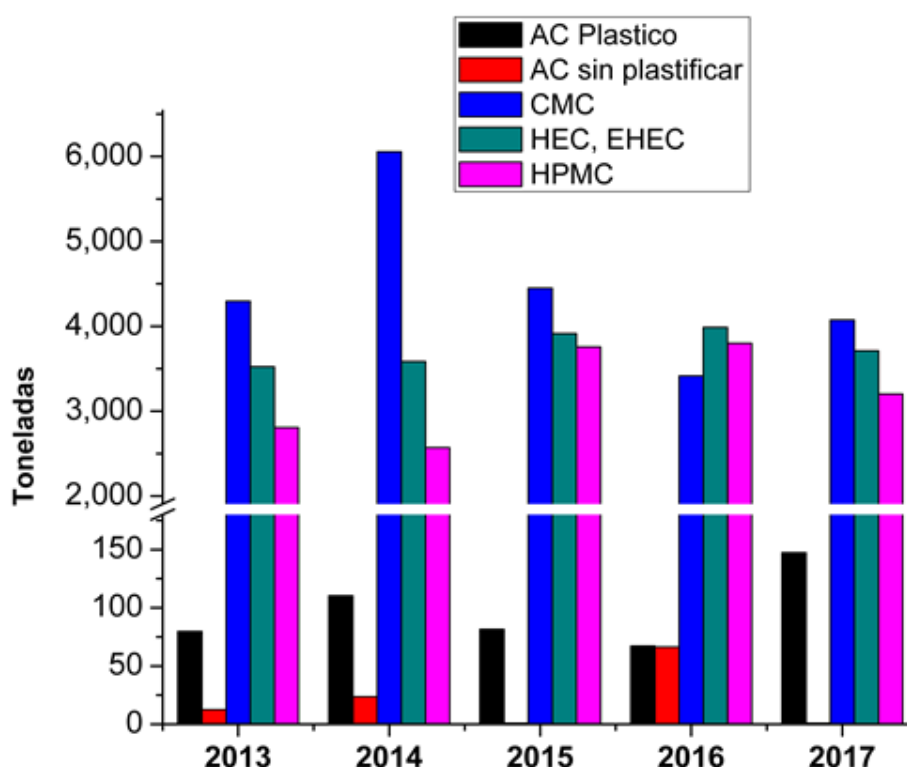


Figura 21. Importaciones de los derivados de interés en el periodo 2013-2017.
Elaboración propia, basado en [12].

3.2.3.2. Países de procedencias.

Durante el periodo 2013-2017, E.U.A., Alemania y China fueron los principales proveedores de los derivados de interés con un aporte del 32.3%, 19.3% y 18.8% del volumen importado, respectivamente [12].

En la **Figura 22** se presentan los principales países de donde se importan los derivados CMC, HEC-EHEC y HPMC por año, no se incluyen las dos versiones de acetato de celulosa dado que son cantidades muy pequeñas para ser visualizadas en el gráfico. China es el principal país de origen de la CMC con el 29.5% del volumen; Alemania es el mayor contribuidor de HPMC con el 33.6% del volumen. Por su parte, E.U.A., es el principal exportador de HEC-EHEC que arriban al país con el 53.6% del volumen.

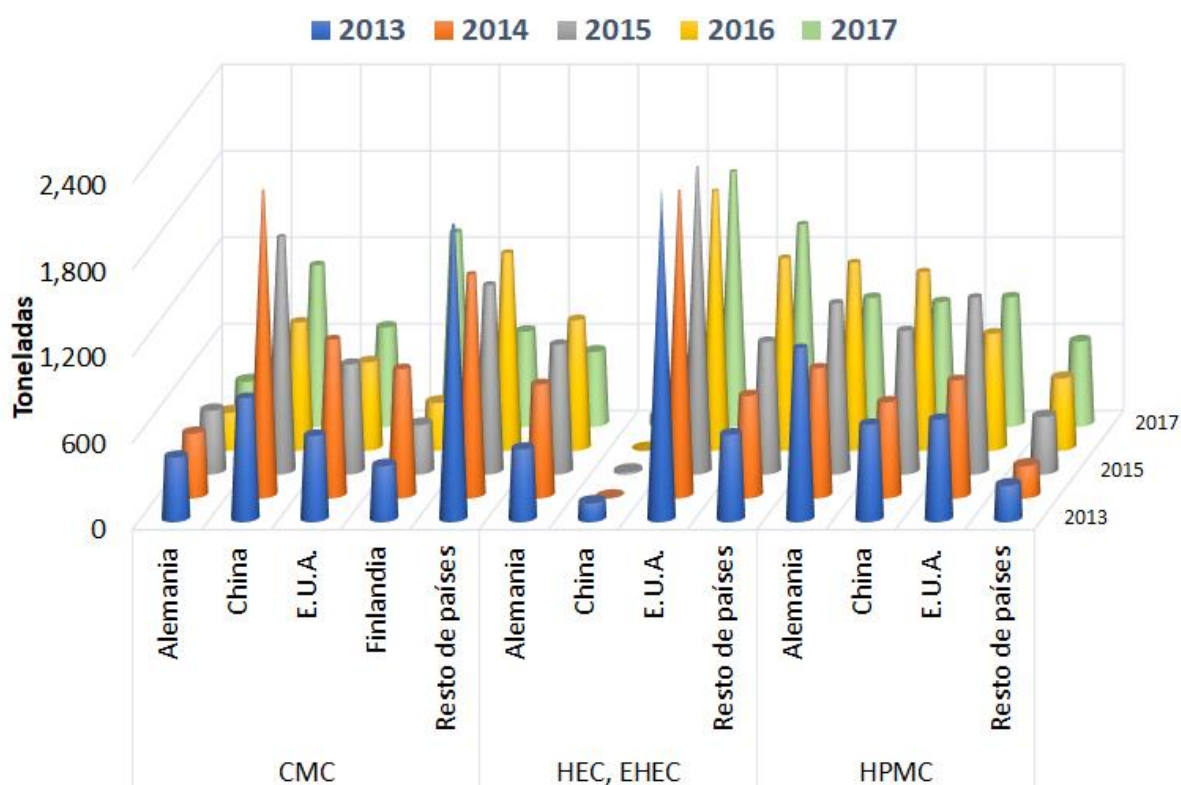


Figura 22. Principales países de procedencia del CMC, HEC-EHEC y HPMC importados entre 2013-2017. Elaboración propia a partir de [12].

3.2.3.3. Valor económico de las importaciones de derivados de celulosa.

De conformidad con la información de la BCMM, en la **Figura 23** se visualizan los valores monetarios de los diversos derivados importados en el periodo 2013-2017; las transacciones son reportadas en términos comerciales de libre a bordo [12].

En este periodo, el valor promedio anual de los derivados importados se estableció en \$1,008.73 millones de pesos. En términos generales, es posible apreciar un crecimiento constante: en el año 2015, se registró un aumento del 25.9% respecto al año previo; en contraste, en el año 2017 se registró tan solo un crecimiento de 1.4% respecto al 2016. En el año 2017, el valor económico de las importaciones, ascendió a \$1,163.02 millones de pesos; de los cuales la HPMC aportó el 41.6%, seguido por el HEC-EHEC con el 33.9% y en tercer lugar la CMC con el 22.4%.

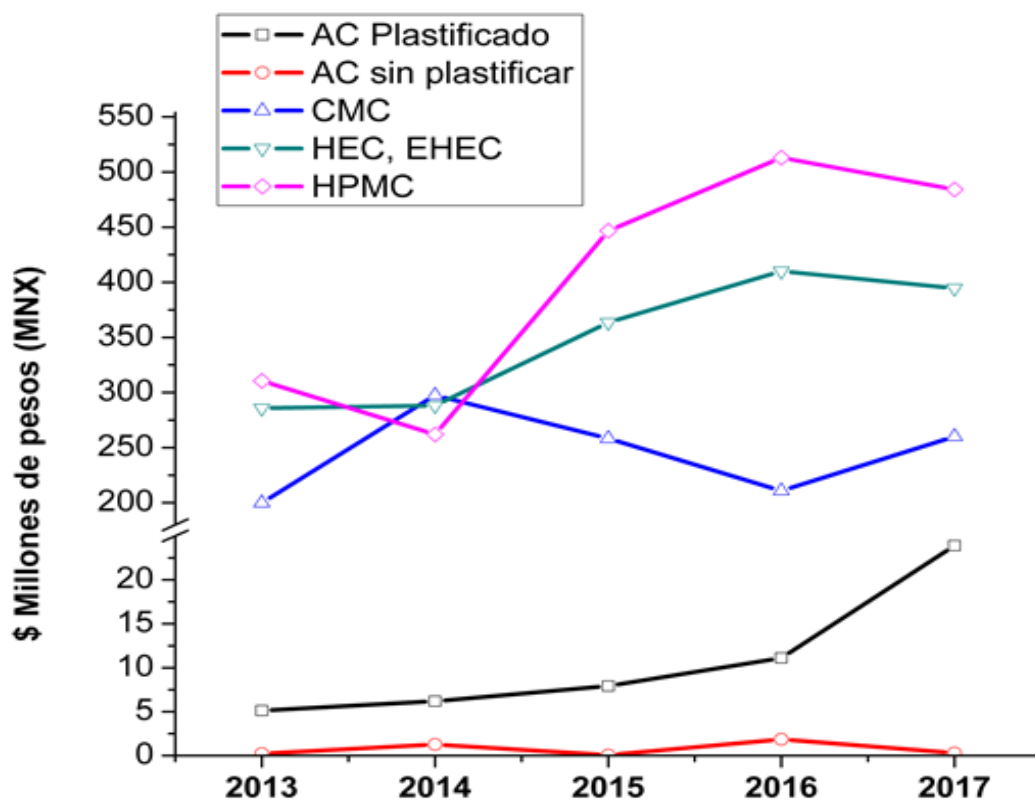


Figura 23. Valores económicos de los derivados de interés importados entre 2013-2017. Elaboración propia, basado en [12].

3.2.4. Exportaciones.

3.2.4.1. Cantidades exportadas.

De acuerdo con la BCMM [12], en el periodo 2013-2017 se exportaron 170,768.77 toneladas de los derivados analizados (ver **Figura 24**). El acetato de celulosa sin plastificar (AC sin plastificar), es el principal derivado exportado, con el 83.4% del volumen, mientras que el segundo lugar lo ocupa la CMC, con una contribución del 14.37%.

Entre los años 2013 y 2016, se observó un incremento constante en las exportaciones, de tal forma que en el año 2016 se contabilizó un envío al extranjero de 40,261 toneladas; sin embargo en el año 2017, las exportaciones descendieron a 22,864.94 toneladas, es decir un decremento del 43.2% respecto al año anterior. La reducción se originó en el AC sin plastificar, y una de las posibles razones de este fenómeno puede asociarse con la disminución del consumo de cigarro a nivel mundial en los últimos años, tal como lo indica el director del grupo Celanese, Antonio Rodríguez Martínez [22]. Recordando que la industria tabacalera emplea el AC como materia prima en los filtros de los cigarrillos.

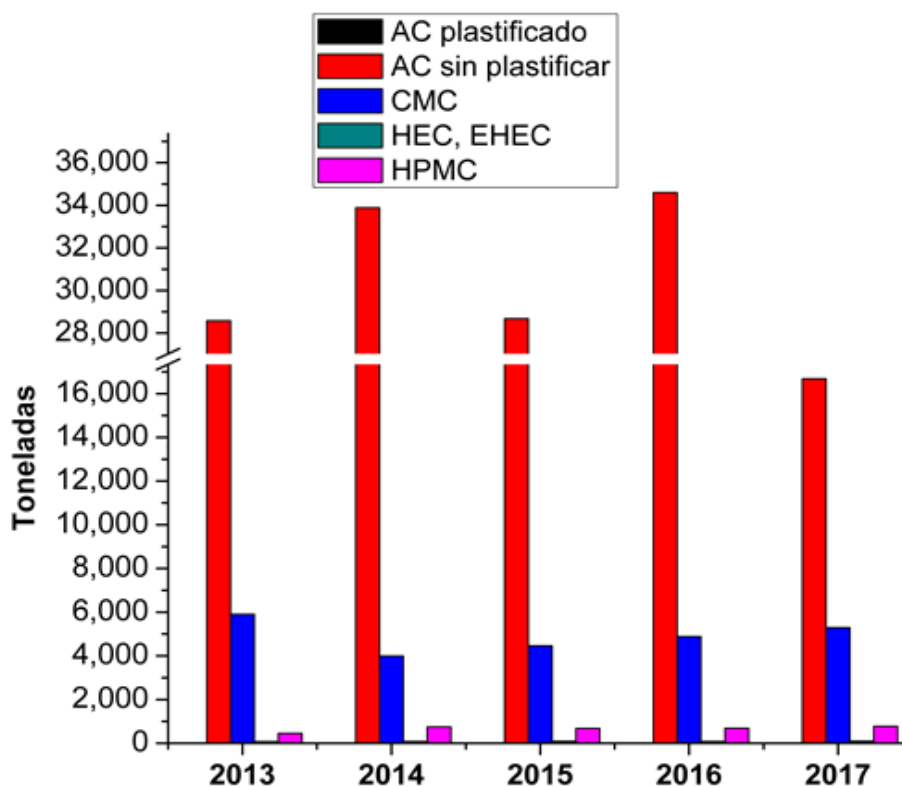


Figura 24. Exportaciones de los derivados de interés en el periodo 2013-2017. Elaboración propia, basado en [12].

3.2.4.2. Países destino.

Los principales países de destino de los productos exportados son Japón, Belice y E.U.A, los cuales acaparan respectivamente el 41.24%, 36.51% y 9.72% del volumen enviado al extranjero en el periodo 2013-2017. En la **Figura 25** se muestran los principales países de destino para el AC sin plastificar, el CMC y el HPMC, siendo estos los derivados con mayor volumen de exportación y que conjuntamente acaparan el 99.73% del volumen exportado dentro de los derivados analizados.

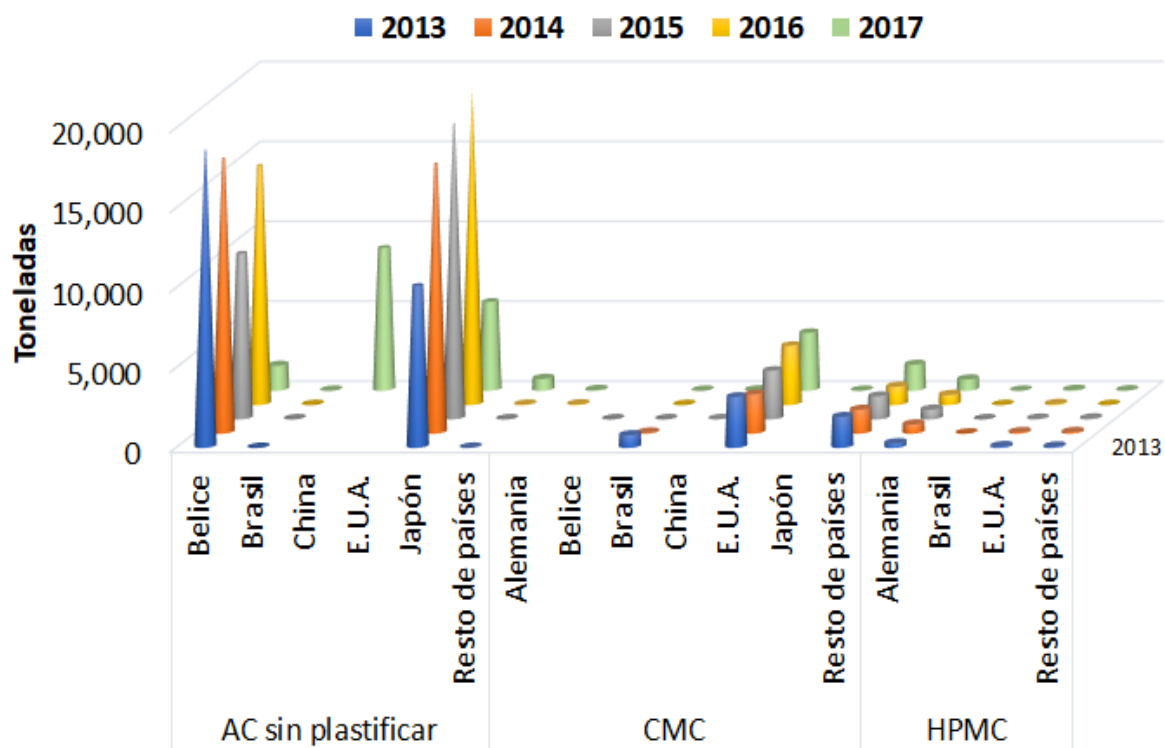


Figura 25. Principales países de destino de la AC sin plastificar, el CMC y el HPMC durante el periodo 2013-2017. Elaboración propia a partir de [12].

En el caso de la AC sin plastificar, Belice y Japón han sido los principales países de destino con el 43.78% y el 49.44% del volumen, respectivamente. En el 2017, se exportaron 16,688 toneladas de AC sin plastificar. En este año, China aparece por primera vez como país destino dentro del periodo analizado y acaparó el 53.12% del volumen exportado. Alemania se posicionó en segundo lugar con 33.06% y Belice ocupó el tercer lugar con el 9.36%.

Por otra parte, E.U.A. es históricamente el principal país de destino de la CMC, con el 64.92% del volumen exportado en el periodo estudiado. En el 2017, se enviaron 3,604 toneladas al país vecino, lo que representa el 68.07% de las exportaciones de CMC.

En el caso de la HPMC, Alemania predomina como el principal país captador de este derivado, con el 83.02%. En el 2017, se exportaron 776 toneladas de HPMC, de los cuales Alemania importó 90.91%.

3.2.4.3. Valor económico de las exportaciones de derivados de celulosa.

Entre el 2013 y el 2017, se registró un valor promedio por concepto de exportación de \$1,657.03 millones de pesos anuales. Dentro del periodo analizado, el AC sin plastificar aportó el 76.40% del valor monetario, seguido por CMC con el 16.69% y en tercer lugar se ubicó el HPMC con el 6.33%. En la ver **Figura 26**, se muestran las transacciones anuales para el AC sin plastificar, CMC y el HPMC, los cuales contabilizan el 99.42% de las transacciones realizadas en el periodo de estudio.

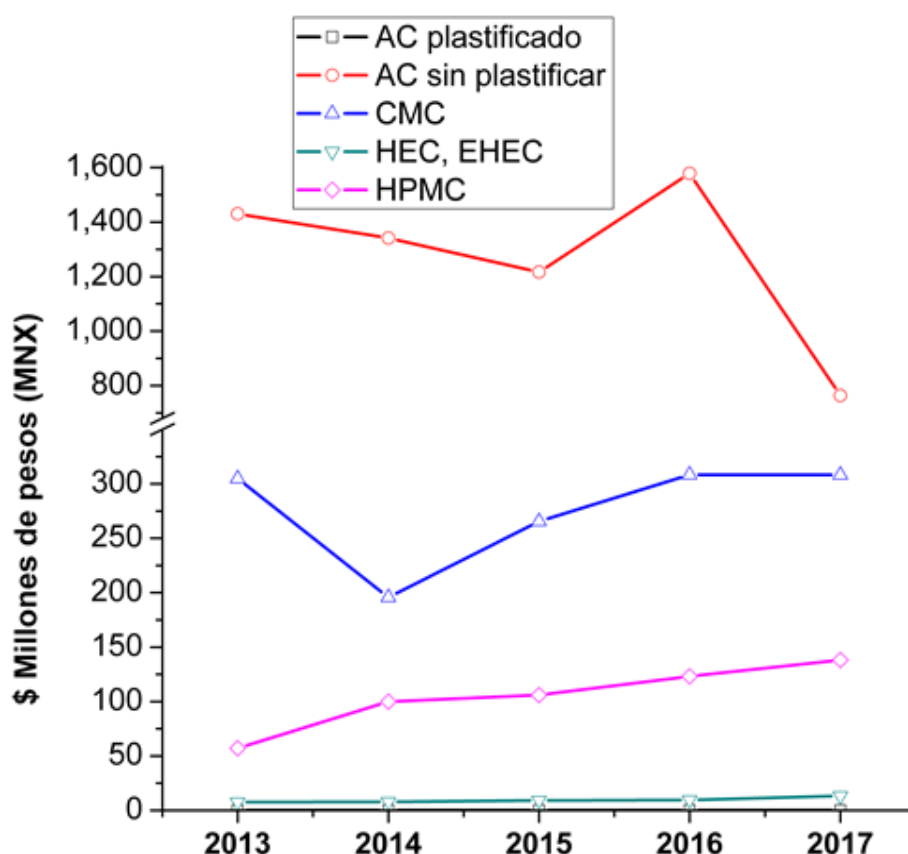


Figura 26. Valores económicos de los derivados de celulosa exportados entre 2013-2017. Elaboración propia, basado en [12].

En el año 2017, el monto de las exportaciones cayó a \$1,223.40 millones de pesos (una reducción del 39.43% respecto al año anterior), como consecuencia de la disminución en el volumen exportado de acetato de celulosa sin plastificar. De este modo, el acetato de celulosa sin plastificar sólo contribuyó con 62.42%, en tanto que la CMC aumento a 25.19%.

3.2.5. Balanza comercial.

Entre el 2013 y el 2017, la balanza comercial de los derivados de celulosa analizados registró un saldo acumulado de \$3,242.55 millones de pesos. En la **Figura 27** se aprecia el comportamiento de la balanza comercial en el periodo estudiado.

En el año 2013, la balanza comercial presentó un superávit de \$997.95 millones de pesos. No obstante de que la balanza comercial ha mantenido un saldo positivo en el periodo, se aprecia una contracción en el saldo; en consecuencia, en el año 2017, la balanza registró un saldo positivo de tan solo \$60.38 millones de pesos. El decremento de la balanza está relacionado con el aumento del valor monetario de las importaciones y la reducción en los volumen exportados de AC sin plastificar.

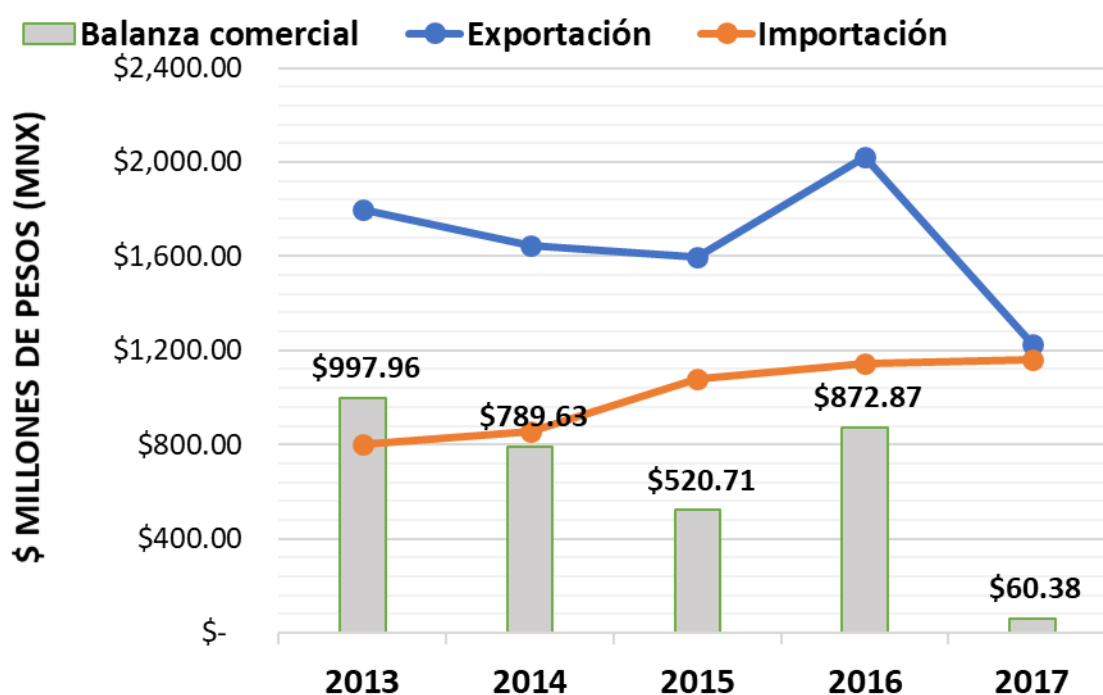


Figura 27. Balanza comercial para los derivados de celulosa analizados en el periodo 2013-2017. Elaboración propia a partir de [12]

3.2.6. Proveedores de materia prima.

A partir del análisis de la literatura tecnológica (previamente seleccionada en la **sección 2.2.2.3.2.**) se detectó que *Rayonier*, *International Paper Company*, *Buckeye Technologies* y *Weyerhaeuser* son proveedores de la celulosa empleada para la elaboración de los derivados de interés [53–57]. A continuación, se presenta la información de los proveedores antes mencionados, así como de los localizados en información de las empresas nacionales productoras de los derivados de celulosa de interés.

3.2.6.1. Rayonier

Rayonier Advanced Materials Inc., es la unidad de negocios de *Rayonier* encargada del sector de fibras [58]. La empresa tiene dos plantas en Estados Unidos de América: la primera ubicada en Jesup, Georgia, con dos líneas de producción de fibras que generan 330,000 toneladas métricas anuales de celulosa de alta pureza y emplea tanto madera dura como madera blanda. Además, tiene una línea de fibra para producir hasta 245,000 toneladas métricas de viscosa *commodity* y materiales absorbentes cada año [59]. Esta planta aplica el método químico Kraft [60]. La segunda planta se localiza en Fernandina Beach, Florida, con una producción de 155,000 toneladas métricas anuales de especialidades de celulosa a partir de madera blanda [61]; esta fábrica emplea el método químico al sulfito [60]. En el **Anexo III** se describen el proceso Kraft, así como el proceso al sulfito.

Rayonier Advanced Materials es el principal productor mundial de pulpa de alto rendimiento de madera dura. La pulpa de alto rendimiento puede ser adaptada a las especificaciones de los clientes [62], en la **Tabla 16** se presenta la marca y las aplicaciones del producto. Grupo Celanese emplea a Rayonier como proveedor de celulosa para la elaboración del acetato de celulosa [63].

Tabla 16. Pulpa de alto rendimiento comercializada por *Rayonier Advanced Materials* [62].

Producto	Marca	Aplicaciones
Pulpa de alto rendimiento	Temcell®	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Papeles estucados y no estucados. ▪ Cartón y cartoncillo. ▪ Tejido y toallas.

De acuerdo con el informe anual 2017 de la empresa, la pulpa de madera es uno de sus productos *commodities* y dentro de este segmento, sus principales competidores son *GP Cellulose*, *Borregaard*, *Bracell*, *Sappi*, *Nippon*, *Cosmo Specialty Fibers* y *Aditya Birla Group*. Al mismo tiempo, se reporta que algunos competidores utilizan fibras de madera y/o algodón como materia prima [64]. Por su parte, los principales competidores en la pulpa de alto rendimiento son *Millar Western*, *West Fraser*, *Paper Excellence*, *Estonia Cell* y *Winstone* [64].

3.2.6.2. GP Cellulose

GP Cellulose es un jugador clave en el mercado global de pulpa de madera [65], en la **Tabla 17**, se muestran las celulosas que comercializa y que son empleadas en la producción de derivados de celulosa. De conformidad con el perfil de la empresa realizado por la consultora *Hoovers*, *GP Cellulose* cuenta con plantas de celulosa en los estados de Georgia, Mississippi y Alabama, en Estados Unidos de América.

Asimismo, se menciona que sus principales competidores son *International Paper Company*, *Weyerhaeuser Company* y *Rayonier Incorporated* [66]. *GP Cellulose* es una subsidiaria de *Georgia-Pacific* [66,69]. Esta última, adquirió a *Buckeye Technologies Inc.* en el 2013 [69], la cual era proveedora de celulosa para Química Amtex [27].

Tabla 17. Pulpas comercializadas por GP Cellulose. Elaboración propia a partir de [67,68].

Producto	Marca	Aplicaciones
Celulosa (pulpa Kraft de madera blanda)	CelluFlex™	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compuestos de moldeo de plástico ▪ Éteres de celulosa (HEC, HPMC, HPC y CMC) ▪ Celulosa Microcristalina (CCM) ▪ Fibra discontinua de viscosa (VSF) ▪ Textil
Celulosa química y fibras personalizadas (a partir de pulpa de madera o de algodón)	Sin marca	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recubrimientos ▪ Detergentes ▪ Estabilizador ▪ Alimentos ▪ Textil ▪ Filtros ▪ Papel moneda.

3.2.6.3. International Paper Company

Por su parte, *International Paper Company (IPC)* es un líder en la producción de embalaje industrial, fibras celulósicas y papeles, con operaciones en más de 24 países [70]. En la **Tabla 18**, se presentan los tipos de celulosa que comercializa para la elaboración de derivados de celulosa en la región de América del Norte. En el 2016, IPC adquirió la división de fibras de celulosa de *Weyerhaeuser*, con una capacidad total de 1.9 millones de toneladas métricas [71,72]. Según el reporte anual 2017 de IPC, la compañía cuenta con nueve fábricas para la elaboración de celulosa en E.U.A., distribuidas en Florida, Georgia, Mississippi, Carolina del Norte, Carolina del Sur y Virginia. Además cuenta con cinco fábricas a nivel internacional, localizadas en Canadá, Francia, Polonia y Rusia [73].

Tabla 18. Celulosas comercializadas para elaboración de éteres de celulosa. Elaboración propia a partir de [74].

Producto	Marca	Aplicaciones
Pulpa de baja viscosidad	Pearl®	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Éteres de baja viscosidad ▪ MCC ▪ Nitratos ▪ Textil
Pulpa de media-alta viscosidad	NB421	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Éteres de media a alta viscosidad

3.2.6.4. Southern Cellulose Products

Southern Cellulose Products Inc. es otro proveedor de celulosa de Química Amtex [27]. Esta compañía es subsidiaria de *Archer-Daniels-Midland Company* [75]. Según *Bloomberg* (empresa consultora del ámbito empresarial), *Southern Cellulose Products* emplea algodón para la fabricación de agentes espesantes y pulpa para las industrias de pintura, farmacéutica, alimentaria, papel y filtración [76].

3.3. Inteligencia tecnológica.

Esta sección inicia con información del ámbito tecnológico referente a los procesos generales empleados para la producción de la celulosa y seguidamente se presenta información del ámbito comercial, que confirma los hallazgos encontrados en la literatura tecnológica (**sección 3.3.1.**). Posteriormente, se muestran las diferentes invenciones protegidas a nivel nacional relacionadas con tecnologías de producción de la celulosa empleada en la generación de los derivados de interés (**sección 3.3.2.**). Asimismo, se exhiben las características técnicas que debe tener la celulosa para ser empleada como materia prima en la producción de los derivados de celulosa (**sección 3.3.3.**). Por último, se exponen las tendencias del sector dedicado a la producción de celulosa mediante un análisis cualitativo de patentes (**sección 3.3.4.**).

3.3.1. Tecnologías base en la producción de celulosa empleada para la elaboración de los derivados de interés.

De acuerdo con la literatura tecnológica, **la celulosa empleada como materia prima en la elaboración de la AC, CMC, HEC y HPC procede de la pulpa de madera dura, madera suave o línter de algodón**, tal y como se menciona en las patentes US20020103368A1 [55], US5973139A [54], WO2010138941A2 [77], por mencionar algunas. Así mismo **se especifica que la celulosa es generada por procesos Kraft o al sulfito** (cuyos procesos se describen en el **Anexo III**). Por otro lado, patentes como US5750677A, reportan el uso **de celulosa bacteriana o regenerada** [53]; o según el documento US20070167618A1, también es posible emplear **pulpa de alto contenido alfa-celulosa** [78], como pulpa grado acetato, rayón y viscosa (que proceden de la pulpa para disolver). En cambio, la patente WO2009134791A2 especifica el uso de celulosa con orígenes distintos a la madera acondicionada (pretratamiento), con una superficie BET (*Brunauer, Emmet and Teller*) superior a 0.25 m²/g [79].

Por su parte, el Manual técnico de pulpa y papel [80] especifica que la **pulpa para disolver** (también conocida como **pulpa soluble**) se utiliza para elaborar productos como acetato de celulosa, carboximetilcelulosa y rayón, entre otros. Al respecto, el libro *Cellulose Derivatives: Synthesis, Structure, and Properties* [81] expone que la

pulpa para disolver emplea **pulpa Kraft** pre-hidrolizada con un contenido de alfa-celulosa del 94-96% o **pulpa al sulfito** con 90-92% de alfa-celulosa.

Dentro de los proveedores comerciales de celulosa, la empresa Rayonier en su *reporte actual de junio de 2014* [60], presenta un proceso general para la obtención de derivados de celulosa (ver **Figura 28**). El diagrama muestra dos tipos de materia prima: *hardwood* (madera dura) y *softwood* (madera suave); ambas especies de madera atraviesan un proceso químico para su transformación en pulpa. La madera dura es procesada por el método Kraft, mientras que la madera suave puede ser transformada por proceso Kraft o al sulfito, posterior a esta etapa la pulpa es blanqueada. El proceso es personalizado en función del tipo de aplicación final.

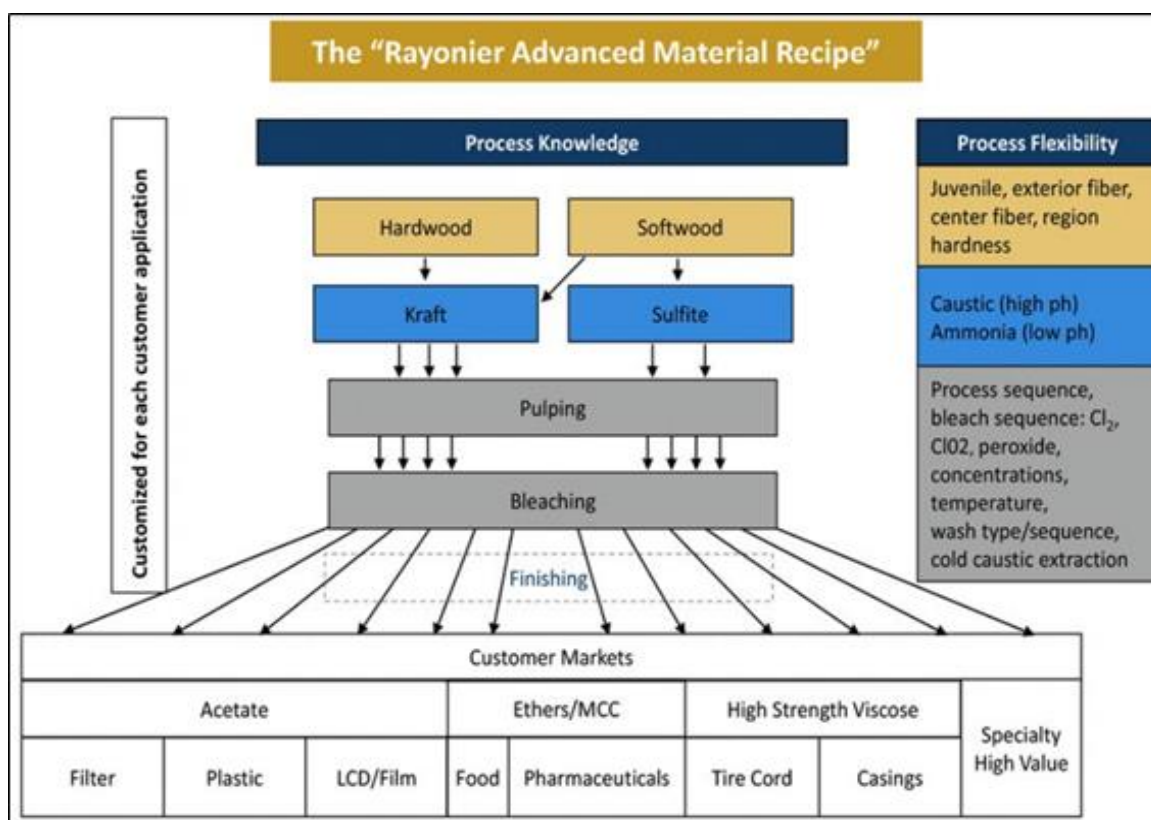


Figura 28. Proceso conocido para la producción de derivados de celulosa [60].

Con fundamento en la información científica y tecnológica, se identificó que la celulosa empleada en la elaboración de AC, CMC, HEC y HPC, proceden principalmente de la **pulpa Kraft, pulpa al sulfito o pulpa soluble**, sin embargo este último emplea la pulpa procedente de los dos primeros procesos, por ende el proceso Kraft y al sulfito son las tecnologías base de producción de celulosa del sector. Según el estudio de mercado *Global pulp market 2017 - 2021*, se estima que el 85% de la pulpa química se elabora mediante el proceso Kraft [82].

3.3.2. Tecnologías protegidas a nivel nacional para la elaboración de celulosa.

De acuerdo con las patentes examinadas (ver **Anexo II**), se localizaron diversos tipos de tecnologías de producción de celulosa que se emplea en la elaboración de derivados de celulosa, específicamente de AC, CMC, HEC y HPC. En la **Figura 29** se presenta un esquema de las tecnologías registradas en México.

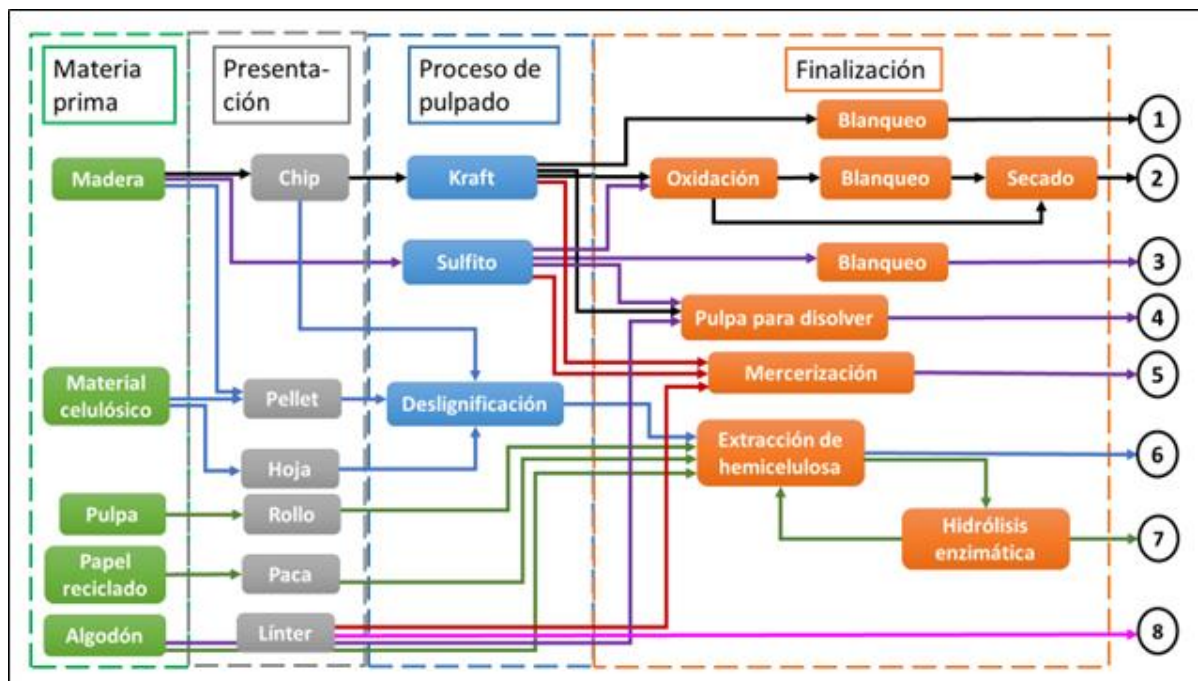


Figura 29. Esquema general de las tecnologías de producción de celulosa empleada en la elaboración de derivados de celulosa. Elaboración propia a partir de [53–55,77,83–85].

El esquema anterior puede analizarse como un diagrama de flujo de proceso, donde la materia prima es introducida en el lado izquierdo, posteriormente atraviesa una o varias etapas de acondicionamiento y/o transformación, y finalmente sale del proceso en el lado derecho del esquema como celulosa capaz de ser empleada en la producción de los derivados de interés. Cada número ubicado a la salida del esquema (lado derecho) representa una tecnología de producción de celulosa diferente. Tal y como se muestra en el diagrama, una misma tecnología es capaz de procesar diversos tipos de materia prima. Sin embargo, la tecnología puede incorporar u omitir etapas en función del material de partida. A continuación, se describe cada tecnología mostrada en la **Figura 29**:

- **Tecnología # 1**

La celulosa es pulpa blanqueada generada a partir del proceso Kraft, el proceso se describe en el **Anexo III, pulpa Kraft**. Las patentes US2002103368A1 y US5973139A [54,55] son algunos de los documentos donde se emplean este tipo de celulosa para la elaboración de sus derivados.

- **Tecnología # 2**

Esta tecnología es reportada en la patente WO2010138941A2 o su homóloga nacional MX330131B. La celulosa empleada es obtenida preferentemente de madera (dura o suave), aunque no se limita solamente a este tipo de materia prima. Los pasos del proceso se muestran a continuación [77]:

1. El proceso empieza con la adecuación de la madera en forma de chip.
2. Posteriormente, los chips son cocidos en digestores convencionales o continuos, hasta alcanzar un número Kappa entre 20 - 40 o preferentemente en el rango de 20 - 24.
3. Seguidamente, se deslignifica en un reactor con oxígeno.
4. Después, la pulpa se blanquea parcial o totalmente mediante procesos de blanqueos convencionales (por ejemplo, blanqueo sin cloro elemental), preferentemente las secuencias de blanqueo DEopD o DEopDED. Las letras indican el tipo de agente blanqueador empleado en cada etapa de la secuencia; por ejemplo, la D corresponde a etapa de dióxido de cloro (ver **Anexo III, Tabla 23**).
Se recomienda oxidar la pulpa en la cuarta etapa con un catalizador metálico, entre ellos, el hierro o cobre y peróxido de hidrógeno o mezcla de hierro, cobre y peróxido de hidrógeno. Sin embargo, en la descripción de la patente se emplea el hierro, el cual puede proceder de las siguientes fuentes: sulfato ferroso, cloruro ferroso, sulfato de amonio ferroso, sulfato de amonio férrico o citrato de amonio férrico. El hierro residual es eliminado antes de la finalización de la secuencia de blanqueamiento.
5. La pulpa blanqueada con una consistencia en peso seco entre 1-15% se deshidrata mediante prensado o centrifugado con el fin de obtener una pulpa con una consistencia de entre 30-35%.
6. A continuación, la pulpa deshidratada se seca hasta alcanzar una consistencia de 50-60% (es decir, pulpa nunca seca) o de 85-90% (pulpa secada al aire libre), por ejemplo, mediante un secador de aire continuo.

Por otra parte, cuando la celulosa procede de fibra de celulosa modificada:

1. Primero, la pulpa Kraft semiblanqueada o mayormente blanqueada se trata con ácido, hierro y peróxido de hidrógeno para reducir la viscosidad y el DP. La fibra se ajusta a un pH entre 2-5 con ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido acético o con el filtrado del lavado de una etapa donde se empleó un ácido blanqueador (como dióxido de cloro).
2. Se añade hierro Fe^{2+} , en forma de heptahidrato de sulfuro ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), el cual se disuelve en agua en concentraciones entre 0.1 y

48.5 g/L. La solución de sulfato ferroso se añade a una velocidad entre 25 y 200 ppm de Fe^{2+} , sobre la base de peso seco de la pulpa y se deja reaccionar entre 40-80 minutos a un rango de temperatura de 60-80 °C.

3. Posteriormente, se añade la solución de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) con concentración entre el 1% y 50% en peso de H_2O_2 en agua y una cantidad de 0.1-3% sobre la base del peso seco de la pulpa. La cantidad consumida de peróxido influye en la reacción del grado de viscosidad y en el DP; a su vez, el consumo del peróxido está en función de la concentración de peróxido y hierro aplicado, así como del tiempo de retención y la temperatura.
4. El tratamiento puede realizarse en una planta de blanqueamiento típica de cinco etapas con la secuencia estándar D0, E1, D1, E2, D2. Es preferible emplear el tratamiento en la cuarta etapa (E2). En la etapa D1 se ajusta el pH de 2-5 con la adición de ácido, opcionalmente puede llevarse a cabo en el filtrado de la etapa D2. La solución de sulfato ferroso se puede añadir por tres maneras (1) rociamiento sobre la maraña en la lavadora de la etapa D1 con rociadores de ducha o nuevos rociadores, (2) por mecanismo de rociamiento en el repulpador, o (3) en un punto de adición anterior a una mezcladora o la bomba de la cuarta etapa. En tanto, el peróxido se añade en un punto de adición en una mezcladora o las bombas anteriores a la torre de la cuarta etapa. De ser necesario se añade vapor antes de la torre. La pulpa química modificada se lava en la cuarta etapa. Se puede aplicar un blanqueamiento adicional después de la quinta etapa (D2).

- **Tecnología # 3**

De acuerdo con la patente MX330131B [83], la celulosa procedente del proceso al sulfito puede ser empleada en la producción de los derivados de celulosa. El proceso al sulfito se describe en el **Anexo III, pulpa al sulfito**.

- **Tecnología # 4**

El proceso de pulpa soluble genera distintas calidades con altos contenidos de alfa-celulosa, tales como la pulpa grado acetato y viscosa, versiones que son usadas en la producción de éteres celulosa según la patente US20070167618A1 [78]; o la versión regenerada usada en la patente US5750677A [53]. El proceso para generar pulpa para disolver emplea como materia prima pulpa Kraft pre-hidrolizada o pulpa al sulfito, así como línter de algodón como materia prima. La descripción del proceso se muestra en el **Anexo III, pulpa para disolver**.

- **Tecnología # 5**

Esta tecnología es reportada en la patente US2002103368A1 [55], la celulosa usada es preferentemente de origen maderable y procede del método Kraft.

1. El proceso inicia con la reacción ante un agente de mercerización, entre los que se citan Hidróxido de sodio (NaOH), Hidróxido de litio (LiOH), Hidróxido de potasio (KOH), Hidróxido de rubidio (RbOH), Hidróxido de benciltrimetilamonio (BTMOH) y cualquier combinación de los anteriores. Sin embargo, se usa

preferentemente el NaOH en solución acuosa que tiene entre el 6.5-50% de peso del agente, con base en el 100% del peso de la solución total, lo cual equivale a concentraciones de 70-764 g/L. La reacción ocurre a una temperatura de 20°C o mayor, con ayuda de agitación. El proceso de mercerización se lleva a cabo principalmente durante el procesamiento de decoloración y/o purificación de la pulpa en un ambiente libre de oxígeno y que tenga menos de 0.1% en peso de agente de eterificación, con base en el 100% del peso de la celulosa y del agente eterificante.

2. Posterior a la etapa de mercerización, el agente se elimina o neutraliza. Para ello, la pulpa se lava con agua, ácido débil (pH entre 4 - 6.9), una solución con un agente de mercerización débil (pH entre 7.1 - 10) o una combinación de la anteriores. En el caso de la neutralización, se emplea un agente de neutralización como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido oxálico, dióxido de azufre, ácido fosfórico o mezcla de las anteriores; la reacción se detiene cuando alcanza un pH de 8. Posteriormente se realiza un lavado para eliminar las sales. Tras esta etapa el agente de mercerización puede ser recuperado.
3. Seguidamente, la pulpa se seca hasta obtener del 10% o al menos 20% de contenido de humedad por peso, con base en el 100% de la pulpa y agua totales. En esta etapa la temperatura ronda entre 120-170 °C.
4. Hasta esta etapa, la celulosa cuenta con una cristalinidad aproximada del 45% por peso de la parte cristalina, con base en el 100% del peso de la celulosa. En tanto que en la alfa-celulosa, la parte cristalina se encuentra alrededor del 87%.

- **Tecnología # 6**

Esta tecnología es reportada en la patente US20140048222A1 [84], su invención se focaliza en generar pulpa con un mayor contenido de alfa-celulosa mediante la extracción de hemicelulosa de un material celulósico previamente deslignificado. La celulosa puede proceder de madera o fibras distintas a la madera. En la extracción, se emplea un compuesto de óxido de amina con un disolvente que no sea compatible con la celulosa (agua, DMSO o combinación de ellos, que reduce la solubilidad del alfa-celulosa en el óxido de amina). Preferentemente, no se disuelve más de 20% de la celulosa del material celulósico o disuelve al menos el 20% de la hemicelulosa. El óxido de amina puede ser cualquiera de los siguientes compuestos sin limitarse a los mencionados: óxido de trimetilamina, trietilamina, tripropilamina, N-dimetil-, N-dietil- o N-dipropil ciclohexilamina, N-dimetil-metil-ciclohexilamina, piridina, and N-óxido de piridina.

- **Tecnología # 7**

Este es una variación de la **Tecnología # 6** y se presenta en la misma patente US20140048222A1 [84] , el empleo de esta tecnología produce pulpa con contenido de alfa-celulosa de alto grado de pureza, en esta versión se incorpora una etapa de tratamiento enzimático [84]. Al proceso se ingresa una pulpa Kraft, grado viscosa,

grado rayón o pulpa para disolver con sus versiones blanqueada, semiblanqueada o sin blanquear.

1. El método consiste en la extracción de hemicelulosa de una pulpa de madera mediante un compuesto formado por un óxido de amina y un disolvente no compatible con la celulosa para formar una pulpa de madera intermedia que conserva una morfología de fibra celulósica y otras características adecuadas, como la viscosidad intrínseca y el brillo.
2. Posteriormente, la pulpa se somete a un tratamiento con enzimas para hidrolizar la hemicelulosa, con esta etapa se crea una pulpa de madera de hemicelulosa reducida. Las enzimas son una combinación de endoenzimas y exoenzimas. La hemicelulosa puede estar en el rango de 0.001 mg/g a 500 mg/g, la concentración es mg de enzimas por gramos de material celulósico.
3. Seguidamente, se lava con una solución que contiene DMSO, N-metilpirrolidona, DMF, metanol, etanol, isopropanol, carbonato de dimetilo, acetona y/o agua.
4. Las etapas de extracción y de hidrólisis enzimáticas pueden repetirse las veces que sean necesario para alcanzar la pureza de alfa-celulosa deseada.

- **Tecnología # 8**

Según la patente US20050228174A1, esta tecnología se centra en generar línter de algodón [85].

1. El línter de algodón crudo es resultado de la limpieza mecánica del algodón en bruto. El línter está exento de materias no celulósicas, como basura de campo, escombros, cáscaras de semillas, etc. Para ello, se emplean técnicas de limpieza, tales como golpeo, cribado y separación por aire.
2. Posteriormente, se realizan cortes con el objetivo de aumentar la densidad del algodón, preferiblemente entre 8g/100ml - 75g/100ml. Se pueden emplear cortadores rotativos, martillos molinos, molinos de bolas, molinos de chorro y/o molinos de vibración; preferiblemente que el cortador no produzca acumulación de calor y que el proceso de corte se pueda realizar bajo una superficie inerte. Dependiendo del número de pasadas utilizadas se denominan "primer corte", "segundo corte" o "tercer corte" del línter de algodón. En general, el línter de algodón de primer corte contienen menos impurezas no celulósicas que los de segundo corte.
3. Según la invención, entre el 50% y 95% de las fibras del línter de algodón crudo cortados pasa a través de un tamaño de tamiz estándar de EE.UU. entre #10 (apertura de 2 mm) y #60 (apertura de 0.25 mm), preferentemente.

Cabe señalar que en la literatura tecnológica se encontraron otras tecnologías de producción de celulosa, pero las descripciones o las áreas de aplicación de dichas patentes no mencionan el uso de la celulosa generada como materia prima para la elaboración de los derivados de interés; por tales motivos no fueron incluidas en el presente trabajo.

3.3.3. Características de la celulosa como materia prima.

Por lo que se refiere a las propiedades de la celulosa, la patente WO2010138941A2 reporta varias características de la celulosa generada por proceso Kraft empleada en los derivados de celulosa, así como los métodos empleados para su medición [77], ver **Tabla 19**. De modo similar, la patente US7604714B2 indica el uso de pulpas de maderas procedentes del proceso Kraft o al sulfito con un grado de polimerización (DP por sus siglas en inglés) entre 1,000 a 2,500 [56].

Por otra parte, la pulpa al sulfito y el línier de algodón que se utiliza como materia prima en la elaboración de derivados de celulosa, presentan altos grados de polimerización en el rango de 2,950 a 3,980 y/o viscosidad entre 30 y 60 mPa*s [77]. Con respecto al tema, la Asociación Técnica de la Industria del Papel y la Pulpa (TAPPI, por sus siglas en inglés) en la norma T-230 [86] indica que la viscosidad de la solución de una pulpa se relaciona con el promedio del grado de polimerización de la celulosa.

Por último y en relación con las características de la celulosa utilizada en la producción de sus derivados, de acuerdo con la patente US20020103368A1 o su homóloga nacional MX288595B, menciona que se elige una pulpa con viscosidad similar a la viscosidad de la solución deseada para los éteres de celulosa [55].

Tabla 19. Características de la celulosa Kraft empleada en la elaboración de derivados de celulosa. Elaboración propia a partir de [77].

Característica	Pulpa generada por la invención	Pulpa de celulosa para derivados	Método de medición empleado
Longitud de fibra (mm)	2.0 - 3.7 (madera suave) 0.75 - 1.25 (madera dura)	2.0 - 3.7 (madera suave ¹⁵) 0.75 - 1.25 (madera dura ¹⁶)	Equipo OPTEST Fiber Quality Analyzer
Viscosidad, CED capilar del 0.5%, (mPa*s)	3 - 13	3 - 13	TAPPI T230 - om99
Grado de polimerización, en peso	350 - 1860	350 - 1860	TAPPI T230 - om99
Solubilidad cáustica, S10 (%)	16 - 30	16 - 20	TAPPI T235 - cm00
Solubilidad cáustica, S18 (%)	14 - 22	14 - 18	TAPPI T235 - cm00
Contenido carboxílico (meq*100g)	2 - 8	2 - 6	TAPPI T237 - cm98
Contenido aldehídico (meq*100g)	1 - 9	1 - 3	ESM 055B ¹⁷
Contenido carbonílico (meq*100g)	1 - 7	1 - 4	
Escurrecimiento (ml)	690 - 760	700 - 760	TAPPI T227 - om99
Resistencia de fibra, rotura húmeda zero (Km)	4 - 10	5 - 8	
Brillo ISO	85 - 95	85 - 95	TAPPI T525 - om02
Densidad (g/cc) a 20 psi	0.21 - 0.24	0.21 - 0.24	

A propósito, la literatura científica señala que la elaboración de los derivados está en función del grado de polimerización (DP) que tienen las pulpas solubles. A continuación se muestran los tipos de derivados generados para diferentes DP [81]:

- DP de hasta 4,750 para éteres comerciales con soluciones de ultra alta viscosidad.
- DP de 1,400 a 1,800 para producción de viscosa.
- DP de 2,100 para fabricación de acetato de celulosa.

En la **Tabla 20** se presentan las propiedades de la celulosa empleada en la elaboración de pulpa para disolver, la cual es utilizada posteriormente en la fabricación de los derivados de interés.

¹⁵ Madera blanda de Pino del Sur.

¹⁶ Madera dura de Eucalipto.

¹⁷ Procedimiento patentado por Econotech Services LTD.

Tabla 20. Propiedades de la celulosa empleada para la elaboración de pulpa para disolver [81].

Ejemplo	Productor	Composición de carbohidratos ¹⁸			alfa-celulosa (%)	DP	x ¹⁹ (%)
		Glucosa	Manosa	Xilosa			
Pulpa al sulfato V-60	Buckeye	95.3	1.6	3.1	-	800	54
Pulpa al sulfato V-60	Buckeye	96	1.8	2.2	-	2000	52
Pulpa al sulfito 5-V-5	Borregaard	95.5	2.0	2.5	-	800	54
MoDo	Mo och Domsjö	n.a.	-	-	93.5 ²⁰	611	n.a.
Sappi	Sappi	n.a.	-	-	94.1 ²⁰	514	n.a.
BaCell	Bahia Pulp S. A.	n.a.	-	-	95.2 ²⁰	540	n.a.
Alistaple	Western Pulp	n.a.	-	-	94.9 ²⁰	1168	n.a.
Cordenka	Cordenka	n.a.	-	-	98.2 ²⁰	1168	n.a.
Kraft Rosental	Mercer	n.a.	-	-	89.5 ²⁰	881	n.a.
BWL Hyosung	Hyosung	n.a.	-	-	94.7 ²⁰	623	
Ethenier F-HV	Rayonier	n.a.	-	-	93.7 ²⁰	1246	

3.3.4. Tendencias tecnológicas en la producción de pulpa empleada para la elaboración de derivados de celulosa.

Se realizó un análisis de las tendencias tecnológicas a nivel nacional de la sección Textil - Papel (ver **Figura 30**) en virtud de que los procesos de producción de pulpa de celulosa se encuentran dentro de esa sección. Para el análisis se utilizó la muestra colectada por la estrategia de búsqueda **EB1** (ver **sección 2.2.2.3.2.**, **Tabla 5**) debido a que las patentes incluyen áreas tecnológicas relacionadas con la producción de celulosa (ver **Anexo I**).

¹⁸ Determinado por hidrólisis ácida y cromatografía, dato provisto por J. Puls, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, Alemania.

¹⁹ Determinado por análisis de Rayos X, dato proporcionado por H. P. Fink, Fraunhofer Institute of Applied Polymer Research, Teltow, Alemania.

²⁰ Celulosa insoluble en 17.5% (w/v) de NaOH en agua.

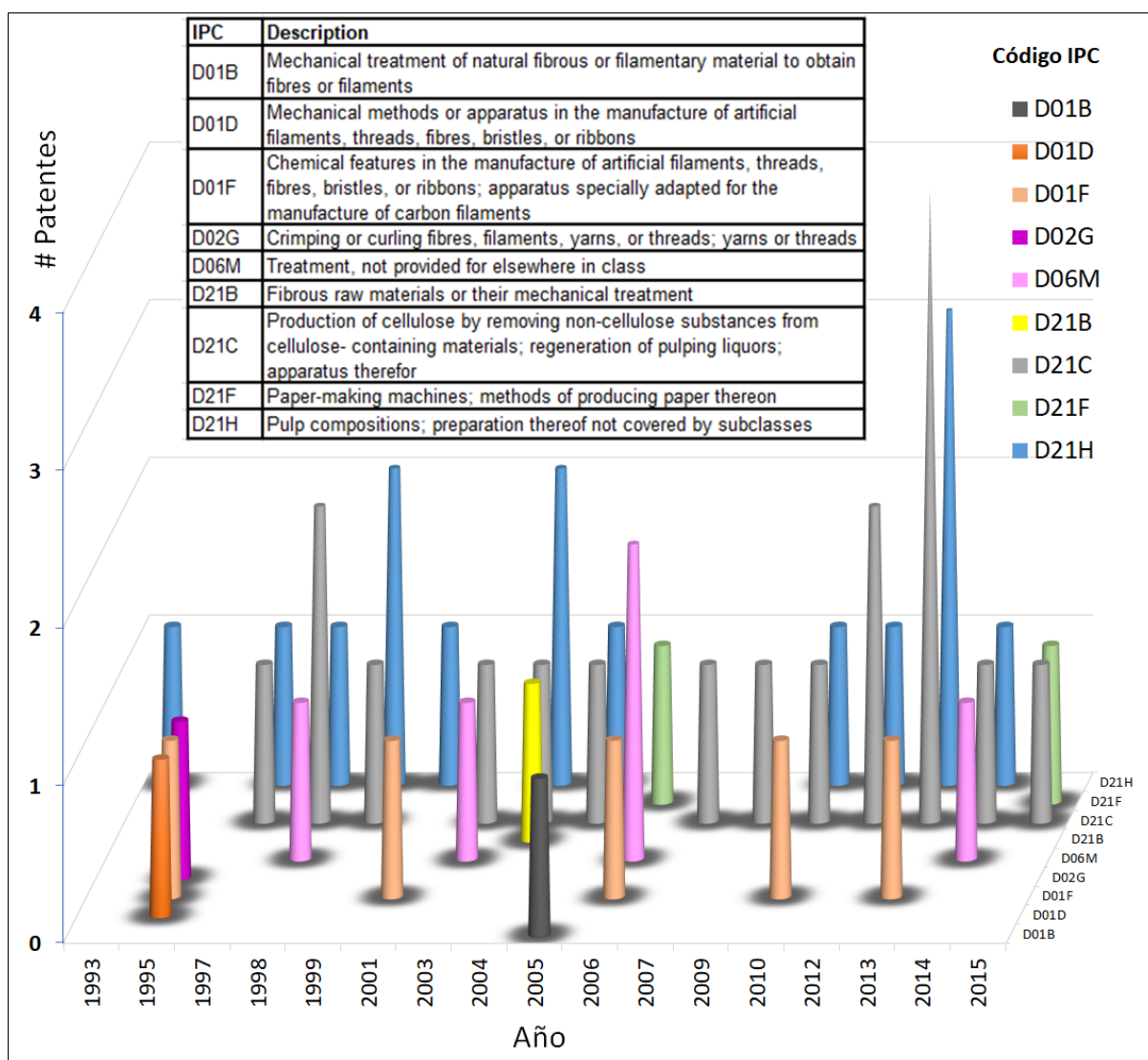


Figura 30. Tendencias tecnológicas en el sector Textil-Papel.

En este análisis se aprecia que las invenciones se enfocan principalmente en la producción de celulosa, códigos IPC **D21C** (Producción de celulosa por remoción de sustancias no celulósicas -incluye materiales, regeneración de licores; aparatos [87]) y **D21H** (Composición de la pulpa, preparación no cubierta por otras subclasses [87]).

Las patentes en el área de producción de pulpa de celulosa se han mantenido constantes, pero con una baja tasa de protección dentro de una misma área tecnológica, menor a 4 invenciones protegidas por año. Esto puede deberse a que las tecnologías han alcanzado la madurez y/o se emplean tecnologías desarrolladas en el extranjero.

Por otra parte, el documento más antiguo recuperado data de 1993, lo cual deja un vacío de 14 años (1978-1992) sin ningún registro de patente a nivel nacional dentro del sector Textil-papel y que se relacione con la generación de celulosa para su empleo en derivados de celulosa.

Cabe señalar que las patentes más recientes son del año 2015, lo cual puede atribuirse a dos factores:

- Se ha dejado de buscar innovaciones en la producción de celulosa (tecnología madura).
- No han sido aprobadas las patentes solicitadas (considerando que la publicación tarda aproximadamente 18 meses desde el ingreso a la oficina nacional - IMPI).

Además, al comparar los nombres de los cesionarios *versus* códigos IPC, se develaron las tendencias tecnológicas de las empresas dentro del sector, ver **Figura 31**. Este gráfico permite ver que las compañías se enfocan en las áreas tecnologías D21C y D21H, asociadas a la producción de celulosa. Esta acción permitió detectar que *GP Cellulose*, *Celanese* y *Hercules Inc*, son las principales empresas líderes del área, al tener más patentes que protegen invenciones en tales áreas tecnológicas.

De conformidad con la información presentada en la **sección 3.2.6.**, *GP Cellulose*, *Rayonier* y *Weyerhaeuser* son empresas proveedoras de pulpa de celulosa utilizada para la elaboración de AC, CMC, HEC y HPC. En cambio, *Celanese*, *Dow* y *Hercules Inc.*, son compañías productoras de los derivados de celulosa de interés, por lo cual emplean la celulosa como materia prima.

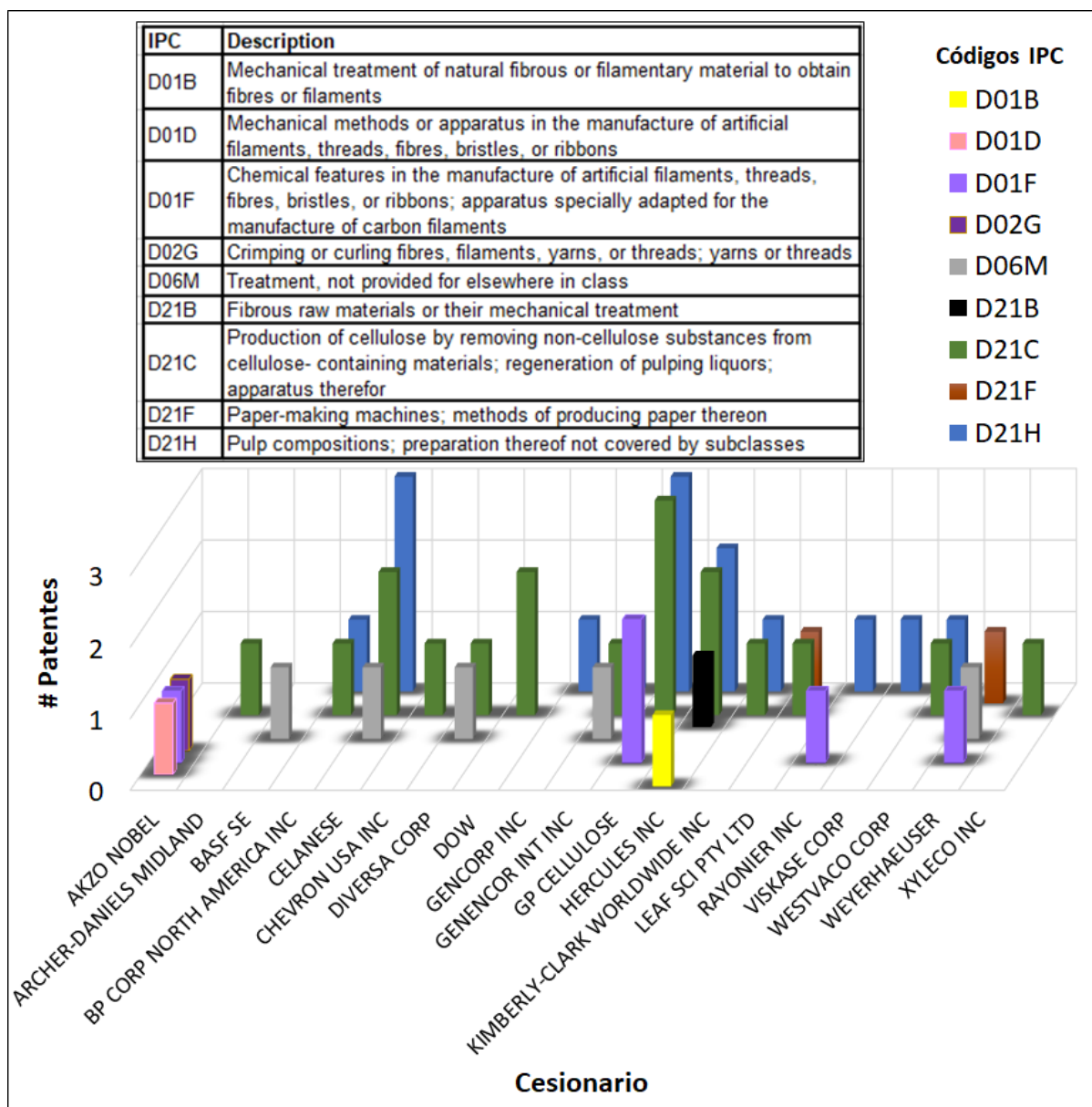


Figura 31. Tendencias de las empresas en el sector Textil-papel.

Celanese, Hercules Inc, Dow y GP Cellulose destacan como las principales empresas con más patentes asignadas en el periodo analizado, ver **Figura 32**. Sin embargo, Celanese y GP Cellulose son las únicas empresas que muestran actividad de protección en los últimos ocho años; en contraste, los demás cesionarios presentan un comportamiento intermitente, ver **Figura 33**.

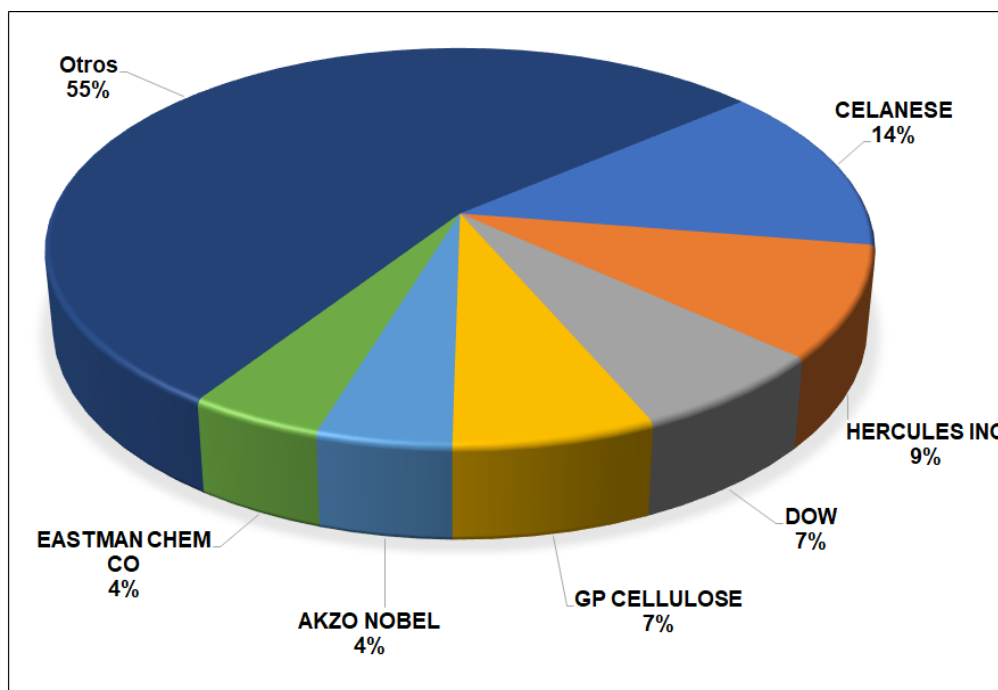


Figura 32. Participación de los principales cesionarios en %, patentes de la sección textil - papel.

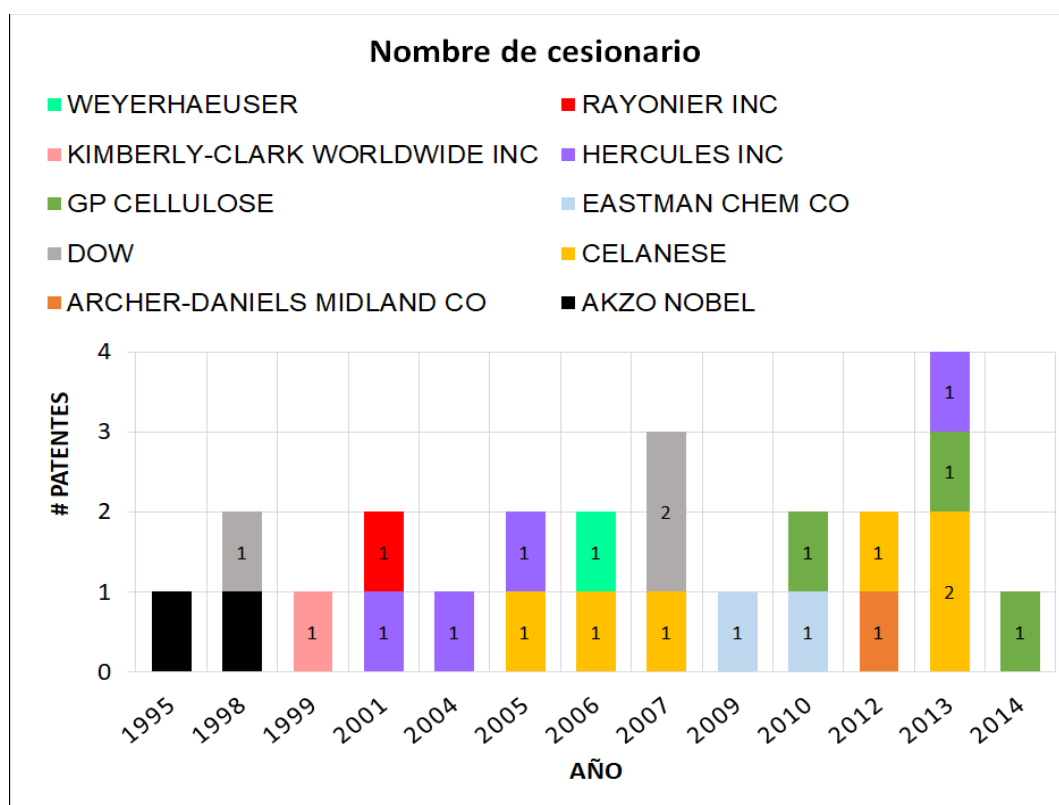


Figura 33. Patentes por año y cesionario.

Al analizar el comportamiento de las principales empresas respecto a los tipos de invenciones protegidas, se visualiza que estas se focalizan en realizar innovaciones en los procesos de elaboración de celulosa, códigos IPC *D21C* y *D21H* (ver **Figura 34**).

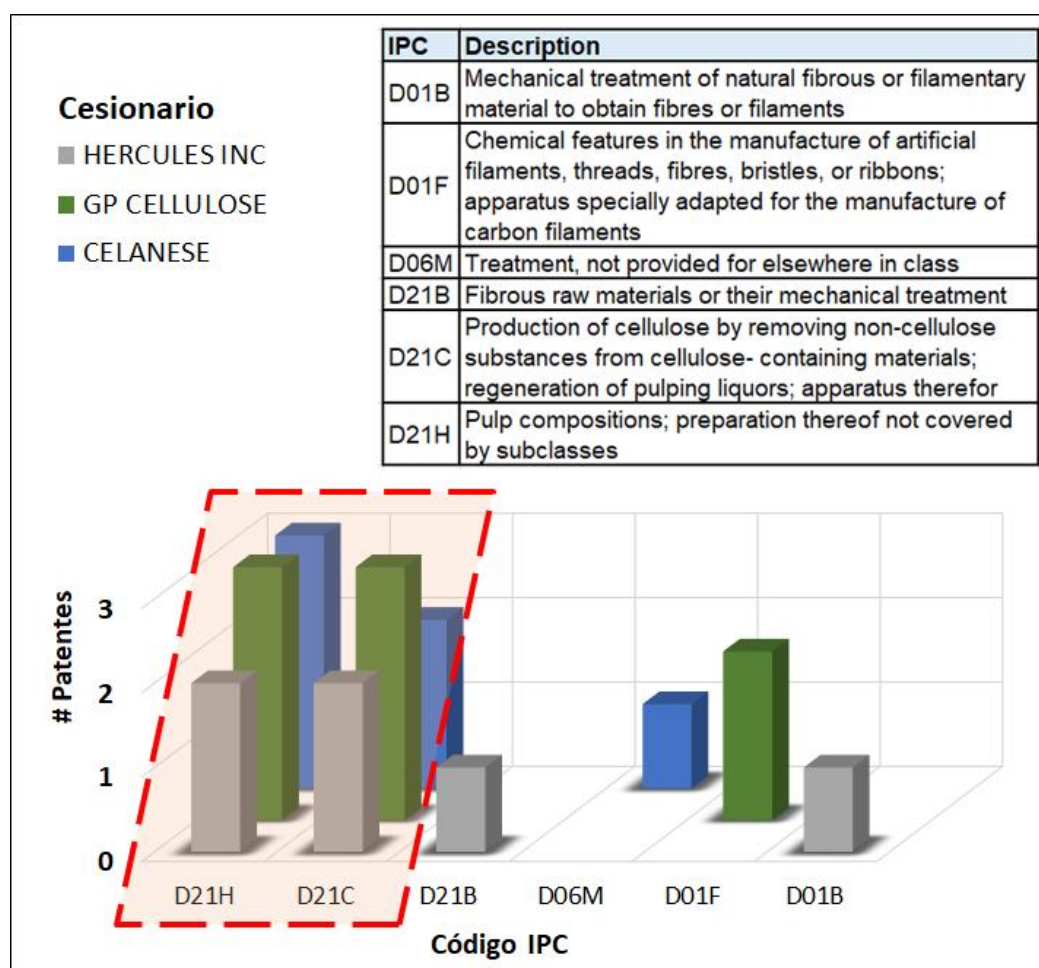


Figura 34. Inventiones por áreas de los tres principales cesionarios

Por un lado, *GP cellulose* se ha centrado en proteger invenciones referentes a modificaciones de la pulpa Kraft [88–90]; mientras que *Celanese* y *Hercules Inc* se han focalizado en resguardar invenciones asociadas con las etapas de pretratamiento de la pulpa (Kraft, al sulfito, pulpa para disolver o línter de algodón) con el fin de acondicionar la materia prima utilizada en la producción de los derivados de celulosa [84,85,91–93].

Las situaciones anteriores sugieren que las invenciones de las empresas son innovaciones del tipo incremental sobre las tecnologías bases (producción de celulosa por método Kraft, al sulfito o pulpa para disolver). Desde una perspectiva de planeación estratégica y tecnológica, esto puede reflejar el frente tecnológico de la

empresas para obtener ventajas competitivas al extender el ciclo de vida de sus productos al realizar mejoras continuas [94].

Además, la baja cantidad de patentes localizadas en toda la sección Textil - Papel, así como en las tecnologías de producción de celulosa vinculadas a usarse como materia prima en el proceso de fabricación de los derivados de celulosa, puede deberse a que las tecnologías han alcanzado la madurez tecnológica. Por consiguiente, las invenciones del área están orientadas a optimizar las tecnologías bases, lo cual se aprecia en los casos de las empresas líderes que realizan modificaciones en las etapas de pulpeo o finalización (acondicionamiento de la pulpa).

Otro factor que puede influir en la baja cantidad de patentes es el uso de tecnología de producción de celulosa establecida en el extranjero, como consecuencia se importa la materia prima.

La presencia de los códigos IPC relacionados a la producción de celulosa y de empresas comerciales, tanto proveedores de celulosa como de productores de los derivados de interés, ponen de manifiesto que las estrategias de búsqueda empleadas, fueron adecuada para los fines del presente trabajo.

3.4. Resultados de la minería tecnológica.

Dentro de esta sección se implementó la minería tecnológica sobre los 79 registros de patentes (**Anexo II**) recolectadas de *Derwent Innovation Index*. En los registros, al menos una patente de la familia, cuenta con una solicitud en el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual (IMPI), entidad que funge como oficina de patentes en México.

Cabe señalar que dentro de la muestra de las 79 patentes, el 100% cuenta con alguna patente protegida en la oficina de patente europea (EP, por sus siglas en inglés). De modo similar el 88.6% de los documentos cuenta con registro en la OMPI. Puesto que se identificó que todas tecnologías se encuentran protegidas por ambas oficinas, en el análisis se consideraron los países miembros (individuales) de la familia de patentes registrados por *Derwent Innovation Index*. En la **Figura 35** se muestra el mapa mundial con la distribución de los países miembros de la familia de patentes para los 79 registros.

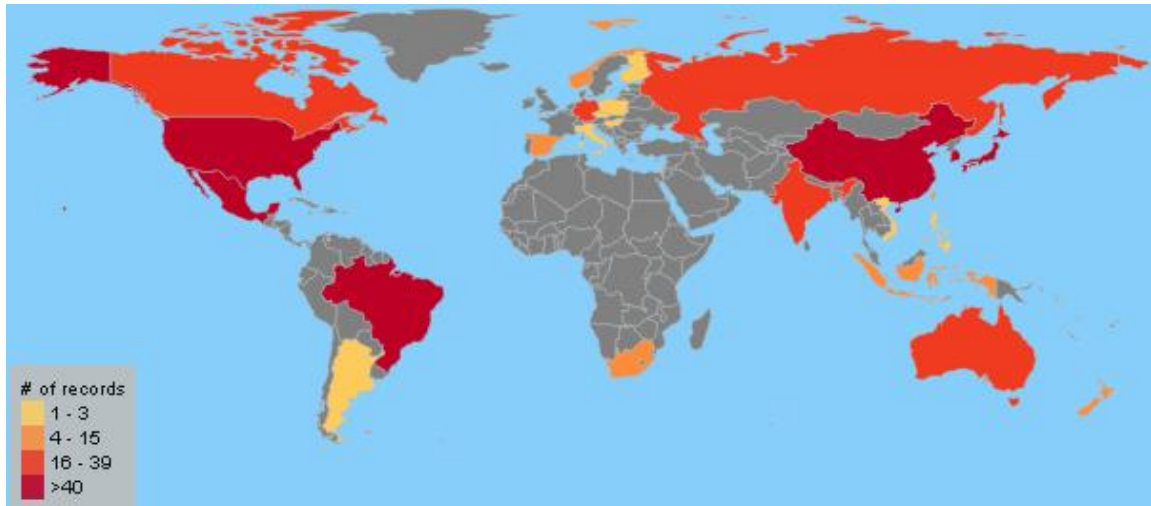


Figura 35. Países miembros de la familia de patentes.

Con el fin de obtener información respecto a ¿cuáles son los países objetivo (p.e. nichos de mercado) de las protecciones que realizan las empresas?, ¿en qué áreas tecnológicas se han realizado invenciones? y ¿qué tipo de invención se protege por ubicación geográfica?, se generó una serie de análisis bibliométricos de segunda generación a partir de los siguientes tres mapas de co-ocurrencia:

- Cesionarios vs Países miembro de la familia de patente.
- Cesionarios vs IPC (subclase - 4 principales dígitos).
- IPC (subclase - 4 principales dígitos) vs Países miembros de la familia de patente.

En las diferentes redes, los nodos representan los elementos bibliométricos analizados (nombres de cesionarios, países o códigos IPC). La visualización de los nodos está en función de su peso, es decir, el número de patentes en las que cada elemento es citado. Por su parte, las aristas presentan la relación entre dos nodos, lo cual se origina por la co-ocurrencia de los dos elementos en un mismo registro. El grosor y el color de las aristas está en función del número de ocurrencia entre ambos elementos.

3.4.1. Cesionarios vs Países miembro.

La visualización de la matriz de co-ocurrencia entre los Cesionario vs Países miembros de la familia de patente generó un total de 82 nodos y 550 aristas. El 65.85% de los nodos corresponde a nombres de cesionarios; el resto pertenecen a los países donde se realizaron las protecciones, ver **Figura 36**. México, Estados Unidos de América, China y Japón son los países que destacan con 79, 72, 66 y 65 registros respectivamente. Por el lado de las empresas sobresalen Dow Global Technologies (21 patentes), Celanese (9 patentes) y Eastman Chem Co (6 patentes).

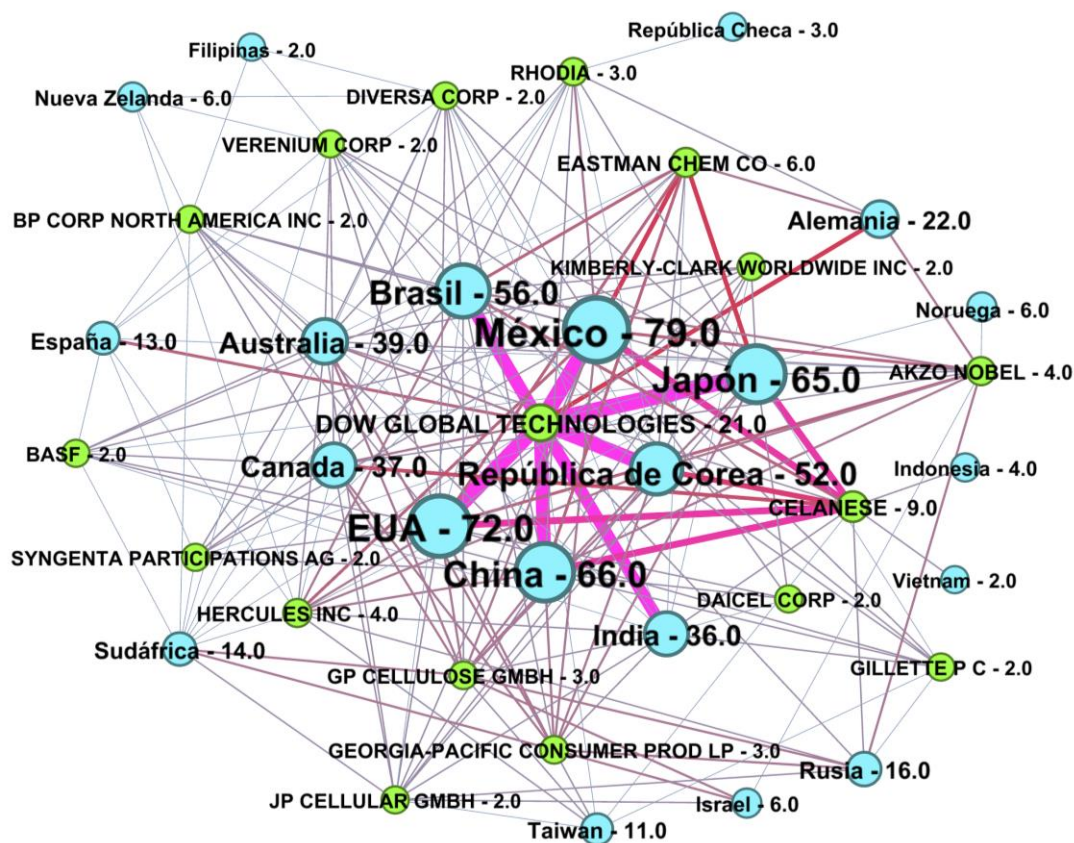


Figura 37. Red de cesionarios versus Países miembros de la familia de patentes con más de dos patentes.

Con el fin de observar la evolución de la red, se crearon tres períodos de análisis: 1991-2000, 2001-2010 y 2011-2018. Durante el primer periodo (1991-2000) el cesionario más activo fue Eastman Chem Co y su principales destinos de protección fueron EUA, México y Japón con 4 registros en cada país, ver **Figura 38**. Mientras que el periodo 2001-2010, Dow Global Technologies lideró el registro de patentes y los principales países objetivos fueron México y Japón con 7 registros cada uno, ver **Figura 39**. Durante el lapso 2011-2018, Dow Global Technologies mantuvo su posición como líder; México, Brasil, Japón, EUA, Corea, China e India fueron sus principales países de protección con 12 registros en cada uno de ellos, lo cual representa un aumento del 71.4% en la producción de patentes respecto al periodo previo, ver **Figura 40**.

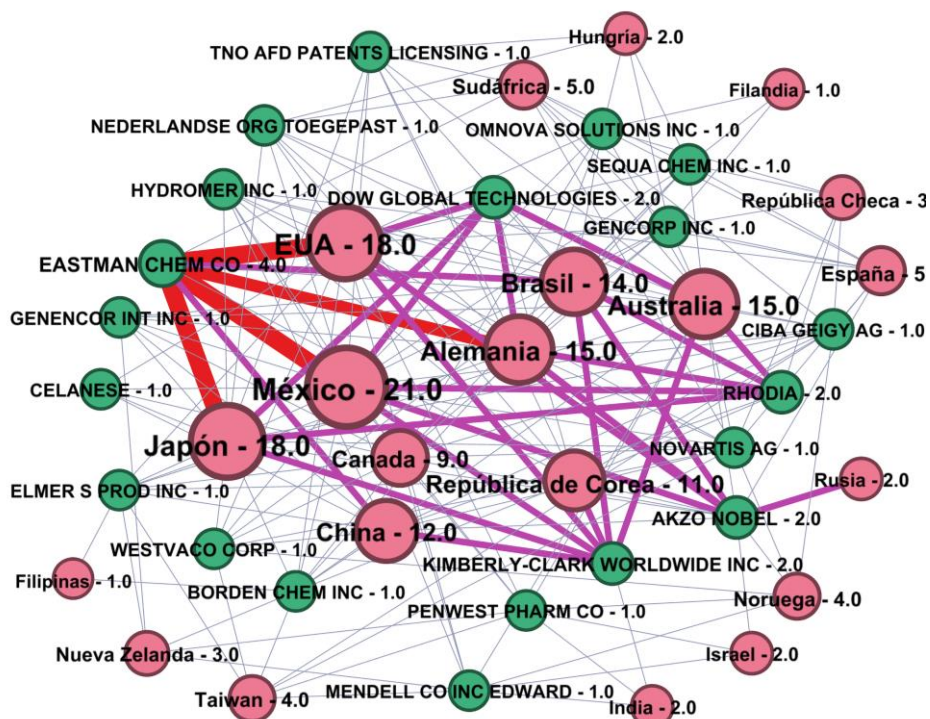


Figura 38. Red de cesionarios *versus* países miembros de la familia de patentes, periodo 1991-2000.

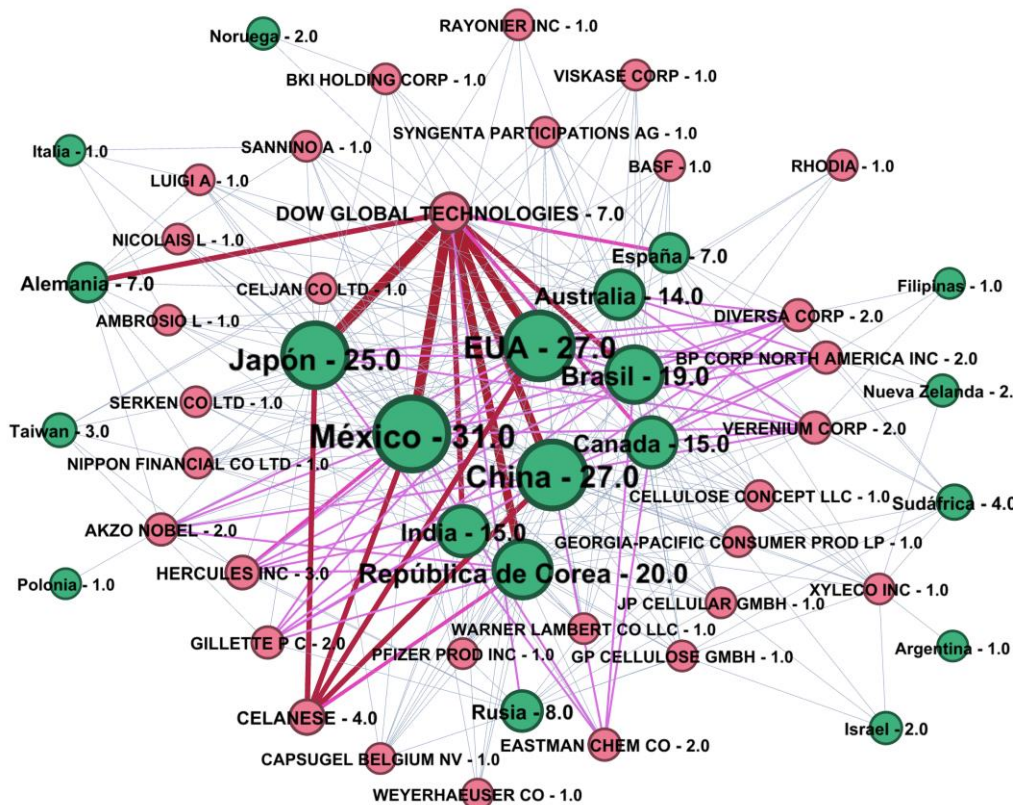


Figura 39. Red de cesionarios *versus* países miembros de la familia de patentes, periodo 2001-2010.

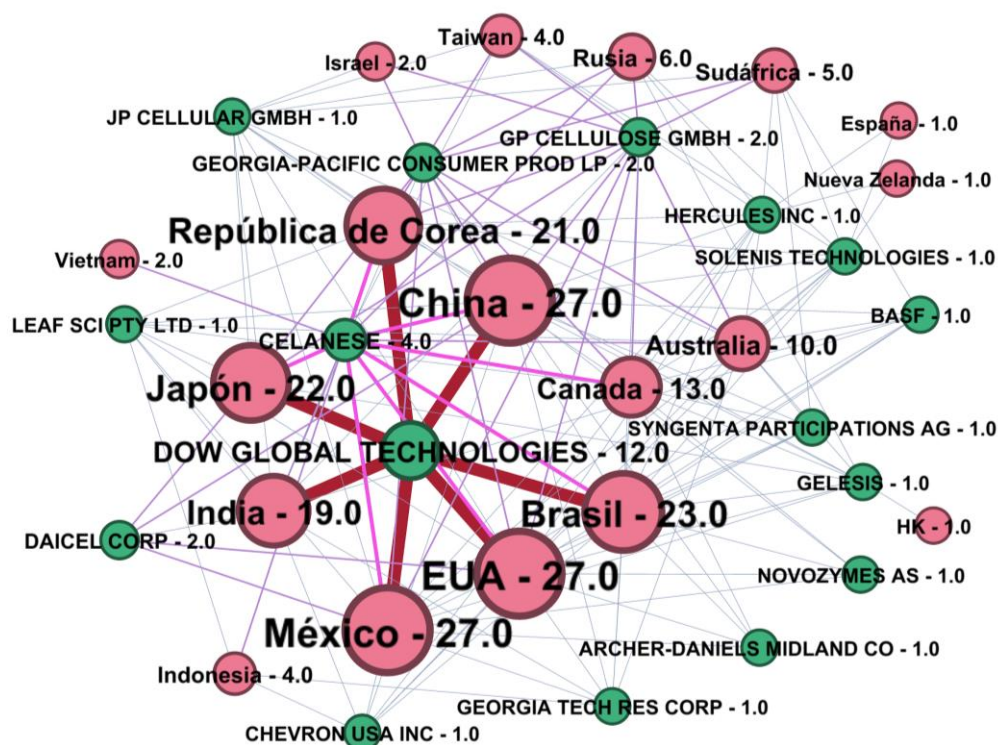


Figura 40. Red de cesionarios versus países miembros de la familia de patentes, periodo 2010-2018.

3.4.2. Cesionarios vs Códigos IPC.

La matriz de co-ocurrencia entre los cesionarios y los códigos IPC, facilita la identificación de las áreas tecnológicas donde las empresas realizan invenciones. La red resultante generó 134 nodos (59.7% corresponde a los códigos IPC y 40.3% de nombre de cesionarios) y 516 aristas, ver **Figura 41**. Para obtener una mejor imagen de los elementos más importantes, se filtraron los nodos con más de dos registros; como resultado, el nuevo grafo presentó 69 nodos (17 nombre de cesionario y 52 códigos IPC) y 246 aristas, ver **Figura 42**.

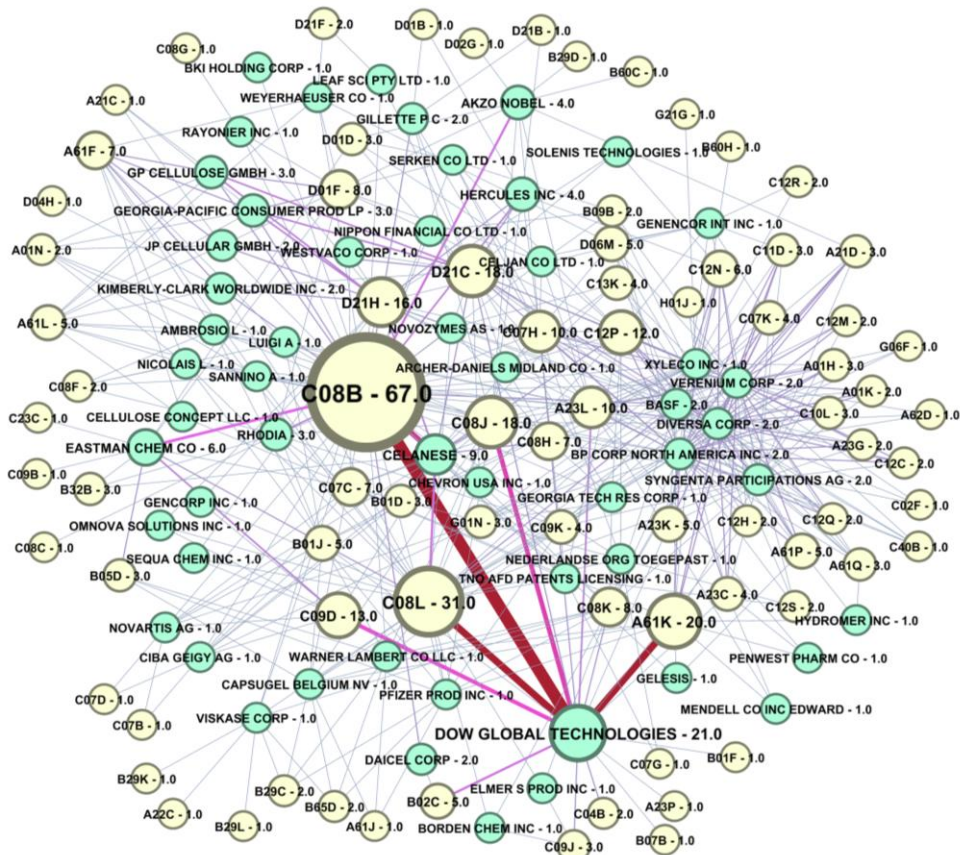


Figura 41. Red Cesionario versus IPC (principales 4 dígitos).

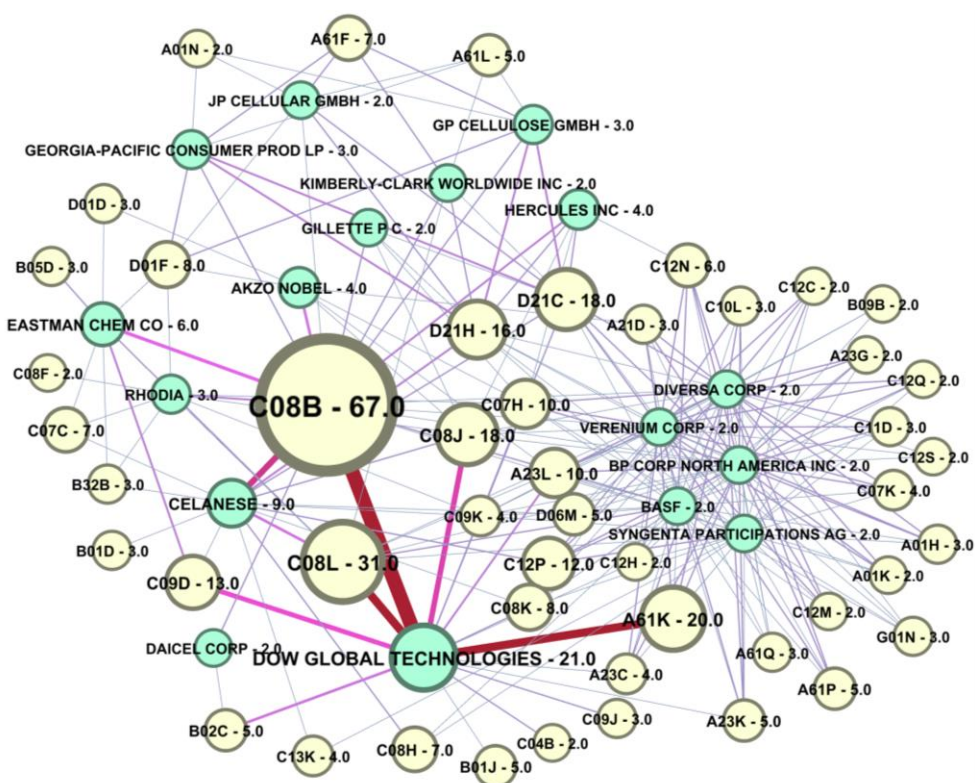


Figura 42. Red Cesionario versus IPC (principales 4 dígitos) con más de dos patentes.

A partir del análisis de esta red, se detecta que las protecciones se orientan principalmente a los códigos IPC: C08B, C08L, A61K, D21C y C08J. En la **Tabla 21** se muestran las invenciones de la subclase que se relacionan con los temas abordados en el presente trabajo.

Tabla 21. Principales códigos IPC localizados en los registros de patentes. Elaboración propia a partir de [95].

No. de registros	IPC - Subclase	Nombre de la subclase	Tipos de invenciones protegidas en la subclase
67	C08B	Polisacáridos; derivados	La subclase incluye pero no se limita al pretratamiento de la celulosa para la fabricación de sus derivados, preparación de ésteres y éteres de celulosa de ácidos inorgánicos y orgánicos y regeneración de celulosa
31	C08L	Composición de compuestos macro-moleculares	La subclase se encarga del registro de macromoléculas nuevas y no obvias, algunos de los compuestos se relacionan con celulosa, celulosa modificada, derivados de celulosa o macromoleculares obtenidos por medios distintos a las reacciones que implican únicamente enlaces insaturados de carbono a carbono.
20	A61k	Preparaciones para fines médicos, dentales o higiénicos	Entre las invenciones afines al presente trabajo se pueden citar la composiciones de tratamiento corporales generalmente destinadas a desodorizar, proteger, adornar o peinar el cuerpo. Así como composición, proceso de preparación o tratamiento de medicamentos.
18	C08J	Elaboración; procesos generales de compuesto; después del tratamiento no cubierto por las subclases C08B, C08C, C08F, C08G o C08H	Algunos de las invenciones protegidas son los procesos de tratamiento o composición de sustancias macromoleculares; al igual que tratamiento químico o revestimiento de artículos conformados de sustancias macromoleculares. Los procesos antes mencionados pueden incluir el uso de partículas o fragmentos celulares o hacer referencia al procesos de separación de sustancias no correspondiente a la composición de la macromoléculas.
18	D21C	Producción de celulosa mediante la eliminación de sustancias no celulósicas de los materiales que contengan celulosa; regeneración de los licores de pulpa; aparatos para ello	La subclase incluye los procesos de pretratamiento (separación), proceso de pulpeo, postratamiento (incluido blanqueamiento) de la celulosa, regeneración de licor a partir de material lignocelulósico y aparatos empleados en estos procesos.

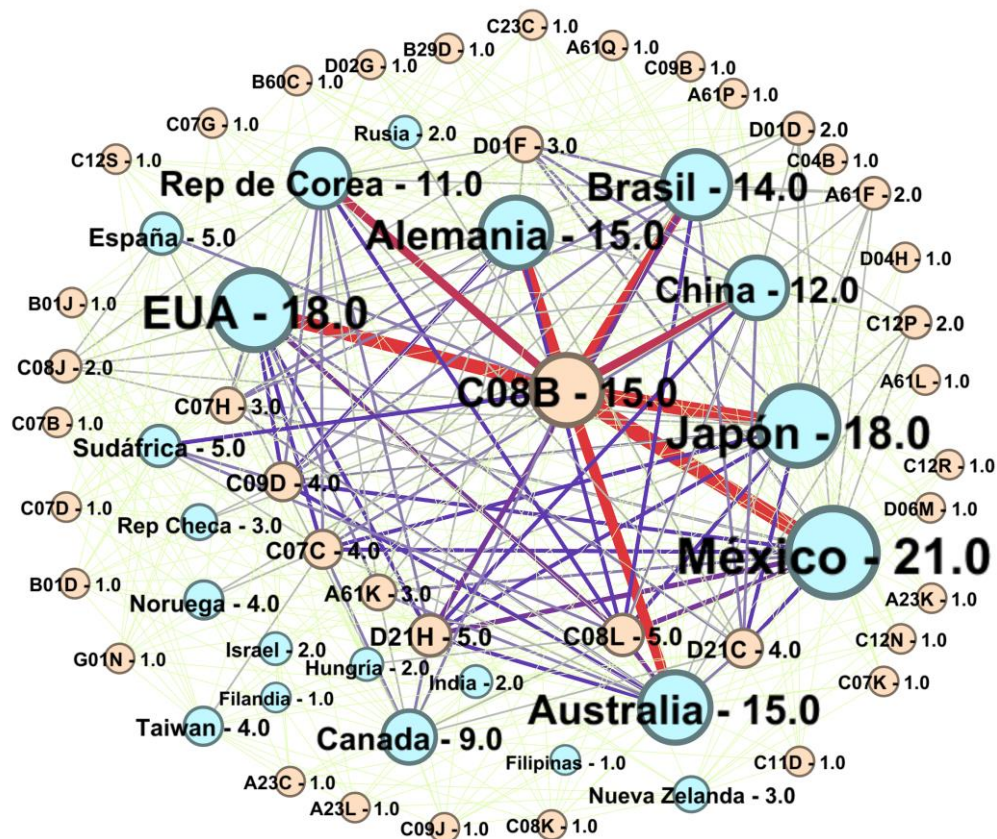


Figura 48. Código IPC vs países miembros de la familia de patentes, periodo 1991-2000.

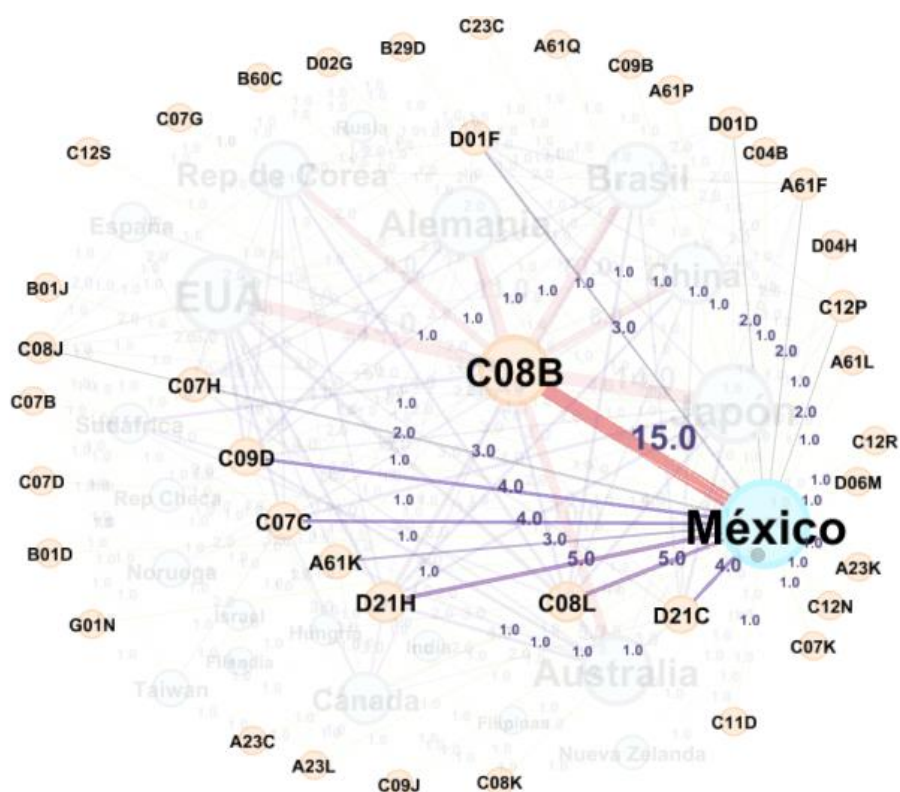


Figura 49. Código IPC protegidos en México durante el periodo 1991-2000.

Durante el periodo 2001-2010 (**Figura 50**), el código C08B se posiciona por segunda ocasión como el área tecnológica más protegidas. México, EUA y China conforman los primeros tres lugares en donde se ha protegido el código antes mencionado con 28, 25 y 24 registros, respectivamente. En el caso particular de México, los principales códigos IPC protegidos fueron: C08B (28 registros), C08L (13 registros) y C08J (11 registros), ver **Figura 51**.

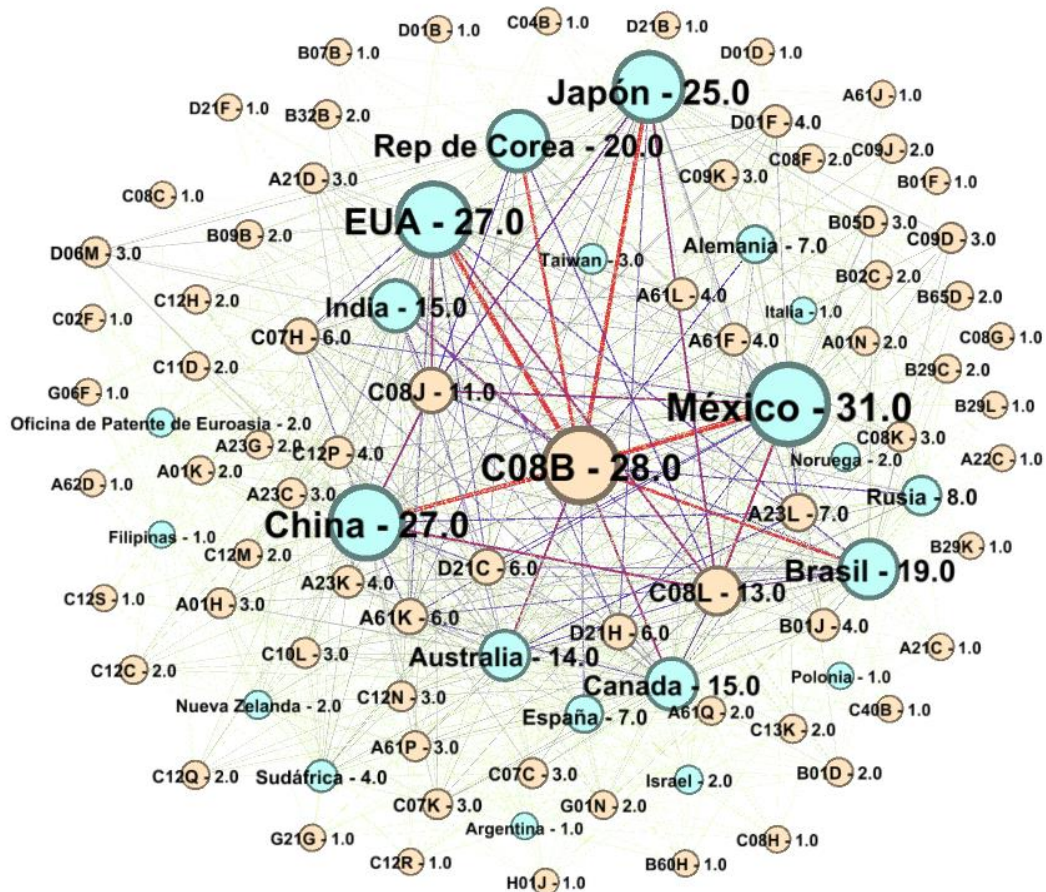


Figura 50. Código IPC versus países miembros de la familia de patentes, periodo 2001-2010.

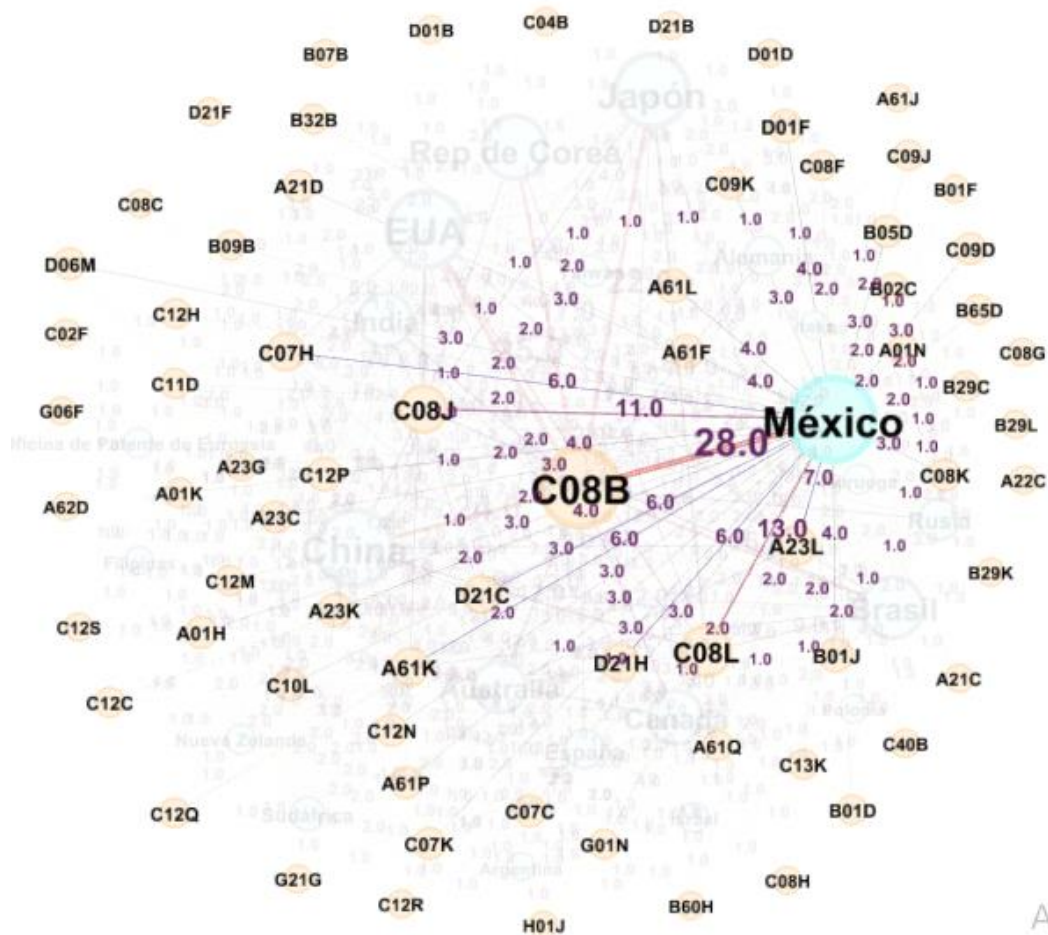


Figura 51. Código IPC protegidos en México durante el periodo 2001-2010.

Por último, en el lapso 2011-2018 el código IPC C08B se mantuvo como el principal tipo de invención protegida con un total de 24 patentes; mismo número en que se registraron en China, EUA y México (ver **Figura 52.**). En el caso particular de México, los principales códigos IPC registrados fueron el C08B (24 patentes), el C08L (13 patentes) y el A61K (11 patentes), ver **Figura 53.**

3.5. Bibliografía.

1. Euromonitor International Pulp, Paper and Paperboard in Mexico: ISIC 2101 Available online: <http://www.euromonitor.com/pulp-paper-and-paperboard-in-mexico-isic-2101/report> (accessed on Jan 26, 2018).
2. INEGI Consumo nacional aparente Available online: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/glosario/default.aspx?t=mamb349&e=00&i=> (accessed on Aug 20, 2018).
3. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales Available online: <http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/semarnat/Welcome.do> (accessed on Aug 24, 2019).
4. Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y del Papel *Informe anual 2016*; CNICP, 2017;.
5. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) *Pulp and Paper Capacities, 2017-2022*; FAO, Ed.; FAO, 2018; ISBN 9789251310113.
6. Vallejo, R.A. Asamblea Cámara del Papel Available online: <http://concamin.mx/?discursos=asamblea-camara-del-papel-rodrigo-alpizar-vallejo> (accessed on Dec 24, 2017).
7. Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y del Papel *Informe anual 2018*; CNICP, 2019;.
8. INEGI *Clasificación para Actividades Económicas*; INEGI, 2007;.
9. INEGI Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2013 Available online: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/SCIAN/scian.aspx> (accessed on Aug 28, 2018).
10. INEGI Directorio Nacional de Unidades Económicas. DENUA Available online: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denua/default.aspx#> (accessed on Mar 16, 2018).
11. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2018 (SCIAN 2018) Available online: <https://www.inegi.org.mx/app/scian/> (accessed on Oct 4, 2019).
12. (INEGI) Balanza Comercial de Mercancías de México Available online: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/registros/economicas/comext/> (accessed on Mar 23, 2018).
13. Secretaría de Economía Tarifa de la ley de impuestos generales de importación y de exportación. Por secciones Available online: <http://www.siicex-caaarem.org.mx/Bases/TIGIE2007.nsf/TarifaW?OpenView&Start=1&Count=30&Expand=10.1.3.4> (accessed on Sep 6, 2018).
14. Wuestenber, T. *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry Fundamentals and Applications*; 1., Auflage.; Wiley-VCH: Weinheim, Bergstr, 2014; ISBN 9783527337583.
15. Instituto Nacional de Estadística y Geografía Tabla de Correlación entre la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (TIGIE) y el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Actualización 2017 Available online: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/clasificaciones/tigie/tigie.aspx> (accessed on Nov 9, 2018).
16. Asociación Nacional de la Industria Química *Directorio ANIQ 2018. La Industria Química en México*; ANIQ, Ed.; ANIQ, 2018;.
17. TranTech Consultants, Inc *Chemical profile: CMC*; TranTech Consultants, Inc, 2014;.
18. Ashland Inc. *Annual report. Ashland Global Holdings Inc*; Ashland Inc., 2011;.
19. Henkel *Henkel Planta Ecatepec*; México;.
20. Henkel *Henkel Planta Salamanca*; México;.
21. Grupo Petroquímico Beta Beta grupo petroquímico Available online: <http://www.gpb.com.mx/infraestructura.php> (accessed on Aug 11, 2018).
22. Rodríguez, A.M. Celanese cerrará planta de filtro de cigarro a finales del 2018 2018.

23. Research and Markets Global Carboxymethyl Cellulose Market 2017-2021 Available online: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4400190/global-carboxymethyl-cellulose-market-2017-2021> (accessed on Oct 31, 2018).
24. GELYCEL® por Quimica Amtex y Amtex Chemicals, LLC - Cuidado Personal y Cosméticos Available online: <https://www.ulprospector.com/es/na/PersonalCare/Detail/30647/602994/GELYCEL> (accessed on Nov 5, 2018).
25. Aurix Portal System <http://www.aurixsolutions.com>; Magia Comunicaciones S. A. <http://www.magiadigital.com/productos/amtex-Portal-AMTEX> Available online: http://www.amtex-corp.com/0/MODULOS/JER/JER_INTERNA.ASPX?ARE=0&PFL=0&JER=12 (accessed on Nov 5, 2018).
26. Química Amtex S.A. de C.V. GELYCEL Available online: <http://www.21food.com/showroom/65850/product/gelycel.html> (accessed on Nov 18, 2018).
27. Pintado, D.Á.; Jiménez, E.R.; Carrillo, I.F.; García, M.G.; Cuenca, T.C. Propuesta de sistematización del proceso de producción de CMC bajo la norma ISO 9001:2008, Instituto Politécnico Nacional, 2010.
28. Aurix Portal System <http://www.aurixsolutions.com>; Magia Comunicaciones S. A. <http://www.magiadigital.com/Portal-AMTEX-nuestra-historia> Available online: http://www.amtex-corp.com/0/modulos/JER/JER_Interna.aspx?ARE=0&PFL=0&JER=8 (accessed on Sep 2, 2018).
29. Ashland Completes Acquisition of Hercules | Ashland Global Holdings Inc Available online: <https://investor.ashland.com/news-releases/news-release-details/ashland-completes-acquisition-hercules> (accessed on Nov 20, 2018).
30. Couturier, B.J. Ashland makes thickeners for many consumer products Available online: <http://www.progress-index.com/news/20160327/ashland-makes-thickeners-for-many-consumer-products> (accessed on Nov 18, 2018).
31. Ashland Global Holdings Inc. Ashland to invest approximately \$89 million to expand specialty chemicals production in Hopewell, Virginia | Ashland Global Holdings Inc Available online: <https://investor.ashland.com/news-releases/news-release-details/ashland-invest-approximately-89-million-expand-specialty> (accessed on Nov 18, 2018).
32. Ashland Global Holdings Inc SEC Filing | Ashland Global Holdings Inc Available online: <https://investor.ashland.com/node/7296/html> (accessed on Nov 4, 2018).
33. Ashland Global Holdings Inc. Ashland Overview Available online: <https://investor.ashland.com/corporate-profile> (accessed on Nov 4, 2018).
34. Ashland Annual Reports | Ashland Global Holdings Inc Available online: <https://investor.ashland.com/annual-reports> (accessed on Nov 4, 2018).
35. Hoover's Company Records *Ashland Global Holdings Inc. Profile*; Hoover's Company Records: Fort Mill, United States, 2018;.
36. Ashland | Search Available online: <https://www.ashland.com/search?chemistry=Cellulosics> (accessed on Nov 5, 2018).
37. Ashland, L.L.C. Performance Specialties Available online: https://issuu.com/ashland/docs/pc-11578.2_performancereferenceguid (accessed on Nov 9, 2018).
38. Beta grupo petroquímico Available online: <http://www.gpb.com.mx/infraestructura.php> (accessed on Nov 5, 2018).
39. Encuentre Grupo Petroquimico Beta SA de CV para aplicaciones en Pinturas y Recubrimientos | Busque Hojas de Datos Técnicos MSDS (Hojas de seguridad) y pida muestras Available online: <https://www.ulprospector.com/es/la/Coatings/Suppliers/30896/Grupo-Petroquimico-Beta-SA-de-CV?st=1> (accessed on Nov 5, 2018).
40. Beta grupo petroquímico Available online: <http://www.gpb.com.mx/infraestructura.php> (accessed on Nov 5, 2018).

41. Celanese Corporation Celanese en Ocotlán, México Available online: <http://www.celanese.com.mx/mx-mx/Celanese-in-Ocotlan-Mexico.aspx> (accessed on 09 de noviembre de 2018).
42. Celanese Corporation *Annual Report on Form 10-K, Celanese Corporation*; Celanese Corporation, 2017;.
43. Celanese Corporation Celanese announces closure of its acetate tow manufacturing unit in Ocotlán, México Available online: <https://www.celanese.com/cellulose-derivatives/News-and-Media/2018/June/celanese-announces-closure-of-its-acetate-tow-manufacturing-unit-in-ocotlan-mexico.aspx> (accessed on Sep 11, 2018).
44. Henkel Adhesive Technologies Available online: <https://www.henkel.mx/marcas-y-negocios/adhesive-technologies> (accessed on Nov 11, 2018).
45. Henkel Henkel en México Available online: <https://www.henkel.mx/compania> (accessed on Nov 11, 2018).
46. Henkel Beauty Care Available online: <https://www.henkel.mx/marcas-y-negocios/beauty-care> (accessed on Nov 11, 2018).
47. Henkel Laundry & Home Care Available online: <https://www.henkel.mx/marcas-y-negocios/laundry-and-home-care> (accessed on Nov 12, 2018).
48. ISI Emerging Markets Group Company Henkel Capital, S.A. De C.V. (Mexico) Available online: <https://0-www.emis.com.millennium.itesm.mx/php/companies/index?pc=MX&cmpy=4108771> (accessed on Nov 19, 2018).
49. Henkel *Henkel Information on shares held by Henkel as of December 31, 2017*; Henkel, 2018;.
50. MarketLine *Company profile. Henkel AG Co. KGaA*; MarketLine, Agust 10, 2018;.
51. SABI-Business News Mexico: Henkel expands sealants production at Salamanca Available online: https://0-www.emis.com.millennium.itesm.mx/php/search/doc?pc=MX&dcid=599116844&query_entry=quick&keyword=henkel+m%C3%A9xico&abstract=1&change_selected_countries=1&range=365&controller=search&action=search&module=default&rpp=25&first_load_rpp=10&numresult=1 (accessed on Nov 14, 2018).
52. Vázquez, J. Henkel incrementará su producción en Salamanca Available online: <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Henkel-incrementara-su-produccion-en-Salamanca-20171206-0009.html> (accessed on Nov 14, 2018).
53. Edgar, K.J.; Bogan, R.T. Direct process for the production of cellulose esters. *US Patent* 1998.
54. Lee, B.M.; Kuo, C.-M.; Posey-Dowty, J.; Curtis, L.G. Carboxylated cellulose esters. *US Patent* 1999.
55. Harding, R.; Crenshaw, S.; Gregory, P.; Broughton, D. Cellulose ethers and method of preparing the same. *US Patent* 2002.
56. Luo, M.; Ananda Weerawarna, S.; Qin, J.; Wiley, J.H. Methods for the preparation of crosslinked carboxyalkyl cellulose fibers having permanent and non-permanent crosslinks. *US Patent* 2009.
57. Sears, K.; Hendricks, W. Alkylene oxide modified hardwood cellulose. *US Patent* 2004.
58. Rayonier Inc *Rayonier annual report 2014*; Rayonier Inc, 2014;.
59. Jesup Plant - Rayonier Advanced Materials Available online: <https://rayonieram.com/performance-fibers/facilities/jesup-plant/> (accessed on Nov 25, 2018).
60. Rayonier Inc. *Rayonier Inc. Current report, form 8-k*; Rayonier Inc., 2014;.
61. Fernandina Plant - Rayonier Advanced Materials Available online: <https://rayonieram.com/performance-fibers/facilities/fernandina-plant/> (accessed on Nov 25, 2018).
62. Rayonier Advanced Materials High Yield Pulp Available online: <https://rayonieram.com/paper-and-pulp/high-yield-pulp/> (accessed on Nov 21, 2018).
63. Grupo Celanese, S. de R.L. de C.V. *Manifiesto de impacto ambiental modalidad particular incluye actividad altamente riesgosa. Proyecto "Operacion, mantenimiento,*

- cierre y abandono del complejo Ocotlán*"; {Grupo Celanese, S. de R.L. de C.V.}, 2017;.
64. Rayonier Advanced Materials *Rayonier annual report 2017*; Rayonier Advanced Materials, 2017;.
 65. TechNavio Global Pulp Market 2017-2021 Available online: <https://www.technavio.com/report/global-pulp-market> (accessed on Nov 22, 2018).
 66. Hoovers GP Cellulose, LLC Company Profile | D&B Hoovers Available online: http://www.hoovers.com/company-information/cs/company-profile.gp_cellulose_llc.ee18d7ebfa4172e2.html (accessed on Nov 23, 2018).
 67. GP Cellulose Chemical Cellulose & Customized Fibers Available online: https://www.gppackaging.com/Cellulose/Pages/Products_Chemical-Cellulose-and-Customized-Fibers.aspx (accessed on Nov 25, 2018).
 68. GP Cellulose CelluFlex Available online: https://www.gppackaging.com/Cellulose/Pages/Products_CelluFlex.aspx (accessed on Nov 25, 2018).
 69. Hoover's Company Records *Georgia-Pacific LLC. Profile*; Hoover's Company Records: Fort Mill, United States, 2018;.
 70. International Paper Company *Company Overview. International Paper*; International Paper Company, 2018;.
 71. Weyerhaeuser Company Weyerhaeuser to sell Cellulose Fibers pulp mills to International Paper for \$2.2 billion in cash Available online: <http://investor.weyerhaeuser.com/2016-05-02-Weyerhaeuser-to-sell-Cellulose-Fibers-pulp-mills-to-International-Paper-for-2-2-billion-in-cash> (accessed on Oct 11, 2019).
 72. International Paper Catherine I. Slater Available online: <http://www.internationalpaper.com/company/leadership/executive-officers/catherine-i-slater> (accessed on Oct 11, 2019).
 73. International Paper Company *2017 Annual Performance Summary*; International Paper Company, 2018;.
 74. International Paper Company Cellulose Derivatives - International Paper Global Cellulose Fibers Available online: <https://www.ipgcf.com/category/product-applications/cellulose-derivatives/> (accessed on Oct 27, 2019).
 75. Archer-Daniels-Midland Company. *Archer-Daniels-Midland Company. Annual report 2017, Form 10-K*; Archer-Daniels-Midland Company., 2017;.
 76. Bloomberg L.P. ADM Southern Cellulose: Company Profile - Bloomberg Available online: <https://www.bloomberg.com/profiles/companies/0376182D:US-adm-southern-cellulose> (accessed on Nov 28, 2018).
 77. Slone, C.M.; Nonni, A.J.; Courchene, C.E.; Abitz, P.R. Cellulose modifiée à base de fibres Kraft chimiques et procédés de fabrication et d'utilisation de celle-ci. *World Patent* 2010.
 78. Wang, L.; Stogner, H.; Fallon, D.; Kizer, L.; Toney, C.; Batson, B. Manufacture of cellulose esters: recycle of caustic and/or acid from pre-treatment of pulp. *US Patent* 2007.
 79. Medoff, M. Traitement de la biomasse. *World Patent* 2009.
 80. Smook, G.A. *Manual para técnicos de pulpa y papel*; Tappi Press, 1991; ISBN 9780898520552.
 81. Heinze, T.; El Seoud, O.A.; Koschella, A. *Cellulose Derivatives: Synthesis, Structure, and Properties*; Springer Series on Polymer and Composite Materials; Springer International Publishing AG, 2018; ISBN 9783319731674.
 82. Technavio *Global pulp market 2017-2021*; Technavio , 2017;.
 83. Slone, C.M.; Nonni, A.J.; Courchene, C.E.; Abitz, P.R. Celulosa modificada a partir de fibra Kraft química y métodos para elaborarla y su uso. *Patente nacional* 2010.
 84. Li, R.; Mehta, J.; Tu, X.; Bansal, P.; Combs, M.; Fallon, D.; Kizer, L.E. Methods for removing hemicellulose. *US Patent* 2014.
 85. Gillette, P.; Majewicz, T.; Sau, A. Raw cotton linters composition, method of making, and uses thereof. *US Patent* 2005.
 86. TAPPI *Viscosity of pulp (capillary viscometer method)*; TAPPI Standar, 2013;.

87. Clarivate Analytics Códigos de clasificación internacional de patentes Available online: <http://wcs.webofknowledge.com/SA/getThesaurusTerm.do?SID=8FUoAdYrHK7g5ZrnHz4&product=DIIDW&requestValue=0,44371&indexType=tree&treeAction=expand&entryId=&numnodes=> (accessed on Jan 20, 2019).
88. Nonni, A.J.; Courchene, C.E.; Slone, C.M.; Campbell, P.R.; Dowdle, S.C.; Engle, J.M. The use of surfactant to treat pulp and improve the incorporation of Kraft pulp into fiber for the production of viscose and other secondary fiber products. *World Patent* 2013.
89. Nonni, A.J.; Courchene, C.E.; Slone, C.M.; Abitz, P.R. Modified cellulose from chemical Kraft fiber and methods of making and using the same. *US Patent* 2012.
90. Nonni, A.J.; Courchene, C.E. A method of making highly functional, low viscosity Kraft fiber using an acidic bleaching sequence and a fiber made by the process. *World Patent* 2014.
91. Garrett, T.S.; Kizer, L.E.; Stogner, H.P. Methods of Preparing Polysaccharide Sheets for Esterification. *US Patent* 2013.
92. Wang, L.; Stogner, H.; Toney, C.; Kizer, C.; Batson, B. Preparation of wood pulps with caustic pretreatment for use in the manufacture of cellulose acetates and other organic esters. *US Patent* 2006.
93. Gu, Q.-M.; Sutman, F.J. Cellulase composition containing cellulase and papermaking polymers for paper dry strength application. *World Patent* 2014.
94. Pedroza, Á.R.; Garrido, L.E.; López, C.; Ortiz, V.B.; Ortiz, J.A. *Innovación y tecnología en la empresa. Claves para adelantarse al futuro*; Oficina de publicaciones del ITESO, Ed.; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente: Guadalajara, México, 2013; ISBN 9786077808817.
95. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual IPC Publication Available online: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20190101&symbol=C08B&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipcp=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart> (accessed on Sep 18, 2019).

4. Conclusiones

En la industria nacional de la celulosa existe una necesidad por importar celulosa química, debido a la insuficiencia en la producción nacional. La tendencia muestra una preferencia a consumir pulpa de madera al sulfato blanqueada, que se confirma tanto en la producción, importación y exportación. En el primer caso se emplea por encima del 90% la capacidad instalada para la producción de este tipo de pulpa; de modo similar, la pulpa al sulfato blanqueada supera el 90% del volumen total de celulosa que ingresan al país. Al cierre del año 2017 el volumen de las importaciones de la pulpa al sulfato blanqueada representó nueve veces la capacidad instalada. Se espera que el volumen en las importaciones mantenga una tendencia al alza en correlación con las proyecciones de crecimiento y consumo de las industrias nacionales de la celulosa y el papel. Análogamente, la pulpa química al sulfato blanqueada es el principal producto enviado al extranjero en el periodo de estudio; sin embargo, este rubro es pequeño en comparación con las importaciones.

En la industria nacional de la celulosa, International Paper de México, Proquimet y Nancy son empresas prominentes en la producción y comercialización de celulosa, por lo cual podrían ser usuarios potenciales para la transferencia de la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica. Asimismo, se identificaron 348 unidades económicas que compran pulpa de celulosa a nivel nacional; es decir, clientes en potencia para la venta de la celulosa producida por la biorrefinación de biomasa. Entre las empresas más destacadas en relación con su tamaño, figuran: Bio Pappel S.A.B. De C.V., Copamex Industrias S.A de C.V., Smurfit Cartón y Papel de México S.A. de C.V., Industrial Papelera Mexicana S.A de C.V. y Kimberly Clark

Ante el panorama de la industria nacional de la celulosa, existe una oportunidad de explotar la biorrefinación de biomasa lignocelulósica al generar celulosa con características similares o superiores a la pulpa al sulfato blanqueada.

Tras analizar la industria de la celulosa se identifica que una amenaza para la comercialización de la celulosa producida por tecnología de biorrefinación, es obtener características iguales o superiores a los estándares de la pulpa Kraft blanqueada; de lo contrario, la celulosa no será atractivo para el mercado nacional. Lo anterior constituye un área de investigación a abordar por parte del grupo de investigadores de la facultad de química. Algunas de las propiedades más significativas a investigar son el contenido de alfa-celulosa, el grado de polimerización (DP), viscosidad y el brillo ISO. Otro tema de investigación relevante es identificar las condiciones de operación necesarias para incorporar la tecnología de biorrefinación en las plantas actuales del país. Estas líneas de investigación ayudarían a generar un paquete tecnológico necesario para la transferencia de la tecnología.

La incorporación de los procesos de biorrefinerías en una industria con tecnología madura, tal y como se percibe en la industria nacional de la celulosa, representaría una innovación en el mercado con beneficios relacionados a estirar la curva de vida de los procesos de producción, el empleo de material lignocelulósico diferente a los árboles y el uso integral de la biomasa, es decir, la generación de celulosa, subproductos de valor añadido, redes de calor y/o electricidad bajo un enfoque sistémico; lo cual repercutiría directamente en los rendimientos para la empresa e indirectamente en la sociedad, al contar con un proceso más amigable con el ambiente.

Por otro lado, en la industria nacional de los derivados de celulosa se detectó a Ashland, Química Amtex, Grupo Celanese, Grupo Petroquímica Beta y Henkel como empresas productoras de AC, CMC, HEC y/o HPC. Estas compañías son jugadores líderes o prominentes en sus respectivos segmentos de mercado a nivel mundial. En México sus plantas cuentan con capacidades para producir al menos 10,000 toneladas anuales de alguno de los derivados de interés (ver sección 3.2.1. **Tabla 12**). Además, estas compañías comercializan sus productos bajo marcas registradas y focalizados a industrias específicas.

Por lo tanto, se aconseja al grupo de investigación de la facultad de química a no ingresar a esta industria a través de la generación de alguno de los derivados de interés producido a partir de la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica debido a que existen fuertes barreras de entrada, tales como la economía de escala, la diferenciación en los productos, el posicionamiento de las marcas y la presencia de jugadores prominentes a nivel mundial, aunado a la progresiva disminución en las exportaciones de los derivados, lo que aumenta la disponibilidad de los productos a nivel nacional y en consecuencia propicia una guerra de precios.

La inteligencia tecnológica identificó que la elaboración de los derivados de celulosa de interés (AC, CMC, HEC y HPC) emplean pulpa química de celulosa, donde el grado de polimerización es una característica determinante para la elaboración del derivado deseado. La pulpa es obtenida mediante el proceso Kraft, el proceso al sulfito o pulpa para disolver, principalmente. Por consiguiente, existe una oportunidad en esta industria de convertirse en proveedor de materia prima si se logra generar celulosa con grado de polimerización en el rango de 1,400-4,750 a partir del proceso de biorrefinación de biomasa lignocelulósica. Aunque esta es una característica importante, la información generada indica que varios proveedores de celulosa ofrecen un producto específico para la industria de los derivados de celulosa. Entre los proveedores de celulosa identificados destacan *International Paper Company*, *GP Cellulose* y *Rayonier*, los cuales son empresas internacionales que cuentan con economías de escala, por lo que se consideran fuertes competidores en el segmento.

Por otra parte, la minería tecnológica muestra que en México existe una tendencia reciente a realizar protecciones en las áreas tecnológicas correspondiente al

pretratamiento de celulosa (C08B), la composición de celulosa o sus derivados (C08L) y aplicaciones médicas (A61K). Ahora bien, las invenciones nacionales del sector de la producción de celulosa se focalizan en la modificación de la etapa de pulpeo o finalización de los procesos Kraft o al sulfito. Entre los cesionarios de estas invenciones destacan: *GP Cellulose*, *Rayonier* y *Weyerhaeuser* (adquirida por *International Paper Company*) como empresas productoras de celulosa, en tanto que *Celanese*, *Hercules Inc* (adquirida por *Ashland*) y *Dow Global Technologies* como empresas productoras de alguno de los derivados de celulosa de interés. Las empresas antes mencionadas constituyen posibles clientes interesados en adquirir la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica en vista de los esfuerzo por realizar mejoras continuas en las tecnologías de producción de celulosa y extender los ciclos de vida de sus productos.

De acuerdo con el análisis cuantitativo de los registros de las patentes colectadas, a nivel mundial los principales códigos IPC protegidos son: C08B, C08L, A61K, C08J y D21C. Estos códigos IPC corresponden a invenciones realizadas en las áreas tecnológicas de: procesos de pretratamiento, pulpeo o postratamiento de celulosa, generación de derivados de celulosa, aplicación de compuestos celulósicos en áreas de la salud o composición de macromoléculas que empleen celulosa. En relación con lo anterior, *Celanese* y *Dow Global Technologies* han focalizados sus esfuerzos en generar invenciones en los códigos IPC C08B y C08L, las cuales corresponde a áreas tecnológicas con mayores protecciones a nivel nacional. Estas dos empresas junto con *Eastman Chem Co.*, constituyen los cesionarios más activos a nivel nacional en el registro de patentes relacionadas con la producción de celulosa y/o fabricación de derivados de celulosa, por lo que podrían estar interesados en adquirir la tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica.

Por último, Brasil, China, Corea, E.U.A., Japón y México constituyen los países con los mayor número de protecciones según la muestra de patentes analizadas, por lo que se infiere que estos países constituyen mercados estratégicas para los cesionarios. Por lo tanto, se recomienda al grupo de investigadores de la facultad de química proteger mediante patentes su tecnología de biorrefinación de biomasa lignocelulósica en los países antes mencionados.

Anexo I. Áreas Tecnológicas

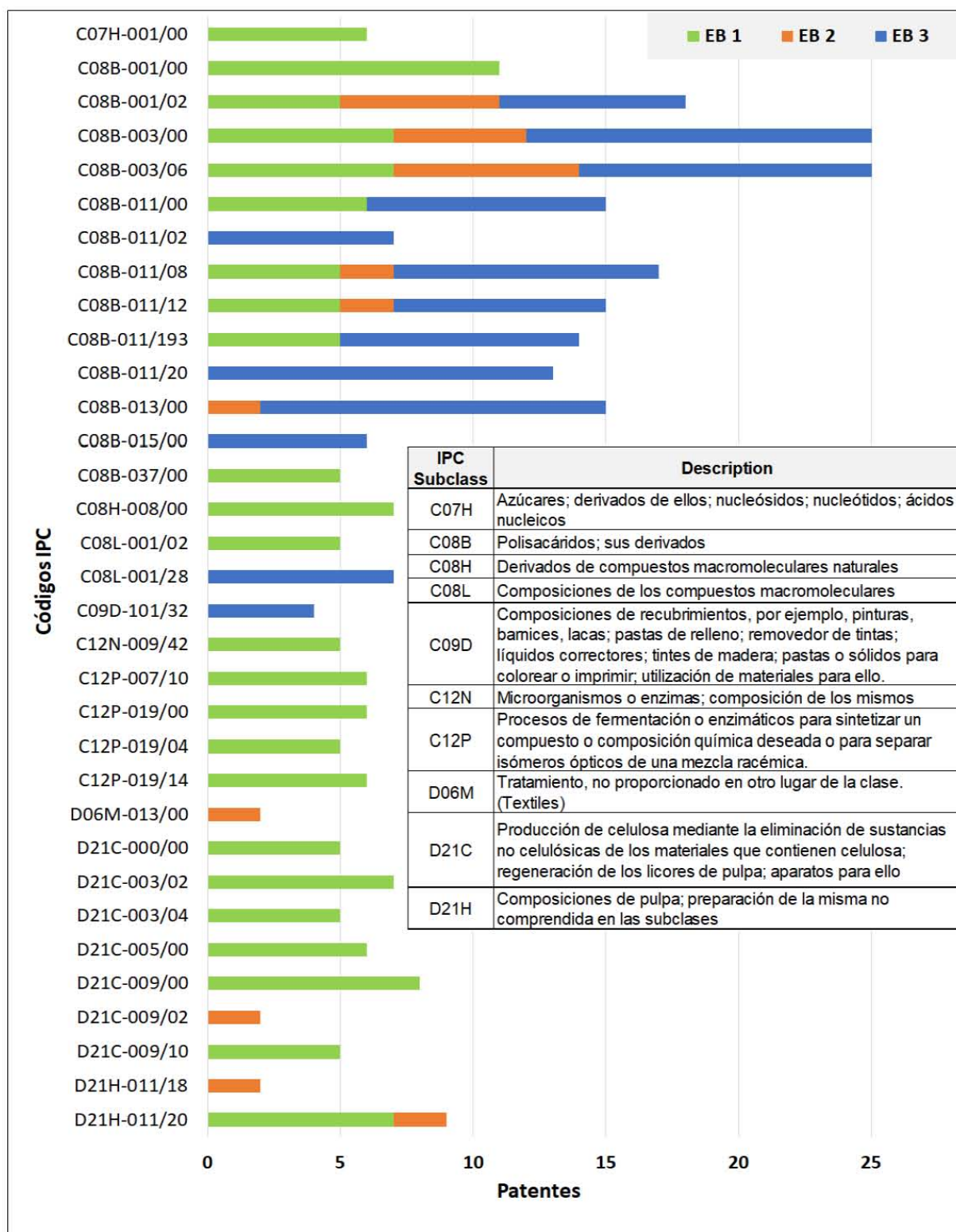


Figura 54. Áreas tecnológicas relacionadas con la producción de pulpa de celulosa y sus derivados, en las estrategias de búsqueda ejecutadas.

Anexo II. Lista de patentes.

Tabla 25. *Patentes consultadas.*

#	Código de la patente base	Título
1	DE 102007016783	Preparation of mill-dried methyl hydroxypropyl cellulose, useful in mineral-, e.g. gypsum-, bonded building material system comprises feeding water- and optionally alcohol moist methyl hydroxypropyl celluloses and subjecting to mill drying
2	DE 19646213	Preparation of cellulose derivatives - comprises impregnating activated cellulose with an alkali solution before a cellulose substitution or addition reaction
3	DE 19711502	Cellulose acetate with specific degree of substitution used in number of industrial applications - is prepared in two step process under base and acid catalysed acetylation reactions requiring lower consumption of acetylating agent and yielding product with homogeneous degree of substitution
4	DE 19731575	New hydroxyalkyl cellulose hydroxycarboxylate esters - which are rapidly biodegradable, water-soluble polymers useful e.g. as thickeners or in preparation of microcapsules
5	DE 19938502	Cellulose derivatives production, useful in chromatography or as intermediate in the biotechnology, pharmacy, paper, food, cosmetics, medical technology industries comprises electromagnetic irradiation of cellulose
6	EP 1093724	Cellulose food casing for producing stuffed food products, has seamless tubular film of non-derivatized cellulose precipitated from extruded thermoplastic composition and short open-ended fibrillated softwood fibers
7	EP 1127895	Production of water-soluble cellulose derivatives as fine powder, for use as e.g. paint binders or thickeners, involves dissolution or swelling in water and drying with heat transfer-carrier gas in a high-speed rotary impact mill
8	EP 1316563	A process for retardation of water soluble cellulose ethers by treatment of moist cellulose ethers with a dialdehyde solution drying and comminution to give products useful as protective colloids, thickening agents, or adhesives or as CMC
9	EP 1920787	Water-insoluble, water-swellaable, non-regenerated, carboxyalkyl cellulose fibers used for absorbent product, such as feminine care products, comprise intra-fiber multivalent metal ion cross-links, and ether and/or ester cross-links
10	EP 743322	Recovery of organic acid from cellulose ester mfr. - comprising removing acid, solvent extracting acid stream, resolving raffinate stream into overhead and bottom stream, catalysing feed stream and recycling solvent
11	EP 864689	Wood pulping aid used to produce cellulose pulps for manufacture of paper - comprises cyclic keto compound and surfactant mixture of alkyl alcohol alkoxyate and polyoxyalkylene glycol ether of ester of ricinoleic acid
12	JP 5816395	Pulverization method of pulp for cellulose acetate manufacture, involves pulverizing pulp sheet in which water is not added to pulp element, and pulp element at secondary pulverization process by shock action of airflow grinder

13	US 2004002598	Manufacture of cellulose acetate used as biodegradable plastic, involves steaming corncob meal at specific temperature, filtering steamed meal, and dehydrating and acetylating using acetic anhydride and sulfuric acid
14	US 2005228174	Raw cotton linters composition for ether derivative, comprises loose mass of comminuted raw cotton linter fibers that has specific bulk density, where specific amount of fibers in loose mass passes through specific standard sieve size
15	US 2006010669	Purification of raw cotton linters for producing premium cellulose derivatives, by cutting raw cotton linters, and mechanically separating linters into clean fraction of purified cut raw linters and unclean fraction containing impurities
16	US 2006287517	Preparation of cellulose acetate or other cellulose esters involves mixing wood pulp into caustic solution, separating pulp from solution; washing cake with acetic acid or acid; and acetylating or esterifying pretreated wood pulp
17	US 2007167618	Manufacture of cellulose ester involves pre-treating pulp for removal of impurities with caustic and/or acid, esterifying pretreated pulp, and recycling caustic and/or acid from stream from pre-treating process
18	US 2008071078	Preparing cellulose ester polymer comprises pre-treating a cellulose source by mixing the cellulose source with solution of a weak acid and water, de-liquefying the suspension, and esterifying the pretreated cellulose source
19	US 2010175691	Recycling cellulose acetate ester waste, comprises hydrolyzing cellulose acetate ester waste with hydrolyzing agent to form hydrolyzed mixture and separating solid material from the mixture to form water soluble product stream
20	US 2010204068	Depolymerizing a polymer e.g. polyacrylamide, guar and xanthan gum, comprises contacting the polymer with tris(hydroxymethyl)phosphine or tetrakis(hydroxymethyl)phosphonium salt
21	US 2012040413	Treating lignocellulosic feedstock, for bioalcohol production, comprises contacting feedstock with solution comprising chlorine dioxide, ethanol and water, heating mixture to form cellulose and lignin solids and hemicellulose solution
22	US 2013231419	Producing cellulose ester product comprises moistening cellulose sheet stock, attriting moistened cellulose sheet to wet pulp, flash drying wet pulp to floccule of cellulose, and esterifying floccule of cellulose
23	US 2014048221	Treating cellulosic material, comprises extracting hemicellulose from cellulosic material with extractant comprising ionic liquid and non-solvent containing acetic acid and separating extracted hemicellulose to form cellulosic product
24	US 2014048222	Treating cellulosic material to form cellulosic product, by extracting cellulosic material with amine oxide and non-solvent, separating extracted hemicellulose from material to form cellulosic product having less hemicellulose than material
25	US 2016053152	Production of anti-fog consumer product involves forming precursor composition which contains cellulose acetate and plasticizer to yield rigid consumer product having an outer surface, and saponifying a portion rigid consumer product

26	US 2016222134	New cross-linked carboxymethyl cellulose useful in pharmaceutical composition for e.g. treating overweight or obesity, comprises produced by cross-linking carboxymethyl cellulose with citric acid
27	US 5292363	Compsns. for providing paper with good brightness, opacity and size - contain fatty acid di:amide cationic softener and either mixt. of amphoteric softener, surfactant and urea, or a saccharide-acid reaction prod
28	US 5416140	Co:poly(vinyl acetate/N-methylol acrylamide)/cellulose fibre compsn. - is thixotropic wood-working gel adhesive compsn. that is stainable and easily sanded
29	US 5770528	Use of methylated hydroxypropyl-cellulose in water-disposable products - as a binder having a low cloud point suitable for binding fibrous material into an integral web
30	WO 200032637	Process for making cellulose ethers useful in building products, food applications and as a tablet coating for pharmaceuticals, comprises contacting cellulose ether powder and an anhydrous acid gas in a tumbling reactor
31	WO 200039390	Production of carboxyalkyl polysaccharide absorbent, for e.g., nappies, involves prehydrolyzing chips with water, kraft cooking, bleaching, caustic treatment and converting pulp to polysaccharide
32	WO 200050621	Preparation of nitrosonium ions, for use in e.g. textile treatments, by oxidizing a nitroxyl compound with an oxidizing agent, in the presence of an enzyme
33	WO 200166600	Derivatized microfibrillar cellulose useful in e.g. fat free mayonnaise comprises a substituent with cationic charge
34	WO 200236636	Cellulose ethers preparation, used in water-soluble polymers, involves mercerizing cellulose pulp and converting mercerized and recovered cellulose pulp having specific properties, into cellulose ethers
35	WO 2003021013	Preparation of cellulose acetate useful in manufacturing high quality triacetate film, by mercerizing hardwood cellulosic material and reacting it with hydroxyalkylating agent to specified degree of substitution of cellulose
36	WO 2004049823	Use of a carboxymethyl cellulose for preparing fruit-based products e.g. jam, fruit preserve and fruity sauce
37	WO 2005003319	New isolated recombinant glucanase polypeptide, useful in e.g., pulp treatment, food processing, animal feeds, preparing dough, preparing fuel products, and in brewing
38	WO 2006070337	Preparation of super-absorbent polymer hydrogel for use as absorbent material, by cross-linking aqueous solution of carboxymethyl cellulose sodium salt and hydroxyethyl cellulose with carbodiimide, washing and drying
39	WO 2006101584	New nucleic acid encoding cellulase, useful in a variety of pharmaceutical, agricultural, food and feed processing and industrial contexts
40	WO 2007105883	Method for producing silver-bonded antimicrobial moist wound dressing, comprises adding silver containing compound to aqueous solution, dissolving sodium carboxymethyl cellulose in water/organic solvent, and mixing the above solution
41	WO 2007136472	Preparing cellulose powder involves the use of a screen comprising two layers having different mesh or pore size of specific ratio, where each layer is inseparable from the other over a whole area

42	WO 2008050209	Aqueous composition for manufacturing hard capsules, comprises preset amount of hydroxypropyl methyl cellulose having preset methoxy content, hydroxypropoxy content and viscosity, in aqueous solvent
43	WO 2008090085	Preparation of cellulose ether e.g. methyl cellulose, hydroxyethyl cellulose or ethyl hydroxypropyl cellulose involves preparing in the presence of ether with lower boiling point
44	WO 2009070168	Use of granulated cellulose-based material comprising agglomerated fibers in preparation of alkali cellulose and/or cellulose derivative
45	WO 2009134791	Processing biomass to produce e.g. feed products, antibiotics involves processing polysaccharide based biomass using e.g. pyrolysis, sonication to form processed material with low recalcitrance level followed by microbial conversion
46	WO 2010030394	Basecoat composition useful for coating substrate e.g. metal and wood, comprises film-forming polymer such as acrylic polyols and polyester polyols, rheological modifier, solvent, pigment, and low molecular weight cellulose mixed ester
47	WO 2010110859	Refinish coating composition used for coated article, comprises refinish coating resin(s), solvent(s) and pigment(s), crosslinking agent(s) and cellulose mixed ester(s) and/or low-molecular-weight cellulose mixed ester
48	WO 2010117781	Manufacture of aqueous dispersible carboxymethyl cellulose for food products, involves adding water to carboxymethyl cellulose, forming carboxymethyl cellulose agglomerate and drying agglomerate using non-contact dryer
49	WO 2010138941	Chemically modified kraft fiber used as fluff pulp in absorbent products and in consumer products comprises cellulose which is treated by catalytic oxidation to increase number of aldehyde groups on cellulose
50	WO 2011120533	Preparing carboxymethyl cellulose comprises reacting non-regenerated cellulose with an alkalization agent in the presence of water and isopropyl alcohol, and reacting the alkalized cellulose with monohaloacetic acid or its salt
51	WO 2012138532	Production of particulate cellulose derivative used for dosage form, by grinding and partially drying moist cellulose derivative in gas-swept impact mill, and contacting with additional amount of drying gas outside gas-swept impact mill
52	WO 2012138533	Making particulate cellulose derivative used in agriculture involves grinding/partially drying moist derivative in gas-swept impact mill and treating with drying gas additional amount outside mill, having higher temperature than gas in mill
53	WO 2012168410	Producing partially hydrolyzed lignocellulosic material involves pretreating lignocellulosic material with pretreatment solution comprising ionic liquid and water to produce pretreated partially hydrolyzed lignocellulosic material
54	WO 2013044042	Processing lignocellulosic biomass to form acylated cellulose pulp involves heating lignocellulosic biomass with acetic/formic acids to form acylated lignocellulose cake followed by separating cake and again contacting cake with the acid

55	WO 2013158384	Making surfactant treated kraft pulp that is useful e.g. as substitute for sulfite pulp in manufacture of viscose, by digesting softwood cellulose pulp and oxygen delignifying, bleaching kraft pulp, and treating with surface active agent
56	WO 2014031447	Preparing esters of cellulose ether, involves esterifying cellulose ether with aliphatic monocarboxylic acid anhydride and/or dicarboxylic acid anhydride in presence of aliphatic carboxylic acid as reaction diluent in separate reactions
57	WO 2014058846	Composition useful for treating cellulosic fibers used to make paper or paperboard, comprises cellulose, and contaminant control polymers selected from detackifier polymers
58	WO 2014140852	Making kraft pulp useful as e.g. fluff pulp used in absorbent products e.g. sanitary napkin, by digesting and oxygen delignifying cellulose-comprising kraft pulp, bleaching cellulose-comprising kraft pulp, and oxidizing kraft pulp
59	WO 2015044209	New protein useful for producing e.g. transgenic plant e.g. cotton, wheat, canola, rice, and corn, and industrial product e.g. biofuel, and fiber, has cellulose-xyloglucan endotransglucosylase activity
60	WO 2016004481	Production of modified cellulosic material for producing paper-based product and cellulose derivative, involves treating lignocellulosic material with acid and/or alkali, and treating obtained material with agent containing polyol
61	WO 2016069338	Producing a cellulose ether acetate succinate useful as enteric coating base for pharmaceutical dosage forms, comprises reacting a cellulose ether with acetic anhydride, succinic anhydride and a depolymerizing agent
62	WO 2016069340	Method of producing esterified cellulose ether involves reacting cellulose ether with aliphatic monocarboxylic acid anhydride and/or dicarboxylic acid anhydride and with depolymerizing agent
63	WO 2016069343	Production of esterified cellulose ether used as e.g. enteric polymers for pharmaceutical dosage forms, involves reacting moist cellulose ether with aliphatic monocarboxylic acid anhydride and/or dicarboxylic acid anhydride
64	WO 2016111929	Producing a water-soluble cellulose derivative comprises reacting the alkali cellulose with derivatizing agents, washing, subjecting the moist cellulose derivative to homogenization and pressing the produced paste through a filter
65	WO 2016148970	Manufacture of aqueous composition for e.g. capsule shell, involves mixing esterified cellulose ether with carboxyl group, and aqueous liquid, maintaining neutralization degree of carboxyl group, and adjusting temperature of mixture
66	WO 2016148973	Esterified cellulose ether used in liquid composition for manufacture of coating dosage form and capsule shells, comprises aliphatic monovalent acyl groups and has preset weight average molecular weight and solubility in water
67	WO 2016148977	New esterified cellulose ether useful in e.g. liquid composition for coating dosage form and preparing polymeric capsule shell used in capsule, comprises aliphatic monovalent acyl groups and carboxylic acid containing compound

68	WO 2016148978	Preparing ester of cellulose ether, comprises reacting cellulose ether with dicarboxylic acid anhydride or combination of dicarboxylic acid anhydride and aliphatic monocarboxylic acid anhydride in absence of esterification catalyst
69	WO 2017061474	Cellulose acetate used in e.g. clothing fiber, comprises preset molar content of xylose with respect to total molar content of xylose, mannose and glucose, and has absorbance hue below preset value at preset wavelength
70	WO 9606208	Optically anisotropic cellulose solns. for fibre and membrane prepn. - comprise cellulose, phosphoric acid, anhydride and water, useful esp. for yarns used as reinforcement in vehicle tyres for rapid prepn
71	WO 9620960	Prepn of cellulose ester(s) having degree of substitution of 0.1-3.0 - by contacting cellulose material, carboxamide or urea-based diluent, acylating reactant and titanium-contg. Cpd
72	WO 9620961	Prepn. of cellulose ester(s) having degree of substitution of 0.1-3.0 - by contacting cellulose material, carboxamide or urea-based diluent, acylating reactant and insoluble sulphonic acid resin catalyst
73	WO 9631126	Cellulose-contg. food prod. having improved visual qualities - comprise cellulose@ derived from pulp having an ISO brightness of 80 to 90 as anti-caking or fat mimetic agents
74	WO 9704011	New photochemically cross-linked polysaccharide derivs. prepd. from non-polymerisable ester or carbamate derivs. of polysaccharide, useful as carrier for chromatographic separation of enantiomers - prepd. from non-polymerisable ester or carbamate derivs. of polysaccharide, useful as carrier for chromatographic separation of enantiomers
75	WO 9722739	Cellulose di:acetate fibres preparation used as filter tow - by contacting precipitation-acid stream and acid-dope stream containing cellulose di:acetate, acetic acid and water in laminar flow apparatus
76	WO 9740813	Barrier film composition for reduction of contact dermatitis - contains polysaccharide, low molecular weight synergistic saccharide, solvent, and an optional additive agent
77	WO 9856825	Preparation of hydrophobically modified anionic cellulose ether - comprises reacting an alkali metal cellulose with at least 3 specified types of alkylating agents e.g chloroacetic acid
78	WO 9902693	Novel microbial swollenin protein - useful to alter the cellulosic properties of a substrate e.g. in animal nutrition, paper making, laundry and textile detergents, etc
79	WO 9940120	A process for preparing a carboxylated cellulose ester

Anexo III. Procesos de producción de pulpa de celulosa.

1. Pulpa Kraft

El proceso de pulpeo Kraft (ver **Figura 55**) involucra la digestión de virutas de madera (también llamados *chips*) a temperatura y presión elevadas con licor blanco²¹, con el fin de disolver la lignina que une las fibras de celulosa [1]. El proceso Kraft está diseñado para recuperar los productos químicos de cocción y el calor producidos en las diversas etapas del proceso [1,2]; con ello se logra generar vapor y energía que se suministra a la fábrica [3].

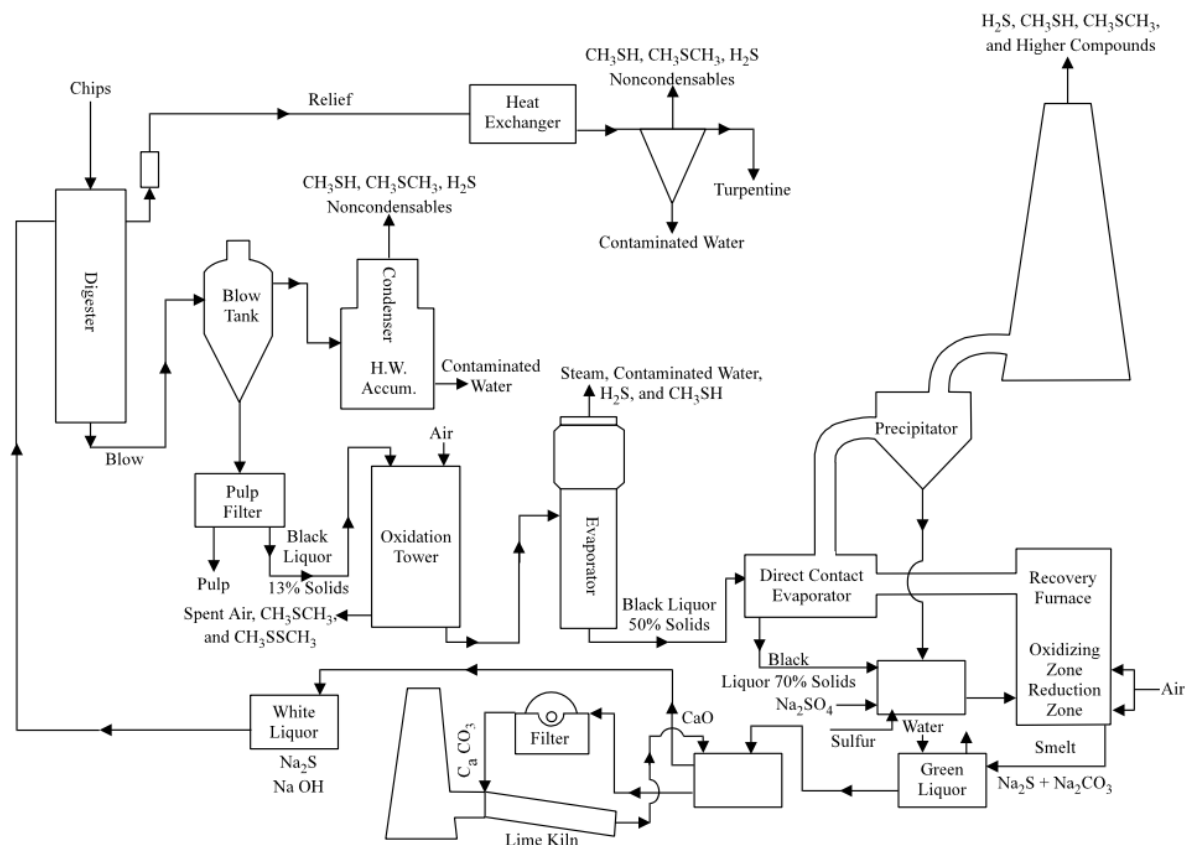


Figura 55. Descripción simplificada del proceso Kraft por lotes [1].

En el proceso Kraft se pueden usar sistemas de digestores discontinuos (por lote) o continuos. En un digestor por lotes, el contenido del digestor se transfiere a un tanque atmosférico (tanque de soplado) cuando la cocción está completa. Todo el contenido del tanque se envía a las lavadoras de pulpa, donde se separa el licor de cocción

²¹ Solución acuosa de sulfuro de sodio e hidróxido sódico

usado de la pulpa [1]. Posteriormente, la pulpa pasa por varias etapas de lavado y posiblemente blanqueo, tras lo cual es prensada y secada [1]. El proceso de blanqueo se explica en la sección siguiente. En contraste, las plantas de producción de pulpa Kraft que emplean digestores continuos no tienen la unidad de soplado [3].

i. Lavado y recuperación del licor

El licor de cocción usado y el agua de lavado de la pulpa se combinan para generar un licor negro débil, el cual se concentra en un sistema evaporador de efectos múltiples y da como resultado un producto con 50% de sólidos. En una etapa posterior, el licor negro alcanza el 70% de sólidos en un evaporador de contacto directo, a través de los gases de combustión del horno de recuperación, o en un concentrador de contacto indirecto [1]. La combustión de los orgánicos disueltos proporciona calor para generar vapor de proceso y convertir el sulfato de sodio en sulfuro de sodio [1]. A continuación, el líquido residual se disuelve en agua para formar el licor verde, el cual se transfiere a un tanque para la caustificación.

ii. Caustificación

En esta unidad de proceso convierte la solución residual en licor blanco con la adición de cal viva (óxido de calcio), el licor resultante es recirculado hacia la unidad de digestión. En el tanque de caustificación se precipita un lodo de cal que posteriormente se calcina en un horno (*Lime klin*) para regenerar la cal viva [1].

Un paso alterno a esta fase es la mezcla del líquido residual con una solución cáustica débil, para obtener el licor verde (principalmente Na_2S y Na_2CO_3) que posteriormente se clarifica y reacciona con cal apagada [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] para formar NaOH y CaCO_3 . El CaCO_3 se convierte en CaO en un horno [3].

iii. Blanqueo de la pulpa de celulosa

Este proceso se realiza en varias etapas donde se refina y aclara la pulpa de celulosa, con el fin de disolver la lignina que no se pudo eliminar en el digestor, procurando la integridad de las fibras [3]. Cada etapa del blanqueo se caracteriza por el producto químico empleado, el pH de la disolución, temperatura y tiempo de proceso, ver **Tabla 26**. Posteriormente se remueve el agente blanqueante mediante un agente cáustico, para finalmente pasar la pulpa por tamices y limpiadores [3].

Tabla 26. Agentes blanqueantes y condiciones para su empleo [3].

	Símbolo	Concentración del agente (%)	pH	Consistencia *(%)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)
Cloro (Cl ₂)	C	2.5-8	2	3	20-60	0.5-1.5
Hidróxido sódico (NaOH)	E	1.5-4.2	11	10-12	<80	1-2
Dióxido de cloro (ClO ₂)	D	≈ 1	0-6	10-12	60-75	2-5
Hipoclorito sódico (NaOCl)	H	1-2	9-11	10-12	30-50	0.5-3
Oxígeno (O ₂)	O	1.2-1.9	7-8	25-33	90-130	0.3-1
Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)	P	0.25	10	12	35-80	4
Ozono (O ₃)	Z	0.5-3.5	2-3	35-55	20-40	<0.1
Dióxido de azufre (SO ₂)	A	4-6	1.8-5	1.5	30-50	0.25
Ditiosulfato sódico (NaS ₂ O ₄)	Y	1-2	5.5-8	4-8	60-65	1-2
*Concentración de fibra en solución acuosa						

2. Pulpa al sulfito

En el proceso al sulfito, debido a que la corteza de los troncos produce suciedad, los troncos se descortezan mediante aspersión de agua antes de ser convertidos en astillas [2]. En este proceso se utiliza una mezcla de ácido sulfuroso (H₂SO₃) e ión bisulfito (HSO₃⁻) para solubilizar la lignina [2]; el ión bisulfito puede obtenerse de especies de sulfitos ácidos y bisulfitos, ya que el mecanismo de ataque elimina a la lignina en forma de sales de ácido lignosulfónico y la estructura molecular de la celulosa permanece casi intacta.

De acuerdo con información de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América (EPA, por sus siglas en inglés), en el proceso de sulfito ácido la cocción se realiza en un rango de pH entre 1 y 2 [4]. La cocción tradicional al sulfito ácido de calcio debe realizarse con un pH de alrededor de 1.5, sobrepasar ese límite origina compuestos insolubles. En este proceso se generan pulpas de diferentes calidades, las de alto rendimiento se obtienen normalmente usando ión bisulfito como especie química activa predominante. Por su parte, una cocción prolongada utilizando temperatura y acidez mayores produce pulpa con alto contenido de alfa-celulosa [2]. En la **Tabla 27** se presentan las condiciones de pulpeo al sulfito.

Tabla 27. Condiciones de operación del proceso al sulfito [2].

	Sulfito ácido	Bisulfito
Reactivos	H ₂ SO ₃ M*(HSO ₃)	M*(HSO ₃)
Tiempo de cocción (h)	4-20	2-4
pH del licor	1-2	3-5
Temperatura de cocción (°C)	120-135	140-160
M* = Ca, Mg, Na, NH ₄		

En tanto que en el proceso con bisulfito, las condiciones de pH que reporta la EPA [4] se encuentran entre 2 y 6 y las que se publican en el Manual para técnicos de pulpa y papel son entre 3 y 5 [2]. Las bases químicas que pueden ser empleadas incluyen magnesio (Mg), amoníaco (NH₄), sodio (Na) o calcio (Ca) [2]. Las bases Mg y Na pueden ser recuperadas, no ocurre lo mismo con el Ca ni el NH₃ dado que se destruye cuando el licor gastado se quema [4]. De modo similar, el dióxido de azufre usado en el licor de cocción puede reponerse [4].

Las pulpas al sulfito son más claras que las pulpas Kraft y pueden blanquearse con más facilidad, para ello deben tener un bajo contenido de lignina. El proceso de sulfito no es apto para coníferas ricas en resinas ni las frondosas que contienen taninos [2].

Descripción del proceso:

A continuación se presenta una descripción del proceso al sulfito obtenido del Manual para técnicos de pulpa y papel [2]. En la **Figura 56** se muestra el esquema general del mismo.

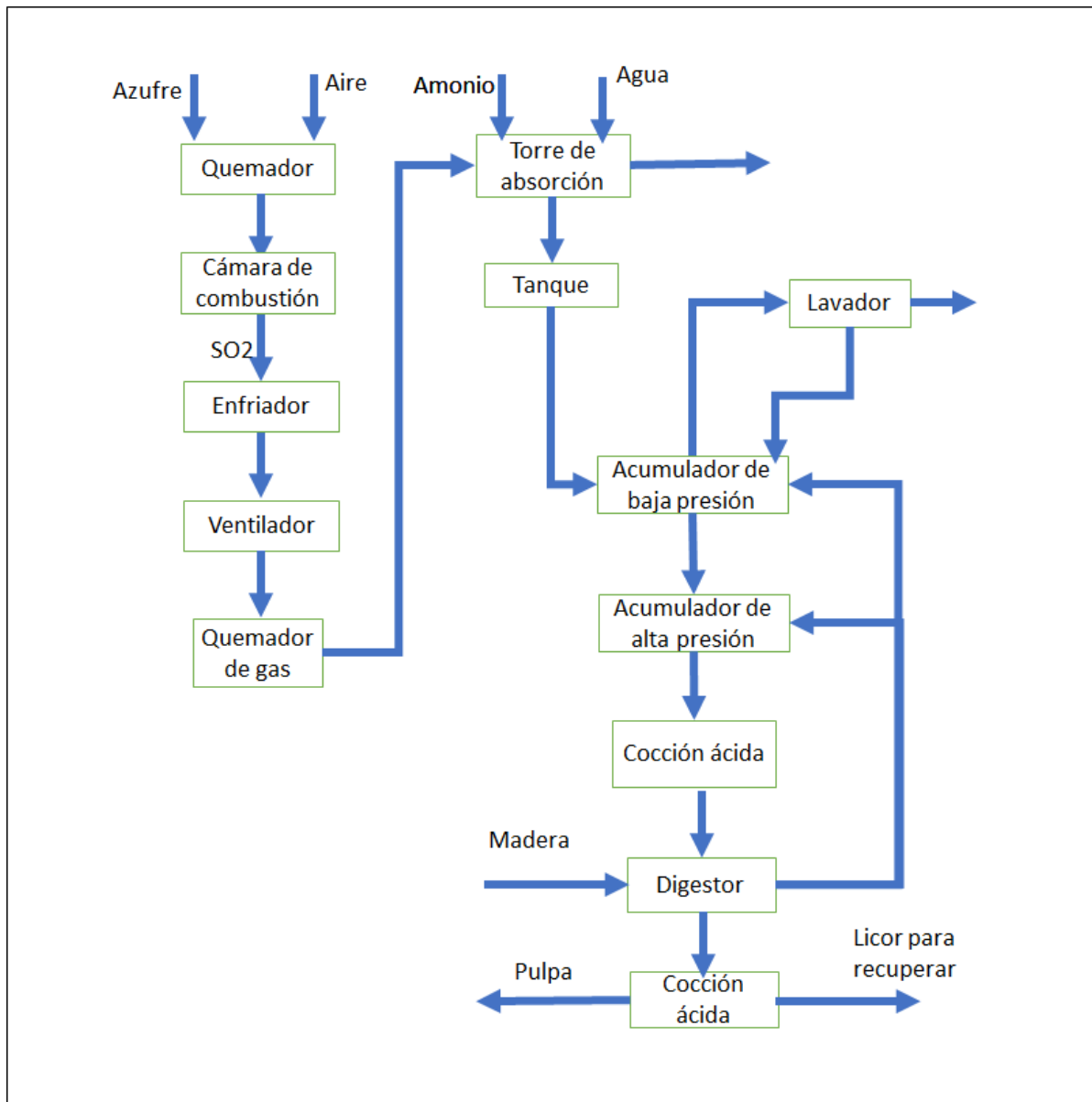


Figura 56. Proceso al sulfito con base amonio [2].

- El licor es el resultado de la reacción de combustión de azufre (parte superior izquierda del proceso), lo cual genera SO_2 gas que posteriormente es absorbido en la solución alcalina de la base, en la torre de absorción.
- En las plantas productoras de sulfito al calcio se empleaba caliza en la torre de absorción de gas. En contraste las fábricas más modernas emplean una base soluble en forma de NH_4OH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ o Na_2CO_3 .
- La etapa de absorción da paso al ácido crudo de cocción que es una mezcla de SO_2 libre y SO_2 combinado, posteriormente se fortifica en los acumuladores de baja y alta presión con el SO_2 procedente de los digestores.
- La operación de cocción se realiza de manera intermitente en un recipiente en a presión. El digestor se carga primero con la astilla y se tapa, posteriormente se adiciona ácido caliente procedente del acumulador de alta presión. En este

digestor se controla la presión del gas mediante extracción del SO₂ gas que se envía al acumulador. La astilla reacciona con el ácido cuando la temperatura excede los 110°C, dicha reacción se lleva a cabo entre 6 y 8 horas. Es aconsejable un incremento lento de la temperatura hasta un intervalo de 130 a 140°C, esto último con el fin de evitar policondensación de la lignina.

- La duración de cocción depende del grado de deslignificación deseado; sin embargo, el tiempo no debe pasar de un punto óptimo, ya que los efectos son adversos para la resistencia, la viscosidad y polimerización de la pulpa. Otros parámetros por considerar son la humedad y calidad de la madera. Cuando falta de 1 a 1.5 horas, se detiene la cocción.
- Seguidamente, en el digestor se alivia la presión gradualmente hasta llegar a 1.4-1.75 kg/cm². Entonces la pulpa es soplada a una tina o tanque y los gases son lavados para recuperar el SO₂.
- En las fábricas viejas, la lejía roja es drenada por placas filtrantes en la tina; sucesivamente la pulpa es rociada con agua y se elimina el licor residual. En los métodos modernos se emplea un proceso continuo en vez de lavado intermitente.
- Por último, la pulpa es depurada y clasificada.

3. Pulpa para disolver

A continuación se describe el proceso para la producción de pulpa para disolver de conformidad con lo expuesto por el Manual para técnicos de pulpa y papel [2]:

- El proceso inicia con la maceración de la celulosa en sosa cáustica.
- El álcali-celulosa es envejecida y posteriormente disuelta en disulfuro de carbono, con ello se genera un líquido naranja denominado xantano.
- Tras la extrusión del xantano en un baño de ácido sulfúrico se regenera la celulosa pura.

4. Bibliografía.

1. Epa, U.S.; OAR; Office of Air; Standards Chapter 10: Wood Products Industry, AP 42, Fifth Edition, Volume I Available online: <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch10/index.html> (accessed on Jan 21, 2018).
2. Smook, G.A. *Manual para técnicos de pulpa y papel*; Tappi Press, 1991; ISBN 9780898520552.
3. Organización Internacional del Trabajo, O. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo Available online: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=a981ceffc39a5110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD> (accessed on Dec 4, 2017).
4. EPA Kraft, Soda, Sulfite, and Stand-Alone Semichemical Pulp Mills (MACT II): National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP) for Chemical Recovery Combustion Sources Available online: <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/kraft-soda-sulfite-and-stand-alone-semichemical-pulp-mills-mact-ii> (accessed on Jan 10, 2019).