

RESUMEN

El presente documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles en la industria de la curtiduría refleja un intercambio de información realizado con arreglo a lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 96/61/CE del Consejo. El documento debe entenderse a la luz de lo expuesto en el prefacio, en el que se describen los objetivos del documento y su uso.

Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación del BREF para la industria de la curtiduría se basa en el apartado 6.3 del Anexo I de la Directiva PCIC 96/61, relativo a las «instalaciones para el curtido de cueros cuando la capacidad de tratamiento supere las 12 toneladas de productos acabados por día». Los tipos de cueros se limitan a los de origen ovino y bovino, ya que las capacidades de producción de cualquier otro tipo de materia prima para la producción de pieles están muy por debajo del valor umbral establecido en la Directiva.

Estructura del sector (capítulo 1)

El proceso de curtido consiste en convertir el cuero crudo del animal, un material altamente putrescible, en piel, un material estable que puede utilizarse en la fabricación de una amplia gama de productos. Este proceso incluye varias reacciones químicas complejas y diversos procesos mecánicos. Entre ellos, el curtido es la etapa fundamental en que la piel adquiere su estabilidad y carácter esencial. La producción de cueros crudos depende de la cabaña y de la actividad de los mataderos y se relaciona principalmente con el consumo de carne.

A escala mundial, hay cabañas importantes de ganado bovino en Estados Unidos, Argentina, la antigua Unión Soviética y la UE. Las pieles ovinas se producen sobre todo en Nueva Zelanda, Australia, Oriente Próximo y la UE. La UE es un importador neto tanto de pieles bovinas como ovinas. De ahí la necesidad de contar con medios adecuados de almacenamiento y transporte de las materias primas, que suelen estar tratadas con sal.

La UE es el principal proveedor de piel en el mercado internacional. Italia se encuentra a la cabeza de Europa en cuanto al número de empresas, empleo, producción y volumen de negocio. Este país acapara el 15% de la producción mundial de piel bovina y el 65% de la producción de la CE. España ocupa el segundo lugar y, junto con Francia, Alemania y Reino Unido, representa casi todo el resto de la industria europea del cuero. La cuota de la UE en los mercados mundiales tiende a menguar con el desarrollo de la industria del cuero en otras regiones, como por ejemplo Asia y América.

Las curtidurías europeas son PYME; y se calcula que sólo 10 de ellas tienen más de 200 empleados. El 1% tienen de 101 a 200 empleados, y el 8,5% de 21 a 100. Normalmente son empresas familiares de larga tradición. La principal salida de la producción de las curtidurías de la UE es el calzado, con una cuota del 50%. La

industria de la confección adquiere cerca del 20% del cuero acabado que se produce en la UE. El 17% aproximadamente de la producción de las curtidurías de la UE se destina a tapicerías de muebles y vehículos, y el 13% restante al sector de artículos de cuero.

El curtido del cuero es una industria intensiva en materias primas y mano de obra. Las materias primas representan entre el 50 y el 70% del coste de producción, la mano de obra entre el 7 y el 15%, los productos químicos un 10% y la energía un 3%. Se calcula que las curtidurías de la UE invierten un 5% aproximadamente de su volumen de facturación en la protección del medio ambiente.

Potencialmente, la industria de la curtiduría es muy contaminante. Las consecuencias ambientales que es preciso tener en cuenta no sólo incluyen la carga y concentración de contaminantes habituales, sino también el empleo de determinados productos químicos, como por ejemplo biocidas, agentes tensioactivos y disolventes orgánicos. Las curtidurías europeas acostumbran a verter sus efluentes en grandes plantas de tratamiento de aguas residuales, que pueden ser tanto plantas municipales como construidas expresamente para grandes complejos de curtido de cueros. Muy pocas curtidurías descargan sus vertidos directamente en las aguas superficiales. La mayor parte de las curtidurías que vierten sus efluentes en la red de alcantarillado cuentan con algún tipo de depuradora propia que abarca desde el tratamiento previo hasta el tratamiento biológico. De todas las curtidurías que hay en el mundo, el 80-90% utilizan sales de cromo (III) en sus procesos. El grado de toxicidad del cromo es quizás uno de los temas que han generado más controversia entre la industria de la curtiduría y las autoridades.

Procesos y técnicas aplicadas (capítulo 2)

Los procesos de producción utilizados en una curtiduría se pueden dividir en cuatro categorías principales: operaciones de almacenamiento y trabajos de ribera, operaciones en la sección de curtido, trabajos posteriores al curtido y operaciones de acabado. Después de desollar las reses muertas en los mataderos, los cueros se envían directamente a la curtiduría o a la planta de ribera. Si es preciso, los cueros se secan antes de transportarlos a la curtiduría para evitar su putrefacción. Nada más llegar a su destino, los cueros se clasifican, se recortan, se someten a un tratamiento de conservación y se almacenan a la espera de los trabajos de ribera.

En la sección de ribera de una curtiduría se suelen realizar los trabajos siguientes (véase el glosario): remojo, apelambrado, encalado, descarnadura y división. Por regla general, en la sección de curtido se realizan las operaciones de desencalado, rendido, piquelado y curtido. En las tenerías de pieles ovinas, los cueros se pueden desengrasar antes o después del piquelado o del curtido. Los cueros curtidos son productos intermedios vendibles (wet blue), una vez se han transformado en un material no putrescible llamado piel. Las operaciones posteriores al curtido incluyen principalmente los procesos de escurrido, repaso, división, rebajado, recurtido, tintura, engrase en baño y secado. El cuero curtido sin acabar que se obtiene al terminar esta fase se denomina «piel en pasta». La piel en pasta también es un producto intermedio vendible. Las operaciones de acabado incluyen diversos tratamientos mecánicos y la aplicación de una capa superficial. La selección de los procesos de acabado depende

de las especificaciones del producto final. Por regla general, en las curtidurías se utiliza una combinación de los procesos siguientes: acondicionamiento, ablandamiento, esmerilado, aplicación de un acabado, batanado en seco, satinado y grabado.

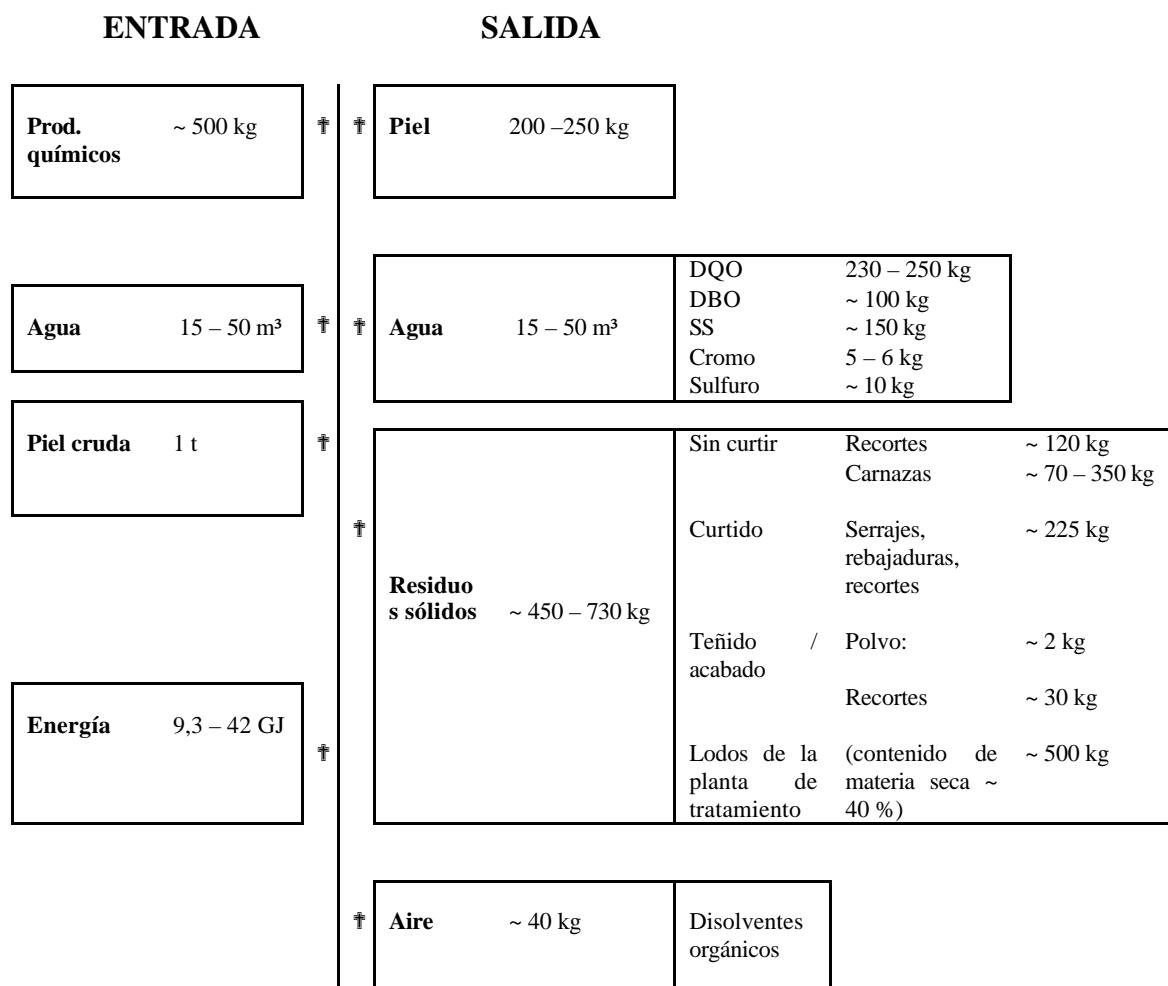
Niveles actuales de emisión y consumo (capítulo 3)

Debido a la gran versatilidad de las curtidurías, tanto por los tipos de pieles y cueros empleados como por la gama de productos que fabrican, los niveles de emisión y consumo mencionados tienen casi siempre un valor indicativo. Dichos niveles acotan el espectro de los niveles de emisión y consumo de una amplia gama de curtidurías. En la medida de lo posible se especifica el espectro de los niveles de emisión y consumo de cada proceso. Las cifras dependen en gran medida de la materia prima que se procesa, de la calidad y las especificaciones del producto final, de los procesos elegidos y de los requisitos locales.

El impacto ambiental de las curtidurías se debe a los vertidos líquidos, sólidos y gaseosos y al consumo de materias primas como cueros crudos, energía, productos químicos y agua.

Los principales vertidos en las aguas residuales se originan en la sección de ribera, en la sección de curtido y en las operaciones posteriores al curtido. Las principales emisiones a la atmósfera proceden de los procesos de acabado en seco, aunque también pueden producirse en las demás secciones de la curtiduría. Los residuos sólidos se derivan principalmente de las operaciones de descarnadura, división y rebajado. Otra fuente potencial de residuos sólidos es el lodo procedente de la planta de tratamiento de efluentes (aunque no todas las curtidurías tienen una planta de tratamiento propia). No obstante, muchos de estos residuos pueden considerarse subproductos, ya que pueden venderse como materias primas a otros sectores industriales.

La figura siguiente refleja el cuadro general de las entradas y salidas de un proceso convencional (de curtido al cromo) para pieles bovinas saladas por tonelada de piel cruda tratada.



La tabla siguiente muestra el nivel de consumo de los principales productos químicos de proceso, curtientes y sustancias químicas auxiliares que se utilizan en un proceso de curtido convencional para cueros bovinos salados.

Consumo químico	%
Productos inorgánicos estándar (sin sal procedente de la conservación, ácidos, bases, sulfuros, productos químicos con amonio)	40
Productos orgánicos comunes no citados a continuación (ácidos, bases, sales)	7
Productos químicos curtientes (cromo, curtientes vegetales y alternativos)	23
Agentes y auxiliares de tintura	4
Licores de engrase	8
Productos químicos de acabado (pigmentos, sustancias químicas para efectos especiales, ligantes y reticulantes)	10
Disolventes orgánicos	5
Agentes tensioactivos	1
Biocidas	0,2
Enzimas	1
Otros (secuestrantes, humectantes, complejantes)	?
Total	100

Los curtientes (y productos auxiliares) más utilizados y a la vez más significativos desde un punto de vista medioambiental son:

Tipo de curtido	Curtientes empleados	Productos auxiliares empleados
Curtido al cromo	Complejo de sulfato básico de cromo trivalente	Sal, agentes basificantes (óxido de magnesio, carbonato sódico o bicarbonato sódico), fungicidas, enmascarantes (por ejemplo ácido fórmico, diftalato sódico, ácido oxálico, sulfito sódico), licores de engrase, curtientes sintéticos, resinas
Otras curticiones minerales	Sales de aluminio, zirconio y titanio	Enmascarantes, basificantes, licores de engrase, sales, curtientes sintéticos, resinas, etc.
Curtido vegetal	Compuestos polifenólicos extraídos de materia vegetal (por ejemplo quebracho, mimosa, roble)	Precurtientes, blanqueantes y secuestrantes, licores de engrase, ácido fórmico, curtientes sintéticos, resinas, etc.

Técnicas que hay que tener en cuenta a la hora de determinar la mejor técnica disponible (capítulo 4)

El uso eficiente de materias primas y energía, el empleo óptimo de los productos químicos de proceso, la recuperación y reciclado de los residuos y la sustitución de las sustancias nocivas son importantes principios establecidos en la Directiva PCIC. Para las curtidurías, los aspectos centrales son el consumo de agua, el uso eficiente y la sustitución de agentes de proceso potencialmente nocivos y la reducción de residuos en el proceso, junto con las opciones de reciclado y reutilización.

Sustitución de sustancias

En los procesos de conservación, remojo, piquelado, curtido y postcurtido pueden utilizarse biocidas. En las curtidurías se utilizan desde hace tiempo compuestos orgánicos halogenados, y todavía se venden biocidas halogenados. El dimetildiocarbamato sódico o potásico se considera un bactericida menos perjudicial para el medio ambiente, debido a su baja persistencia y toxicidad.

Los compuestos orgánicos halogenados se pueden sustituir en casi todos los casos, aunque hay excepciones. Una de las excepciones comentadas es el desengrase en seco de los cueros de ovejas merinas. Dichos cueros se desengrasan en máquinas cerradas con un sistema que reduce las emisiones a la atmósfera y los vertidos de aguas residuales; y el disolvente se destila automáticamente y se vuelve a utilizar. También se contemplan otras excepciones como los licores de engrase que contienen COH y los agentes hidrófugos empleados para la producción de pieles impermeables.

Con objeto de reducir las emisiones de COV en el proceso de acabado, cada vez se favorecen más los sistemas basados en agua en detrimento de los basados en disolventes orgánicos. Otra opción para reducir las emisiones de COV es el empleo de sistemas de acabado con bajo contenido de disolventes orgánicos. Las capas de fondo suelen tener una base acuosa. Si la capa exterior debe reunir unas características muy exigentes en cuanto a frotamiento en húmedo, flexión en húmedo y sudor, no siempre es posible sustituir un sistema basado en disolventes por otro basado en agua. En determinadas situaciones, las tapicerías de piel para uso en automoción y mobiliario son ejemplos de tales aplicaciones. A menudo, si se quiere obtener las mismas características con sistemas de bajo contenido en disolventes orgánicos y sistemas basados en agua, es preciso utilizar reticulantes para los polímeros de acabado. En

sustitución de los productos poliméricos convencionales, para el acabado se utilizan ligantes basados en emulsiones poliméricas con bajo contenido de monómeros. El empleo de cadmio y plomo en los pigmentos es infrecuente en las curtidurías europeas; no obstante, conviene recalcar que se desaconseja todo uso de estos elementos.

Los agentes tensioactivos se emplean en muchos procesos de la curtiduría, como por ejemplo en el remojo, encalado, desengrasar, curtido y tintura. El agente tensioactivo más utilizado es el NPE, a causa de su capacidad emulsionante. Las principales alternativas en la industria del cuero son los etoxilatos de alcohol pero, hoy por hoy, cuando hay que desengrasar pieles ovinas muy grasas es preciso utilizar NPE para lograr el resultado deseado.

En el agua se adicionan agentes complejantes como EDTA y NTA por sus propiedades secuestrantes. Gracias a su biodegradabilidad, EDDS y MGDA son posibles sustitutos, aunque no disponemos de información sobre el uso de dichas sustancias en el proceso de curtido.

Los agentes desencalantes amónicos se pueden sustituir total o parcialmente por dióxido de carbono. Esta tecnología es sencilla de manejar y se puede automatizar. Requiere la instalación de un depósito presurizado de CO₂, difusores y una cámara calentadora que debe someterse a inspecciones periódicas a cargo de personal debidamente formado. El desencalado con CO₂ comporta una reducción del 20 – 30 % de las emisiones totales de nitrógeno Kjeldahl y una reducción del 30 – 50 % de la DBO del efluente procedente del proceso de curtido. Las pieles bovinas admiten una sustitución completa, pero el proceso puede ser muy lento si se trata de pieles más gruesas. A la hora de desencalar pieles ovinas, el problema de utilizar CO₂ es la cantidad de sulfuro que se libera y que hay que preciso eliminar. Se calcula que el tiempo de amortización de los costes de inversión es de 1 a 2 años.

Los desencalantes amónicos también se pueden sustituir por ácidos orgánicos débiles, como por ejemplo el ácido láctico, el ácido fórmico y el ácido acético. Los niveles de amoníaco en el agua residual se reducen, pero estos agentes incrementan la carga de DQO. Los agentes orgánicos son de 5 a 7 veces más caros que las sales de amonio. Debido al incremento de la carga de DQO y al mayor coste de los agentes orgánicos, su viabilidad tiene que analizarse con detenimiento para cada caso particular.

En lo que respecta al proceso de tintura, existen varias técnicas y tecnologías que reducen el impacto sobre el medio ambiente:

- ?? sustituir los colorantes en polvo por otros líquidos, para reducir las emisiones de polvo.
- ?? seleccionar colorantes y productos auxiliares de escaso impacto ambiental, por ejemplo sustituyendo los colorantes con bajo nivel de agotamiento por otros con alto nivel de agotamiento, sustituyendo los colorantes con alto contenido de sales por otros con menor cantidad de sales, etc.
- ?? evitar el uso de amoníaco como agente penetrante, ya que puede sustituirse por completo en la mayoría de casos.
- ?? sustituir los colorantes halogenados por colorantes reactivos de vinilsulfona para reducir la carga de compuestos halogenados absorbibles.

El uso de licores de engrase con alto nivel de agotamiento reduce la DQO. Se considera posible conseguir un agotamiento del licor de engrase equivalente al 90% de la oferta original. La aplicación de mezclas sin disolventes o con bajo contenido de disolventes reduce las emisiones de disolventes. Esto mismo se aplica a los agentes hidrófugos, que preferiblemente tampoco deben contener sales metálicas, aunque la sustitución de dichas sales (cromo, aluminio, zirconio, calcio) como agentes de fijación no es viable cuando se requiere una elevada impermeabilidad.

Se ha constatado ya una disminución del uso de productos ignífugos bromados y con antimonio, debido a que sus productos de combustión son potencialmente tóxicos. Casi con toda seguridad, los sucesores naturales serán a base de fosfatos.

Medidas integradas en el proceso

En las etapas de conservación y remojo, el procesamiento de pieles frescas (sin salar) reduce de manera significativa el nivel de sal en el efluente. La carga de emisión es de 5 kg/t de cloro cuando se procesan pieles sin salar, y de 65 kg/t de cloro en un proceso normal de remojo con pieles saladas. Si las pieles pueden procesarse en el plazo de 8 – 12 horas después de la matanza, no es necesario congelarlas. Las pieles congeladas tienen que procesarse en un plazo máximo de 5 a 8 días. Si el transporte dura más tiempo, por ejemplo si se envían las pieles al extranjero, el consumo de energía puede llegar a ser prohibitivo por el transporte de peso adicional (hielo) o por el uso de unidades refrigeradas. En tales situaciones, la única alternativa es el uso de sal. Las pieles frescas no siempre están disponibles, por ejemplo si se importa o se exporta una parte importante. La decisión de procesar pieles refrigeradas o saladas también depende en gran medida del producto final. Si se utiliza sal para la conservación de las pieles, existen diversas opciones para reducir el insumo de sal. Se trata básicamente de optimizar la gestión del proceso y la aplicación de productos químicos, en lugar de aplicar técnicas específicas.

En el proceso de apelambrado y encalado de pieles bovinas, el empleo de tecnologías para conservar el pelo puede reducir los niveles de emisión de varios parámetros. Se han comunicado los siguientes datos:

Parámetro	Reducción en el agua residual procedente de la sección de encalado/apelambrado
DQO	- 60 %
NKT	- 35 %
Sulfuro	- 50 %

Los procesos de conservación del pelo en pieles bovinas son bien conocidos, pero exigen un control estricto y unas condiciones de proceso muy precisas. Esta técnica consiste en alterar las condiciones de alcalinidad y reducir el agente de manera que el pelo se desprenda del folículo sin que se destruya el tallo. Para separar el pelo intacto se emplea un sistema de recirculación con filtro. El pelo suele llevarse al vertedero o, a ser posible, se utiliza como nueva materia prima (por ejemplo, como fertilizante) en otro lugar. Esta técnica requiere una gran inversión de capital por parte de las curtidurías existentes, por lo que quizás no resulte viable cuando el vertido controlado

es la única opción para deshacerse del pelo, ni tampoco cuando la planta de tratamiento de aguas residuales admite la elevada carga orgánica de pelo quemado y además la alta producción de lodos no supone problema alguno porque éstos se tratan y luego pueden reutilizarse como fertilizantes, por ejemplo. Así pues, hay que establecer un equilibrio y valorar cada caso según sus propios méritos.

Por el momento, la sustitución total de los sulfuros empleados como agentes depiladores para pieles bovinas es inviable en la práctica, pero el uso de preparados enzimáticos puede al menos reducir el consumo de sulfuros. Se informa de que la DQO y el sulfuro se reducen un 40 – 70 % cada uno. Esta técnica resulta inadecuada para las pieles ovinas, ya que la refinación de la lana para convertirla en un subproducto vendible impide reducir el consumo de sulfuros. Cuando se procesan pieles ovinas ya deslanadas con pasta de embadurnar, es una práctica habitual reciclar el licor de sulfuro empleado.

En la mayoría de casos, y desde un punto de vista medioambiental, la división mediante encalado es mejor opción que la división después del curtido. La división mediante encalado permite que la capa de flor y la capa de carne tomen caminos diferentes (por ejemplo, diferentes curticiones o diferentes usuarios finales), y el serraje puede utilizarse para la fabricación de gelatina o envolturas de colágeno destinadas al uso alimentario. Despues de la división mediante encalado se reduce el consumo de todos los productos químicos y de agua en los procesos subsiguientes, ya que tan solo se tratan las partes de los cueros que se transforman en piel. La estructura y la naturaleza química del proceso de encalado para la operación de división supone un mayor grado de penetración e hinchamiento de las fibras del cuero, por lo que no resulta adecuada para elaborar cueros más firmes, como por ejemplo los utilizados en los empeines. Las pieles encaladas son más difíciles de manipular que las pieles curtidas o las pieles en pasta, de manera que la división mediante encalado es menos precisa que la división con cromo húmedo y resulta inadecuada cuando se precisa un producto final de grosor más uniforme y exacto.

No se dispone de información suficiente sobre el desengrase de cueros ovinos como para extraer una conclusión respecto de si la sustitución de los sistemas de desengrase con disolventes por sistemas de desengrase acuosos mejorará la prestación desde el punto de vista ambiental. Esto es así porque si no se dispone de información adicional, resulta complicado comparar el impacto ambiental derivado del uso de disolventes orgánicos con el impacto derivado del uso de agentes tensioactivos.

Los licores agotados procedentes del proceso de piquelado se pueden reciclar y reintroducir en ese mismo proceso o bien se pueden reutilizar en el proceso de curtido para reducir la cantidad de sal y efluente que se vierten en la red de alcantarillado. Otra técnica para reducir la cantidad de sal y de efluente consiste en utilizar un baño corto de piquelado. Algunos procesos utilizan un baño del 100% aproximadamente. Este valor se puede reducir al 50 – 60%, lo que significa un consumo de 0,5 – 0,6 m³ de agua por tonelada de piel descarnada.

A pesar de que el curtido puede realizarse con diferentes curtientes, cerca del 90% de las pieles se curten con sales de cromo. Otro proceso bien conocido es el curtido vegetal. El proceso de curtido vegetal no se considera una alternativa al proceso de curtido al cromo, ya que, para empezar, se trata de dos procesos completamente

diferentes con los que se obtienen productos distintos. Otro motivo es que, según las investigaciones efectuadas, la selección de uno u otro curtiente (cromo o un agente vegetal) no reducirá por sí misma las repercusiones ambientales del proceso. No es posible comparar el cromo con otros curtientes minerales porque el impacto ambiental de éstos no se ha valorado con suficiente detalle. En el curtido al cromo se comentan, entre otras, las técnicas siguientes:

1. Incremento de la eficiencia del curtido al cromo. El curtido al cromo convencional en baños largos se caracteriza por un bajo nivel de agotamiento; pues el 30 – 50% del cromo aplicado se pierde con el agua residual. La absorción de cromo se puede incrementar hasta el 80% mediante un control estricto del pH, el baño, la temperatura, el tiempo y la velocidad del bombo.
2. Métodos de curtido al cromo con alto nivel de agotamiento. En esta técnica, los curtientes utilizados se modifican para mejorar la absorción hasta el 90%. En el curtido convencional (sin recuperación del cromo) se liberan 2 – 5 kg de sales de cromo por tonelada de piel bovina cruda a través de los licores agotados, mientras que con el curtido al cromo de alto nivel de agotamiento esta cantidad se puede reducir a 0,05 – 0,1 kg por tonelada. Debido a su baja concentración, el cromo que queda en el efluente no se recupera.
3. Para el proceso convencional de curtido al cromo, recuperación del cromo por precipitación y separación. Como se ha mencionado anteriormente, el cromo procedente de procesos con alto nivel de agotamiento no se recupera. Desde el punto de vista químico, la recuperación del cromo es un proceso simple con excelentes resultados ambientales, pero exige un control analítico cuidadoso y equipos especiales. Por regla general (por ejemplo, en Alemania), cada curtiduría se encarga de recuperar el cromo que utiliza en sus procesos. Sin embargo, en Portugal e Italia hay sendas unidades de reciclado para uso común, aunque la unidad italiana tan solo está disponible para las curtidurías situadas en la zona de Santa Croce. El sulfato de cromo recuperado se puede reciclar y reintroducir en el proceso de curtido sustituyendo el 20 – 35% de la sal «recién» añadida. Determinados tipos de pieles (por ejemplo el serraje) se pueden curtir con cromo recuperado al 100%. Se informa de que se alcanzan eficiencias del 95 al 99,9 % de la precipitación de cromo y de que es posible lograr una concentración de 1 – 2 mg/l e incluso < 1 mg/l, medida en forma de cromo total en una muestra compuesta diaria, después de la sedimentación o flotación del efluente separado que contiene cromo (antes de la mezcla). Un estudio realizado en Italia ha revelado que la instalación de una unidad de recuperación del cromo para una sola curtiduría de tamaño medio o grande puede tener un coste aproximado de 520.000 EUR (valor estimado). Tomando como base las condiciones griegas (año 1990 – 1991), la instalación de una unidad de estas características se amortiza en un tiempo máximo de 1,6 años. En India, dos ejemplos distintos de gestión de sendas unidades de recuperación del cromo muestran unos tiempos de amortización de 1 y 1,6 años aproximadamente (años de referencia 1994 y 1995).

También existen sistemas de curtido vegetal con un alto grado de agotamiento (~95 %). Los sistemas más comunes son el curtido contracorriente (sistema de tinas) y el curtido en bombo con reciclado del curtiente. Cuando se utilizan curtientes sintéticos y resinas (en combinación con el curtido vegetal), las mejores alternativas

son productos de bajo contenido en fenoles, formaldehído y monómero de ácido acrílico.

En las operaciones de recurrido, fijación del cromo y neutralización, un control exhaustivo de parámetros de proceso como las cantidades de productos químicos añadidos, el tiempo de reacción, el pH y las temperaturas pueden aumentar el nivel de agotamiento de los agentes de tratamiento después del curtido. La fijación del cromo de los curtientes se puede mejorar dejando que la piel curtida envejezca un tiempo suficiente antes de pasar a los procesos de postcurtido. La adición de una cantidad óptima de sales neutralizadoras garantiza que el pH del licor será muy parecido al pH de las pieles al final del proceso, con lo que se eliminará o reducirá en gran medida el vertido de sal sin usar a las aguas residuales.

El secado forzado de la piel es uno de los procesos que consumen más energía en una curtiduría. El secado natural al aire no consume energía, pero no es aplicable bajo cualquier circunstancia, ya que exige tiempo y unas condiciones climáticas favorables. Se puede conseguir una reducción importante del consumo energético optimizando los procesos mecánicos de deshidratación previos al secado.

La aplicación de una capa superficial sobre la piel es una fuente importante de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV). El empleo de rodillos, máquinas de cortina, pistolas pulverizadoras de alto volumen y baja presión y pistolas pulverizadoras sin aire reduce las emisiones de COV en comparación con las operaciones convencionales (con una eficiencia de tan solo el 30%). La pulverización de alto volumen y baja presión o la pulverización sin aire aumenta la eficiencia hasta un 75%. No obstante, es preciso aplicar las técnicas de pulverización convencionales para conseguir un acabado muy fino sobre pieles de anilina o de tipo anilina, por ejemplo. Las emisiones de COV se pueden reducir mediante técnicas como la depuración por vía húmeda, absorción, biofiltros, separación criogénica o incineración.

Gestión y tratamiento del agua

En el caso de los cueros bovinos, un consumo de 40 – 50 m³ de agua por tonelada de cuero crudo se puede reducir a 12 – 30 m³ si la curtiduría mantiene un control técnico eficiente y una buena gestión. Para procesar pieles de becerro se precisan 40 m³/t aproximadamente, y a veces más. Existen varias técnicas o tecnologías que mejoran la eficiencia del uso de agua. El primer paso consiste en optimizar el consumo de agua y reducir el uso de productos químicos en el proceso y en el tratamiento de aguas residuales. Se ha comprobado que en las curtidurías con una gestión deficiente del agua, tan solo se utiliza en el proceso el 50% del agua consumida. El lavado con agua corriente es una de las principales causas de derroche del agua. En tales casos, es importante mejorar la adecuación del caudal de agua a los requisitos del proceso y lavar las pieles por lotes en lugar de con agua corriente. Para utilizar técnicas de baño corto basta modificar los equipos o instalar máquinas de curtido modernas. Combinando el lavado por lotes y los baños cortos, se puede reducir el consumo de agua hasta en un 70% en comparación con un proceso convencional. La reutilización del agua residual puede reducir en gran medida el consumo de agua, pero los curtidores se muestran reacios a ello por el riesgo de que los residuos químicos u otros contenidos que pueda haber en el agua estropeen los cueros.

Con objeto de tratar el efluente de la manera más eficiente posible, resulta útil dividir el caudal para el tratamiento preliminar de corrientes de agua residual concentrada, en particular licores que contengan sulfuro y cromo. Y a pesar de que la reducción del consumo de agua no reduce la carga de muchos contaminantes, los efluentes concentrados a menudo se tratan de manera más sencilla y eficiente. Si no es posible dividir el caudal, la mezcla conciencia de los efluentes que contienen cromo con otras corrientes residuales mejora la eficiencia de la planta de tratamiento, ya que el cromo tiende a precipitarse con la proteína durante el tratamiento previo. El tratamiento de los licores que contienen cromo ya se ha comentado, de manera que ya sólo queda referirse al tratamiento de los efluentes que contienen sulfuro. Es una práctica habitual que el efluente que contiene sulfuro, procedente de la sección de ribera, se mantenga separado y con un pH alto hasta que dicho sulfuro se trata, ya que con un pH por debajo de 9,0 se pueden formar gases tóxicos de sulfuro de hidrógeno. Los sulfuros contenidos en los licores de desencalado y piquelado se pueden oxidar fácilmente en el bombo añadiendo peróxido de hidrógeno, metabisulfito sódico o bisulfito sódico. El nivel de emisiones asociado después de tratar el sulfuro es de 2 mg/l en una muestra aleatoria tomada del efluente separado. Cuando no es posible separar los licores que contienen sulfuro, éste se suele eliminar mediante precipitación con sales de hierro (II) y aireación. Una desventaja de este procedimiento de precipitación es que se generan grandes cantidades de lodos. En función de la proporción de mezcla, mediante el tratamiento del efluente mixto se pueden conseguir los niveles siguientes: 2 mg S²⁻/l y 1 mg Cr_{total} /l (por ejemplo, si el 50% del efluente mixto es agua residual con cromo y el otro 50% es agua residual con sulfuro, los niveles de emisión del efluente total serán de 1 mg S²⁻/l y 0,5 mg Cr_{total} /l).

Por regla general, el efluente sin depurar pasa primero por un tratamiento mecánico que incluye la filtración para eliminar las partículas gruesas. Con los filtros adecuados, se puede eliminar hasta el 30 – 40% de los sólidos gruesos que transporta en suspensión la corriente de agua residual sin tratar. El tratamiento mecánico también puede incluir la eliminación de grasas y aceites y la sedimentación por gravedad. Despues del tratamiento mecánico, generalmente se lleva a cabo un tratamiento físico-químico que incluye los procedimientos anteriormente descritos de precipitación del cromo y tratamiento del sulfuro. La coagulación y la floculación también forman parte de este tratamiento con el que se elimina un parte sustancial de la DQO y de los sólidos en suspensión.

Después de pasar por el tratamiento mecánico y físico-químico, el efluente de la curtiduría suele ser fácilmente biodegradable en plantas normales de tratamiento biológico aeróbico. Los datos de la tabla siguiente muestran los valores típicos de eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales de una curtiduría, respecto de los licores de proceso convencionales empleados para la producción de pieles acabadas a partir de pieles crudas.

Parámetro	DQO		DBO ₅		SS		Cromo	S ²⁻	NKT	
% o bien mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	mg/l	mg/l	%	mg/l
TRATAMIENTO PREVIO										
Eliminación de la grasa (flotación por aire disuelto a presión)	20 - 40									
Oxidación del sulfuro (licores de encalado y lavado)	10							10		
Precipitación del cromo							1 - 10			
TRATAMIENTO PRIMARIO										
Mezcla Sedimentación +	25 - 35		25 - 35		50 - 70		20 - 30		25 - 35	
Mezcla + Tratamiento químico + Sedimentación	50 - 65		50 - 65		80 - 90		2 - 5	2 - 10	40 - 50	
Mezcla + Tratamiento químico + Flotación	55 - 75		55 - 75		80 - 95		2 - 5	2 - 5	40 - 50	
TRATAMIENTO BIOLÓGICO										
Primario o químico + Aireación prolongada	85 - 95	200 - 400	90 - 97	20 - 60	90 - 98	20 - 50	<1	<1	50	150
Primario o químico + Aireación prolongada con nitrificación y desnitrificación	85 - 95	200 - 400	90 - 97	20 - 60	90 - 98	20 - 50	<1	<1	80 - 90	30 - 60

La postpurificación, sedimentación y tratamiento de lodos son la última fase del tratamiento de aguas residuales. Con la sedimentación, el lodo acumulado en la planta de tratamiento se separa de la fase acuosa por efecto de la gravedad. Después de la deshidratación mediante prensas filtrantes se obtienen unas tortas de lodo con un contenido de materia seca de hasta un 40%, mientras que con las prensas de correa se obtienen tortas con un contenido de materia seca de hasta un 20 – 25%. Con las centrifugadoras se consigue hasta un 25 – 45% de materia seca y con el tratamiento térmico hasta un 90%. La energía es un factor importante en todos estos procesos.

Las aguas residuales de las curtidurías europeas se tratan de muy diversas formas. En algunos casos, en una misma curtiduría se aplican todos los pasos de tratamiento de aguas residuales descritos anteriormente. En otros casos, la curtiduría lleva a cabo (en sus propias instalaciones) tan solo el tratamiento previo o una parte del mismo o ningún tratamiento en absoluto, y luego envía el efluente a una planta de tratamiento municipal, que también puede ser de propiedad colectiva y por regla general se dedica exclusivamente a procesar los efluentes de curtidurías. Otra posibilidad es que la curtiduría trate una parte del efluente y luego lo vierta en la planta depuradora municipal, tras llegar a un acuerdo económico para compartir efectivamente la responsabilidad del tratamiento.

Gestión y tratamiento de residuos

Las medidas antes citadas, integradas en el proceso, también previenen directa o indirectamente la aparición de residuos. Por otro lado, también es importante que los residuos cuya aparición sea inevitable se traten de manera eficiente, por ejemplo

mediante la separación de fracciones específicas. Existen varias opciones para el reciclado o reutilización de fracciones de residuos orgánicos:

- ?? De los desechos sin curtir se puede obtener gelatina y cola; en algunos Estados miembros estos desechos se procesan para producir tripa artificial para embutidos.
- ?? En plantas extractoras de grasa se recupera el sebo de recortes crudos, carnazas y serrajes. Es posible que los recortes, carnazas y serrajes encalados necesiten un pretratamiento antes de la conversión.
- ?? La grasa se puede separar y reciclar, pero esto sólo es viable en casos excepcionales.
- ?? Es posible recuperar la proteína (hidrolizado de proteínas) de los serrajes, por ejemplo, para luego convertirla en fertilizante.
- ?? También se puede recuperar el colágeno de los recortes y serrajes encalados, por ejemplo. El colágeno tiene muchos usos como aditivo para productos cárnicos y de repostería, artículos farmacéuticos y cosméticos y productos de caucho.
- ?? Los desechos curtidos pueden aprovecharse para la producción de aglomerados de cuero.

Otras opciones de tratamiento para los residuos orgánicos y los lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales son el compostaje, el reciclado para usos agrícolas, la digestión anaeróbica, el vertido y el tratamiento térmico. La aplicabilidad de las técnicas de vertido de los lodos depende de la composición de dichos lodos, en especial de su contenido en cromo, y debe valorarse caso por caso teniendo en cuenta los reglamentos y estrategias de ámbito nacional.

Otros residuos pueden requerir un tratamiento ulterior (fuera de la planta). Éste es el caso de los residuos siguientes: sal, disolventes orgánicos y productos químicos de proceso, productos auxiliares, limpiadores, lodos procedentes del acabado, sólidos resultantes de la atenuación de las emisiones a la atmósfera (carbón activado, lodos acumulados en depuradores por vía húmeda) y materiales de embalaje.

Atenuación de las emisiones a la atmósfera

En varias etapas del proceso pueden producirse emisiones de diferentes sustancias y partículas a la atmósfera. Existen diversas medidas preventivas y filtros protectores que evitan o atenúan las emisiones de disolventes orgánicos, amoníaco, sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre y partículas totales, junto con los olores que pueden emanar de dichas sustancias.

Energía

Hay muy poca información disponible sobre el uso de energía en las curtidurías. Para recopilar más información es preciso registrar el consumo de electricidad, calor (vapor y calefacción) y aire comprimido, sobre todo para las unidades con un consumo más alto, como son las empleadas en el tratamiento de aguas residuales y en los procesos de secado.

Ruido, vibraciones

No existe información alguna sobre este tema.

Seguimiento

Existen técnicas normalizadas de análisis y medición con las que realizar un seguimiento de los parámetros de las aguas residuales, pero es importante utilizar las mismas unidades para que esos datos se puedan comparar. En el presente documento, los datos se expresan a veces como concentraciones o bien en relación con el cuero producido o la entrada de pieles crudas. Esta circunstancia dificulta en extremo la labor de comparar los datos de las emisiones y el rendimiento de las técnicas empleadas. No hay información disponible sobre la supervisión de emisiones gaseosas, residuos, energía y ruidos.

Cierre de curtidurías

Se describen las operaciones generales de retirada del servicio, pero no se dispone de información específica sobre el cierre de una curtiduría.

Mejor técnica disponible en la industria del curtido (capítulo 5)

Administración y buena práctica de gestión

Operación y mantenimiento

Un buen resultado medioambiental exige necesariamente el firme compromiso por parte de la dirección de la curtiduría. La tecnología por sí sola no es suficiente; tiene que ir de la mano de buenas medidas de gestión.

La clave de todo buen resultado estriba en conocer las entradas y salidas del proceso en relación con las características de los materiales, las cantidades y sus repercusiones potenciales en el medio ambiente. Sobre esta base se pueden aplicar criterios que garanticen un mejor resultado ambiental, así como criterios tecnológicos que se centren en las propiedades del producto final.

Para reducir el número de derrames y accidentes, el derroche de agua y el uso de productos químicos, es preciso seleccionar las técnicas adecuadas, garantizar un buen mantenimiento, controlar las operaciones (supervisando y ajustando los parámetros de proceso) y procurar una buena formación del personal.

La mejor técnica disponible consiste en adoptar las medidas necesarias para separar los flujos de residuos con el propósito de reciclar algunos de ellos. Dichas medidas incluyen la formación del personal.

Prevención de accidentes

Los productos químicos empleados en la curtiduría deben almacenarse y manipularse de manera que se minimice el riesgo de derrames y accidentes. La mejor técnica disponible consiste en:

?? almacenar los productos químicos de forma adecuada. Los requisitos básicos son: separación de los productos químicos que podrían reaccionar generando emisiones peligrosas; etiquetado y empleo de contenedores apropiados; adecuación de los locales y zonas de almacenamiento para garantizar una buena ventilación y la

- protección del suelo, sobre todo en el caso de los disolventes orgánicos halogenados y no halogenados y los residuos que contengan dichas sustancias.
- ?? adoptar medidas como la información y la formación del personal; medidas técnicas de seguridad, protección personal y organización para minimizar la manipulación de sustancias potencialmente nocivas:
- la manipulación y los derrames accidentales pueden causar reacciones químicas imprevistas, como por ejemplo la liberación de sulfuros
 - es preciso adoptar las medidas de protección oportunas contra la posible liberación de sustancias nocivas. hay que sustituir los disolventes orgánicos y otras sustancias cuando sea posible
 - hay que garantizar la disponibilidad y el acceso inmediato a las fichas de seguridad de materiales para todos los productos químicos y preparados que se utilizan y almacenan en la curtiduría
- ?? prever instalaciones de primeros auxilios y establecer procedimientos de evacuación
- ?? elaborar planes de emergencia para evitar sobrecargas accidentales de las plantas de tratamiento de aguas residuales
- ?? supervisar la eficacia de las medidas de reducción de las emisiones
- ?? disponer de materiales de limpieza para recoger los derrames
- ?? garantizar la captura eficaz del agua residual procedente de las operaciones de limpieza
- ?? mantener un registro de los accidentes e incidentes

Sustitución de productos químicos

La mejor técnica disponible para la sustitución de productos químicos consiste en:

- ?? sustituir las sustancias y productos auxiliares perjudiciales para el medio ambiente por otros productos químicos menos nocivos
- ?? mantener un inventario de las entradas y salidas, su destino en los procesos y los posibles escapes
- ?? medir parámetros adecuados para efectuar un seguimiento de los escapes
- ?? practicar una gestión responsable que incluya, por ejemplo, el conocimiento de los productos químicos empleados en el proceso (incluidos los suministros ya elaborados), formación del personal, información y medidas de seguridad para la plantilla y el entorno

En la Tabla 5.1, las sustancias que es preciso sustituir se relacionan en la columna de la izquierda. Las mejores alternativas a dichas sustancias se relacionan en la columna de la derecha.

SUSTANCIA	MEJOR ALTERNATIVA
Biocidas	?? Productos con un mínimo impacto ambiental y toxicológico, empleados al nivel más bajo posible, por ejemplo dimetiltiocarbamato sódico o potásico
Compuestos orgánicos halogenados	?? Se pueden sustituir por completo en casi todos los casos. Ello incluye la sustitución de los agentes de remojo, desengrasar, engrase en baño y tintura, y de los agentes especiales de postcurtido. - Excepción: la limpieza de pieles de ovejas merinas
Disolventes orgánicos (no halogenados) Las áreas más importantes son el proceso de acabado y el desengrasar de las pieles ovinas.	Acabado: ?? Sistemas de acabado de base acuosa - Excepción: cuando la capa exterior debe reunir unas características muy exigentes de resistencia al frotamiento en húmedo, a la flexión en húmedo y al sudor ?? Sistemas de acabado con bajo contenido de disolventes orgánicos ?? Bajo contenido aromático Desengrasar de cueros ovinos: ?? Empleo de un solo disolvente orgánico en lugar de mezclas, para facilitar la posible reutilización después de la destilación
Agentes tensioactivos APE, como por ejemplo NPE	?? por ejemplo etoxilatos de alcohol, si es posible
Agentes complejantes EDTA y NTA	?? EDDS y MGDA, si es posible
Agentes desencalantes amónicos	?? Parcialmente con dióxido de carbono y/o ácidos orgánicos débiles
Curtientes - Cromo	?? 20 – 35 % del cromo nuevo añadido se puede sustituir por cromo recuperado
- Curtientes sintéticos y resinas	?? productos con bajo contenido de formaldehído, fenol y monómero del ácido acrílico
Colorantes	?? Colorantes desempolvados o líquidos ?? Colorantes con alto nivel de agotamiento que contengan pequeñas cantidades de sal ?? Sustitución del amoníaco por sustancias auxiliares como tinturas penetrantes ?? Sustitución de los colorantes halogenados por colorantes reactivos vinilsulfónicos
Licores de engrase	?? Sin agentes que provoquen la formación de AOX - Excepción: pieles impermeables ?? Aplicación en mezclas sin disolventes orgánicos o, si no es posible, en mezclas con bajo contenido de disolventes orgánicos ?? Alto nivel de agotamiento para reducir lo más posible la DQO
Productos de acabado para la capa exterior, ligantes (resinas) y reticulantes	?? Ligantes basados en emulsiones poliméricas con bajo contenido de monómeros ?? Pigmentos y sistemas de acabado libres de cadmio y de plomo
Otros: - Agentes hidrófugos	?? Sin agentes que provoquen la formación de AOX - Excepción: pieles impermeables ?? Aplicación en mezclas sin disolventes orgánicos o, si no es posible, en mezclas con bajo contenido de disolventes orgánicos ?? Sin sales metálicas - Excepción: pieles impermeables ?? Productos ignífugos con base de fosfato
- Productos ignífugos bromados y con antimoniio	

Tabla 5.1: Mejores técnicas disponibles para la sustitución de productos químicos

Integración de la MTD en el proceso

Al implantar en el proceso la mejor técnica disponible en lugar de adoptar medidas para atenuar las emisiones, se consiguen mejoras en cuanto a:

- ?? consumo de productos químicos
- ?? sustitución de productos químicos peligros por otros menos peligrosos
- ?? gestión de agua y residuos

- ?? emisiones a la atmósfera
- ?? ahorro energético

Por consiguiente, a la hora de seleccionar la mejor técnica disponible es fundamental examinar también la eficiencia de los equipos empleados (por ejemplo recipientes de proceso), de las dosis de productos químicos y de los dispositivos de control del proceso, así como su compatibilidad con los objetivos antes mencionados. Estos requisitos se comentan también en el apartado sobre administración y buena práctica de gestión.

Tabla 5.2: (integración de la MTD en el proceso) describe la mejor técnica disponible –en su caso– para cada una de las unidades de proceso que hay en una curtiduría. En dos casos no se llegó a un consenso en el TWG.

El primero de estos casos es el reciclado del licor de piquelado. Los licores agotados procedentes del proceso de piquelado se pueden reciclar y reintroducir en ese mismo proceso o bien se pueden reutilizar en el proceso de curtido para reducir la cantidad de sal y efluente que se vierten en la red de alcantarillado. Los expertos representantes de un Estado miembro y algunos expertos representantes de la industria en el TWG no estuvieron totalmente de acuerdo con este punto de vista, ya que puede tener un efecto negativo en la calidad de la piel, sobre todo en la piel de anilina. Así pues, a este respecto hubo división de opiniones.

El segundo caso se refiere al curtido al cromo. La mayor parte de los integrantes del TWG acordaron que la mejor técnica disponible para el curtido al cromo consiste en aumentar la eficiencia del proceso mediante un control exhaustivo del pH, el baño, la temperatura, el tiempo y la velocidad del bombo, todo ello en combinación con la recuperación del cromo mediante precipitación para corrientes de agua residual con un contenido total de cromo $> 1 \text{ g/l}$. También acordaron que, cuando no es posible recuperar el cromo (ya sea de forma individual o en una planta colectiva), los métodos de curtido con un alto nivel de agotamiento constituyen la mejor alternativa. Los expertos representantes de un Estado miembro y algunos expertos representantes de la industria no están totalmente de acuerdo con que ésta sea la mejor técnica disponible. En su opinión, un tratamiento separado de los licores que contienen cromo es actualmente inviable desde un punto de vista económico para gran parte de la industria del cuero europea, sobre todo cuando no se dispone de una planta de tratamiento colectiva especializada. Aunque convienen en que la mejor técnica disponible pasa por aumentar la eficiencia, afirman que la recuperación del cromo no puede ser la MTD cuando no se dispone de plantas de recuperación colectivas especializadas ni cuando el cromo recuperado no se puede reciclar para ser reintroducido en el proceso de curtido. Este caso se da cuando se producen pieles de gran calidad, ya que para ello se necesita cromo «nuevo» y no existe la posibilidad de añadir cromo recuperado o utilizar curtientes al cromo con un alto nivel de agotamiento. En su opinión, la recuperación del cromo no es económicamente viable en esta situación. Así pues, a este respecto hubo división de opiniones.

	UNIDAD DE PROCESO	La mejor técnica disponible consiste en:
SECCIÓN DE RIBERA	Conservación y remojo	<p>?? Procesar cueros frescos, si están disponibles</p> <p>Excepciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando se necesita un tiempo de transporte largo (8 – 12 horas como máximo en el caso de los cueros frescos sin refrigerar; 5 – 8 días si se mantiene una cadena de frío de 2 °C) - Para ciertos tipos de productos finales - Cueros ovinos, cueros de becerro <p>?? Reducir lo más posible la cantidad de sal empleada</p>
	Apelambrado y encalado	<p>?? Utilizar una tecnología que conserve el pelo, aunque el aspecto económico puede suponer un problema para las plantas existentes cuando no es posible reutilizar el pelo conservado</p> <p>?? Reducir el consumo de sulfuros utilizando preparados enzimáticos; aunque esto no sirve para los cueros ovinos</p> <p>?? Reciclar los licores agotados sólo cuando se procesen cueros ovinos, que se deslanan con pasta de embadurnar</p>
	División	<p>?? Utilizar la división mediante encalado</p> <p>Excepciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando el material de inicio es wet blue - Cuando hay que producir una piel más firme (por ejemplo, para calzado) - Cuando se precisa un grosor más uniforme y exacto en el producto final <p>?? Maximizar el uso del serraje</p>
	Desencalado y rendido	<p>?? Realizar una sustitución parcial de las sales de amonio con CO₂ y/o ácidos orgánicos débiles</p>
	Desengrasar pieles ovinas	<p>?? Optimizar el desengrasar en húmedo empleando tensioactivos con o sin disolventes orgánicos</p> <p>?? Máquinas cerradas con atenuación de las emisiones a la atmósfera y de los vertidos de aguas residuales cuando se utilizan disolventes orgánicos para desengrasar cueros secos</p>
	Piquelado	<p>?? Reciclar parcial o reutilización de los licores de piquelado (*) división de opiniones; véase a continuación</p> <p>?? Utilizar baños con un volumen del 50 – 60% (tomando como base el peso de la piel descarnada) para pieles ovinas y bovinas a fin de reducir el consumo de sal</p>
	Curtido	<p>?? Aumentar la eficiencia del proceso de curtido al cromo mediante un control exhaustivo del pH, el baño, la temperatura, el tiempo y la velocidad del tambor, todo ello en combinación con la recuperación del cromo mediante precipitación para corrientes de agua residual con un contenido total de cromo Cr_{total} > 1 g/l (**)</p>
	(**) división de opiniones; véase a continuación	<p>?? Utilizar métodos de curtido al cromo con alto nivel de agotamiento cuando la recuperación del cromo es imposible (**)</p> <p>?? Maximizar el agotamiento del licor de curtido vegetal con contracorriente (sistema de tinas) o reciclado (curtido en bombo)</p>
TRABAJOS POSTERIORES AL CURTIDO	Recurtido, fijación del cromo y neutralización	<p>?? Aumentar el nivel de agotamiento de los agentes de tratamiento después del curtido y mejorar la fijación de los curtientes en la piel</p> <p>?? Reducir el contenido de sal de los licores agotados</p>
	Tintura	<p>?? Mejorar el nivel de agotamiento de los colorantes</p>
	Engrase en baño	<p>?? Mejorar el nivel de agotamiento de los licores de engrase</p>
	Secado	<p>?? Optimizar la deshidratación mecánica antes del secado, si es posible</p>
	Aplicación de una capa superficial	<p>?? Emplear cilindros de recubrimiento</p> <p>?? Emplear máquinas de cortina</p> <p>?? Emplear pistolas pulverizadoras de alto volumen y baja presión</p> <p>?? Emplear pistolas pulverizadoras sin aire</p> <p>Excepción para las cuatro técnicas arriba mencionadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando se aplican acabados muy finos, por ejemplo sobre pieles anilina y de tipo anilina
	(*) división de opiniones sobre el piquelado:	<p>La mayoría de miembros del TWG estuvieron de acuerdo en que el reciclado parcial o la reutilización de los licores de piquelado es la mejor técnica disponible. Los expertos representantes de un Estado miembro y algunos expertos representantes de la industria en el TWG no estuvieron totalmente de acuerdo con este punto de vista, ya que, en opinión suya, hay que hacer una excepción. A su juicio, la mejor técnica disponible consiste en:</p> <p>?? El reciclado parcial o la reutilización de los licores de piquelado, con excepción de las pieles de alta calidad.</p>
	(**) división de opiniones sobre el curtido:	<p>Los expertos representantes de un Estado miembro y algunos expertos</p>

representantes de la industria no están totalmente de acuerdo con que ésta sea la mejor técnica disponible. En su opinión, un tratamiento separado de los licores que contienen cromo es actualmente inviable desde un punto de vista económico para gran parte de la industria del cuero europea, sobre todo cuando no se dispone de una planta de tratamiento colectiva especializada. A su juicio, la mejor técnica disponible consiste en:

- ?? Aumentar la eficiencia del proceso de curtido al cromo mediante un control estricto del pH, el baño, la temperatura, el tiempo y la velocidad del bombo.
- ?? Recuperar el cromo mediante precipitación
 - Excepciones: - Cuando no existen plantas de recuperación colectivas especializadas
 - Cuando el cromo recuperado no se puede reciclar para producir pieles de alta calidad
- ?? Utilizar métodos de curtido con alto nivel de agotamiento
 - Excepción: - Producción de pieles de alta calidad.

Tabla 5.2. Integración de la MTD en el proceso

Gestión y tratamiento de las aguas

La mejor técnica disponible para la gestión y tratamiento del agua comprende las medidas siguientes:

- ?? reducción del consumo de agua
- ?? buena práctica de gestión
- ?? medidas integradas en el proceso (enumeradas en la Tabla 5.2) y, por último,
- ?? tratamiento de efluentes

En todos estos ámbitos, la mejor técnica disponible consiste en:

BUENA PRÁCTICA DE GESTIÓN Y MEDIDAS INTEGRADAS EN EL PROCESO	Mejorar la adecuación del caudal de agua a las necesidades del proceso
	Lavar las pieles por lotes y no con agua corriente
	Modificar los equipos existentes para utilizar baños cortos
	Emplear equipos modernos para baños cortos
	Reutilizar el agua residual en procesos menos críticos
	Reciclar o reutilizar los licores de proceso cuando sea posible (véase la Tabla 5.2)
TRATAMIENTO DE EFLUENTES	Mantener separado y con un pH alto el efluente procedente de la sección de ribera, hasta que se elimine el sulfuro que contiene. El nivel de emisiones asociado después del tratamiento es de 2 mg S ²⁻ /l en una muestra aleatoria tomada del efluente separado. Una vez eliminado el sulfuro (en la propia curtiduría o en una planta de tratamiento para uso colectivo), ya se puede mezclar el efluente. (***) división de opiniones; véase a continuación.
	Captar separadamente un efluente parcial que contenga cromo (por ejemplo, procedente del curtido y el escurrido) en una concentración Cr _{total} > 1 g/l y enviarlo a una planta de recuperación. La planta de recuperación de cromo puede estar dentro o fuera de la curtiduría (****)
	Tratar (dentro o fuera de la curtiduría) el efluente que contenga cromo en una concentración Cr _{total} < 1 g/l junto con otro efluente (****)
	Utilizar un método de tratamiento mecánico (dentro o fuera de la curtiduría)

	Utilizar un método de tratamiento biológico (dentro o fuera de la curtiduría)
	Utilizar un procedimiento de sedimentación y manipulación de lodos después de la depuración (dentro o fuera de la curtiduría)
(***) división de opiniones sobre el tratamiento del sulfuro y del cromo:	
<p>La industria apoya la conclusión de que la mejor técnica disponible es el tratamiento separado del efluente que contiene sulfuro, pero en su opinión también lo es el tratamiento mixto (en la propia curtiduría) del efluente que contiene sulfuro y cromo. En este sentido, plantea los argumentos siguientes:</p> <p>?? menor coste</p> <p>?? hay que utilizar menos productos químicos</p> <p>?? la técnica es sencilla y fiable</p> <p>?? en función de la proporción de mezcla, se puede conseguir un nivel de emisiones de 2 mg S²⁻/l y 1mg Cr_{total}/l para el efluente total. (por ejemplo, si el 50% del efluente mixto es agua residual con cromo y el otro 50% es agua residual con sulfuro, los niveles de emisión del efluente total serán de 1 mg S²⁻/l y 0,5 mg Cr_{total} /l).</p>	

(****) véase la división de opiniones sobre la recuperación del cromo en la nota (***) de la Tabla 5.2 y véase la división de opiniones sobre el tratamiento separado en la nota (***) de esta tabla.

Tabla 5.3: Mejor técnica disponible para la gestión y el tratamiento del agua

Para todas las técnicas mencionadas en la Tabla 5.3, es preciso decidir en cada caso si desde un punto de vista ambiental y económico resulta más eficiente realizar un tratamiento primario, secundario o incluso terciario, ya sea en la propia curtiduría o en una planta colectiva de tratamiento de aguas residuales. También puede ser eficaz para una curtiduría tratar en sus propias instalaciones una parte del efluente y luego verterlo en una planta depuradora municipal. La eliminación de sustancias concretas de la corriente de aguas residuales, como por ejemplo biocidas, compuestos orgánicos halogenados, tensioactivos y otros agentes de proceso que precisen un tratamiento específico, también deben decidirse caso por caso.

Gestión y tratamiento de residuos

En la gestión y el tratamiento de residuos, la mejor técnica disponible, por orden de prioridad, consiste en:

- ?? prevención
- ?? reducción
- ?? reutilización
- ?? reciclado/recuperación
- ?? tratamiento térmico de determinados tipos de residuos.

El vertido controlado no es la mejor técnica disponible, aunque en algunos casos no existe otra opción.

La producción en una curtiduría genera necesariamente una gran cantidad de residuos, en particular residuos orgánicos. Tanto las fracciones de residuos orgánicos como el resto de residuos se pueden evitar y reducir en gran medida empleando la mejor técnica disponible en las unidades de proceso. Las opciones de reciclado son numerosas y pueden llevarse a cabo dentro y fuera de la curtiduría. Es preciso explotar el potencial de reciclado garantizando la separación de los residuos.

Igualmente importante es la comercialización de residuos como subproductos y la colaboración entre curtidores para que las opciones de reciclado y reutilización sean viables desde un punto de vista económico.

Los residuos que se generan en una curtiduría deben manipularse y almacenarse de manera que se evite la lixiviación, los malos olores y las emisiones a la atmósfera.

En la primera columna de la Tabla 5.4 se indican distintas opciones de reutilización, reciclado/recuperación y tratamiento, y en la segunda columna aparecen las fracciones de residuos que pueden utilizarse para cada opción. La mejor técnica disponible consiste en identificar las oportunidades de implantar estas medidas siempre que sea posible, garantizando así la adopción de las medidas oportunas.

Reutilización/reciclado/recuperación y tratamiento	Tipo de residuo
Producción de cuero	Serrajes
Aglomerado de cuero	Residuos curtidos en general; por ejemplo serrajes, rebajaduras, recortes
Artículos de cuero pequeños, etc.	Serrajes y recortes curtidos
Material de relleno, lana	Pelo y lana
Gelatina y/o cola de piel	Recortes crudos, carnazas y serrajes frescos y encalados
Tripa artificial para embutidos	Serrajes sin curtir
Recuperación de la grasa	Recortes crudos, carnazas frescas y encaladas
Hidrolizado de proteínas	Pelo, recortes crudos y encalados, carnazas frescas y encaladas, serrajes y rebajaduras frescos, encalados y curtidos
Colágeno	Recortes y serrajes encalados
Agricultura y fertilizante	Pelo para el contenido de nitrógeno, residuos procedentes del compostaje y de la digestión anaeróbica, lodos procedentes del tratamiento del agua residual. Los requisitos legales para el uso de los residuos en agricultura exigen un procedimiento de clasificación avanzado y el posterior tratamiento de las distintas fracciones.
Compostaje	Pelo; carnazas frescas y encaladas; serrajes y rebajaduras frescos, encalados y curtidos; grasas y aceite; lodos procedentes del tratamiento del agua residual
Digestión anaeróbica	Pelo; recortes crudos; carnazas frescas y encaladas; serrajes frescos y encalados; grasas y aceite; lodos procedentes del tratamiento del agua residual
Tratamiento térmico	Grasas, mezclas de disolventes orgánicos no halogenados y aceite
Reciclado de disolventes orgánicos	Disolventes orgánicos (sin mezclar)
Regeneración de los filtros reductores de las emisiones a la atmósfera	Filtros de carbón activado
Reutilización y reciclado de los materiales de embalaje devolviéndolos al proveedor a través de un sistema de reciclado apropiado	Contenedores, palés, plástico, cartón

Tabla 5.4: Mejor técnica disponible para la gestión de residuos

Atenuación de las emisiones a la atmósfera

La mejor técnica disponible consiste en evitar los malos olores mediante el control del proceso, un buen mantenimiento y una adecuada manipulación y almacenamiento de los cueros crudos y los residuos, lo que en determinados casos exige la instalación de

filtros, por ejemplo en las plantas de tratamiento de aguas residuales o para las emisiones de COV.

Las mejores técnicas disponibles para impedir las emisiones de sulfuros de hidrógeno, amoníaco, COV y polvo, por ejemplo, se mencionan en la Tabla 5.1, en la Tabla 5.2 y/o en la Tabla 5.3. Además, las medidas siguientes constituyen la mejor técnica disponible para reducir las emisiones de sulfuros de hidrógeno, amoníaco y COV en particular.

- ?? la depuración por vía húmeda, por ejemplo, reduce la proporción de amoníaco y sulfuros de hidrógeno procedentes de las operaciones de desencalado, piquelado y tintura
- ?? la depuración por vía húmeda, la absorción, los biofiltros, la separación criogénica o la incineración reducen los COV generados durante las operaciones de desengrasar, secado y acabado
- ?? la depuración por vía húmeda, la absorción o los biofiltros reducen las distintas emisiones que se producen durante el tratamiento del agua residual

Existen diversas técnicas adecuadas para atenuar una combinación de emisiones. Éste es el caso de la depuración por vía húmeda, que elimina aerosoles, disolventes orgánicos y malos olores. La información recopilada a este respecto es insuficiente para extraer conclusiones sobre la mejor técnica disponible.

Energía

La mejor técnica disponible consiste en registrar el consumo de electricidad, calor (vapor y calefacción) y aire comprimido, sobre todo para las unidades con un consumo más alto, como son las empleadas en el tratamiento de aguas residuales y en los procesos de secado.

Por consiguiente, los operadores necesitan un sistema que supervise el consumo y el rendimiento energético. La escala de dicho sistema debe corresponderse con el nivel de consumo de energía, aunque es preciso tener en cuenta las actividades siguientes :

- ?? registro del consumo energético real, dividido por tipos de energía y usos principales, con la periodicidad que se especifique (por ejemplo, cada hora, cada día, cada semana, etc.)
- ?? generación de indicadores del rendimiento energético (rendimiento histórico o normalización según un indicador de producción/temperatura externa/ocupación de edificios, etc.)
- ?? supervisión del rendimiento energético, inclusive mecanismos que alerten a la empresa de variaciones significativas respecto del rendimiento previsto
- ?? adopción y registro de medidas de investigación y correctoras en respuesta a las variaciones observadas
- ?? notificación de información concisa, adecuada y puntual sobre el rendimiento energético a todas las personas con responsabilidades en materia de gestión energética
- ?? fijación y revisión de objetivos de rendimiento

La información recopilada a este respecto es insuficiente para extraer conclusiones sobre la mejor técnica disponible.

Cierre de curtidurías

En general, la mejor técnica disponible para el cierre de una curtiduría incluye todas las medidas que es preciso tener en cuenta para evitar daños al medio ambiente durante y después del proceso de retirada del servicio. El principal objetivo es evitar todo perjuicio para el medio ambiente en general y el entorno inmediato en particular, mediante una serie de actividades que es necesario llevar a cabo para dejar la zona en condiciones de ser reutilizada posteriormente (según lo que hayan decidido los órganos ejecutivos en cuanto a la ordenación del territorio). Ello incluye las actividades de cierre de la propia planta; la demolición de edificios; la retirada de equipos, residuos, etc.; así como la descontaminación de aguas superficiales, aguas subterráneas, aire y suelo. La información recopilada a este respecto es insuficiente para extraer conclusiones sobre la mejor técnica disponible.

Observaciones finales (capítulo 7)

Nivel de consenso

El presente BREF ha obtenido el respaldo de la mayoría de integrantes del TWG, aunque en tres ocasiones hubo diversidad de opiniones en cuanto a la mejor técnica disponible:

1. La mayoría de miembros del TWG estuvieron de acuerdo en que el reciclado parcial o la reutilización de los licores de piquelado es la mejor técnica disponible, pero los expertos representantes de un Estado miembro y algunos expertos representantes de la industria no respaldaron totalmente esta postura. En su opinión, la mejor técnica disponible es el reciclado parcial o la reutilización de los licores de piquelado, pero con la excepción de las pieles de alta calidad.
2. Los expertos representantes de un Estado miembro y algunos expertos representantes de la industria no respaldan totalmente esta conclusión sobre la mejor técnica disponible en cuanto a la recuperación del cromo. En su opinión, el tratamiento separado de los licores que contienen cromo es actualmente inviable desde un punto de vista económico para muchas curtidurías individuales, sobre todo cuando no se dispone de una planta de tratamiento colectiva especializada.
3. La industria apoya la conclusión de que la mejor técnica disponible es el tratamiento separado del efluente que contiene sulfuro, pero en su opinión también lo es el tratamiento mixto (en la propia curtiduría) del efluente que contiene sulfuro y cromo.

Recomendaciones para el trabajo futuro

Para próximas revisiones del BREF, todos los miembros del TWG y las partes interesadas deberían continuar recopilando información sobre los niveles de actuales de emisión y consumo y sobre el rendimiento de las técnicas que vayan a tenerse en

cuenta para la determinación de la mejor técnica disponible. Asimismo, de cara a la futura revisión es igualmente importante recopilar más datos sobre los niveles alcanzables de emisión y consumo y sobre los aspectos económicos de todos los procesos y curtientes. La información disponible sobre plantas de referencia y rendimientos reales es también escasa, por lo que habría que conseguir los datos que faltan para la revisión del presente documento. Aparte de estos aspectos generales, en el cuerpo del BREF se ha hecho mención de otros ámbitos más específicos sobre los que no hay información disponible.

Recomendaciones para la futura labor de I+D

En el párrafo anterior se señalan muchos aspectos que requerirán atención en el futuro. Gran parte del trabajo que habrá que realizar consiste en recopilar información con el propósito de revisar el presente BREF. Las propuestas sobre la futura labor de I+D se centran en las técnicas identificadas en el presente BREF, aunque éstas son demasiado caras o no pueden utilizarse todavía debido al elevado riesgo de que se estropeen las pieles y/o los cueros. En el capítulo 7 también se comentan varias propuestas de investigación sobre nuevas técnicas para curtidurías, incluidas las que se refieren al agua y los lodos, a los residuos sólidos, al aire y al suelo.

La CE lanza y apoya, mediante sus programa de IDT, una serie de proyectos sobre tecnologías limpias, tratamiento de efluentes, y tecnologías y estrategias de gestión del reciclado, que podría aportar una contribución útil a futuras revisiones del BREF. Por ello, se ruega a los lectores que informen a la Oficina Europea de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (EIPPCB) de los resultados de investigaciones que puedan ser de interés para el tema objeto del presente documento (véase también al respecto el prefacio del documento).