



Universidad de Concepción  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Civil Química

# IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA DE CELULOSA EN CHILE



Nombre: Gabriela Torres Fuica  
Profesores: Marlene Roeckel  
Ljubisa Radovic  
Fecha: Septiembre 2017  
Lugar: Concepción  
E-mail: [gtorresf@udec.cl](mailto:gtorresf@udec.cl)

## Capítulo 1. Sumario

---

Como productor de celulosa, Chile ocupa el 9° lugar a nivel mundial, por lo que dependemos económicamente de este recurso. Es por esto que actualmente se han ido introduciendo nuevas tecnologías y técnicas en las etapas del proceso de producción, con el fin de reducir los residuos, efluentes y emisiones a la atmósfera; y contribuir así, con la protección del medio ambiente. Sin embargo, a pesar de esto, el nivel de contaminación sigue siendo considerable.

Este informe se basa en información recopilada de artículos como “Effect of solid residues from the cellulose industry on plant growth” de Jordan M. y Rodriguez E., “Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres” de Shen L., Worrell E. y Patel M.; y de documentos de sitios Web de organizaciones como TERRAM, ODEPA, CORMA, entre otros.

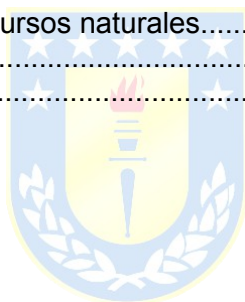
El objetivo principal es dar a conocer los impactos ambientales que provocan las industrias de Celulosa en Chile, desde la extracción de la materia prima, hasta el tratamiento de efluentes; y el efecto que éstos generan sobre el ecosistema.

Conociendo las diversas etapas de proceso de producción, y las principales industrias de celulosa en nuestro país, se puede concluir que el impacto ambiental que provocan se puede dividir en dos tipos: degradación del medio ambiente y agotamiento de los recursos naturales. Además, en relación a las emisiones a la atmósfera, se obtuvo información sobre SO<sub>2</sub> de un 57,1 % de las empresas y para valores de partículas totales suspendidas (PTS), y CO<sub>2</sub>, de un 42,9% de ellas. El mismo porcentaje de empresas indicó que reutilizaba en un 41,1% las aguas de proceso, y el 75% de estas, indicó que realizaban análisis ecotoxicológicos para evaluar la toxicidad de sus efluentes, un 42,9% se refirió a las nuevas tecnologías de blanqueo y un 66,7% indicó que estaban estudiando tecnologías de bioblanqueo.



# INDICE

<b>CAPITULO 1. SUMARIO</b> .....	2
<b>CAPITULO 2. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
2.1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	4
2.2 OBJETIVOS.....	5
2.2.1 Objetivo general.....	5
2.2.2 Objetivos específicos.....	5
<b>CAPITULO 3. METODOLOGÍA</b> .....	6
<b>CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	7
4.1 ETAPAS PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA CELULOSA.....	7
4.1.1 Fase 1: Preparación de la Madera.....	7
4.1.2 Fase 2: Cocción.....	7
4.1.3 Fase 3:	
Blanqueo.....	8
4.1.4 Fase 4: Secado y Embalado.....	8
4.1.5 Fase 5: Recuperación y Energía.....	8
4.1.6 Fase 6: Tratamiento de Efluentes.....	8
4.2 INDUSTRIA DE CELULOSA EN CHILE.....	9
4.3 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	9
4.3.1 Degradación del medio ambiente.....	9
4.3.2 Agotamiento de los recursos naturales.....	10
<b>CAPITULO 5. CONCLUSIÓN</b> .....	11
<b>CAPITULO 6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	12



## Capítulo 2. Introducción

---

### 2.1 Introducción general

En nuestro país, después de la industria del cobre, el sector forestal es el más relevante. En este último destaca la producción de celulosa, elemento constitutivo de la madera, representando casi un 45% del valor total de la producción del sector.

Como productor de celulosa, Chile ocupa el 9° lugar a nivel mundial, con aproximadamente 3 millones de toneladas anuales; y, como país exportador, ocupa el quinto lugar, detrás de las cuatro potencias mundiales en esta materia, que son Canadá, Estados Unidos, Brasil y Suecia (CORMA, 2015).

Debido a lo anterior, existe una gran dependencia económica con las industrias de celulosa en nuestro país, y por ende, debemos informarnos y crear conciencia sobre el impacto que provocan en el medio ambiente.

Cabe destacar que este escenario de desarrollo industrial y forestal ha provocado conflictos ambientales en todo el mundo. Específicamente en América del Sur han tenido lugar accidentes que suscitaron la preocupación y el movimiento de organizaciones sociales ambientalistas, como lo son Greenpeace y Acción por los cisnes, y de la sociedad en sí. A modo de ejemplo, tenemos el caso del accidente de la Industria Cataguazes, ocurrido el 2003 sobre el río Pomba en Minas Gerais (Brasil), y lo acontecido en el sur de nuestro país en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en el río Cruces (2004), en donde fueron vertidos residuos industriales líquidos desde la Planta Valdivia de CMPC, causando la muerte y migración del cisne de cuello negro, especie emblemática de la zona, entre otras especies (CORMA).

En trabajos de otros autores, se han analizado las consecuencias ambientales de la industria de la pulpa y del papel, considerando los impactos puntuales que producen los efluentes industriales y los gases derivados del funcionamiento de las plantas de celulosa; y los impactos difusos de las transformaciones en el uso del suelo por la implantación de árboles (Altesor, A. et al, 2008); se ha evaluado el ciclo de vida de 3 tipos de fibras de celulosa hechas por el hombre (Viscosa, Modal y Tencel), y su impacto en el medio ambiente, al compararlas con otras fibras de productos básicos: algodón, PET y PP (Shen L., Worrell E. y Patel, M., 2010); y en otros casos, se ha estudiado el uso alternativo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos como fertilizantes de una industria de celulosa Kraft, con el objetivo de aumentar el crecimiento de las plantas (Jordan M. y Rodriguez E., 2004) [9].

Es preciso señalar que la industria de celulosa en Chile está incorporando mejoras tecnológicas en sus procesos productivos, especialmente en la fase de blanqueo. Sin embargo, aunque son ambientalmente reconocidas, la mayor cantidad de celulosa que se produce en el país sigue siendo blanqueada con cloro, compuesto que produce emisiones tóxicas dañinas para la salud y el medio ambiente (Fundación TERRAM, 2001).

De acuerdo a lo planteado, el objetivo principal de este trabajo es dar a conocer los tipos de impactos ambientales que provocan las industrias de celulosa en Chile, desde la extracción de la materia prima, hasta el tratamiento de efluentes. Específicamente, se espera informar sobre cada una de las etapas que componen el proceso de producción de la celulosa, las principales Plantas ubicadas en el Sur de nuestro país y el efecto que producen los residuos sólidos, efluentes líquidos y emisiones expulsadas a la atmósfera, sobre el ecosistema.

## 2.2 Objetivos

### 2.2.1 Objetivo general

Dar a conocer el impacto ambiental que provocan las industrias de celulosa en Chile, desde la extracción de la materia prima, hasta el tratamiento de efluentes.

### 2.2.2 Objetivos específicos

- Conocer la importancia de la industria de celulosa en nuestro país a nivel internacional.
- Informar sobre las diversas etapas en el proceso de producción de la celulosa.
- Conocer las principales industrias de celulosa en el Sur de Chile.
- Evaluar los impactos ambientales del proceso.



## Capítulo 3. Metodología

---

En el presente informe se utilizaron diversas metodologías, principalmente información recopilada de “web of science”, mediante las palabras clave: “cellulose” en título, y “environment\*”, “environmental impact” en tópicos, obteniendo un total de 46 resultados.

El criterio de selección de artículos fue el número de veces citados, destacando entre estos, el artículo “Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres” de Shen L., Worrell E. y Patel M., de la revista “Resources, Conservation and Recycling”, específicamente el volumen 55, número 2, páginas 260-274, publicado en Diciembre del 2010, el cual fue 21 veces citado. [12]

Nuevamente, se utilizó la base de datos “web of science”, con la palabra clave “cellulose industry” en título, en donde se obtuvieron 17 resultados. Con el criterio de número de veces citados, se seleccionó el artículo “Effect of solid residues from the cellulose industry on plant growth” de la revista “Journal of Plant Nutrition and Soil Science”, escrito por Jordan M. y Rodriguez E., precisamente ubicado en el volumen 167, número 3, en las páginas 351–356, publicado en Junio del 2004, con un total de 9 veces citado [9].

Además, se utilizó información extraída de documentos y estudios, específicamente un paper escrito por Nicolás Gallo Rindeling, Arquitecto de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, publicado el año 2013 [11]; un artículo de la revista “Ecología Austral” de Argentina, llamado “La industria de la celulosa y sus efectos: certezas e incertidumbres”, publicado en el volumen 18 número 3, desde septiembre a diciembre del 2008 [1] y dos presentaciones publicadas por Greenpeace, llamadas “Presentación Campaña de Bosques” y “Presentación en Power Point sobre campaña Celulosas”, ambas publicadas el 31 de Julio del 2006, las cuales se pueden encontrar en el sitio web de Greenpeace Chile, en el enlace a Documentos y posteriormente en categoría Bosques [7],[8].

Cabe destacar que parte de la información fue adquirida de páginas web de diversas organizaciones, como lo son la Fundación TERRAM [6], la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) [10], el Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA) [4], la Corporación Chilena de la madera (CORMA) [3], Celulosa Arauco [2], y de organizaciones ambientales, como Greenpeace y Acción por los Cisnes.

Por último, el diagrama y tabla presente en el informe, fue proporcionada por los sitios web de las actuales industrias de celulosa en Chile, como lo son, celulosa Arauco y CMPC; y la página web de Fundación TERRAM [6].

## Capítulo 4. Resultados y discusión

---

La celulosa, de fórmula molecular  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , es considerada la biomolécula orgánica más abundante, debido a que forma la mayor parte de la biomasa de la corteza terrestre y se encuentra en gran medida en la pared de las células vegetales. Químicamente, es un polímero natural formado por unidades de glucosa, las cuales se encuentran unidas entre sí por un compuesto químico complejo llamado lignina que le da la rigidez [2].

La fabricación de la celulosa consiste en separar la fibra de la lignina mediante procesos industriales químicos o mecánicos. Dependiendo del proceso de producción, las industrias de celulosas se pueden clasificar en:

- Celulosa Química: se obtiene de un proceso de cocción de chips (madera) con productos químicos, para disolver la lignina y liberar las fibras de celulosa. Método menos eficiente que el mecánico, pero con resultados de mejor calidad. Su pasta puede ser reciclada 5 a 10 veces.
- Celulosa Mecánica: proceso en el cual la madera es molida y triturada mecánicamente, siendo sometida a altas temperaturas y presiones para ablandar la lignina. Método más eficiente en cuanto a cantidad de pasta producida por unidad de madera, pero de menor calidad, se utiliza principalmente para diarios o guías telefónicas. Puede ser reciclada 3 o 4 veces.

### 4.1 Etapas del proceso de producción de la celulosa

Nos centraremos principalmente en las industrias de celulosas químicas, pues estas son las que generan más residuos y efluentes al medio ambiente, ya que se utiliza un proceso químico denominado kraft o sulfato, de 6 etapas, el cual consta de separar la lignina de las fibras de la madera para obtener una pulpa de alta resistencia [8].

#### 4.1.1 Fase 1: Preparación de la madera

Primero se descortezan los troncos de los árboles, debido a que la corteza no es apta para la fabricación de pastas por su alto contenido de lignina, llevando estos restos a la caldera de biomasa. Los troncos descortezados deben ser transformados en chips o astillas, por medio de la máquina de astillas, comúnmente llamada chispeador, con el objetivo de facilitar su transporte, manipulación y el proceso de chispeado en sí. Luego, se introducen las astillas en un harnero y se agrupan en pilas de acopio para su posterior clasificación por tamaño. Los chips de tamaño normal continúan a la fase siguiente, los de gran tamaño son devueltos para ser astillados nuevamente y los finos convergen junto con la corteza a la caldera de biomasa, donde son quemados para generar vapor, utilizado para producir energía eléctrica.

#### 4.1.2 Fase 2: Cocción

Desde la pila de acopio, los chips son extraídos, clasificados y conducidos hacia la tolva de astillas, donde son impregnados con vapor de agua para eliminar su contenido de aire. En el digestor, las astillas son literalmente cocidas con una sustancia denominada Licor Blanco, a alta temperatura y presión. Esta sustancia es una solución acuosa compuesta por sulfuro de sodio ( $Na_2S$ ) e hidróxido de sodio ( $NaOH$ ), y tiene el objetivo de romper las uniones de lignina y liberar las fibras de celulosa. En la medida que las astillas avanzan hacia abajo en el digestor, se van transformando en pasta de celulosa, y además, se genera un residuo denominado Licor Negro, el cual está compuesto por el Licor Blanco mezclado con la lignina y otras sustancias de la madera. Este Licor Negro es recuperado para ser procesado posteriormente en otro sector de la planta, por lo que sólo un porcentaje muy minoritario de los residuos sólidos del digestor debe ser enterrado en los vertederos.

La pasta de celulosa que sale del digestor es lavada y clasificada a través de varios filtros, obteniéndose lo que se denomina celulosa cruda o celulosa sin blanquear. Esta pasta de celulosa tiene aún un contenido importante de lignina, que le da una tonalidad de color café.

#### 4.1.3 Fase 3: Blanqueo

Los principales productos químicos utilizados en esta etapa son el dióxido de cloro, oxígeno y peróxido de hidrógeno. Actualmente, se ha ido incorporando una etapa denominada deslignificación con oxígeno, la cual tiene dos importantes beneficios: reducir el consumo de químicos en las etapas posteriores de blanqueo y permitir que la lignina removida en la primera estación de lavado pueda ser reprocesada.

El blanqueo de la celulosa continúa agregando en sucesivas etapas distintos productos químicos que oxidan o modifican la estructura molecular de la lignina y otros elementos presentes en la pasta de celulosa cruda, facilitando su disolución y posterior extracción. Esta pasta es lavada al final de cada etapa para remover los materiales orgánicos solubles.

#### 4.1.4 Fase 4: Secado y embalado

En esta etapa, la pasta es distribuida uniformemente sobre una máquina que es accionada por varios rodillos que sacan el agua de la pulpa por gravedad y cajas de succión conectadas a bombas de vacío, dándole la forma de una lámina. Esta lámina, entra a los pre-secadores, grandes cilindros en cuyo interior circula vapor a altas temperaturas, luego, pasa a los secadores principales, que por dentro están equipados de diversos rodillos calientes que la conducen a través de calentadores por convección y radiadores infrarrojos. Después, pasa por la unidad cortadora, que la deja en forma de pliegos, los que se apilan, se prensan y se embalan en una unidad denominada fardo. Finalmente agrupando ocho fardos, se almacenan en las bodegas. [8]

#### 4.1.5 Fase 5: Recuperación y Energía

En todas las plantas de celulosa modernas del mundo, el proceso de producción está diseñado y programado para la recuperación y reutilización de los distintos componentes que intervienen en las cuatro primeras fases, estructurándose así un sistema de autoalimentación para el funcionamiento de la planta industrial en su conjunto. Así, esta fase, si bien no se relaciona directamente con la celulosa en sí, contribuye a su proceso de producción a través de la generación de energía y la recuperación de los productos químicos que la planta requiere. Ejemplo de esto son las cortezas, aserrines y astillas subdimensionadas, que son transportadas a las calderas de poder para ser aprovechadas como combustible y generar vapor, el cual es conducido hacia un turbo generador, generando energía eléctrica en los procesos de la planta industrial o para su venta al Sistema Interconectado Central.

#### 4.1.6 Fase 6: Tratamiento de efluentes

Los residuos líquidos deben ser purificados en plantas de tratamiento, con el propósito de eliminar todas las sustancias que puedan producir un impacto adverso en el medio ambiente, antes de devolver el efluente a los ríos.

El proceso de purificación del efluente se desarrolla sometiéndolo a una serie de tratamientos:

- Tratamiento Primario: Operaciones físicas que tienen por objetivo principal remover los sólidos suspendidos y material no disuelto, como por ejemplo, grasas, fibras, etc.
- Tratamiento Secundario: Tiene el objetivo de reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del agua residual mediante un proceso biológico aeróbico.

## 4.2 Industria de celulosa en Chile



Como bien sabemos por todo lo anterior, la celulosa está muy presente en la vida diaria, ya que constituye la materia prima básica en la fabricación del papel, utilizado ya sea en embalajes, filtros, papel higiénico o bien, en la fabricación de libros, revistas, periódicos, entre otros.

Planta	Ubicac.	Propietario	Tipo de Celulosa	Capacidad (miles ton)
Licancel	VII Reg.	Celulosa Arauco	BSKP	110
Celco	VII Reg.	Celulosa Arauco	UKP	360
Laja	VIII Reg.	Empresas CMPC	BSKP-UKP	340
Pacífico	IX Reg.	Empresas CMPC	BSKP	480
Arauco I	VIII Reg.	Celulosa Arauco	BSKP-BEKP	260
Arauco II	VIII Reg.	Celulosa Arauco	BSKP	480
Santa Fe (*)	VIII Reg.	Empresas CMPC	BEKP	340
Inforsa	VIII Reg.	Empresas CMPC	Mecánica	190
Papeles Bio Bio	VIII Reg.	Norske Skog	Mecánica	100
Cartulinas Maule	VII Reg.	Empresas CMPC	Mecánica	90
Cartulinas Valdivia	X Reg.	Empresas CMPC	Mecánica	10

**Tabla 4.1 Industrias de celulosa en el Sur de Chile.**  
Recuperado de Fundación TERRAM [6]

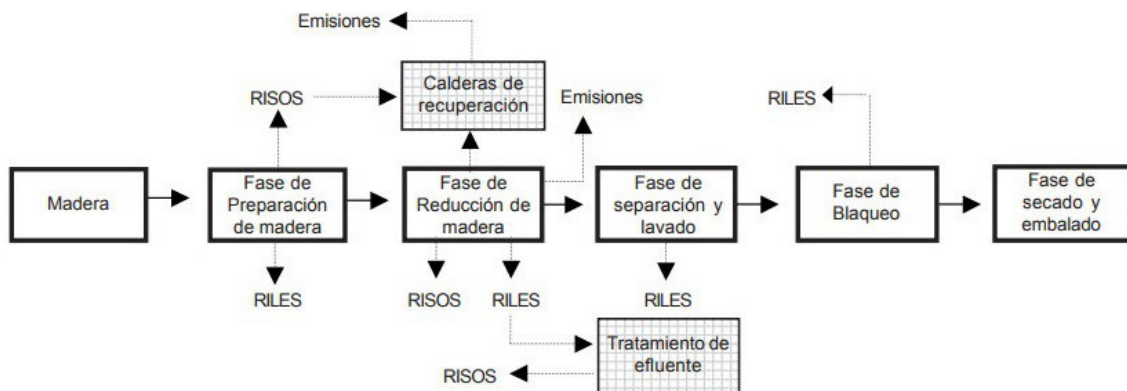
De la tabla 3.1, podemos ver que en el Sur de nuestro país, actualmente, existen once plantas de celulosa, de las cuales siete usan procesos químicos kraft, y cuatro utilizan procesos mecánicos. El tipo de celulosa que más se produce en Chile es la blanca de fibra larga BSKP (Celulosa Kraft Blanqueada de Pino Radiata), destinada principalmente a la exportación. También se produce celulosa de fibra larga, la que corresponde a aquella no blanqueada UNP (Unbleached Kraft Pulp) y la celulosa blanca de fibra corta BEKP (Celulosa Kraft Blanqueada de Eucalipto). Además, el mercado forestal está controlado por dos grandes bloques económicos, los grupos Angelini, (Celulosa Arauco), con un 43% y Matte (Empresas CMPC), con el 57% restante. [6]

### 4.3 Evaluación de los impactos ambientales

Existen dos tipos de impactos ambientales asociados a la producción de celulosa. Los primeros, que se pueden determinar como los que degradan el medio ambiente y los segundos como los que producen agotamiento de los recursos naturales.

#### 4.3.1 Degradación del medio ambiente

Este impacto hace alusión al deterioro que se observa en los componentes del ambiente debido al desarrollo de alguna actividad económica. Los contaminantes que provocan estos impactos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos.



**Figura 4.1 Diagrama del proceso productivo y generación de residuos, efluentes y emisiones de la Industria de Celulosa Kraft.**  
Recuperado de Fundación TERRAM [6]

De acuerdo a la figura 3.1, en primer lugar tenemos los residuos industriales sólidos (RISOS), que se encuentran en 3 etapas del proceso. Primero en la fase de preparación, en donde las cortezas de madera causan un impacto debido a su combustión, al ser utilizadas como alimentación en las calderas. Segundo, en la fase de reducción, ya que se genera una gran cantidad de residuos de fibra de celulosa, los que al ser depositados en los cuerpos de agua, ocasionan un exceso de materia orgánica, lo que a su vez, provoca grandes problemas en el ecosistema acuático por el consumo de grandes cantidades de oxígeno en su proceso de degradación, reduciendo la probabilidad de vida en el mar. Por último, en aquellas industrias donde se tratan los residuos líquidos, se produce un remanente que debe descartarse periódicamente, el cual es secado y generalmente usado como relleno. En segundo lugar, tenemos los residuos industriales líquidos (RILES) que se generan en tres fases del proceso de producción: en la preparación, reducción y blanqueo. En la fase de preparación de la madera se producen RILES con altos niveles de sólidos suspendidos, mientras que los efluentes originados en el proceso de reducción, se caracterizan por su alto contenido de sustancias orgánicas. Sin embargo, estos, por lo general, son tratados antes de lanzarlos al medio ambiente. Por último, en la fase de blanqueo, los efluentes se caracterizan por la presencia de compuestos AOX, tales como: dioxinas, cloroformo y compuestos clorofenólicos. Entre estos últimos se incluyen los clorofenoles, clorocatecoles y cloroguaicoles, todos ellos muy peligrosos por ser liposolubles, ya que se acumulan en los tejidos grasos de los animales, poseen un alto grado de toxicidad y tienen difícil degradación. Cabe destacar que en el ser humano, estos compuestos pueden producir dermatitis y conjuntivitis de contacto, contribuir al desarrollo de bronquitis crónica, producir cáncer y problemas de desarrollo; y, de los efectos producidos en la fauna marina, se pueden destacar, la suspensión de la fotosíntesis y del fitoplancton (base de la cadena trófica acuática), el aumento de la mortandad y las malformaciones de peces alevines. Por último, a lo largo del proceso de producción de celulosa, podemos identificar la generación de emisiones atmosféricas, en forma de gases y partículas, provenientes de la fase de reducción química de la madera, en donde los principales gases emitidos a la atmósfera son óxidos de nitrógeno (NOx), con un efecto acidificador sobre los suelos, dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), causante de los malos olores característicos de la industria y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principal componente eliminado en los procesos de combustión, que junto con los NOx, son los autores del efecto invernadero responsable del calentamiento global; y las emisiones de partículas son originadas en las calderas de recuperación del licor negro [6].

En cuanto a porcentajes, en relación a las emisiones a la atmósfera, se obtuvo información sobre SO<sub>2</sub> de un 57,1 % de las empresas y para valores de partículas totales suspendidas (PTS), y CO<sub>2</sub>, de un 42,9% de ellas. El mismo porcentaje de empresas indicó que reutilizaba en un 41,1% las aguas de proceso. Además, el 75% de estas empresas indicó que realizaban análisis ecotoxicológicos para evaluar la toxicidad de sus efluentes, un 42,9% se refirió a las nuevas tecnologías de blanqueo y un 66,7% indicó que estaban estudiando nuevas tecnologías de bioblanqueo [5].

#### 4.3.2 Agotamiento de los recursos naturales

Como la principal materia prima de esta industria es la madera, para su desarrollo han sido eliminadas considerables áreas de bosque nativo, con el fin de aumentar la extensión de plantaciones de eucalipto y pino en el país. Es así, que la superficie de plantaciones se ha ido extendiendo a través de un cambio en el uso del suelo a uno forestal, ya sea por sustitución del bosque nativo (forestación) o por la replantación en suelos donde ya existían plantaciones anteriormente (reforestación).

Además, al tener plantaciones de monocultivos (pinos y eucaliptos), se afecta en gran medida la diversidad ecológica del ecosistema, ya que reemplazan totalmente el paisaje natural y expulsan a los pobladores locales a las ciudades o a regiones vecinas. A partir de la propia experiencia de los pobladores, estos describen aquellas plantaciones como “desiertos verdes”, “árboles venenosos”, o “jaulas de pinos”. Sin embargo, existen casos en que se ocupan tierras erosionadas por cosechas agrícolas intensas, causando un menor daño al ecosistema.

Por último, cabe destacar que los pinos y eucaliptos consumen entre 20 a 40 litros de agua diaria, por lo que cada vez que las plantaciones de las industrias forestales se acercan a las zonas habitadas, acaban con el agua produciendo sequía, y provocan la acidificación del terreno, haciendo imposible volver a reutilizar la tierra para sembrar o cosechar.

## Capítulo 5. Conclusiones

---

En conclusión, se puede señalar que:

- Las industrias de celulosa se pueden clasificar en celulosas químicas o celulosas mecánicas, en donde la principal diferencia radica en la forma de separación de la lignina, puesto que en las plantas químicas, se utiliza el proceso Kraft y en las mecánicas, sólo se procede a moler y triturar la madera.
- El proceso Kraft es el proceso químico mas utilizado en la industria de celulosa, y a pesar de que se han ido introduciendo nuevas tecnologías y técnicas menos contaminantes en las plantas actuales, sigue generando un gran impacto al ecosistema producto de los residuos, efluentes y emisiones que se propagan en cada una de las etapas del proceso.
- Sin duda las fases 5 y 6 del proceso Kraft, recuperación y energía, y tratamiento de efluentes respectivamente, son unas de las mas importantes desde el punto de vista ecológico y medio ambiental; debido a que en la primera, la mayoría de los desechos generados por las Plantas van a ser reutilizados para el propio funcionamiento de las maquinarias, y en la segunda, se busca minimizar al máximo la cantidad de sustancias que puedan provocar un impacto al ecosistema, ya sea a nivel de suelo, aire o mar.
- En Chile predominan dos grandes grupos económicos en lo que respecta a materia forestal, que son los grupos Angelini con Celulosa Arauco, y Matte con las empresas CMPC.
- En cuanto al impacto ambiental de las industrias de celulosa, se distinguen principalmente dos: la degradación del medio ambiente y el agotamiento de los recursos naturales. La primera, ocasionada en las fases de producción de la celulosa, provocada por la liberación de residuos sólidos, efluentes y emisiones a la atmosfera, como lo son los compuestos azufrados, que generan los malos olores; y óxidos de nitrógeno, que poseen un efecto acidificador sobre los suelos, y llegan a producir la lluvia ácida. Y la segunda, con una clara presión sobre el bosque nativo, causada por el desequilibrio que se genera en el ecosistema al abusar del terreno, con la forestación o reforestación y monocultivos, que provocan sequías y suelos infértiles o eutrofizados.

## Bibliografía

- [1] Altesor, A. et al. La industria de la celulosa y sus efectos: certezas e incertidumbres. *Ecología austral. Volumen 18 (3) (2008)*. (consultado el 8 de agosto del 2017).
- [2] Celulosa Arauco. Productos – Celulosa. Recuperado 19 agosto del 2017, de <http://www.arauco.cl/chile/>
- [3] Corporación Chilena de la Madera. Perfil del sector – Mercados. Recuperado el 19 agosto del 2017, de <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/mercados>
- [4] Cuenca L., Coordinador Nacional del Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA). Celulosa Arauco en Valdivia: El desastre ambiental en el Río Cruces, resultado del modelo forestal chileno. Recuperado 26 Agosto del 2017, de <http://www.olca.cl/oca/chile/region10/cisnes152.htm>
- [5] De la Maza, C.L., J. González y M. Alexandroff. Indicadores de contaminación generados por la industria forestal en Chile. *Ciencias Forestales, Volumen 12-13 (1-2)*, pág. 65-76. (1997-1998).
- [6] Fundación TERRAM. Evaluación de los impactos en la industria celulosa, 2001. Recuperado 26 Agosto 2017, de [http://www.terram.cl/?s=celulosa&tipos=0&post\\_type=publicaciones](http://www.terram.cl/?s=celulosa&tipos=0&post_type=publicaciones)
- [7] Greenpeace Chile. Presentación campaña de Bosques. Recuperado 20 agosto del 2017, de <http://www.greenpeace.org/chile/es/documentos/Presentacion-campana-de-bosques/>
- [8] Greenpeace Chile. Presentación en Power Point sobre campaña Celulosas. Recuperado 20 agosto del 2017, de <http://www.greenpeace.org/chile/es/documentos/Presentacion-en-Power-Point-sobre-campana-Celulosas/>
- [9] Jordan M. y Rodriguez E. “Effect of solid residues from the cellulose industry on plant growth”. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, volumen 167 (3)*, pág. 351-356. (2004)
- [10] Oficina de estudios y políticas agrarias (ODEPA). EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CELULOSA EN CHILE (1990-2006). Recuperado 25 Agosto del 2017, de <http://www.odepa.cl/articulo/evolucion-de-la-produccion-de-celulosa-en-chile-1990-2006-2/>
- [11] Ringeling, N. HUMEDAL RÍO CRUCES VALDIVIA - CENTRO AVANZADO DE ESTUDIO DE HUMEDALES. (Pág. 122-123). Recuperado 26 Agosto del 2017, de [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-0500/UCE0740\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-0500/UCE0740_01.pdf)
- [12] Shen L., Worrell E. y Patel M. “Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres”. *Resources, Conservation and Recycling, volumen 55 (2)*, pág. 260-274. (2010).