

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN GENERADOS POR LA INDUSTRIA FORESTAL EN CHILE

**Carmen Luz de la Maza A.¹
Javier González M.²
Michael Alexandroff A.³**

¹ Depto. Manejo de Recursos Forestales, U. de Chile. Casilla 9206, Santiago. Fono: 678-5744; FAX 541-4952.
e-mail: cdlamaza@abello.dic.uchile.cl

² Departamento Tecnología de la Madera, U. de Chile. Casilla 9206, Santiago. Fono 678-5707

³ Fundación Chile, Temuco.

INTRODUCCIÓN

La industria forestal en Chile ha experimentado un crecimiento vertiginoso en la última década, el cual no siempre ha ido de la mano con la protección ambiental. En este sentido, se hace necesario estimar la contaminación producida por la industria forestal. Las principales exportaciones están o estarán sujetas a certificación ambiental como es el caso de aquellas que van a la Unión Europea, por lo cual los procesos industriales deben generar una contaminación mínima para evitar daños al medio ambiente y garantizar la conservación Vio uso sustentable de los recursos naturales renovables. El propósito de este estudio es estimar los principales índices de contaminación generados por la industria forestal en Chile, para lo cual se consideraron las industrias del sector que más se destacan, como son la de celulosa, la de tableros y la de madera aserrada. Específicamente, el análisis estuvo orientado a: i) identificar efluentes contaminantes, estimando su cantidad y calidad por unidad de producto; ii) elaborar coeficientes técnicos de transformación para estimar los efluentes contaminantes por unidad de producto, y iii) estimar para cada uno de los sectores industriales, valores de demanda biológica y química de oxígeno (DBO₅ y DQO, respectivamente), consumo de agua de los procesos industriales por unidad de producto, y otros.

La industria de la celulosa produce anualmente 1.923.000 t (INFOR, 1997), utilizando como materia prima principalmente *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. El proceso para producir pasta blanqueada, es de tipo sulfato, y se obtiene a partir de la celulosa kraft, la que se trata con agentes de blanqueo entre los cuales están el cloro, el dióxido de cloro, el hipoclorito o peróxido de cloro (López y Sánchez, 1995). Con el propósito de disminuir la contaminación, las tecnologías actuales usan la deslignificación con oxígeno vio con ozono; así como también se han probado técnicas de biopulpaje y bioblanqueo (Vicuña, 1989). La industria del aserrío chilena cuenta con 1.425 centros de transformación que producen

Anualmente 3.744.000 m³ de madera aserrada (INFOR, 1997). Una parte importante de esta producción debe ser tratada con baños antimanchas, los que aunque protegen a la madera contra el ataque de hongos y otros agentes patógenos, presentan agentes contaminantes. La industria de tableros en Chile incluye a los tableros de partículas, de fibras y contrachapados y anualmente produce 839.000 m³ (INFOR, 1997). Para su elaboración, en general, se utilizan procesos de alta presión y a elevadas temperaturas; como adhesivo se usa de preferencia urea-formaldehído, el cual se considera dañino para la salud humana.

En la industria de celulosa, las principales fuentes de contaminación del agua se originan por el lavado de madera y descortezado, la condensación de digestores y evaporadores, el filtrado de lavadores de plantas de blanqueo y derrames de fibras y licores (Nemerow, 1986). La descarga de subproductos en efluentes, principalmente de productos órgano-clorados altera la DBO. Por otro lado, la contaminación atmosférica se origina, entre otros, por los proceso de combustión de óxidos de nitrógeno, la emisión de gases de azufre reducidos, principalmente a partir del proceso kraft y por la recuperación de licores, lo que se traduce en malos olores, emisión de componentes orgánicos volátiles, partículas sólidas en suspensión y otros contaminantes (Knigh, 1994).

Los aserraderos producen contaminación a partir de los desechos no utilizados, tales como corteza, aserrín y despuntes, los que también pueden producir contaminación de cursos de agua y/o del aire. Otra fuente importante de contaminación la constituye el uso de baños antimanchas a base de sales de cobre, cromo, arsénico y pentaclorofenato de sodio, debido a que sus derrames contaminan el suelo y las napas freáticas (FAO, 1987). Al respecto se dice que existen tres productos cuyo uso podría constituirse en riesgo de intoxicación de personas y del ambiente; éstos son el pentaclorofenato de sodio, las sales preservantes que incorporan arsénico y los volúmenes de aserrín generados como

sub productos de desecho (CORMA, 1991).

En cuanto a la elaboración de tableros, el mayor debate se ha producido por el uso de formaldehído (HCHO) en la elaboración de tableros de partículas Y contrachapados, cuyas emisiones a la atmósfera presenta problemas para la salud humana (Spelter, 1992). A fines de la década pasada, la U.S. EPA clasificó formalmente al HCHO en el "grupo 81, posiblemente cancerígeno para el ser humano". En la actualidad se han reducido estas emisiones utilizando productos a base de urea formaldehído.

METODOLOGÍA

Mediante una completa revisión bibliográfica de las normas y estándares de contaminación nacionales e internacionales se identificaron los efluentes contaminantes generados por la industria forestal chilena.

Los siguientes, son los valores de emisiones o indicadores de contaminación sobre los cuales se pudo obtener información, los que se definen a continuación.

Contaminación de aguas. Se define como el cambio en la condición original del agua y que es perjudicial para usos humanos beneficiosos, y para la vida animal y vegetal que vive en ella (Smook, 1991).

Efluentes. Se refiere a la salida de una corriente proveniente de un proceso o de un espacio confinado. En este estudio se refiere a descargas líquidas hacia un curso de agua.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). La demanda biológica de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica de un agua residual. DBO_5 , se refiere a medir este parámetro durante cinco días de incubación estandarizada Y generalmente se expresa en miligramos de oxígeno por litro de agua en partes por millón (ppm).

Demanda química de Oxígeno (DQO). Es la cantidad de oxígeno necesario para

oxidar los componentes de un agua residual recurriendo a reacciones puramente químicas.

Sólidos en Suspensión (S.S.). Se refiere a toda sustancia que puede ser eliminada del agua mediante un filtro estándar.

Cantidad Orgánica de Haluros (AOX). Es una medida de la cantidad orgánica mente combinada de haluros (p. ej., cloruro, bromuro, fluoruro) en una muestra de efluente (Smook, 1991). El cloro unido al material orgánico en vertidos líquidos y en efluentes que provienen de la industria de la celulosa, se mide por lo general como halógeno orgánico absorbible en carbón activado, lo se denomina AOX (Vidal y Videla, 1995).

Contaminación atmosférica. Se define contaminación atmosférica como la presencia en la atmósfera de sustancias introducidas por las actividades humanas en concentraciones suficientes para interferir directa o indirectamente en el confort, seguridad, salud y en el pleno uso y disfrute de la propiedad de las personas (Smook, 1990).

Partículas Totales Suspendidas (PTS). Se refiere a partículas sólidas o corpúsculos líquidos emitidos a la atmósfera por procesos mecánicos o industriales, transporte de materiales o por combustión incompleta. Se definen como partículas totales las que tienen entre 10 y 30 micrones (μ); dentro de las partículas respirables, se consideran altamente dañinas para la salud humana aquellas cuyo diámetro es inferior a $2,5 \mu$ (CORFO, 1988).

Óxido de Azufre (SO_x), Gas incoloro procedente en gran proporción de los procesos de combustión. Los principales focos emisores de SO_x son los quemadores industriales, las industrias petroquímicas, las industrias derivadas del petróleo y las industrias productoras de ácido sulfúrico (CORFO, 1988).

Para comparar los antecedentes entregados por la bibliografía consultada con la realidad nacional, durante 1995 se diseñaron y administraron encuestas semi-estructuradas a las empresas del sector.

basados en la información obtenida a partir de las encuestas (i.e., consumo de agua por unidad de producto, valores de parámetros de contaminación, tecnologías utilizadas y sistemas de tratamientos de efluentes) se determinaron los coeficientes técnicos de contaminación por unidad de producto para cada industria. Adicionalmente se determinó si las empresas encuestadas realizaban monitoreos ambientales y qué parámetros medían.

El plan de muestreo incluyó a las siete empresas de celulosa; sin embargo, de éstas, sólo tres aceptaron que se les administrara la encuesta; para las cuatro restantes se obtuvo información de los parámetros más importantes a través del Servicio Nacional de Salud y Medio Ambiente, de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (1993) y de estimaciones basadas en publicaciones internacionales que se ajustaban a las tecnologías y volúmenes de producción de las empresas chilenas de este sector.

Con respecto a los aserraderos, se consideraron sólo los de carácter permanente y que procesan madera de *Pinus radiata* ubicados en la VIII y IX Regiones (N total = 219). Debido al tamaño de este universo poblacional, se estratificaron los aserraderos por nivel de producción, debido a que esta característica tiene íntima relación con el tratamiento que aplican los aserraderos a los desechos originados en el proceso productivo. Los estratos fueron los siguientes: Estrato 1. De un total de seis aserraderos, se seleccionaron dos; comprende aquéllos con producciones anuales entre 90.001 y 220.000 m³. Estrato 2. De un total de 10, se seleccionaron tres; comprende a aquellos aserraderos con producciones anuales entre 20.001 y 90.000 m. Estrato 3. De un total de 61 se seleccionaron 15 y comprende aquellos aserraderos que tienen una producción anual entre 2.000 y 20.000 m³. El plan de muestreo propuesto corresponde a un muestreo estratificado con asignación proporcional al tamaño del estrato.

La industria de tableros está representada por los tableros de fibra, de partículas y contrachapados. Al momento de realizar el estudio correspondía a una total de 13 empresas y se encuestó la totalidad de ellas (i.e., cinco de contrachapados, 5 de partículas y 3 de fibra).

La información obtenida de las encuestas se promedió y analizó estadísticamente para los estimadores de los parámetros de mayor interés, para cada uno de los sectores industriales involucrados en el estudio. Estos estimadores están sujetos a variación, la que depende de la variabilidad inherente de la población, del tamaño de la muestra y del tamaño de la población.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

De la Industria de la Celulosa. Los parámetros de los cuales se obtuvo información de todas las empresas fueron DBO₅, DQO, sólidos en suspensión y requerimientos de agua. Para las emisiones a la atmósfera se obtuvo información sobre SO₂ de un 57,1 % de las empresas y para valores de partículas totales suspendidas (PTS), y CO₂, de un 42,9% de ellas. El mismo porcentaje de empresas indicó que reutilizaba en un 41,1% las aguas de proceso. En cuanto a la realización de monitoreos ambientales, un 57,1 % entregó información, señalando que periódicamente se medran las emisiones a la atmósfera y las aguas donde se vaciaban residuos industriales **líquidos**.

El 75% de estas empresas indicó que realizaba también análisis ecotoxicológicos para evaluar la toxicidad de sus efluentes y la especie más comúnmente usada era *Daphnia magna* y bacterias propias del entorno acuático. El 42,9% se refirió a las nuevas tecnologías de blanqueo y un 66,7% indicó que estaban estudiando tecnologías de bioblanqueo (sin señalar cuáles). El Cuadro N1 muestra los resultados para este sector.

Cuadro N° 1: Parámetros de Contaminación de la Industria de la Celulosa

Parámetro	Unidad	Promedio
Producción Encuestada	ton/año	261.714,3
Valores de emisiones de PTS	kg/t (ADT)	1,4
Valores de emisiones de CO ₂	kg/t (ADT)	0,93
Valores de emisiones de SO ₂	kg/t (ADT)	1,43
Valores de DBO ₅	kg/t (ADT)	16
Valores de DQO	kg/t (ADT)	58
Valores de AOX	kg/t (ADT)	0,33
Valores de S.S.	kg/t (ADT)	13,6
Requerimientos de agua	m ³ /t	92
Diferencia de Temperatura	°C	11,8

Fuente: Alexandroff, 1995

El 100% de las fábricas de celulosa presentes al momento de realizarse este estudio descargaban sus efluentes a cuerpos de agua superficial (ríos o mar). Los efluentes líquidos están normados por la Norma Técnica Provisoria Relativa a la Descarga de Residuos Industriales Líquidos (RILES), de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (1992), la cual establece diferentes límites para la DBO₅ de acuerdo a la tasa de dilución respectiva. Si se considera que el valor más alto de DBO₅ para las fábricas de celulosa es de 39kg/t y el consumo de agua para esta misma planta es de 120m³/t, se obtiene una DBO₅ equivalente a 325 mg/l. Para cumplir con la norma establecida se requiere de una tasa de dilución desde 31 hasta 50, lo que también se cumple. Ello indica que la totalidad de las fábricas de celulosa cumple con la normativa vigente respecto a DBO₅.

El límite máximo de temperatura del efluente según lo establecido en la norma señalada es de 35°C. De acuerdo a los antecedentes obtenidos por Alexandroff (1995), sólo existe información respecto de este parámetro para el 71,4% de las fábricas de celulosa, donde el diferencial de temperatura medio entre el efluente y el cuerpo receptor de agua es de 12°C, con un máximo de 14°C. Ello indica que hay certeza que este porcentaje de fábricas, que representa al 68,3% de la producción nacional cumple con la norma. A su vez, ésta establece un máximo de 300 mg/l para sólidos en suspensión. La información se obtuvo para todas las plantas de celulosa y su análisis indicó que 71,4% de ellas cumpliría este requisito; el porcentaje restante de las

empresas presentaron un valor medio de 312 mg/l, superando la norma.

La regulación vigente respecto de emisiones a la atmósfera corresponde a la resolución N° 1.215 del Ministerio de Salud (1978) y al Decreto Supremo N° 185 del Ministerio de Minería (1992). Ambas normas establecen límites para emitir partículas totales suspendidas (PTS) y anhídrido sulfuroso (SO₂) Para el primer parámetro se obtuvo información del 42,9% de las plantas de celulosa y su valor medio fue de 1,4 kg/t al año, lo que corresponde a un valor inferior a 75µ/m³N, como concentración media anual, que es lo que establece la norma. Por otro lado, el 57,1 % de las fábricas informó sobre el SO₂ emitido, obteniéndose un valor medio de 1,43 kg/t/año, el cual también está bajo el límite de 60µl/m³N como concentración media aritmética anual. Se estima que en la actualidad la gran mayoría de las fábricas de celulosa cumple con la normativa vigente sobre emisiones a la atmósfera, ya que en los últimos años han instalado precipitadores electrostáticos y lavadores de gases que se utilizan para disminuir emisiones.

Por otro lado al comparar las emisiones de las plantas nacionales con los estándares internacionales, se puede observar que las descargas de efluentes en Europa establecen un límite de 1 2 kg/t para DBO, 50 t/kg para DCO y 1,5 kg/t para AOX (Frostell et al. 1991). Como se ha señalado, el 51,7% y 42,9% de las fábricas informó su DBO y AOX, respectivamente y en ambos parámetros

se cumple la norma; no obstante, para DQO la norma europea no se cumple (Cuadro N° 1). Aunque no se obtuvo información para el resto de las empresas, se estima que ellas también cumplen con las restricciones para AOX, DBO y DQO, ya que la tecnología de última generación usada así lo hace suponer.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) también establece estándares para la industria de la celulosa. Estos valores en su forma más conservadora señalan un máximo de 7,2 kg/t para DBO₅ y 14,4 kg/t para sólidos en suspensión. Al respecto, el 42,9% de las empresas presenta un valor para DBO₅ inferior a éste y el 71,4% presenta valores inferiores a los establecidos por la EPA. Cabe señalar que las restricciones impuestas por la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile, considerando una descarga de 93 m³/t, fija los valores para DBO₅ en 3,7 kg/t y para s.s. en 7,4 kg/t, lo que

la hace más restrictiva que la norma EPA. con respecto a las emisiones a la atmósfera, el 42,9 de las fábricas sobre las cuales se obtuvo información sobre emisiones de PTS cumple con las normas y estándares europeos, puesto que están bajo los 85 µg/m³N. El 57,1 % de las empresas cumple con las normas relacionadas a emisiones de SO₂.

De la Industria de Aserrío

Los resultados de la muestra para los tres estratos indican que el aserrín y la corteza generados por las empresas estudiadas reciben dos tipos de tratamientos: se queman en calderas o plantas térmicas, y se comercializa para ser utilizado en diferentes formas (i.e., tableros y otros). El baño antimanchas se realiza usando pentaclorofenato de sodio y se aplica al 69% de la producción. Los parámetros e indicadores para estos estratos están en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2: Parámetros de contaminación para aserraderos que producen entre 90.001 y 220.000 m³/año (estrato 1); 20.001 - 90.000 m³/año (estrato 2); y 2.000 - 20.000 m³/año (estrato 3)

Parámetro	Unidad	Estrato 1		Estrato 2		Estrato 3	
		Promedio	Valores* Unitarios	Promedio	Valores* Unitarios	Promedio	Valores* Unitarios
Producción encuestada	m ³ /año	115.000		33.900		6.931,5	
Rendimiento Volumétrico	%	50		51,3		42,8	
Volumen de aserrín (sólido)	m ³ /año	16.100	0,14	5.916,7	0,17	1.538,5	0,22
Volumen de corteza (sólido)	m ³ /año	11.500	0,10	3.480,3	0,10	809,7	0,12
Astillas (estéreo)	m ³ /año	160.000	1,39	56.368	1,66	5.053	0,73
Baño antimanchas	m ³ /año	79.000	0,69	19.733,3	0,58	1.496,7	0,22
Volumen de agua requerido	m ³ /año	874.255	7,60	180.480	5,32	-	
Volumen de madera en cancha	m ³	18.000	0,16	3.916,7	0,12	-	

Fuente: Alexandroff (1995)

* Los valores unitarios se refieren a m³ de cada parámetro/m³ aserrado y se obtienen del cociente entre el valor de cada parámetro y la producción media encuestada.

con respecto a las emisiones de pentaclorofenol o pentaclorofenato de sodio, el límite máximo establecido por el Decreto Supremo N° 745 del Ministerio de Salud es de 0,4 mg/m³. Este límite lo cumplen todos los aserraderos encuestados que operan con baño antimanchas (estratos 1 y 2), ya que las instituciones privadas de prevención de riesgos que las empresas contratan realizan evaluaciones periódicas de emisiones de pentaclorofenol. No obstante, el 33,3%

de los aserraderos encuestados del estrato 3 no involucra a empresas privadas de prevención de riesgos, por lo que no se sabe si cumplen o no con la norma.

En la situación estudiada, los RILES están formados principalmente por aguas originadas en el riego por aspersión de las canchas de trozas; lo que no constituye problema para los aserraderos del estrato

1, los cuales poseen sistemas de recirculación de aguas. El 66,7% de los aserraderos encuestados en el estrato 2 utiliza riego en sus canchas de trozas, pero la mitad de ellos no cuenta con sistemas de recirculación de aguas, por lo cual éstos podrían estar sobrepasando la norma.

Para los residuos industriales sólidos como son la corteza y el aserrín, existe un manejo de ellos en los aserraderos de los estratos 1 y 2, ya sea como combustible o comercializados para la fabricación de otros productos. El 60% de los aserraderos encuestados en el estrato 3 deja en descomposición el aserrín generado en el proceso productivo y el 46,7% deja en descomposición o acopios la corteza. Por lo tanto, los últimos presentan un potencial riesgo de incendios o una potencial contaminación de las aguas subterráneas por lavado e infiltración de las sustancias extraíbles presentes en la madera.

De la Industria de Tableros

El 60% de los tableros contrachapados se elabora a base de especies nativas y el 40% restante utiliza una mezcla de plantaciones y bosque nativo. Usa electricidad como energía primaria y desechos de madera para generar vapor. El 80% de las empresas usa la corteza como combustible y las restantes la venden a terceros. Una fuente potencial de contaminación está dada por el agua usada en las piletas de tratamiento térmico, donde el 20% de las fábricas de tableros aplica un tratamiento de aireación de las aguas, un 40% las arroja directamente al cuerpo de agua de descarga, y el 40% restante no utiliza un sistema de piletas sino que uno de vaporizado. El adhesivo empleado es urea formaldehído o fenol formaldehído. Al respecto, el 60% de las empresas señalaron cumplir con la norma (pero no mostraron sus emisiones), un 20% se negó a contestar esta pregunta y el 20% restante presentó valores de 0,21ppm, valor que está muy debajo de lo que indica la norma.

Para la elaboración de los tableros de partículas, la energía usada está representada por electricidad, petróleo y

desechos de madera obtenidos del mismo proceso productivo. La corteza generada se utiliza en un 20% de las empresas como combustible, en tanto que el 80% restante la incorpora en un gran porcentaje como materia prima para la fabricación del tablero, o no genera corteza al abastecerse directamente de astillas o aserrín. Las especies utilizadas para la fabricación de tableros de partículas son pino radiata (60% de las empresas) y especies nativas (40%). La totalidad de las empresas usa formaldehído como adhesivo y algunos aditivos del tipo ignífugo e hidrófugos, indicándose que el 40% de ellas elimina sus emanaciones en lugares especialmente diseñados para ello, mientras que el resto de la empresas señaló que no existía este tipo de residuos o que las mezclas residuales se mezclaban con nuevas soluciones de adhesivos o aditivos. Un 60% de las empresas trata las aguas de desecho originadas en el lavado de equipos, tales como prensas, encoladoras y sistemas de aplicación de aditivos; un 20 % afirma no lavarlos y un 20% no trata los efluentes generados por esta operación.

Existen tres tipos de tableros de fibra: a) Aislante, éstos no emplean adhesivos y se ejerce una baja presión en su fabricación, teniendo una densidad final de 400 kg/m³. b) De alta densidad y del tipo extraduro, en ellos se emplea sólo presión y calor, no se incluyen adhesivos en sus fabricación y utiliza el trozo completo, corteza incluida; su densidad fluctúa entre los 800 y 1.200 kg/m³ en caso de los tableros duros y sobre los 1.200 kg/m para los extraduros. c) los tableros MDF (Medium Density Fiberboard) se forman mediante prensado en seco de las fibras a las que se les ha agregado adhesivo y su densidad final fluctúa entre los 400 y 800 kg/m³.

El total de las fábricas de MDF ocupa electricidad como energía primaria para su proceso productivo, en tanto que para la generación de vapor se utilizan desechos de madera como corteza, recortes, material fino y otros. En cuanto al tratamiento de la corteza, el 50% de las empresas encuestadas no genera este material en su proceso productivo y se

abastece íntegramente de madera descortezada y el porcentaje restante la usa como combustible para sus plantas de energía. Normalmente, se ocupa la urea formaldehído según lo expresó el 50% de las fábricas, el resto no entregó antecedentes al respecto por considerar la respuesta de carácter confidencial. La totalidad de las fábricas señaló que la aplicación de los adhesivos usaba sistemas cerrados por lo que no era necesario hacer tratamientos a éstos ni a los aditivos residuales, puesto que están en permanente circulación.

Al momento de realizarse este estudio, casi la mitad de las empresas encuestadas (6) poseían plantas de tratamiento de efluentes y la totalidad de ellas los descargaba a cuerpos de agua de escurrimiento superficial (ríos). Respecto **de la emisión de formaldehído en la prensa, el 50% de las fábricas presenta valores de 1 ppm, y el 50% restante presenta valores de 0,21 ppm (ambos dentro de la normativa chilena vigente).** El Cuadro N° 3 muestra el resultado de los parámetros de contaminación para los diferentes tipos de tableros.

Cuadro N° 3: Parámetros de Contaminación para la Industria de Tableros en Chile

Empresa de Tableros		Contrachapados	Partículas	Fibra (Seco)
Parámetro	Unidad	Promedio	Promedio	Promedio
Producción Encuestada	m ³ /año	15.360	79.640	115.000
Rendimiento de transformación	m ³ /m ³ /tablero	3,8	2,26	
Requerimientos de Agua	m ³ /m ³ /tablero	33,8	0,217	2,4
Corteza Generada	m ³ /m ³ /tablero	0,28	59,5	
Adhesivos Usados	kg/m ³ /tablero	88,3	0,05	
Caudal de descarga	m ³ /m ³ /tablero	16,8	0,21	0,87
DBO ₅	mg/l	221	600	575
DQO	mg/l	711	2.000	1.080
S.S	mg/l	815,5	360	1.530
DBO ₅	kg/m ³ /tablero	3,7	0,13	0,5
DQO	kg/m ³ /tablero	11,9	0,42	0,94
S.S	kg/m ³ /tablero	13,7	0,08	1,3
Diferencial Temperatura	°C	11,3		6

Fuente: Alexandroff (1995)

El promedio para DBO₅ en el 40% del sector de tableros contrachapados es de 221 mg/l y para sólidos en suspensión es de 815,5 mg/l. Su restricción es de 1.200 mg/l para la 0805 a una tasa de dilución sobre 100, y para S.S. el límite máximo es de 200 mg/l. Lo anterior implica que el 40% de las fábricas de tableros contrachapados cumple con la norma para DBO y sólo el 20% cumple con la norma para S.S. En cuanto a la restricción de temperatura y a la de la norma provisoria de RILES, el 40% de las empresas la cumple. El mismo porcentaje no realiza caracterizaciones de sus efluentes y el 20% que lo hace no entregó la información por considerarla de carácter confidencial. Las emisiones de formaldehído a la salida de la prensa están dentro de los rangos establecidos por el 0.5. N° 745 del Ministerio de Salud, para el 80%

de las empresas y el resto no entregó información ya que la considera como confidencial.

En el sector de tableros de partículas, los RILES fueron informados por sólo el 20% de las empresas, siendo el valor medio para DBO₅ de 600 mg/l, con una tasa de dilución sobre 100, lo que está dentro de la norma. Asimismo la restricción de temperatura también se cumple; no sucedió lo mismo para los S.S. cuyo valor fue de 300 mg/l (el límite máximo para este parámetro es de 200 mg/l). Cabe señalar que el 60% de las empresas descarga sus efluentes a cuerpos de agua de escurrimiento superficial, en tanto que el resto lo hace hacia aguas subterráneas. El 80% de las empresas no caracteriza sus descargas, por lo que no se puede hacer una comparación con la normativa

vigente. El 71,6% de la producción chilena de este tipo de tableros son de baja emisión de formaldehído; no obstante, el 100% cumple con la legalidad vigente.

La comparación con estándares internacionales para la producción de tableros de partículas se realizó a partir del tipo de tableros que se produce en Chile. Esto se refiere a las emisiones de formaldehído por 100 gr de tablero basado en el método Perforator (norma europea EN120). Según este método, los tableros se clasifican en E" E2 y E3 si su emisión de formaldehído es baja (menos de 10 mg/100gr), media (10-25 mg/gr) o alta (mayor de 25 mg/gr), (Valenzuela, 1993). El 71,6% de los tableros fabricados en el país son del tipo E" el 27,4 del tipo E2 y sólo el 1 % de los tableros de partículas se clasifican como E3 o de alta emisión de formaldehído.

Los tableros de fibra MDF, proceso en seco, presentan valores medios de DBO₅ y S.S. de 575 y 1.530 mg/l, respectivamente. Al analizar estos valores por separado, el más alto DBO₅ es de 1.110 mg/l, valor que está dentro de la norma de la Superintendencia de Servicios Sanitarios por presentar una tasa de dilución sobre 100; ello se debe a que en general las fábricas de tableros presentan caudales de descarga muy bajos, lo que aumenta bastante la tasa de dilución comparado con las fábricas de celulosa. Con respecto a los S.S., el 50% de las empresas cumple con la norma.

Los valores bajos tanto para S.S. como para DBO₅ se debe a que el porcentaje de empresas señalado posee plantas de tratamiento de efluentes. Las emisiones de formaldehído están muy por debajo de la norma en todos los casos. Sin embargo, al compararlos con la norma ambiental, el 100% de éstos corresponde a tableros del tipo E₂, con emisiones de formaldehído máximas de 20 mg/100 gramos de tablero; no obstante, están en condiciones de competir en la mayoría de los países desarrollados del mundo. Los tableros de fibra (proceso húmedo) no utilizan formaldehído en sus procesos productivos y el agua proveniente de efluentes se ha utilizado para regar

plantaciones de pino radiata, por tanto no se puede comparar sus descargas con la normativa vigente.

CONCLUSIONES

Todas las empresas de celulosa chilenas cumplirían con las restricciones de la DBO₅, En cuanto a la temperatura diferencial y al límite de sólidos en suspensión (200mg/l), el 71,4% de ellas la cumple. Las emisiones a la atmósfera no constituyen un problema grave de contaminación, sólo existen problemas con las emisiones de SO₂ por su bajo umbral de percepción en las personas; no obstante, se obtuvo información del 51,7 % de las empresas, y todas ellas cumplían con los límites máximos establecidos por la normativa vigente. La totalidad de las empresas que informó sobre sus emisiones de PTS (42,9%) también cumple con las normas vigentes. Se estima que la mayoría de las empresas de este sector está dentro de las regulaciones nacionales, puesto que durante los últimos años ha destinado recursos para la instalación de lavadores de gases y precipitadores electrostáticos para controlar emisiones. Asimismo, las normas europeas sobre emisiones y efluentes son cumplida por las mayoría de las empresas.

En cuanto a los aserraderos, los principales problemas dicen relación con el agua de las canchas de riego, el destino de la corteza y el aserrín, y la utilización de pentaclorofenato de sodio en el baño antimanchas. De los aserraderos con mayor producción, el 50% posee un sistema eficiente de recirculación de aguas y la totalidad de los desechos se utilizan.

El 50% de la producción no considera manipulación directa con pentaclorofenato. En el estrato de producción media, el riego es similar al anterior y la totalidad de la corteza se utiliza como combustible.

La madera tratada con antimanchas representa el 57% de la producción. En General las asociaciones de prevención de riesgos hacen un control completo de esta actividad. En relación a los tableros contrachapados, el 60% realiza monitoreos periódicos y se indica que el total de las empresas tiene estándares normales en los

parámetros DBO, DQO y S.S. En tableros de partículas, el 40% de las empresas descarga sus efluentes en las napas subterráneas y el 60% lo hace en la superficie. El 72% de los tableros producidos son clasificados internacionalmente como E₁ o de baja emisión y el 27% como E₂ o de emisión media. La producción de tableros de fibra cumple en su totalidad con las normas de DBO, pero sólo la mitad cumple con las normas para S.S. Los tableros de fibra originados en procesos húmedos, aunque no cumplen totalmente con la norma, emplean sus efluentes en riego de plantaciones y no descargan a cursos de agua. La parte más importante de su producción es clasificada como E₂ y puede competir perfectamente en mercados internacionales.

Resumiendo, las industrias forestales con menores índices de contaminación, son aquellas cuyos productos están destinados preferentemente a la exportación. El 57% de la producción nacional de celulosa, el 100% de los aserraderos grandes, el 72 % de los tableros de partículas y el 100% de los tableros MDF, cumple con las normas impuestas por el mercado de exportación. Existe una norma nacional de control para RILES, pero es provisoria y bastante permisiva en cuanto a máximos admisibles.

Estudios futuros debieran considerar que junto con la elaboración de una norma definitiva, se crease una ley de fomento al control de la contaminación, con ciertos incentivos como exenciones tributarias, depreciación acelerada o deducción de impuestos. Lo anterior sugiere incluir además, la implementación de un sistema de fiscalización con la participación de las instituciones y otros sectores afectados. Esto beneficiaría tanto a las empresas como al estado, puesto que permitiría acceder a mercados más exigentes.

LITERATURA CITADA

Alexandroff, M. 1995. Estimación de los coeficientes técnicos de contaminación generados por la industria forestal en Chile. Memoria Ing. Forestal. U. de Chile. 182 p.

CORFO. 1988. La contaminación industrial y su control. Documento interno. Santiago, Chile. 128 p. CORMA. 1991. Industria del aserrío y medio ambiente. Boletín Informativo N° 219:25-34.

FAO. 1987. La FAO y el medio ambiente. Dirección de Recursos Forestales, Depto. de Montes, Roma. 87 p.

Frostell, B., Almemark, M., Boman, B. Ekengren, M., Ek, O. y Solyom, P. 1991. External Treatment of Kraft Mill Effluents -a Swedish Perspective. IVL Swedish Environmental Research Institute. Report N° 35. Sweden. 525 p.

INFOR. 1997. Estadísticas Forestales 1996. Santiago, Chile. 98 p. Knigh, P. 1994. Problemas y procesos en la Industria Mundial del Papel. Ambiente y Desarrollo 10(3): 58-63. Santiago, Chile.

López, M. y L. Sánchez. 1995. Problemas causados por la contaminación de las industrias elaboradoras de celulosa. Chile Forestal, Documento Técnico 94: 1- 7.

Min. de Minería. 1992. Decreto Supremo N° 185. Santiago, Chile. 5 p.

Min. de Salud. 1978. Decreto Supremo N° 1215. Santiago, Chile. 6 p.

Nemerow, L. 1986. Industrial Water Pollution. Addison-Wealey Publication Co. U.S.A. 423 p.

Smook, G. 1990. Handbook for Pulp and Paper Terminology. Angus Wilde " Publications. Vancouver, Canada. 419p.

Smook, G. 1991. Manual para Técnicos de Pulpa y Papel. TAPPI Press. Atlanta USA. 396 p.

Spelter, H. 1992. HCHO Emissions Debate Invites Scrutiny of Lab Tests, Economics. Panel World 33(3):22-24.

**Superintendencia de Servicios Sanitarios.
1992. Norma Técnica Provisoria
Relativa a la descarga de Residuos
Industriales Líquidos. Santiago,
Chile. 7 p.**

Superintendencia de Servicios Sanitarios.
1993. Catastro Nacional de Descargas
de Residuos Industriales Líquidos.
Informe Final Vol. I, II, III, IV, V y VI.
Santiago, Chile. 5.429 p.

Valenzuela, J. 1993. Tecnología del Tablero
Aglomerado. Informe Interno Químicos
Coronel, Chile. 45 p.

**Vicuña, R. 1989. Aplicaciones
Biotecnológicas en el Sector
Forestal y en la Industria de la
Celulosa. Corma 211 :7-14.**

Vidal, G. y Videla, S. 1995. Compuestos
Organoclorados en Residuos
Líquidos. Efecto de la Inserción
Global en la Industria de la celulosa
Chilena. En: Quinto Encuentro
Científico Sobre Medio Ambiente.
Vol. II. Centro de Investigación y
Planificación del Medio Ambiente
(CIPMA). Temuco, Chile. 16 p.