

---

**COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE - REGION METROPOLITANA**

---

**GUIA PARA EL CONTROL Y PREVENCION DE LA  
CONTAMINACION INDUSTRIAL**

**CURTIEMBRE**

**SANTIAGO  
JUNIO 1999**

## INDICE

### Página

1. INTRODUCCION .....	4
2. ANTECEDENTES DE PRODUCCION .....	5
2.1 Estadísticas de producción.....	5
2.2 Proceso de producción.....	6
2.3 Productos.....	8
3. GENERACION DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES .....	9
3.1 Identificación de fuentes y características de los residuos .....	9
3.1.1 Residuos Líquidos.....	10
3.1.2 Residuos sólidos .....	14
3.1.3 Otros.....	19
3.2 Estimación global de residuos y su impacto ambiental .....	21
4. PREVENCION DE LA CONTAMINACION Y OPTIMIZACION DE PROCESOS.....	23
4.1 Medidas de prevención.....	23
4.1.1 Control de proceso, eficiencia y prevención.....	23
4.1.2 Posibilidades de producción más avanzada y limpia.....	25
4.2 Implementación de sistema de gestión ambiental.....	31
5. METODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION (END OF PIPE).....	33
5.1 Tecnologías para el tratamiento de residuos líquidos.....	33
5.1.1 Desulfuración de pelambres y caleros .....	33
5.1.2 Tratamiento del cromo .....	34
5.1.3 Tratamientos de riles .....	34
5.2 Tecnologías para el tratamiento de residuos sólidos .....	39
5.2.1 Residuos sin curtir .....	39
5.2.2 Residuos curtidos.....	41
5.2.3 Lodos de plantas de tratamiento. ....	41
6. ASPECTOS FINANCIEROS DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION .....	43
6.1 Indicadores de costos y beneficios del uso de tecnologías limpias y medidas de prevención. 43	
6.2 Indicadores de Costos y Beneficios de medidas de control de la contaminación. ....	45
6.2.1 Residuos industriales líquidos.....	45
6.2.2 Residuos Industriales Sólidos.....	45
6.3 Instrumentos financieros de apoyo a la gestión ambiental.....	46
7. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL .....	48
8. LEGISLACION Y REGULACIONES AMBIENTALES APLICABLES A LA INDUSTRIA	52
8.1 Normativas que regulan la localización de las industrias.....	52
8.2 Normativas que regulan las emisiones atmosféricas .....	53
8.3 Normativas que regulan las descargas líquidas.....	55
8.4 Normativas aplicables a los residuos sólidos.....	56

8.5 Normativas aplicables a los ruidos.....	58
8.6 Normativas de seguridad y salud ocupacional.....	58
8.7 Normas referenciales del Instituto Nacional de Normalización.....	61
8.7.1 Normas Relativas al Agua .....	62
8.7.2 Normativas de Salud y Seguridad Ocupacional.....	62
9. PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE PERMISOS.....	64
9.1 Certificado de calificación técnica.....	65
9.2 Informe Sanitario .....	65
9.3 PERMISOS MUNICIPALES.....	67
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
11. Referencias Bibliográficas.....	70

## **PRESENTACION**

La Región Metropolitana de la República de Chile concentra la mayor parte de la actividad económica del país. La base industrial de la región es diversa, incluyendo rubros tan variados como alimentos, textiles, productos químicos, plásticos, papel, caucho y metales básicos. Sin embargo, el rápido crecimiento económico e industrial ha traído consigo serios problemas de contaminación ambiental, como la polución de aire, agua y suelo.

Comprometido con formular y desarrollar una política ambiental tendiente a resolver estos problemas y con el propósito de promocionar un desarrollo industrial sustentable, la Comisión Nacional del Medio Ambiente – CONAMA, ha venido desarrollando una serie de instrumentos entre los que se encuentran las Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial. El objetivo principal de estas guías, a ser distribuidas a todas las empresas de cada rubro estudiado, es orientar al sector en materia ambiental, entregándole herramientas de prevención y control de la contaminación. A su vez, pretende contribuir a las actividades de fiscalización que realiza la Autoridad, optimizando la calidad de las mismas, si bien las guías en sí no son un instrumento fiscalizable.

Los rubros industriales prioritarios para la Región Metropolitana han sido seleccionados en base a criterios, tales como la representatividad dentro del sector manufacturero y los impactos ambientales que generan.

El presente documento entrega una reseña sobre los impactos ambientales provocados por los residuos generados por las Curtiembres. A su vez, identifica las medidas de prevención de los potenciales impactos; los métodos de control de la contaminación (end of pipe) recomendados, los costos asociados; y los aspectos relacionados con la seguridad y salud ocupacional. Como marco legal, entrega la información referente a la normativa medioambiental vigente en el país, y los procedimientos de obtención de permisos requeridos por la industria.

En la elaboración de las guías han participado consultores nacionales en conjunto con una contraparte técnica conformada por: CONAMA, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente y las Asociaciones de Industriales de cada rubro estudiado. La coordinación general del proyecto estuvo a cargo de CONAMA, Dirección Región Metropolitana.

La presente guía para el control y prevención de la contaminación industrial en el rubro Estaciones de Servicio, ha sido elaborada por la Unidad de Residuos de CONAMA RM, en base a un estudio realizado por el Centro Nacional del Medio Ambiente – CENMA.

## 1. INTRODUCCION

La industria del curtido de pieles es una actividad estrechamente ligada a dos importantes sectores productivos del país, la industria del calzado y el faenamiento de animales, especialmente bovinos. Para el primero constituye su principal proveedor de materia prima, en cambio para el segundo, es un importante cliente para su subproducto cuero.

En los últimos años, la producción del rubro ha disminuido debido a la menor actividad que ha venido presentando la industria del calzado en el país, como consecuencia de la fuerte competencia externa. Esta producción se concentra mayoritariamente en la Región Metropolitana, donde se ubican alrededor del 50% de las curtiembres del país.

Desde un punto de vista ambiental, el rubro curtiembre siempre ha sido mirado como una industria contaminante neta, sin tener en cuenta que aprovecha un subproducto altamente putrescible y de biodegradación lenta. Ahora bien, es cierto que el proceso del curtido genera una importante carga contaminante, sin embargo, tomando las medidas y precauciones necesarias, esta puede contrarrestarse adecuadamente.

Existen una serie de medidas para prevenir o disminuir la contaminación generada. Estas en su mayoría son de fácil aplicación y más aún, producen reducciones en los costos y mejoras productivas. Por otra parte, también existen soluciones a los problemas producidos por los desechos generados al final del proceso, es decir los denominados “end of pipe”. Si bien estas soluciones requieren de mayores inversiones y asesoría técnica especializada, no constituyen una barrera insoslayable para la continuidad de la actividad, salvo los casos de empresas altamente endeudadas o de características artesanales, siendo su número muy reducido en el país.

En general, las soluciones a los problemas de contaminación vienen a través de una combinación de medidas preventivas y de control de la contaminación. Así, se logran importantes ahorros y en definitiva, se optimizan los recursos.

Finalmente, la adopción de las medidas que se señalan en este documento permitirá a las curtiembres mejorar su imagen ante la comunidad, cumplir con la normativa ambiental, seguir apoyando a otros sectores productivos, y en síntesis, retomar un desarrollo de la actividad en forma ambientalmente sustentable.

## 2. ANTECEDENTES DE PRODUCCION

### 2.1 Estadísticas de producción

En el país, la producción de cueros curtidos ha experimentado un descenso en los últimos años. La menor demanda proveniente de la industria del calzado nacional ha incidido notoriamente en la actividad del curtido. Actualmente, existen cerca de 30 curtiembres, de las cuales aproximadamente el 50% se ubica en la Región Metropolitana. Si bien estas últimas representan la mitad de las curtiembres del país, su producción constituye el 75 y 60% de todo el cuero curtido producido de bovino y caprino-ovino, respectivamente. La tabla N°1 muestra la producción de cuero curtido en los últimos años.

**Tabla N°1: Producción rubro curtiembre a nivel nacional**

<b>AÑO</b>	<b>CUEROS CURTIDOS DE BOVINOS Y EQUINOS (M PIE<sup>2</sup>)</b>	<b>CUEROS CURTIDOS DE OVINO Y CAPRINO (M PIE<sup>2</sup>)</b>	<b>SUELAS DE BOVINOS Y EQUINOS (TON)</b>
1993	31.753	6.150	1.264
1994	28.754	6.109	1.057
1995	30.154	6.666	954
1996	26.782	6.251	647
1997 (*)	27.261	6.103	584

Fuente: Índice de Producción y Venta Física, I.N.E.

(\*) Estimado

Es conveniente mencionar que no tan solo la menor actividad o desarrollo del sector curtiembre se debe a factores externos al rubro, sino también, influyen algunos internos. Entre ellos se encuentra la mala calidad de la materia prima nacional como consecuencia de las siguientes razones:

- El ganado es mayoritariamente de raza lechera, la que no presenta pieles de características adecuadas para el curtido.
- En los mataderos no se clasifica las pieles, lo que obliga a los curtidores a la compra “al barrer”, donde se adquiere buenos y malos cueros.
- La matanza se realiza en forma inadecuada, con un mal desuello, obteniéndose una materia prima de baja calidad.
- La crianza en potrero, el uso indiscriminado de la picana y los roces de los animales con los cercos de alambre púa, son prácticas que perjudican las pieles de los animales.

## **2.2 Proceso de producción**

Luego de ser beneficiados los animales, los cueros son tratados con sal por el lado carne, con lo que se evita la putrefacción y se logra una razonable conservación, es decir, una conservación adecuada para los procesos y usos posteriores a que será sometido el cuero.

Una vez que los cueros son trasladados a la curtiembre, son almacenados en el saladero hasta que llega el momento de procesarlos de acuerdo a las siguientes etapas:

### **Ribera**

En esta etapa el cuero es preparado para ser curtido, en ella es limpiado y acondicionado asegurándole un correcto grado de humedad. La sección de ribera se compone de una serie de pasos intermedios, que son:

- Remojo: proceso para rehidratar la piel, eliminar la sal y otros elementos como sangre, excretas y suciedad en general.
- Pelambre: proceso a través del cual se disuelve el pelo utilizando cal y sulfuro de sodio, produciéndose además, al interior del cuero, el desdoblamiento de fibras a fibrillas, que prepara el cuero para la posterior curtición.
- Desencalado: proceso donde se lava la piel para remover la cal y luego aplicar productos neutralizantes, por ejemplo: ácidos orgánicos tamponados, azúcares y melazas, y ácido sulfúrico.
- Descarnado: proceso que consiste en la eliminación mecánica de la grasa natural, y del tejido conjuntivo, esencial para las operaciones secuenciales posteriores hasta el curtido.
- Purga enzimática: el efecto principal del rendido tiene lugar sobre la estructura fibrosa de la piel, pero existen una serie de efectos secundarios sobre la elastina, restos de queratina de la epidermis y grasa natural de la piel. Su acción es un complemento en la eliminación de las proteínas no estructuradas, y una acción sobre la limpieza de la flor, la que se traduce en lisura de la misma, y le confiere mayor elasticidad.

### **Piquelado**

El proceso de piquelado comprende la preparación química de la piel para el proceso de curtido, mediante la utilización de ácido fórmico y sulfúrico principalmente, que hacen un aporte de protones, los que se enlazan con el grupo carboxílico, permitiendo la difusión del curtiente hacia el interior de la piel sin que se fije en las capas externas del colágeno.

## **Curtido**

El curtido consiste en la estabilización de la estructura de colágeno que compone al cuero, usando productos químicos naturales o sintéticos. Adicionalmente, la curtición imparte un particular "tacto" al cuero resultante. Una variedad de productos químicos son usados, siendo el cromo el más importante.

## **Procesos mecánicos de post-curtición**

A continuación del curtido, se efectúan ciertas operaciones mecánicas que propenden a dar un espesor específico y homogéneo al cuero. Estas operaciones son:

- Desaguado mecánico para eliminar el exceso de humedad, además permite entregarle una adecuada mecanización al cuero para los procesos siguientes.
- Dividido o partido del cuero para separar el lado flor del lado carne de la piel.
- Raspado para dar espesor definido y homogéneo al cuero.
- Recortes, proceso por el cual se elimina las partes del cuero que no van a tener una utilización posterior.

## **Procesos húmedos de post-curtición**

Esto consiste en un reprocesamiento del colágeno ya estabilizado, tendiente a modificar sus propiedades para adecuarlas a artículos determinados. Este objetivo se logra agregando otros curtientes en combinación o no con cromo.

En este grupo de procesos se involucra el neutralizado, recurtido, teñido y engrasado del cuero.

## **Secado y terminación**

Los cueros, una vez recurtidos, son desaguados y retenidos para eliminar el exceso de humedad, además son estirados y preparados para luego secarlos. El proceso final incluye el tratamiento mecánico del lado flor y el descarne, seguido de la aplicación de las capas de terminación.

La terminación consiste en anilinas o pigmentos dispersos en un binder, típicamente caseína o polímeros acrílicos o poliuretánicos, los que son aplicados por felpa, pistola o rodillo. Lacas



nitrocelulósicas o uretánicas pueden ser aplicadas con solventes orgánicos como capas de superficie. Los sistemas de terminación basados en el no uso de solventes, están siendo desarrollados rápidamente con el consiguiente aumento de su aplicación.

### **2.3 Productos**

La producción nacional de cueros estuvo hasta hace algunos años muy ligada a la matanza local de animales, pero actualmente, esta correlación ha disminuido debido a la importación de cuero en distintas fases de procesamiento, incluso terminado. Además, pese a ser un país deficitario en esta materia prima, especialmente de buena calidad, ahora se exporta cuero en distintos estados de elaboración, incluso salado, por lo tanto es difícil aseverar que el animal beneficiado en Chile signifique cuero curtido en Chile.

Además, el rubro de calzado ha presentado niveles de importaciones crecientes año a año, de lo que se puede concluir que el sector cuero y calzado en todos sus aspectos se ha internacionalizado. Es por ello que, para caracterizar al sector curtiembre, debe recurrirse a estadísticas que solo indican la producción de las empresas. No existe información respecto al origen exacto del cuero, por lo tanto, el producto final puede corresponder a:

- fabricación íntegra en la curtiembre a partir del cuero salado.
- fabricación a partir de una etapa intermedia (cuero ya curtido al cromo).
- cueros procesados a los que solamente les falta la terminación.

Teniendo en consideración los antecedentes precedentes, la tabla N° 1 presentada en páginas anteriores, muestra la producción del rubro curtiembre a nivel nacional.

### **3. GENERACION DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES**

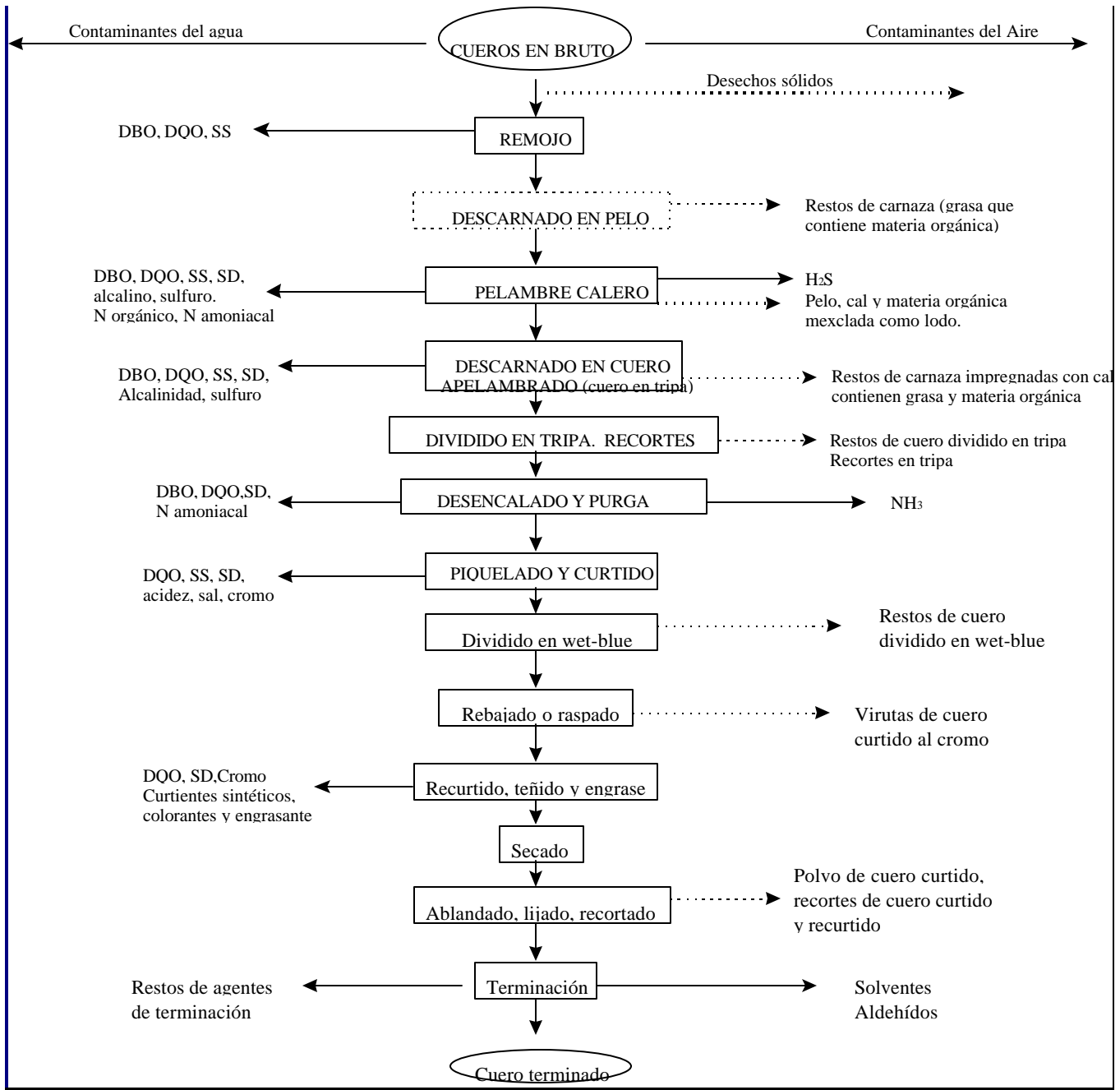
#### ***3.1 Identificación de fuentes y características de los residuos***

Los desechos de curtiembre contienen un número de constituyentes en cantidades variables y significativas, de acuerdo a la materia prima, proceso y producto final. Los materiales que pueden aparecer en los desechos de curtiembre, incluyen entre otros: pelo, pedazos de piel y carne, sangre, estiércol, sales, sal común, sales de cromo y sulfuros entre otros.

Los residuos, cuando se presentan, pueden descargarse en estado gaseoso, líquido, o sólido. Los desechos líquidos son los de mayor significación. Sin embargo, los materiales gaseosos y sólidos son importantes en ciertas operaciones individuales y se deben considerar para su disposición. Un esquema del proceso productivo considerando los residuos se aprecia en la figura N°1.

Después del proceso de curtido, se generan lodos si es que la curtiembre cuenta con planta de tratamiento. Cuando se depuran los efluentes líquidos se produce una gran cantidad de lodo residual, vale decir, aparece un nuevo residuo sólido, que anteriormente no existía por cuanto todos sus componentes eran evacuados en conjunto con el total del agua residual.

**Figura N°1: Esquema proceso de producción cueros curtidos**



### 3.1.1 Residuos Líquidos

Los procesos más importantes para convertir una piel en cuero, se efectúan en medios acuosos. Cada etapa del proceso va generando residuos industriales líquidos con distintos grados de contaminación, siendo la más importante en términos de carga orgánica expresada en DBO<sub>5</sub>, la etapa

de ribera. Un ejemplo de los niveles de contaminación por fase de producción se muestran en la tabla N°2 :

**Tabla N°2: Parámetros de contaminación según las fases de fabricación del cuero**

PARÁMETROS DE LA POLUCION	EFLUENTE TOTAL	REMOJO	PELAMBRE	DESENCALADO RENDIDO	PIQUELADO CURTICIÓN	RESTANTES
DBO <sub>5</sub> (Kg/t)	75-90	7-9	52-63	2,5	1	11,5-14,5
%	100%	10%	70%	3,8%	1,2%	15%
DQO (Kg/t)	200.220	30-33	110-120	6	2	50-58
%	100%	15%	56%	3%	1%	25%
Materiales Oxidables (Kg/t)	110-130	14-17	70-82			14-17
%	100%	13%	64%			23%
Sólidos Suspendidos (Kg/t)	140	7	77			56
%	100%	5%	55%			40%
Salinidad (Kg/t)	250-350	150-210		20-30	60-90	17-25
%	100%	60%		8%	25%	7%
Toxicidad (Eq/t)	2,5		1,9		0,6	
%	100%		76%		24%	

Fuente: Winkler M. (1986).

Nota: toxicidad fue medida a través del test de Daphnias.

Dada las características del proceso de curtido de pieles, para hacer un adecuado análisis de los residuos industriales líquidos generados, es conveniente separar los procesos en tres etapas : ribera, piquelado y curtición, y procesos de post curtición.

#### a) Ribera

Esta etapa se caracteriza por generar una carga contaminante importante, a modo de ejemplo en la producción de una tonelada de piel vacuna, de acuerdo a Thorstensen (1993), se generan:

Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	50 kg/ton
Demanda química de oxígeno DQO	10 kg/ton
Sólidos suspendidos	60 kg/ton
Sulfuros	8 kg/ton
Volumen vertido	20 m <sup>3</sup> /ton

La fuerte carga contaminante generada tiene los siguientes orígenes:

- Suciedad adherida a las pieles por su cara exterior. Compuesta fundamentalmente por tierra y guano adherido al pelo. Se eliminan principalmente en el remojo generando en el RIL sólidos suspendidos y  $DBO_5$ .
- Componentes constitutivos del cuero propiamente tal y que se eliminan durante la ribera En general, esta corresponde a todos los componentes del cuero distintos del colágeno, es decir, las proteínas no estructuradas y mucoproteínas, que se encuentran en la sangre y líquido linfático, todo lo cual desde el punto de vista de la curtición es indeseable, por cuanto son estructuras proteicas que reaccionan ávidamente con el cromo, generando cuerpos insolubles y que al quedar en el tejido interfibrilar hacen perder al cuero propiedades importantes como son la blandura, flexibilidad, elasticidad y "buen quiebre". Estos componentes proteicos no estructurados deben eliminarse, de preferencia, en la etapa de remojo, ya que justamente actúan degradando y solubilizando especialmente a las globulinas y mucoproteínas. La eliminación de estos componentes por solubilización en medio acuoso se traduce en un aumento de la  $DBO_5$ .
- Pelo Es un componente del cuero en bruto, compuesto de queratina. Es química y bioquímicamente muy estable. Su destrucción en el pelambre se hace posible por la acción de grandes cantidades de sulfuro y cal, lo que da un medio altamente alcalino. Esta destrucción conlleva a un drástico aumento de la  $DBO_5$  en el efluente así como también, un importante aumento de los sólidos suspendidos.
- Grasas Se encuentran abundantemente como tejido adiposo adherido en el lado carne del cuero. Durante el proceso de pelambre se saponifican parcialmente en el medio alcalino, dando origen a una parte del valor del extracto etéreo del efluente total de curtiembre.
- Sulfuro Como se indicó anteriormente, el sulfuro es un producto fundamental en el proceso de destrucción del pelo o pelambre. Se trata de un elemento altamente tóxico en medio acuoso, principalmente porque debido a su carácter reductor provoca una drástica disminución del oxígeno disuelto en los cursos de agua y además cuando las soluciones acuosas que lo contienen bajan su pH del valor 10, se desprende ácido sulfhídrico gaseoso que al ser inhalado en determinadas concentraciones puede llegar a ser mortal. La presencia del sulfuro en el proceso de pelambre explica que este proceso por si solo sea responsable del 76% de la toxicidad total del efluente.
- Cal La cal apagada en polvo es un producto técnico de alta riqueza en hidróxido cálcico, alrededor del 90%. Se usa en la ribera debido, principalmente, a su bajo costo y a su poca causticidad como álcali. Es muy poco soluble (1,29 gr/l a 20°C) y los baños se preparan siempre con un exceso de cal (10 gr/l y superiores) que queda en suspensión, contribuyendo a elevar los valores de sólidos suspendidos en los efluentes. Es el único material usado por la curtiembre que da sólidos en suspensión, en circunstancias que la mayoría de las materias en suspensión proceden de las pieles.

- Alcalinidad En si misma la alcalinidad propia del baño de pelambre es un elemento de contaminación, ya que por su alto valor de pH debe ser neutralizada antes de su descarga.
- Salinidad Esta se genera principalmente en el remojo y corresponde a sal común proveniente de la etapa de conservación del cuero (cerca del 60% de la salinidad), aportando otras etapas de la ribera, valores menores. Este porcentaje corresponde a información internacional debido a la baja disponibilidad de valores nacionales y fundamentalmente, porque los valores nacionales no son el producto de estudios hechos durante largo tiempo considerando variaciones estacionales de la producción y un universo suficientemente amplio de industrias muestreadas.
- Nitrógeno amoniacal El nitrógeno amoniacal cuyo valor típico para efluente unificado de curtiembre es 70 mg/lit, también tiene su origen en la operación de ribera, siendo su principal fuente el sulfato de amonio usado durante el desencalado. También es frecuente la presencia de nitrógeno amoniacal en las fermentaciones anaeróbicas de proteínas. Además, en los pelambres se forma amoniaco debido a la desamidación de la glutamina y la asparagina presente en la estructura del colágeno.
- Tensoactivos Estos productos son ampliamente usados en ribera, como humectantes y como agentes de limpieza de los cueros. Los más usados son los alquilfenoles etoxilados. Estos productos dan altos valores de DQO y de toxicidad. Se ha determinado que 1gr/lit de alquilfenol etoxilado tiene una DQO de 2.300 mg/lit de O<sub>2</sub>.

## **b) Piquelado y curtición**

De la tabla N°2, se desprende que las operaciones de piquelado y curtición tienen una influencia relativamente importante en la toxicidad y salinidad del efluente.

No deja de llamar la atención que el proceso que contiene el grueso de la oferta del cromo al cuero, no represente una toxicidad mayor dentro del efluente global. Esto viene a corroborar que las sales de cromo trivalente son de baja toxicidad.

No obstante lo anterior, el cromo seguirá siendo objeto de una verdadera persecución normativa y será mandatorio a las industrias curtidoras aplicar tratamientos a los baños que los contienen. De ahí que se deba procurar confinar el uso del cromo a la menor cantidad de procesos posibles y reducir al máximo los volúmenes de agua de los baños que lo contengan.

## **c) Procesos post-curtición**

Estos procesos que incluyen las operaciones en húmedo a partir del estado de wet-blue, vale decir lavado, neutralizado, recurtido, teñido y engrase, tienen una importancia relativamente baja dentro de la contaminación del efluente unificado de una curtiembre. Son de una toxicidad despreciable y de baja DBO<sub>5</sub> (15%), siendo solamente destacables por su aporte a los sólidos suspendidos, los que provienen fundamentalmente de virutas remanentes del proceso de raspado, las que a su vez son fácilmente eliminables de los efluentes, aún en el fulón mismo o previo a él.

Es interesante destacar que las operaciones de recurtición, tintura y engrase tienen una contribución sólo del 5% del total de DQO del efluente unificado.

### 3.1.2 Residuos sólidos

En el proceso de curtición, el producto final, representa menos del 50% del producto inicial, por lo tanto parte importante del producto inicial queda en el camino como residuo sólido. Estos pueden dividirse en tres grandes grupos:

- Residuos sin curtir, procedentes de la zona de ribera
- Residuos curtidors al vegetal y cromo
- Residuos de la planta depuradora de efluentes.

#### a) Residuos sin curtir

- **Recortes piel en bruto.** Cuando la piel de los animales llega a la industria, se procede al recorte de las partes correspondientes al cuello, cola y las extremidades. En el caso de pieles de ovinos, también se recorta la lana. Los restos de piel que se desechan contienen carnazas, grasas, sangre y excrementos, que aportan la carga orgánica en los residuos de curtiembre.

De una manera muy elemental puede decirse que la composición de la piel fresca esta formada por un retículo de proteínas fibrosas bañadas por un líquido acuoso que contiene proteínas globulares, grasas y sustancias minerales y orgánicas. La composición aproximada de una piel vacuna recién desollada se muestra en la tabla N°3.

**Tabla N°3: Composición de una piel de vacuno**

SUBSTANCIAS	%
Agua	64
Proteínas	33
Grasas	2
Substancias Minerales	0,5
Otras sustancias	0,5

Fuente: Sharphouse, J.H., Leather Technician's Handbook, Leather Producer's Association. Northampton (1983).

Entre estos valores destaca el elevado contenido en agua de la piel. Aproximadamente un 20% de esta agua, se encuentra combinada con las fibras de colágeno de forma similar al agua de cristalización, y por lo tanto no contribuye a dar sensación de humedad; el resto se encuentra en forma libre entre las fibras. Del total de las proteínas que tiene la piel aproximadamente un 94-

95% es colágeno, 1% elastina, 1-2% queratina y el resto son proteínas no fibrosas. La piel vacuna contiene poca grasa, de la cual, el 75-80% son triglicéridos.

- **Pelo y lana.** A continuación, en la tabla N°4 se presenta un análisis químico de muestras de pelo de vacuno efectuados en el mes de Junio de 1998, en laboratorios de la Universidad Católica de Chile.

**Tabla N°4: Análisis químico del pelo**

ANÁLISIS	UNIDAD	EN BASE 100% MATERIA SECA	EN BASE SECO AL AIRE
Humedad	%	---	64,6
Materia Seca	%	35,4	---
Ceniza	%	31,8	11,2
Proteína Cruda	%	48,4	17,1
Extracto Etéreo	%	13,1	4,7
C - Orgánico	%	39,56	
R - C/N		5,11	

Fuente: Laboratorio de Servicio de Análisis, Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile

De la tabla precedente, se desprende que el pelo es una estructura eminentemente proteica, de bajo contenido de grasa y de una relación carbono nitrógeno muy baja. Con esto se explica su gran utilidad como aporte nitrogenado en procesos de compostaje, ya que su contenido de nitrógeno es alto. Además, es fácilmente desaguable hasta niveles adecuados para compostación. Su contenido graso también es bajo, lo que adicionalmente favorece a este proceso de degradación aeróbica. El contenido de otros nutrientes como potasio y fósforo son también bastante altos y junto a la materia orgánica permiten obtener compost de excelente calidad.

- **Carnaza.** Las carnazas en tripa proceden de las máquinas de descarnar, que arrancan de la piel la parte de tejidos subcutáneos, formados por restos de tejido adiposo, conjuntivo y muscular que ha quedado adherido al desollar al animal. Si el descarnado se hace después del remojo, con el cuero en pelo, no hay duda que la carnaza será más limpia y mejor su aprovechamiento, pero no siempre se puede efectuar de esta manera.

La carnaza se presenta en forma de tiras más o menos largas, que son de difícil manejo al estar muy húmedas, pues aparte del agua que ellas aportan, está la que proporciona la máquina de descarnar.

Se suele empezar por escurrirlas y la cantidad de estas representa un 16-22% del peso de la piel salada, aproximadamente, y según tamaños de cuero y procedencia.

Los principales componentes de las carnazas son: agua, proteínas, grasas y sales minerales. Las proteínas están formadas, en su mayor parte, por fibras de colágeno y elastina; los sebos son triglicéridos de ácidos grasos sólidos de tipo palmítico y esteárico y ácidos grasos líquidos tipo



ácido oleico, y las sales sulfuros, algo de cloruro sódico e hidróxido cálcico, aparte de otros productos que se hayan podido añadir en el pelambre.

Según la procedencia de los cueros pueden variar considerablemente las proporciones de estos compuestos en las carnazas, lo cual hará variar los rendimientos de cada uno de los productos a obtener. Un análisis de la composición de este residuo, obtenido durante experiencias de compostaje, se muestra en la tabla N°5.

**Tabla N°5: Composición de la Carnaza**

<b>PRODUCTO</b>	<b>(%) SOBRE PESO HÚMEDO</b>	<b>(%) SOBRE PESO SECO</b>
Agua	78 - 82	----
Proteínas	5 - 10	25 - 50
Grasas	7 - 12	35 - 60
Cenizas	4 - 5	20 - 25

Fuente: AMBAR S.A., 1998

Por su fuerte alcalinidad, con pH alrededor de 12, se conservan bastante y es difícil su putrefacción. Tienen que pasar más de quince días, y sobre todo en época de calor, para que por la acción del anhídrido carbónico del aire que va eliminando la alcalinidad del producto, se pueda iniciar la degradación.

- **Recortes de descarne y trozos de tripa.** En las operaciones de descarnado y dividido es necesario recortar del cuero trozos que podrían perjudicar el normal trabajo de las mismas o que es necesario separarlos por defecto de la operación. Igualmente, una vez dividida la piel (se entiende vacuna), es necesario recortar el descarne producido para dejar solamente aquella parte que, por condiciones de espesor, puede servir para ser curtido como tal. La composición de estos residuos se refleja en la tabla N°6:

**Tabla N°6: Composición Descarne y trozos de Tripa**

<b>PRODUCTO</b>	<b>TROZOS DE TRIPA (%)</b>	<b>RECORTE DESCARNE (%)</b>
Agua	75	75
Sustancia piel	21	22,5
Grasas	1	0,3
Materias minerales	3	2,2

Fuente: AMBAR S.A., 1998.

## **b) Residuos Curtidos**

- **Rebajaduras al cromo y vegetal**

Los cueros, aunque hayan sido divididos en tripa o cromo, caso del vacuno, o sin dividir (ovejas y cabras), necesitan ser igualados a un grosor determinado, cosa que se realiza en la máquina de rebajar y que da lugar a unas virutas de cuero estrechas y alargadas que se recogen o se trasladan por diversos medios a unos depósitos o contenedores. Según la curtición a la que haya sido sometido el cuero tendremos rebajaduras de cromo, vegetal o blancas si se han curtido al aluminio o algún otro metal o sintético. Un análisis de la composición de este residuo, curtido bajo los dos métodos señalados, se muestra en la tabla N°7.

**Tabla N°7: Composición de rebajaduras**

<b>PRODUCTO</b>	<b>CROMO (%)</b>	<b>VEGETAL</b>
Agua	45 -50	40 -45
Sustancia piel	32 -36	30-32
Materias grasas	1 -2	1 - 2
Otras materias orgánicas		27 - 29
Oxido de cromo	1- 2	
Sales Minerales	12 -15	2 - 3

Fuente : AMBAR S.A.,1998

- **Otros**

En este punto se pueden incluir los polvos de esmerilado y los recortes de cuero con o sin acabado, así como todos los desperdicios de fábricas de calzado o marroquinería, e incluso los restos de artículos de cuero desechados por su uso. En la tabla N°8, se presenta la composición de este tipo de residuo.

**Tabla N°8: Composición de Residuos de Cuero Seco**

<b>PRODUCTO</b>	<b>CURTIDO AL CROMO III(%)</b>	<b>CURTIDO VEGETAL (%)</b>
Agua	12 -14	13 -15
Sustancia piel	50 -70	45 -60
Otras materias orgánicas	10 -24	25 -45
Oxido de Cromo	2 -5	
Otras sales	menos que 1	1 -6

Fuente : AMBAR S.A.,1998

**c) Lodos de plantas depuradoras**

Los lodos que se producen en las plantas depuradoras de riles de curtiembre, por cada 100 kilogramos de piel en bruto seca de vacuno contienen 35 kg de materia seca. Lo único que se ha hecho en la estación depuradora es transferir la contaminación de las aguas a los restos sólidos o lodos.

En la tabla N°9, se puede apreciar los parámetros más importantes que contienen los lodos obtenidos de plantas depuradoras italianas.

**Tabla N°9: Composición de Lodos de Plantas Depuradoras**

	<b>SANTA CROCE SULL ARNO</b>	<b>PONTE A EGOLA</b>
Materia Seca a 105 °C	38,3%	32,0%
pH solución acuosa	9,1	7,8
Los valores que se indican a continuación se han calculado sobre materia seca y en %		
Residuo a 550 °C	61,0	27,2
Residuo volátil (materia orgánica)	39,0	42,8
Carbón orgánico (Springler Klee)	21,0	22,0
Nitrógeno total	2,1	2,2
Anhídrido fosfórico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,42	0,40
Oxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	0,01	0,02
Carbonato de Calcio	41,4	38,1
Cromo hexavalente	negativo	negativo
Cromo trivalente (extraído con ácido clorhídrico 6N)	2,23	0,33

Fuente : Curtiembre Santa Croce Sull Arno y Ponte a Egola

Las diferencias que se ven son debidas a que en Santa Croce se trata efluentes de curtiembre que curten al cromo y que deshidrata los lodos con filtro prensa, mientras la de Ponte a Egola trata efluentes de procedencia de curtiembres que curten al vegetal y las deshidrata con filtro banda.

En general, los lodos de plantas depuradoras se pueden clasificar en orgánicos, inorgánicos y mixtos, siendo estos últimos los provenientes de una planta de tratamiento de riles de curtiembre.

La cantidad de agua que encontramos en ellos dependerá de la forma de filtrado y secado, estando entre 75 y 95% aproximadamente.

Como ya se ha visto en la tabla N° 9, la composición puede variar mucho según la fabricación y también por la manera de depurar los efluentes.

Los lodos de una planta de tratamiento de riles de curtiembre están constituidos por productos orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos pueden provenir de la piel o de los materiales empleados en la fabricación del cuero. Como término medio, la cantidad es de 20-25 gr. de materia proteica y de 10-20 gramos de materia grasa, por cada kilo de piel fresca trabajada, proveniente de la propia piel. La cantidad derivada de productos, en la curtición vegetal es de unos 50 gramos de materia seca por cada kilo de piel fresca trabajada, habiendo también algo que pueda proceder de las recurticiones. Por otra parte, la cantidad de proteínas que se haya solubilizado, dependerá mucho de la fabricación, fundamentalmente en la etapa de ribera.

Los productos inorgánicos que más abundan serán sales insolubles de calcio que pueden estar entre 35-45 g/kg piel fresca. El cromo se encontrará en forma de hidróxido, pudiendo haber también

otros metales pesados. Existirán también productos inorgánicos procedentes de la depuración, estos podrán bajar considerablemente si se ha realizado depuración biológica, sino, se encontrarán compuestos de hierro, calcio, aluminio y otros electrolitos.

En los lodos procedentes de fábricas que trabajen cuero wet-blue la modificación será grande, al no existir la ribera. Como norma general se puede suponer que cada kilo de piel fresca fabricada entrega 100-120 g. de lodo seco.

En cuanto a los volúmenes de lodo primario producido por una estación depuradora, la tabla N°10 muestra algunos valores, además de porcentajes de humedad.

**TablaN°10: Volumen de lodo primario obtenido a partir de una tonelada de piel salada**

	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>VOLUMEN (M<sup>3</sup>)</b>
Lodo de espesador primario	94	1,6
Lodo de decantador primario	96	2,5
Lodo de decantador primario	97	3,3
Lodo de decantador primario	98	5

Fuente: Seminario Depuración de Curtiembres, Estancia Velha, 1984.

Los tres valores presentados para lodo de decantador primario corresponden a distintas concentraciones de sólidos y volumen total asociado.

De la tabla N°10, se desprende la importante conclusión sobre la necesidad del uso del espesador primario, el cual reduce la humedad en un 3% respecto al decantador primario, pero esta disminución corresponde a una reducción de volumen a la mitad, con el consiguiente ahorro de transporte.

En cuanto a los lodos generados en el proceso completo, vale decir primario y secundario, se tiene que para 250 kilogramos de cuero salado (100 kg. de cuero seco), expresados en materia seca, se puede calcular en unos 25 kilos, si pertenecen a procesos en los que se recupera el pelo. Pero se transforman en 38 kilos (secos) si el pelo se hidroliza. A la salida de la depuración, después de deshidratar los lodos con un filtro prensa, estos tienen un 65% de humedad, por lo que los lodos obtenidos de los 100 k de piel seca, serán de 70 a 100 kilos de lodo húmedo.

### **3.1.3 Otros**

La descomposición de la materia orgánica, así como la emisión de sulfuro de las aguas residuales causan el característico mal olor de una curtiembre. Es así que la localización de este tipo de industria es motivo de controversias en muchos países, de ahí que se les deba destinar áreas específicas. Sin embargo, en América Latina y específicamente en Chile, las curtiembres están localizadas en zonas urbanas y podría decirse que a corto plazo no se vislumbran posibilidades de solución para este problema.

Las emisiones de sulfuro provenientes del pelambre y de las aguas residuales; las emisiones de amoníaco y vapores de solventes que provienen del desencalado y de la etapa de acabado; así como las carnazas y grasas del descarte, son fuentes importantes de producción de olores que podrían eliminarse mediante un buen control de las operaciones de la industria. La tabla N°11 muestra valores indicativos de calidad del aire en el ambiente de trabajo de una curtiembre.

**Tabla N°11: Valores indicativos de calidad del aire en el lugar de trabajo  
Obtenidos en curtiembres con diferente tecnología de producción y variedad de pieles**

PARAMETRO	VALOR O RANGO
H <sub>2</sub> S	0 - 15 ppm
NH <sub>3</sub>	0 - 18 ppm
SO <sub>2</sub>	0 - 15 ppm
Acido fórmico	0 - 7 ppm
Polvo	0 - 8 mg/m <sup>3</sup> (*)
Tricloro Etileno	0 - 78 ppm
Tolueno	0 - 25 ppm
Metilcetona	0 - 27 ppm
Isopropanol	0 - 185 ppm
Etilacetato	0 - 400 ppm

(\*) en mg/m<sup>3</sup>

Fuente: UNEP/Industry and Environment Office (1991)

Con relación a los olores generados en las curtiembres, debe tenerse un cuidado especial en el saladero, sector donde se almacenan los cueros sin curtir, conservados únicamente con sal. Como tal, es una importante fuente de malos olores, de restos de sal altamente contaminada con sangre y bacterias, y de alguna cantidad de sangre que escurre especialmente de los cueros recientemente salados.

En general, los olores producidos en las curtiembres tiene su origen en inadecuadas prácticas productivas y falta de una adecuada política de mantención e higiene de las instalaciones. Así es posible encontrar: acumulación de desechos por períodos prolongados, equipos mal lavados, mala distribución de las instalaciones (desde un punto de vista práctico para la evacuación de los residuos) y pisos húmedos entre otras.

Las molestias están circunscritas mayoritariamente a las instalaciones mismas y en menor medida podrían existir efectos molestos para la comunidad debido a los olores. El olor proveniente de la descomposición de materia orgánica y emisión de sulfuros de las aguas residuales, podrían eliminarse o reducirse a través de un buen control de las operaciones de la industria.

Respecto al ruido, solo existen problemas o molestias al interior de las instalaciones, generado básicamente por equipos y máquinas, lo cual es completamente mitigable para los trabajadores con adecuados elementos de protección.

### **3.2 Estimación global de residuos y su impacto ambiental**

La cantidad de residuos que puede producirse en el proceso de curtido depende muchas veces de: procesos utilizados, tipo de cuero, insumos usados y medidas implementadas para prevenir o reducir la contaminación, entre otros. A pesar de lo anterior, a modo de cuantificar los residuos generados, se adjunta en anexo una figura que ilustra adecuadamente las cantidades de residuos generados a partir de una tonelada de cuero bruto.

En general, los residuos de las curtiembres pueden causar problemas que representan efectos negativos sobre el ambiente. La disposición de los residuos líquidos y sólidos, así como las emisiones gaseosas sobre cuerpos de agua, suelo y aire, degradan la calidad de estos últimos ocasionando daños ambientales muchas veces irreversibles.

- **Efectos sobre cuerpos de agua.** Las aguas residuales cuando son descargadas directamente a un cuerpo de agua ocasionan efectos negativos en la vida acuática y en los usos posteriores de estas aguas. Un cuerpo de agua contaminado disminuye el valor de su uso como bebida o para fines agrícolas e industriales. Afecta la vida acuática, mueren los peces por disminución del oxígeno disuelto y el agua se convierte en no apta para el consumo. Fundamentalmente y en forma resumida, los componentes específicos que causan problemas en los cursos de agua son cromo, sulfuro y carga biológica.
- **Efectos sobre el alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales.** Los efluentes crudos de curtiembres, lanzados a una red de alcantarillado, provocan incrustaciones de carbonato de calcio y gran deposición de sólidos en las tuberías. La presencia de sulfuros y sulfatos también acelera el deterioro de materiales de concreto o cemento. Si la carga contaminante presenta sustancias tóxicas como el cromo, y es lanzada a una planta de tratamiento, puede interferir con el proceso biológico de la planta. En lugares donde no existen plantas de tratamiento, estos contaminantes afectan la calidad del cuerpo receptor causando su deterioro. Los residuos industriales líquidos de curtiembre que son descargados sin tratamiento a cuerpos de agua provocan una drástica disminución del oxígeno disuelto en ella por efecto del sulfuro, además de los fenómenos de embancamiento por sólidos totales y el aumento de materia orgánica general, más la presencia indeseada del cromo trivalente.
- **Efectos sobre el suelo.** El suelo tiene cierta capacidad para neutralizar la carga contaminante recibida. Consecuentemente, la descarga de un efluente tratado puede ser beneficioso para la irrigación de un terreno agrícola. Sin embargo, los niveles de contaminación deben ser cuidadosamente controlados para evitar el daño de la estructura del suelo, y la consecuente disminución de la producción agrícola y aceleración de la erosión. Tan sólo el riego reiterado con un efluente rico en cloruro de sodio daña la vegetación debido a que el ion cloruro es fitotóxico. Por otra parte, el ion sodio también es perjudicial al dañar la estructura del suelo porque desintegra las arcillas afectando la porosidad del mismo.

- **Efectos sobre la calidad del aire.** Materiales particulados y sulfuro de hidrógeno son las dos descargas gaseosas potenciales significativas. Los malos olores como consecuencia de inadecuadas o inexistentes prácticas de limpieza, también afectan la calidad del aire.

## 4. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

### 4.1 Medidas de prevención

Los problemas de la contaminación mirados al interior de la empresa pueden encontrar soluciones, no tan solo bajo un esquema de reuso o reciclaje de residuos, sino también considerando alternativas de prevención y minimización de los desechos. En este sentido, los productos, procesos, insumos y residuos deben analizarse cuidadosamente. La idea es minimizar, o mejor aún, evitar la generación de residuos mejorando o cambiando procesos procedimientos, tecnologías y la gestión.

En este contexto, el rubro de las curtiembres presenta amplias posibilidades de reducir sus problemas de contaminación. Estas alternativas se pueden dividir en :

- Control de proceso, eficiencia y prevención
- Posibilidades de producción más avanzada y limpia
- Posibilidades de minimización, reuso, recirculación, recuperación y reciclaje

#### 4.1.1 Control de proceso, eficiencia y prevención

Baños cortos: Se entiende por "baño corto" un baño de bajo volumen de agua, no teniendo este concepto relación con la duración del baño. De la ley físico-química, conocida como ley de Fick, se desprende que para acelerar las penetraciones de los productos en soluciones, hay que aumentar la concentración de ellas. Para conseguir esto, lo mejor es acortar los baños. Con ello se logra:

- Disminuir el producto deseado en el agua
- Reducir la oferta de productos en algunos casos
- Elevar la temperatura del baño.

Como contraparte, los baños cortos, implican un incremento de la acción mecánica, lo que requiere una mayor potencia de motor y además, puede generar abrasiones en la flor del cuero.

Los baños cortos pueden aplicarse a todos los procesos teniendo por limitaciones la potencia del fulón, eficiencia del proceso respectivo y posibles daños mecánicos al cuero.

Lavados a puerta cerrada en vez de lavados con puerta de reja: Con el lavado en etapas y a puerta cerrada el ahorro de agua es un 62,5% sobre el total de lavado en continuo con puerta de reja, además se evita que las pieles se estén golpeando dentro del fulón porque el baño se acorta ya que el agua que sale por la puerta es mayor que la que está entrando por el eje. Cabe señalar para una mejor compresión, que los fulones tienen dos tapas, una hermética y otra de reja, que pueden ser intercambiables entre sí.



Evitar calentar las pieles en el fulón por el simple agregado de agua caliente: La situación descrita en este subtítulo es una práctica absolutamente común en las curtiembres, pero conlleva un gran gasto de agua y energía. En cambio, si se instala una recirculación externa del baño asistida con un dispositivo calefactor, se logra el objetivo deseado con un factor de economía notable. En ejemplos comunes de aplicación de esta técnica, se obtienen ahorros energéticos del orden del 70% y ahorros de agua cercanos al 100%.

Automatización de fulones: La implementación de la mayoría de las medidas generales propuestas incrementarán la mano de obra y la calificación de la misma. Los lavados en etapas, reciclados, calentamientos por recirculación, entre otros, son operaciones que requieren atención y esto no deja de ser un problema. Una solución al mismo, reside en la automatización e informatización de las operaciones a realizar en los fulones. Esto genera las siguientes ventajas:

- Disminución de la mano de obra.
- Facilidad de aplicación de programas complejos para reducir la contaminación, como son el control del volumen y temperatura del agua.
- Regularidad de los tratamientos químicos de las pieles.
- Calidad más constante.

Desde un punto de vista ambiental, esta medida genera los siguientes efectos positivos:

- Ahorro de agua
- Ahorro de energía

Tintura: Este es un punto particularmente sensible, ya que las anilinas por su propia naturaleza, que es dar coloraciones en agua, son muy llamativas. Lo que trae, sin duda, la mayor parte de los reclamos de los usuarios de los ríos y canales, ya que nadie puede estar tranquilo si riega sus cultivos con un agua de una coloración no natural.

La tintura acostumbra estar en la fase final de los procesos húmedos y queda influenciada por los tratamientos anteriores, de aquí su complejidad. Para obtener buenos agotamientos hay que prestar atención a todos los parámetros, pero la mayor importancia se le atribuye al sustrato piel. Existen estudios que demuestran el hecho de que un mismo colorante bajo las condiciones similares produce buenos agotamientos frente a un sustrato con alta afinidad, y apenas se fija sobre uno de baja.

Otro aspecto es la influencia del pH. En general, los colorantes aniónicos se agotan mejor a valores bajos de pH, pero esto varía según la familia de colorantes, es así como los colorantes metalíferos 1/1 disulfónicos muestran mejores agotamientos a pH 5 que a valores más bajos.

Para manejar el complejo problema de la tintura, se han diseñado fulones especiales.

Finalmente, el método que da buenos resultados incluso para tonalidades oscuras sobre un sustrato de afinidad normal, es el siguiente : se empieza la tintura con todos los colorantes aniónicos a 20°C,

en un baño muy corto (50%) y a un pH ligeramente alcalino (8-9). Hay una rápida penetración, se alarga considerablemente el baño (6-10 veces). Se pasa a un valor de pH ácido (3-4) y se calienta progresivamente hasta 60-65°C. Ahora la tintura es de cobertura. Este método se lleva a cabo de modo excelente en un bombo automatizado con posibilidades de calentamiento por recirculación externa.

Un buen manejo de la tintura genera una disminución del color en los efluentes.

#### Limpieza e higiene para prevenir el mal olor

Una de las posibilidades más prácticas para prevenir la contaminación es mantener limpio los lugares de trabajo. Como se mencionó anteriormente, la falta de higiene y limpieza en las instalaciones genera el característico mal olor de las curtiembres. Para evitar o disminuir este tipo de contaminación es posible tomar las siguientes medidas :

- Limpieza de las rejillas
- Limpieza del piso
- Remoción y disposición de residuos sólidos al interior de las instalaciones.
- Cerrar el saladero, en forma relativamente hermética, con el propósito de hacer presión negativa aspirando el aire de su interior, para luego pasarlo por un filtro biológico de olores. Con esta opción, la temperatura es controlable, evitando problema derivados de aumento en las temperatura al interior del saladero.
- Controlar el olor por la aspersión de bacterias que destruyen las bases químicas del olor.

#### **4.1.2 Posibilidades de producción más avanzada y limpia**

Altos agotamientos: El ideal perseguido es que todos los productos que se pretenden "incorporar" al cuero, lo hagan en un 100%, lo que lamentablemente no se da, generando muchas veces un perjuicio ecológico a la vez que económico. Esta práctica es aplicable a todos los procesos que impliquen una incorporación definitiva de un producto al cuero.

Para acercarse al ideal del agotamiento total se puede adoptar las siguientes normas generales:

- Seleccionar curtientes y colorantes de buena afinidad al cuero, lo cual debe ser consultado caso a caso con el proveedor.
- Incrementar, en lo posible, las temperaturas, ya que con ello se acelera la fijación de los productos. Este incremento depende del tipo de artículo que se desee producir, ya que una de lo contrario, se pueden generar defectos en la flor del cuero.
- Aumentar la duración de los procesos.
- Llevar el pH de los baños a valores que den el máximo agotamiento.

- Trabajar con baños cortos. Esto permite reducir la oferta de productos y queda menos cantidad total de los mismos en las aguas residuales.
- Deben solicitarse al proveedor las curvas de agotamiento de los productos que se emplean. Estas curvas son función de la concentración del pH, tiempo y temperatura, los cuales deben ajustarse, en lo posible, en el proceso.

Supresión de tensoactivos fenólicos no-iónicos: Esta familia de tensoactivos son usados en la ribera por dos motivos: humectación y limpieza de los cueros. Por esta misma razón se suelen usar estos productos en varias fases de la fabricación del cuero.

La investigación ha probado que difícilmente ninguno de estos productos aumenta la humectación del colágeno, sin embargo actúan incrementando la limpieza superficial de la piel. Se estima que en las pieles que irán depiladas, resulta superfluo limpiarlas al principio, debido a que quedan suficientemente limpias, durante las diversas secuencias de la ribera.

Los tensoactivos más usados en la ribera son los alquilfenoles etoxilados. Estos productos dan valores altos de DQO y de toxicidad en los efluentes. Se ha determinado que una solución de 1gr/lit de alquilfenol etoxilado tiene una DQO de 2.300 ppm de O<sub>2</sub>.

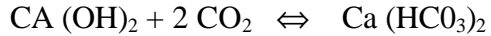
Si se suprimen los tensoactivos en la ribera, en especial los alquilfenoles etoxilados, se conseguirán dos objetivos, sin alterar la calidad final del producto:

- Reducir los valores de la DQO y de la toxicidad.
- Reducir los costos de producción.

Pelambres sin destrucción de pelo: La mayoría de los pelambres actualmente en uso requieren del uso de sulfuro de sodio. Aún usado en pequeñas dosis el efluente respectivo ya se encuentra sobre la norma. Actualmente, varias casas químicas ofrecen sistemas de pelambres a través de los cuales es posible recuperar el cuero sin que este sea destruido. Esta alternativa resulta ventajosa en la medida en que el costo de disponer del pelo recuperado sea menor que el asociado a depurar el efluente después de su destrucción. La situación en Alemania es desventajosa económicamente para el uso de esta opción y se prevé que en Chile suceda lo mismo en el corto plazo, dado que el pelo se obtiene contaminado con sulfuro de sodio y de acuerdo al nuevo reglamento sería considerado residuo peligroso. Por lo tanto, pese a tener ventajas desde el punto de vista de la calidad del efluente, se recomienda frente al diseño de plantas no considerar esta situación como la alternativa que necesariamente permanecerá en el tiempo.

Desencalado con CO<sub>2</sub>. Con este método se prescinde de las sales amónicas, por lo tanto se disminuye el nitrógeno amoniacal del efluente. Aún cuando el método no es adecuado para pieles gruesas, siendo en tal caso necesario desencalar ocupando una parte de sulfato de amonio u otro desencalante comercial no amoniacal.

La reacción que tiene lugar es la siguiente:



El hidróxido cálcico más el anhídrido carbónico dan lugar al bicarbonato cálcico. El pH final de esta reacción está alrededor de 7 en vez del valor 8,5 que se obtiene con las sales amónicas.

Como los pelambres llevan cantidades importantes de sulfuro sódico, a este valor de pH 7, se desprende gas sulfhídrico, que debe ser destruido mediante hipoclorito sódico, lo que incrementa algo los costos y también la salinidad en los vertidos.

Se tiene antecedentes de que este método de desencalado es más caro que el de las sales amónicas, pero que unas treinta curtiembres americanas y europeas lo están utilizando.

Altos agotamientos de cromo, incrementar los agotamientos: Es el método que se va implantando por ser el más adecuado, desde todos los puntos de vista. Con menos ofertas de cromo se consigue igual fijación quedando menos en las aguas residuales, sin necesidad de instalaciones especiales. Con esto se disminuye la cantidad de cromo en el efluente.

Se preconiza el uso del ácido sulfoftálico para poder basificar más sin producir floculación. También el uso de ácidos mono y dicarboxílicos o de ácidos orgánicos polibásicos. Otra alternativa es basificar con óxido de magnesio o con las llamadas sales de Amina. Sin embargo, actualmente se esta imponiendo la utilización de sales de cromo llamadas autobasificantes, así como también se utilizan sales de cromo 26% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  y 33% de basicidad. Sobre ellas se han publicado varios trabajos. Los resultados a escala industrial son muy buenos y, si se racionalizan las leyes vigentes, es posible que en el futuro, con estas medidas de incrementar el agotamiento, pueda desaparecer este problema.

El proceso de alto agotamiento se debe al uso de ácidos dicarboxílicos, los cuales provocan una reticulación que determina un aumento en el tamaño de la molécula de cromo, por lo tanto son más astringentes, lo que determina una mejor unión a la fibra. Además, actúan como enmascarantes como todos los ácidos orgánicos, de forma tal que el pH en el cual debe tenerse una precipitación del hidróxido de cromo es desplazado hacia arriba. Por ello, es posible un curtido a pH más elevado.

Para lograr un agotamiento óptimo, se requieren las siguientes condiciones:

- temperatura final mayor a 40°C
- tiempo de rodaje en lo posible mayor a 10 horas
- valor de pH mayor que 4, en lo posible 4,2
- relación de baño menor a 80%

Curtientes vegetales: Actualmente en Chile, la producción de suela vegetal es muy baja, y en el curtido al cromo las taninas vegetales son usadas en pequeñas proporciones en el recurtido. No obstante se comentará algo sobre la problemática de este tipo de curtido.

En general, los taninos son parcialmente fijados por la piel, quedando en el baño remanente unos 5 gr./lt. Dan valores de DQO altos y presentan biodegradabilidad lenta.

Estos baños residuales son más ricos en los llamados no taninos en comparación con el baño inicial, dado que la piel ha fijado los taninos. Afortunadamente, los no taninos presentan mejor biodegradabilidad que los taninos.

Con la utilización de baños muy cortos y con la preparación de los cueros con polifosfatos a 30-35 °C de temperatura se consiguen volúmenes reducidos de efluentes y con bajas proporciones de taninos.

La disminución de curtientes vegetales en los baños residuales genera una disminución de la DBO5.

Recurticiones con sintanes y engrases: Hay gran variedad de sintanes, algunos dan valores de 2.000 ppm de DQO a concentraciones de sólo 1 gr./lt. Su biodegradabilidad es baja, del orden de 0 - 16%.

Como ya se dijo anteriormente el proceso de recurtición tintura y engrase aporta sólo un 5% de la DQO total del efluente, pero su reducción no deja de ser un aporte a la calidad de éste.

En cuanto a abordar la reducción de la DQO generada por el engrase, generalmente aniónico, se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- Hacer una recurtición lo más catiónica posible, es decir, una recurtición a un pH suficientemente bajo, de forma tal que los productos recurtientes y engrasante, generalmente aniónicos, sean fijados en alta proporción. La expresión “posible” indica que la cationicidad debe ser tal que permita la penetración o difusión de los productos aniónicos a través del cuero, evitando así el indeseado efecto de la precipitación superficial.
- Ajustar la resistencia a electrólitos de la mezcla de engrase a la mínima necesaria para no perjudicar la penetración.
- Combinar el uso de sulfitados con el de un catión o complejante (cromo), recomendado para cueros delgados tipo napa.
- En recurticiones aniónicas, sustituir sulfitados estables a electrólitos por ésteres fosfóricos altamente ablandantes.
- Usar engrasantes polifuncionales tipo carboxilo-sulfonado supone un balance óptimo: poder ablandante /DQO.
- El uso de sulfatados convencionales mejora los valores de DQO, aunque por sí solos y sin la adición de tensoactivos, no suelen garantizar un resultado en profundidad, es decir, que sin las condiciones indicadas, el engrase no logra la penetración requerida.

Se ha investigado que los componentes tensoactivos del engrase, fundados sobre la química de los alcoholes grasos, presentan los mejores valores de biodegradabilidad. Las parafinas sulfoclaradas

están siendo bastante cuestionadas, ciertos aceites minerales deberán ir desapareciendo y en cambio se consolidan los productos cuya base son los ésteres grasos. Será, por tanto, necesario seleccionar los aceites de engrase para obtener bajos niveles de contaminación.

#### 4.1.3 Posibilidades de Minimización, Reuso, Recirculación, Recuperación y Reciclaje

Reciclado de baños: Es una de las medidas más recomendadas en las publicaciones y a la vez más sugeridas por los consultores e institutos tecnológicos sin experiencia, olvidando a veces un par de condiciones básicas para su viabilidad:

- Que el baño lleve poca contaminación intrínseca. Las materias procedentes de la piel saturan pronto los baños en detrimento de su acción específica.
- Que su reutilización sea factible mediante operaciones simples. Por ejemplo un tamizado elemental seguido de un ajuste fácil de los productos ofertados. Los reciclados sofisticados no han tenido implantación industrial debido a su costo y a la necesidad de una dedicación especializada.

Entre los reciclados de baños se tiene a los de curtición y pelambre:

*Reciclado de los baños de curtición:* Otra medida utilizada con éxito y sin necesidad de grandes inversiones es la recogida de estos baños residuales para ser reciclados. En este proceso se realiza un tamizado de los baños para poder clarificarlos y reutilizarlos como piquel de una nueva curtición, tras el ajuste de densidad, pH, contenido en cromo y basicidad. Sobre estos datos se calculan los productos que hay que añadir para la nueva curtición.

*Reciclado de los baños de pelambre:* este método nos permite un importante ahorro de insumos y por lo tanto un beneficio económico. Sin embargo, dado que el baño a reciclar puede variar en su composición ciclo a ciclo, resulta riesgoso el uso de esta práctica, ya que requiere de controles químicos diarios.

El sistema de recuperación de los baños del pelambre se divide en 4 partes:

- Recolección del baño. El baño residual puede ser recuperado por medio de canales de concreto protegidos contra la corrosión ocasionada por el sulfuro.
- Tratamiento preliminar. Consiste en una serie de rejillas continuas, instaladas a lo largo del canal recolector, cuya función es retener el material grueso.
- Tanque de almacenamiento o igualación. Debido a que las descargas en el proceso del pelambre no son continuas, debe realizarse una igualación del caudal en un tanque de concreto.
- Tratamiento primario. Su objetivo es eliminar los sólidos que puedan interferir en el reciclado. La sedimentación puede ser hecha en sedimentadores de sección rectangular o circular.

La aplicación de este procedimiento permite tanto un ahorro en insumos como económico.

Reducción general del consumo de agua: Esta última política general de ataque a la contaminación en curtiembre, puede que sea la más simple de aplicar en la práctica, pero es la que paradójicamente conlleva mayores dudas al momento de la toma de decisiones al técnico curtidor, más aún, considerando que es aplicable a todo el proceso. Esta medida consiste única y simplemente en preguntarse sobre la real necesidad de cada baño nuevo, en particular, pero no únicamente, en el caso de baños de lavado. Resulta sorprendente comprobar que muchos cambios de baños son inoficiosos, pero peor aún, algunos son contraproducentes, ya que suele darse el caso que en el nuevo baño, se pueda estar lavando un producto agregado en el baño anterior y que aún no se haya fijado químicamente.

Separación mecánica de la sal: No toda la sal que se esparce sobre el lado carne queda desleída en el 60% de agua que contiene la piel. Por esto, permanece siempre en su exterior un remanente en forma de granos no disueltos. La totalidad de esta sal representa un 20% del peso de la piel en bruto, y si se pasa entera a los baños de remojo, constituye un 60% de la sal total que va en el efluente.

Se ha propuesto enfriar las pieles a 4°C después del desuello y transportarlas luego en frigoríficos. Así, no hay contaminación por sal y las pieles salen de excelente calidad. Sin embargo, aún en Europa esta modalidad no desplaza fácilmente al tradicional salado.

Aceptando el hecho de que se trabajará todavía por largo tiempo con pieles saladas, resulta interesante eliminar al menos toda la sal granular retenida superficialmente, antes de entrar a disolverla en el remojo. Para ello se propone abatanar las pieles en bruto dentro de un fulón de reja para eliminar la mayor cantidad posible de sal, teniendo la precaución de no producir quiebres de fibras por una acción mecánica excesiva frente a un cuero que por su estado de conservación carece de la flexibilidad necesaria. Con ello se estima que la recuperación de este producto oscila entre un 15 a 30%.

Eliminar o reducir la cal de los pelambres: Al ser la cal poco soluble en agua, se genera una importante producción de sólidos suspendidos. Esta cal insoluble es químicamente inútil y produce problemas que se manifiestan en exceso de lodos en el efluente. Durante el movimiento de los baños queda progresivamente retenida por las pieles sobre todo en el lado carne. Para eliminarla quedan dos alternativas:

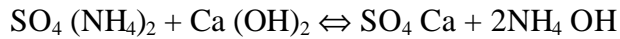
- Mecánicamente, mediante un descarnado.
- Químicamente con el desencalado.

De este modo, son necesarias ofertas de sal amónica, o similares, tanto mas importantes cuanto mayores son los remanentes de cal insoluble, sobre la piel.

La supresión de la cal en la ribera de ovinos y caprinos es totalmente viable. En las pieles vacunas surgen algunas dificultades. Debido a su grosor acostumbran a ser divididas a la salida del calero, entonces la cal otorga un grado de aspereza a la piel, que facilita su paso por la máquina de dividir. Con un calero de sólo sulfuro, las pieles quedan muy resbaladizas y el dividido se hace inviable. Este

inconveniente no existe si el dividido se realiza después de la curtición al cromo, por lo que esta alternativa ameritaría, algunos ensayos.

Reducción del uso de sulfato de amonio: La ecuación que rige la acción del sulfato de amonio sobre las pieles procedentes del calero es la siguiente:



Esta es una reacción de doble descomposición entre el hidróxido cálcico y el sulfato de amonio. El calcio pasa a la solución en forma de sulfato y se libera hidróxido amónico que queda en solución. De esta solución se va desprendiendo a la atmósfera en forma de amoníaco gaseoso.

Los altos valores de nitrógeno amoniacal en las aguas residuales se deben, en buena parte, a los excesos ofertados sobre la cantidad justa necesaria. Si se ofertara proporciones estequiométricas justas de sal amónica, su contenido final en el agua residual sería irrelevante.

Afinando las proporciones de sal amónica ofertada, se consiguen baños con un excedente mínimo de la misma. Lo que no siempre es fácil, teniendo como objetivo lograr un descalcado incoloro al corte con fenoltaleína. Para incrementar las penetraciones, lo más efectivo es reducir al máximo el volumen de baño empleado, siempre y cuando no se provoquen daños a la flor del cuero. También un incremento del tiempo de rotación de los fulones ayuda a la penetración.

Finalmente, existe la posibilidad de trabajar con ofertas de sal amónica inferiores a la estequiométrica, esto se basa en regenerar el sulfato de amonio en el propio baño de descalcado, neutralizando con ácido sulfúrico diluido el hidróxido amónico que se va formando en la reacción. El ácido diluido se añade gradualmente al baño, empezando a poco de haber añadido la sal amónica. Es evidente que esto conlleva un control afinado de la operación pero, en todo caso, es de una operación inferior a otras alternativas que además, requieren instalaciones más sofisticadas. Para evitar el riesgo asociado a la manipulación del ácido sulfúrico, es posible utilizar ácidos policarboxílicos (presentes en productos comerciales).

Con medidas de este tipo y sin prescindir de las sales amónicas, se puede minimizar el nitrógeno amoniacal en los efluentes debido a los excedentes de dichas sales. Esta medida sobre las sales amónicas ayuda a disminuir la contaminación, sin necesidad de ninguna inversión relevante.

## ***4.2 Implementación de sistema de gestión ambiental***

La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental involucra una serie de acciones al interior de las empresas, que inciden en diferentes ámbitos de la estructura organizacional, actividades de planificación, roles y responsabilidades, prácticas, procedimientos y procesos. Un sistema de gestión ambiental debe incluir además aquellos aspectos administrativos relativos a la planificación, desarrollo, obtención, implementación, mantención, control y mejoramiento de la política ambiental de la empresa, sus objetivos y metas. Para el logro de lo anterior es necesario desarrollar, específicamente, los siguientes puntos:



- Política ambiental
- Definición de un programa ambiental con objetivos y metas
- Definición de una estructura , donde se asignen roles y responsabilidades
- Integración de la gestión ambiental en las operaciones mediante procedimientos ambientales
- Programas de capacitación del personal
- Documentación del sistema
- Definición de acciones preventivas y correctivas
- Auditoría del Sistema de Gestión Ambiental
- Revisión de la gestión
- Plan comunicacional interno y externo

Dentro de los diversos esquemas desarrollados de Sistemas de Gestión Ambiental, se tiene el ISO 14000. La serie de normas ISO 14000 cubre no solamente los Sistemas de gestión Ambiental sino también la auditoría, desempeño ambiental, evaluación, etiquetado ambiental, evaluación del ciclo de vida y otros tópicos relacionados. En forma específica, la ISO 14001 desarrolla los conceptos de Sistema de Gestión Ambiental.

Variados son los motivos que surgen en las organizaciones para implementar un Sistema de Gestión Ambiental y certificarlo. Entre ellos podemos mencionar razones de índole ambiental, económico, social, y legal, principalmente.

Para el caso del rubro en estudio, la mayoría de las industrias podría implementar un sistema de gestión ambiental, motivados por la obligación de cumplir con la normativa de descarga de residuos industriales líquidos, pronto a entrar en vigencia. También, un adecuado sistema de interacción con la comunidad, impulsado a través de un sistema de gestión ambiental, puede ser una buena causa para desarrollar un Sistema de Gestión Ambiental. Esto último podría servir mucho a la hora de mostrar a la empresa preocupada de ambiente y la comunidad.

Finalmente, los conceptos de competitividad e imagen dentro de las empresas del sector, podría motivar a buscar formas de diferenciación, tanto en los productos como en las organizaciones. En ese contexto, la temática ambiental, específicamente la introducción de sistemas de gestión ambiental, puede constituirse en una herramienta útil.

## 5. METODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION (END OF PIPE)

Las tecnologías End of Pipe en general se asocian a costos de instalación y operación elevados, pero también a altas eficiencias de remoción de contaminantes. Un enfoque moderno consiste en agotar las posibilidades de reducción de la contaminación en origen, especialmente el consumo de agua, para luego diseñar a costos menores, las tecnologías End of Pipe.

El objetivo perseguido por el gremio de curtiembre es aproximarse por la vía de las técnicas de prevención de la contaminación a la norma Decreto N°609 que “Establece Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado” y lograr el cumplimiento cabal de la citada norma con las tecnologías End of Pipe de tipo físico-químico, lo cual presupone alcanzar un acuerdo con la empresa sanitaria, al menos, para el parámetro  $DBO_5$ .

### 5.1 Tecnologías para el tratamiento de residuos líquidos

La necesidad de eliminación de sulfuro y cromo son la mayor singularidad que presentan los RILES de curtiembre para su tratamiento, ya que una vez eliminados estos dos componentes, la metodología a emplear para la depuración del efluente es más bien convencional, no por ello exenta de especificidades según el tamaño, terreno disponible y legislación que afecte a la curtiembre.

Las tecnologías para eliminar sulfuro y cromo, apuntan específicamente a abatir los parámetros sulfuro y cromo trivalente estipulados en el D.S. N° 609, en cambio los tratamientos siguientes vienen a reducir el resto de los parámetros de dicha norma, en forma no específica.

#### 5.1.1 Desulfuración de pelambres y caleros

Para conseguir una adecuada desulfuración de pelambres y caleros existen varios procedimientos :

- Llevar los baños de pelambre, por canal aparte, hasta un gran depósito de homogeneización de todas las aguas de la fábrica, provisto de hélices de agitación sumergidas y difusores de aire.
- Recuperación del  $H_2S$ , consiste en acidificar, en atmósfera cerrada, los baños de pelambre hasta un pH 3-4. Así, se precipitan proteínas y se desprende  $H_2S$  (gas) que se fija haciéndolo pasar por una solución de NaOH en una torre de absorción (SCRUBBER).
- Tratamiento con los gases de combustión de las calderas, consiste en hacer borbotear los gases de combustión a través de los baños alcalinos que contienen el sulfuro. El  $CO_2$  del gas neutraliza la alcalinidad y el  $SO_2$  proveniente del azufre del combustible oxida los sulfuros.
- Precipitación del  $S^{-2}$  con  $Fe^{+3}$  : proceso físico-químico muy eficaz pero que genera un precipitado negro de sulfuro de hierro.

- Oxidación catalítica con sales de manganeso, es el sistema más empleado y consiste en inyectar microburbujas al efluente en presencia de sulfato de manganeso como catalizador, con lo que se logra reducir el  $S^{-2}$  de 1.900 ppm hasta 0.

### 5.1.2 Tratamiento del cromo

Anteriormente, se indicó como alternativa para disminuir las cantidades de cromo en el efluente, el alto agotamiento y el reciclaje de licor de cromo. Como medida externa de control de cromo en los efluentes, lo más usado es la precipitación y posterior redisolución del cromo. El método se aplica a los baños residuales recogidos aparte. Se precipita el cromo en forma de hidróxido con un álcali, se separa el precipitado y se redisuelve con ácido sulfúrico. Un esquema del proceso de resulfatación de cromo se adjunta en anexo.

### 5.1.3 Tratamientos de riles

Una vez eliminados del efluente el sulfuro y cromo, el ril resultante tiene características asimilables al agua residual de origen doméstico, no significando esto que los parámetros del ril de curtiembre sean similares en orden de magnitud a los de origen domiciliario, sino que debido a la ausencia de tóxicos pueden ser tratados en forma similar, y más aún, en forma conjunta.

Hay gran variedad de tratamientos que abarcan un amplio abanico de técnicas, desde las estrictamente mecánicas hasta las de conducción de complejas reacciones bioquímicas. Se agrupan en dos principales apartados: tratamientos físicoquímicos y biológicos.

Un sistema de tratamiento físico-químico puede resultar adecuado para una curtiembre que descargue en alcantarillado, cumpliendo con la norma D.S. del MOP N° 609/98. Para ello debe solicitar autorización al prestador para descargar efluentes con concentración media diaria superior a la permitida para fósforo, nitrógeno amoniacal, y sólidos suspendidos y carga mensual de  $DBO_5$ , y/o volumen de descarga mensual superior (en términos dispuestos en ley de tarifas para prestaciones no monopólicas).

Ahora bien, si con el tratamiento primario no se alcanza a dar cumplimiento a la normativa de evacuación, será necesario realizar un tratamiento biológico después del físico-químico.

### Tratamientos físico-químicos

Por métodos físico-químicos se entienden los basados en la dosificación de productos coagulantes y floculantes a las aguas a tratar con el objetivo de reducir, en lo posible, los parámetros de contaminación, fundamentalmente por filtración, decantación o flotación. Un esquema del tratamiento físico-químico se adjunta en anexo.

Dentro de los tratamientos físico-químicos, las operaciones iniciales más frecuentes son: desbaste (grosero y fino), desarenado, desengrase, homogeneización y sedimentación primaria. En las

curtiembres, en general, ni las arenas ni las grasas constituyen un aporte importante y, por consiguiente, tanto el desarenado como el desengrase son poco practicados.

Vamos a dirigir nuestra atención a las operaciones de: Desbaste, Homogeneización, Sedimentación primaria y Separación por flotación. Este orden es la secuencia usual de trabajo.

Desbaste Es la operación de tamizado o separación física de materias sólidas arrastradas o en suspensión en el vertido. El tamaño de estas materias oscila entre el de piezas grandes hasta partículas coloidales.

Se divide en tres tipos principales:

- Fino con separaciones de 3 a 10 mm en los elementos del tamiz.
- Medio, con separaciones de 10 a 25 mm.
- Grande, con separaciones de 50 a 100 mm.

Homogeneización. Operación de mezclado del residuo líquido para obtener una mezcla uniforme. El caudal de los vertidos de una curtiembre es irregular a lo largo del día lo que puede afectar la operación de la planta de tratamiento. Para un buen funcionamiento de ella son necesarias dos condiciones; caudal de trabajo contante y composición química regular.

Esto se consigue mediante un buen depósito de homogeneización instalado después del desbaste y antes de la depuración. Cuanto mayor sea el depósito y más eficiente la mezcla, más afinadamente conseguiremos las dos condiciones apuntadas.

Gran número de los fracasos que se producen en las depuradoras de vertidos industriales son debido a una insuficiente homogeneización. Es necesario aplanar no solamente los picos de pH y de componentes; sino también los de caudal. Por esta razón, la retención mínima no bajara de las 24 horas y mejor si llega a las 48. Los tiempos mayores de 24 horas aumentan los factores de eculización de composición y caudal, no siendo necesario superar las 48 horas porque no hay mejoras sustanciales. Tiempos menores de 24 horas no permiten homogeneidad química. Para que la mezcla sea completa hay que agitar continuamente el líquido y esto, además, ayuda a que no se produzcan sedimentaciones. Esta agitación la deben producir hélices sumergidas que crean corrientes de sentido horizontal.

Decantación primaria. La decantación constituye un medio para separar sólidos de una fase líquida que resulta tanto mas completa, cuanto mayor sea el tiempo de sedimentación. En los decantadores se hace fluir ascensionalmente el líquido a una velocidad inferior a la de sedimentación de las partículas que interesa eliminar, las cuales se depositan en forma de lodos. A través de la decantación primaria es posible rebajar los valores de DBO<sub>5</sub>, DQO y materias en suspensión, sin necesidad de productos químicos ni de energía.

Separación por flotación. Constituye una variante de extracción de sólidos suspendidos. En vez de sedimentarlos, se les hace ascender hasta la superficie. A tal fin, se prepara agua con aire disuelto a

sobrepresión, que luego se mezcla con el efluente. Se produce a la vez la descompresión y se desprenden infinidad de burbujas que, al chocar con los flóculos, se pegan a ellos y, actuando de flotadores, los elevan hasta la superficie. Unas láminas que barren esta superficie acumulan estos lodos y los vierten a un canal receptor. La flotación es de gran utilidad cuando los flóculos, por ser ligeros, tienden a flotar en vez de sedimentar.

Después de las operaciones iniciales, vienen las etapas de coagulación-floculación, sedimentación secundaria y finalmente, espesamiento y secado de lodos.

- Coagulación, Floculación. Antes de la sedimentación se encuentra en el agua, además de las sustancias solubles, las materias finamente divididas y coloidales. Estas dos últimas son difícilmente sedimentables. Esto se debe al hecho de estar cargadas electrostáticamente con el mismo signo, con lo cual se repelen entre ellas manteniéndolas en movimiento constante, esto les impide sedimentar. Estas fuerzas electrostática de repulsión, vienen determinadas por el llamado potencial Z de tipo electrocinético. Para desestabilizar estas suspensiones hay que neutralizar el potencial Z mediante coagulantes tales como el sulfato de aluminio, sales de hierro y también las de cromo. Con esta desestabilización, las materias no disueltas y las coloidales se precipitan y, tras la decantación, el líquido queda clarificado.
- Sedimentación Secundaria. Los abundantes lodos formados en la coagulación y floculación han de ser sedimentados en una nueva decantación. Si la dosificación de reactivos ha sido correcta el agua queda bien clarificada. Del fondo del decantador han de ser extraídos los lodos para su posterior espesamiento y secado. Acostumbran a tener un contenido de sólidos del 3 al 5% que corresponde a un 20.000-50.000 ppm de sólidos suspendidos. A este parámetro se le llama sequedad de los lodos.
- Espesamiento y secado de los lodos. La cifra del 3 al 5% de sequedad es demasiado baja para que los lodos puedan ser vertidos. Hay que concentrarlos mediante una nueva sedimentación, previa una nueva adición de reactivos. Tras el espesamiento, la nueva sequedad queda del 8 al 15% aun no suficiente para ser vertidos. Las disposiciones legales exigen valores de sequedad superiores. Por añadidura cuánto más agua contienen más cuesta su transporte. El incremento de sólidos se consigue pasando los lodos espesados a la operación de secado, la cual puede efectuarse mediante las siguientes cuatro modalidades principales:
  - Filtración al vacío.
  - Centrifugación.
  - Filtración a presión.
  - Eras de secado.

## **Tratamientos biológicos**

Por métodos biológicos se entienden los basados en el fenómeno de la biodegradabilidad. Estos métodos pueden definirse como autodepuraciones intensivas. A simple vista, resulta sorprendente el

que pueda depurarse algo con la siembra y cultivo intensivo de colonias de microorganismos muchos de los cuales pueden ser patógenos.

En el tratamiento biológico se eliminan las materias orgánicas, coloidales disueltas, que son el alimento de los innumerables microorganismos que actúan en presencia de oxígeno. El carbono orgánico contaminante se transforma en parte en CO<sub>2</sub> por respiración de las bacterias y otra parte se emplea como alimento en el crecimiento de estos microorganismos. Los tratamientos biológicos se subdividen en tres grupos:

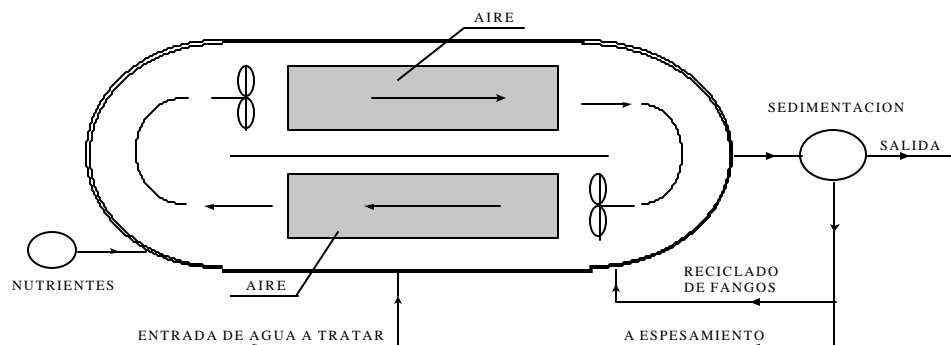
- Lodos activos
- Película biológica
- Lagunas.

### Lodos Activos

Ahora dentro de los tratamientos de lodos activos se tiene los de flujo continuo y discontinuo. Se dice que opera a flujo continuo aquella instalación que recibe y entrega un caudal continuo de agua a tratar.

- Piscina de aireación a flujo continuo o carrusel. Una de las instalaciones más utilizada es la piscina de aireación llamada carrusel. Es un depósito alargado de paredes laterales rectas y paralelas, las de los lados cortos son semi-circulares. Una pared central, que no alcanza a las paredes circulares, lo divide en dos con lo cual se puede establecer un circuito de movimiento del agua como se muestra en la figura N°2.

**Figura N°2: Esquema de una piscina de aireación tipo carrusel e instalaciones anexas**



El agua tratada en el carrusel va a una sedimentación secundaria para separar lodos. Estos se recogen en el fondo del decantador y se recirculan a la entrada del carrusel. De este modo, la

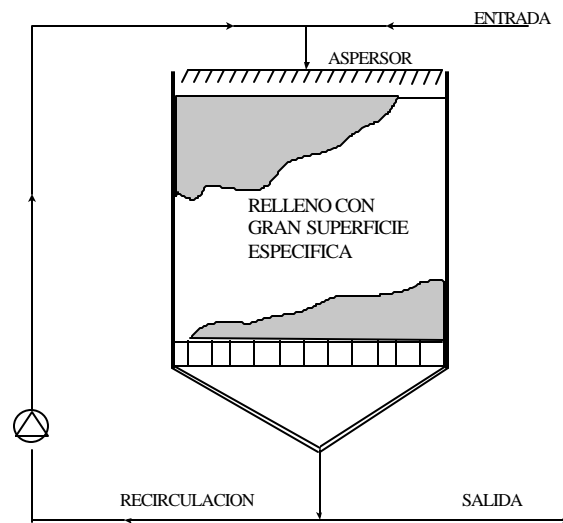
cantidad de lodos biológicos va creciendo en la piscina de aireación hasta disponer de la biomasa suficiente para digerir la carga orgánica contaminante que va ingresando constantemente. A partir de este momento, los lodos sobrantes se envían al espesamiento y secado junto con los de la sedimentación primaria.

- Tratamiento de flujo discontinuo. En depósitos adecuados se ponen en suspensión los lodos activos con un volumen determinado del agua a tratar. Siempre en recipiente confinado, y sin aporte de agua nueva, se oxigena toda la masa hasta una digestión razonablemente extendida de los contaminantes. En este momento se interrumpe la aireación y comienza la sedimentación en el propio depósito. Se extrae por decantación el líquido sobrenadante depurado y se inicia un nuevo ciclo dentro del mismo depósito y con los lodos anteriores. Toda vez que este contenido de lodos se incrementa, periódicamente hay que purgarlos, espesarlos y secarlos.

### Película biológica o filtros percoladores

Consisten en un empaquetamiento en forma de torre o de columna de materiales que dejan amplios espacios vacíos y libres para la caída en cascada o goteo del líquido a depurar. Este líquido no llena la torre y sólo resbala por los materiales de relleno con lo cual el aire esta en contacto permanente con el conjunto. Un esquema de filtro percolador se aprecia en la figura N°3.

**Figura N°3: Esquema de un filtro percolador**



El vertido que cae y se escurre por las superficies de relleno, va creando sobre ellas una película de biomasa aerobia que digiere la contaminación disuelta. Luego, se intuye que llamar “filtros” a estos dispositivos parece sugerir que su misión sea la de separar sólidos de un líquido.

## Contactores Biológicos Rotativos (CAR) o Biodisco

El biodisco consiste en un empaquetamiento cilíndrico de material plástico de gran superficie específica que, en vez de estar inmóvil como el percolador, gira lentamente alrededor de su eje en posición horizontal y parcialmente sumergido dentro del vertido a depurar. También, sobre las grandes superficies del cilindro se desarrolla una película de biomasa que metaboliza los contaminantes.

## Lagunas biológicas

Cuando se dispone de grandes áreas de terreno a bajo costo, en zonas aireadas y con una vecindad suficientemente lejana, el tratamiento de las aguas residuales por lagunaje implica un escaso consumo energético y reducido mantenimiento.

Hay tres modalidades fundamentales de lagunas: aireadas, facultativas y balsas de estabilización

Los tiempos de retención en los sistemas de lagunaje son siempre altos, alcanzando varios meses en las balsas de estabilización. En su nivel superior se desarrollan procesos aeróbicos en las capas profundas. En los tratamientos por lagunaje se establecen tres o más lagunas en serie para obtener un buen grado de depuración.

Dado que después del tratamiento primario del ril de una curtiembre, el valor de la  $DBO_5$  fluctúa entre 800 y 500 mg/l, no se justifica abatir la  $DBO_5$  remanente por medios aneróbicos, sino por los métodos aeróbicos propuestos.

## **5.2 Tecnologías para el tratamiento de residuos sólidos**

En el rubro curtiembres se produce una cantidad considerable de residuos sólidos, para los cuales existe una serie de técnicas o tecnologías para su aprovechamiento, reciclaje y disposición. Estas, se pueden presentar de acuerdo al tipo de residuo sólido generado, ya sea antes o después del curtido, y los provenientes de la planta de tratamiento de riles, es decir, los lodos.

### **5.2.1 Residuos sin curtir**

Estos pueden ser transformados en productos o utilizados como insumos de otros. A continuación se presenta las principales aplicaciones o usos de estos desechos.

- Abono orgánico a través de distintos medios siendo el más recomendado el compostaje. Este procedimiento presenta las siguientes características:
  1. Rápido y eficiente proceso de eliminación de toda toxicidad, dejando el sustrato en condiciones inmediatas de biodegradación.
  2. Completa degradación de los insumos



3. No genera vectores ni olores
  4. Obtención de una buena rentabilidad como negocio, en función de determinados factores (cantidades, precios, mercado, entre otros).
  5. Desventaja : puede ser necesaria una alta inversión inicial.
- Harina proteíca y grasas industriales (carnaza en tripa). Esta alternativa, a pesar de presentarse bastante promisorio, sobretodo considerando el producto obtenido, resulta ser más compleja y debe automatizarse con el propósito de disminuir los costos. Actualmente, algunas curtiembres estan efectuando recuperación de grasa rentablemente, no existiendo ninguna experiencia en harina proteíca.
  - Tripa artificial para industrias de embutidos (trozos de tripa). Se utiliza la parte de recorte del descarnado más esponjosa, que corresponde al cuello y falda. Los recortes de descarnado se limpian bien de carnazas y se ponen en cal durante varias semanas. Después son lavados, se acidifican con ácidos que tengan efecto liotrópico, lavándose nuevamente, debiéndose llevar hasta un determinado grado de hinchazón. En este estado pueden ser desintegrados y homogeneizados por un desfibrado mecánico, obteniéndose una masa pastosa que debe manipularse en frío. Esta masa se hace pasar a través de unas toberas, procurando darle vuelta para evitar que adquiera una disposición paralela, sino que entrelazándose, aumente la resistencia mecánica del tubo formado. Se insufla aire para mantener la forma de tubo del material que sale. Este tubo de colágeno se puede someter a la acción del formaldehído que, por su carácter curtiente, nos producirá una unión de las fibras mejorando su indeformabilidad. Por último, se somete a un proceso de secado hasta una humedad máxima del 10-15%. Después, se puede plegar en paquetes y almacenar durante un tiempo, debiendo volverse a hidratar cuando se vaya a utilizar.
  - Crin artificial para industria tapicera y para la fabricación de cepillos y escobillas (recortes de descarnado y trozos de tripa). Por un procedimiento análogo al de la tripa artificial, y con los mismos subproductos, se puede obtener el crin artificial. Una vez formada la masa amorfa se hará pasar por unas toberas circulares finas por donde saldrá en forma de hilo continuo. El tratamiento de endurecimiento se efectúa con sales de cromo que mejoran su resistencia al agua. El filamento que se obtiene se aplica en tapicería, fabricación de cepillos y escobillas.
  - Fabricas de Pegamentos, Gelatinas, Cosméticos, Elementos Quirúrgicos y Farmacéuticos (recortes de descarnado y trozos de tripa). La obtención de estos productos a partir de los residuos de curtiembre, requiere de tecnologías bastantes complejas, caras y muchas veces pasan por la adquisición de las patentes respectivas.

### 5.2.2 Residuos curtidos

Estos residuos presentan posibilidades de utilización debido a las propiedades físico-mecánicas, capacidad de absorción y resistencia que poseen. Las principales aplicaciones de estos desechos son las siguientes:

- Placas de cuero para artículos de marroquinería y en plantillas de calzado (rebajaduras y recortes de cuero). La fabricación se desarrolla en cuatro fases: preparación del material fibroso, fijación de ligante, formación de la plancha y acabado.
- Producir energía a través de la incineración de los residuos secos, pudiéndose recuperar el óxido de cromo de las cenizas. La composición de los residuos secos de cuero tiene un elevado porcentaje de Carbono (45%), lo que permite pensar en su utilización para producir energía calorífica por incineración. Las cenizas producidas son del orden del 6% de las que entre 2 y 5% pertenecen al óxido de cromo y el resto a sales minerales. La potencia calorífica es de unas 18,83 (J/g). Además, el óxido de cromo que queda en las cenizas podría ser útil, por lo tanto, podría intentarse su recuperación.
- Adición a pastas cerámicas (recortes de piel curtida). Esta opción proviene de un estudio experimental que emplea recortes de piel curtida al cromo con o sin acabado. La adición se ha llevado a cabo sobre cerámicas de construcción: pavimentos gresificados y ladrillos.
- Abono orgánico, si los restos de provienen de curtido vegetal. Al ser las rebajaduras del cuero vegetal y sintético biodegradables, al apilarlas en un montón se producirá su fermentación. Este producto contiene grandes cantidades de materia orgánica y de nitrógeno, por lo que podría utilizarse tal cual para abono, pero es preferible proceder a su trituración y mezcla con otros productos para poder obtener un abono con los requisitos nutricionales que requieren las plantas.

### 5.2.3 Lodos de plantas de tratamiento.

Este residuo presenta las siguientes alternativas de tratamiento o aplicación:

- Abono orgánico, si el contenido de cromo lo permite. El principio básico de utilización de los lodos en suelos agrícolas es el de "Land Farming", considerando el suelo como un reactor donde tiene lugar una biodegradación y la inmovilización de los constituyentes del lodo. El efecto es doble, corrección del suelo y provisión de sustancias nutritivas para las plantas. Actualmente, la autoridad está estudiando un reglamento que norme la disposición de lodos en la agricultura como "mejorador de suelo".
- Incineración, la cual posee un balance energético positivo y además, presenta la posibilidad de recuperar el cromo de las cenizas. Hay que considerar que los humos generados producen contaminación ambiental si no son purificados.

- Utilizarse para producir pastas cerámicas. Al igual que para los residuos curtidos, pueden mezclarse con pastas cerámicas con buenos resultados. Sin embargo, presenta el problema de generación de gases en la fase de cocción.
- Producción de biogas. Este proceso esta condicionado, desde un punto de vista económico, al adecuado aprovechamiento del biogas.
- Disposición en vertedero. Esta opción debe considerar las limitaciones en relación al nivel de humedad y toxicidad de los lodos.

## 6. ASPECTOS FINANCIEROS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

### 6.1 Indicadores de costos y beneficios del uso de tecnologías limpias y medidas de prevención.

Para el sector de las curtiembres se presentan una serie de medidas de prevención, indicadas en el capítulo 4, cuya implementación puede efectuarse en la mayoría de las curtiembres, no siendo factores determinantes en su aplicación los niveles de producción y gestión de cada una de ellas.

Generalmente, la adopción de estas medidas pueden tener un costo inicial debido al precio de los equipos involucrados y a la probable baja de productividad, asociada a un período de marcha blanca. Sin embargo, a la larga, no tan sólo se logra disminuir la carga contaminante, sino que en la mayoría de los casos se consiguen efectos positivos en la productividad y por ende, en la rentabilidad del rubro.

La tabla N°12 muestra un resumen con las consideraciones económicas y aplicabilidad de las medidas de prevención

**Tabla N°12: Medidas para la Prevención de la Contaminación y Optimización de Procesos**

Medida	Aplicabilidad	Costo	Observaciones/Precauciones
Baños cortos	Inmediata	Mínimo, sólo existe un mayor gasto energético debido al aumento de las exigencias mecánicas a los motores de los fulones.	Debe tenerse un buen control para evitar daños a los cueros por efectos mecánicos (agua actúa como amortiguador).
Lavado a puerta cerrada en vez de abierta	Inmediata	Sin costo	
Evitar calentar las pieles en el fulón por el simple agregado de agua caliente.	Inmediata *	El costo asociado a la adquisición de un equipo externo (bastante bajo). Sin embargo, se espera beneficios por ahorro de energía y agua.	Tener cuidado con la temperatura de calentamiento para evitar el deterioro de las pieles por exceso de calor.
Automatización de fulones	Inmediata*	Puede implicar el cambio de fulones, por lo cual el costo puede ser apreciable.	Recomendable sólo para curtiembre medianas y grandes
Tintura	Presenta cierto grado de dificultad técnica	Sin costos mayores asociados, se trata de un cambio de insumos.	Su aplicación depende de cada curtiembre, el tipo de piel y de los insumos utilizados.
Limpieza e higiene	Inmediata	Costos marginales	
Altos Agotamientos	Inmediata	Sin costo adicional, sólo implica un cambio de insumos.	Su aplicación depende del curtidor

Medida	Aplicabilidad	Costo	Observaciones/Precauciones
Supresión de tensoactivos fenólicos no-iónicos	Inmediata	Sin costo	
Pelambres sin destrucción de pelo	Inmediata*	Costo menores (alrededor de US\$5.000), solo asociados a un nuevo filtro externo y un sistema de bombeo.	Debe filtrarse el pelo a la salida del fulón.
Desencalado con CO <sub>2</sub>	Inmediata*	Implica un cambio de insumo, costo del CO <sub>2</sub> versus Sulfato de Amonio.	No es 100% apto para cueros gruesos.
Incrementar los agotamientos	Inmediata	Puede ser necesario un equipo de calefacción interna, en otros casos con un simple cambio de pH se logra incrementar los agotamientos.	
Curtientes Vegetales	Presenta dificultad técnica	Costos asociados a cambios en los insumos	
Recurticiones con sintanes y engrases	Inmediata	Costos marginales, cambio o utilización de otros insumos	
Reciclado de baños de curtición	Inmediata*	Su aplicación puede generar beneficios económicos (ahorro en insumos).	Se debe verificar la calidad final del cuero.
Reciclado de baños de pelambre	Inmediata	Permite ahorrar insumos y por lo tanto constituye un beneficio económico.	Se debe verificar la calidad final del cuero.
Reducción general del consumo de agua	Presenta cierto grado de dificultad técnica	Sin costos o con costos asociados a control de agua computarizado.	
Separación mecánica de la sal	Inmediata*	Costos mayores que beneficios, en términos económicos. Requiere de un fulón de rejas donde sacudir los cueros.	
Eliminar o reducir la cal en pelambres	Inmediata	Sin costos	Se debe verificar la calidad final del cuero.
Reducción del uso de sulfato de amonio	Inmediata	Sin costos	Se debe tener cuidado en el manejo.

(\*). Considerando la existencia de los equipos necesarios.

## **6.2 Indicadores de Costos y Beneficios de medidas de control de la contaminación.**

### **6.2.1 Residuos industriales líquidos**

Generalmente y desde un punto de vista económico, la adopción de medidas para el control de la contaminación End of Pipe no representan beneficios, al contrario, estas significan un costo para las empresas. En virtud de lo anterior, nace la necesidad de implementar medidas para prevenir la contaminación antes de tomar una decisión con respecto a los tratamientos disponibles para los residuos finales.

Los costos de las medidas para el control de la contaminación, vienen determinados fuertemente por las características individuales de cada empresa, es decir, tamaño, producto, materia prima, tipo de proceso, ubicación y disponibilidad de terreno entre otras.

Ahora con respecto a los residuos industriales líquidos, la primera consideración tiene que hacerse con los sulfuros y el cromo. Debe eliminarse del ril la toxicidad provocada por los sulfuros, lo cual significa la adquisición de equipos y la construcción de un estanque, siendo su costo proporcional a los volúmenes a tratar. En relación al cromo, si se han aplicado medidas para disminuir su presencia en las aguas residuales, puede ser innecesaria su recuperación. Por otro lado, sí existe la necesidad de recuperar el cromo es conveniente considerar la posibilidad de tratar las aguas residuales en forma asociativa para disminuir los costos.

Finalmente, dentro de las medidas necesarias de implementar, las más costosas están relacionados con el tratamiento de los residuos industriales líquidos, una vez separados el cromo y sulfuro. A modo de ejemplo se presenta la tabla N°13 con costos e inversiones asociadas, la cual puede servir de referencia para tener una estimación de las cifras involucradas.

**Tabla N°13: Costo en función del volumen de efluente tratado**

<b>Volumen de efluente (m<sup>3</sup>/día)</b>	<b>Volumen de efluente (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Inversión (US\$)</b>	<b>Costo Promedio del tratamiento (US\$/m<sup>3</sup>)</b>
120	29.040	95.000	3.27
200	48.400	170.000	3.51
250	60.500	340.000	5.62
2000	484.000	2.400.000	5.0

Fuente: UNIDO, "Leather Industry, Case Study N°3", 1991

### **6.2.2 Residuos Industriales Sólidos**

Al igual que en riles, algunas de las aplicaciones para tratar o disponer de los residuos sólidos no presentan beneficios, en términos económicos. Más aún, muchas de las opciones indicadas en el

capítulo N°5 no se encuentran disponibles en el país, a excepción de la alternativa de producir abono orgánico, recuperar la grasa y el envío de la viruta curtida al cromo como insumo para la fabricación de cuero aglomerado.

El compostaje como método de producción de abono orgánico se presenta como una de las alternativas más promisorias para tratar los residuos sólidos, incluidos los lodos. Si bien, el tratamiento vía compostaje significa un costo cercano a 10 US\$/ton. para una curtiembre cuya producción es de 600 cueros/día, al compararlo con el costo de los vertederos, 10 a 20 US\$/ton., surge como una opción válida, en términos económicos.

Finalmente, en favor de esta opción, es conveniente agregar que para mayores volúmenes es posible aprovechar economías de escala, por lo tanto, aquí también aparece viable la alternativa de los tratamientos conjuntos por parte de las empresas del rubro.

Dos curtiembres chilenas envían sus virutas curtidas al cromo a una fabrica que produce cuero aglomerado, el resto de las industrias lo envía a vertedero.

Tal como se indicó anteriormente, un pequeño número de curtiembre recupera grasa a partir del producto del descarnado. Aunque no se dispone de datos económicos al respecto, las curtiembres involucradas en este negocio, dicen que les resulta rentable.

### ***6.3 Instrumentos financieros de apoyo a la gestión ambiental***

La Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) posee varios instrumentos de apoyo financiero para el sector industrial, en especial para la pequeña y mediana industria (PYME) que pueden orientarse hacia la gestión ambiental. Dentro de ellos se encuentran programas de asistencia técnica, apoyo a exportadores, desarrollo tecnológico y fomento de proyectos innovativos.

También, CORFO actúa como un “banco de segundo piso”, poniendo los fondos a disposición de instituciones financieras (bancos y empresas de leasing) para que ellos financien directamente los proyectos productivos, los que privilegian las PYME y las empresas exportadoras.

Otras alternativas se encuentran en fundaciones o corporaciones privadas, quienes apoyan financieramente ciertos proyectos y en programas crediticios que posee el Banco del Estado orientados a pequeñas empresas.

A continuación se presenta la tabla N°14, que resume los principales instrumentos que se pueden usar en gestión ambiental.

**Tabla N°14: Alternativas de financiamiento<sup>1</sup>.**

<b>INSTITUCION</b>	<b>AREAS DE APOYO</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
		Fondo de Asistencia Técnica- FAT
CORFO	MODERNIZACION PRODUCTIVA	Proyectos de Fomento- PROFO
		Programa de Apoyo a la Gestión de Empresas Exportadoras- PREMEX
	DESARROLLO E INNOVACION TECNOLÓGICA	Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo- FONTEC
	INTERMEDIACION FINANCIERA	Créditos intermediarios a través de la banca privada. Leasing, Leasing con cubos
Banco del Estado	INTERMEDIACION FINANCIERA	Créditos. Créditos de Fomento.
Bancos	INTERMEDIACION FINANCIERA	Centros para la microempresa
Empresas varias. Fundaciones. Corporaciones	INTERMEDIACION FINANCIERA	Factoring. Fondo de inversión de desarrollo de empresas. Créditos.

---

<sup>1</sup> Adaptado a partir de Guía Empresarial del Medio Ambiente, pag. 49.



## **7. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

La subsistencia de la persona exige la mantención de un equilibrio dentro de ciertos márgenes en el ambiente, y cualquier alteración de este equilibrio trae como consecuencia un desajuste o trastorno en el cuerpo, el cual puede ser general, local o pasar inadvertido, según sea su magnitud.

En este contexto, el hombre o más específicamente el trabajador está expuesto a ciertos riesgos cuando se encuentra inmerso en alguna actividad productiva. En particular, dentro del rubro curtiembre estos riesgos están asociados, principalmente, al manejo de insumos químicos que se emplean en el proceso de producción de cueros, así como por una inadecuada disposición de los residuos al interior y fuera de la planta industrial. Es decir, puede presentarse riesgos para el trabajador derivados unos, por el uso o manipulación de sustancias tóxicas o dañinas que pueden encontrarse y, otros, por exposición a condiciones físicas anormales. Las curtiembres presentan en menor medida problemas de ruido. Por otra parte, el riesgo de accidentes laborales puede ser disminuido con una adecuada capacitación de los trabajadores sobre el manejo de sustancias, maquinaria y equipo, el adecuado comportamiento en los lugares de trabajo y el uso adecuado de sus implementos de seguridad entre otros. Es decir, buenas prácticas al interior de las empresas.

Las sustancias dañinas o tóxicas y las condiciones físicas no usuales constituyen lo que se denomina agentes ambientales, cuya presencia en los lugares de trabajo son las causas potenciales de las enfermedades profesionales.

Existen niveles de tolerancia por parte del organismo humano para las distintas sustancias tóxicas que pueden encontrarse en el ambiente de trabajo, capaces de producir enfermedades si ingresan al organismo.

En general, los accidentes y las enfermedades profesionales no constituyen hechos producto del azar, sino que son el resultado de una cadena de hechos que si, son conocidos y analizados, permiten su prevención.

Como una forma de regular los aspectos de seguridad e higiene laboral, en el país existe un marco legal establecido en el Decreto Supremo N° 745 de 1993. Además, las empresas requieren de un informe sanitario favorable, dentro del cual se evalúan aspectos relativos a la seguridad y salud ocupacional.

### **Productos químicos peligrosos**

La existencia de diferentes insumos químicos empleados en el proceso productivo y que pueden causar daño a la salud de los trabajadores, demanda un especial cuidado por parte del trabajador. Es necesario tomar precauciones en el transporte, almacenamiento y manipulación de estos productos.

El sulfuro de sodio, las sales de cromo, las bases o álcalis, los ácidos, así como los solventes y pesticidas, son algunos de los insumos que requieren un manejo cuidadoso porque pueden causar intoxicaciones o accidentes a los empleados expuestos a ellos. También con los elementos inflamables debe existir algún tipo de precaución. El buen manejo de los insumos químicos al interior de la industria debe formar parte de un programa de control de la producción industrial. La tabla N°15 presenta un listado de los principales productos químicos utilizados en las tres etapas del proceso industrial.

**Tabla N° 15 : Principales insumos químicos del proceso de curtiembre, clasificado por etapas**

ETAPA	INSUMO QUIMICO	
RIBERA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cal</li> <li>• Carbonato de sodio</li> <li>• Cloruro de sodio</li> <li>• Hidróxido de sodio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesticidas (preservantes)</li> <li>• Sulfuro de sodio</li> <li>• Tensoactivos</li> </ul>
CURTIDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acido fórmico</li> <li>• Acido sulfúrico</li> <li>• Bicarbonato de sodio</li> <li>• Bisulfito de sodio</li> <li>• Cloruro de sodio</li> <li>• Croapón, Enzilón (productos enzimáticos)</li> <li>• Delgras (desengrasante)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formiato de sodio</li> <li>• Sintanos</li> <li>• Solventes</li> <li>• Sulfato de amonio (desencalantes)</li> <li>• Sulfato de cromo (diferente basicidad)</li> <li>• Taningan OS</li> <li>• Taninos</li> <li>• Tensoactivos</li> </ul>
ACABADO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceites</li> <li>• Acetato de Butilo</li> <li>• Acetato de etilo</li> <li>• Acetato isobutílico</li> <li>• Acido fórmico</li> <li>• Butanol</li> <li>• Ciclohexano</li> <li>• Curtientes</li> <li>• Di-isobutilcetona</li> <li>• Etilbenceno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etilenglicol</li> <li>• Etilmercaptano</li> <li>• Kerosene</li> <li>• Monoclorobencina</li> <li>• Metil, butil cetona</li> <li>• Metil, etil cetona</li> <li>• Tolueno</li> <li>• Tri-cloroetileno</li> <li>• Percloroetileno</li> </ul>

Fuente: NEMEROW, N.L. (1977) UNEP/Industry and Environment Office (1990)

También, existe el riesgo que algunos residuos dentro de la industria sean nocivos para la salud de los trabajadores, tal es el caso de aquellos que contienen sulfuros, potenciales formadores de gas sulfhídrico que muchas veces ha provocado desmayos y accidentes fatales durante la limpieza de canaletas y tanques recolectores de efluentes. Los residuos que contienen cromo, principalmente el polvillo de cuero producido durante la operación de rotación del botal o suavizado del cuero, tienen

efectos cancerígenos. Finalmente, los gases o vapores de solventes de la etapa de acabado son también nocivos para la salud.

En la tabla N°16 se muestran algunos valores de la concentración de gas sulfhídrico en el aire y su efecto sobre la salud, en rangos que han sido estudiados.

**Tabla N° 16 : Concentración de gas sulfhídrico en el aire y su efecto sobre la salud**

Aprox. 0.1 mg/l	Umbral olfatorio
Menos de 10 mg/l	Sin señales de intoxicación
100 - 150 mg/l	Irritación de los ojos y de las vías respiratorias
200 - 300 mg/l	Grave intoxicación local de las mucosas con signos generales de intoxicación luego de 30 minutos.
300 - 700 mg/l	Intoxicación subaguda de las mucosas
700 - 900 mg/l	Grave intoxicación; muerte después de 30 a 60 minutos
1,000 - 1,500 mg/l	Desmayo y calambres, muerte después de pocos minutos

Fuente: Cantera, C. y Angelinetti, A. (1982) (3)

### **Control de riesgos y protección al trabajador**

Al interior de las curtiembres existen riesgos que se pueden denominar como tradicionales, siendo los más comunes aquellos asociados al uso de equipos, algunas operaciones y actividades anexas.

Especial atención merece la bodega de productos químicos donde se pesan y manejan estos productos, además del adecuado uso de máquinas y equipos, para lo cual debe diseñarse procedimientos, si no existiesen.

El control de riesgos se debe iniciar con la protección adecuada de los trabajadores y la prevención en las operaciones más riesgosas. Se considera también la señalización de zonas peligrosas mediante códigos de señales y colores en equipos, estructuras (pasamanos, escaleras, puentes grúa) y en el suelo para la conducción segura de maquinaria o equipos.

La protección de los trabajadores debe estar siempre presente, dado el grado de peligrosidad de algunas actividades. Al momento de ejecutar estas tareas, los trabajadores deberían disponer como mínimo de los siguientes elementos:

- Zapatos de seguridad.
- Lentes protectores (operarios con riesgo de salpicaduras de productos químicos)
- Protectores auditivos (sólo operadores de máquinas que exceden umbrales auditivos)
- Máscara protectora de gases y particulado (sólo operadores relacionados con emanaciones gaseosas y polvo)
- Guantes
- Vestimenta de trabajo.

En este sentido, los planes de control y prevención de riesgos deben incentivar las “buenas” prácticas al interior de la empresa. Una adecuada estrategia de comunicación e información acerca de la importancia del concepto “seguridad” debiese estar siempre presente en una empresa. En razón a lo anterior, se hacen necesaria una adecuada capacitación del personal, que incluya una serie de cursos tales como:

- riesgos químicos y uso de elementos de protección
- riesgos físicos (ruidos)
- Ley 16.744
- operación equipos (grúas horquilla)
- prevención riesgos básicos
- prevención y control de incendios

En general, las empresas deben considerar dentro de su política el desarrollo de la seguridad. Esta, no solo va en beneficio del trabajador y la empresa, sino también de la comunidad y el medio ambiente.

## 8. LEGISLACION Y REGULACIONES AMBIENTALES APLICABLES A LA INDUSTRIA

El presente capítulo identifica la totalidad de normativas ambientales aplicables a la industria, distinguiendo entre normas que regulan la localización, emisiones atmosféricas, descargas líquidas, residuos sólidos, ruido y seguridad y salud ocupacional. Asimismo, se identifican las normas chilenas referentes al tema.

Es necesario establecer como regulación marco y general a todas las distinciones anteriormente señaladas, las siguientes:

### • Ley N° 19.300/94

Título : Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 09/03/94

### • D.S. N° 30/97

Título : Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 03/04/97

### 8.1 Normativas que regulan la localización de las industrias

#### • D.S. N° 458/76

Título : Aprueba Nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones (Art. 62 y 160).  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 13/04/76

#### • D.S. N° 718/77

Título : Crea la Comisión Mixta de Agricultura, Urbanismo, Turismo y Bienes Nacionales.  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 05/09/77

#### • D.S. N° 47/92

Título : Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 19/05/92

**• Resolución N° 20/94**

Título : Aprueba Plan Regulador Metropolitano de Santiago.  
Repartición : Gobierno Regional Metropolitano.  
Diario Oficial : 04/11/94

**8.2 Normativas que regulan las emisiones atmosféricas**

**• D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 89 Letra a).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68.

**• D.S. N° 144/61**

Título : Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 18/05/61

**• D.S. N° 32/90**

Título : Reglamento de Funcionamiento de Fuentes Emisoras de Contaminantes Atmosféricos que Indica en Situaciones de Emergencia de Contaminación Atmosférica.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 24/05/90

**• D.S. N° 322/91**

Título : Establece Excesos de Aire Máximos Permitidos para Diferentes Combustibles.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 20/07/91

**• D.S. N° 185/91**

Título : Reglamenta el Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuroso, Material Particulado y Arsénico en Todo el Territorio Nacional.  
Repartición : Ministerio de Minería.  
Diario Oficial : 16/01/92

• **D.S. N° 4/92**

Título : Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales y Grupales Ubicadas en la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 02/03/92

• **D.S. N° 1.905/93**

Título : Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Calderas de Calefacción que Indica, Ubicadas en la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 18/11/93

• **D.S. N° 1.583/93**

Título : Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales que Indica, Ubicadas en la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 26/04/93

• **D.S. N° 2.467/93**

Título : Aprueba Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 18/02/94

• **D.S. N° 812/95**

Título : Complementa Procedimientos de Compensación de Emisiones para Fuentes Estacionarias Puntuales que Indica.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/05/95

• **D.S. N° 131/96**

Título : Declaración de Zona Latente y Saturada de la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 01/08/96

**Nota:** A raíz de la declaración de la Región Metropolitana como zona saturada para PM10, PTS, CO, O<sub>3</sub> y latente por NO<sub>2</sub>, la CONAMA ha iniciado la elaboración del correspondiente Plan de Prevención y Descontaminación. Dicho plan, implicará la adopción de normas de emisión y otras medidas aplicables a las industrias de la R.M. con el objeto de cumplir con las metas de reducción de emisiones para los contaminantes ya mencionados.

**• Resolución N° 1.215/78: artículos 3, 4 y 5**

Título : Normas Sanitarias Mínimas Destinadas a Prevenir y Controlar la Contaminación Atmosférica.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : No publicada.

**• Resolución N° 15.027/94**

Título : Establece Procedimiento de Declaración de Emisiones para Fuentes Estacionarias que Indica.  
Repartición : Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.  
Diario Oficial : 16/12/94

**Nota:** Actualmente, CONAMA se encuentra elaborando una norma de emisión para el contaminante arsénico, de acuerdo con el procedimiento de dictación de normas de la Ley N° 19.300.

**• D.S. N° 16/98**

Título : Establece Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica para la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 06/06/98

**8.3 Normativas que regulan las descargas líquidas**

**• Ley N° 3.133/16**

Título : Neutralización de Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales.  
Repartición : Ministerio de Obras Públicas.  
Diario Oficial : 07/09/16

**• D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 69–76).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

**• D.F.L. N° 1/90**

Título : Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. 1, N° 22 y 23).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 21/02/90



**• D.S. N° 351/93**

Título : Reglamento para la Neutralización de Residuos Líquidos Industriales a que se Refiere la Ley N° 3.133.  
Repartición : Ministerio de Obras Públicas.  
Diario Oficial : 23/02/93

**• Norma Técnica Provisoria/92**

Título : Norma técnica relativa a descargas de residuos industriales líquidos.  
Repartición : Superintendencia de Servicios Sanitarios.  
Diario Oficial : No publicada.

**Nota:** Actualmente CONAMA se encuentra elaborando, de acuerdo con el procedimiento de dictación de normas de calidad ambiental y de emisión, determinado por la Ley N° 19.300 y el D.S. N° 93/95 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia, una norma de emisión relativa a las descargas de residuos líquidos industriales a aguas superficiales.

**• D.S. N°609/98**

Título : Establece Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado.  
Repartición : Ministerio de Obras Públicas.  
Diario Oficial : 20/07/98

**Nota:** Actualmente, esta norma esta en revisión, sólo en lo referente a sus plazos de cumplimiento.

**8.4 Normativas aplicables a los residuos sólidos**

**• D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 78–81).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

**• D.F.L. N° 1.122/81**

Título : Código de Aguas (Art. 92).  
Repartición : Ministerio de Justicia.  
Diario Oficial : 29/10/81

**• D.F.L. N° 1/89**

Título : Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. N° 1).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 21/02/90

**• D.L. N° 3.557/80**

Título : Establece Disposiciones Sobre Protección Agrícola (Art. 11).  
Repartición : Ministerio de Agricultura.  
Diario Oficial : 09/02/81

**• D.S. N° 745/92**

Título : Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo (Art. 17, 18, 19).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/06/93

**• Resolución N° 7.077/76**

Título : Prohíbe la incineración como método de eliminación de residuos sólidos de origen doméstico e industrial en determinadas comunas de la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : No publicada.

**• Resolución N° 5.081/93**

Título : Establece Sistema de Declaración y Seguimiento de Desechos Sólidos Industriales.  
Repartición : Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.  
Diario Oficial : 18/03/93

### **8.5 Normativas aplicables a los ruidos**

#### **• D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 89 Letra b).

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 31/01/68

#### **• D.S. N°146/98**

Título : Establece Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas, Elaborada a Partir de la Revisión de la Norma de Emisión Contenida en el Decreto N°286, de 1984, del Ministerio de Salud.

Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia

Diario Oficial : 17/4/98

#### **• D.S. N° 745/92**

Título : Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 08/06/93

### **8.6 Normativas de seguridad y salud ocupacional**

#### **• D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 90–93).

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 31/01/68

#### **• D.F.L. N° 1/89**

Título : Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. 1 N°44).

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 21/02/90

#### **• Ley N° 16.744/68**

Título : Accidentes y Enfermedades Profesionales.

Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

Diario Oficial : 01/02/68

**• D.F.L. N°1/94**

Título : Código del Trabajo (Art. 153–157).  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 24/01/94

**• D.S. N° 40/69**

Título : Aprueba Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 07/03/69

**• D.S. N° 54/69**

Título : Aprueba el Reglamento para la Constitución y Funcionamiento de los Comités Paritarios de Higiene y Seguridad.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 11/03/69

**• D.S. N° 20/80**

Título : Modifica D.S. N° 40/69.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 05/05/80

**• Ley N° 18.164/82**

Título : Internación de Ciertos Productos Químicos.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 17/09/82

**• D.S. N° 48/84**

Título : Aprueba Reglamento de Calderas y Generadores de Vapor.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 14/05/84

**• D.S. N° 133/84**

Título : Reglamento Sobre Autorizaciones para Instalaciones Radiactivas y Equipos Generadores de Radiaciones Ionizantes, Personal que se Desempeñe en ellas u Opere Tales Equipos.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 23/08/84

**• D.S. N° 3/85**

Título : Aprueba Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radiactivas.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 25/04/85

**• D.S. N° 379/85**

Título : Aprueba Reglamento Sobre Requisitos Mínimos de Seguridad para el Almacenamiento y Manipulación de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo Destinados a Consumos Propios.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 19/03/86

**• D.S. N° 29/86**

Título : Almacenamiento de Gas Licuado.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 06/12/86

**• D.S. N° 50/88**

Título : Modifica D.S. N° 40/69 que Aprobó el Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 21/07/88

**• D.S. N° 745/92**

Título : Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/06/93

**• D.S. N° 95/95**

Título : Modifica D.S. N° 40/69 que Aprobó el Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 16/09/95

**• D.S. N° 369/96**

Título : Extintores Portátiles.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 06/08/96

**• D.S. N° 90/96**

Título : Reglamento de Seguridad para Almacenamiento, Refinación, Transporte y Expendio al Público de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 05/08/96

**• • D.S. N° 298/94**

Título : Reglamento Sobre el Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos.  
Repartición : Ministerio de Transportes.  
Diario Oficial : 11/02/95

**Nota:** Este reglamento, incorpora las siguientes NCh del INN, haciéndolas obligatorias:

NCh 382/89 : Sustancias peligrosas terminología y clasificación general.  
Diario Oficial : 29/11/89

NCh 2.120/89 : Sustancias peligrosas.  
Diario Oficial : 07/11/89

NCh 2.190/93 : Sustancias peligrosas. Marcas, etiquetas y rótulos para información del riesgo asociado a la sustancia.  
Diario Oficial : 09/06/93

NCh 2.245/93 : Hoja de datos de seguridad.  
Diario Oficial : 18/01/94

### **8.7 Normas referenciales del Instituto Nacional de Normalización**

En relación con las normas INN, cabe hacer presente que se trata de normas que han sido estudiadas de acuerdo con un procedimiento consensuado y aprobadas por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, persona jurídica de derecho privado, de carácter fundacional.

El cumplimiento de estas normas (norma, norma chilena y norma oficial) es de carácter voluntario y por lo tanto no son susceptibles de fiscalización. Sin embargo, estas normas pueden ser reconocidas por el Ministerio respectivo, como norma oficial de la República de Chile, mediante un Decreto

Supremo. Además pueden ser incorporadas a un reglamento técnico adoptado por la autoridad en cuyo caso adquieren el carácter de obligatorias y susceptibles de fiscalización.

### 8.7.1 Normas Relativas al Agua

#### • Norma NCh 1.333/Of. 87

Título : Requisitos de Calidad de Agua para Diferentes Usos.  
Repartición : Instituto Nacional de Normalización.  
Diario Oficial : 22/05/87

### 8.7.2 Normativas de Salud y Seguridad Ocupacional<sup>2</sup>

#### • Norma NCh 388/Of. 55 / D.S. 1.314

Título : Prevención y Extinción de Incendios en Almacenamiento de Inflamables y Explosivos.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/11/55

#### • Norma NCh 385/Of. 55 / D.S. 954

Título : Seguridad en el Transporte de Materiales Inflamables y Explosivos.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/08/55

#### • Norma NCh 387/Of. 55 / D.S. 1.314

Título : Medidas de Seguridad en el Empleo y Manejo de Materias Primas Inflamables.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/11/55

#### • Norma NCh 758/Of. 71 / Res. 110

Título : Sustancias Peligrosas, Almacenamiento de Líquidos Inflamables. Medidas Particulares de Seguridad.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 25/08/71

---

<sup>2</sup> La repartición y fecha corresponden al Decreto Supremo citado en cada norma, y por el cual se oficializó la respectiva Norma Chilena. Para conocer el contenido de cada Norma, dirigirse al INN.

**• Norma NCh 389/Of. 72 7 D.S. 1.164**

Título : Sustancias Peligrosas. Almacenamiento de Sólidos, Líquidos y Gases Inflamables. Medidas Generales de Seguridad.  
Repartición : Ministerio de Obras Públicas  
Diario Oficial : 04/11/74

**• Norma NCh 1.411/4 Of. 78 / D.S. 294**

Título : Prevención de Riesgos. Parte 4: Identificación de Riesgos de Materiales.  
Repartición : Ministerio de Salud  
Diario Oficial : 10/11/78

**• Norma NCh 2.164/Of. 90 / D.S. 16**

Título : Gases Comprimidos, Gases para Uso en la Industria, Uso Médico y Uso Especial. Sistema SI Unidades de Uso Normal.  
Repartición : Ministerio de Salud  
Diario Oficial : 30/01/90

**• Norma NCh 1.377/Of. 90 / D.S. 383**

Título : Gases Comprimidos Cilindros de Gases para uso Industrial. Marcas para la Identificación del Contenido y de los Riesgos Inherentes.  
Repartición : Ministerio de Salud  
Diario Oficial : 16/05/91



## 9. PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE PERMISOS

La legislación actual es bastante clara para las industrias nuevas, o aquellas que se están por instalar. No obstante, para las industrias que se encuentran funcionando, es posible que se generen errores en la obtención de los permisos y certificados. Es por ello que éstas deben ser mucho más cuidadosas en el cumplimiento de las normativas vigentes y aplicables.

Previo a la instalación de una industria nueva o a la modificación de una ya existente, según lo establecido en la ley 19.300 general de bases sobre medio ambiente, y en su respectivo reglamento N°30/97, éstas deben someterse a el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Este sistema, en función de las dimensiones del proyecto y de sus impactos esperados define si la industria debe presentar un estudio de impacto ambiental o a una declaración de impacto ambiental.

La ventaja de este sistema radica en que, habiéndose efectuado la evaluación ambiental, y concluido con una resolución que califica favorablemente el proyecto, ningún organismo del estado podrá negar los permisos sectoriales por razones de tipo ambiental.

Adicionalmente, para la instalación de una industria, en general, ésta debe obtener los siguientes certificados y permisos:

- Calificación técnica (Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente).
- Permiso Municipal de Edificación (Municipalidad).
- Informe sanitario (Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente).
- Patente Municipal definitiva (Municipalidad).

Para la obtención de cada uno de estos certificados, es necesario previamente obtener una serie de otros permisos, dependiendo del certificado solicitado.

Las industrias que iniciaron sus funciones con anterioridad a 1992, deben obtener el certificado de calificación técnica, para verificar que están de acuerdo con el Plan Regulador de Santiago.

Actualmente toda industria nueva (inicio de actividad posterior a 1992), debe cumplir con estos certificados, ya que de otra manera ni siquiera puede iniciar las obras de construcción. Sin embargo, no existe un plan de fiscalización que verifique periódicamente, que las condiciones ambientales, sanitarias y de seguridad ocupacional se cumplan con la misma intensidad. Por este motivo, se ha verificado en las visitas realizadas, que hay empresas que una vez aprobado su informe, prácticamente se han desentendido de la seguridad ocupacional, y de las medidas ambientales.

### **9.1 Certificado de calificación técnica**

Para la solicitud de esta Calificación Técnica, las industrias deben llenar el formulario correspondiente en la oficina de partes del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, Av. Bulnes 194 acompañándolo de los siguientes antecedentes:

- Plano de planta del local, con distribución de maquinarias y equipos.
- Características básicas de la edificación.
- Memoria técnica de los procesos.
- Diagramas de flujos.
- Anteproyecto de medidas de control de contaminación del aire, manejo de RILES, manejo de RISES y control de ruidos.
- Anteproyecto de medidas de control de riesgos y molestias a la comunidad.

Cabe notar que este certificado se debe solicitar cuando la industria aún no se construye, y sólo se tiene el proyecto de Ingeniería básica y algunos componentes con Ingeniería de detalles.

### **9.2 Informe Sanitario**

Para la obtención de una evaluación de Informe Sanitario, se debe retirar las solicitudes y formularios pertinentes en la oficina del SESMA, llenarlos y devolverlos exclusivamente al SESMA.

Para obtener el informe sanitario, el industrial debe cumplir los siguientes requisitos:

- Solicitud de informe sanitario (SESMA).
- Declaración de capital simple inicial.
- Instructivos exigencias generales y específicas.
- Clasificación de zona (Dirección de Obras Municipales).
- Informe de cambio de uso de suelos (Servicio Agrícola Ganadero).
- Pago e inspección.

Para certificar el cumplimiento de las normas ambientales y sanitarias, al momento de presentar el certificado de informe sanitario, se debe presentar los siguientes documentos:

- Plano local con distribución de máquinas y propiedades colindantes.
- Comprobante de pago de agua potable y alcantarillado red pública (Empresa Sanitaria).
- Autorización sanitaria para sistemas de agua potable y alcantarillado particular, cuando no exista red pública (SESMA).

- Informe de muestreos isocinéticos de material particulado de fuentes fijas (Calderas, hornos, etc.) cuando corresponda (Empresa Registrada).
- Certificados de instaladores registrados en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, de las instalaciones eléctricas y de gas (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).
- Autorización de aprobación del tratamiento y disposición de residuos industriales sólidos (SESMA).
- Aprobación de proyecto y recepción de obras de sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos (SISS).
- Aprobación de proyecto y recepción de obras de sistemas de tratamiento de aguas servidas particulares (SESMA).
- Resolución autorización de casino, empresas sobre 25 empleados (Programa Control de Alimentos del SESMA).
- Certificados de revisiones y pruebas de generadores de vapor (SESMA–PROCEFF).
- Certificados y pruebas de autoclaves (SESMA–PROCEFF).
- Certificados de operadores de radiaciones ionizantes (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- Certificados de operadores de calderas industriales y calefacción (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- Licencias de operación generadores de radiaciones ionizantes (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- licencia de conducción equipos de transporte (Departamento Tránsito Público Municipalidad Respectiva).
- Informe de detección, evaluación y control de riesgos (Mutual de Seguridad y SESMA).
- Oficio aprobación del reglamento interno de higiene y seguridad (SESMA).
- Acta de constitución comité peritario higiene y seguridad, empresas sobre 25 empleados (Inspección del Trabajo de La Dirección del Trabajo).
- Contrato experto en prevención de riesgos, empresas sobre 100 empleados.
- Comprobante pago de cotizaciones de seguro (Mutual de Seguridad e Instituto de Normalización Previsional).

El informe sanitario tiene carácter de obligatorio para todas las empresas, se debe solicitar una vez iniciada las actividades de producción de la industria, es decir, cuando la industria ya se encuentra operativa. Por esto se hace muy importante tener un informe sanitario favorable, ya que de otra manera no se puede funcionar. En el caso de tener informe sanitario desfavorable, es preciso

regularizar la situación (arreglar las falencias) lo más rápido posible y solicitar de nuevo el informe sanitario, ya que de lo contrario el SESMA tiene la facultad de dar permiso de no funcionamiento, en forma indefinida, hasta que se apruebe el informe sanitario.

### **9.3 PERMISOS MUNICIPALES**

Para solicitar permiso de edificación o modificación física de la planta, la Municipalidad solicitará un listado de documentos que se deberán adjuntar y que deberán solicitarse en diferentes reparticiones de servicios:

- Patente al día Profesional
- Informe de calificación de Salud del Ambiente (SESMA o en los Servicios de Salud Jurisdiccionales).
- Factibilidad de Agua Potable (En el servicio sanitario al cual se le deberá presentar un Proyecto).
- Certificado de la Superintendencia de Servicio Sanitarios sobre residuos industriales líquidos (SISS).
- Certificado de densidad de carga de combustible (si procede), para verificación de estructuras metálicas, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- Planos y memoria de Cálculo.
- Adjuntar número de trabajadores separados por sexo.
- Plano señalando sistema de prevención de riesgos, salidas de emergencia y extintores.
- En el Plano General de la planta, señalar estacionamientos y áreas verdes.
- En planos de arquitectura verificar e indicar sistema de ventilación.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El rubro de las curtiembres, desde un enfoque ambiental, es una industria de subproductos, que en términos globales y netos es una industria descontaminante, ya que su función es preservar de la putrefacción y dar un uso, socialmente importante, a los cueros de animales cuando estos son beneficiados para obtener su producto principal, la carne.

También, dentro de un análisis ambiental global, la industria curtidora en Chile genera riles, cuyo caudal no reviste ninguna significación a nivel nacional. No obstante analizado el ril de cada empresa individual, resulta altamente contaminante, por lo que amerita de un adecuado y complejo tratamiento.

Debe hacerse notar que pocos rubros han sido objeto de tantos estudios a nivel internacional, como lo han sido las curtiembres.

Una vez analizado el rubro curtiembres, se puede concluir que se trata de un sector que presenta graves dificultades económicas, y que por la importante contaminación que genera durante su proceso, se encuentra enfrentado al cumplimiento de normativas ambientales con un pronóstico de altos costos de tratamientos y sin que ellos signifiquen, en un balance total neto, ningún ahorro.

Entre las causas de los problemas de la industria del cuero chileno, se encuentra su estrecha relación con la industria del calzado nacional, la cual esta enfrentando una serie crisis, motivada principalmente por el aumento de las importaciones de este producto. Por otra parte, se tiene que la calidad resultante del producto final es muy dependiente de la calidad intrínseca de la materia prima cuero (raza, sexo, edad, manejo del animal en vida y técnicas de desuello), siendo todos estos factores inadecuadamente manejados en Chile, por lo cual las posibilidades de exportación del cuero chileno terminado son bajas, particularmente al compararse con la gran cantidad y calidad del cuero argentino y uruguayo.

No obstante la mala condición económica de la industria curtidora nacional, ésta deberá encarar la descontaminación de sus riles, y de acuerdo a los antecedentes internacionales, el rubro en cuestión presenta, como pocos otros, una gran necesidad de incorporar muchas de las técnicas tendientes a prevenir la contaminación, a pesar de ser indispensable un intensivo uso de tecnologías de tratamientos al final de la línea (end of pipe).

Debe tenerse presente que por lo general, las tecnologías asociadas a la prevención de la contaminación en curtiembres son de bajo costo de implementación y aplicación, no siendo raros los casos en que una racionalización del proceso productivo, produce ahorros en costos de producción y mejoras en la calidad del producto final. Llama la atención que con estas características, este tipo de tecnologías tenga a la fecha una bajísima difusión al interior de las curtiembres, no siendo una excepción los casos en que el industrial está dispuesto a hacer mayores inversiones en el sector “end of pipe” a condición de no “tocar” el proceso productivo. Esto se debe generalmente a que se teme ante la posibilidad de que la calidad del producto final pueda verse afectada.

En cuanto a las técnicas “end of pipe”, se observa que por su alto costo de implementación y ante la baja rentabilidad del mercado, en la mayoría de los casos se está esperando el último momento para cumplir con los requisitos impuestos por la normativa, no siendo inexistentes las empresas que se plantean cerrar sus actividades en ese momento. Esto último, no deja de tener importancia considerando que el rubro del cuero es altamente intensivo en mano de obra, tanto en las curtiembres, como en los mataderos y talleres de fabricación de calzado.

Los altos costos de tratamiento vía “end of pipe” serían mucho mejor absorbidos por el rubro si existiera la posibilidad de hacer tratamientos conjuntos, lo que por factor de economías de escala, resulta mucho más adecuado. Esto presupone, o bien una proximidad física de un número de curtiembres, lo que en Chile no existe, o bien el traslado a una planta común de las secciones ribera y curtido, lugares donde se concentra la mayor contaminación, no obstante ser poco intensivas en maquinaria. Esta última posibilidad implica una abierta forma de asociatividad, lo que no es usual entre los curtidores, donde el individualismo es la tónica. Actualmente, el Ministerio de Economía está llevando adelante un programa de producción limpia, el cual podría ser de gran ayuda al sector, ya sea para fomentar este tipo de tecnologías o para motivar la necesidad de abordar la problemática ambiental en forma asociativa, particularmente a nivel de pequeña y mediana empresa.

Aún cuando el tema de los residuos sólidos no está debidamente normado en el país, se recomienda enfrentarlo con un enfoque técnico. En efecto, los residuos sólidos generados por el proceso son voluminosos y en algunos casos tóxicos, en otros casos no biodegradables, también los hay con un alto contenido de humedad y difícilmente deshidratables. Sin embargo, en una gran proporción, los residuos sólidos de curtiembres pueden ser tratados y aprovechados, obteniéndose un valor económico, que al menos evite los cada vez más crecientes costos de ingreso a vertederos.

En síntesis, el rubro curtiembre es importante dentro de la actividad productiva nacional, no siendo en absoluto recomendable provocar su desaparición. Para ello debe enfrentar el desafío ambiental, aprovechando las experiencias extranjeras, adecuándolas a la realidad nacional, y así proyectarse como la industria de apoyo directo al faenamiento de ganado y fabricación de calzado del país.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aloy, M. et al, (1976), “Tannerie et Pollution”, Centre Technique du Cuir, Lyon, Francia.
2. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1993, “Guía Técnica para la Minimización de Residuos en Curtiembres”, Lima, Perú.
3. CEPAL/PNUMA, (1993), “Análisis Económico de Alternativas no Contaminantes para Curtiembres en Chile”., Santiago, Chile.
4. Corning, D.R., (1983), “Informe Técnico”, AIICA
5. De Torso Jost P., (1990) “Tratamiento de Efluente de Curtiembre”. Confederación Nacional de la Industria, Río de Janeiro, Brasil.
6. Eggink, H.J. and Kagei, E., (1971) “Jalca”. E.E.U.U.
7. Eye, J.D., (1962) “Chemistry and Technology of Leather, Vol 3, Reinhold, Publishing Corporation, New York, E.E.U.U.
8. Fradera, F., (1979) Informe Técnico, AIICA
9. García, R., (1988), “Tecnología del agua”, España.
10. Humphreys, F.E. et al, (1967), “Chemistry and Industry”
11. INTEC-CHILE, (1998), “Estudio de Pre-Factibilidad Técnico Económica de una Planta de Resulfatación y Reciclaje de Cromo para las Curtiembres de la Región Metropolitana”, Santiago, Chile.
12. Masotti, L., (1987), “Depurazione delle Acque, Ediciones Calderini. Bologna, Italia.
13. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), 1991, “Leather Industry. Case Study N°3”.
14. PNUM/ONUDI, (1994), “Informe Técnico N°7: Manual de Auditoría y Reducción de Emisiones y Residuos Industriales”., publicado por Naciones Unidas.
15. Ramalho, R.S., (1991) “Tratamiento de Aguas Residuales”. Editorial Reverté S.A., Barcelona, España.
16. Rydin, S. Frendrup, W. (1992), “ Possibilities for a Reduction of the Pollution Load From Tanneries”. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark.

17. Sharpouse, J.H., (1983), "Leather Technician's Handbook", De, Vernon Lock Ltd., London, UK.
18. Shuttleworth, S. G. (1977) "Jalca". E.E.U.U
19. Tamasi, O.A. (1982), "Consideraciones sobre la Disposición de Efluentes Líquidos de Curtiduría", Buenos Aires, Argentina.
20. Thorstensen, T.C., (1993), "Practical Leather Technology", Krieger Publishing company, Florida, U.S.A.
21. Toyoda, H. et al., (1965) "JALCA", 60, 635. E.E.U.U.
22. UNEP, (1994), "Tanneries and the Environment, a technical guide to reducing the environmental impact of tannery operations", United Nations Publications.
23. Van Vlimmeren, P.J., (1972) "Jalca". E.E.U.U.
24. Water Pollution Control Federation, (1988), "Aeration a Wastewater Treatment Process", Alexandria, Virginia .E.E.U.U.
25. Winkler, M., (1986) Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho", Editorial LIMUSA, Mexico.