



Guía Técnica de Producción más Limpia para Curtiembres

Elaborada por:



Auspiciada por:





GUÍA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA PARA CURTIEMBRES BOLIVIA

Elaborada por:

***Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles
CPTS***

Auspiciada por:

**USAID/BOLIVIA
CONTRACT N° LAG-I-00-99-00019-00
TASK ORDER N° 803**

**DANIDA
PROGRAMA DE COOPERACIÓN DANESA AL SECTOR DE MEDIO AMBIENTE, COMPONENTE 5
(PCDSMA)**

Febrero de 2003

GUÍA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA PARA CURTIEMBRES

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio sin la referencia del Editor

DERECHOS RESERVADOS© 2003

CENTRO DE PROMOCIÓN DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES - CPTS

Primera Edición

Tiraje 1200 ejemplares

Esta obra se terminó de imprimir en junio de 2003

Depósito Legal: 4-1-710-03

La Paz - BOLIVIA

Índice de Contenido

Agradecimientos	iv
Abreviaciones y siglas utilizadas	vi
El CPTS y la Producción Más Limpia	vii
1. Introducción.....	1
2. Principios de la Producción Más Limpia (PML)	4
2.1 Introducción.....	4
2.2 Definiciones y conceptos clave en producción más limpia	4
2.2.1 Producción más limpia (PML)	5
2.2.2 Contaminación	5
2.2.3 Prevención de la contaminación	5
2.2.4 Eficiencia energética	5
2.2.5 Mejores técnicas disponibles o accesibles (Best Available Technology - BAT)	5
2.2.6 Desarrollo Sostenible	6
2.3 Conceptuaciones, principios y bases para hacer efectiva la práctica de PML	6
2.3.1 Conceptuación 1	6
2.3.2 Conceptuación 2	6
2.3.3 Conceptuación 3	6
2.3.4 Conceptuación 4	7
2.3.5 Bases para la práctica de la PML	7
3 El subsector curtiembres en Bolivia y su relación con el medio ambiente	9
3.1 Reglamentación ambiental relacionada con el subsector curtiembres.....	9
3.1.1 La Ley del Medio Ambiente, Ley 1333.....	9
3.1.2 Reglamentos a La Ley del Medio Ambiente	9
3.1.3 Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM)	10
3.2 El subsector curtiembres en el contexto de la economía nacional.....	11
3.3 Las curtiembres y el medio ambiente en Bolivia	14
3.3.1 Gestión de las descargas líquidas	15
3.3.2 Gestión de las descargas sólidas y semisólidas.....	16
3.3.3 Gestión de las descargas atmosféricas	18
3.3.4 Gestión de la energía.....	18
4. Descripción de los procesos en curtiembres y sus descargas al medio ambiente.....	20
4.1 Proceso de ribera	20
4.1.1 Recepción de pieles	20
4.1.2 Salado de pieles	23
4.1.3 Remojo y/o lavado.....	23
4.1.4 Pelambre	24
4.1.5 Descarnado y dividido	25
4.2 Proceso de curtido	26
4.2.1 Desencalado y purgado	26
4.2.2 Desengrasado	27
4.2.3 Piquelado	27
4.2.4 Curtido	28
4.3 Proceso de post-curtido	31
4.4 Proceso de acabado	32
4.5 Consumos y descargas específicos	33
4.6 Descargas al medio ambiente (sólidas, líquidas y gaseosas).....	35
4.6.1 Descargas del remojo y/o lavado.....	36
4.6.2 Descargas del pelambre	36
4.6.3 Descargas del descarnado y dividido	38
4.6.4 Descargas del desencalado y purgado.....	38
4.6.5 Descargas del curtido al cromo.....	39

4.6.6	Descargas de curtido vegetal (incluye piquelado)	40
4.6.7	Descargas del post-curtido.....	40
4.6.8	Descargas del acabado.....	41
4.6.9	Consumo y descarga de agua en usos varios.....	41
5.	Método para desarrollar un programa de Producción Más Limpia (PML).....	42
5.1	Método para desarrollar un programa de producción más limpia (PML)	42
5.1.1	Etapa 1: Creación de la base del programa de producción más limpia.....	43
5.1.2	Etapa 2: Preparación del diagnóstico de producción más limpia.....	46
5.1.3	Etapa 3: Diagnóstico – Estudio detallado de las operaciones unitarias críticas	48
5.1.4	Etapa 4: Diagnóstico – Evaluación técnica y económica.....	52
5.1.5	Etapa 5: Implementación, seguimiento y evaluación final	59
5.2	Sistema de gestión ambiental (SGA) y producción más limpia (PML)	62
5.2.1	Conceptos.....	62
5.2.2	Ubicación del concepto de PML en el marco de un SGA	63
5.2.3	Características del Programa de PML en relación a un SGA.....	63
6.	Medidas de Producción más Limpia por operación en curtiembres	65
6.1	Recepción de pieles	66
6.2	Salado de pieles	67
6.2.1	Recuperación y reducción del consumo de sal común previo al remojo	67
6.3	Remojo	69
6.3.1	Reciclaje de los baños residuales de remojo.....	69
6.4	Descarnado	70
6.4.1	Descarnado antes del pelambre (predescarnado).....	70
6.5	Pelambre	72
6.5.1	Control óptimo de las variables del pelambre	73
6.5.2	Reciclaje de los baños residuales del pelambre y de sus lavados	74
6.5.3	Pelambre sin destrucción del pelo (hair save) y reducción del consumo de sulfuro	76
6.5.4	Control de la calidad de la cal en el pelambre	82
6.6	Desencalado y purgado	84
6.6.1	Desencalado con dióxido de carbono (CO ₂).....	85
6.7	Piquelado y curtido al cromo	87
6.7.1	Optimización de los parámetros del curtido al cromo	87
6.7.2	Reciclaje de los baños residuales del curtido al cromo	91
6.7.3	Recuperación de cromo a través de su precipitación y re-disolución.....	95
6.8	Curtido vegetal	100
6.8.1	Reciclado de baños del curtido vegetal con tanino.....	100
6.9	Post-curtido	100
6.9.1	Neutralización y recurtido.....	101
6.9.2	Teñido.....	101
6.9.3	Engrasado	103
6.9.4	Secado	103
6.10	Acabado	103
6.10.1	Emisiones de polvo.	103
6.10.2	Tintes y solventes.....	105
6.11	Emisiones atmosféricas.....	105
7.	Medidas generales de producción más limpia	107
7.1	Programa general de ahorro de agua	107
7.1.1	Calidad del agua	108
7.1.2	Costo del agua	109
7.1.3	Medidas generales para optimizar el consumo de agua	109
7.1.4	Medidas específicas para optimizar el consumo de agua en una curtiembre	113
7.2	Programa de buenas prácticas operativas (good housekeeping)	114
7.3	Programa de eficiencia energética	115
7.3.1	Medidas relativas al uso eficiente de energía eléctrica	115

7.3.2	Medidas relativas al uso eficiente de energía térmica	122
8.	Otras medidas de PML: Valorización de residuos	128
8.1	Valorización de aguas residuales	128
8.2	Valorización de residuos sólidos y lodos	135
8.2.1	Conversión de lodos a residuos sólidos	135
8.2.2	Valorización de los residuos como subproductos	137
Anexos	142
A.	Glosario (traducción al inglés de términos importantes).....	142
B.	Unidades y fórmulas de conversión.....	149
C.	Datos de las encuestas del CPTS para el subsector curtiembres.....	154
D.	Métodos para realizar balance de masa, balance de energía y cálculo de consumos y descargas específicos.....	158
E.	Cuestionario técnico del CPTS para realizar un diagnóstico de producción más limpia.....	178
F.	Criterios de evaluación económica.....	183
G.	Ejemplos de proyectos demostrativos para curtiembres.....	188
H.	Métodos simples de control de parámetros.....	209
I.	Estudios de caso de curtiembres en Bolivia que implementaron medidas de PML.....	215
	Referencias.....	249
	Fuentes de información y colaboración.....	252

Agradecimientos

La Cámara Nacional de Industrias (CNI) y la Cámara de Industrias de La Paz (CILP) tienen el agrado de presentar la “Guía Técnica de Producción Más Limpia para Curtiembres”, elaborada por el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS), con el objetivo de poner a disposición de las empresas del subsector, autoridades ambientales, consultores, instituciones y personas involucradas en el tema, un instrumento de referencia técnica, basado en los principios de la producción más limpia.

La CNI, la CILP y el CPTS expresan su más sincero agradecimiento a:

- La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), a la Asistencia Danesa al Desarrollo Internacional (DANIDA), a través del Programa de la Cooperación Danesa al Sector de Medio Ambiente (PCDSMA), Componente 5, a la Embajada del Reino de Los Países Bajos y al Banco Mundial.
- Todas las curtiembres, que nos han abierto sus puertas para las visitas técnicas; a las personas que han asistido a las reuniones de preparación de la Guía en La Paz, Cochabamba y Santa Cruz y al Seminario Nacional, realizado en Cochabamba el 22 de noviembre del 2001; a los participantes de los seminarios de difusión de la Guía, realizados entre agosto y septiembre del 2002 en El Alto, La Paz y Cochabamba; a las curtiembres piloto que han colaborado en la validación de la presente Guía; y a todos quienes han aportado con sus comentarios y experiencias.
- Las organizaciones del subsector y relacionadas con éste, entre ellas la Cámara Departamental de Industria de Cochabamba; la Cámara de Industria y Comercio de Santa Cruz (CAINCO); la Federación Boliviana de la Pequeña Industria (FEBOPÍ); la Cámara Departamental de la Pequeña Industria y Artesanía (CADEPIA) de Cochabamba; la Asociación Departamental de la Pequeña Industria (ADEPI) de La Paz; la Asociación Departamental de Industriales del Cuero de Cochabamba (ADIC); la Asociación de Artesanos Curtidores en Piel (ASACUP) de El Alto y la Asociación Boliviana de Químicos y Técnicos del Cuero (ABOQUITEC), como soporte técnico del subsector.
- Los consultores Lino Héctor Gallo (Uruguay); Willy Frendrup (Dinamarca); Patricio Gonzáles Morel (Chile); Pedro Morales (Bolivia), todos ellos expertos en curtiembres y medio ambiente, cuya participación, ha sido muy valiosa durante los seminarios de difusión de la Guía y en la revisión del presente documento, en el que se han incorporado sus experiencias y sugerencias.
- Al Viceministerio de Industria y Comercio Interno (VICI), a través de su Unidad de Medio Ambiente, por su colaboración en el desarrollo del concepto de las Guías Técnicas de Producción Más Limpia y la incorporación de este concepto dentro del “Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero” (RASIM), como un incentivo para las industrias.

Finalmente, cabe hacer notar que las opiniones vertidas en este documento son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente aquéllas de las agencias de cooperación, instituciones y personas antes mencionadas.

Roberto Mustafá Schnor, Presidente de la Cámara Nacional de Industrias.

Víktor de los Heros Alvarez, Presidente de la Cámara de Industrias de La Paz.

Gerardo Velasco Téllez, Gerente General de la Cámara Nacional de Industrias y de la Cámara de Industrias de La Paz.

Carlos Enrique Arze Landivar, Director Ejecutivo del Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles.

La Paz, Febrero de 2003

Guía Técnica de Producción Más Limpia para Curtiembres

Cámara Nacional de Industrias (CNI)

Cámara de Industrias de La Paz (CILP)

Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS)

Editor

Equipo Técnico del CPTS

Av. Mariscal Santa Cruz N° 1392

Edificio Cámara Nacional de Comercio, piso 12

La Paz - Bolivia

Autoría y redacción

Equipo Técnico del CPTS:

Carlos E. Arze Landivar, Director Ejecutivo CPTS

Cesín A. Curi S., Consultor CPTS

Cecilia Espinosa Murga, Consultora CPTS

Birgit Friis Consultora del PCDSMA, adscrita al CPTS

Daysi Guamán Meza, Consultora CPTS

Samuel Lora Rocha, Consultor CPTS

Antonio Ruiz Michel, Consultor CPTS

Franz Velazco Quintanilla, Consultor CPTS

Justo Zapata Quiroz, Consultor CPTS

Juan Cristóbal Birbuet, Consultor CPTS

Diseño de la tapa y diagramación

Guido Mallea Cossío

La Paz – Bolivia, febrero de 2003

Abreviaciones y siglas utilizadas

ABOQUITEC	Asociación Boliviana de Químicos y Técnicos del Cuero
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ADEPI	Asociación Departamental de la Pequeña Industria
ADIC	Asociación Departamental de Industriales del Cuero de Cochabamba
ASACUP	Asociación de Artesanos Curtidores en Piel
AISA	Aguas del Illimani S.A. (Empresa de servicios de agua potable y alcantarillado de La Paz)
BCB	Banco Central de Bolivia
Bs	Boliviano (moneda oficial de Bolivia)
CADEPIA	Cámara de la Pequeña Industria y Artesanía
CAINCO	Cámara de Industria y Comercio de Santa Cruz
CEPROBOL	Centro de Promoción – Bolivia
CDI	Cámara Departamental de Industrias
CIIU	Clasificación Internacional Industrial Uniforme
CILP	Cámara de Industrias de La Paz
CLIMA	Empresa de Aseo Urbano de la ciudad de La Paz
CNI	Cámara Nacional de Industrias
CPTS	Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Convención sobre Comercio Internacional de Especies en Extinción de la flora y la fauna)
DANIDA	Asistencia Danesa al Desarrollo Internacional
DPML	Diagnóstico de Producción Más Limpia
FEBOP	Federación Boliviana de la Pequeña Industria
GM	Gobierno Municipal
INE	Instituto Nacional de Estadística
MDSP	Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación
PCDSMA	Programa de Cooperación Danesa al Sector Medio Ambiente
PIB	Producto Interno Bruto
PML	Producción Más Limpia
OSC	Organismo Sectorial Competente
RASIM	Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero
RGGA	Reglamento General de Gestión Ambiental
RPCA	Reglamento de Prevención y Control Ambiental
RMCH	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica
RGRS	Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos
SAGUAPAC	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (Santa Cruz)
SEMAPA	Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (Cochabamba)
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
US\$	Dólar de los Estados Unidos de América
VICI-UMA	Viceministerio de Industria y Comercio Interno, Unidad de Medio Ambiente
VMARNDF	Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal
/Número/	Cita de referencia

NOTA.- La nomenclatura para la notación numérica es como sigue: la coma (,) se usa para separar miles; y el punto (.) se usa para separar decimales. Asimismo todos los valores expresados en moneda boliviana han sido transformados al tipo de cambio del dólar promedio para el año 2001 de 6.6 Bs/US\$. Además, para hacer llamado a una referencia bibliográfica se coloca entre barras el número de la misma p.e. /1/. Para otras definiciones ver el glosario en Anexo A; para unidades y fórmulas de conversión ver Anexo B.

El CPTS y la Producción Más Limpia

QUÉ ES LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La **PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)** es “la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para incrementar la eficiencia y reducir los riesgos pertinentes a los seres humanos y al ambiente” (PNUMA). El incremento en la eficiencia productiva exige que la empresa haga un uso óptimo de materias primas, agua y energía, entre otros insumos, permitiéndole producir la misma cantidad de productos con una cantidad menor de insumos. Esto disminuye el costo unitario de producción y, al mismo tiempo, reduce la cantidad de residuos generada. Más aún, se reduce tanto el costo de tratamiento de desechos como los impactos negativos en el medio ambiente. Por lo tanto, incrementar la eficiencia productiva implica beneficios económicos y ambientales simultáneos, que pueden no solo solventar las acciones de PML, sino mejorar la competitividad de las empresas. Por tanto, la PML debe concebirse como una estrategia empresarial que, al minimizar los daños ambientales y maximizar los rendimientos económicos, es ambiental y económicamente sostenible, por lo que puede, y debe, ser aplicada por cualquier tipo de empresa.

QUÉ ES Y QUÉ HACE EL CENTRO DE PROMOCIÓN DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES (CPTS)

Para comprender el desarrollo institucional del CPTS, es necesario remontarse a unos años atrás. En septiembre de 1995, se establece en Bolivia, con financiamiento de USAID, el denominado Proyecto para la Prevención de la Contaminación Ambiental (Environmental Pollution Prevention Project - EP3), teniendo como ejecutora técnica y administrativa a la empresa Hagler Bailly Consulting Inc. (HBCI), con el objetivo de introducir la práctica de la prevención de la contaminación en el sector industrial. Para tal efecto, se suscribe un acuerdo entre la Cámara Nacional de Industrias (CNI) y la empresa HBCI. Debido a los buenos resultados obtenidos en Bolivia, el convenio original suscrito por dos años fue ampliado a tres.

Por otro lado, con financiamiento del Reino de los Países Bajos, a través del Banco Mundial, en 1994, inicia actividades el Programa de Asistencia Técnica para el Manejo del Sector Energético

(Energy Sector Management Program - ESMAP), cuya contraparte nacional era la entonces Secretaría Nacional de Energía, hoy Viceministerio de Energía e Hidrocarburos (VMEH).

Debido a la similitud de filosofías y complementariedad de acciones entre el EP3/Bolivia y el ESMAP, a partir de 1997, ambos (proyecto y programa), comienzan a trabajar en forma coordinada y, a partir de septiembre de 1998, se fusionan, mediante un Convenio suscrito entre el VMEH y la CNI, para crear el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS), entidad encargada de promover las prácticas de prevención de la contaminación y de eficiencia energética, como componentes de la **Producción Más Limpia (PML)**.

De septiembre 1998 a junio 2002, el CPTS funcionó bajo tuición de la CNI, con la asistencia técnica y administrativa de la empresa PA Government Services Inc., y el financiamiento de USAID, del Reino de los Países Bajos, a través del Banco Mundial; y, desde el año 2000, del Programa de Cooperación Danesa al Sector Medio Ambiente (PCDSMA) y de la Secretaría para la Economía de Suiza (SECO).

A partir del 1º de julio de 2002, el CPTS adquiere su personería jurídica, constituyéndose en una asociación civil sin fines de lucro, que cuenta con el financiamiento de USAID, del Programa de Cooperación Danesa al Sector Medio Ambiente (PCDSMA) y de la Secretaría para la Economía de Suiza (SECO).

El objetivo principal del CPTS es promover el concepto y prácticas de PML en los sectores productivos y de servicios de la economía boliviana, jugando un papel articulador de la oferta y la demanda de servicios de PML en el país. Entre las principales actividades desarrolladas por el CPTS, conducentes al logro de este objetivo, se puede mencionar:

⇒ Ejecución de **programas de asistencia técnica en producción más limpia** en las empresas para difundir los beneficios obtenidos de su aplicación y así generar la “demanda de servicios de PML” por parte de la industria en general y, además, para entrenar a los profesionales bolivianos en planta.

Diagnóstico de PML realizado por el CPTS
en la Asfaltadora Municipal de Tarija



Figura 1: Emisión de polvo a la atmósfera
antes de implementar medidas de PML



Figura 2: Emisión de polvo a la atmósfera después de
implementar medidas de PML

- ⇒ Capacitación de una masa crítica de profesionales bolivianos, capaces de llevar adelante programas de asistencia técnica en PML, a fin de crear y consolidar la “oferta de servicios de PML” con un enfoque de mercado.
- ⇒ Se ha puesto en funcionamiento un Fondo de PML, con el objetivo de otorgar créditos a las empresas que decidan invertir en la implementación de las prácticas de PML. El pago del crédito se programa en función a los

montos y tiempos en los que se obtengan retornos estrictamente por concepto de los ahorros derivados de dicha implementación. También se pretende que los intereses del crédito se encuentren entre los más bajos disponibles, sin causar distorsiones en el mercado bancario nacional. Este instrumento, que debe ser considerado como un incentivo para los empresarios, tiene como objetivo final demostrar, al sector bancario, que el apoyo a las prácticas de producción más limpia puede ser un negocio atractivo.

- ⇒ Se promueve la incorporación del concepto y las prácticas de producción más limpia en el campo de la formación universitaria, para lo cual se ha creado un programa de becas destinado a apoyar alrededor de 20 proyectos de tesis por año, por un monto máximo de US\$ 1,500 cada una, en las universidades nacionales públicas o privadas. Se pretende con ello generar lazos de cooperación mutua entre la industria y la universidad.
- ⇒ Elaboración de Guías Técnicas de Producción Más Limpia para diferentes subsectores, como ser curtiembres, mataderos, etc., con el objetivo de poner a disposición de las empresas, autoridades ambientales, consultores, instituciones y personas involucradas en el tema, un instrumento de referencia técnica, basado en los principios de la producción más limpia.
- ⇒ Entre otras actividades, en apoyo a las políticas de la Cámara Nacional de Industrias, se tiene:
 - el fortalecimiento de su página Web, como instrumento central para la difusión de la información generada en el país y en el exterior;
 - el establecimiento del “Premio a la Ecoeficiencia”, como incentivo para aquellas empresas comprometidas en aumentar su productividad en términos acordes con el cuidado del medio ambiente;
 - el funcionamiento de un programa de investigación, como parte del programa “Vinculación Universidad-Empresa”, destinado a incentivar trabajos que

permitan resolver problemas técnicos de la industria, en base a la movilización de la capacidad científico técnica del país; y

- la creación de una bolsa de reciclaje, para poner a disposición de los industriales información que les permita intercambiar residuos, entre ellos, aquello que consideraban desechos, hoy subproductos de menor valor.

RESULTADOS OBTENIDOS HASTA EL PRESENTE

Desde septiembre de 1995 al presente, primero como EP3 y luego como CPTS, se ha realizado un total de 41 diagnósticos de **producción más limpia**, según el detalle presentado en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de empresas bolivianas en las que el CPTS-EP3/Bolivia efectuó diagnósticos de PML.

Tipo de empresa	Nº
Curtiembres	6
Textiles	3
Mataderos de reses	3
Mataderos de pollos	2
Embotelladoras de refrescos	6
Cervecerías	3
Embutidos de carne	1
Procesadoras de quinua	2
Fundiciones	1
Manufactura de oro y plata	1
Bodegas y viñedos	1
Galvanoplastia	1
Ingenios azucareros	2
Procesadoras de productos lácteos	2
Procesadoras de asfalto	1
Procesadoras de alimento balanceado	1
Hospitales	1
Centros de salud	2
Hoteles	2
Total empresas	41

La Tabla 2 presenta resultados del seguimiento y evaluación de la implementación de medidas de PML realizadas por 16 empresas.

Tabla 2. Impacto de las prácticas de PML en 16 de las 41 empresas (cervecerías, curtiembres, mataderos, lácteos, ingenios azucareros y otras).

Detalle	Cantidad
Total recomendaciones efectuadas	201
Total recomendaciones implementadas	152
Porcentaje de implementación [%]	76%
Inversión total efectuada por la empresa [US\$]	2,407,000

Detalle	Cantidad
Ahorro total alcanzado por año [US\$]	1,193,000
Retorno sobre la inversión [%]	50%
Reducción en el consumo de agua [m³/año]	4,178,000 ¹
Reducción en la descarga orgánica[kg de DBO*/año]	4,177,000 ²
Reducción en pérdidas de producto [kg/año]	1,176,000
Reducción en consumo de materias primas [kg/año]	131,200
(*) DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno: cantidad de oxígeno necesaria, expresada en mg/litro, para oxidar materia orgánica mediante microorganismos en una muestra acuosa.	

Por su cuenta, el ESMAP realizó diagnósticos de **eficiencia energética** en 14 empresas (industrias de materiales de construcción, bebidas, alimentos, textiles y hoteles). El ahorro de energía en dichas empresas varió entre el 9% y el 29% del consumo total; y el promedio fue del 13%. Este porcentaje promedio equivale a un ahorro monetario aproximado de US\$ 900,000 al año. Las inversiones hechas para alcanzar este ahorro fueron cerca de 800,000 US\$. Valga mencionar que el porcentaje de ahorro promedio antes señalado es bastante conservador, debido a que el potencial de ahorro en cada empresa es superior al valor de la cifra utilizada en el cálculo de dicho promedio.

Los resultados alcanzados hasta la fecha han demostrado que es posible generar significativos ahorros para las empresas, así como beneficios reales para el medio ambiente. Sin embargo, a pesar de los importantes avances registrados, queda todavía un largo camino por recorrer, en el que la participación, no solo de los empresarios o de las autoridades es importante, sino el de cada uno de los habitantes del país. El CPTS no está resolviendo problemas, está generando un proceso para resolver problemas.

PROGRAMA DE ASISTENCIA TÉCNICA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)

El programa de asistencia técnica en PML es un conjunto ordenado de actividades que el CPTS ejecuta en una empresa (dedicada a la producción ya sea de bienes o servicios), empleando una metodología de análisis de las operaciones productivas, que permite identificar y seleccionar opciones viables de PML, las cuales deben implementarse con el propósito de prevenir la contaminación e incrementar la eficiencia

¹ Equivalente al consumo de agua durante 2 meses en la ciudad de La Paz.

² Equivalente a la descarga orgánica de 1.5 meses de la ciudad de La Paz.

energética. Más aún, el programa constituye una base sólida a partir de la cual se puede implantar y mantener un sistema de gestión ambiental.

Los programas que el CPTS lleva a cabo tienen un carácter de promoción, razón por la que cada uno es ejecutado a un precio nominal, ya que su costo real es subvencionado con financiamiento de las agencias de cooperación mencionadas anteriormente. Un componente importante del costo del programa, que está subvencionado, se refiere a la asistencia técnica especializada que proporciona el CPTS. Otro componente, no subvencionado, es la participación activa de uno o más técnicos de la empresa en el equipo, no sólo con el propósito de que exista una contraparte empresarial receptora de los conocimientos y de los cambios a ser introducidos, sino que también forme parte del programa de capacitación y entrenamiento.

Excepto por requisitos generales asociados a la solicitud de un servicio de ejecución de un programa de asistencia técnica en PML, como el llenado de un cuestionario técnico, éste no impone ninguna condición para que una empresa sea beneficiada con dicho programa. Sin embargo, el CPTS exige que la empresa demuestre un genuino interés y cumpla los acuerdos a ser establecidos en un convenio (contrato) de cooperación mutua a ser suscrito entre la empresa y el CPTS. Las opciones de PML identificadas, previamente aprobadas por la Gerencia de la empresa, deben ser implementadas de acuerdo a un calendario elaborado y aprobado por la propia empresa, pero concertado con el CPTS. Valga aclarar que los gastos y actividades de implementación de las recomendaciones de PML corren por cuenta de la empresa.

Capítulo 1 Introducción

El Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS) con el apoyo de la Cámara Nacional de Industrias (CNI) y de la Cámara de Industrias de La Paz (CILP); con el financiamiento y apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y del Programa de la Cooperación Danesa al Sector de Medio Ambiente (PCDSMA) Componente 5, ha elaborado la presente **“Guía Técnica de Producción Más Limpia para Curtiembres”**.

El objetivo de esta guía es el de constituirse en un referente técnico, de las empresas del subsector curtiembres, autoridades ambientales, consultores, instituciones e interesados, para la aplicación de medidas de Producción Más Limpia (PML) en la actividad del proceso de producción de cueros.

Por los resultados obtenidos en las experiencias, tanto a nivel nacional, como internacional, la implementación de las medidas explicadas en la guía permitirá a las empresas, incrementar la productividad y las utilidades económicas, mediante el uso óptimo de materias primas, agua, energía y otros insumos por unidad de producto, minimizando, al mismo tiempo, la generación de desechos y los costos inherentes al tratamiento y disposición de los mismos. Asimismo, les facilitará su proceso de adecuación ambiental y su acceso a incentivos legales, económicos u otros.

La guía incluye la filosofía y los lineamientos base de la PML para que las industrias puedan, con su capacidad analítica y experiencia, introducir prácticas para mejorar su eficiencia productiva y su desempeño ambiental. La experiencia muestra que siempre ha sido más económico “prevenir” que “curar”, y que a menudo los residuos pueden ser aprovechados como insumos (por ejemplo, materia prima).

Los beneficios para las empresas que practican PML incluyen:

- Mejoras en la productividad y la rentabilidad: los cambios a efectuarse en la producción conllevan a un aumento en la rentabilidad, debido a un mejor aprovechamiento de los recursos y a una mayor eficiencia en los procesos, entre otros.
- Mejoras en el desempeño ambiental: un mejor uso de los recursos reduce la generación de desechos, los cuales pueden, en algunos casos, reciclarse, reutilizarse o recuperarse. Consiguientemente, se reducen los costos y se simplifican las técnicas requeridas para el tratamiento al final del proceso y para la disposición final de los desechos.
- Mejoras en la imagen: por ser amigables con el medio ambiente.
- Mejoras en el entorno laboral: contribuye a la seguridad industrial, higiene, relaciones laborales, motivación, etc.
- Adelantarse a gestiones futuras inevitables: a corto o mediano plazo, las empresas deberán adecuarse a la reglamentación ambiental. Ante esta realidad, es preferible ser parte de la gestión del cambio antes de que éste venga impuesto tanto por reglamentación como por las exigencias del mercado, tomando en cuenta que los recursos son limitados y, en el largo plazo, las empresas no tendrán derecho a “derrochar” recursos, que a otros les puede faltar, aunque paguen por ellos.

Las guías técnicas tienen como propósito:

- Constituirse en un instrumento técnico voluntario y práctico para facilitar la introducción de las prácticas de PML.
- Ser un apoyo técnico para las empresas en su adecuación ambiental y en la elaboración del Plan de Manejo Ambiental, instrumento propuesto en el nuevo Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM), elaborado por el Viceministerio de Industria y Comercio Interno (VICI).
- Con relación al RASIM, si bien las guías tienen carácter voluntario, éstas forman parte de los procedimientos alternativos al cumplimiento de límites, que la Autoridad Ambiental otorga como un incentivo a las empresas que deseen cumplir las medidas especificadas en la guía.

Experiencias de PML:

La guía y sus anexos contienen diversos ejemplos de implementación de medidas de PML y sus respectivos beneficios económicos y ambientales.

La experiencia demuestra que las prácticas de PML inciden en la reducción de los costos, lo cual ha sido comprobado en los trabajos de PML que realizó el CPTS, y que fueron ejecutados por empresas bolivianas. Seguimientos efectuados muestran que aproximadamente un 70 % de las recomendaciones del CPTS fueron implantadas en un lapso de alrededor de 2 años (las medidas siguen ejecutándose actualmente) con un período promedio de retorno de inversión de 2 años. Además, muestran que las empresas, por iniciativa propia, han desarrollado otras medidas de PML con mucho éxito.

Es importante que las industrias adopten una voluntad para el cambio. Esta actitud mejora las posibilidades para adaptarse o beneficiarse del desarrollo y la dinámica del entorno. Para medir los logros alcanzados, debe introducirse una cultura de medición y control de los procesos y de sus resultados. Es decir, "lo que no se mide no se puede evaluar".

Grupos meta:

Pese a las diferencias existentes entre las empresas, en cuanto a capacidad técnica y tecnológica, tamaño, etc., se ha considerado como primer grupo meta a todas las empresas del subsector curtiembres y dentro de ellas a los mandos altos y personal técnico de la empresa. En particular, los Capítulos 1 y 5 referidos a los conceptos, ventajas, filosofía y método de trabajo de PML, están dirigidos a gerentes o a los mandos de decisión. Mientras que los Capítulos 4, 6, 7 y 8 se dirigen al personal técnico de las curtiembres.

Como segundo grupo meta están los profesionales y las instancias que trabajan con el subsector curtiembres, por ejemplo, consultores, universidades, proveedores y profesionales del sector público, de modo que la guía sirva como base para el diálogo entre el subsector y su entorno - especialmente con las autoridades - para que las partes conozcan las dificultades y oportunidades del subsector.

Debido a que en el subsector curtiembres, en Bolivia, el mayor volumen de producción y experiencia en PML está en el curtido de pieles de res o vacuno, esta guía está enfocada al procesamiento de este tipo de pieles.

¿Por qué el subsector curtiembres?

El subsector curtiembres enfrenta diferentes problemas ambientales, que lo han puesto en la mira de vecinos y autoridades. La guía de PML para curtiembres puede ser un instrumento valioso para remediar en gran medida esta situación, ya que existen buenas experiencias a nivel nacional, así como en otros países, las cuales pueden ser adecuadas para una gran mayoría de curtiembres en Bolivia. El subsector en sí es diverso; sin embargo, los procesos, en principio, son los mismos.

Resumen del Contenido:

En el capítulo 1, se hace una explicación de las razones por las cuales se ha elaborado esta guía y cuáles son las principales ventajas de la PML.

En el Capítulo 2, se define los conceptos clave que son usados en la guía.

En el Capítulo 3, se presenta un resumen de la reglamentación ambiental vigente en nuestro país. Se presentan también, en forma resumida, la situación del subsector en Bolivia, en cuanto a su importancia económica, su producción de cueros y sus principales problemas productivos y ambientales.

En el Capítulo 4, se describe el proceso de producción y sus operaciones, así como los métodos aplicados en nuestro país. De modo comparativo, se dan los valores de consumo de algunos insumos tanto a nivel nacional como de otros países. Se introduce los conceptos de consumos y descargas específicos, y se dan

algunos valores relevantes. Finalmente, se describe cuáles son los principales residuos generados (sólidos, líquidos, gaseosos) por operación.

En el Capítulo 5, se describe el procedimiento para que una empresa implemente un programa de PML de manera sistemática y continua, paso por paso.

En los Capítulos 6 y 7, se describe medidas de PML, por operación y por temas generales, así como los beneficios ambientales y económicos asociados a su implementación.

En el Capítulo 8, se describe medidas de valorización de residuos para minimizar el impacto negativo generado por aquellos residuos que, por su naturaleza, no pueden volver a ingresar al proceso productivo. Se presentan algunas alternativas para la gestión de residuos (sólidos, líquidos) antes de que éstas abandonen la unidad de producción.

En los anexos, se presenta información adicional de apoyo como el glosario, unidades y fórmulas de conversión, datos del subsector, modelo de cuestionario técnico, métodos para efectuar balances de masa y energía, criterios de evaluación económica, ejemplos de proyectos demostrativos, algunos métodos de análisis fisicoquímicos, y ejemplos de empresas bolivianas que han implementado medidas de PML.

Consideraciones acerca de la Guía:

La guía presenta diferentes ideas y ejemplos prácticos para orientar y facilitar la implementación de PML en las curtiembres. Sin embargo, es importante mencionar que cada curtiembre debe hacer su propia evaluación, en base a sus experiencias, además de efectuar pruebas sobre la aplicabilidad de cada una de las medidas de PML en su proceso de producción, debido a que cada curtiembre tiene sus propias características en cuanto a operaciones y productos.

Los ejemplos aquí mostrados no necesariamente se deben o se pueden replicar tal como están descritos, pero pueden servir de base para el desarrollo de prácticas similares. La calidad no tiene sustitutos, pero puede ser obtenida de muchas maneras diferentes. Solo el curtidor sabe qué calidad de producto desea obtener.

El subsector puede aprovechar del intercambio de experiencias entre empresas. Las otras curtiembres deben ser miradas como colegas y no solamente como competidores. Si se establecen lazos de colaboración y se comparte experiencias, se puede obtener mejoramientos sinérgicos o multiplicadores para todo el subsector en el país. En otros países existen experiencias exitosas de colaboración dentro de los diferentes subsectores.

Una guía, en sí, no puede solucionar todos los problemas o encontrar todas las oportunidades de mejoramiento. Empero, esperamos que esta guía sea un aporte para las curtiembres y sus organizaciones en el trabajo de experimentación, implementación y mejoramiento continuo de las prácticas de PML, lo que redundará positivamente en su desempeño ambiental, así como en su productividad y rentabilidad.

Capítulo 2

Principios de la Producción Más Limpia (PML)

En este capítulo se presenta una descripción de los siguientes temas relacionados con la producción más limpia (PML):

- Una introducción a la filosofía de la PML.
- Las definiciones y conceptos clave en PML.
- Algunas conceptualizaciones y principios para hacer efectiva la práctica de PML.

2.1 Introducción

Hasta hace pocos años atrás, los esfuerzos para enfrentar la contaminación generada por las industrias se concentraron en el tratamiento de residuos “al final del proceso”, lo que ha conducido a que la atención haya estado centrada en cómo eliminar los residuos, una vez que éstos han sido generados. Los métodos de tratamiento “al final del proceso”, requieren de la instalación de sistemas de tratamiento basados, ya sea, en tecnologías de punta o en tecnologías tradicionales. Las tecnologías de punta, por lo general, emplean espacios reducidos, pero son de alto costo tanto en su adquisición, como en su operación. Las tecnologías tradicionales, tales como lagunas anaeróbicas o lagunas de oxidación (aeróbicas), si bien son de menor costo, requieren de espacios considerables. En particular, las empresas ubicadas en áreas urbanas, por falta de espacio, se ven obligadas a considerar la adquisición de tecnología de punta para el tratamiento final de sus residuos.

Los métodos de tratamiento “al final del proceso”, en general, dan buenos resultados. Sin embargo, su alto costo constituye una seria restricción al mejoramiento continuo de la competitividad de las empresas.

La ventaja de aplicar prácticas de PML surge en forma natural ya que promueve el uso eficiente de materias primas, agua y energía, entre otros insumos, a fin de eliminar o reducir, en las fuentes de origen, la cantidad de residuos no deseados que se generan durante los procesos de producción. De esta manera, además de reducir los costos unitarios de producción, se reducen los requerimientos para el tratamiento final de desechos y, por ende, se reduce el costo de adquisición de la planta de tratamiento y el de las operaciones asociadas al mismo.

Por lo tanto, una conclusión lógica de lo expuesto en el párrafo anterior, es que la opción de introducir prácticas de PML debe ser considerada antes de abordar soluciones de tratamiento “al final del proceso”.

Esta conclusión está respaldada por experiencias a nivel mundial, las que han demostrado que, tanto a corto como a largo plazo, las prácticas de PML son más efectivas desde un punto de vista económico, y más sensatas desde un punto de vista ambiental, que los métodos tradicionales de disposición y/o tratamiento “al final del proceso”.

Las técnicas de PML pueden aplicarse a cualquier proceso de manufactura, y abarcan desde cambios operacionales relativamente fáciles de ejecutar, hasta cambios más extensos, como la sustitución de insumos o el uso de tecnologías más limpias y eficientes.

2.2 Definiciones y conceptos clave en producción más limpia

A continuación se presenta las definiciones y conceptos más importantes relacionados con la PML (estas definiciones fueron extraídas de las referencias que se citan al final de cada concepto y definición).

2.2.1 Producción más limpia (PML)

Producción más limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para incrementar la eficiencia y reducir los riesgos pertinentes a los seres humanos y al medio ambiente.

En los procesos se orienta a:

- La conservación y ahorro de materias primas, agua y energía, entre otros insumos.
- La reducción y minimización de la cantidad y peligrosidad de residuos (sólidos, líquidos y gaseosos).
- La sustitución de materias primas peligrosas y la reducción de los impactos negativos que acompañan su extracción, almacenamiento, uso o transformación.

En los productos se orienta a:

- La reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final.

En los servicios se orienta a:

- La incorporación de la dimensión ambiental tanto en el diseño como en la prestación de los servicios.

(Adaptado de la definición del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA).

2.2.2 Contaminación

La contaminación es un cambio desfavorable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, del agua o de la tierra, que es o podría ser perjudicial para la vida humana, para la de aquellas especies deseables, para nuestros procesos industriales, para nuestras condiciones de vivienda o para nuestros recursos culturales; o que desperdicie o deteriore recursos que son utilizados como materias primas.

(Science Advisory Board, de la EPA).

2.2.3 Prevención de la contaminación

Prevención de la contaminación es el uso de procesos, prácticas o productos que permiten reducir o eliminar la generación de contaminantes en sus **fuentes de origen**, es decir, que reducen o eliminan las sustancias contaminantes que podrían penetrar en cualquier corriente de residuos o emitirse al ambiente (incluyendo fugas), antes de ser tratadas o eliminadas, protegiendo los recursos naturales a través de la conservación o del incremento en la eficiencia.

(Science Advisory Board, de la EPA).

2.2.4 Eficiencia energética

La eficiencia energética, se define como la habilidad de lograr objetivos productivos empleando la menor cantidad de energía posible.

(CPTS).

2.2.5 Mejores técnicas disponibles o accesibles (Best Available Technology - BAT)

Son los medios más eficaces para el desarrollo de las actividades productivas y de sus modalidades de producción. La eficacia se mide en términos de la capacidad práctica de determinadas técnicas que, en principio, permiten alcanzar valores límite de descargas o emisiones para evitar o minimizar el impacto ambiental.

En este contexto, se definen los siguientes términos:

- **técnicas:** la tecnología, métodos y procedimientos utilizados, incluyendo el diseño de la instalación y la forma de su construcción, uso, mantenimiento y abandono.
- **mejores técnicas:** las técnicas más eficaces para proteger el medio ambiente en su conjunto.
- **disponibles:** las técnicas asequibles en el mercado, cuya utilización permita la producción de bienes y servicios bajo condiciones competitivas, tanto en términos técnicos como económicos.

(Adaptado del Diario Oficial de las Comunidades Europeas: "Directiva 96/61/CE del Consejo de la Unión Europea, Nº L257/26, de 24 de septiembre de 1996).

2.2.6 Desarrollo Sostenible

Desarrollo sostenible es el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.

(Ley del Medio Ambiente, Nº 1333, Art. 2).

2.3 Conceptuaciones, principios y bases para hacer efectiva la práctica de PML

Desde el punto de vista del CPTS, el tema de producción más limpia se enfoca teniendo en consideración las siguientes conceptualizaciones:

2.3.1 Conceptualización 1

- *Prevención de la contaminación* no es igual a *producción más limpia*; forma parte de ella.
- *Producción limpia* no es igual a *producción más limpia*. La primera es la utopía de la segunda.
- *Tecnologías limpias* no es igual a *tecnologías más limpias*. La primera es la utopía de la segunda, y ésta, a su vez, forma parte de la *producción más limpia*.

2.3.2 Conceptualización 2

La producción más limpia incorpora las prácticas de prevención de la contaminación, de eficiencia energética y las tres R's (Reuso, Reciclaje y Recuperación):

Producción más limpia = Prevención de la Contaminación + Eficiencia Energética + 3 R's

Donde:

- **Reciclaje:** Convertir el residuo en una materia prima o un nuevo producto
- **Reuso:** Volver a utilizar el residuo en su forma de insumo original.
- **Recuperación:** Aprovechar o extraer componentes útiles del residuo.

Cabe hacer notar que el reciclaje de residuos puede ser interno o externo a las operaciones que generaron dicho residuo. El reciclaje interno, cuando se practica como un reuso cíclico de los residuos en la misma operación que los genera, se denomina "reciclaje en circuito cerrado". El reciclaje externo es utilizar el residuo en otro proceso / operación diferente del que lo generó. Por otra parte, el reuso puede efectuarse, entre otros, por recuperación.

2.3.3 Conceptualización 3

De manera general, el término "insumo" incluye toda materia y energía utilizadas en la producción. Es decir, materias primas, agua, energía eléctrica, energía térmica (incluyendo combustible), catalizadores y reactivos

químicos en general, lubricantes, resinas de intercambio iónico, empaquetaduras, filtros desechables y otros. Los insumos que forman parte del producto final se denominan “*materias primas*”, mientras que aquellos que no forman parte del producto final se denominan “*insumos auxiliares*”.

Por ejemplo, en una curtiembre, tanto la piel fresca como las sales de cromo constituyen “*materias primas*” para la elaboración de cuero curtido al cromo, mientras que la cal constituye un “*insumo auxiliar*” dentro de este mismo proceso. La grasa animal es una “*materia prima*” para la fabricación de jabón. El agua y la energía son “*insumos auxiliares*”. Sin embargo, en una fábrica de refrescos, el agua es, por una parte, “*materia prima*”, ya que forma parte del producto final; y, por otra, es un “*insumo auxiliar*”, ya que también es utilizado de diversas formas sin que termine siendo parte del producto final.

2.3.4 Conceptuación 4

De manera general, el término “*residuo*” se conceptúa como “*materia prima de menor valor*”, mientras que el término “*desecho*” se conceptúa como “*materia a la que ya no se le da valor alguno*” y por lo tanto se la descarga o emite. Por ejemplo, en una curtiembre, los residuos pueden ser utilizados para la producción de grasas y proteínas de diferente naturaleza, nutrientes, solventes, cuero reconstituido, etc., mientras que los desechos son aquellas materias que deben ser tratadas y dispuestas en forma no dañina al medio ambiente, tales como algunas aguas de lavado, entre otras materias no recuperables, reciclables o reusables.

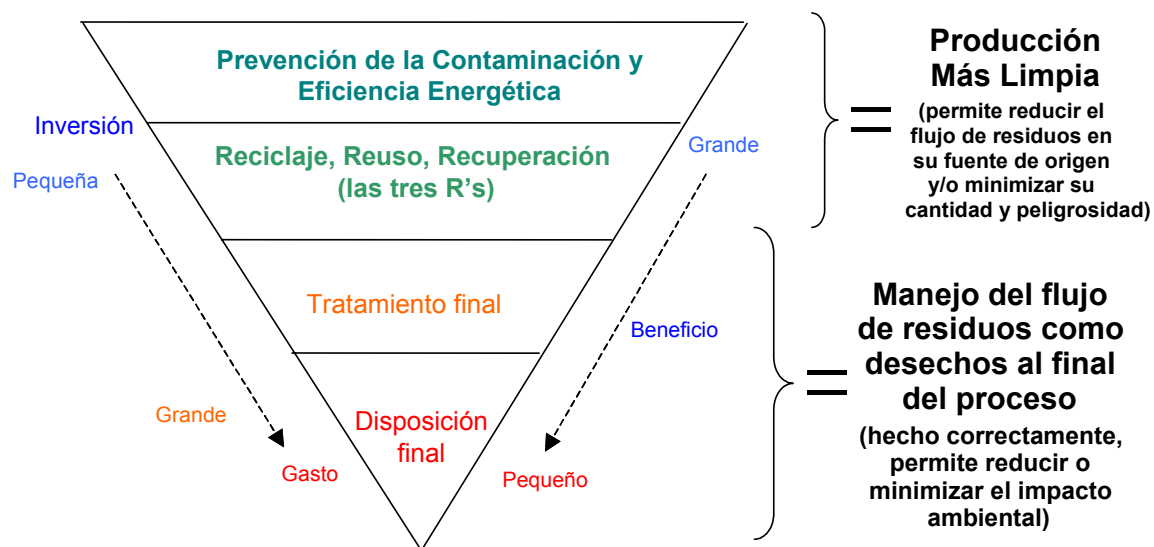
2.3.5 Bases para la práctica de la PML

Para poner en práctica la producción más limpia (PML), se debe considerar las siguientes bases:

- **Buenas prácticas operativas:** Segregar los flujos de residuos, a fin de facilitar su reciclaje, reuso, recuperación o, en último caso, cuando no hay más alternativa, su tratamiento final como desechos; mejorar las operaciones y el mantenimiento de los equipos; mejorar el orden y las operaciones de limpieza; mantener controles de inventarios, y de balances de masa y energía; prevenir derrames y fugas; y realizar otras prácticas de reducción de residuos y de uso eficiente de energía, que no impliquen cambios significativos en los procesos o en los equipos.
- **Circuito cerrado de reciclaje:** Retorno de los residuos directamente al proceso de producción en calidad de insumo.
- **Sustitución de insumos:** Reemplazar una materia utilizada en un proceso por otra materia que genere menor cantidad de residuos, y/o que su uso sea no peligroso o menos peligroso.
- **Modificación de procesos:** Rediseñar los procesos; mejorar los controles de las operaciones; efectuar modificaciones en los equipos o cambios tecnológicos que permitan reducir la generación de residuos.
- **Reformulación del producto:** Sustituir un producto final por otro de características similares, que requiera de insumos no peligrosos o menos peligrosos en los procesos de producción; o cuyo uso y/o disposición final sea más benigno para el medio ambiente y/o para la salud.
- **Las tres R's:** Reciclar, reusar y/o recuperar residuos, a fin de minimizar los desechos.

Como se observa en la Figura 2.1, que esquematiza el denominado “Enfoque piramidal para el manejo de efluentes”, la producción más limpia está constituida por prácticas de prevención de la contaminación, eficiencia energética y las 3R's (reciclaje, reuso y recuperación), las que generalmente producen beneficios económicos y ambientales significativos, con bajos niveles de inversión. Por su parte el flujo de manejo de residuos como desechos al final del proceso (es decir el tratamiento al final del proceso y la disposición final de desechos), requiere de gastos considerables tanto en la construcción de plantas de tratamiento como en las operaciones de funcionamiento y mantenimiento de dichas plantas; y, por ende, si bien se puede lograr el cumplimiento de las normas ambientales, dichos gastos inciden negativamente en la economía de la empresa.

Figura 2.1: Enfoque del manejo piramidal de efluentes



Fuente: Elaboración del CPTS

Capítulo 3

El subsector curtiembres en Bolivia y su relación con el medio ambiente

De acuerdo a la nomenclatura CIIU³, el subsector, al que se refiere la presente guía, se clasifica bajo la clase “1911: Curtido y Adobo de Cueros”, que de aquí en adelante denominaremos “Curtiembres”, el cual agrupa a las actividades de curtido mineral y vegetal de pieles.

En este capítulo se resume la:

- Reglamentación ambiental relacionada con el subsector curtiembres.
- Situación actual del subsector “Curtiembres” y su relación con el medio ambiente.

3.1 Reglamentación ambiental relacionada con el subsector curtiembres

3.1.1 La Ley del Medio Ambiente, Ley 1333

La Ley del Medio Ambiente /1/, Ley 1333, fue promulgada el 27 de abril de 1992 y publicada en la Gaceta Oficial de Bolivia el 15 de junio de 1992. En actual vigencia, es de carácter general y no enfatiza en actividad específica alguna. Su objetivo es “la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población”. Esta ley da el marco general de protección ambiental que rige en el país, fija los objetivos de la política ambiental (de carácter orientador), da el marco institucional que define a las autoridades ambientales y, en este contexto, incorpora la planificación ambiental en la planificación del desarrollo nacional.

A nivel macro, integra todas las áreas del medio ambiente como apoyo al desarrollo sostenible (educación, salud, ciencia y tecnología, etc.). Da el marco para la aplicación de instrumentos económicos de regulación ambiental, así como incentivos.

La legislación ambiental, en particular la Ley de Medio Ambiente, incluye artículos que pueden ser aplicados para promover la producción más limpia, aunque no hacen una referencia explícita al respecto. Por ejemplo, el Artículo 85 de la Ley del Medio Ambiente establece lo siguiente:

“Corresponde al Estado y a las instituciones técnicas especializadas:

- a) Promover y fomentar la investigación y el desarrollo científico y tecnológico en materia ambiental.
- b) Apoyar el rescate, uso y mejoramiento de las tecnologías tradicionales adecuadas.
- c) Controlar la introducción o generación de tecnologías que atenten contra el medio ambiente.
- d) Fomentar la formación de recursos humanos y la actividad científica en la niñez y la juventud.
- e) Administrar y controlar la transferencia de tecnología de beneficio para el país.”.

Asimismo, el Artículo 113 de la Ley del Medio Ambiente, dice:

“... el que transfiera e introduzca tecnología contaminante no aceptada en el país de origen..., será sancionado...”.

3.1.2 Reglamentos a La Ley del Medio Ambiente

Los reglamentos a la Ley del Medio Ambiente /2/ fueron aprobados el 8 de diciembre de 1995 y puestos en vigencia en abril de 1996. Consta de los siguientes cuerpos⁴:

³ CIIU: Clasificación Internacional Industrial Uniforme, Revisión 3, Naciones Unidas (vigente para el 2002).

⁴ Información de apoyo se puede obtener consultando los resúmenes sobre los reglamentos a la Ley 1333 elaborados por la Cámara de Industria de Cochabamba y la Cámara de Industria y Comercio de Santa Cruz (CAINCO).

- a) *Reglamento General de Gestión Ambiental*: Su objetivo es regular la gestión ambiental, entendida como el conjunto de actividades y decisiones concomitantes orientadas al desarrollo sostenible.
- b) *Reglamento de Prevención y Control Ambiental*: Establece el marco técnico jurídico regulador de la Ley del Medio Ambiente en lo referente a la Ficha Ambiental, Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, Manifiesto Ambiental, Auditorías Ambientales, Categorización de los Impactos Ambientales y las autoridades competentes en la materia.
- c) *Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica*: Regula la prevención de la contaminación y control de la calidad de los recursos hídricos. Define el sistema de control de la contaminación hídrica, así como los límites permisibles de los elementos potencialmente contaminantes y las condiciones físico químicas que debe cumplir un efluente líquido para su vertimiento.
- d) *Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas*: Reglamenta las actividades con sustancias que define como peligrosas, estableciendo procedimientos de manejo, control y reducción de riesgos.
- e) *Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos*: Establece el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la gestión de los residuos sólidos en relación a la generación, manejo, tratamiento, selección, recolección, transporte, almacenamiento y disposición final. Define la normatividad que debe seguir la gestión de residuos sólidos buscando garantizar un adecuado acondicionamiento, así como evitar la contaminación del suelo y cuerpos de agua. Está referido, principalmente, a residuos sólidos domiciliarios, comerciales, de servicios e institucionales, procedentes de la limpieza de áreas públicas y otros asimilables a domiciliarios.

3.1.3 Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM)

La Ley del Medio Ambiente y sus reglamentos son de carácter general. Sin embargo, para tomar en cuenta las características particulares de los diferentes sectores, se han elaborado normativas específicas aplicables a éstos. En la actualidad, los sectores petrolero y minero cuentan con una reglamentación ambiental sectorial. Asimismo, el sector industrial manufacturero cuenta con su propia reglamentación, el Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM), que fue aprobado, mediante Decreto Supremo N° 26736, el 30 de julio de 2002 /3/, el cual es aplicable al subsector curtiembres.

Entre las partes más relevantes del RASIM se puede mencionar:

- La incorporación del concepto de PML. En base a ello, las responsabilidades y esfuerzos de las industrias deben centrarse en las prácticas de PML. Por ejemplo, según el artículo 13 y lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental (PMA), Anexo 7, del RASIM, se debe priorizar las prácticas de PML.
- El establecimiento de una clasificación de las industrias de acuerdo a la importancia de su impacto ambiental. De acuerdo a esto, existen cuatro categorías: 1, 2, 3 y 4, en orden de mayor a menor impacto ambiental. Las curtiembres están clasificadas en las categorías 1, 2 y 3, dependiendo de la magnitud de su producción.
- La inclusión del tema de PML entre las atribuciones del Viceministerio de Industria y Comercio Interno (VICI), Organismo Sectorial Competente (OSC) para el sector industrial manufacturero, por lo que el VICI, entre otras funciones, está encargado de:
 - Promover la competitividad y productividad industrial, incentivando la producción más limpia.
 - Promover la elaboración, aprobar e impulsar la aplicación de guías técnicas ambientales para el sector.
 - Promover y gestionar programas de financiamiento para proyectos de inversión e investigación en producción más limpia.
- La introducción del tema de incentivos para la aplicación de las prácticas de PML, a través de instrumentos económicos y técnicos. Los instrumentos técnicos son las Guías Técnicas Ambientales,

las cuales se constituyen en documentos de referencia donde se describen las acciones que debe emprender la industria para la práctica de la producción más limpia. Las guías técnicas deben elaborarse con la participación del sector involucrado y tienen aplicación voluntaria.

Con el objetivo de promover la producción más limpia, las Guías Técnicas Ambientales aprobadas por el OSC y/o las certificaciones de Sistemas de Gestión Ambiental obtenidos a través de la norma NB-ISO 14001 se constituirán documentos de referencia técnica para:

- a) Acceder a incentivos económicos;
- b) Establecer acuerdos entre la industria y la autoridad para optimizar la gestión ambiental;
- c) El establecimiento de plazos y límites permisibles;
- d) Ser incorporados dentro del Plan de Manejo Ambiental (PMA), cuando se implementen las Guías Técnicas Ambientales;
- e) Sustituir el Plan de Manejo Ambiental (PMA), cuando la industria cuente con la certificación NB-ISO 14001.

3.2 El subsector curtiembres en el contexto de la economía nacional

En base a información recopilada del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), CNI, VICI y de las encuestas realizadas por el CPTS durante las visitas técnicas a varias curtiembres del país (ver Anexo C), a continuación se presenta un resumen sobre la situación del subsector curtiembres en Bolivia.

La evaluación de la situación actual del subsector curtiembres en Bolivia es dificultosa, debido a la carencia de información específica para éste y a que la información existente es confusa y con muchos vacíos. Por estos motivos, este capítulo pretende dar al lector solo una idea global de la magnitud y características generales del subsector en cuestión.

En el contexto de la economía nacional, el subsector curtiembres está adquiriendo cada día más importancia debido a las grandes expectativas, a futuro, de generación de empleo y divisas, por la exportación de cueros a mercados extranjeros.

En Bolivia se procesa diferentes tipos de piel: vacuno, ovino, camélido, caprino y de lagarto, siendo la de vacuno la más utilizada. En los últimos años, sin embargo, el curtido de piel de camélido ha aumentado, principalmente, en los departamentos de La Paz y Oruro. Por otro lado, el gobierno de Bolivia ha otorgado un cupo limitado (respetando el convenio CITES) para la caza de lagartos cuyas pieles se destinen al curtido⁵. Las pieles de lagarto se exportan al exterior a precios sumamente elevados (alrededor de 20 US\$/pie²). A esta actividad están dedicadas algunas curtiembres del Oriente (Beni y Santa Cruz) y de Cochabamba.

Alrededor del 60% de la producción total de cuero es exportada como wet blue a los mercados de Europa (Italia, España), Asia (Corea, Japón), América (EEUU, México, Argentina, Brasil, Perú, Chile) y Oceanía (Australia). En volúmenes menores, se exporta cuero manufacturado como marroquinería (bolsos, artesanía, maletines) a diferentes países, siendo los mercados más importantes EEUU y Venezuela.

Por diversos factores, no se conoce la cantidad de curtiembres en Bolivia. La mayor parte de las empresas grandes y medianas están inscritas en las Cámaras Departamentales de Industria. En cuanto a las micro y pequeñas industrias, muchas de ellas son informales y muy pocas están registradas en las CADEPIA's o ADEPI's, razón por la cual se hace difícil estimar la cantidad de las empresas pequeñas existentes.

Se conocen varias fuentes de información sobre la cantidad de curtiembres en Bolivia:

- Según datos del VICI, en el año 1999 existían alrededor de 80 empresas del rubro legalmente establecidas en el país.

⁵ Información obtenida de las curtiembres interesadas

- La Cámara Nacional de Industrias (CNI) a nivel nacional, para el año 2001, tiene inscritas a 27 empresas, dentro de los establecimientos de Curtidurías y Talleres de Acabado (ver Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1: Curtidurías y Talleres de Acabado registradas en la CNI
(datos a julio del 2001)

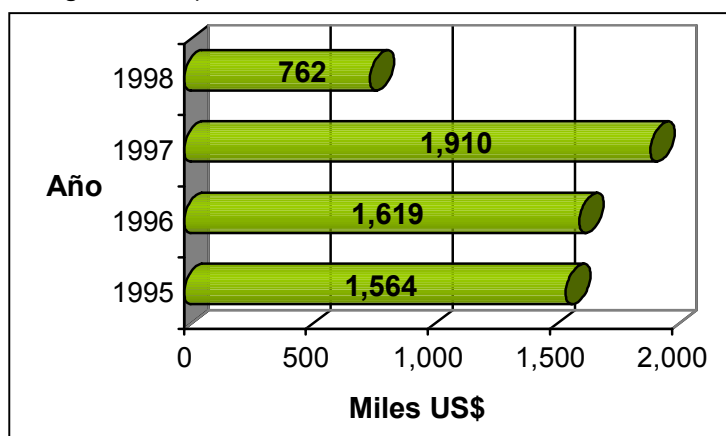
Departamento	N° establecimientos
La Paz	6
Cochabamba	12
Santa Cruz	3
Oruro	1
Chuquisaca	1
Tarija	3
Beni	1
Total	27

Fuente: Guía de la Industria Boliviana (2001-2002) – Cámara Nacional de Industrias

- El INE en su estudio “Encuesta Manufacturera (2001)”, para los años 1995 a 1998, tomó como base un universo de 26 a 30 curtiembres, que representan el mayor aporte económico del subsector a nivel nacional, las cuales cuentan con más de 5 empleados. De este estudio podemos resumir, para el subsector curtiembres, los siguientes datos económicos generales:
 - El valor bruto de la producción anual, oscila entre los 18 y 23 millones US\$.
 - El valor agregado (considerando el aporte de valor desde la piel como materia prima hasta el cuero acabado), oscila entre 5 y 6 millones US\$, que representa alrededor del 0.4 al 0.5 % en la participación del producto interno bruto (PIB) industrial y de 0.06 al 0.08% en la participación del PIB a nivel nacional.
 - Las exportaciones se hallan entre los 8 y 11 millones US\$. Se estima que alrededor del 50% de su producción es destinada al mercado externo; este valor supera al coeficiente de exportación nacional (12.7%) y es uno de los más altos en la industria manufacturera (el coeficiente de exportación más alto es 66% para la industria de la soya).
 - La utilización de la capacidad instalada está alrededor del 50%.

La Figura 3.1 muestra las exportaciones de manufacturas de cuero, las cuales representan entre un 10 a 20% de las exportaciones totales del subsector Curtiembres. La caída del volumen de exportaciones entre 1997 y 1998, se debe fundamentalmente a la crisis económica registrada en Bolivia.

Figura 3.1: Exportaciones bolivianas de manufacturas de cuero



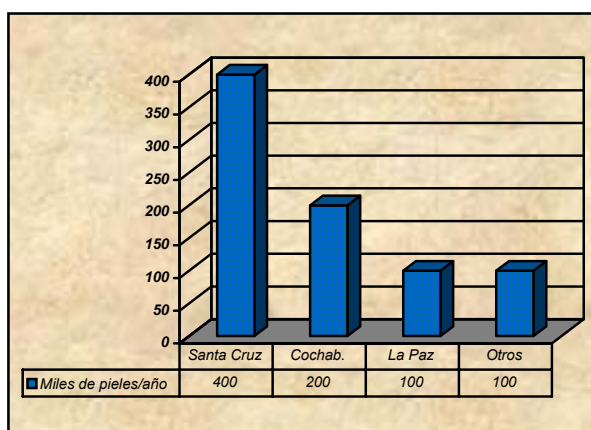
Fuente: Elaboración del CPTS en base a /41/ ABOQUITEC-CEPROBOL

Los volúmenes de producción de cuero están directamente ligados a la producción de carne, debido a que es la única fuente de obtención de pieles (en Bolivia no se importa pieles), las que posteriormente serán

comercializadas y procesadas. Las empresas con mayores volúmenes de producción se hallan ubicadas en el departamento de Santa Cruz, pero el mayor número de curtiembres y el centro de la curtiduría por tradición es Cochabamba.

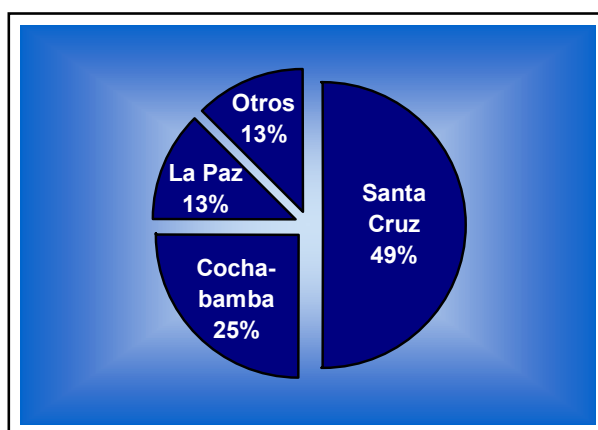
Los departamentos donde se procesa la mayor cantidad de pieles son Santa Cruz, Cochabamba y La Paz, con alrededor de 700,000 pieles/año y se estima que a nivel nacional se llega a procesar 800,000 pieles/año⁶. La Figura 3.2 muestra las cantidades de pieles de vacuno procesadas para el año 2000. La distribución porcentual de pieles de vacuno procesadas por departamento en el mismo año, se muestra en la Figura 3.3.

Figura 3.2: Pieles de vacuno procesadas durante el año 2000



Fuente: Elaboración del CPTS en base a datos de ADIC

Figura 3.3: Distribución porcentual, por departamento, de pieles de vacuno procesadas durante el año 2000



Fuente: Elaboración del CPTS en base a datos de ADIC

Entre los mayores problemas, en cuanto a la materia prima, están:

a) Escasez de materia prima:

Si bien existe capacidad instalada en el país para procesar un mayor número de pieles, la cantidad ofertada en el mercado para su procesamiento no satisface la demanda. Las empresas más grandes logran adquirir esta materia prima de mataderos municipales y privados de acuerdo a contratos con cupos establecidos. Las empresas medianas y pequeñas la obtienen también de mataderos, además de rescatadores, intermediarios o directamente de los propietarios (campesinos principalmente). Esta escasez se acentúa por la exportación ilegal de pieles hacia los países vecinos, algo que hasta hoy no se ha podido frenar.

b) Calidad de las pieles:

Las curtiembres, debido a la escasez, aceptan comprar pieles de baja calidad, lo que implica mayor trabajo y menor superficie útil para producir un cuero de alta calidad. Esto incide en los costos de producción y disminuye la competitividad al tiempo de exportar.

En general, la piel no es tratada de buena manera por los ganaderos ni por los mataderos, porque no se la considera un bien de gran valor. Entre los principales problemas derivados del maltrato de la piel se tiene:

- las marcas de fuego en el ganado para señalar la propiedad (se ha podido ver hasta 20 marcas en una sola piel);

⁶ Información obtenida de ADIC

- los cercos de púas, que lastiman la piel de los animales;
- las garrapatas, que se incrustan en la piel causando deformaciones;
- las enfermedades del ganado, como la fiebre aftosa, que disminuyen la oferta de carne vacuna por lo que disminuye la cantidad de pieles ofertadas;
- la mayor parte del ganado en el Oriente es cebú o cruces de los mismos, y debido a la raza y tipo de clima en que viven, la piel tiene una estructura dérmica menos densa (más fofa o con vacíos).
- ejemplares muy gordos, no son aptos para cueros de alta calidad debido a la presencia de estrías en la piel;
- el inadecuado transporte de los animales, que ocasiona lesiones en la piel;
- los mataderos emplean técnicas inadecuadas que malogran la piel, por lo que éstas llegan a las curtiembres con tajos o cortes, mal manipuladas y muy sucias.

Empero, las condiciones de cría, el clima, el tipo de raza en los valles y, especialmente, en el altiplano, permiten obtener pieles de mejor calidad (con menos marcas de fuego, incrustaciones de garrapatas o lesiones por púas).

La calidad del cuero boliviano es reconocida a nivel mundial, no obstante, las empresas no lo pueden exportar como cuero acabado debido a presiones comerciales en los mercados externos y a los problemas antes mencionados.

La exportación de cuero, bajo la forma de wet blue es considerablemente mayor a la del cuero acabado, debido a una mayor relación beneficio/costo que se obtiene en otros mercados, y a que la capacidad de pago y el consumo del mercado nacional ha disminuido mucho.

Para enfrentar estos problemas y los nuevos retos que significa el desarrollo industrial y la apertura del libre mercado, las curtiembres están asociadas en diferentes instituciones del gremio, integrándose además con los actores de la Cadena del Cuero (la ganadería, el faenado, el curtido, las manufacturas de cuero y la comercialización) para evaluar todos los factores que inciden en la calidad del producto final y ser más competitivos.

Debemos señalar que el cambio ya se ha iniciado. El sector ganadero está implementando proyectos como la introducción de nuevas especies mejoradas, la aplicación de nuevas técnicas pecuarias de cría, haciendo que el hato ganadero mejore notablemente, además de combatir las enfermedades como la fiebre aftosa. La matanza de los animales ha mejorado con la instalación de modernos mataderos contribuyendo de sobremano a que las pieles presenten mejores condiciones. De todas maneras, estos esfuerzos deben incrementarse y mejorarse continuamente.

Conclusión:

Los cueros como producto semiprocesado (wet blue) constituyen la mayor cantidad de productos exportables, dentro del subsector curtiembres. Esto significa que, debido a diversos factores, los productores prefieren vender cueros semiprocesados (a precios relativamente bajos, pero mayores al del cuero acabado en el mercado boliviano) a venderlos en el mercado nacional o procesarlos para que puedan ser exportados posteriormente con mayor de valor agregado. Pese a ello, el futuro puede ser prometedor dadas las expectativas de entrar a nuevos mercados, lo que generará mayores volúmenes de exportación. El aumento de la producción a nivel nacional puede ser posible, pues actualmente menos del 50% de la capacidad instalada es utilizada.

3.3 Las curtiembres y el medio ambiente en Bolivia

La exigencia y la presión del entorno han hecho que la mayor parte de las empresas grandes y medianas del subsector cuenten con su Licencia Ambiental (LA), obtenida antes de la puesta en vigencia del RASIM, en

conformidad con el Reglamento de Prevención y Control Ambiental. La obtención de la Licencia Ambiental (LA) implica que las autoridades han aprobado el Manifiesto Ambiental (MA) y su correspondiente “Plan de Adecuación Ambiental” (PAA), que debe ser ejecutado en los plazos establecidos.

No obstante, la implementación de las medidas del PAA aún es parcial. La mayor parte de las pequeñas curtiembres no tienen, todavía, conocimiento sobre el tema y no han elaborado su MA, por ende, tampoco cuentan con la Licencia Ambiental.

En la actualidad, el sector industrial está regulado a través del Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM), que fue aprobado el 30 de julio del 2002.

Las curtiembres, de acuerdo al impacto ambiental que generan, están clasificadas en el RASIM como industrias de “Categoría 1, 2 y 3”, lo que significa que se las considera industrias prioritarias para la prevención y control de su contaminación. En consecuencia, las empresas deben cumplir con los requerimientos del RASIM, entre ellos, registrarse en el Registro Ambiental Industrial (RAI), elaborar el Manifiesto Ambiental Industrial (MAI) y su Plan de Manejo Ambiental (PMA).

Asimismo, dada la reciente puesta en vigencia del RASIM, existe un desconocimiento de su alcance.

Los principales problemas ambientales que enfrentan, son:

- Contaminación hídrica con materia orgánica, sulfuro y cromo; esto, además, viene acompañado de la inexistencia de sistemas de tratamiento comunes (salvo en los parques industriales), lo que implica la necesidad de instalar sistemas individuales de tratamiento de efluentes en cada curtiembre, con altos costos.
- Contaminación atmosférica, debida a la generación de sulfuro de hidrógeno, a la materia orgánica que se descompone, a las sales de amonio que desprenden amoníaco y otros, lo que, además, produce malos olores.
- Disposición de residuos sólidos en sitios indebidos, debido a la falta de sitios de disposición adecuados y a elevadas tasas de aseo.
- Contaminación de suelos y acuíferos en algunas zonas, pues no existe sistema de alcantarillado y los efluentes son vertidos al suelo.
- Ineficiente uso de la energía que produce mayor contaminación ambiental, que la que se produciría bajo condiciones eficientes.
- Límites de descarga líquidas estipulados en la legislación ambiental (sulfuros, cromo, DBO, DQO) muy difíciles de alcanzar.

3.3.1 Gestión de las descargas líquidas

En general, las descargas a cuerpos de agua están actualmente reguladas por la Ley del Medio Ambiente y sus reglamentos. En particular, las descargas líquidas industriales están reguladas por el RASIM (Título IV, Capítulo III). Sin embargo, muy pocas empresas cumplen con los límites establecidos, los cuales han sido calificados como muy exigentes por las industrias.

En cada ciudad, la situación de las descargas líquidas industriales es diferente. A continuación, mencionamos la situación actual de los centros de producción más relevantes.

- En la ciudad de La Paz, no existe una planta de tratamiento que reciba las aguas de desecho industriales. Tampoco existe una normativa que regule éstas descargas al sistema de alcantarillado (incluidas las de curtiembres). Las empresas, en su mayoría, no cuentan con sistemas individuales de

tratamiento de efluentes y, por lo tanto, descargan sus efluentes sin tratamiento al alcantarillado o a los cuerpos de agua.

- En la ciudad de El Alto, la empresa de agua potable y alcantarillado, Aguas del Illimani S.A. (AISA), cuenta con una planta de tratamiento de aguas de desecho, ubicada en Puchucollo. En vista de que no existe cobertura total de alcantarillado, la planta recibe parcialmente las aguas de desecho industriales (incluyendo las de curtiembres) y cobra una tarifa por la descarga de aguas a su sistema en función del caudal, carga contaminante y degradación de la tubería. Otras industrias, incluyendo a la ciudadanía en general, al no contar con un sistema de alcantarillado, descargan sus efluentes líquidos directamente al suelo o a los ríos.
- En Cochabamba, la mayor parte de las curtiembres grandes y medianas cuentan con sistemas individuales de pretratamiento, para separar sólidos, oxidar sulfuros y precipitar proteínas. Los efluentes líquidos son descargados al sistema de alcantarillado del Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SEMAPA), para lo que se han establecido límites en la concentración de contaminantes y por lo que se paga una tarifa, en razón a que SEMAPA realiza el tratamiento final de los efluentes. En cuanto a las pequeñas curtiembres, dado su alto número, no se tiene información precisa sobre su situación respecto a sus descargas.
- En Santa Cruz, se presentan dos situaciones diferentes:
 - Todas las empresas instaladas en el Parque Industrial, incluyendo las curtiembres, descargan sus efluentes en las lagunas de oxidación del mismo parque, servicio que a la fecha no se paga. Sin embargo, previamente las curtiembres deben dar un pretratamiento a sus efluentes para separar sólidos y grasas.
 - Las curtiembres grandes, ubicadas fuera del parque, cuentan (parcialmente) con sistemas de pretratamiento de efluentes (principalmente para la oxidación de sulfuros). Posteriormente, los efluentes son descargados a los cuerpos de agua (como el río Pirai).

3.3.2 Gestión de las descargas sólidas y semisólidas

La gestión de residuos sólidos a nivel nacional varía de acuerdo a la ubicación geográfica de la industria. Algunas curtiembres disponen sus residuos sólidos en rellenos sanitarios, contratando los servicios de empresas de aseo por los que pagan tasas de aseo que pueden ser fijas o variables (en función del consumo de energía eléctrica o de la cantidad de residuos). Empero, gran cantidad de sólidos son descargados al alcantarillado o a cuerpos de agua en forma de lodos, debido a que varias curtiembres no cuentan con sistemas de separación de sólidos del efluente líquido.

El marco de la gestión de residuos sólidos domiciliarios o asimilables a domiciliarios se encuentra establecido en el Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (RGRS) de la Ley 1333. Empero los residuos sólidos industriales se rigen de acuerdo al RASIM (Título IV, Capítulo IV).

Según la norma boliviana NB 758, los lodos del proceso de producción de cuero se clasifican como residuos peligrosos, en tanto que los residuos de cuero, que ya no se usen para la manufactura del cuero, se clasifican como residuos de bajo riesgo /37/.

La situación en los centros productivos más importantes de Bolivia, es la siguiente:

- En la ciudad de La Paz, el relleno sanitario de Mallasa recibe los residuos y desechos sólidos de las curtiembres y los dispone en fosas especiales⁷. El cobro de la tasa de aseo, para todo el sector industrial, está en función del consumo de energía eléctrica, que no refleja en sí el valor por el tratamiento y/o disposición de la basura. Este sistema no es justo, puesto que empresas que consumen mucha energía pueden generar poca basura y viceversa.

⁷ Información obtenida de CLIMA

- En la ciudad de El Alto, el relleno sanitario de Villa Ingenio podría recibir los residuos y desechos sólidos de curtiembres. Sin embargo, la mayoría de las curtiembres no los envía, debido a lo establecido en el artículo 75 del RGRS y a las quejas de los vecinos. Al igual que en La Paz, se cobra una tasa de recolección y disposición en función de la energía eléctrica consumida. La tasa máxima de aseo establecida en El Alto es de 1,600 Bs/mes.
- En la ciudad de Cochabamba, las curtiembres, a través de un convenio suscrito entre ADIC y la administración del relleno sanitario de Kara Kara, han construido fosas especiales, para el secado final de los lodos, y se ha designado un sitio específico para su disposición. Este servicio tiene un costo, por lo que todas las curtiembres asociadas a ADIC deben pagar una tarifa fija de 20 US\$/mes. Como exigencia para el buen funcionamiento de las fosas, se requiere que los lodos hayan eliminado la mayor cantidad posible de agua y, para tal efecto, las empresas han ideado ingeniosas soluciones (ver medida 8.2.1). Los demás residuos, como virutas, material orgánico y basura común, son dispuestos también en el relleno sanitario pero en forma separada de los lodos.

Figura 3.4: Fosas para evaporación del agua de lodos de curtiembres en Kara Kara – Cochabamba.



Figura 3.5: Lodos, extraídos de las fosas de evaporación de Kara Kara – Cochabamba.



Fuente: Relleno sanitario de Kara Kara en Cochabamba

- En Santa Cruz, los residuos y desechos sólidos de las curtiembres que se disponen en el relleno sanitario de Normandía, no reciben tratamiento alguno y son dispuestos junto con la basura común. La empresa de aseo cobra una tarifa por la disposición de residuos sólidos, previo contrato con cada industria, en función de la cantidad recolectada. La tarifa es de 11 US\$/tonelada (t).

Sin embargo, no todos los residuos sólidos son dispuestos como desechos en los rellenos sanitarios; algunas curtiembres los reutilizan, por ejemplo, de la siguiente manera:

- los recortes de piel y carnazas se destinan a la fabricación de cola para carpintería;
- los residuos provenientes del descarnado y del dividido son secados al ambiente y, en algún caso, prensados para reducir el volumen. Algunas curtiembres los están exportando (a Argentina, Uruguay y México) para la producción de cola y gelatina;
- la viruta generada, en parte, es vendida a las ladrilleras, que la utilizan como materia prima para la preparación de la masa para ladrillo (ver Sección 8.2.2 (f1)).

Asimismo, existe gran interés de las curtiembres para valorizar los residuos como la viruta, recortes de cuero, costras y otros similares, mediante la elaboración de productos como cuero reconstituido y agentes recurtientes.

3.3.3 Gestión de las descargas atmosféricas

En la actualidad, el RASIM establece el marco legal para la prevención y control de las descargas o emisiones atmosféricas de fuentes industriales.

Los principales problemas de contaminación atmosférica se presentan por:

- La descomposición de la materia orgánica (proveniente de la sangre, carne, piel, pelos) que genera emanaciones de olores desagradables, que en climas cálidos, se sienten mucho más. Este es uno de los problemas más comunes entre las curtiembres y sus vecinos.
- La generación de sulfuro de hidrógeno (H_2S), gas venenoso, de olor desagradable, como resultado de la mezcla de soluciones que contienen sulfuro con soluciones ácidas. Las concentraciones en el aire son nocivas para el ser humano, según la ACGIH /4/, cuando se sobrepasa el TWA⁸ = 10 ppm. Esta situación no debería presentarse en condiciones normales de operación, ya que el H_2S , por encima de pH 10, tiene una baja concentración y no representa riesgos laborales. Sin embargo, como reporta la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) en la “Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo” Volumen IV, página 104.417: “... las exposiciones prolongadas adormecen el sentido del olfato y hacen del olor un medio poco fiable de advertencia. Las altas concentraciones pueden anular rápidamente el sentido del olfato.”
- Las emisiones de solventes orgánicos, provenientes de las operaciones de pintado y laqueado en el proceso de acabado. En algunas curtiembres grandes de Bolivia se han instalado sistemas de ventilación, no así en la mayoría de las pequeñas. Sin embargo, es creciente la tendencia en Bolivia a reemplazar solventes orgánicos por pinturas y lacas en base a agua.
- La generación excesiva de gases de combustión y material particulado, producto de la utilización de calderas ineficientes o mal calibradas para el abastecimiento de vapor de agua o agua caliente.
- Las emisiones de material particulado, provenientes de las operaciones de acabado donde el cuero se lija para ser desbastado. Algunas empresas cuentan con sistemas para colección de polvos, que son capturados y reutilizados o enviados al relleno sanitario.
- Ruido proveniente de la rotación de los fulones y de maquinarias, como lijadoras, compresoras y otros.

La inhalación de H_2S causa intoxicación que puede llevar a la muerte. Sucedió en varias ocasiones que obreros que limpiaban pozos de sedimentación, donde se habían mezclado, probablemente, aguas de pelambre con aguas de curtido, inhalaron el gas y murieron.

3.3.4 Gestión de la energía

Toda actividad productiva requiere, en general, de energía, eléctrica y térmica. El uso de energía implica niveles importantes de contaminación ambiental, desde la fuente primaria de energía hasta el punto final de consumo. El uso ineficiente de la energía, además de los efectos negativos sobre el medio ambiente, conlleva pérdidas económicas para las empresas. En el Capítulo 7 de la presente guía, se presentan recomendaciones para su uso más eficiente.

3.3.4.1 Energía eléctrica

Del total de energía eléctrica generada en Bolivia, el 50% es de origen hidroeléctrico y, el 50% restante, termoeléctrico (gas natural principalmente). Las principales generadoras de servicio público del país son /49/: Corani, Guaracachi, Valle Hermoso, Compañía Boliviana de Energía Eléctrica, Compañía Eléctrica Central Bulu Bulu, Río Eléctrico, Hidroeléctrica Bolivia y Sinergia. Además, existen otras que generan para

⁸ TWA (*Time-Weighted Average*), es la concentración que una persona, expuesta día tras día durante un trabajo cotidiano de 8 horas/día y 40 horas/semana, puede soportar sin presentar efectos adversos. A la fecha de edición, 1998, la ACGIH se encontraba revisando el TWA para H_2S , con la propuesta de cambiarlo a 5 ppm.

su propio consumo, denominadas autoproductoras, como por ejemplo los ingenios azucareros que, a partir del bagazo, generan energía para su autoabastecimiento.

La distribución está a cargo de empresas como ELECTROPAZ, en La Paz; CRE, en Santa Cruz; ELFEC, en Cochabamba; CESSA, en Chuquisaca; SEPSA, en Potosí; y ELFEO, en Oruro. Todas éstas, además de otras, que brindan servicios a poblaciones menores, están conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Por otra parte, existen también empresas distribuidoras que prestan servicios en ciudades que tienen sistemas aislados: SETAR, en Tarija; ENDE Trinidad, en Beni; ENDE Cobija, en Pando; y otras menores.

Toda la actividad de la industria eléctrica, está regulada por la Superintendencia de Electricidad según los principios establecidos en la Ley de Electricidad y sus Reglamentos. En base a estas disposiciones legales, cada una de las distribuidoras elabora su respectiva Estructura Tarifaria para el cobro de la energía suministrada.

La energía eléctrica es utilizada en las curtiembres, principalmente, para el accionamiento de motores, compresoras, equipos eléctricos, e iluminación.

El impacto ambiental del uso ineficiente de la energía eléctrica está relacionado directamente con la generación de la energía. La electricidad se obtiene de la transformación de otros tipos de energía como la térmica; la hidráulica; la eólica; la química, etc. El uso ineficiente produce un deterioro de los recursos naturales y un impacto en los ecosistemas; es decir, si se consume innecesariamente, se requiere generar más energía y los recursos se agotan o se contaminan en mayor grado.

3.3.4.2 Energía térmica

Los combustibles comúnmente utilizados para generar energía térmica en la industria son el gas natural, el gas licuado de petróleo (GLP) y el diesel. Otros combustibles como la leña, el estiércol y el bagazo son usados, principalmente, en las industrias rurales.

La distribución del gas natural se realiza a través de redes de distribución y está a cargo de empresas especializadas como EMTAGAS, en Tarija; EMCOGAS, en Cochabamba; SERGAS, en Santa Cruz; EMDIGAS, en Sucre; en tanto que YPFB lo hace en La Paz, Oruro y Potosí. La venta de GLP y diesel, se realiza a granel a través de empresas comercializadoras. Los otros combustibles, como la leña y el estiércol, tienen circuitos comerciales locales.

Generalmente, estos combustibles son utilizados para proveer energía térmica, ya sea a través de la generación de vapor en calderas; de manera directa en hornos o secadores; para el accionamiento de motores de combustión interna y otro tipo de necesidades.

El impacto de la producción de energía térmica, en términos ambientales, está relacionado, principalmente, con la emisión de gases generados por la combustión, entre ellos, anhídrido carbónico (CO₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) y partículas; todos ellos denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI), debido a su efecto sobre el Cambio Climático.

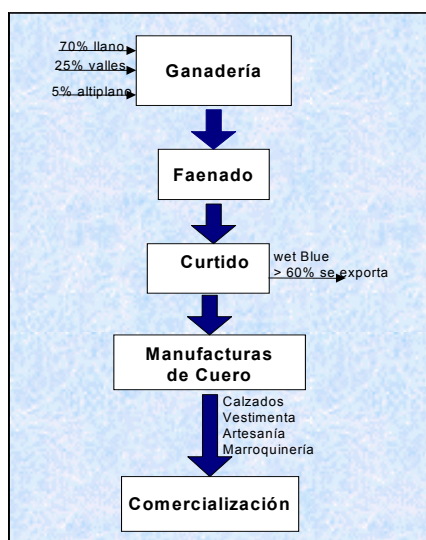
Capítulo 4

Descripción de los procesos en curtiembres y sus descargas al medio ambiente

Este capítulo contiene:

- La descripción, operación por operación, del proceso de producción de cuero a partir de pieles de vacuno, haciendo referencia a las condiciones de producción en Bolivia.
- Los rangos de las variables de operación más importantes obtenidos por el CPTS, durante visitas a curtiembres, y de reportes bibliográficos.
- Indicadores de consumos específicos
- Tipos de descargas al medio ambiente con datos sobre descargas específicas.

Figura 4.1: Cadena productiva del cuero



Fuente: Elaboración del CPTS

La producción de cuero probablemente sea uno de los procesos industriales que más varía de planta a planta, aún cuando se procese el mismo tipo de piel, para un mismo producto, en condiciones similares. Se dice, y es cierto, que “el último que define la calidad del cuero es el curtidor”.

Esta actividad es la parte central de la cadena productiva del cuero (ver Figura 4.1) la cual, para tener un producto de calidad, depende de otras actividades como la ganadería y el faenado.

El curtido de pieles consiste en transformar la piel de un animal en cuero. Las operaciones de una curtiembre se dividen en cuatro procesos: Ribera, Curtido, Post-curtido y Acabado. Desde el punto de vista ambiental (producción más limpia), las dos primeras son importantes por el volumen y la carga contaminante de los efluentes, y las dos últimas, por la cantidad de residuos sólidos y emisiones de solventes generados en las distintas operaciones para obtener el cuero acabado.

El proceso de producción se describe en los diagramas de flujo mostrados en las Figuras 4.2 y 4.3, y reflejan el trabajo que se realiza en curtiembres típicas de Bolivia que procesan pieles de vacuno.

4.1 Proceso de ribera

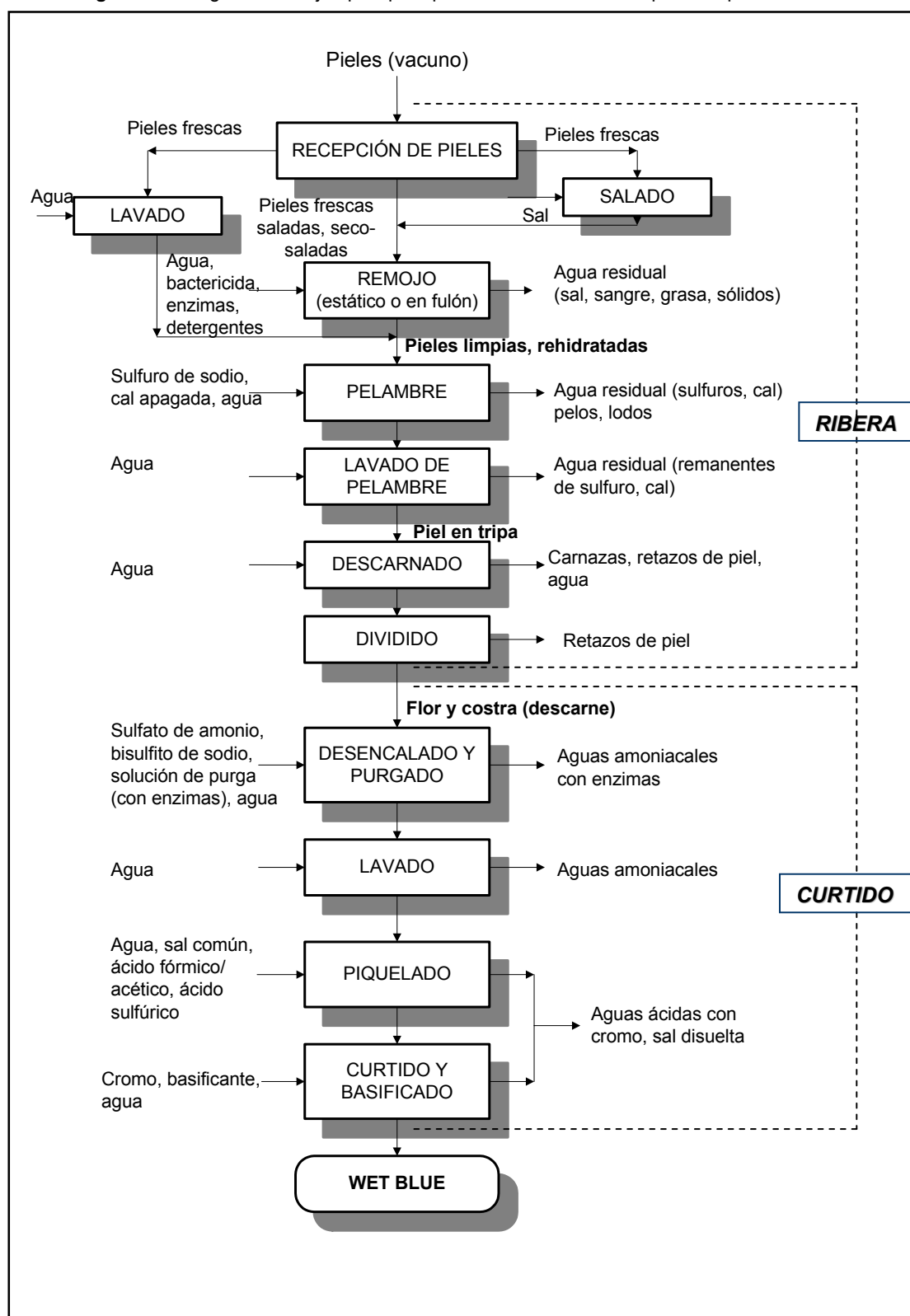
El proceso de ribera⁹ comprende las operaciones de recepción de piel, salado o curado, remojo y/o lavado, pelambre, descarnado y dividido. Su objetivo es preparar la piel para el curtido limpiándola y acondicionándola, además de asegurar la humedad requerida para los subsiguientes procesos. Se calcula que alrededor del 50% del consumo de agua de la curtiembre es empleado en este proceso. A continuación se describe las operaciones del proceso de ribera.

4.1.1 Recepción de pieles

Las pieles pueden llegar a la curtiembre sin acondicionamiento alguno, como pieles “frescas”, o acondicionadas con sal, como “frescas saladas” o “secas saladas”. Las pieles frescas que llegan sin haber sido lavadas, traen consigo estiércol, tierra y suciedad, que constituyen un aporte a la carga de DBO del efluente líquido de la curtiembre y generan un mayor consumo de agua en su lavado. Las pieles saladas, por su parte, además, aportarán sal común (NaCl) al efluente.

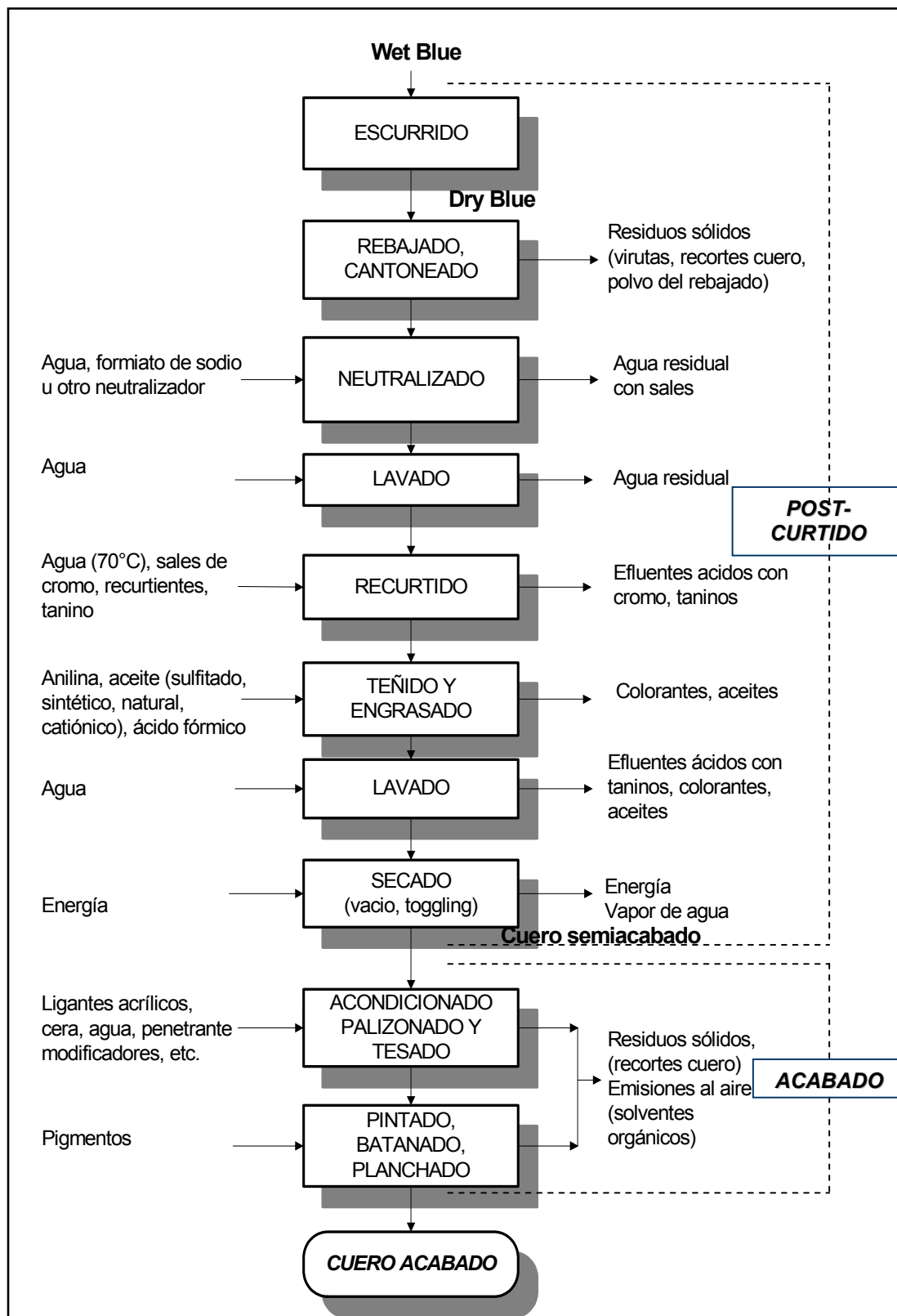
⁹ No todos los autores coinciden en los mismos pasos. Algunos consideran ribera hasta el piquelado, otros hasta el desencalado.

Figura 4.2: Diagrama de flujo típico para producción de wet blue a partir de piel de vacuno



Fuente: Elaboración del CPTS en base a la situación actual boliviana

Figura 4.3: Diagrama de flujo típico para producción de cuero acabado



Fuente: Elaboración del CPTS en base a la situación actual boliviana

En Bolivia se reciben las pieles directamente de los mataderos así como de rescatadores o intermediarios. Dada la escasez de pieles en el mercado boliviano, no hay mucha exigencia en cuanto a su calidad. Esto hace que su manejo, en la ganadería y en el faenado, no sea el más adecuado, lo que trae consigo una menor superficie de piel aprovechable

4.1.2 Salado de pieles

La conservación de pieles frescas, que no ingresan inmediatamente al proceso de producción, se realiza mediante la técnica del salado o curado, en la cual se emplea sal común (cloruro de sodio - NaCl). En países industrializados, se está utilizando también la técnica de refrigeración entre 5 y 8°C, pero su uso está muy limitado por los altos costos que conlleva.

Gran parte de la sal común de las pieles saladas puede perderse durante su transporte hasta la curtiembre, el resto normalmente ingresa a la planta, donde parte de la sal se escurre y se pierde durante el periodo de almacenamiento; y lo que finalmente queda adherido a las pieles, ingresa a la operación de remojo y es descargada en el efluente. De acuerdo con varios autores, el uso de sal para el curado oscila entre el 20 y 35% respecto al peso de piel a salar.

Según información obtenida de curtiembres bolivianas, las pieles frescas que llegan a su planta, se salan en sus predios, en fosas o en el piso, empleando de 3 a 10 kg de sal común por cada piel, es decir de 15 a 35% de sal común sobre el peso de la piel a salar. Generalmente, esta técnica se emplea para la conservación de las pieles, empero algunas curtiembres la practican para tener una materia prima más uniforme (con las pieles saladas). El reuso de la sal común es una práctica poco frecuente.

4.1.3 Remojo y/o Lavado

El remojo puede efectuarse en pieles frescas, frescas saladas y secas saladas. A las pieles frescas se las lava (si el tiempo transcurrido entre el derribe del animal y el inicio del proceso, no excede las 8 horas) o remoja, durante 3 a 4 horas (si el tiempo transcurrido entre el derribe del animal y el inicio del proceso, está entre las 8 y las 24 horas). Para tiempos mayores, la piel debe ser salada, para su conservación y posteriormente remojada durante 2 – 5 días.

Los objetivos de esta operación son:

- Limpiar la superficie de la piel de sangre, estiércol, tierra, sal, etc.
- Rehidratar la estructura de la piel. En el caso de las pieles saladas, esto implica la disolución de la sal usada en el curado.

El remojo se realiza, generalmente, en fosas o fulones. Se emplea agua entre 200% (pieles muy limpias) y 3,000% (pieles muy sucias o secas) sobre el peso de la piel. Dependiendo del tipo de piel, proceso o clima, se emplea bactericidas como agentes conservantes y para minimizar el daño de las bacterias a la piel; humectantes y agentes emulsificantes, así como ácidos débiles (p.e. ácido acético, ácido fórmico) o bisulfito de sodio. Las bases como la soda cáustica o carbonato de sodio, los surfactantes y las enzimas, mejoran la operación de remojo /6/.

Los reactivos químicos más comunes usados en nuestro medio, para el remojo, son las enzimas, los bactericidas y los tensoactivos. Esta operación se lleva a cabo de forma estática, en una tina o fosa (tiempos de remojo de 2 a 5 días), o en fulones (operación más rápida solo de horas). El consumo de agua varía entre 200 y 400%, respecto al peso de la piel, y puede llevarse a cabo en una o dos operaciones (pre-remojo y remojo).

4.1.4 Pelambre

El objetivo de esta operación es, por una parte, depilar la piel, eliminando el material hecho de queratina (pelo, raíces de pelo y epidermis); y, por otra, encalar la piel, a fin de hincharla en forma homogénea y prepararla para el curtido, removiendo al mismo tiempo algunas albúminas, muco-polisacáridos y grasas. De esta forma el pelambre proporciona una mayor apertura a la estructura dérmica, así como más puntos de unión para los curtientes en general.

En la producción de cuero que conserva el pelo (destinado a marroquinería para carteras o forros de muebles y vehículos), sólo se realiza la operación de encalado.

Las formulaciones para la operación de pelambre varían, dependiendo del tipo de piel que se procese y del método de pelambre empleado. Los métodos de pelambre más comunes son:

- Pelambre de tipo convencional, con destrucción de pelo:
 - empleando sulfuro de sodio y cal;
- Pelambre con recuperación de pelo, que puede realizarse por diversos métodos:
 - Pelambre con sulfuro de sodio y cal, previo acondicionamiento de la piel con un álcali (operación comúnmente denominada “inmunización” del pelo).
 - Pelambre asistido con sulfuro ácido de sodio (llamado comúnmente sulfhidrato de sodio).
 - Pelambre enzimático.
 - Pelambre amínico.

En Bolivia, se aplica mayormente el pelambre de tipo convencional con sulfuro de sodio y cal apagada, (operación que dura entre 16 a 24 horas con 5 a 10 minutos/hora de rotación del fulón). Empero, se están introduciendo métodos del pelambre con recuperación de pelo con sulfuro ácido de sodio (NaHS), enzimas y aminas.

Convencionalmente, el pelambre se lleva a cabo con sulfuro de sodio (Na_2S) y un álcali que, en la mayoría de los casos, es cal apagada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$. El sulfuro es uno de los principales contaminantes en los efluentes líquidos, además, destruye el pelo incrementando sustancialmente la carga orgánica, de ahí la importancia de reducir su consumo y consiguiente descarga. Se ha intentado aplicar diversos sustitutos del sulfuro (p.e. tioles, mercaptoetanoatos). Sin embargo, hasta el presente, cualquiera sea el método que se utilice, no se ha podido evitar su uso por no contar con un sustituto que actúe tan eficientemente. El álcali cumple varias funciones: reforzar la acción del sulfuro en la extracción del pelo; hacer que ciertas proteínas y grasas sean solubles; y facilitar el hinchamiento de la piel.

El hinchamiento homogéneo de la piel, y la turgencia de la piel deseada por el curtidor, son fundamentales para asegurar que el curtido se lleve a cabo bajo condiciones óptimas (p.e. para lograr una homogénea y alta fijación de cromo). En este sentido, a lo largo de toda esta guía, cuando se hable de hinchamiento adecuado, se hace referencia también a que la piel adquiere la turgencia deseada por el curtidor (ver definiciones en Anexo A).

El pelambre es fuertemente dependiente de la temperatura. El depilado es más drástico conforme se incrementa la temperatura. Sin embargo, a temperaturas superiores a 30°C , la piel puede sufrir daños, especialmente, en la flor.

Para completar la operación de pelambre, se debe remover el contenido de sulfuro de las pieles, agregando lechada de cal al 1%, lo que permite la precipitación del sulfuro como sulfuro de calcio (CaS). Dependiendo de la curtiembre, las pieles son lavadas ya sea a fulón con tapa abierta o cerrada. El lavado del pelambre a fulón con tapa abierta es una de las prácticas que más cantidad de agua consume.

En una de las curtiembres visitadas por el CPTS, donde se practicaba el lavado de las pieles a fulón con tapa abierta, el pelambre llegaba a consumir alrededor del 30% del consumo total de agua de la curtiembre.

Algunos datos de cantidades de insumos empleados, para diferentes tipos de pelambre, se muestran en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1: Rango de las variables de la operación de pelambre
(% sobre el peso de la piel que ingresa a la operación)

Insumo	Valores en curtiembres de Bolivia ⁽¹⁾	Valores en curtiembres según bibliografía ⁽²⁾
% Agua para pelambre	100 – 300 (no incluye lavados)	150-3,000 (incluye lavados)
% Agua para lavado del pelambre	0 – 800	n.d.
% Sulfuro de sodio (Na₂S)	1.0 – 2.5	1.0 – 5.0
% Sulfuro ácido de sodio (NaHS)	0.6 – 1.0	1.0
Sulfuros totales S²⁻ (kg/t piel)	2.7 – 10	3.0 – 12.0
% Cal apagada	1.7 – 5.0 ⁽³⁾	3.0 – 6.0
% Enzimas	0.08 – 0.2	0.5 – 1.0
% Aminas	0.2 – 0.6	0.2 – 1.0

Fuente: Elaboración del CPTS en base a:

(1) Visitas de Sondeo en Curtiembres de Bolivia /CPTS (2001).

(2) Best Available Techniques on the tanning of Hides and Skins/ European Commission (2001) /6/.

(3) Algunas curtiembres emplean hasta 7.6% de cal apagada, probablemente por la mala calidad de la cal.
n.d. = no disponible

El rendimiento del dividido, en flor y costra, es altamente dependiente de la calidad de la cal utilizada en la operación de pelambre. Si la cal es de buena calidad, el hinchamiento de la piel permite obtener alrededor de 43.5 pies² de costra por cada 100 pies² de flor /11/. Si la calidad de la cal no es buena, el hinchamiento de la piel es menor y determina un menor rendimiento (ver Sección 6.5.4).

En un estudio realizado en una curtiembre, el rendimiento de la piel era tan solo de 27 pies² de costra por cada 100 pies² de flor (para oscaría de zapatos). Este bajo rendimiento fue atribuido tanto a ineficiencias de la operación de dividido, como a la mala calidad de la cal. Como dato, la cal debe tener una pureza en Ca(OH)₂ mayor al 80%. Una de la curtiembres, visitadas durante el estudio del CPTS, utilizaba cal con una pureza que no superaba el 23% (normalmente, la mayor impureza es el carbonato de calcio).

4.1.5 Descarnado y dividido

El descarnado es la operación que separa, por corte mecánico, los residuos de carne, grasa subcutánea y tejido conectivo de la piel. Generalmente, el descarnado se realiza mecánicamente en máquinas descarnadoras, las cuales, en algunos casos, emplean un chorro agua para evitar que se almacene material (carnazas) debajo de la piel a descarnar (cilindro de transporte), así como para ayudar a liberar los espacios del cilindro estriado y el de cuchillas.

El descarnado de la piel de ganado vacuno puede realizarse en diferentes secuencias operativas dentro del proceso de ribera. Las secuencias operativas más usadas son:

- descarnado antes del pelambre (comúnmente denominado predescarnado), y se realiza a partir de pieles frescas, pieles congeladas o pieles saladas remojadas;
- descarnado después del pelambre (comúnmente denominado descarnado).

En Bolivia, la práctica más común es realizar el descarnado después del pelambre. A pesar de ello, últimamente se ha observado que algunas curtiembres están realizando el descarnado antes del pelambre (predescarnado), por el ahorro en insumos y por la mejora en la calidad del cuero, además de la ventaja de aumentar la capacidad de producción del proceso de ribera. Adoptar una u otra alternativa depende esencialmente de la organización de las operaciones y del tipo de producto requerido. Por otra parte, el descarnado manual es todavía practicado por algunas pequeñas curtiembres. Esta práctica representa un gran esfuerzo físico por parte de los trabajadores, mayor tiempo de operación y una disminución en la calidad de la piel descarnada.

En la operación de dividido se emplea una máquina divididora y, como su nombre lo indica, las pieles son divididas en flor (parte externa) y costra (parte interna). El control adecuado de la operación de dividido asegura una eficiente utilización de insumos y de energía requeridos en posteriores operaciones.

Por lo general, el dividido se realiza después de la operación de pelambre y previo a la operación de desencalado (ver Sección 4.2). Esta secuencia operativa es la más conveniente, ya que una piel más delgada absorbe mejor los reactivos químicos durante la operación de curtido.

No todas las pieles son divididas. Por ejemplo, las pieles destinadas a la producción de suela para zapatos no se dividen; tampoco son divididas las pieles que se procesan para su venta como wet blue. En este último caso, el dividido se realiza después del proceso de curtido.

4.2 Proceso de curtido

El proceso de curtido comprende las operaciones de desencalado, purgado, desengrasado, piquelado y curtido. En estas operaciones, existen variaciones significativas en cuanto a la dosificación de insumos y de reactivos químicos, que dependen del tipo de piel a procesar, del producto requerido y del método empleado. A continuación, se describe las operaciones más comunes del proceso de curtido, así como la magnitud de cada rango de las variables más importantes para cada una de dichas operaciones.

4.2.1 Desencalado y purgado

La piel debe ser acondicionada antes de ser sometida a la operación de curtido. Este acondicionamiento comprende las operaciones de desencalado y purgado. Estas dos operaciones pueden realizarse en forma sucesiva o en forma simultánea en el mismo baño de desencalado.

El objetivo del desencalado es remover el calcio de la piel, utilizando principalmente sales de amonio (cloruro y/o sulfato de amonio). Además, el desencalado permite neutralizar la piel, detener su hinchamiento y remover el sulfuro remanente, mediante lavados con agua y la adición de reactivos químicos (por lo general se utiliza, bisulfito de sodio y, en algunos casos, agentes tensoactivos.).

El purgado tiene como objetivo eliminar las proteínas no colágenas, incluyendo algunas raíces de pelo remanentes en la piel, a fin de mejorar la textura del cuero. El purgado se realiza mediante el tratamiento de las pieles con enzimas pancreáticas y/o bacteriales, a fin de lograr que la piel esté idealmente constituida de sólo proteína colágena. Para que las enzimas de la solución de purga tengan máxima actividad, el pH debe ser ajustado a un valor óptimo (8.0 a 8.5) con las mismas sales utilizadas para el desencalado (sulfato o cloruro de amonio y, pero no necesariamente, bisulfito de sodio) /8/. El preparado comercial de dichas enzimas, que puede ser añadido directamente al mismo baño de desencalado, contiene entre 1 y 5 % de enzimas pancreáticas y/o bacteriales y, el resto, está constituido por material inerte (aserrín, kaolín) mezclado o no con cloruro de amonio /8/.

Los métodos modernos de desencalado emplean ésteres o ácidos orgánicos débiles junto con o en lugar de las sales de amonio. También se está usando el método de desencalado con dióxido de carbono (ver medida 6.6.1).

El Cuadro 4.2 presenta un resumen del rango de valores de los parámetros que regulan las operaciones de desencalado y purgado.

Cuadro 4.2: Rango de valores de los parámetros del desencalado y purgado
(% sobre el peso de la piel que ingresa a la operación)

<i>Insumo</i>	<i>Valores en curtiembres de Bolivia ⁽¹⁾</i>	<i>Valores en curtiembres según bibliografía ⁽²⁾</i>
% <i>Agua</i>	50 – 200	200
% <i>Sulfato o cloruro de amonio</i>	1 – 2	2 – 3
% <i>Bisulfito de sodio</i>	0.1 – 1.0	n.d.
% <i>Enzimas (de la solución de purga)</i>	0.04 – 0.6	n.d.
% <i>Ácidos orgánicos débiles ⁽³⁾</i>	1 – 2	n.d.

Fuente: Elaboración del CPTS en base a:

(1) Visitas de Sondeo en Curtiembres de Bolivia /CPTS (2001).

(2) Best Available Techniques on the tanning of Hides and Skins/ European Commission (2001) /6/.

(3) Se usan en combinación con sales de amonio.

n.d. = no disponible

4.2.2 Desengrasado

El desengrasado tiene como objetivo remover las grasas remanentes de la piel, debido a que éstas reaccionan con el cromo para formar jabones insolubles, indeseables en el curtido. Se aplica sobre todo a aquellas pieles con alto contenido de grasas (p.e., pieles de ganado ovino y porcino, y para el caso de ganado vacuno muy gordo). El desengrasado puede aplicarse entre diferentes operaciones de la producción del cuero. Los reactivos químicos más usados son solventes orgánicos (éter de petróleo, kerosén o percloroetileno) o en combinación con surfactantes no iónicos y/o enzimas. En Bolivia, generalmente se emplea surfactantes.

4.2.3 Piquelado

El piquelado tiene como objetivo llevar las pieles al pH requerido para el curtido (pH final entre 2.8 y 3.5) y, al mismo tiempo, detener cualquier tendencia al hinchamiento ácido. Normalmente, se emplea cloruro de sodio y ácido sulfúrico y/o ácido fórmico. Rara vez se usa ácido clorhídrico; el ácido acético y glicólico se usan en peletería.

La inhibición total al hinchamiento ácido se logra con una concentración de sal común (cloruro de sodio) de alrededor de 4%; pero, como medida de seguridad, normalmente se usa 6%. Alternativamente al cloruro de sodio, se puede usar cloruro de potasio o sulfato de sodio.

Como las pieles piqueladas y curtidas son almacenadas muchas veces durante lapsos de tiempo largos, a veces más de un año, se requiere añadir un fungicida al baño de piquelado. Existe una amplia variedad de fungicidas en el mercado, pero debe cuidarse de seleccionar los menos peligrosos.

El piquelado es la segunda fuente más importante de sal en los efluentes, después del remojo de pieles saladas, de ahí la importancia del uso óptimo de sal común en esta operación.

El Cuadro 4.3 presenta un resumen del rango de valores de los parámetros que regulan la operación de piquelado. La elección de los parámetros adecuados depende del tipo de curtido requerido.

De acuerdo a datos obtenidos en las visitas del CPTS a curtiembres, en el piquelado normalmente se usa ácido fórmico o una mezcla de ácido fórmico y ácido sulfúrico, para acidificar. El ácido sulfúrico es una sustancia controlada en Bolivia, por lo que su uso no es muy común. El empleo de ácidos orgánicos débiles es una práctica que está entrando con bastante fuerza en nuestro medio y está siendo aplicado por varias curtiembres.

Cuadro 4.3: Rango de valores de los parámetros de piquelado
(% sobre el peso de la piel que ingresa a la operación)

<i>Insumo</i>	<i>Valores en curtiembres de Bolivia ⁽¹⁾</i>	<i>Valores en curtiembres según bibliografía ⁽²⁾⁽³⁾</i>
% Agua	40 – 100	40 – 60
% Sal	5 – 8	5 – 6
% Ácido fórmico/Ácido acético/ Ácido sulfúrico (se emplean solos o en combinación)	1.0 – 2.0	0.5 – 3.0
% Fungicida	0.05 – 0.35	0.2
pH	2.5 – 3.5	2.8 – 3.0

Fuente: Elaboración del CPTS en base a:

(1) Visitas de Sondeo en Curtiembres de Bolivia/ CPTS (2001).

(2) Best Available Techniques on the tanning of Hides and Skins/ European Commission (2001) /6/.

(3) Chrome management in the Tanyard/Ludvik-UNIDO (1998) /12/.

4.2.4 Curtido

El curtido tiene el propósito de convertir las pieles en material no putrescible. Los agentes curtientes se fijan en las fibras de colágeno, estabilizándolas a través de uniones cruzadas (es decir, uniones químicas entre fibras). Dependiendo del tipo y cantidad del curtiente añadido a las pieles, se produce diferentes tipos de cueros.

Los agentes curtientes pueden dividirse en tres categorías:

- Sales metálicas (de cromo, aluminio, titanio y zirconio).
- Compuestos polifenólicos (taninos vegetales y sintéticos).
- Compuestos orgánicos sintéticos (como compuestos de aldehídos o derivados y polímeros, p.e. acrílico o uretano)¹⁰.

El cambio a nuevos procesos o tecnologías diferentes al curtido con cromo, todavía no está al alcance para la gran mayoría de las curtiembres, a nivel nacional y también mundial, debido a que las investigaciones son recientes, la tecnología es sofisticada y de alto costo, y los insumos requeridos no son fácilmente disponibles, por lo que se prevé que pasará bastante tiempo antes de su implementación¹¹.

Los tipos de curtido más practicados en nuestro medio son con cromo y con tanino, dependiendo del producto a obtener. De modo general, se emplea el curtido al cromo para cueros destinados, principalmente, a artículos de vestir. El cuero para suelas de calzado es obtenido mediante el curtido vegetal con tanino, ya sea natural (que produce un cuero mucho más rígido y pesado) o sintético.

Los curtidos más comunes son al cromo y al tanino, los que se explican a continuación.

4.2.4.1 Curtido mineral con cromo

El curtido con cromo es usado en el 80 a 90% de la producción de cuero a nivel mundial, empero algunos curtientes en base a compuestos orgánicos sintéticos están ganando terreno. El cromo es preferido debido a:

- sus propiedades deseables para producir diferentes tipos de cueros y alta versatilidad de aplicación de éstos (alta estabilidad hidrotérmica, suavidad y buena fijación del color durante el teñido);

¹⁰ Recientemente se ha desarrollado una tecnología de "curtido orgánico" que emplea sales de fosfonio (sulfato de tetrakis(hidroximetil)fosfonio) para producir cueros libres de cromo. Para mayor información, ver referencia /9/.

¹¹ Para mayor información, ver referencia /6/.

- por la reducida oferta requerida (6 a 8% de sal de cromo sobre el peso de tripa) en comparación a curtidos vegetales/sintéticos (22 a 30% sobre el peso de tripa), para un mismo tipo de producto (p.e. oscaría)¹²,

ventajas que no han podido obtenerse con otros curtientes.

El curtido al cromo es una operación que se realiza, por lo general, en el mismo baño del piquelado. Por esta razón, el pH al inicio del curtido tiene el mismo valor que el de la solución de piquelado, el cual fluctúa entre 2.8 (para cueros gruesos) y 3.2 (para cueros delgados). El curtido también puede llevarse a cabo preparando un nuevo baño, descartando o reciclando el de piquelado.

La operación de curtido tiene una duración de por lo menos 12 horas. Se emplea agua a una temperatura generalmente de 40°C y una cantidad de sales de cromo en el rango de 7 a 8% (con relación al peso de las pieles a curtir). El agente de curtido más usado es el sulfato básico de cromo trivalente, cuyo contenido equivalente en óxido de cromo (Cr_2O_3) es del 25 al 26%.

Para una óptima fijación del cromo en el colágeno, el pH final de la solución debe alcanzar valores de 3.8 a 4.2, con un incremento paulatino del pH, por lo que es necesario neutralizar los ácidos del piquelado durante el curtido, empleando para ello un agente basificante. El incremento del pH, aumenta las cadenas de cromo y con esto la posibilidad de unir dos puntos en la estructura del colágeno (entrecrusado). Sin embargo, por encima de pH 4, existe el riesgo de que el cromo precipite y manche la piel, dañándola. En condiciones tecnológicas convencionales, la cantidad de cromo fijada en el colágeno es de 60 a 80% respecto a la cantidad inicial de cromo ofertado.

Los agentes basificantes frecuentemente empleados, son:

- Carbonato ácido de sodio, el cual es normalmente dosificado en una cantidad total de 0.8 a 1.2% respecto al peso de piel a curtir, para alcanzar un pH final en el baño de 3.8 a 4.2.
- Magnesita, es un mineral que contiene 60% de óxido de magnesio (MgO). Debido a su baja solubilidad, reacciona lentamente con los ácidos, por lo que puede ser añadido en una cantidad de 0.6 a 0.8% respecto al peso de piel a curtir, lo que permite incrementar gradualmente el pH del baño desde el rango 2.8 a 3.5 hasta el rango de 3.8 a 4.2.

Por lo general, se aconseja iniciar el basificado una vez que se constata que el cromo atravesó todo el corte de la piel, entre 90 a 180 minutos después de la adición de cromo.

Existen sales de cromo en el mercado que ya contienen el agente basificante, como óxido de magnesio y dolomita (carbonato doble de calcio y magnesio). Estos productos comerciales de cromo, comúnmente se denominan “sales de cromo autobasificantes”. En este caso, ya no es necesario añadir por separado el agente basificante.

Para optimizar la velocidad de reacción entre el cromo y el colágeno de la piel, se emplea agentes enmascarantes (p.e. ácido fórmico, sales de ácidos dicarboxílicos o ftalatos) los mismos que forman complejos de Cr^{3+} . Estos evitan que el cromo precipite cuando el pH se eleva a 4 – 4.2.

El curtido en nuestro medio, es realizado en el mismo baño de piquelado. Normalmente, la temperatura del baño es la del ambiente, aunque, en el caso de climas fríos, se usa agua caliente o inyección de vapor al fulón (práctica que puede causar daños en la piel) para aumentar la temperatura. Se usa sal de cromo, en forma de sulfato básico de cromo trivalente (7 a 8%) y, como sal basificante, óxido de magnesio (~0.5%) o bicarbonato de sodio (~1%).

¹² Comunicación personal: Pedro Morales, experto en curtiembres.

Como se mencionó anteriormente, el curtido convencional con cromo presenta un pobre agotamiento del cromo. Entre el 60 y 80% del cromo puede fijarse en el cuero, el restante se pierde en los efluentes líquidos. Muchos métodos se han desarrollado para reducir esta pérdida y reducir la cantidad de cromo en los efluentes y lodos generados (ver Sección 6.7).

En general, en Bolivia, no se tiene un buen aprovechamiento del cromo disponible. Sin embargo, se está aplicando técnicas de alto agotamiento, asistidas con agentes de enmascaramiento, con lo que se ha obtenido eficiencias de fijación de cromo en la piel, de más del 80%. Algunas curtiembres están reciclando licores de cromo para el curtido de la costra.

Cuadro 4.4: Rango de las variables del curtido al cromo
(% sobre el peso de piel que ingresa a la operación)

<i>Insumo</i>	<i>Valores en curtiembres de Bolivia ⁽¹⁾</i>	<i>Valores en curtiembres según bibliografía ^{(2) (3)}</i>
% Agua	40 – 220 ⁽⁷⁾	40 – 60 ⁽⁴⁾
% Sal de cromo	5 – 8	8 – 12 ⁽⁵⁾ 5 – 6 ⁽⁶⁾
% Basificante	0.3 – 1.7 ⁽⁸⁾	0.8 – 1.2
% Agente enmascarante	n.d.	0.5 – 1.0
% Fungicida	0.05	0.1
pH	3.5 – 4.0	3.8 – 4.2
Temperatura final (°C)	30 – 45	35 – 40

Fuente: Elaboración del CPTS en base a:

- (1) Visitas de Sondeo en Curtiembres de Bolivia/CPTS (2001).
 - (2) Best Available Techniques on the tanning of Hides and skins/ European Commission (2001) /6/.
 - (3) Chrome management in the Tanyard/Ludvik-UNIDO (1998) /12/.
 - (4) Baños cortos.
 - (5) Procesos convencionales.
 - (6) Alto agotamiento.
 - (7) El curtido se realiza en el mismo baño de piquelado, en algunos casos se adiciona agua, en otros no.
 - (8) En algunos casos se realiza un recromado, adicionando 2 a 4% de sal de cromo.
- n.d. = no disponible

4.2.4.2 Curtido vegetal con tanino

El curtido con tanino otorga al cuero características de mayor resistencia a la acción mecánica y peso, además de menor flexibilidad que el curtido con cromo. Generalmente, el cuero obtenido mediante este tipo de curtido se destina a la fabricación de zapatos (p.e. suelas, cercos, forros), cinturones, arneses, sillas de montar, tapicería y vestimenta.

Existen dos tipos de sistemas de curtido vegetal con tanino: en fosas o en fulones. Estos últimos tienen la ventaja de que la operación dura menos tiempo, entre algunos días hasta una semana; y, además, de que en los fulones se emplea menos agua que en las fosas. Algunos métodos de curtido al tanino utilizan previamente un precurtido, que puede ser efectuado con sales de cromo. Para la producción de suela para zapatos, la operación de purgado no es necesaria. El curtido requiere de una gran cantidad de agente curtiente que oscila, por ejemplo, para la producción de zapatos, entre 350 y 500 kg curtiente/t de piel fresca /5/, ya que el tanino, además de agente curtiente, actúa como relleno.

Para cuero más flexible, puede realizarse la purga y una dosificación del agente curtiente algo más baja /6/. Los extractos curtientes comúnmente contienen 60 a 70% de tanino, el resto (40 a 30%) consiste de sustancias no curtientes como gomas, azúcares, ácidos orgánicos, sales minerales y materia insoluble /5/.

Concluido el curtido vegetal, los cueros son lavados y, en algunos casos, dado que el tanino le da coloración al cuero, puede ser necesario un blanqueo previo.

4.3 Proceso de post-curtido

El post-curtido comprende las operaciones que se efectúan después del curtido como: escurrido, rebajado, neutralizado, recurtido, teñido, engrasado y secado. Existen grandes diferencias en cada una de estas operaciones, según el tipo de producto que se vaya a obtener, por lo que a continuación se resumen los puntos más relevantes:

a) *Escurredo/Exprimido*

Ambas operaciones eliminan el agua en exceso del wet blue pero tienen formas diferentes de hacerlo. Mediante el *escurredo*, el agua se elimina de forma natural (por gravedad). Mientras que en el *exprimido* la eliminación es realizada mecánicamente, por presión. El volumen del efluente líquido generado no es importante, pero el potencial contaminante lo es, debido a que éste contiene cromo en solución ácida.

b) *Rebajado*

Es una regulación mecánica del espesor del cuero, en la que se produce, como residuo sólido, virutas con contenido de cromo, que proviene de aquellas pieles que han sido tratadas con este metal pesado. Esta operación genera la mayor cantidad de residuos sólidos con alto contenido de humedad.

c) *Neutralización*

Es una operación en húmedo para elevar el pH ácido del cuero mediante la adición de sales como el formiato de sodio o el bicarbonato de sodio.

d) *Recurtido*

Es un curtido suplementario que da las propiedades finales al cuero. Las operaciones varían dependiendo del tipo de producto que se espera obtener. Por ejemplo, si se desea mayor dureza se recurte con tanino; si se desea mayor soporte y cuerpo se añaden recurtientes, etc. Si el recurtido es de tipo aniónico, de preferencia el baño se inicia entre 30 y 40°C, para lograr una mejor distribución en el corte, y se concluye a entre 60 y 70°C, para una mejor fijación y agotamiento. Los reactivos más usados para el recurtido son:

- Sales de cromo o curtientes vegetales (como el tanino).
- Materiales sintéticos con bajo contenido de fenol y formaldehído libre (con contenido reducido del monómero).
- Reactivos de recurtido de alto agotamiento con alta afinidad por el cuero.
- Reactivos con un bajo contenido de sales inorgánicas.
- Resinas usadas como agentes de relleno.

e) *Teñido*

Sirve para dar color al cuero. Generalmente se realiza en el mismo baño del recurtido, con agentes químicos como las anilinas, y empleando amoníaco como agente penetrante/5/. Los tintes de complejos metálicos contienen iones de cromo, cobre o cobalto /5/.

f) *Engrasado*

Le da mayor suavidad al cuero. Se usan engrasantes sintéticos y naturales.

g) *Secado*

El secado puede ser realizado al aire libre o por aplicación de calor mediante máquinas. El secado al aire, si bien no consume energía, está sujeto a condiciones climáticas variables (como temperatura y humedad). El secado forzado es más versátil, pero requiere de un uso intensivo de energía.

El calor puede transmitirse mediante conducción, convección y radiación. Existen varios sistemas de secado, entre los cuales están:¹³

- Cámara de secado, al aire libre o con estufas.
- Túnel de secado.
- Secador de pinzas.
- Secador de pasting.
- Toggling: emplea toggles, que son ganchos metálicos que se ajustan sobre una plancha también metálica (ver Figura 4.4) y se introduce a las cámaras secadoras, que son calentadas por intercambiadores de calor con vapor de agua.
- Secado al vacío.
- Secado por radiación: lámparas infrarrojas, microondas, alta frecuencia.

Los cueros se colocan en tableros de madera sujetos con clavos, en tableros metálicos sujetos con chapas ("toggling"), colgados en barras, extendidos en superficies planas o rodillos, etc., y se secan con los sistemas antes descritos.

Figura 4.4: Cuero sujetado con toggles para ingresar al secado.

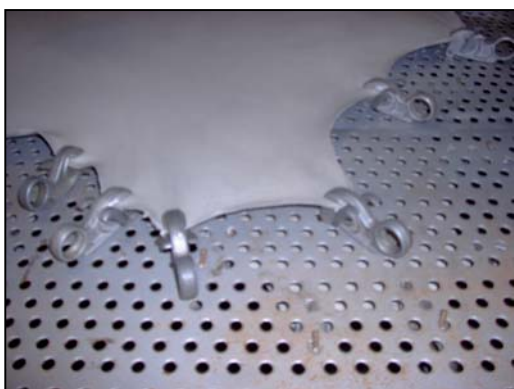


Foto CPTS

Figura 4.5: Detalle de un toggle.



Foto CPTS

4.4 Proceso de acabado

Las operaciones de acabado le otorgan al cuero mayor brillo, color, resistencia a la luz, mejorando la calidad del mismo, mediante la incorporación de ciertos aditivos como pigmentos, ligantes acrílicos, cera, penetrante y otros. Las formulaciones para el acabado varían ampliamente dependiendo del tipo de cuero que se desea y por ello no son detalladas en este texto. Entre algunas de las operaciones más relevantes están:

a. *Acondicionado*

Es una operación para rehidratar la piel, de modo que la fibra esté en condiciones para ser sometida a las siguientes operaciones mecánicas. El método consiste en humedecer con agua (algunas veces puede realizarse con alcohol) ligeramente la piel mediante rociado ya sea con la mano o con aspersores.

¹³ Para mayor información consultar la página web: www.cueronet.com; www.bataatha.com

b. Palizonado

Es el estirado mecánico de la piel por un breve lapso de tiempo (2 a 3 seg.) y con una gran tensión. Las palizonadoras más usadas son de Brazo, Rueda, la Molisa, Toperoles.

c. Tesado

Mediante esta operación el cuero se estira ya sea en un toggling, con clavos u otro, para alisar la superficie del cuero. El tiempo de tesado dependerá mucho de la humedad y la calidad del producto requerido (más rígido o con mayor soltura).

d. Batanado

Es el golpeteo de las pieles para dar una mayor soltura o caída al cuero, deseado generalmente en cueros para vestimenta. Puede realizarse en una máquina de batanado, donde cuero por cuero son golpeados suavemente. También se lo puede hacer en fulón, el choque de piel contra piel y pequeños tarugos generan esta acción.

e. Pintado

Se puede realizar con sistemas de pinturas en spray, a mano, con una máquina de rodillo (roller coater).

f. Planchado

Es la aplicación de calor a través de una superficie metálica, que alisa al cuero y uniforma la superficie. Puede adicionalmente servir para imprimir grabados según el tipo de plancha o rodillo que se use. El calor es suministrado por el vapor del caldero.

4.5 Consumos y descargas específicos

El análisis de los consumos específicos y descargas específicas constituye una manera de examinar la eficiencia de cualquier operación unitaria o del proceso entero (ver Anexo D).

Los consumos y descargas específicos son indicadores que expresan, respectivamente, la cantidad de materia o energía consumida, y la cantidad de residuos generados, por unidad de producto manufacturado o de materia prima ingresada. Es decir, sirven para evaluar, cada uno por su lado, las entradas o salidas de materiales y energía. Ambos indicadores pueden ser usados para comparar la eficiencia de la planta con la de otras o para contrastarlos con estándares internacionales. Igualmente, se pueden comparar con otros indicadores como “mejor práctica industrial” (best industrial practice – BIP) o “mejor técnica disponible” (best available technique - BAT) para un proceso u operación en particular o para toda la planta. Esta comparación puede ayudar a conocer aquellos procesos u operaciones que tienen un buen potencial para ser mejorados a través de medidas de producción más limpia.

Los principales parámetros para comparar consumos específicos en una curtiembre, son: agua, sulfuro de sodio, sales de cromo, energía eléctrica y energía térmica. Sin embargo, estos parámetros no son directamente comparables cuando el tipo de operación o el tipo de cuero que se desea obtener son distintos. Por ejemplo, existirá una diferencia en la magnitud de estos parámetros si el cuero está destinado a vestimenta o a zapatos. En general, para comparar consumos específicos, se debe tener en cuenta aspectos como, capacidad de producción de la planta, tecnología empleada, tipo de procesos u operaciones, tipos de insumos utilizados y otros. Por ejemplo, no es posible comparar el consumo específico de energía en una curtiembre que sólo hace wet blue, con una que produce cuero acabado, salvo que en ésta se descuenta el consumo de energía asociado a las operaciones adicionales requeridas para producir el cuero acabado.

Además, estos indicadores constituyen un apoyo práctico, para la elaboración del Informe Ambiental Anual (requerido por el RASIM, en su artículo 59 y en el Anexo 9), que contiene “indicadores de rendimiento”).

A continuación se presenta el rango de consumos específicos encontrados durante el estudio que realizó el CPTS en varias curtiembres de Bolivia (para mayor información, consultar el Anexo C).

Cuadro 4.5: Principales consumos específicos en curtiembres de Bolivia

Consumo específico	Unidades	Mínimo	Máximo
Agua en ribera	[m ³ agua/t piel fresca]	1.2 ⁽¹⁾	12.2
Agua en desenchalado, purga y sus lavados	[m ³ agua/t piel tripa]	1.6 ⁽²⁾	7.3
Agua en piquelado, curtido y sus lavados	[m ³ agua/t piel tripa]	0.4 ⁽³⁾	3.6
Agua en post-curtido y sus lavados	[m ³ agua/t cuero semiacabado]	1.3 ⁽⁴⁾	8.0
Sulfuro	[kg S ² /t piel fresca]	2.8 ⁽⁵⁾	8.9 ⁽⁶⁾
Cromo	[kg Cr/t piel fresca]	7.0 ⁽⁷⁾	12 ⁽⁸⁾
Energía eléctrica ⁽⁹⁾	[kWh/t piel fresca]	125	440

Fuente: Elaboración del CPTS en base a encuestas a curtiembres en Bolivia

- (1) Reciclaje de aguas de ribera con pelambre convencional.
- (2) Baños cortos, lavados en fulón con porciones de agua a puerta cerrada, buenas prácticas operativas.
- (3) Baños cortos, buenas prácticas operativas.
- (4) Buenas prácticas operativas.
- (5) Pelambre enzimático.
- (6) Pelambre con sulfuro ácido de sodio.
- (7) Convencional.
- (8) Convencional, pero además incluye un recromado.
- (9) Curtiembres que realizan todo el proceso, desde ribera hasta acabado. El acabado es de tipo manual, artesanal, con muy pocas máquinas.

Asimismo, los indicadores de rendimiento de peso o de área aprovechable de la piel, permiten evaluar las pérdidas de materia prima y, con ello, verificar si el proceso o la operación están llevándose a cabo de forma óptima. Las Figuras 4.6 y 4.7 muestran valores típicos del rendimiento de la piel, en peso y área.

Figura 4.6: Rendimiento en relación al peso

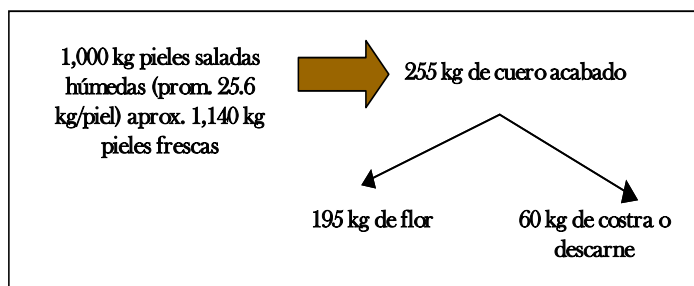
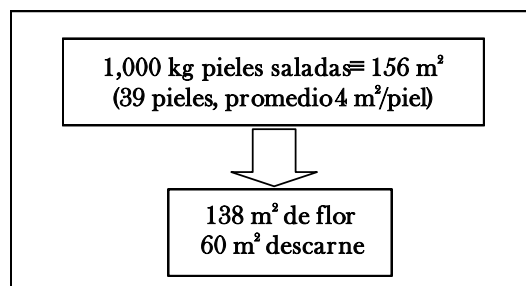


Figura 4.7: Rendimiento en relación al área



Fuente: Mass Balance in the Leather Processing - J. Buljan, G.Reich, J. Ludvik /11/

El rendimiento de superficie, por peso de piel fresca da como valores característicos /11/:

- 12.5 dm² de flor/kg de piel fresca,
- 5.4 dm² de costra/kg de piel fresca,
- 17.9 dm² total/kg de piel fresca

Afortunadamente, existen muchas posibilidades disponibles para reducir las pérdidas de materia prima y de otros insumos en el proceso del curtido del cuero. De todas maneras, siempre será necesario conocer el punto de partida con el que la industria puede comparar y analizar su situación específica y buscar soluciones óptimas para la minimización de residuos.

4.6 Descargas al medio ambiente (sólidas, líquidas y gaseosas)

En general, por cada 1,000 kg de pieles saladas que entran al proceso, se requiere, en promedio, 450 kg de diferentes reactivos químicos. Como resultado, se obtienen aproximadamente 255 kg de cuero acabado, 40 kg de solventes emitidos a la atmósfera, 640 kg de residuos sólidos, 380 kg como residuos (sólidos y líquidos) de reactivos químicos /11/ y el resto, 138 kg, es agua que pierde la piel. El volumen de agua que se consume en todo el proceso, desde ribera hasta acabado, y que, por lo tanto, también se elimina en las descargas, oscila entre 15 a 40 m³/t piel fresca. El aporte del agua de las pieles al total del efluente líquido es mínimo (0.138 m³/t piel salada).

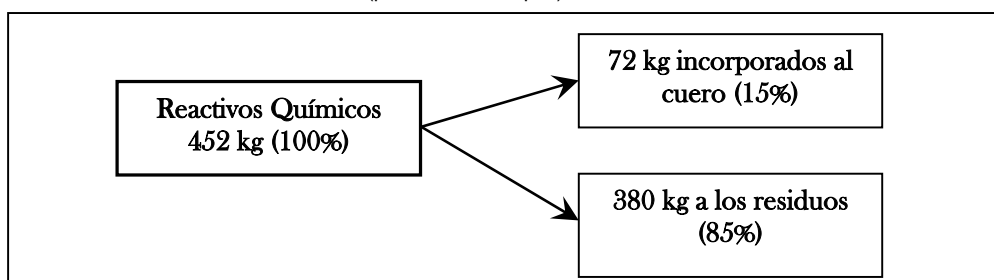
Debido a que los procesos de producción se realizan en medio acuoso, los principales contaminantes se encuentran en el agua residual. Estos son, materia orgánica (expresada como DBO o DQO) e inorgánica (expresada como DQO), sólidos suspendidos, sulfuro y cromo.

Las descargas o emisiones a la atmósfera no son tan importantes como las descargas hídricas y provienen generalmente de las operaciones de:

- Pelambre: por la generación de sulfuro de hidrógeno.
- Desencalado: por la generación de amoníaco, si se emplea sulfato de amonio.
- Acabado: por la emisión de solventes provenientes del pintado y laqueado; y por la generación de polvos provenientes del lijado del cuero.
- Uso de energía: por la emisión de dióxido de carbono proveniente de la producción de vapor en calderas u hornos de secado.

De acuerdo a la literatura, en la Figura 4.8, se representa el porcentaje típico de reactivos químicos que es retenido en el cuero (15%). El porcentaje restante (85%), no es retenido en el cuero y se elimina en el efluente. Este gran porcentaje de reactivos no retenidos, produce un impacto ambiental y puede estar asociado a pérdidas económicas, como resultado de un posible uso ineficiente de estos insumos.

Figura 4.8: Porcentaje típico de reactivos químicos retenidos en el cuero
(por tonelada de piel)



Fuente: Mass Balance in the Leather Processing/J. Buljan, G. Reich, J. Ludvik/UNIDO /11/

A diferencia de los datos, encontrados en las encuestas del CPTS, sobre consumos máximos y mínimos en las diferentes operaciones, es muy difícil obtener datos en el tema de las descargas debido a que, si bien, en algunas curtiembres han realizado muestreos, en particular de los efluentes, los datos no son muy confiables por diversos motivos:

- el muestreo es puntual;
- los procesos productivos son cambiantes;
- los métodos de ensayo no son estandarizados;
- los resultados de los análisis muestran incongruencias.

A continuación, se presentan datos recopilados principalmente de dos estudios citados en las referencias /5/ y /6/ (Cuadros 4.6 al 4.12). Los términos empleados en los Cuadros, se refieren a:¹⁴

- “*Tecnología tradicional*”: tecnología obsoleta, con pobres prácticas operativas, usadas en Europa hace más de 20 años atrás.
- “*Tecnología estándar*”: tecnología aplicada en Europa 15 a 20 años atrás usando, por ejemplo, pelambre con destrucción de pelo, curtido al cromo sin sistemas de alto agotamiento, pero empleando razonablemente buenas prácticas operativas (good housekeeping).
- “*Best Available Techniques - BAT*”: la mejor tecnología disponible aplicada en Europa desde hace 15 años a la fecha.

4.6.1 Descargas del remojo y/o lavado

La contaminación más importante generada por esta operación, se encuentra en las aguas residuales. Existen variaciones en la composición de las descargas que dependen, únicamente, del estado en que se encuentra la piel que se remoja (salado, fresco, congelado, secado, predescarnado).

Las descargas líquidas de esta operación contienen tierra, sangre, estiércol, grasas y otros componentes orgánicos de la piel, los cuales contribuyen a una alta carga de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y de sólidos suspendidos (SS). Si las pieles fueron preservadas, aportarán además sal, biocidas y reactivos químicos empleados para mejorar el remojo. En una curtiembre que trabaja con pieles saladas, el 60% del cloruro contenido en sus aguas residuales proviene de la sal empleada para la preservación de las pieles, el 40% restante del piquelado y del curtido /6/.

La razón para reducir el consumo de sal y sus correspondientes descargas, se debe a que el cloruro de sodio es un elemento muy difícil de separar cuando ha ingresado en el efluente líquido debido a su alta solubilidad en el agua.

Cuadro 4.6: Descargas específicas del remojo
por tonelada de piel ⁽¹⁾

Parámetro	Tecnología tradicional	Tecnología estándar	BAT	
			Pieles saladas	Pieles sin sal ⁽²⁾
Volumen de agua [m ³ /t piel]	10 ⁽³⁾	6	4	2
Sólidos totales [kg/t piel]	160	125	130	45
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	15	13	10	10
DBO [kg/t piel]	10	10	10	12
DQO [kg/t piel]	27	23	23	23
Nitrógeno Total Kjeldahl-TKN [kg/t piel]	3.8 ⁽⁴⁾	1.5	1.5	2
Cloruro de sodio [kg/t piel]	140	107	91	8
Cloruro, Cl ⁻ [kg/t piel]	85	65	55	5

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999) /5/.

(1) Calculada sobre la base de peso salado.

(2) Pieles frescas o congeladas.

(3) Con remojo de pieles secas y/o enjuague, con agua a fulón abierto, sube hasta 20 m³/t piel.

(4) Pieles sucias.

4.6.2 Descargas del pelambre

Las cargas contaminantes provienen principalmente de:

¹⁴ Willy Frendrup, experto en curtiembres (Dinamarca), comunicación personal.

- Constituyentes de la piel en sí, como proteínas, grasas y otros componentes orgánicos distintos al colágeno que aportan a la carga de DBO.
- Pelo, que está compuesto de queratina y es destruido por la acción del sulfuro y de la cal por lo que sus residuos tienen carácter básico y aportan a la carga de DBO y de sólidos suspendidos.
- Grasas, que se encuentran con el tejido adiposo adherido en el lado de la carne de la piel. Durante el pelambre se saponifican parcialmente.
- Sulfuro, anión altamente tóxico que, debido a su carácter reductor en medio acuoso, provoca una drástica disminución del oxígeno disuelto en el agua, lo que afecta a la vida acuática. Cuando a las soluciones acuosas que lo contienen se les baja el pH, se desprende sulfuro de hidrógeno que, al ser inhalado en determinadas concentraciones, puede llegar a ser mortal.

El sulfuro y sulfuro ácido están presentes en la solución de pelambre, en menor o mayor cantidad, dependiendo del pH de la solución y de la concentración inicial del sulfuro de sodio. Las condiciones de basicidad o acidez harán que la reacción genere una mayor o menor concentración de estas especies. Mientras más alto sea el pH, existirá mayor concentración de sulfuro y menor de sulfuro ácido y viceversa. La presencia de sulfuro en la operación de pelambre, explica que esta operación, por sí sola, sea responsable de la mayor parte de la toxicidad total del efluente.

De la totalidad de sulfuro incorporado al baño de pelambre, la mayor parte (~60%) es descargada a los efluentes; otra parte (~25%) se oxida dentro del fulón; otra (~10%) se consume por efecto de la reacción; y el restante (~5%) se pierde en el pelo, carnazas y lodos.

- Cal apagada (hidróxido de calcio), es utilizada por su baja causticidad y bajo costo. Es poco soluble en agua y, debido a que se trabaja con un exceso, siempre quedan sólidos no disueltos que contribuyen al incremento de sólidos suspendidos y a elevar el pH en el efluente. En algunos casos, se emplea hidróxido de sodio (NaOH), pero el costo es más elevado y la causticidad mayor.
- Tensoactivos, utilizados como humectantes y agentes de limpieza de cueros, contribuyen a elevar la carga de DQO y la toxicidad del efluente.
- Nitrógeno amoniacal, proviene de las fermentaciones anaeróbicas de las proteínas y por la desaminación de la glutamina y de la asparagina presentes en la estructura del colágeno.
- Alcalinidad, los efluentes del pelambre son altamente alcalinos con pH entre 11 y 12, debido a la cal y al sulfuro. Por su alto valor de pH, los efluentes deben ser neutralizados antes de su descarga, previa eliminación total del sulfuro (por oxidación).

La variación de la composición de las descargas de pelambre dependerán de:

- a) El tipo de pelambre, con o sin destrucción de pelo;
- b) La sustitución parcial de sulfuros y;
- c) El manejo adecuado de los químicos.

El Cuadro 4.7 muestra valores de descargas específicas de una operación tradicional de pelambre frente a las tecnologías estándar y la BAT, para piel de vacuno.

Cuadro 4.7: Descargas específicas en los efluentes del pelambre

Parámetro	Tecnología tradicional ⁽¹⁾	Tecnología estándar ⁽²⁾	BAT ⁽³⁾
Volumen de agua [m ³ /t piel]	12	9	5
Sólidos totales [kg/t piel]	187	150	70 ⁽⁴⁾
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	93	66	19
DBO [kg/t piel]	50	40	20 ⁽⁴⁾
DQO [kg/t piel]	130	100	46
Nitrógeno Total Kjeldahl TKN [kg/t piel]	5.8	5.8	2.5
Nitrógeno amoniacal [kg/t piel]	0.4	0.4	0.3
Sulfuro, S ²⁻ [kg/t piel]	8.5	5	0.7
Cloruro de sodio [kg/t piel]	25	25	25
Cloruro, Cl ⁻ [kg/t piel]	15	15	15 ⁽⁵⁾
Aceites y grasas [kg/t piel]	5	5	4.5

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999) /5/.

(1) Pelambre con destrucción de pelo, empleando altas cantidades de químicos (5% de cal y 1.6% S²⁻).

(2) Pelambre con destrucción de pelo, empleando químicos óptimamente (2% de cal y 0.8% S²⁻).

(3) Pelambre con recuperación de pelo, con reciclaje y filtración del baño.

(4) Cuando se procesa pieles frescas se tiene 18 kg/t piel.

(5) Cuando se procesa pieles frescas se tiene 2 – 4 kg/t piel.

4.6.3 Descargas del descarnado y dividido

El descarnado, como se dijo anteriormente, puede llevarse a cabo antes o después del pelambre. La ventaja del descarnado antes del pelambre es que los residuos sólidos obtenidos en esta operación no contienen sulfuro, ni cal.

Del descarnado y dividido se obtiene como residuos carnaza, grasas y recortes de piel, los cuales se venden en muchos casos para preparar cola para carpintería y/o gelatina. Si los subproductos no están contaminados con químicos, pueden emplearse para alimento de animales.

4.6.4 Descargas del desencalado y purgado

Las cargas de contaminantes más importantes en esta operación se encuentran en el efluente líquido. Desde el punto de vista ambiental, la presencia de amonio en la descarga líquida es indeseable. Generalmente, el efluente líquido del desencalado arrastra entre el 3% y 5% de sulfuro aplicado en el pelambre y contiene nitrógeno amoniacal a causa del sulfato de amonio. El uso del bisulfito ayuda a eliminar gran parte de este sulfuro.

Si el desencalado se realiza con dióxido de carbono (CO₂) y con una pequeña cantidad de sulfato de amonio (0.3 a 0.8%), la carga de nitrógeno en el efluente líquido fluctúa entre 0.6 y 1.7 kg de nitrógeno amoniacal/t piel. Si el desencalado es llevado a cabo con ésteres o ácidos orgánicos débiles, la DQO puede estar entre 15 y 35 kg/t piel.

En cuanto a las descargas o emisiones gaseosas, el olor a amoníaco puede percibirse, pero, en general, no es importante.

El Cuadro 4.8 muestra valores de descargas específicas para diferentes tecnologías.

Cuadro 4.8: Descargas específicas para desencalado y purgado

Parámetro	Tecnología tradicional ⁽¹⁾	Tecnología estándar ⁽²⁾	BAT ⁽³⁾
Volumen de agua [m ³ /t piel]	7	5	2.5
Sólidos totales [kg/t piel]	40	37	20
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	6	6	6
DBO [kg/t piel]	5	5	5
DQO [kg/t piel]	12	12	12
Nitrógeno Total Kjeldahl TKN [kg/t piel]	7	5	1.1
Nitrógeno amoniacal [kg/t piel]	6	4.2	0.2
Sulfuro, S ²⁻ [kg/t piel]	0.5	0.05	0.03
Cloruro, Cl ⁻ [kg/t piel]	1 ⁽⁴⁾	1 ⁽⁴⁾	1
Sulfato, SO ₄ ²⁻ [kg/t piel]	17	17	2
Aceites y grasas [kg/t piel]	1	1	1

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999) /5/.

(1) Desencalado con sulfato de amonio; purgado convencional con enzimas.

(2) Como en (1) pero con buenas prácticas operativas.

(3) Desencalado con CO₂; preparación de purgado enzimático libre de sal.

(4) En el caso de desencalado con cloruro de amonio, aprox. 14 kg Cl⁻/t.

4.6.5 Descargas del curtido al cromo

En esta operación, los contaminantes más importantes también se encuentran en el efluente líquido. El contaminante principal es el cromo, el cuál, mayormente, está bajo la forma de Cr(III), cuya toxicidad es baja comparada con el Cr(VI) y el Cr(IV), que son cancerígenos. El efluente líquido, además, tiene carácter ácido y contiene cloruro de sodio.

El Cuadro 4.9 muestra valores de descargas específicas para esta operación.

Cuadro 4.9: Descargas específicas para curtido al cromo

Parámetro	Tecnología tradicional ⁽¹⁾	Tecnología estándar ⁽²⁾	BAT ⁽³⁾
Volumen de agua [m ³ /t piel]	4	1	0.5
Sólidos totales [kg/t piel]	225	175	80
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	7	7	7
DBO [kg/t piel]	3	3	3
DQO [kg/t piel]	7	7	7
Nitrógeno Total Kjeldahl TKN [kg/t piel]	1	1	0.5
Nitrógeno amoniacal [kg/t piel]	0.5	0.5	0.1
Cromo, Cr [kg/t piel] ⁽⁵⁾	9	5.2	0.1
Cloruro de sodio [kg/t piel]	116	99	46
Cloruro, Cl ⁻ [kg/t piel]	70	60	28
Sulfato, SO ₄ ²⁻ [kg/t piel]	45	30	16
Aceites y grasas [kg/t piel]	1.5 ⁽⁴⁾	1.5 ⁽⁴⁾	1.5 ⁽⁴⁾

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999) /5/.

(1) Curtido en baños separados. Alta carga de agua, alta dosis de cromo.

(2) Bajo consumo de agua en el baño, buenas prácticas operativas.

(3) Piquelado libre de sal. Alto agotamiento de cromo.

(4) Cuando se añade desengrasante al baño de curtido la carga puede ser más alta.

(5) El cromo es reportado como cromo elemental.

4.6.6 Descargas de curtido vegetal (incluye piquelado)

Los efluentes líquidos de esta operación presentan una alta carga en DQO (por encima de 120 kg/t piel). Algunas de las sustancias presentes en éstos tienen una baja biodegradabilidad /5/.

Cuadro 4.10: Descargas específicas para curtido vegetal

Parámetro	Tecnología tradicional ⁽¹⁾	Tecnología estándar ⁽¹⁾	BAT ⁽²⁾
Volumen de agua [m ³ /t piel]	5	3 – 4	3 – 4
Sólidos totales [kg/t piel]	200 – 300	110 – 200	65 – 100
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	100 – 125	10 – 15	10 – 15
DBO [kg/t piel]	40 – 75	40 – 75	25 – 35
DQO [kg/t piel]	120 – 220	120 – 220	70 – 110
Cloruro, Cl ⁻ [kg/t piel]	50	50	4 ⁽³⁾
Cloruro de sodio [kg/t piel]	645	645	52

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999) /5/.

(1) Tecnología en contracorriente en fosas

(2) Tecnología en fulones

(3) Piquelado libre de sal

4.6.7 Descargas del post-curtido

Las operaciones del proceso de post-curtido tienen una importancia relativamente menor, en relación a su aporte a la contaminación del efluente líquido total de la curtiembre. La toxicidad es despreciable y la DBO₅ baja/10/. Sin embargo, el aporte, en cuanto a residuos sólidos es significativo, principalmente por las virutas provenientes de la operación de raspado o rebajado, las que en muchos casos se eliminan conjuntamente con el efluente líquido y constituyen un aporte en sólidos suspendidos. Según el informe de la Comisión Europea /5/ el aporte de DQO al efluente líquido final es de 10 a 20 %. Debe, sin embargo, considerarse que pueden existir colorantes de carácter cancerígeno como los que contienen benceno (bencidrínicos) por lo cuál se elevaría la peligrosidad de estas operaciones.

Cuadro 4.11: Descargas específicas para post-curtido

Parámetro	Tecnología tradicional ⁽¹⁾	Tecnología estándar ⁽²⁾	BAT ⁽³⁾
Volumen de agua [m ³ /t piel]	12	6	2
Sólidos totales [kg/t piel]	70	55	30
Sólidos suspendidos [kg/t piel]	20	12	7
DBO [kg/t piel]	16	12	6
DQO [kg/t piel]	45	30	10
Nitrógeno Total Kjeldahl -TKN [kg/t piel]	1.2	1.2	0.1
Nitrógeno amoniacal [kg/t piel]	1.0	1.0	0.1
Cromo, Cr [kg/t piel] ⁽⁴⁾	1	0.7	0.15
Cloruro, Cl ⁻ [kg/t piel]	7	5	2
Sulfato, SO ₄ ²⁻ [kg/t piel]	12	10	3
Aceites y grasas [kg/t piel]	10	7	2

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999) /5/.

(1) Tecnología en fulón, proceso en 4 operaciones separadas, bajo agotamiento del líquido desengrasante, curtido convencional al cromo.

(2) Tanques de 3 compartimientos, proceso en 2 operaciones, mejora en el agotamiento de desengrasante, curtido convencional al cromo.

(3) Tanques de 3 compartimientos, proceso en 2 operaciones, alto agotamiento de desengrasante, pH no inferior a 4.0, sustitución amonio y resinas amino, colorantes libres de sal, alto agotamiento de curtido de cromo.

(4) El cromo es reportado como cromo elemental.

4.6.8 Descargas del acabado

Las operaciones del acabado emplean aire principalmente para las compresoras que se usan en el pintado con spray y para el secado, a través de sistemas de convección forzada. Algunas plantas usan sistemas de lavado de los gases (wet scrubbers) con agua para eliminar el polvo o solventes orgánicos emitidos en algunas operaciones (lijado, raspado, pintado, etc.).

Los principales residuos son:

- Solventes orgánicos, provenientes de las pinturas, en forma gaseosa o mezclados en los efluentes.
- Residuos sólidos, como virutas, polvo del lijado de cuero y recortes.
- Aguas residuales, provenientes de algunos equipos, por ejemplo condensados de operaciones de planchado, sistemas de lavado (wet scrubbers), para succión en bombas de vacío y de operaciones generales de limpieza (pisos y equipos).

4.6.9 Consumo y descarga de agua en usos varios

El consumo de agua en la planta también proviene de otras operaciones menores (descarnado, escurrido, secado, pintado, etc.), actividades auxiliares (limpieza de las instalaciones de la planta) y del uso doméstico (sanitarios).

A continuación, el Cuadro 4.12 presenta valores sobre los consumos de agua empleados para los fines antes mencionados.

Cuadro 4.12: Consumo y descarga de agua para varios usos por tonelada de piel fresca

	Tecnología tradicional [m ³ /t piel]	Tecnología estándar [m ³ /t piel]	BAT [m ³ /t piel]
Descarnado y dividido	0.7	0.5	0
Escurredo (exprimido a presión)	0.9	0.5	0.1
Secado al vacío	6	4.5	1.0
Pintado	0.25	0.1	0
Acabado	3	2	0.3
Sanitario (baños)	4.5	1.2	0.5 ⁽¹⁾
Limpieza	>>0.5	>0.5	0.5
Total estimado	19	12	2.5

Fuente: Practical Possibilities for Cleaner Production in Leather Processing, W. Frendrup, (1999) /5/.

- (1) El valor de BAT, en cuanto a consumo de agua para uso sanitario presume que una curtiembre con alta productividad tiene buenas prácticas operativas, como el uso de grifos de apagado automático. No siempre este es el caso, pero este indicador ha sido calculado de esa manera.