

DEPURACION Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE TENERIAS

Por JAVIER MARTIN RUEDA y JOSE MEDEM SANJUAN,

Alumnos de tercer año.

El presente trabajo, presentado por los autores, alumnos de tercer año en el curso 1954-1955, ha sido galardonado con el premio "Paz Maroto" de nuestra Escuela Especial, y constituye una aportación de gran importancia acerca del tema "Investigación o aplicación que se refieren a Urbanismo, Ingeniería sanitaria u organización y explotación de servicios urbanos", fijado por el creador del premio.

1. Introducción.

Las aguas residuales que proceden de las industrias del curtido se caracterizan por estar muy cargadas de sustancias orgánicas. Frecuentemente contienen, además, sustancias químicas venenosas empleadas en la curtición, como, por ejemplo, sulfuro sódico, sales de cromo y arsénico. Por esta causa pueden producir serios trastornos al verterlas directamente, sin tratamiento previo, a la red local de alcantarillado o a los cursos de agua cercanos al emplazamiento de las tenerías. Corrientemente perjudican la flora y fauna fluvial, llegando incluso a exterminar la riqueza piscícola de los ríos, reducen el contenido de oxígeno de los mismos, aminoran su poder de autodepuración y ocasionan depósitos de cienos. Dado el gran volumen de agua residual procedente de las fábricas de curtidos, se pueden originar en los lugares de vertido malos olores y una fuerte coloración persistente del agua. Debido a las características peculiares de estas aguas, se verifica muy lentamente la autodepuración en las mismas.

Por otra parte, ciertas clases de aguas residuales, procedentes del lavado de pieles, contienen grandes cantidades de bacterias, algunas de las cuales son perjudiciales para la especie humana. Así se encuentran frecuentemente bacilos del ántrax, cuyas esporas son muy resistentes. Dichos bacilos, que son muy difíciles de destruir por cualquiera de los procedimientos de depuración usuales, pueden provocar en el hombre una grave infección de carbunco. Abundan en estas aguas los anaerobios de diversas clases, así como cocos, especialmente estreptococos y estafilococos. Además, la composición de las aguas residuales de tenerías varía mucho, dependiendo del método de curtición empleado.

Los graves inconvenientes del vertido directo de estas aguas residuales, así como las consecuencias peligrosas que puede acarrear, aconsejan la depuración de las mismas la mayoría de las veces, aunque tan sólo sea de una forma basta. En determinados casos,

especialmente en zonas industriales muy congestionadas, llega incluso a ser imprescindible la depuración, ya que si no se producirían graves trastornos en las industrias vecinas. Los organismos oficiales y las entidades competentes de los países más adelantados, conscientes de la importancia de este problema, han tomado medidas para evitar el vertido directo de estas aguas residuales. Así, en Estados Unidos y en Alemania se obliga a las tenerías a depurar sus aguas residuales antes de verterlas a la red de alcantarillado y a los ríos. En España, la Dirección General de Pesca, en su afán de proteger la riqueza piscícola de nuestros ríos, está estudiando el establecimiento de un canon para gravar el vertido directo de las aguas residuales procedentes de tenerías e industrias similares. En las ciudades que disponen de estaciones propias de depuración para sus aguas residuales, no se pueden depurar en ellas las procedentes de fábricas de curtidos, ya que su carácter bactericida podría causar graves perjuicios en los tanques de depuración bacteriana. Además, la composición de estas aguas difiere mucho de la correspondiente a las aguas residuales urbanas. La depuración, además de eliminar los inconvenientes antes enumerados, tiene la ventaja de producir una serie de valiosos subproductos, que pueden contribuir a sufragar parte de los gastos de la instalación depuradora, independientemente de la posible recuperación de una parte de los curtientes empleados.

A continuación se va a estudiar la naturaleza y composición de estas aguas residuales, pasando revista a los distintos procedimientos de depuración.

Se describen los análisis efectuados por los autores en el laboratorio de la fábrica de curtidos de Hijo de Valentín Rueda, S. A., de Segovia, y en los Laboratorios Bacteriológico y Químico del Instituto Provincial de Higiene de Segovia, en colaboración con su personal, detallándose los procedimientos de depuración ensayados en la citada tenería y mencionándose los resultados obtenidos en una estación piloto.

2. Naturaleza de las aguas residuales.

En las tenerías se producen, en cada una de las fases de la elaboración del curtido, aguas residuales de diversas características.

Comúnmente se usan dos métodos fundamentales de curtido, uno a base de tanino, procedente de cortezas de árboles, y otro empleando sales de cromo, denominado curtición mineral.

Las pieles así curtidas pasan a una fase de acabado, tratándose con grasa, lo que da origen a aguas residuales engrasadas, o bien con otros productos a base de cola, caseína y otros productos patentados.

2.1. Agua del remojo.—Procede de un primer lavado para ablandar y dejar las pieles en condiciones de someterlas a las operaciones posteriores. Es la fase de fabricación que consume más agua. Comúnmente a estos trabajos se le denomina trabajos de "ribera". Las aguas procedentes de esta fase contienen barro, sal, excrementos, sangre, grasa, pelo y otras impurezas. Son de color grisáceo y olor desagradable.

Según Mr. Jean, las aguas residuales procedentes de esta fase contienen un 20 a 25 % de sal y 7 a 8 % de materia albuminoidea sulfurada.

2.2. Aguas del pelado.—Son las provenientes de las operaciones de encalar, pelar y lavar. Para pelar se suelen recubrir las pieles, por la carne, de una pasta de cal y sulfuro de sodio. Actualmente, en Alemania, se está intentando pelar con ayuda de enzimas, sobre todo en fabricación delicada, con objeto de un mejor aprovechamiento del pelo o lana.

El agua procedente de esta fase contiene gran abundancia de cal, sulfuro de sodio, resto de pelo y materia orgánica. El pH es elevado, estando comprendido entre 9,5 y 11.

2.3. Aguas procedentes de las máquinas de descarnar.—Por defectos en el desuello, se quedan adheridas a la piel restos de carne y grasa, que se raspan con una máquina especial. Las aguas procedentes de esta operación contienen gran abundancia de restos orgánicos no disueltos en su mayor parte.

2.4. Aguas procedentes de la operación de curtir (tanino o sistema vegetal).—Contienen licores ricos en taninos y son, desde el punto de vista sanitario, las peores por su color, sólidos en suspensión y diluidos y alta d.b.o. (demanda bioquímica de oxígeno). Las pieles lanares se suelen curtir con jugos tánicos procedentes de zumaque y gayula. Las vacunas y equinas, que no se curten a base de cromo, se someten a una curtición con extracto de quebracho, mimosa, valonea, pino, etc., o bien con las cortezas de dichos árboles, lo que se denomina curtición antigua. El agua procedente de estas operaciones presenta grandes dificultades de depuración.

2.5. Aguas procedentes de la operación de curtir (cromo o sistema mineral).—Para la fabricación del box-calf y otros curtidos de calidad, se emplea un licor preparado con bicromato potásico ($\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$), ácido sulfúrico y un reductor (se emplea mucho un producto patentado llamado "reductina", a base de azúcares).

Este licor, de color fuerte verdoso, produce una coloración difícil de eliminar. Los datos de las aguas procedentes de tenerías con curtición al cromo, son escasos. Datos obtenidos en Illinois, señalan una d.b.o. de 79 y 125 p.p.m. de sólidos en suspensión por cada 100 Kg. de cuero tratado. La evacuación es de 11,9 m.³ por 100 Kg. de cuero curtido. Cerca del 95 % del total de la d.b.o., el 85 % de los sólidos en suspensión y 91 % de los sólidos totales, proceden de la ribera.

2.6. Aguas de clarear.—Después de extraídas las pieles de las molinetas (lanares) o de los bombos o noques de corteza (vacunos), se lavan en tinajas llamadas de "clarear". Las aguas procedentes de estas tinajas son de la misma composición que las de las molinetas o bombos respectivos, pero más diluidas.

2.7. Volumen de aguas residuales.—En España (según análisis de los autores en Segovia se han obtenido las siguientes cifras: 0,06 m.³ de agua por kilogramo de sangre de cuero curtido. El consumo es de unos 22 000 m.³ de agua por año y cada 100 obreros con una producción anual de 300 000 Kg. de cuero, lo que representa unos 200 000 Kg. de suela y 80 000 pies de box-calf. En Estados Unidos, 561 tenerías, con una producción de 108 000 000 de Kg. de cuero, han consumido 8 700 millones de litros por año, con una media de 80 litros por kilogramo.

En Alemania se calcula un gasto de 1,5 m.³ por piel grande. Estas cifras dan una idea del enorme volumen de aguas residuales que fácilmente se alcanza en estas industrias.

Estos volúmenes se pueden descomponer como sigue:

En España:

- 1,5 a 2,5 m.³ de agua por cuero, en el pelaje.
- 0,32 a 0,6 m.³ de agua por cuero, en el curtido.
- 0,3 a 0,8 m.³ de agua por docena de pieles lanares, en el pelaje.
- 0,18 a 0,6 m.³ de agua por docena de pieles lanares, en el curtido.

En Estados Unidos:

- 3,63 m.³ de agua por cuero, en trabajos de ribera.
- 1,2 a 2 m.³ de agua por cuero, en trabajos de curtición.
- 0,22 m.³ de agua por docena de pieles lanares, en su curtido.

En Alemania:

- 0,6 m.³ de agua por cuero, en el lavado previo.
- 0,35 m.³ de agua por cuero, en la ribera.
- 0,15 m.³ de agua por cuero, en la curtición.

2.8. *Análisis.*— Los análisis se han hecho de acuerdo con los métodos expuestos en los *Apuntes*

de *Abastecimiento de Agua Potable*, de D. Juan Lázaro Urra, y en la obra de D. José Luis Escario, *Sanearamiento de Poblaciones y Depuración de Aguas Residuales*.

En el cuadro siguiente se exponen, a título de información y comparación, los resultados de unos análisis norteamericanos:

	Volumen dia litros por 10 litros Kg. de cuero	Sólidos totales p.p.m.	Sólidos suspensión p.p.m.	DBO cinco días p.p.m.	Sólidos total por 100	DBO por 100
Remojo (*)	80	12 000	1 200	600	17	5
Encalado (*)	40	27 000	10 000	2 400	19	10
Pelado	25	2 500	1 500	400	1	1
Lavado pelambre	40	2 000	1 200	20	1	1
Descarnado	35	3 500	2 600	800	2	3
Molinetas	200	1 600	450	700	6	15
Balsa flotación	30	300	150	25	0	0
Agua conservación	210	400	100	3	1	0
Taninos gastados (*)	50	27 000	11 500	10 000	23	52
Aguas clarear (*)	40	30 000	1 200	2 000	21	8

(*) Aguas de vertido intermitente.

Se han efectuado cuidadosos análisis bacteriológicos y químicos, que arrojan los siguientes resultados:

Consumo de oxígeno (evaluado con permanganato en medio ácido).— Es bastante variable, oscilando en los análisis efectuados de 800 a 16 000 p.p.m.

Sólidos en suspensión.— En una hora deposita el 7 a 13 % en volumen de un cieno, que contiene 80 % de agua, lo que representa 1 400 a 5 200 p.p.m. o sea casi la totalidad de los sólidos en suspensión del agua residual.

Unos análisis de origen americano dan 2,1 a 2,3 kilogramos de sólidos en suspensión por cuero y 0,2 kilogramos de grasa por cuero.

Acidez.— El pH es muy variable; en la ribera se producen aguas con un pH hasta 11,5, y en los bombos de curtición se llega hasta 1,8.

Nitrógeno.— Los análisis arrojan valores comprendidos entre 25,7 y 325 p.p.m. de nitrógeno.

Análisis bacteriológicos.— Se efectuaron éstos según la técnica del Dr. Manzanete, sembrando en agar 0,01 c.c., 0,1 c.c. y 1 c.c. de agua residual, dando incontables colonias en las dos últimas y en la primera de 10 a 200 colonias, sucediendo que en dos siembras apenas se han obtenido resultados positivos apreciables. Hubo ausencia muy marcada de coli típico y abundancia de anaerobios de diferentes clases, estreptococos y estafilococos.

Varios.— Las aguas de cromo son más bajas en d.b.o., tienen más sólidos disueltos. En los análisis de cromo, hierro, cloruros, etc., se han obtenido datos muy dispersos, no habiéndose efectuado suficientes ensayos para poder sentar una base, por lo cual no se publican los resultados.

3. Depuración.

En los países más adelantados viene siendo obligatorio una depuración más o menos cuidadosa de las aguas residuales de industrias, que pueden producir contaminaciones peligrosas. En el caso concreto de las tenerías, se exige, en algunas naciones, una depuración muy completa. En Alemania, el Estado puede llegar incluso hasta el extremo de ordenar el cierre de una fábrica de curtidos cuyas aguas residuales no reúnan las condiciones requeridas. En Estados Unidos son menos exigentes en este aspecto, autorizándose el vertido de las aguas residuales cuando su pH es el exigido.

3.1. *Procedimientos de depuración.*— El tratamiento que puede darse a estas aguas residuales puede ser físico, químico o biológico, o bien una combinación de éstos. Existen diversos procedimientos para depurar las aguas residuales provenientes de tenerías, siendo su grado de complicación función única de las características exigidas al efluente. Como lo que corrientemente se pretende es que éste tenga un pH fijo y esté exento de la mayor parte posible

de sólidos en suspensión, se suele hacer una depuración primaria. Consta ésta de unos tamices o rejillas para eliminar los sólidos flotantes, el pelo y la carnaza. Los orificios pueden ser circulares, siendo su diámetro óptimo de 2 a 3 mm.

El agua procedente de las distintas fases de trabajo de la tenería, después de atravesar dichos tami-

han de pasar por estaciones depuradoras de poblaciones sin depuración biológica. En Alemania se recomienda mezclar dos partes agua residual doméstica con una parte de agua de tenerías, para que la depuración sea eficaz. Este primer tratamiento requiere la instalación de grandes tanques, válvulas de control y tuberías. En algunos casos es suficiente, por ejem-

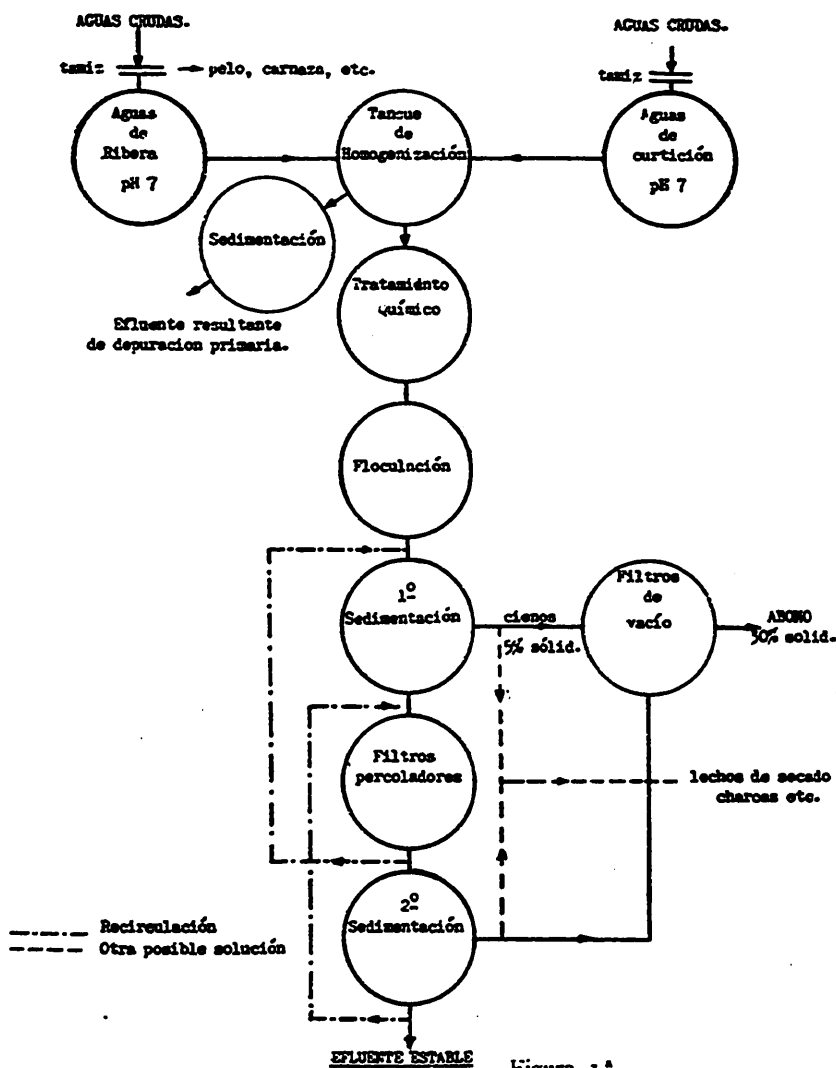


Figura 1.ª

ces, pasa a un tanque ácido o alcalino, según su pH. De estos tanques se toman las cantidades precisas para que, una vez mezcladas en un tanque de homogeneización, queden con un pH comprendido entre 6,9 y 7,2. En dicho tanque se produce una sedimentación, favorecida por las reacciones químicas entre las aguas de los dos tanques previos.

Esta depuración primaria deja las aguas en condiciones de ser vertidas, o bien a corrientes cuya utilización no es inmediata, o bien a caudales que

plo, en aguas débilmente contaminadas. pudiéndose separar de las aguas que deban sufrir un tratamiento posterior.

Otro procedimiento más eficiente consiste en someter el efluente procedente de la depuración primaria a un tratamiento químico posterior. Comprende éste una floculación seguida de sedimentación, aireación y filtración. Como las reacciones químicas de las diferentes aguas residuales difieren unas de otras según su composición, la coagulación óptima

tendrá lugar sólo cuando las aguas estén mezcladas de forma homogénea. Esta homogeneización favorece, además, la sedimentación, especialmente en los casos en que se emplee precipitación química, reduciéndose mucho la adición de coagulantes. Se emplean como tales ácido sulfúrico o dióxido de azufre y alúmina o cal, o ambos, gases de calderas y cloruro férrico o ácido sulfúrico férrico. La aireación se facilita por medio de unos filtros percoladores, seguidos de unos filtros de arena, que reducen notablemente la d. b. o y eliminan casi por completo el color. Con los filtros percoladores se ha conseguido reducir los sólidos en suspensión en un 75 a 90 %, la d. b. o. en un 65 a 75 % y el color en un 15 a 70 %. Puede realizarse también la aireación en los tanques después de la sedimentación, necesitándose, según el Sr. Escario, 36,94 litros de aire por litro de agua, lo que representa 45,57 CV. por 1 000 m.³ de agua diarios.

La instalación ha de estar completamente exenta de hierro, pues el ácido tánico produce, en contacto con él, un efluente teñido de un color negro persistente. El tratamiento posterior es preciso realizarlo cuando las aguas van a ser vertidas en corrientes con aprovechamientos próximos para abastecimientos de agua potable, usos industriales o cuando se incorporen a las aguas residuales de una población que tenga establecida depuración biológica.

El sistema de depuración por cienos activos no ha tenido éxito en el tratamiento de las aguas de tenerías, por ser un procedimiento más bien delicado y dañarse fácilmente los lechos bacterianos.

Los cienos de las tenerías son difíciles de aislar como tales con bajo porcentaje de agua, por su alto contenido en cal. No se pueden incorporar a tanques de digestión normales, pues su elevado pH detiene la digestión. Estas aguas pueden ser almacenadas en charcas o lagunas, pero solamente puede hacerse esto en áreas estériles, pues eliminan toda flora o fauna que esté en contacto con dichas aguas.

En la figura 1.^a se indica un esquema de la depuración de las aguas procedentes de tenerías, dependiendo del grado de pureza deseable en el efluente la adopción de todas o parte de las fases apuntadas.

El tratamiento primario antes expuesto ha tenido éxito en todos los casos que se ha empleado. El tratamiento posterior es mucho más efectivo que el primario, pero más caro y delicado.

Un tratamiento recientemente adoptado en Alemania y que al parecer da excelentes resultados, consiste fundamentalmente en hacer borbotear en el seno del agua residual gases procedentes de la combustión (CO₂), neutralizando la acidez con cal. Se produce un depósito de bicarbonato cálcico (CO₃Ca), que arrastra consigo sólidos en suspensión y bacterias.

3.2. *Funcionamiento de la estación piloto.* — Durante los meses de julio y agosto últimos han estado

funcionando en la fábrica de curtidos de Hijo de Valentín Rueda una estación piloto depuradora, en la que se han ensayado métodos de depuración, coagulantes y sus concentraciones.

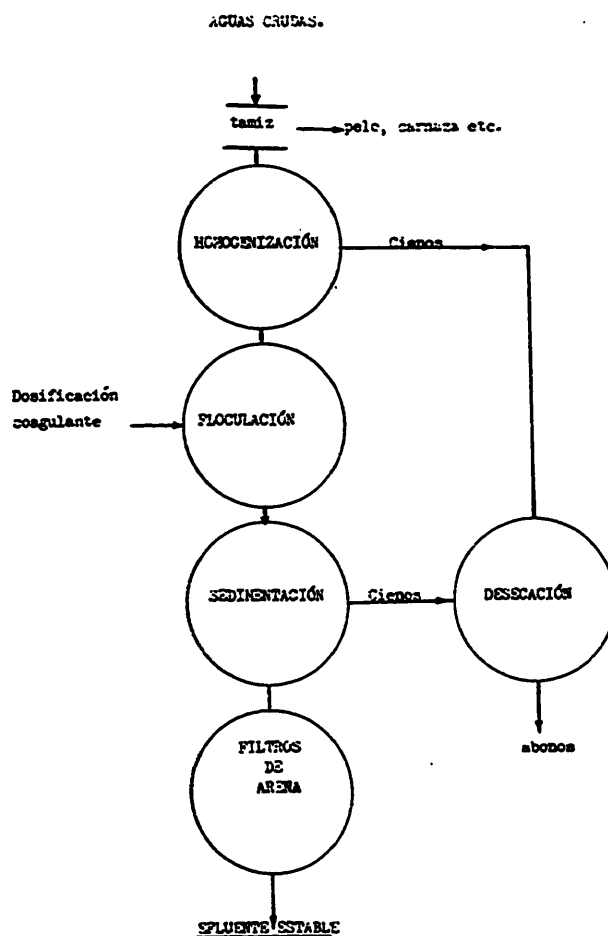


Figura 2.^a

En la figura 2.^a se indica el esquema con las fases de que consta. Se han tratado en dicha estación piloto aguas residuales de las diferentes fases aisladas y mezcladas en diferentes proporciones.

Se ha observado que la alúmina coagula bien con pH elevado, para lo cual, añadiendo amoníaco hasta que el pH sea de 7,7, se logran unos coágulos blancos de gran tamaño, resultando el sedimento desecado un excelente abono amoniacal. Este método tiene el inconveniente de que el amoníaco es relativamente caro. También se ha empleado cloruro férrico (Cl₃Fe), que da excelentes resultados con efluentes de pH inferior a 6,5. Pero su uso es peligroso, pues dosificado en exceso, lo que se nota por el color ligeramente amarillento del agua, es venenoso para hombres y animales. Cuando se emplea por defecto, el líquido que resulta queda con un color ligeramente oscuro y sedimenta mal.

Los cienos procedentes de estas sedimentaciones, evacuados por presión hidráulica, se desecan fácilmente y sirven, una vez pulverizados, como abono. La desecación puede hacerse primeramente en filtros de vacío y después en eras, o también en recipientes planos instalados en los mismos secaderos de las pieles, pero con aire lo más seco posible.

Los filtros de arena se construyeron con grava granítica de 1 a 2 cm., encima de la cual se colocaron dos capas de arena silicea lavada de 0,4 a 1 cm. y de 1 a 3 mm., respectivamente.

El rendimiento de estos filtros fué excelente, obteniéndose, con cargas de 40 cm., producciones entre 7 y 12 m.³ por m.² y día, dependiendo este rendimiento de las condiciones en que se efectúa la coagulación.

4. Aprovechamiento de subproductos y recuperación de curtientes.

Como ya se apuntó antes, la depuración de las aguas residuales provenientes de tenerías produce una serie de subproductos, que o bien encuentran aplicación en la misma fábrica de curtidos o bien son el punto de partida para obtener otros productos en diversas industrias. Independientemente de estos subproductos, se consigue también una recuperación parcial de ciertos curtientes, lo que supone una considerable economía, dada la valía de estos productos químicos.

4.1. Aprovechamiento de subproductos. — Corrientemente, en los tratamientos de estas aguas residuales se recoge el pelo y la carnaza en los tamices de los filtros previos. El pelo o borra, una vez lavado a fondo para quitarle la cal y demás impurezas, y después de secado, se puede emplear para fabricar fieltros y llenado de mullidos. La carnaza o restos de piel tiene aplicación en la fabricación de cuero artificial, mezclándola con caucho y prensándola. También puede emplearse para fabricar colas, por tener un 45 a 60 % de gelatina, debiéndose utilizar en tripa y sin fermentaciones.

Las aguas procedentes de la curtición, ricas en taninos, se evaporan, vendiéndose el residuo como compuesto para calderas de vapor. Por otra parte, el tanino preserva los toneles, mejorándolos notablemente. Por ello los vinateros emplean para lavarlos el agua procedente de tenerías.

La corteza, una vez usada en la curtición, se utiliza para fabricar albayalde y en fábricas de papel. Frecuentemente se emplea también para cubrir pistas de circos y de carreras. Constituye, además, un excelente combustible. Según Edmont Nivoit y Eduard, las cortezas de árboles que, después de usadas en tenerías contienen hasta un 80 % de agua, se quedan sólo con un 20 a 30 % una vez secadas

al ambiente. Su poder calorífico, con un 30 % de agua, es de unas 2 400 cal., es decir, 1 000 Kg. de corteza equivalen a 300 Kg. de hulla.

Como ya se ha mencionado, las aguas residuales del primer remojo, es decir, las de lavado y rendido, contienen de 20 a 25 % de sal, y de 7 a 8 % de materia albuminoidea sulfurada. El tratamiento ideal sería la ebullición, con el fin de coagular dichas materias albuminoideas que, una vez separadas por un tamiz, prensadas y secadas, sirven para abono. La salmuera, libre de dichas materias, después de mantenerla en calderas planas, dejándola secar una vez hervida, sirve de nuevo para salar pieles.

Por otra parte, tratando con ácido sulfúrico los restos de cuero y pelo, recogidos en los filtros primarios, se produce un buen fertilizante. Los cienos procedentes de los tanques de sedimentación, sometidos a una desecación previa, se convierten en una pasta oscura rica en nitrógeno, pudiendo servir como abono. Si se llega a su desecación total, se puede pulverizar y envasar en sacos.

4.2. Recuperación de curtientes. — Dada la actual carestía de productos curtientes, resulta interesantísimo, desde el punto de vista económico, la recuperación de dichos jugos, aunque tan sólo sea parcial.

Como anteriormente se dijo, la curtición mineral se efectúa por medio de sales de cromo. Se prepara un licor por medio de bicromato potásico ($\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$), ácido sulfúrico (SO_4H_2) y un reductor para ajustar el pH, empleándose normalmente productos orgánicos patentados.

Para recuperar parcialmente estas sales de cromo, se llevan las aguas procedentes de esta fase a unos depósitos de paredes anticorrosivas (de plomo, por ejemplo). Se añade lechada de cal para elevar el pH, hasta que el conjunto quede de un color verdoso claro, dejándose por lo menos veinticuatro horas en reposo. Se forma así un precipitado, que se vuelve a aprovechar. El agua que sobrenada es limpia, pudiéndose verter sin más tratamiento al colector o incorporar a la depuración, caso de que ésta haya de ser más perfecta.

A la pasta que queda se le añade ácido sulfúrico, quedando por una parte un precipitado de sulfato cálcico (SO_4Ca), que no tiene aprovechamiento, y un licor verdoso, compuesto de sales de cromo, que se utiliza para una nueva curtición. Esta recuperación puede proporcionar un ahorro de un 50 a 60 % de bicromato, que al precio actual de 40 pesetas el kilogramo, representa una gran economía. El empleo de jugos tánicos en ciclo cerrado, innovación recientemente introducida en algunas tenerías, constituye un ahorro notable de divisas en el caso particular de España, ya que la totalidad de los extractos de quebracho son de importación. Consiste este procedimiento en recoger los jugos tánicos en depósitos, y después de añadir el extracto correspondiente al ta-

nino gastado, bombearlos de nuevo a los bombos, para su posterior utilización. Es preciso que en la instalación no existan partes de hierro, pues el ácido tánico da origen al tanato de hierro, que mancha de negro las pieles. En los tanques de recogida de los jugos tánicos, los autores han ensayado un método de sedimentación, con salidas a distinto nivel, eliminándose así la mayor parte de los sólidos en suspensión.

5. Resumen.

De todo lo expuesto se deduce que la depuración de aguas residuales procedentes de tenerías es necesaria por razones de salud pública, higiene y estética, y que esta depuración ha de llevarse a cabo en instalaciones diferentes de las estaciones depuradoras de aguas domésticas, ya que su tratamiento ha de ser distinto al de éstas y porque, además, pueden dañar a los lechos bacterianos. La rentabilidad de estas instalaciones es problemática, pero en ningún caso puede llegar a constituir un peso lo gravamen para las tenerías. En el caso concreto de una fábrica de curtidos media o grande, con una nómina superior a 100 empleados, puede afirmarse, sin temor a equivocación, que las ventas de carnaza, pelo y abono, sin contar con la utilización de la corteza como combustible, produce lo suficiente para pagar el man-

tenimiento autónomo de la estación, pero sin llegar a amortizar las costosas instalaciones de la estación depuradora. La recuperación del cromo y el empleo de taninos en ciclo cerrado es independiente de la estación depuradora, y su rendimiento económico está asegurado mientras que persistan las actuales circunstancias.

Antes de finalizar quisiéramos expresar nuestro agradecimiento a los directivos y técnicos de la Empresa Hijo de Valentín Rueda, S. A., así como al personal especializado del Instituto de Higiene de Segovia, sin cuya colaboración eficaz no hubiera sido posible este trabajo.

6. Bibliografía consultada.

- BESSELIÈVRE, E. B.: *Industrial Waste Treatment*.
ESCARIO, J. L.: *Saneamiento de poblaciones y depuración de aguas residuales*.
LÁZARO URRÁ, J.: *Apuntes de abastecimientos de agua potable*.
MANZANEQUE, Dr.: *Análisis bacteriológico de aguas*.
MEYER, LANGBEIN y MÖHLE: *Trinkwasser und Abwasser in Stichwörtern*.
RAZOUS, P.: *Les déchets et sous-produits industriels. Recuperation et utilisation*.