

MONOGRAFÍA DE ESPECIALIZACIÓN

**EVALUACIÓN DE PIGMENTOS Y DEMÁS CONTAMINANTES DE LOS
VERTIMIENTOS DE LAS CURTIEMBRES Y PROCESADOS DEL CUERO**

POR

JORGE L. DAZA B.

Postgrado: Especialización Química del Agua

Fecha: 28 de octubre

ESCUELA DE POSTGRADO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

1995

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	1
HISTORIA	2
1. PROCESOS Y OPERACIONES EN LA FABRICACIÓN DE LOS CURTIDOS	7
1.1. LA PIEL	8
1.1.1. Estructura de la piel	8
1.2. CONSERVACIÓN	9
1.3. REMOJO	9
1.3.1. Tratamiento mecánico	10
1.4. PELAMBRE: DEPILAR Y AFLOJAR LA ESTRUCTURA	11
1.5. DESCARGADO Y DIVIDIDO	12
1.6. DESENCALLADO	13
1.7. PURGA O RENDIDO	14
1.8. PIQUELADO Y CURTICIÓN AL CROMO	14
1.8.1. Principales Tipos de Curtición	16
1.9. ESCURRIDA Y RELABADA	16
1.10. RECURTICIÓN	17

1.10.1.	Recurtición Con Cromo	17
1.10.2.	Recurtición Con Aldehidos	17
1.10.3.	Recurtición Vegetal	17
1.10.4.	Recurtición Sintética	17
1.10.5.	Recurtición Reslnica	18
1.11.	TEÑIDO	18
1.12.	ENGRASE	19
1.13.	SECADO	19
1.14.	ACONDICIONADO	20
1.15.	ACABADO	21
1.15.1.	Clases de Acabado	21
1.16.	PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA OPERACIÓN DE PIQUELADO	22
2.	ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS VERTIDOS DE LAS CURTIEMBRES	24
2.1.	DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA	27
3.	CAUSAS Y EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LOS RECURSOS RECUERDOS HÍDRICOS	29
3.1.	PROCESO DE AUTOPURIFICACIÓN EN LOS RECURSOS HÍDRICOS	29
4.	EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES EN LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE	31

4.1.	CROMO Cr	31
4.1.1.	Ocurrencia	32
4.1.2.	Toxicidad	32
5.	REGLAMENTACIONES Y NORMAS DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL	36
6.	MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES	37
6.1.	PARÁMETROS FÍSICOS	39
6.1.1.	Turbiedad	39
6.1.2.	Color	41
6.1.3.	Temperatura	42
6.2.	PARÁMETROS QUÍMICOS	43
6.2.1.	No específicos	43
6.2.1.1.	Alcalinidad	43
6.2.1.1.1.	Coagulación	46
6.2.1.1.2.	Ablandamiento	46
6.2.1.1.3.	Control de Corrosión	46
6.2.1.1.4.	Cambios de pH durante la aireación de un agua	46
6.2.1.2.	Acidez	47
6.2.1.3.	pH	49
6.2.1.4.	Sólidos	51
6.2.1.4.1	Sólidos sedimentarios	51

010

6.2.1.4.2. Sólidos suspendidos	52
6.2.1.4.3. Sólidos volátiles	53
6.2.1.4.4. Sólidos disueltos	54
6.2.1.4.5. Sólidos totales	55
6.2.1.5. Contenidos de materia orgánica	55
6.2.1.5.1. Demanda química de oxígeno (DQO)	56
6.2.1.5.2. Demanda bioquímica de oxígeno	58
6.2.1.5.3. Oxígeno disuelto	61
6.2.2. Específicos	65
6.2.2.1. Cloruros	65
6.2.2.2. Cromo	67
6.2.2.2.1. Cromo trivalente	67
6.2.2.2.2. Cromo ⁶⁺ hexavalente	70
6.2.2.3. Azufre	71
6.2.2.3.1. Sulfato	71
6.2.2.3.2. Sulfuros	72
6.2.2.4. Nitrógeno	74
6.2.2.4.1. Nitrógeno orgánico	76
6.2.2.4.2. Nitratos	77
7. RECOMENDACIONES	79
7.1. PROCESOS CON ÁCIDOS MULTICARBÓNICOS O SUS SALES	80

7.1.1. Recirculación directa de baños residuales	81
7.1.1.1. Separación y recirculación del Cromo	82
7.1.1.2. Productos químicos para flocular el Cromo	87
7.1.1.3. Separación del lodo con hidróxido de Cromo	84
7.1.1.4. Disolución del lodo con hidróxidos de Cromo	84
7.1.1.5. Recuperación de Cromo y rehuso	85
7.2. OXIDACIÓN CATALÍTICA DE SULFURO	88
7.2.1. Precipitación con sulfato de hierro	88
7.2.2. Tratamiento de humo	89
7.2.3. Recuperación del sulfuro	89
7.2.4. Método de oxidación	89
7.2.4.1. Cantidad necesaria de oxígeno químico	92
7.2.5. Tratamiento del baño residual del curtido	92
7.2.5.1. Praestroles	95
7.2.5.1.1. Preparación de una solución madre	97
7.2.5.1.2. Preparación de una solución de empleo	98
7.2.6. Tratamientos de otras aguas	98
7.3. USAR LA MENOR CANTIDAD DE AGUAS Y REACTIVOS	99
PROPUESTAS	100
CONCLUSIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	111

LISTA DE TABLAS

		Pág
TABLA No. 1.	CONTAMINACIÓN PARA CURTIEMBRES DE MIL PIELES/DÍA	28
TABLA No. 2.	BALANCE DE MASA DE REMOJO DE CUERO REBAJADO	108
TABLA No. 3.	RESULTADOS PLANTA DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS EN EL VALLE DEL CAUCA	109

LISTA DE FIGURAS

	Pág
FIGURA No. 1. EMISIÓN DE A AGUAS RESIDUALES EN UNA CURTIEMBRE	23
FIGURA No. 2. RECUPERACIÓN DEL CROMO Y REHUSO	86
FIGURA No. 3. ESTRUCTURA DE UNA MOLÉCULA ANIÓNICA	96
FIGURA No. 4. PREPARACIÓN DE UNA SOLUCIÓN MADRE	97

INTRODUCCIÓN

El efluente líquido de curtiembre, se caracteriza por una elevada concentración de componentes orgánicos e inorgánicos y sólidos suspendidos, presenta además un color oscuro y olor desagradable. Entre las sustancias inorgánicas contaminantes los sulfuros y las sales de cromo (III) siempre reciben especial atención debido a que son nocivas para tratamientos biológicos de purificación, para los cuerpos receptores cuando el efluente se descarga sin ningún tratamiento, en el caso especial del sulfuro, para la salud de los operarios de los curtiembres y aquellos que trabajan en plantas depuradoras.

Una forma racional de abordar el problema de como reducir la carga de contaminante, es considerar a la contaminación desde el momento en que se origina en las distintas etapas de la fabricación.

Hoy la industria curtidora tiene diferentes sistemas para el tratamiento de sus aguas, esto depende principalmente de las condiciones de cada fábrica, así mismo teniendo en cuenta las exigencias del gobierno de cada país, frente a la necesidad de tener que elegir una tecnología, deberá optarse por la que más

conviene el problema que debe resolver y que no necesariamente deberá ser ésta la más moderna. La solución no está en manos de profesionales consultores responsables de los proyectos de sistemas de purificación, ni del responsable de los procesos de sistemas de fabricación, sino de un grupo interdisciplinario que dé la respuesta óptima para el caso en estudio que de ninguna manera será una solución generalizada.

Es evidente que nadie pueda responder, genéricamente hablando, sin antes estudiar las condiciones particulares en cada caso, como:

- Tamaño de la curtiembre
- Tecnología de producción
- Ubicación
- A donde descarga sus vertimientos
- Situación y uso de las aguas a las cuales descarga
- Exigencias de las entidades encargadas del manejo y administración del recurso hídrico.

En éste trabajo se presentan derroteros que puedan implementarse en el tratamiento de los afluentes para disminuir la contaminación y asegurar la existencia en los mismos, las alternativas expuestas son el resultado de los planteamientos de diversas dependencias, organismos empresariales e

institutos de investigación basado en las experiencias de industriales, que han probado ser factibles para empresas de varios tamaños y características.

HISTORIA

Desde el tiempo primitivo el hombre se ha preocupado de aprovechar las pieles de los animales que cazaba, de ésta manera se empezó y las experiencias se transmitieron a través de los siglos y en todas las partes del mundo se desarrollaron nuevas técnicas, a menudo sin tener ninguna relación entre sí.

Es así como el cazador primitivo llegó a mascar la piel sin pelo, hasta que obtuvo conocimiento seguro prescindiendo relaciones entre muchas generaciones, descubriendo el método más antiguo de la curtición.

La curtición con grasa probablemente debió surgir hace 200 ó 300 mil años y es uno de los primeros descubrimientos de la humanidad. Es muy probable que fueran los sacerdotes los que se dedicarían principalmente al aprovechamiento de las pieles, ya que después de sacrificar los animales que llevaban les quedaban siempre las pieles, conocían los principios médicos y el poder conservador de muchas sustancias de sabor amargo, es posible que

fueran los primeros en teñir de rojo las pieles depiladas con los extractos de la corteza vegetal.

En las primeras culturas de los Sumerios, Babilonios, Asirios y Egipcios se conocía la curtición vegetal y también la curtición con alumbre, se conocía que las pieles deshidratadas con alumbre se conservaban mejor. Herodoto nos cuenta que la mezcla cristalizada de soda cáustica, sal común y sal de Glauber eran los deshidratantes y como curtientes utilizaban alumbre, hierbas ricas en aceites esenciales, resina y esencia de cedro.

La receta de tintura más antigua que ha llegado a encontrarse, se encuentra en una tabla de piedra de Babilonia del tiempo de Sargón II (hacia 721- 705 a.c) y dice:

"Debes tomar una piel del toro intentar ablandarla con agua que contenga harina "nisaba" pura, cerveza y vino, después de ponerla en grasa pura de toro enriquecida con aromas extraídos de las plantas y tratarla con harina de trigo, harina de "Bitga", harina de "Kurru", la pones en nueces de agallas y en la piedra del país de los Hititas (alumbre) y con esta piel puedes cubrir el metal de tu tambor".

En Egipto, según el investigador turinés: E. Schia Parelli, en las excavaciones Ghebelen (Alto Egipto) encontró un verdadero taller de curtición: Trozos de piel, cueros medios terminados y utensilios de trabajo, así como también "Acacia Nilótica" de donde se obtiene el curtiente para la fabricación del cuero. En Sudan todavía se encuentra este tipo de curtientes, de esto se puede decir que el curtidor colocaba las pieles depiladas una encima de otra en fosas una detrás de otra hasta un metro y medio de profundidad entre capas de vainas de curtientes desmenuzadas durante años, la humedad disolvía paulatinamente el curtiente de las sustancias vegetales y lo introducía en las pieles. En Egipto también se utilizó, la curtición con grasa y con alumbre que se conoció como curtición glasé.

1. PROCESOS Y OPERACIONES EN LA FABRICACIÓN DE LOS CURTIDOS

Con el fin de identificar los diferentes procesos que se llevan a cabo en una curtiembre y poder determinar donde se generan los mayores volúmenes de agua residual y su contaminación se hace breve descripción del proceso.

Secuencia del proceso:

Pieles frescas, conservación, remojo, pelambre o depilación, descamado, desorillo limpieza.

Clasificación por calidades o espesores, dividida en tripa, flora y camaza, desencalado, purga, píquelado y curtición - reposo - clasificación - escurrido - rebajado - recurtición -teñido y engrase - secado ablandado o acondicionado - terminación o acabado - clasificación - medida - empaque.

1.1. LA PIEL

1.1.1. Estructura de la piel.

- **Pelo o lana:** Representa aproximadamente 1% del espesor.
- **Epidermis:** Total de la piel en bruto.
- **Flor del Cuero:** Se eliminan en el pelambre o embadurnado
- **Dermis:** Representa aproximadamente el 85% del espesor total de la piel en bruto, el material aprovechable para la fabricación de curtidos.

Endodermis: Representa aproximadamente 15% del espesor total de la piel en bruto, se elimina en los trabajos mecánicos de ribera.

Una piel animal fresca (temperatura ambiente) no puede estar generalmente más de 24 horas sin tratar antes de experimentar deterioros o daños considerables.

El indicio de la putrefacción puede identificarse de varias formas:

- Por aflojamiento del pelo.
- Por olor.

- Por cambios en el pH.
- Por aumento en la temperatura.
- Por determinación de nitrógeno soluble y por coloraciones.

1.2. CONSERVACIÓN

Su objetivo principal, es deshidratar las pieles para evitar el desarrollo y ataque microbiológico, se deben enfriar, lavar, salar. El tratamiento con salmuera es más eficaz, predescarnar para eliminar la carne y la grasa.

Para la conservación por largo tiempo es necesario disminuir el contenido en líquidos, es decir, drenar la salmuera y salar posteriormente después de la conservación con salmuera.

1.3. REMOJO

La finalidad del remojo es devolver a las pieles la humedad que tenían cuando estaban en el animal, a su estado de hinchamiento natural y eliminar suciedades proteínas y agentes de conservación.

1.3.1. Tratamiento mecánico: Aumento de la temperatura, posible hasta 20°C, por encima es peligroso por el aumento proporcional de la actividad bacteriana.

Reforzando con productos alcalinos, en pieles secas: Se recomienda agregar soda cáustica (NaOH), generalmente de 0.1 a 0.3% porque no provocan la inmunización del pelo por álcali, sirve para aumentar ligeramente el pH (10.5-11) del agua de remojo sin provocar hinchamiento visible, pero favoreciendo una abertura ligera de la piel.

Con productos químicos ácidos, (Ácido Fórmico) con adición de sal común (NaCl), ya que ciertas proteínas de la piel tienen mayor solubilidad en solución salina débil, que en agua pura.

Con auxiliares humectantes o tensoactivos, para conseguir cueros blandos, lisos y con flor limpia se necesita un remojo profundo y un pelambre atravesado.

Cuando se completa el remojo las pieles deben lavarse con agua limpia para remover excesos de sal, mugre y sangre.

1.4. PELAMBRE: DEPILAR Y AFLOJAR LA ESTRUCTURA

Su finalidad es remover el pelo, la epidermis y ciertas proteínas solubles, aflojando las fibras del colágeno y saponificando parcialmente la grasa natural de la piel.

El poder, depilante depende de las concentraciones de iones sulfuros y los iones hidroxilos (OH).

1.4.1. El proceso:

- Solo con sulfuro: Es insuficiente, la piel se hincha fuertemente y se origina una contracción irreversible de la ésta.
- Solo con cal (Ca (OH)_2): Esta supone una reserva de álcali, aportando suficiente OH, logrando que no sea excesivo el hinchamiento de la piel con la desventajosa contracción de la flor en la zona de flancos y cuello.
- En combinación- (Sulfuro-cal).
- Con Na_2S (sulfuro de sodio) y cal, la más utilizada en nuestro medio.

- Con Na SH (sulfhídrido sódico) y cal, permite mantener la concentración de la flor entre unos límites tolerables.
- También se usa la combinación con clorito sódico y ácido.

Éstos agentes depilantes tienen doble propósito:

- Destruir el cabello de la piel
- Atacar la epidermis
- Remover ciertas proteínas solubles en la piel.

Por lo tanto para cumplir favorablemente con éstos propósitos se deben de controlar las variables: Temperatura del agua, el efecto mecánico y la concentración de los productos químicos.

1.5. DESCARGADO Y DIVIDIDO

Su función es limpiar, removiendo mecánica o manualmente los residuos de carne y sustancias, grasas dejadas en el degüello del animal, tomando un

calibre espesor de las pieles a un valor próximo al del cuero que se desea terminar.

De ésta operación se obtiene la carnaza y la piel en tripa.

1.6. DESENCALADO

Elimina los restos de la cal y productos químicos alcalinos, la cal incorporada se elimina mecánicamente, la cal absorbida por capilaridad y la combinada por acción química durante el pelambre, se elimina por transformación en sales fácilmente solubles.

Es necesario deshinchar las pieles bajando el valor del pH a un punto propio (7.5 - 8.5) para que éstas reciban la purga.

El desencalante usado normalmente es el sulfato de amonio, o ácido orgánico tamponado que da una piel bastante sostenida y llena. También se usa el acetato de amonio que da una piel más suelta y más suave.

1.7. PURGA O RENDIDO

Permite la entrada de los materiales curtientes. También por la acción que ejerce sobre el material interfibrilar (proteínas globulares) y sobre las grasas; la purga efectúa una limpieza final de las pieles.

El valor del pH debe estar entre 7.5 - 8.5 y temperatura de 32 y 36 °C.

Los productos más usados son:

- Las proteasas (enzimas que actúan sobre proteínas).

Ejemplo: Proteasas pancreáticas (tripsina), proteasas de hongos, proteasas bacterianas.

1.8. PIQUELADO Y CURTICIÓN AL CROMO

Su cualidad es ajustar, el pH a un valor entre 3.0 y 3,4 para conseguir una buena acción de los agentes curtientes.

Requiere la presencia de sal (NaCl), que regula la presión osmótica impidiendo un hinchamiento ácido de la piel.

El piquelado hace posible que la distribución de los curtientes minerales sea más, uniforme a través del corte del pelo.

Sino se piquelaran las pieles, el Cromo debido al elevado pH de la piel, se fijaría superficialmente sin ninguna penetración, debe tenerse en cuenta que una solución de sulfato de Cromo básico a un pH de 5 a 5.5 precipita.

La finalidad de la curtición es convertir la piel en un material estable NO putrescible.

La conversión de la piel en cuero origina:

- Estabilidad frente a la degradación enzimática y aumento de la resistencia frente a productos químicos.
- Disminución o anulación de la capacidad de hinchamiento.
- Aumento de la temperatura de encogimiento y estabilidad al agua caliente.
- Aumento de las propiedades de resistencia.
- Disminución de la densidad por alejamiento de las fibras.
- Disminución del encogimiento en volumen, superficies y grosor.

- Aumento de la porosidad de las fibras de colágeno.

1.8.1. Principales Tipos de Curtición:

- Poliaromática (vegetal/sintética)
- Mineral (al cromo, al aluminio, al zirconio, sales de titanio, sales de hierro, mista, los glutaldialdehidos, etc.)
- Alifática (con aldehido, con resinas, como pre o recurtición, con aceite de pescado).
- Curticiones combinadas.
- Existen nuevos recurtientes acrílicos con poder engrasante llamados syntanes acrílicos lubricantes (SAL), para la era de los años 90's.

1.9. ESCURRIDA Y RELABADA

Remover el exceso de humedad en el material curtido para facilitar su manipulación y operación en la rebajada.

Esta operación también comprime el cuero por debajo de su espesor natural.

La rebajada es dar a los cueros el calibre de espesor según el artículo que finalmente se desea obtener.

1.10. RECURTICIÓN

Es darle al cuero otras propiedades según él, o los recurtientes utilizados.

1.10.1. Recurtición Con Cromo: Proporciona una blancura especial, una flor lisa, fina y favorables propiedades tintoreas. Cuando es solo con cromo produce cueros demasiado elásticos.

1.10.2. Recurtición Con Aldehidos: Efectos ablandantes, rellenantes y eleva resistencia a los álcalis y al sudor. Sirve e iguala los tonos en el teñido.

1.10.3. Recurtición Vegetal: Mejora la firmeza de la flor y la aptitud del grabado y el esmerilado, rellena los cueros y da resistencia al desgarre.

1.10.4. Recurtición Sintética: Da resultados óptimos al lograr un balance en el uso de ellos. Son combinaciones de recurtientes minerales, vegetales, etc.

1.10.5. Recurtición Resínica: Empleada sola, da un tacto lleno semejante a la goma, muy semejante a la recurtición del cromo, pero con un carácter plástico mucho más fuerte.

1.11. TEÑIDO

Su acción es dar color a los cueros con anilinas. Primero se curte y se recurte para minimizar cualquier factor que desuniforme el teñido.

Los colorantes más usados son:

- Colorantes ácidos, penetran fácilmente.
- Colorantes metalizados, teñido en capas.
- Colorantes directos, teñido superficial, dan colores profundos.
- Colorantes básicos, teñido superficial, dan tonos brillantes.

1.12. ENGRASE

Su fin es lubricar las fibras deshidratadas por la curtición recubriéndolas con una capa de grasa que hace de nuevo y blando al cuero dándole flexibilidad, extensibilidad, resistencia al desgarre, impermeabilidad y permeabilidad al aire y al vapor de agua.

Las sustancias engrasantes más importantes son:

- Grasas biológicas
- Productos grasos no biológicos: Parafinas, oleofinas, aceites minerales, etc.

1.13. SECADO

Secar el exceso de agua del cuero, hasta alcanzar un equilibrio.

Existen varios métodos:

- Colgado al aire (más usado).
- Templado (más útil y mejor).

- Al vacío (para la lisura de la flor).
- Por empastado (más útil y mejor).
- Mixto.

1.14. ACONDICIONADO

Imparte suavidad al cuero, aprovechando los lubricantes y auxiliares fijados en las fibras.

Esta es la fase preparatoria del acabado, en general consta de:

- Humectación.
- Suavizado y ablandado.
- Secado y estirado (templado).
- Esmerilado (corrige errores en la flor).
- Impregnación.
- Pulido (para cueros impregnados).

1.15. ACABADO

Protege y embellece el cuero. Debe conferir un color y llenura sin crear una doble flor, impartir una apariencia desde mate hasta brillante según el caso y dejarse limpiar.

1.15.1. Clases De Acabados:

- Húmedo (engrase hidrofugante y colorante de gran solidez a la luz).
- Graso o Ceroso.
- Pigmentado liso (compuestos por cubrientes de pintura y lacas).

Pigmentado semicontrastado

Pigmentado contrastado

Se cogian las lacas coloreadas y con anilinas.

Metalizado (es pigmentado y recubierto con lacas).

1.16. PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA OPERACIÓN DE PIQUELADO

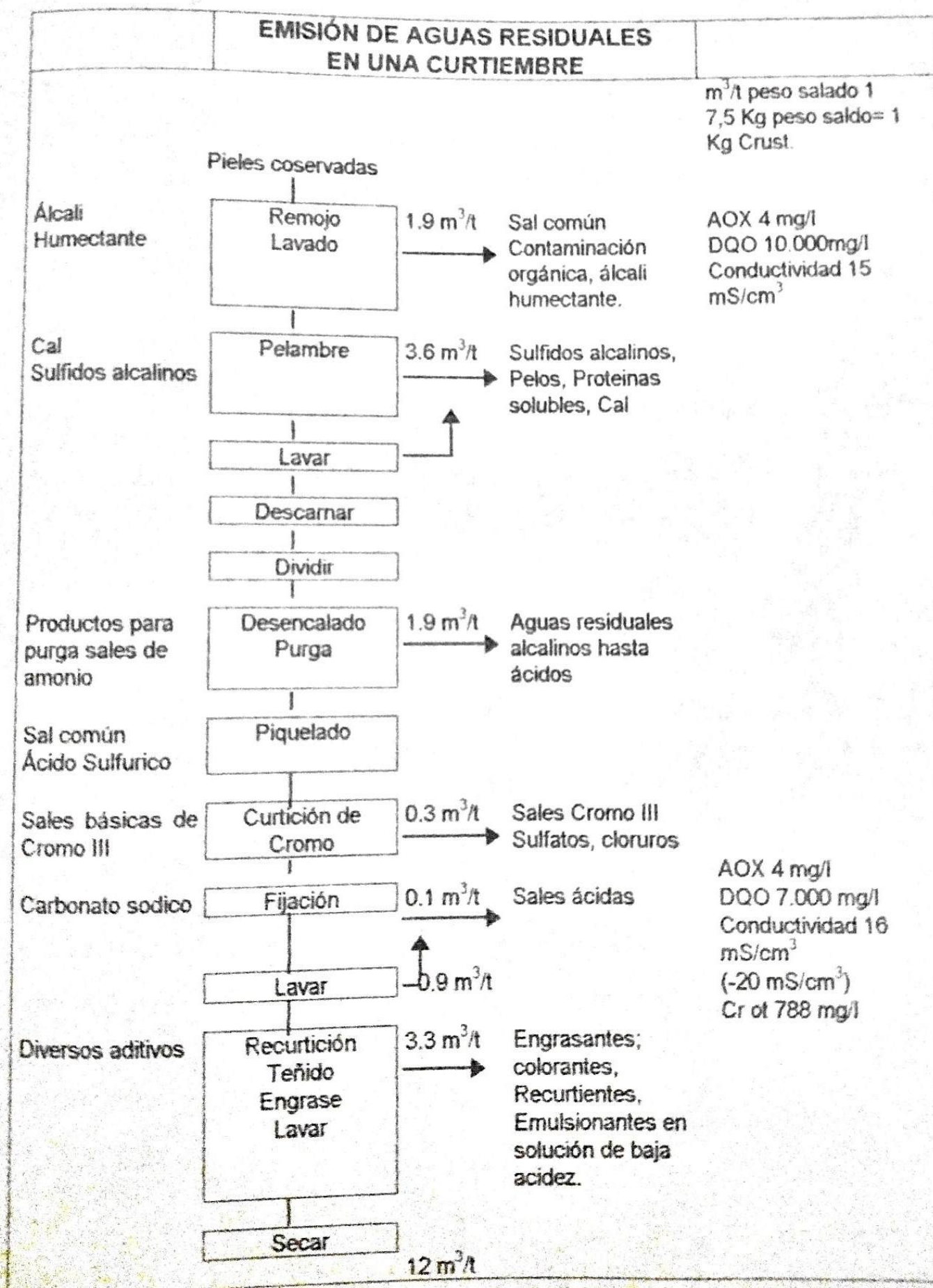
Sales:

- NaCl
- Sulfato Sódico
- Cloruro y Sulfato de amonio
- Formiato sódico y calcio
- Polifosfatos
- Sales de aluminio

Ácidos:

- Ácido Sulfúrico
- Ácido clorhídrico
- Ácido Fosfórico
- Ácido Fórmico
- Ácido Acético

FIGURA No. 1



2. ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS VERTIDOS DE LAS CURTIEMBRES

De los datos mostrados (tabla 1) en las caracterizaciones de cada efluente se destaca que la contaminación causada se debe a materiales en suspensión, componentes oxidables y a sustancias tóxicas. En el caso de materiales en suspensión tenemos pelos parcialmente degradados, cal no disuelta y compuestos químicos insolubles. En el de componentes oxidables tenemos grasas y proteínas interfibras como proteínas (de pasta albúminas, globulinas, elástica, queratina y complejos ácidos polisacáridos).

Los materiales considerados tóxicos son principalmente los sulfuros y el cromo trivalente. En el caso del sulfuro existen otros peligros relacionados con el manejo de las aguas contaminadas con este producto ya que una baja del PH produce ácido Sulfhídrico considerado sumamente tóxico a niveles muy bajos (siempre se debe tener precaución al descargar baños en la curtiembre, nunca se deben de descargar baños de piquelaje).

Los procesos de pelambre incluyendo el remojo son los responsables del 80% de la carga contaminante total expresada en términos de demanda biológica de oxígeno (DBO), esto debido a la solubilización de las proteínas queratina y conjunto de proteínas interfibrilares contenidas en el cuero, además de pelo, sal, sangre, estiércol, sulfuro y cal (u otros conservantes, según sea el tipo de piel a tratar), presentando olores desagradables como consecuencia de la presencia de sulfuros. Este proceso contribuye a un 60% de los sólidos suspendidos.

En el caso de sistemas no destructores de pelo estos valores de demanda biológica y sólidos suspendidos son mucho menores.

El efluente proveniente del descarnado y dividido, los desechos son fundamentalmente grasa y pedazos de piel (residuos sólidos), los cuales son aprovechados por las fábricas de jabones y gelatinas, pero no en su totalidad.

Mientras que en el desencalado y piquéado, los desechos son líquidos que contienen: Sales, ácidos orgánicos e inorgánicos, cal y trozos de piel.

En el curtido, el efluente contiene menos cantidad de sustancias orgánicas disueltas y suspendidas que en el caso de la pelambre, pero contribuye con la presencia de cromo trivalente que alcanza en el efluente total concentraciones

superiores a las permitidas por la legislación sanitaria. En general la toxicidad de las sales de cromo siempre ha sido relacionada con el cromo hexavalente. Además se encuentran sales de sodio y ácidos orgánicos e inorgánicos.

En la desacidulación, teñidos, recurtido y engrase; los residuos de esta sección son de carácter líquido primordialmente y están constituidos por curtientes vegetales, sintéticos, grasas y aceites.

En los acondicionamientos para el acabado, se vienen desechos líquidos provenientes del lavado de las vasijas y máquinas donde se trabajan las mezclas del acabado, estos desechos contienen anilinas, pigmentos, resinas, disolventes, lacas ceras, etc., también se presentan contaminantes gaseosos provenientes de la atomización de lacas y pinturas y por la evaporización del disolvente, además se cuenta con residuos sólidos, tales como el polvo del cuero que ha sido esmerilado y los recortes hechos para mejorar su apariencia y facilitar su manejo, estos desechos parecen ser aprovechables y su utilización se encuentra en estudio.

Hasta este punto llegan las secciones propias del proceso de una curtiembre, sin embargo, es conveniente agregar una más que por utilidad y su habitual ubicación en la curtiembre es importante mencionar:

Procesamiento de residuos alcalinos (transformación de residuos en sebo), los desechos son de dos tipos:

- Líquidos que contienen cal.
- Trozos de materia orgánica no convertible en sebo.

Malos olores provenientes de la reacción de la grasa animal con el ácido inorgánico transformándose en ácido orgánico de olores desagradables.

2.1. DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA

La tabla No. 1, muestra la contaminación para una curtiembre con producción de 1.000 pieles / día (con promedio de 60 Lbs. por cada piel).

TABLA No.1 CONTAMINACIÓN PARA CURTIEMBRES DE MIL PIELES/DÍA

LAVADO	50.000 gal/día	1b/1.000 pieles	1b/día
	DBO	15	900
	Sólidos suspendidos.	25	1.500
	Sólidos totales	200	12.900
	PH= 6 a 8		
PELAMBRE	50.000 gal/día	1b/día	1b/día
	DBO	50	3.000
	Sólidos suspendidos.	65	3.900
	Sólidos totales	150	9.000
	Grasas	10	600
	Sulfuro	7.5	450
	PH= 11 a 12.5		
ENCALADO	100.000 gal /día	1b/1.000 pieles	1b/día
	DBO	10	600
	Sólidos suspendidos	15	900
	Sólidos totales	50	3.000
	Grasas	5	300
	Sulfuro	1	60
	PH = 11 a 12,5		
DESENCALADO Y PIQUELADO	60.000 gal/día	lb/1.000 pieles	lb/día
	DBO	6	50
	Sólidos suspendidos	7	420
	Sólidos totales	5	1.200
	Grasas	5	1.200
	Sulfuro	-	-
	PH = 7 A 10		
CURTIDO AL CROMO	15.000 gal/día	lb/1.000 pieles	lb/día
	DBO	4	240
	Sólidos suspendidos	5	300
	Sólidos totales	150	9.000
	Grasas	10	600
	Cromo 3 ⁺ (No tóxico)	5	300
	PH = 3,5 a 4		
CURTIDO, TEÑIDO Y ENGRASE	100.000 gal/día	lb/1.000 pieles	lb/día
	DBO	2	120
	Sólidos suspendidos	3	180
	Sólidos totales	20	1.200
	Aceite	10	100
	Cromo	1	60
	PH = 4 a 5		
ACABADO	50.000 gal /día	lb/1.000 pieles	lb/día
	DBO	3	180
	Sólidos suspendidos	5	300
	Sólidos totales	8	480
	Grasas	10	600
	PH = 5 a 8		

3. CAUSAS Y EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LOS RECURSOS HÍDRICOS

3.1. PROCESO DE AUTOPURIFICACIÓN EN LOS RECURSOS HÍDRICOS

Los compuestos orgánicos sufren un proceso bioquímico de descomposición, en donde el oxígeno disuelto de la corriente es utilizado en la estabilización de la materia orgánica. Esta estabilización es función del tiempo y la temperatura; la utilización del oxígeno aumenta con la temperatura, la naturaleza a medida que se va consumiendo el oxígeno la va reemplazando por medio del fenómeno de rederación desde la atmósfera; desafortunadamente la capacidad de saturación del oxígeno disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Se tienen cuatro principales factores que gobiernan la autopurificación: El flujo, temperatura, tiempo de viaje aguas abajo y rederación.

En el caso de compuestos químicos estables, estos sufren pocos o ningún cambio en jornada aguas abajo del río, aquí el factor primario es la dilución y la autopurificación en casi su totalidad dependiendo del flujo.

Cuando sus componentes son sólidos, sólidos disueltos, sólidos totales, su efecto perjudica a la agricultura, industria y abastos de aguas domésticas.

Cuando es la temperatura: DBO, DQO, su efecto es en el oxígeno disuelto y nutrientes.

Cuando es cromo, sulfuro u otros productos tóxicos, su efecto radica en el agua potable y cadenas alimentarias.

Cuando cambia de color y turbiedad, en usos recreacionales y vida acuática.

4. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES EN LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

La problemática medio ambiental de la industria de la curtición en cuanto a vertidos acuáticos es su alta concentración en sólidos, materia orgánica, nitrógeno, sulfuro y sales minerales, particularmente el cromo.

Estas aguas residuales y la presencia de metales pesados afectan en forma peligrosa la flora y la fauna a través de la magnificación, la acumulación en las especies y el traspaso de éstas sustancias a través de la membrana biológica.

4.1. CROMO Cr

El cromo (+6) tiene efectos altamente peligrosos para el medio ambiente y la salud humana, produciendo fibrosis pulmonar y fibrosis hepática debido a que éste metal se acumula en las células y es utilizado para la fabricación de las proteínas. También produce problemas en la piel y daños en la sensibilidad, que son irreparables por atrofia del sistema nervioso periférico, atrofia posterior

de los miembros; aunque en los estudios generalmente se encuentra el cromo (+3) éste se oxida generando el cromo (+6).

4.1.1. Ocurrencia: Poco abundante en la naturaleza y cuando se lo halla el estado de oxidación más estable en aguas naturales es Cr^{+6} . En condiciones anaeróbicas se encuentra como Cr^{+3} , las sales Cr^{+3} en medio neutro o ligeramente alcalino hidrolizan y precipitan el óxido crómico que se deposita en el fondo, causando problemas de toxicidad.

4.1.2. Toxicidad: Es un gran tóxico clasificado cuya concentración permisible para este elemento en el agua es:

- Para peces 0.05 mg/l
- Otros organismos acuáticos 5 mg/l
- Para uso domestico 0.5 mg/l

Estudios realizados sobre la toxicidad del Cr^{+3} han dado como resultado toxicogramas, de donde la toxicidad del Cr^{+6} ha sido estudiado en el dicromato de potasio ($\text{K}_2 \text{Cr}_2\text{O}_7$) y la del Cr^{+3} en sulfato de cromo $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, de estas investigaciones se ha calculado en L_{D50} de 17 mg/l para Cr^{+6} y un $\text{L}_{D50} = 11.7$ mg/l en Cr^{+3} .

Ambos estados de oxidación tienen efecto inhibitorio a concentraciones más bajas de L_{D50} .

Los compuestos de Cr^{+6} son irritantes del tracto digestivo y la piel, y los de Cr^{+3} son coagulantes proteínicos, el Cr^{+3} es por lo general más tóxico que el Cr^{+6} .

Los pigmentos insolubles del cromo, inhalados pueden producir cáncer.

Por otra parte las aguas al ser vertidas directamente a las redes colectoras públicas, pueden originar graves problemas, tales como incrustaciones de $CaCO_3$, de posiciones sólidas, corrosión y alteración en los procesos biológicos de depuración, debido al cromo y al sulfuro especialmente, como también olores producidos por su almacenamiento que sobrepasa los límites de conservación ocasionando así modificación en el medio ambiente y en la salud de los residentes de esa zona.

Las concentraciones altas de DBO y DQO traen problemas por pH no administrables en las aguas, los residuos sólidos por su alto contenido presentan un pH básico y por descomposición formación de hidróxido de calcio, que es un compuesto inorgánico difícilmente biodegradable.

Otros problemas se pueden resumir, según el compuesto químico utilizado así:

- **Sulfuro de sodio:** Durante el proceso puede generar sulfuro de hidrógeno, gas incoloro, altamente tóxico que pueden causar inmediatamente, la muerte en altas concentraciones.
- **Hidróxido de calcio:** Irritación de los ojos nariz y garganta y puede causar quemaduras en la piel.
- **Ácido sulfúrico:** Severas quemaduras de la piel y ojos, irritaciones de las vías respiratorias.
- **Ácido fórmico:** Quemaduras, irritaciones de la piel, los vapores causan náuseas y vómitos.
- **Curtientes sintéticos y resinas a base de aldeídos:** Producen dermatitis, son cancerinicos.
- **Solventes y lacas:** Producen dermatitis, irritaciones en los ojos, garganta, nariz, inhalaciones prolongadas, daños en el sistema nervioso y son altamente inflamables.

- **Sulfuro básico cromo:** Irritaciones en personas que son susceptibles al producto.
- **Enzimas:** Congestión y/o irritación de las vías respiratorias, sensibilización e irritación de la piel.
- **Fungicidas:** Irritaciones y quemaduras de la piel.
- **Aceltes:** Dermatitis.
- **Carbonato de sodio:** Irritaciones en los ojos.
- **Nitrocelulosa:** Altamente inflamable.
- **Pieles saladas:** Irritación de la piel, dermatitis o quemaduras, contagio por brucelosis.
- **Polvos de cuero:** Inhalación prolongada produce congestión en los pulmones.

5. REGLAMENTACIONES Y NORMAS DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL

Existen reglamentos específicamente destinados a proteger el medio ambiente de las emanaciones industriales producidas por las empresas del cuero.

En muchos países se ha dado un mayor rigor desde 1985 a las normas de la salud y la legislación ambiental a la industria del cuero en particular con la utilización de sustancias nocivas como disolventes y curtientes. En muchos casos se ha establecido un límite de tolerancia más severo para las sustancias químicas, en general se insiste en la prevención.

6. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES

6.1. PARÁMETROS FÍSICOS

Son aquellos que no involucran cambios químicos, es decir no hay cambios en la composición química del agua al cambiar ellos.

6.1.1. Turbiedad

6.1.2. Color

6.1.3. Temperatura

6.2. PARÁMETROS QUÍMICOS

Son aquellos en los cuales hay cambio en la composición química del agua; pueden ser:

- 6.2.1 No específicos: Comunes a todas las fuentes de agua.
 - 6.2.1.1. Alcalinidad
 - 6.2.1.2. Acidez
 - 6.2.1.3. pH
 - 6.2.1.4. Sólidos
 - 6.2.1.4.1 Sólidos sedimentarios
 - 6.2.1.4.2. Sólidos suspendidos
 - 6.2.1.4.3. Sólidos volátiles
 - 6.2.1.4.4. Sólidos disueltos
 - 6.2.1.4.5. Sólidos totales
 - 6.2.1.5. Contenidos de materia orgánica
 - 6.2.1.5.1. Demanda química de oxígeno
 - 6.2.1.5.2. Demanda bioquímica de oxígeno
 - 6.2.1.5.3. Oxígeno disuelto
- 6.2.2. Específicos
 - 6.2.2.1. Cloruros
 - 6.2.2.2. Cromo
 - 6.2.2.2.1. Cromo trivalente
 - 6.2.2.2.2. Cromo exavalente
 - 6.2.2.3. Azufre
 - 6.2.2.3.1. Sulfato
 - 6.2.2.3.2. Sulfuros

6.2.2.4.. Nitrógeno

6.2.2.4.1. Nitrógeno orgánico

6.2.2.4.2. Nitratos

6.1. PARÁMETROS FÍSICOS

6.1.1. Turbiedad: La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica de una muestra, que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, en lugar que se transmitan en línea recta a través de ella.

El término turbiedad es aplicado al agua que contienen materia suspendida que interfiere el paso de la luz; es por eso que su determinación se basa en el paso de la luz a través de una suspensión; a mayor trayecto de la luz, más bajo el valor de la turbiedad.

La Turbiedad se debe a la presencia de sólidos suspendidos tales como humus, detritus orgánicos, partículas coloidales, arcilla, limo, materia orgánica finamente dividida, plancton y otros microorganismos con rango de tamaño entre partículas coloidales y gruesas. Está también relacionada con las

baterías presentes en el agua ya que las bacterias ocasionan turbiedad y viven en las partículas suspendidas que la causan.

El análisis debe hacerse el mismo día del muestreo o conservarse en lugar oscuro hasta 24 horas, se hace por el método de la bujía de JACKSON en un turbidímetro de la siguiente manera: Se calibra el turbidímetro con un estándar, luego se agita la muestra vigorosamente, se vierte en un tupo portamuestra y se lee la turbiedad, para las unidades de turbiedad se asigna un estándar arbitrario:

1 mgr SiO_2 /lts = 1 unidad de turbiedad (o unidad de JACKSON).

Las mediciones de turbiedad son de importancia particular en el campo de agua potable o en fuentes para agua potable, con el fin de determinar las dosis óptimas de coagulantes a ser adicionados en un tratamiento (Test de jarras). En aguas de desechos industriales es más usual determinar sólidos suspendidos para determinar la eficiencia de remoción de sólidos de la turbiedad, ya que el tamaño de partículas influye en el hecho de que se reporte más o menos turbiedad lo que no implica necesariamente que el agua tenga más sólidos que otra.

Es un parámetro de importante consideración en suministros de agua pública por las siguientes razones:

- **Estéticos:** Un agua turbia es asociada inmediatamente con posible contaminación en ella.
- **Filtrabilidad:** A mayor turbiedad en un agua aumenta la dificultad y el costo de su filtración.
- **Desinfección:** Para garantizar una buena acción de los agentes de desinfección es necesario garantizar un buen contacto con las bacterias o microorganismos a destruir. En aguas turbias, muchos microorganismos se "esconden" en las partículas que causan la turbiedad.

6.1.2. Color: El color puede ser aparente y verdadero. La expresión "color" se refiere al verdadero, esto es el color del agua de la cual se ha eliminado la turbiedad. El aparente se determina en la muestra original sin filtración o centrifugación, es decir que incluye tanto sustancias en solución como en suspensión.

El color en aguas naturales puede resultar de la presencia de los iones metálicos naturales (Fe y Mn), materias de turbo y humus, plancton, taninos malezas y residuos industriales. El color es un constituyente importante de las aguas industriales, en este caso es el color de la luz transmitida por la solución del desecho, después de eliminar los sólidos suspendidos, incluyendo las partículas pseudocoloidales.

La remoción de color se hace con el objeto de hacer el agua apropiada para aplicaciones generales e industriales pues afecta su potabilidad estéticamente.

Para la determinación se usa un método visual con estándares preparados o un método espectrofotométrico que tiene un espectrofotómetro provisto de celdas de absorción, en el se lee la absorbancia de unos estándares y se gráfica absorbancia versus color (ley de Beer); se lee también absorbancia de la muestra y del gráfico se obtiene las unidades de color de la muestra. Dicha muestra debe preservarse en frío a 4 °C y hacerse en análisis antes de 24 horas a pH normal y pH = 7.6, pues la intensidad del color generalmente aumenta con el aumento del pH.

6.1.3. Temperatura: La temperatura es una propiedad intensiva termodinámica de la materia que se percibe por el sentido del tacto, gracias al

cual observamos si los cuerpos están más o menos calientes que nuestro valor de 37 °C normal.

La temperatura altera gran número de propiedades de los cuerpos y en esto se basan los distintos métodos para su medición; normalmente se usa un termómetro en el cual marca directamente la temperatura de la solución en grados centígrados (°C) o Farhenheit (°F). La mediación debe ser insitu.

La medición de la temperatura es importante pues es un parámetro de gran significado para la vida animal y vegetal del agua; así como en el grado de solubilidad de los gases disueltos en ella, específicamente el oxígeno.

6.2. PARÁMETROS QUÍMICOS

6.2.1. No específicos

6.2.1.1. Alcalinidad: Es la medida de la capacidad de una muestra para neutralizar ácidos a un pH determinado.

En aguas naturales generalmente se debe a los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos permanentes; también pueden contribuir los ácidos débiles y las bases débiles y fuertes.

En aguas polucionadas o con oxidaciones biológicas anaeróbicas, sales de ácidos débiles pueden ser producidas y contribuir con alcalinidad.

Dado que la alcalinidad depende de sales de ácidos débiles, su valor es una medida de la capacidad de buffer (tamponante) de una muestra, esto es la capacidad de resistir cambios sustanciales en el pH al adicionar ácidos o bases.

La alcalinidad puede ser fenólica o P (evaluada hasta pH final = 8.3; viraje de la fenoftaleína) y total o T (evaluada hasta pH final entre 3.7 y 4, viraje del anaranjado de metilo).

Si el pH de la muestra está por debajo de 8.3, ésta no posee alcalinidad P.

La alcalinidad P se debe a OH^- y carbonatos y alcalinidad metil (M) a especies bicarbonatos.

En la determinación de las alcalinidades no se especifica que cantidad es aportada por cada especie, simplemente se reportan las alcalinidades P o T; si se necesita saber la concentración de OH^- , CO_3^{2-} y HCO_3^- en el agua por separado.

Los cálculos se pueden realizar de 3 formas diferentes:

- De las medidas realizadas analíticamente.
- De los valores de alcalinidad y pH.
- De las ecuaciones de equilibrio.

Para determinar la alcalinidad se realiza una titulación con un ácido mineral fuerte.

Las muestras deben guardarse en botellas de vidrio completamente llenas y cerradas, almacenadas a bajas temperaturas. El análisis se debe realizar el mismo día del muestreo y evitarse la agitación y la exposición prolongada al aire.

La alcalinidad se expresa como ppm de CaCO_3 .

Los valores de alcalinidad son de gran importancia en las siguientes etapas de tratamiento:

6.2.1.1.1 Coagulación: Los productos coagulantes adicionados al agua y aguas de desecho relacionan con ella para formar hidróxidos insolubles que precipitan; los iones H^+ remanentes reaccionan con la alcalinidad del agua, así la alcalinidad actúa como buffer del agua en el rango de pH donde puede ser más efectivo el coagulante. Si hay alcalinidad en exceso será necesario adicionar ácido para que una efectiva coagulación ocurra.

6.2.1.1.2. Ablandamiento: La alcalinidad es el mejor parámetro considerado en los cálculos de los requerimientos de soda y carbonatos de sodio adicionados para precipitar la dureza del agua.

6.2.1.1.3. Control de Corrosión: La alcalinidad es necesaria para determinar el índice de la Langmuir, el cual da si una agua es corrosiva o incrustante.

6.2.1.1.4. Cambios de pH durante la aireación de un agua: Esta práctica es muy usual para mover CO_2 , dado que este es un gas ácido, su remoción tiende a aumentar el pH. Aguas con alta alcalinidad tienden a tener un pH alto

bajo aireación y aguas con bajas alcalinidades tienden a tener un pH un poco más bajo.

6.2.1.2. Acidez: La acidez del agua es la capacidad cuantitativa a reaccionar con una base concentrada a un pH específico.

La acidez de las aguas naturales es causada por el dióxido de carbono (CO_2) no combinado de ácidos minerales, sales de ácidos y ácidos minerales fuertes. El CO_2 es un componente normal de todas las aguas minerales, puede ser absorbido de la atmósfera y puede ser producido también por reacciones de oxidación biológica de la materia orgánica, especialmente en agua polucionada. Las aguas subterráneas contienen considerables cantidades de CO_2 provenientes de la oxidación bacteriana de la materia orgánica con la cual está en contacto el agua, y debido a ello el CO_2 no escapa en la atmósfera. La concentración del (CO_2) en el agua (dado que no reacciona con ella), depende de la presión parcial y de la temperatura.

Los ácidos minerales están presentes en muchas aguas industriales, también es posible encontrar aguas naturales con acidez mineral.

Basados en que el punto final estequiométrico de la neutralización del ácido carbónico, no se alcanza sino hasta $\text{pH} = 8,5$, se puede decir que un agua con el pH por debajo de ese valor contiene acidez.

La acidez puede ser: Mineral o de metil orange ($\text{pH} = 4.5$, viraje del anaranjado de metilo) y la acidez fenol total (hasta $\text{pH} = 8.5$, viraje de la fenolftaleína).

La acidéz mineral se puede medir por la titulación con soluciones alcalinas hasta $\text{pH} = 4.5$.

La titulación de la muestra desde pH original hasta $\text{pH} = 8.3$ se llama acidéz total o acidéz fenol.

La acidéz se expresa en ppm de la CaCO_3 .

Se debe realizar el análisis el mismo día del muestreo; debe guardarse la muestra en botellas tapadas completamente llenas, debe evitarse la agitación y la exposición prolongada al aire.

Es importante medir la acidéz del agua por las características corrosivas del CO_2 , además cuando se utilizan tratamientos biológicos, se requiere mantener

los niveles de pH entre 6 y 9.5, por tanto se necesita ajustar el pH con productos químicos cuyas cantidades se calculan en base a los datos de acidez.

La cantidad de CO_2 presente en un agua es importante para determinar si se elimina por simple aireación o por neutralización.

En muchos procesos industriales que contengan acidez mineral, esta debe ser neutralizada antes de la descarga, por lo tanto se requiere saber su valor con el fin de determinar la cantidad de reactivo neutralizante a adicionar.

6.2.1.3. pH: La medida del pH es uno de los parámetros más importantes y fáciles de medir al examinar aguas.

El pH se define como $\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$.

Donde (H^+) es la concentración del ion hidrógeno en solución acuosa o aún mejor la actividad del ion hidrógeno en moles/lit. El pH expresa por lo tanto, la concentración de iones H^+ , es por ello que es usado universalmente para expresar la intensidad de la condición ácido o básica (alcalina) de una solución; valga la anotación de que no es una medida de la acidez total o la alcalinidad.

La aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, pero casi todas son ligeramente básicas por la presencia de bicarbonatos o carbonatos de un álcali.

Para la medición del pH se usa el pH-metro con electrodo de vidrio combinado; éste es inmune a interferencias por color, turbiedad, sustancias coloidales, cloro libre, oxidantes y reductores, lo mismo que a contenidos salinos elevados; excepto por el error del sodio a valores altos de pH (>10); el pH-metro posee una escala de 1 a 14 y debe calibrarse con soluciones buffer o tampón de pH conocidas, antes de hacer las mediciones de pH de la muestra. Se expresa en unidades de pH.

También son ampliamente usados para su medición los papeles de pH, los cuales cambian de color a un determinado valor de pH y de ésta manera es posible obtener un rango de valor dentro del cual se encuentra el pH de la muestra.

La medición del pH debe hacerse in situ.

En la práctica ambiental es muy importante en el campo de suministro de aguas; ya que es un factor a considerarse en procesos de neutralización de ácido - base, precipitación, coagulación, desinfección y control de corrosión;

también en tratamiento biológico el pH debe ser controlado en un rango en el cual se favorezca el crecimiento bacteriano.

El pH de las aguas de desechos debe ser controlado dado que éste afecta la vida acuática.

6.2.1.4. Sólidos: Los sólidos pueden ser incorporados al agua por las diversas actividades domésticas e industriales. Materiales que producen color y turbiedad están aportando sólidos al agua. La definición usual de sólido se refiere a la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 - 105°C. Hay varias clases de sólidos: Disueltos, sedimentables, suspendidos, volátiles y fijos.

Para aguas polucionadas y desechos domésticos las determinaciones de sólidos suspendidos y sedimentables son de gran importancia. Para aguas de suministro es de mayor interés el contenido de sólidos disueltos y totales; la cantidad de los suspendidos es muy pequeña y por ello es más fácil determinar la turbiedad.

6.2.1.4.1. Sólidos sedimentables: Son aquellos que sedimentan bajo la acción de la gravedad. Los lodos en general son acumulación de sólidos de éste tipo.

Los sólidos sedimentables nos dan una idea de la velocidad de sedimentación de los insolubles

Su análisis se realiza en un cono de Imhoff así. Se agrega la muestra, se deja sedimentar por una hora y se leen los milímetros de muestra sedimentada, se expresa en ml/lt.

Su determinación es de particular importancia para prever el comportamiento a la decantación y para el diseño de los decantadores en las plantas de depuración de aguas residuales.

6.2.1.4.2. Sólidos suspendidos: En la mayoría son de naturaleza orgánica y por ello ejercen demanda de oxígeno. Se dividen en sedimentables y no sedimentables. Los no sedimentables son los que no se separan por la acción de la gravedad y requieren filtración.

En aquellos se distingue la parte que es mineral y la parte que es orgánica, expresando ambas en un % sobre la materia en suspensión total. La relación entre la parte orgánica y la mineral proporciona una idea del grado de mineralización y de la capacidad de combustión de los fangos.

Los sólidos suspendidos reducen la calidad del agua, haciéndola menos estética, impidiendo el paso de la luz y afectando la turbiedad.

Se determina al sustraer de los sólidos totales los disueltos (residuo filtrado).

Se expresan en mgr/lt o en ppm.

La determinación de los sólidos suspendidos es extremadamente valiosa en el análisis de aguas polucionadas pues sirve para medir la carga contaminante que se encuentra en suspensión; es por ello que se usa combinando con los sólidos volátiles para medir el grado de deshidratación de los lodos y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento (control de aireación en proceso de lodos activados, filtros y unidades de incineración).

Desde el punto de vista control de polución en una corriente, la remoción de la demanda de la bioquímica de oxígeno (DBO).

6.2.1.4.3. Sólidos volátiles: Para su determinación se incinera a 550 - 600°C el residuo después de evaporar la muestra; las pérdidas por ignición son los sólidos volátiles; se expresan en ppm o en mgr/lt.

Este Test implica que por combustión la materia orgánica es convertida a CO₂ y H₂O mientras la temperatura sea controlada entre 550 - 600°C para prevenir

volatilización o descomposición de la materia orgánica y garantizar una completa oxidación de ella, pues a 600°C la mayoría de las sales inorgánicas son relativamente estables, a excepción del carbonato de magnesio, entre otros.

Uno de los objetivos primordiales de su determinación en aguas de desechos es poder obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente. También son usados conjuntamente con los sólidos suspendidos para evaluar la intensidad de contaminación de un desecho industrial o doméstico; son particularmente utilizables en la determinación de la cantidad de sólidos remanentes, luego de un sedimentador primario con el propósito de determinar la carga remanente en unidades de tratamiento secundarias.

6.2.1.4.4. Sólidos disueltos: Su análisis se lleva a cabo con la muestra filtrada evaporando a 100°C, se expresa en mgr/lt o ppm.

En su mayoría consisten en sales inorgánicas, pequeñas cantidades de materia orgánica y gases disueltos. Imparten salinidad al agua; cuando están en forma de hidróxidos afectan su acidez.

En aguas naturales consisten básicamente en bicarbonatos, carbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos y algunas de hierro y manganeso.

La cantidad de sólidos disueltos presentes en el agua, es una consideración para fines de agua potable. Es usual expresar su contenido en función de la conductividad específica del agua.

El efecto de la salinidad que imparten al agua, está en la toxicidad que representa para las plantas y peces si ella es muy alta.

6.2.1.4.5. Sólidos totales: Su determinación se efectúa por evaporación y secado de un volumen pesado de muestra en un recipiente de 103 - 105°C. Se expresa en ppm o mgr/lt.

Los sólidos totales incluyen tanto los sólidos orgánicos totales o volátiles y los inorgánicos totales o fijos. Los sólidos totales como su nombre lo indica incluyen todos los sólidos que posee un agua; ésto no debe tomarse como la suma de todos los sólidos sea el valor de los totales, pues los volátiles pueden ser disueltos y/o suspendidos.

6.2.1.5. Contenidos de materia orgánica: Los principales componentes de la materia orgánica (m o) son : Proteínas, carbohidratos, lípidos y úrea.

Las proteínas son compuestos de alto peso molecular presentes en casi todos los alimentos, contienen C, O y N en alta proporción. Cuando el N se halla

presente en grandes cantidades, es posible que produzca olores desagradables debido a su descomposición.

Los carbohidratos son polihidroxicompuestos, tales como azúcares, almidones y celulosa.

Los lípidos son aquellos compuestos como grasas, aceites de origen vegetal o animal.

Además de la materia orgánica mencionada, existen sustancias orgánicas sintéticas como: Agentes tensoactivos o detergentes.

Entre los mayores efectos de la m.o, se tiene el consumo de oxígeno.

6.2.1.5.1. Demanda química de oxígeno (DQO): La demanda química de oxígeno (DQO o CQO denominación inglesa) indica la capacidad reductora de un medio ambiente o sea la cantidad de compuestos oxidables que se tienen en agua, para la oxidación de casi todas las sustancias orgánicas solubles en ellas fáciles y difícilmente biodegradables exceptuando una serie de compuestos nitrogenados y de hidrocarburos apenas solubles.

Este parámetro permite evaluar el desecho en términos de la cantidad total de oxígeno requerida para la oxidación a CO_2 y H_2O de la materia orgánica.

Uno de los limitantes de la DQO es la capacidad para distinguir entre la materia orgánica biológicamente oxidable y la inerte a la oxidación biológica, es por ello que sus valores siempre serán más altos que los de la DBO.

La mejor ventaja del análisis de la DQO es su corto tiempo para la determinación, mientras que la DBO tarda días, la DQO puede efectuarse en tres horas, por esta razón se emplea como sustituto de la DBO en muchos casos.

El análisis se lleva a cabo oxidando los compuestos orgánicos de los afluentes con dicromato de sodio o potasio por ebullición durante 2 horas en medio ácido con H_2SO_4 con el objeto de prevenir la interferencia de los cloruros en la determinación de la DQO; ya que ellos serían oxidados por el dicromato a Cr_2 y los resultados serían erróneos.

La DQO es calculada del dicromato de sodio consumido al titularse con un agente reductor como el sulfato ferroso amoniacal y ferroin como indicador.

Las unidades se expresan en mgr de O_2 por lt o ppm de O_2 .

El dicromato ha sido seleccionado por sus ventajas sobre otros oxidantes, en su capacidad de oxidación y por su aplicación a una amplia variedad de muestras.

6.2.1.5.2. Demanda bioquímica de oxígeno: La demanda bioquímica de oxígeno (DBO o BOD denominación inglesa) es la prueba más importante para valorar la carga contaminante de una corriente, informa sobre el consumo de oxígeno de un agua necesaria para la degradación bioquímica aerobia de los compuestos orgánicos fácilmente biodegradables por la acción de microorganismos.

La demanda de oxígeno de las aguas de desecho es ejercida por tres clases de materiales:

- Materia orgánica carbonatosa, usada como alimento para organismos anaeróbicos.
- Nitrógeno oxidable derivado de los nitratos, amonio y compuestos nitrogenados orgánicos, los cuales sirven de alimento a bacterias específicas como las nitrosomas o nitrobacterias.

- Compuestos químicos reductores que son oxidados por el oxígeno disuelto, como F_2^{+2} , sulfitos (SO_3^{2-}) y sulfuros (S^{2-}).

El análisis se realiza después de 5 días de incubación (DBO_5), aunque también se informa la DBO_{20} (20 días de incubación).

Este proceso es relativamente engorroso y no siempre confiable, pues los procesos biológicos, en general, son lentos y su punto final es de difícil determinación.

La completa estabilización de la materia orgánica en un desecho depende de la naturaleza, la tasa de utilización del oxígeno, la población microbial, la temperatura, la ausencia de materiales tóxicos y la cantidad de nutrientes.

Con la mayoría de los desechos industriales, la degradación biológica no es completa con 5 días de incubación, ésta puede variar entre 25 y 95%, considerando que la de los desechos domésticos es relativamente constante en 5 días; generalmente presenta alrededor del 70% de la DBO última.

Para la realización del análisis de DBO se deben tomar como mínimo 300 ml de muestra, conservarse en frío a $40^\circ C$ y hacerse antes de 6 horas. La

incubación se lleva a cabo a 20°C a oscuras y las mediciones realizadas son de la cantidad de oxígeno disuelto antes y después de incubación.

El agua de dilución de la (s) muestra (s) debe estar con un inóculo previamente preparado. Esta agua es normalmente el sobrante de un desecho de aguas negras al cual se le adicionan nutrientes en forma de soluciones que contienen Na^+ , PO^- y NH_4Cl , ésta debe acondicionarse a $\text{pH} = 7.0$ y estar aireada.

Debe llevarse a cabo un blanco con agua de dilución.

Los resultados se expresan en ppm O_2 o mgr O_2/ft .

El pH afecta los valores obtenidos para la DBO, el ensayo debe efectuarse a $\text{pH} = 7.2$.

Los ensayos de DBO presentan serias interferencias y limitantes a saber:

- Inóculos con insuficiente cantidad de microorganismos.
- Mala o deficiente alimentación de semillas o inóculos.
- Presencia de sustancias tóxicas.
- Presencia de algas en le desecho, debido a la producción de oxígeno por el proceso fotosintético de ellas.

El proceso de la DBO además de ser usado para obtener la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en un desecho, es ampliamente usado para determinar el oxígeno requerido para oxidar y estabilizar las aguas residuales por medio de tratamiento biológico; por lo tanto la DBO se considera como un bioensayo en donde se mide el oxígeno consumido por organismos vivos mientras oxidan la materia orgánica presente.

6.2.1.5.3. Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto (OD) es aquel que se encuentra en forma molecular como O_2 disuelto en el agua; este tipo de oxígeno es el que puede ser accesible a los microorganismos que viven en ella.

Todos los organismos aerobios vivientes dependen del oxígeno en una u otra forma para mantener los procesos metabólicos.

Dado que el oxígeno no reacciona con el agua, su solubilidad en ella es directamente proporcional a la presión atmosférica a una temperatura dada.

Esto es una consideración a tener en cuenta en sitios de altas altitudes.

La cantidad de OD dependen también de la temperatura, ya que la solubilidad de él disminuye a medida que la temperatura aumenta y como si fuera poco

las ratas de oxidación biológica también aumentan. Es por ello que muchas de las condiciones críticas de la polución relacionadas con deficiencias de oxígeno, se presentan durante los meses de verano cuando las temperaturas son mayores.

Otro factor importante en la cantidad de OD es la salinidad del agua, ya que a medida que la concentración de cloruros aumenta el OD disminuye.

Para analizar la cantidad de OD existen dos métodos:

- **Método de Winkler:** Se basa en la formación de un precipitado de café de MnO_2 al adicionar MnSO_2 en medio alcalino (con álcali yoduro - nitruro) a la muestra. En caso de que no exista OD en la muestra el precipitado formado es blanco $\text{Mn}(\text{OH})_2$.

Luego de estar completamente floculado el MnO_2 oxida el yoduro (I) a yodo (I_2) libre. El I_2 liberado se cuantifica titulado la muestra con agente reductor, tiosulfato de sodio.

En éste método es necesario adicionar sodio azide (Na N_3) para que este reactivo reaccione con los nitratos presentes en la muestra con el fin de que

los NO_2 no consuman tiosulfatos de sodio, pues de no hacerlo así darían resultados mayores de OD que los reales.

- **Método del electrodo:** Este método tiene la ventaja de poderse hacer insitu. Durante la medición del OD es importante garantizar la homogenización de la muestra. Para éste procedimiento se usa un equipo dotado de un par de electrodos en contacto con un electrolito soporte y separado de la solución por una membrana permeable al OD.

Las muestras deben tomarse en frascos de boca angosta, de tapón esmerilado llenas completamente y evitando antes de taparlo que queden burbujas de aire.

Para preservarse se agregan 0,7 ml de H_2SO_4 y un 1 ml de NaN_3 ; el análisis debe hacerse dentro de las 4 - 8 horas siguientes al muestreo.

El OD en agua es un parámetro que determina si los cambios biológicos se llevan a cabo por procesos aeróbicos o anaeróbicos. En presencia de materia orgánica proveniente de aguas residuales y aguas de desechos domésticos, los microorganismos, la "atacan" rápidamente con el fin de procesarla para construir nuevas células y sostener su vida, es decir, son capaces de emplearla

como alimento cumpliendo su función de recolectores de basura de la naturaleza.

El OD que existe en un agua es básico para sostener la vida de los microorganismos, de ahí resulta claro el por qué se emplea el contenido de OD como índice de polución de una corriente o río. Un déficit muy alto indicará una alta actividad bacteriana, lo que a su vez quiere decir que el río o corriente está contaminada con sustancias orgánicas.

Cuando se sobrepasa la capacidad de autolimpieza de un río, mediante esa actividad biológica que consume O_2 , sobre viene la muerte de un río, este término es un poco figurativo, ya que se refiere a las formas de vida "útiles", la m.o, se continuará descomponiendo por microorganismos que son capaces de vivir en ausencia de O_2 y es cuando se tienen procesos anaeróbicos, también llamados putrefacción.

En ciertas aguas residuales parte de la m.o. vive en forma sólida. Cuando éstas son arrojadas a la corriente y los sólidos son de cierto tamaño rápidamente se asientan dando lugar a depósitos de lodos, estos lodos, o estos lodos también provocan desoxigenación pues una vez depositado en el fondo son empleados como alimento por microorganismos (bentos).

En las zonas de recuperación en las cuales la m.o disminuye existe la proliferación de algas que ayudan a la reoxigenación así:

Las algas que son microorganismos unicelulares con clorofila emplean la energía solar para sostener sus procesos metabólicos. Ellas emplean la m.o para producir más y para generar O_2 como subproducto durante el día. Durante la noche lo necesitan para mantenerse vivas, por lo tanto en corrientes con alta turbiedad que impiden el paso de la luz, se reduce considerablemente la oxigenación fotosintética.

También se presenta la oxigenación atmosférica, ésta está basada en el mecanismo de reposición de la concentración de saturación del oxígeno, pues al ser empleado por microorganismos la concentración del oxígeno disminuye por debajo de la concentración de saturación lo cual permite la reinyección de O_2 atmosférica al agua.

6.2.2. Específicos

6.2.2.1. Cloruros: los cloruros (Cl) son unos de los iones que se encuentran en aguas naturales y desechos. El contenido del cloruro normalmente aumenta cuando el contenido de minerales aumenta. El agua de mar,

representa el residuo de la evaporación parcial de aguas naturales que fluyen en él y por lo tanto los niveles de cloruros son muy altos.

Los excrementos humanos especialmente la orina, contienen cloruros en una cantidad casi igual a los cloruros consumidos en los alimentos. Muchos desechos industriales contienen cantidades apreciables de cloruros.

Su determinación se hace utilizando el llamado método de Mohr en el cual se emplea nitrato de plata como titulante y cromato de potasio como indicador. La titulación debe llevarse a cabo en un pH entre 6.5 y 9.0.

Se puede expresar como ppm Cl^{-1} o % NaCl.

En muchas regiones los niveles de cloruros son una importante consideración en la selección de suministros de agua potable pues una concentración de 250 ppm de cloruros imparten cierto sabor salino al agua, lo cual es objetable por algunas personas. También se emplea como control de aguas de pozo donde la contaminación por agua de mar es un problema. Si se presenta en

cantidades muy altas es perjudicial para el desarrollo de la vida en "agua dulce".

6.2.2.2. Cromo: Los iones de Cromo se presentan en varias formas: Ion Cromoso (CrO), ion crómico (Cr_2O_3), cromito (CrO^{2-}), cromato (CrO_4^{2-}).

El Cr^{+2} o Cromoso es un reductor bastante fuerte en un rango muy amplio de pH y es capaz de liberar H_2 del agua en presencia de catalizadores de platino. No es importante en la química acuosa ambiental puesto que es inestable en presencia del aire, oxidándose al estado crómico (Cr^{+3}).

6.2.2.2.1. Cromo trivalente: En las condiciones crómico y cromito, el Cromo está en forma trivalente. El Cr^{+3} es bastante resistente a la oxidación en medio ácido, el Cr^{+2} por ejemplo es incapaz de oxidación Cr^{+3} a Cr^{+6} en la solución ácida.

El Cr^{+3} es el que comúnmente se encuentra en la naturaleza, principalmente en el compuesto ferroso FeOCr_2O_3 (cromito).

De las sales trivalentes son fácilmente solubles en agua, los cloruros, nitratos y sulfatos; siendo los carbonatos e hidróxidos bastantes insolubles.

Las sales trivalentes se usan como componentes de colorantes en la industria textil, en fotografía y en las industrias de cerámica, vidrio y cuero.

Los componentes de sales trivalentes son anfóteros: Hidróxido crómico ($\text{Cr}(\text{OH})_3$), se disuelve en ácido fuerte o en álcali; en los valores intermedios de pH (4 - 10) el producto de solubilidad es tan pequeño que el compuesto es esencialmente insoluble. Debido a esta baja solubilidad del Cromo trivalente ($\text{Cr}(\text{OH})_3$) a los valores de pH habituales en nuestros efluentes, podrá asegurarse que a niveles de cientos de partes por millón en los suelos, no representa el Cr^{+3} peligro alguno, puesto que los riachuelos que atraviesan depósitos naturales de cromito no presentan ningún peligro reconocido.

Aprovechando la poca capacidad del Cr^{+3} para ser oxidado a Cr^{+6} se escogió el dicromato (Cr^{+6}) como oxidante para realizar los análisis de demanda química de oxígeno (DQO); pues es obvio que el oxígeno disuelto en agua bajo las condiciones en que Cr^{+3} es soluble, no podría oxidarlo a Cromo exavalente. Es igualmente obvio que en el planeta tierra no exista mucho peligro de que el Cromo trivalente acuoso se convierta en exavalente por la

acción del oxígeno del aire. Es por esta razón que la relación de Cromo hexavalente reducido a trivalente funciona como cuantificador en las determinaciones de DQO

Si el Cromo trivalente se oxidara tan fácilmente no serviría para el análisis de la DQO.

Para que exista Cr^{+3} en equilibrio con una concentración comparable de Cr^{+6} en solución ácida se requeriría un Pe (*) de 22.5; lo que implicaría que se necesitarían 6.3×10^{34} atmósfera de oxígeno.

(*) El Pe es un concepto análogo al pH; que se relaciona con la demanda química de oxígeno de la misma manera que el PH con la acidez.

Pe es la medida de la disponibilidad de electrones en medio acuoso

(Pe = $-\log\{e\}$).

6.2.2.2. Cromo Hexavalente: El Cromo como ión cromato y dicromato adquiere la forma hexavalente. En el estado de oxidación, +6, es altamente oxidante y no existe especie catiónica acuosa que lo contenga. Los compuestos de Cr^{+6} son bastante tóxicos debido a su alto poder oxidante.

Las sales hexavalentes de Cromo tienen muchas aplicaciones industriales, se utilizan en la industria electrónica, en la manufactura de la pintura, explosivos, cerámica y papel. Entre las sales hexavalentes de Cromo son solubles únicamente los (di) cromatos de sodio, potasio y amonio.

Aprovechando la gran capacidad de oxidación del dicromato se ha elegido para oxidar la materia orgánica fácil y difícilmente degradable en el análisis de la D.Q.O.

Como ya se discutió no es posible que el Cr^{+6} que se encuentra en algunas aguas sea debido a la oxidación del Cr^{+3} .

El análisis se lleva a cabo por absorción atómica y se expresa como ppm Cr^{+6} .

6.2.2.3. Azufre: Dado que el efecto tóxico de un elemento depende de su estado de oxidación, se tiene que hacer la diferenciación entre ellos, es por eso que el azufre se debe mirar por aporte en el estado de oxidación +6 y -1.

6.2.2.3.1. Sulfatos: El ion sulfato SO_4^{2-} es uno de los que más se presentan en las aguas naturales.

Para la determinación de sulfatos se pueden emplear uno de los siguientes métodos.

- **Gravimétrico:** Para concentraciones superiores a 100 ppm. Se basa en la formación de sulfatos de bario precipitado al adicionar en medio ácido, cloruro de bario a la muestra. Este precipitado se filtra, se seca y por peso se calcula el contenido de sulfatos.
- **Turbidimétrico:** Se basa en el hecho de que el sulfato de bario tiende a precipitar en forma coloidal y esta tendencia es aumentada por la adición de

cloruro de sodio y glicerol para provocar una turbiedad que es directamente proporcional a la cantidad de sulfato.

- También es posible hacerlo relacionando la concentración de sulfatos con la conductividad; tiene la ventaja de que puede hacerse in situ.

Las unidades son: ppm $\text{SO}_4^{=}$.

Su importancia en aguas de suministro público es por el efecto laxante que produce en los seres humanos, si se encuentra en grandes cantidades.

6.2.2.3.2. Sulfuros: La presencia del ión sulfuro se debe a las descargas de los efluentes que la contienen o a la reducción de sulfatos cuando el medio es anaeróbico.

En aguas exentas de sólidos suspendidos, los sulfuros existen como una mezcla de HS y H_2S en proporciones que se determinan por el pH.

En aguas se pueden determinar 3 clases de sulfuros:

- **Totales:** Incluyen los solubles H_2S , HS^- y los metálicos solubles en ácido.
- **Disueltos:** Los que quedan después de flocular un agua.
- H_2S , no ionizado.

El sulfuro S^{2-} , se asocia con los iones H^+ para producir ácido sulfhídrico. Este ácido producido, establece un equilibrio con el S^{2-} y se ve afectado por el pH. A pH mayor que 8 la cantidad de H_2S disminuye, a pH menor se favorece su formación y la de olores desagradables.

Los sulfuros son determinados volumétricamente por métodos iodométricos. Requieren fijación en el sitio con acetato de Zinc en medio alcalino, ya que si hay aireación durante el transporte sube o baja el pH favoreciendo o no formación de H_2S .

Es necesario conocer la cantidad de este producto para eliminar los posibles desprendimientos de ácido sulfhídrico debido a su alta toxicidad y además porque en las tuberías de alcantarillados por las cuales circulan aguas negras, con altos tiempos de retención y contenidos altos de SO_4^{2-} , ya que el H_2S que se forma encuentra bacterias capaces de oxidarlo y producir ácido sulfúrico el cual es altamente corrosivo.

6.2.2.4. Nitrógeno: Los compuesto de nitrógeno son de gran interés por la importancia de ellos en la atmósfera y en los procesos vitales de las plantas y animales.

Desde el punto de vista químico el nitrógeno puede existir en siete estados de oxidación.

Estado de Oxidación	-3	0	1	+2	+3	+5
Forma Química	NH_3	N_2	N_2O	NO	N_2O_3	N_2O_5

Desde el punto de vista de la importancia para los procesos biológicos y ambientales son de interés las formas de oxidación -3, +3 y +5 que dan lugar a NH_3 , nitrógeno amoniacal y sus derivados orgánicos, NO_2^- nítricos y NO_3^- nitratos, respectivamente.

El nitrógeno en las aguas residuales está constituido por proteína se descomponen en NH_3 , algún nitrógeno permanece en la materia no digestible y pasa a formar parte de los desperdicios en un agua o del humus de los suelos.

Como indicador de la calidad sanitaria, el nitrógeno en todas sus formas (NH_3 , NO_3^- , NO_2^- y orgánico) permite determinar si un suministro de agua potable es apta o no.

Cuando se requiera determinar si en un lago o embalse hay posibilidades de eutroficación debe analizarse el contenido de nitrógeno.

6.2.2.4.1. Nitrógeno orgánico: El nitrógeno orgánico en un agua, es aquel que proviene de aminoácidos, polipéptidos y proteínas; todos productos de procesos biológicos y también incluye el nitrógeno albuminoide.

El nitrógeno orgánico como nutriente que es, nos da una idea de la contaminación orgánica biodegradable presente en un agua.

Su análisis se lleva a cabo después de destilar el NH_3 . Se realiza en primer lugar una digestión de la muestra, luego se alcaliniza con reactivo soda tiosulfato, se destila y se recoge el destilado en ácido bórico, titularse por último con ácido sulfúrico hasta pH inicial del ácido bórico.

Se expresa en ppm de N.

Es importante saber la cantidad de nitrógeno orgánico conjuntamente con NH_3 para saber la cantidad de nitrógeno disponible para los microorganismos en aquellos casos en los cuales se vayan a realizar tratamientos biológicos.

6.2.2.4.2. Nitratos: Los nitratos presentan la forma completamente oxidada del nitrógeno (NO_3^- : +5) y normalmente presentan altas concentraciones en el estado final de una oxidación biológica, generalmente se presentan en trazas en aguas superficiales de suministros, pero pueden tener altos niveles en aguas de pozo.

Los nitratos sirven como fertilizantes para la vida de las plantas y pueden ser convertidos en proteínas, los que están en exceso son arrastrados por las aguas a través de los suelos, encontrándose así aguas subterráneas con altas concentraciones de nitratos.

Bajo condiciones anaerobias pueden ser reducidos por un proceso denominado de nitrificación pasando a nitritos.

Altos contenidos de nitratos en las aguas potables causan enfermedades en los niños.

Existen varios métodos para su determinación, pero el más sencillo en cuanto a tiempo y reactivos se refiere, es aquel que se determina en el espectrofotómetro que se basa en la propiedad de que a longitud de onda de 220 nm los nitratos absorben radiación uv. Dado que a 220 también absorbe la materia orgánica disuelta y los nitratos no absorben a 275; entonces debe realizarse una corrección leyendo a 275, la determinación usa la ley de Beer; se expresa en ppm de N

El análisis debe hacerse inmediatamente se muestree para evitar cambios en el balance del nitrógeno debido a la actividad biológica; éste análisis es más difícil en agua negra, desechos y efluentes oxidados, que en aguas naturales debido a los numerosos iones interferentes, como los Cl^- y por las mayores cantidades de nitratos cuantificables.

Los nitratos desaparecen rápidamente al descomponerse las aguas negras y muy rara vez se pueden identificar en el efluente a las plantas de tratamiento de aguas negras.

7. RECOMENDACIONES

Las industrias del cuero tienen diferentes características, por lo tanto es importante tomar soluciones en una forma individual, teniendo en cuenta el tipo de industria y sus productos existentes.

En una curtiembre moderna es necesario tener un producto estándar hasta la curtiembre y así buscar mayor economía, lo cual conduce a la curtiembre con Cromo, por lo tanto es necesario modificar este tipo de curtiembre para tener un mejor beneficio ecológico. La necesidad es tener el Cromo en el cuero y no en las aguas residuales. Como el Cromo no se fija en un 100% lo que resta en las aguas residuales es necesario que no esté enmascarado para facilitar su separación.

Para obtener bajas concentraciones de Cromo en aguas residuales se recomiendan varios procesos:

7.1 PROCESOS CON ÁCIDOS MULTICARBÓNICOS O SUS SALES.

Las formulaciones con este tipo de ácidos son muy practicada en todo el mundo, el principio consiste en:

- Trabajar con menos Cromo.
- Fijar más Cromo en el cuero.
- Usar productos puros en la curtición y así la clasificación no es tan limitada.

El principio del primer sistema consiste en utilizar el ácido multicarbónico en el piquel.

Todos los sistemas tienen algunas reglas comunes para obtener un resultado óptimo las cuales son:

- No usar demasiados enmascarantes que originen una competencia con los ácidos multicarbónicos y disminuyan su efecto.
- Bajar la cantidad de Cromo, sobre el peso de las pieles en tripa hasta 1% de óxido de Cromo. En la práctica es posible lograrlo. Por ejemplo sin

cambiar el carácter del cuero bajar de 7% de sal de Cromo (con 25% óxido de Cromo) a 4.8 - 6.0%, 1.2% - 1.5% de Cr_2O_3 .

- Tener en cuenta los sistemas con pH final de 4.0 - 4.2 para no tener la necesidad de utilizar basificantes.
- La temperatura tiene que ser mínimo de 40°C para tener un efecto óptimo.

7.1.1. Recirculación directa de baños residuales: Este sistema es el más simple, porque solamente se utiliza un tanque para los baños, un filtro para separar los restos sólidos, un tanque para, los baños limpios que se utiliza en el piquel o curtición de la próxima producción.

El método más usado, en el piquel es: Adicionar en el baño recirculado la mitad de los ácidos que generalmente se usan en el piquel; entrar las pieles en tripa y luego de 10 minutos de movimiento adicionar el 50% restantes de los ácidos. Normalmente no es necesario controlar la temperatura.

Esto funciona si se tiene:

- No menos de 30% de agua y no más de 80%.
- No muy baja cantidad de Cromo en el baño residual.

- En los primeros 5 ciclos del proceso se tiene un cambio de las sales neutras de cloruro de sodio a sulfato de sodio.
- Desde el sexto ciclo se tiene un equilibrio.

7.1.1.1. Separación y recirculación del Cromo: El problema de recircular solamente el baño consiste en que al final las aguas residuales contienen una concentración alta de Cromo. Es imposible recircular baños de lavado y recurtición, porque existen en demasiadas cantidades y con recurtientes y engrasantes. Es posible mezclar las aguas residuales de la curtiembre con las del pelambre y producir un lodo que contiene hidróxido de Cromo y luego quemarlo, produciéndose Cr^{+6} que es posible extraerlo del humo y reducir, el bicromato.

7.1.1.2. Productos químicos para flocular el Cromo: Los posibles son: Hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos, y óxidos de sodio, calcio y magnesio. Otros no son posibles de usar por costos muy altos.

Los floculantes tienen grandes influencias en la estructura para separar el hidróxido de Cromo. Las más utilizadas cuando posteriormente sigue una filtración son:

- El óxido de magnesio, porque su velocidad para separar el hidróxido de Cromo es rápida y el lodo es tan estable que se deja filtrar.
- El carbonato de magnesio también se puede utilizar.

La ventaja de estas 2 sales es que con altas dosificaciones no existe el peligro de producir Cromo soluble. Un problema es su baja solubilidad en agua, por eso existen problemas en la dosificación, hay separación rápida y un aumento de pH muy lento, entonces es relativamente difícil estabilizar el pH en 8 - 9 que es el rango donde se puede separar el hidróxido de Cromo.

Con sales de calcio, se puede aprovechar costos muy bajos; con lo cual se produce sulfato de calcio que es indisoluble, esto aumenta la cantidad de lodos y para disolver el hidróxido de Cromo para recircular, se tiene que superar el sulfato de calcio, esta separación cuesta dinero y tiempo.

Cuando se utiliza sales de magnesio y el método de control del pH se necesitan 4 horas hasta que el pH se estabilice. Este es el tiempo que tarda en disolverse totalmente.

Otra forma antes del proceso, es en el laboratorio hacer un cálculo estequiométrico para saber cuantas sales de magnesio se necesita.

7.1.1.3. Separación del lodo con hidróxido de Cromo: El hidróxido de Cromo con ácido sulfúrico para recircular el Cromo, es posible trabajar con una decantación simple, ésta necesita tiempo; mínimo la noche para operar completamente y tener la posibilidad de separar 80 - 90% del baño, con una baja concentración de Cromo (10 mg/lt).

Es claro que el resto de baño con bajo Cromo, contiene sales y muchas veces la decantación no funciona tan rápido y bien como se necesita. En estas circunstancias es necesario una filtración. El más utilizado es el filtro - prensa, de vez en cuando se debe estabilizar el lodo antes de la filtración con un polieléctrolito para ayudar en la floculación.

7.1.1.4. Disolución del lodo con hidróxido de Cromo: Se hace normalmente con la cantidad estequiométrica de ácido sulfúrico que se necesita para obtener un sulfato de Cromo de 0% de basicidad. Normalmente se necesita la doble cantidad de ácido sulfúrico concentrado referido al resultado del análisis del hidróxido de Cromo en el lodo. Si se necesita una sal de Cromo de 33% de basicidad, el ácido sulfúrico requerido es menor, pero es un método muy complicado y gasta mucho tiempo(se dosifica el ácido sulfúrico concentrado en el hidróxido de Cromo) la reacción es exotérmica pero relativamente lenta en algunas ocasiones; si se desea calentar más rápido se puede utilizar energía.

En el piquel se debe adicionar menor cantidad de sal que la normal, porque el hidróxido de Cromo contiene un poco. En la práctica los sistemas empleados son tan efectivos, que se tiene la posibilidad de separar el hidróxido de Cromo de tal forma que en las aguas residuales se puede obtener menos de 5 mg/lt de Cromo.

Los baños de la recurtición no se pueden separar con este sistema porque contienen demasiados compuestos que causan problemas.

7.1.1.5 Recuperación de Cromo y rehuso: Avances de los nuevos procesos. (Ver figura No. 2).

FIGURA No.2 RECUPERACIÓN DEL CROMO Y REHUSO

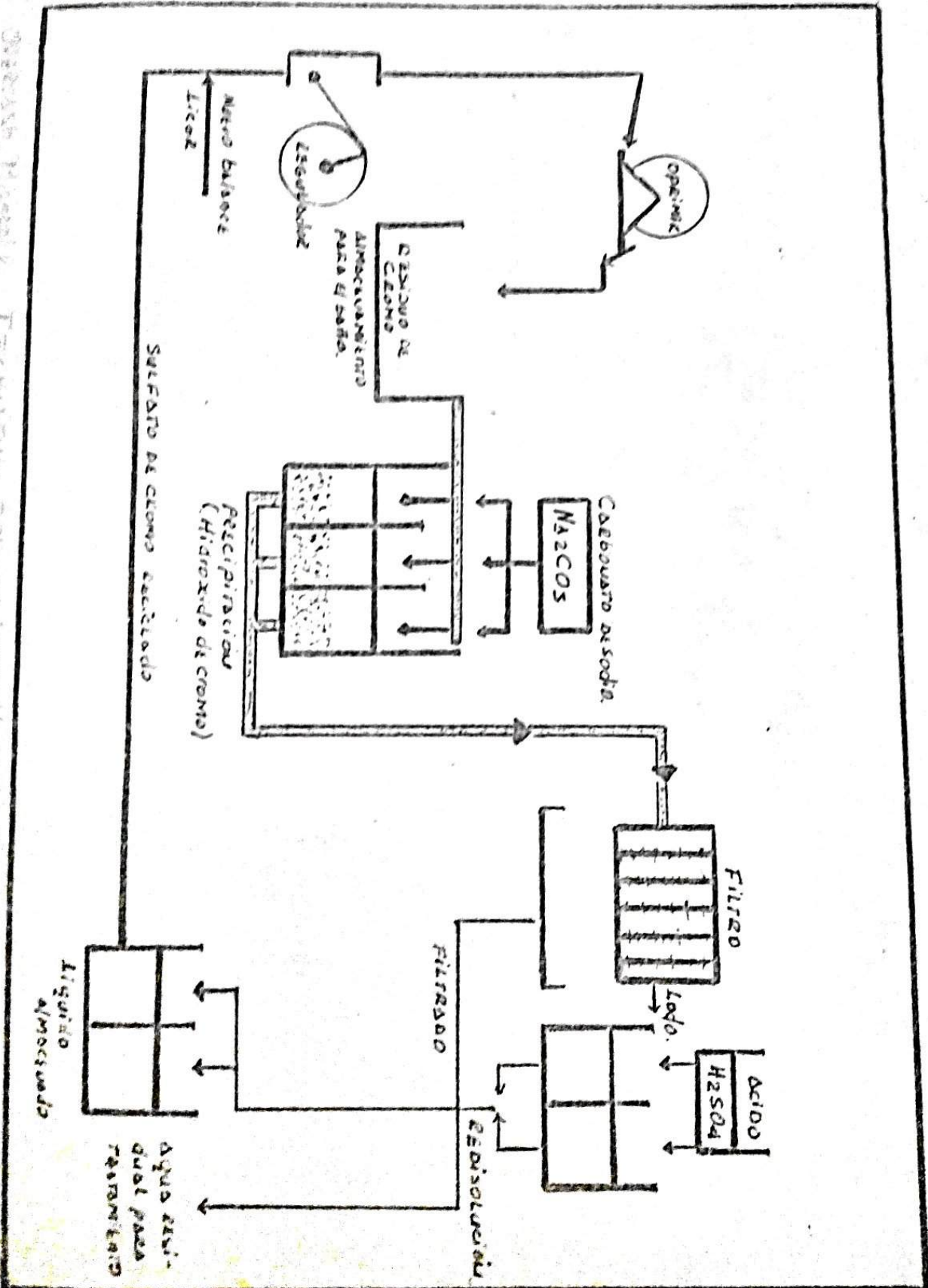


Diagrama de flujo de recuperación de cromo y rehuso

Debido a la concentración de materiales orgánicos, es difícil reducir el contenido del ion Cromo sobre la resina. De otra forma, el tratamiento estándar de los afluentes no hace posible eliminar estos iones de Cromo. En cambio los nuevos procesos hacen posible reducir la cantidad del contenido de Cromo en los efluentes en un 60%.

Entonces, también el suministro del reciclaje en la manufactura, bajando los costos de los suministros del Cromo en la fábrica. Este proceso garantiza una buena purificación y es promisorio financieramente.

Debiéndose tener en cuenta un proceso adicional que sería las aguas que se utilizan para el lavado. Es necesario y de gran importancia, hacer un tratamiento de agua de los siguientes procesos como sigue:

Remojo, pelambre, desencalado (purga), curtición, recurtición, (neutralización, teñido, engrase). Estos procesos se deben diferenciar.

7.2. OXIDACIÓN CATALÍTICA DE SULFURO

Las aguas residuales de la ribera de las curtimbres que trabajan el cuero crudo, contienen además de un alto porcentaje de sales orgánicas y productos albuminosos orgánicos, una cantidad considerable de sulfuros. Estos derivan no solo de los productos utilizados en el pelambre, sino que llegan a las aguas residuales mediante la oxidación catalítica de los productos albuminosos que contienen azufre.

Así se hace indispensable un método de eliminación de sulfuros para obtener la concentración permisible. Además el sulfuro no debe mezclarse con otras aguas residuales porque forma ácido sulfhídrico.

El valor límite para la cantidad de sulfuro es de menos que 10 mg/lt.

7.2.1. Precipitación con sulfato de hierro: Por medio de este tratamiento se puede eliminar gran parte del sulfuro. La desventaja es la gran producción de barro, y que este método no es utilizable en curtimbres vegetabilizadas, ya que el hierro en combinación con tanino produce tanato de hierro de color negro.

7.2.2. Tratamiento de humo: Debido a la influencia de dióxido de carbono y dióxido de azufre, se obtiene una reducción del pH y oxidación del azufre.

En la práctica no alcanza la parte de dióxido de azufre en los gases residuales, lo que tiene por consecuencia el escape de gas sulfhídrico.

En éste caso es necesario que el método sea acompañado por otro que aumente el dióxido de azufre en los gases residuales.

7.2.3. Recuperación del sulfuro: Existe además posibilidad de reducir la cantidad de agua que usamos en el pelambre y los productos químicos, reciclando el agua y recuperando el sulfuro. Se lleva las aguas residuales del pelambre a un tanque cerrado y se acidula este baño residual con ácido sulfúrico a un pH 4.8 - 5.2 mientras tanto se desprende gas sulfuroso que sale de un conducto y se absorbe en una solución de soda cáustica, recuperándose sulfuro de nuevo, que se puede utilizar en otro pelambre. Se debe utilizar con un equipo herméticamente cerrado por la toxicidad de gas sulfuroso.

7.2.4. Método de oxidación: La oxidación es un proceso efectivo simple. Los productos de oxidación son: Peróxido de hidrógeno, permanganato de

potasio, hipoclorito de sodio y especialmente el aire. Pero el empleo de sulfato de manganeso, ha sido muy favorable.

Los recipientes de reacción donde será introducida el agua residual pueden ser de diversos tipos: Aspas, fulones, mezcladores, receptáculo/decantador.

Exigencias que tiene que cumplir el sistema de ventilación:

- Ventilación intensiva y constante.
- La sedimentación de productos sólidos debe evitarse mediante un buen mezclado, porque sino serán los catalizadores arrastrados y gastados.
- La superficie de límites activa entre gas y líquido debe ser óptima por medio de burbujas finas.
- El sistema debe trabajar económicamente.
- La formación de espuma debe evitarse en lo posible.

Los sistemas más idóneos que cumplen los deseos para tener una correcta ventilación:

- **Aire comprimido:** Este método con muy buen resultado consiste en la aplicación de aire comprimido disperso finamente por válvulas, por ejemplo; tubos porosos de cerámica.
- **Ventilación de superficie:** Esta ventilación no es tan favorable para la eliminación de sulfuro, ya que la posibilidad de que el barro se sedimente es grande.
- **Mezcladora de ventilación subacuática:** El aire es absorbido y baja por el tubo de la mezcladora. Se requiere una buena ventilación por medio de un turboaerador que impide la sedimentación de barro.

Aereación por inyección: Con una bomba se hace circular la flota que va a ser ventilada. El aire se absorbe por un caño de calda; se mezcla el líquido con el aire. La formación de espuma se evita con un antiespumante.

Para evitar molestias causadas por el olor, se puede usar una instalación cerrada. La cantidad de aire que se necesita, depende también del método de ventilación y varía entre 9 y 10 m³/h. Se ha comprobado que la cantidad de 500 gr de sulfato de manganeso/m³, alcanza para poder llevar a cabo la oxidación en un tiempo razonable.

El catalizador es disuelto en agua que es agregada cuando ya ha comenzado la ventilación. En caso de ser arrastrado por el barro que se sedimenta, se recomienda la aplicación continua del sulfato.

La oxidación del sulfato disminuye el valor de la cantidad necesaria de oxígeno químico en un 10 - 18% y una mayor reducción solamente es posible, si se precipitan las proteínas disueltas. El pH adecuado es de 4.8 con la ayuda de ácido sulfúrico u otras aguas residuales ácidas, se puede eliminar hasta un 70% de las proteínas y disminuir el valor de la cantidad necesaria de oxígeno químico en un 75%.

7.2.4.1 Cantidad necesaria de oxígeno químico: La oxidación catalítica con oxígeno del aire en presencia del sulfato de manganeso, es un método simple y económico; se puede llevar a cabo la oxidación en 3 - 8 horas y se obtiene una extracción del sulfuro de un 95 - 99 %, separar la cantidad máxima de sulfuro y reducir el volumen de las aguas residuales.

7.2.5 Tratamiento del baño residual del curtido: El baño residual del residuo se presentan cuando se depositan los lodos de hidróxidos de Cromo, de recurtientes, neutralizantes, engrasantes y aguas con productos químicos no separados. Para conseguir una buena homogeneidad, se juntan éstas en

un tanque que reciba la capacidad de producción como mínimo de un día, sino hacerla en distintas fases.

Después de juntarse las aguas, se mezclan con sales orgánicas, como por ejemplo sulfato de aluminio o sulfato de hierro, para bajar considerablemente la cantidad de oxígeno químico. El pH entre 8.0 y 8.5 se obtiene con cal iniciando la presipitación de los metales pesados. Luego se le agregan los polielectrolitos en una cantidad de 5 gramos por m^3 entonces la floculación y las partículas en suspensión se aglomeran y se sedimentan de inmediato y en segundos.

Estas aguas tienen finalmente menos de 2 mg/l de Cromo y la cantidad de oxígeno químico es menor que el 50%, con respecto a las aguas residuales no tratadas.

Otro método donde ha demostrado mucho interés, es el reciclaje de Cromo: Se lleva las aguas residuales a un tanque, con un agitador agregando un álcali por ejemplo: Soda solvey, Bicarbonato de sodio, Soda caústica, Dioxido de magnesio etc. Con los álcalis se debe conseguir un pH 8.2 y 8.5, agregando después los PRAESTOLES en una cantidad de 5 - 8 grs m^3 . Produciendose la floculación y el hidróxido de Cromo recuperado en suspensión se aglomera y también se sedimenta de inmediato en segundos. En este proceso no se

puede trabajar con pH superior a 8.5 ya que el lodo de hidróxido de Cromo va en solución.

Si se tiene alto enmascaramiento del baño residual es recomendable agregar 300 - 500 gramos de sulfato de aluminio por m^3 y luego agregar al álcali. Esto ya que el sulfato de aluminio al basificar, se precipita en forma de hidróxido de aluminio, con una superficie muy grande, obteniendo una fácil aglomeración mejorando la sedimentación.

El lodo recuperado se debe deshidratar por filtro prensa o por centrifugas, luego se diluye con ácidos (H_2SO_4), acidulándolo con dos tercios ($2/3$) de la cantidad necesaria para formar sulfato de Cromo, con un licor de Cromo al 33% de gasicidad.

La reacción exotérmica del ácido sulfúrico con el lodo que contiene aproximadamente 80% hasta 150% de agua, aumenta automáticamente la temperatura hasta $60\text{ }^\circ\text{C}$, suficiente para disolver el lodo de hidróxido del Cromo. Luego enfriar y efectuar el análisis de Cr_2O_3 para colocar los litros de la solución y determinar la cantidad que debemos emplear en el piquelado o en la curtición al Cromo.

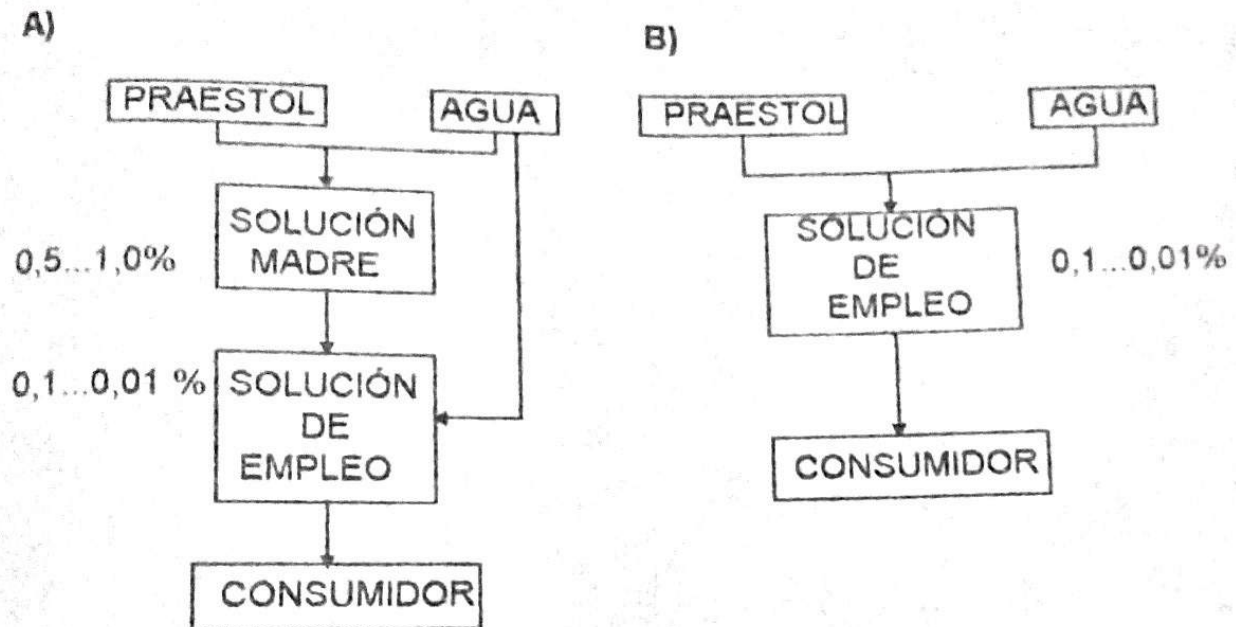
7.2.5.1 Praestoles: Los praestoles, son floculantes sintéticos macromoleculares, que se obtienen por polimerización del ácido acrílico, alcanzando un peso molecular de aproximadamente 14 millones con carga aniónica o cationes dependiendo de la forma de polimerización. Este tipo de floculantes se llaman en general polímeros y también polielectrolitos, si en solución acuosa muestra una carga eléctrica.

Para la preparación de soluciones de empleo se ofrecen las siguientes posibilidades:

- Preparación de una solución madre la cual se diluye después hasta la concentración de empleo.
- Preparación inmediata de una solución de empleo.

7.2.5.1.1 Preparación de una solución madre:

FIGURA No. 4



El praestol se mezcla con agua en una proporción en peso de 1:100 hasta 1:500, según su viscosidad en solución acuosa. De ésta forma se obtiene una solución madre la cual se diluye antes de su aplicación a través de una nueva adición de agua hasta la concentración de empleo recomendada.

Se debe utilizar un mezclador estático. No es necesario un tiempo de maduración adicional tras la postdifusión en general, después de poner el praestol con el agua de disolución, tiene que mantenerse ésta en movimiento durante un tiempo determinado. El tiempo de disolución y maduración

depende del tipo de floculante. Se han acreditado los agitadores de hélice, hoja, rejilla o ancla.

La solución madre se puede guardar durante varios días incluso semanas, según el producto y agua de disolución.

7.2.5.1.2 Preparación de una solución de empleo: A través de una solución del praestrol en la cantidad de agua recomendada para la concentración final, se prepara inmediatamente una solución de empleo.

La solución debe madurar antes de su aplicación, y durante este tiempo es mantenida en movimiento moderado por medio del correspondiente agitador a velocidades lentas para no romper la cadena. Y debe consumirse dentro de las primeras 24 horas.

7.2.6 Tratamientos de otras aguas: Cuando se trata únicamente las aguas residuales de la recuperación del hidróxido del Cromo, se puede sin problemas llevar las aguas del remojo, las aguas que quedan después de haber tratado pelambre, las aguas del desencalado y purga, las aguas que quedan después de haber recuperado el hidróxido de Cromo, las aguas de la recurtición y neutralización, teñido y engrase y otras aguas, todas a un fanque, poniendo cal a un pH 8.0 - 8.2 se le agrega 3 - 5 gr/m³ de praestoles produciéndose la

floculación y las partículas en suspensión aglomeradas, se sedimentan de inmediato. En muchos casos este lodo puede utilizarse como fertilizante.

7.3. USAR LA MENOR CANTIDAD DE AGUA Y REACTIVOS

Independientemente del proceso, debe probarse con la mínima cantidad de agua, esto aumenta la concentración de los productos químicos y lógicamente la eficiencia en su uso. La cantidad mínima quedará fijada por dos factores: Uno de ellos es la característica del tambor y el otro la cantidad de cuero, es decir, deberá usarse la cantidad mínima de agua con la que pueda trabajar el equipo sin afectar la calidad del cuero. El disminuir el consumo del agua de proceso y de lavado de los cueros puede causar problemas, pero esto debe ser analizado en el laboratorio.

PROPUESTAS

1 En los últimos años se ha acentuado la importancia de una serie de condiciones que hacen deseable la disminución del empleo del Cromo ó su sustitución. Los productos que recientemente han conocido un fuerte desarrollo están basados en:

- El empleo del aluminio
- El empleo del titanio
- El empleo de complejos metálicos conteniendo estos metales (Ti - Mg - Al)

Estos complejos deberían presentarse bajo una forma que permita crear una sinergia de las propiedades positivas del titanio y del aluminio, soslayando las dificultades ligadas a su comportamiento individual (inestabilidad, rápida hidrólisis y condiciones restrictivas de utilización) y facilitar su aplicación práctica e industrial. Esto se consigue mediante la incorporación de estabilisantes polifuncionales y de óxido de manganeso en proporciones optimizadas de relación directa con las de los otros metales.

2. Otros metales como curtientes

- Zirconio
- Sales de hierro
- Mezclas de curtientes (aluminio con mimosa)
- Los glutaldialdehidos

De estos curtientes mencionados los que tienen gran aceptación en la industria de los curtiembres es el complejo metálico (Ti - Mg - Al) que recientemente, utilizado con el Cromo, no afecta el contenido de óxido de Cromo de la piel acabada y se puede conseguir una mejor fijación de las sales de Cromo en relación a los procesos clásicos. Lo cual conduce a:

- Una economía a sus dosis de empleo.
- Efluente líquido menos cargados en Cromo
- Minimizar e incluso prescindir del empleo de las sales de Cromo

En cambio los otros curtientes expuestos como sustituyentes del Cromo en las tenerías, ya han arrojado resultados para la industria y el comercio, poco favorables como: Cueros no muy aceptados para el comercio, de buena calidad pero muy costosos, caso, cuando se usa el zirconio y el titanio; cueros

negros y acartonados cuando se usa sales de hierro.; cueros de tono beige - claro, de alta calidad, pero, la estabilidad al encogimiento es muy alta (mas de 120° C) y no sólido a la luz cuando se usa precurtición con aluminio y se aumenta el pH con mimosa; con aldehidos dan cueros con una resistencia de 78° C y problemas en el color y la temperatura además de ser muy costosos; cuando la curtición es vegetal los afluentes residuales tienen un D.Q.O. demasiado alto y muy costoso su tratamiento.

Por lo tanto estos curtientes no son utilizados o poco utilizados, no siendo significativos en los afluentes residuales como contaminantes.

3. Invertir en equipos de medición y anticontaminante.

Antes de adquirir tipo de equipo de tratamiento, deberá adquirirse equipo anticontaminante, osea equipo que ayude a evitar la descarga o a minimizar la descarga de contaminante efluente, por ejemplo, cribas, equipo para recuperar pelos (bombas y cribas rotatorias o vibratorias) y equipo para recuperar la sal de las pieles, tambien puede adquirirse tambores mas potentes eliminar y substituir tambores de bandas por engranes para los procesos de rivera y curtido, substituir paletos y pilas por tambores; considerarse equipo apropiado

de medición y control por ejemplo: de agua, temperatura, etc. (Los cuales los hay desde muy sencillos hasta muy sofisticados y costosos).

Una vez adquirido el equipo se vuelve a realizar el balance de materia en los procesos afectados por el mismo, los resultados de los análisis del efluente después de instalado el equipo, incluyendo medidores y habiendo optimizado al máximo todos los procesos, servirá finalmente para el diseño de la planta de tratamiento de los efluentes. (Ver anexo de planta de tratamiento de los efluentes.).

4. Técnica

Una empresa de tenería debe contar con suficiente cantidad de técnicos, que con pequeñas sesiones o curso de capacitación pueden evaluar el problema e incluso probar y evaluar las diversas alternativas de procesos y finalmente dirigir la planta de pretratamiento o tratamiento, para resolver problemas relacionados con contaminación o tratamiento.

5. Concientizar al personal.

El personal debe ser concientizado a todos los niveles de la importancia del buen uso del agua y del ahorro de la misma como también de los productos químicos utilizados que contaminan el agua. La empresa debe predicar con ejemplo dentro del proceso del manejo en el uso de lavado de presión para las maquinarias o regaderas que emplean mucho menos agua.

CONCLUSIONES

La solución dada para la magnitud del problema es difícil y costosa. Es el caso de pensar en resolver en forma general el problema, lo que implica la captación de las aguas residuales de todo tipo para llevarla a una planta única. Entre estos dos sistemas rivera y curado, existe una gran diferencia y es la de los costos de la infraestructura. El tipo de tratamiento o sistema empleado es también de significado.

El orden de prioridad para la solución del problema debe ser el siguiente:

- Reducir o eliminar las sustancias de interés sanitario. Es evidente que en todos los casos, los desechos de la curtiembre deben existir libres de sulfatos y de Cromo, fenoles aceites, grasas etc.
- Reducir los parámetros D.B.O, D.Q.O., y sólidos suspendidos.
- Sinergismo. Considerar las descargas de rivera como biodegradables y sin sinergismo y de las cuales debe eliminarse el sulfuro por su mal olor, y las

del proceso de curtición hacia adelante como no biodegradables y con sinergismo.

En este orden de ideas las medidas de mitigación puede tomarse con tendencia al origen de las fuentes de contaminación en las tenerías, utilización del sistema de depilado con MOLLESCAL o proceso de baja oferta de sulfuro. El mollescal puede agregarse solo o combinado y es biodegradable.

La operación de la selección de rivera mediante una combinación de sistemas químicos y enzimáticos, la depilación enzimática puede hacerse con amilasa, queratinasa, aspergillus orizar.

El uso generalizado de fulones en las diversas etapas del proceso trae consigo mas velocidad eficiencia y control del proceso. Utilización de nuevos procesos de los cuales obtiene un sistema de curtición al Cromo menos sencibles a las condiciones de pH y a los elementos residuales.

Recirculación directa de los baños curtientes la cual tiene como ventaja muy poca inversión, pero genera un aumento creciente en volúmenes que no pueden recircularse en un ciento por ciento lo cual necesariamente conduce a un vertimiento parcial del Cromo que podía recuperarse.

Precipitación del Cromo, con este proceso se podía recuperar la totalidad del Cromo sobrante del Cromo de curtidón y del escurrido.

El enfoque económico para el tratamiento de agua residuales de las curtiembres debe ser orientado inicialmente a cambios de los curtiembres que requieren:

- Disminución de los volúmenes de agua vertidos.
- Recuperación de productos químicos usados.
- Valorización de deshechos para convertirlos en subproductos comerciales.

Con estas medidas es posible mejorar el balance de masas del proceso de remojo hasta cuero rebajado. (Ver tabla N°. 2).

TABLA No. 2

Balance de masa de remojo de cuero rebajado
(% de cantidades que entran a la planta)

COMPUESTOS	Proceso Tradicional		Proceso con tecnologías limpias y valorización de procesos		Recuperación Por Recirculación
	Efluente	Desperdicio sólido	Efluente	Desperdicio sólido	
Agua	100	-	50	-	50
colágeno	6	22	4	4	20
Keratina	90	10	23	-	27
Grasas	67	25	67	4	21
Minerales (Químicos)	84	5	37	3	49

Solo a partir de la obtención de metas concretas en este aspecto debería el curtidor afrontar la problemática de la construcción de las plantas de tratamiento propiamente dicha. En este punto debería examinar si sus vertimientos van a la alcantarilla municipal o aguas superficiales. En el primer caso sus exigencias serán mucho menores que en el segundo, por lo cual su sistema de tratamiento puede simplificarse de una manera notable. Para el segundo caso si la curtimbres tienen diferente área y su producción no es mayor de 300 cueros/día se ha comprobado que en regiones de temperaturas de 25 - 30° C promedio con un tratamiento de desbastes, sedimentación sin productos químicos y lagunas facultativas se puede obtener vertimientos que cumplan las exigencias de descargues. Un ejemplo práctico para los curtimbres de producción de mas de 300 pieles/día, una alternativa interesante

es la utilización de técnicas de tratamiento anaeróbico. Se ha hecho pruebas a escala piloto (tabla No. 3) que comprueban la facilidad de este enfoque, que tiene sobre el sistema convencional las siguientes ventajas:

- Exigencias mínimas en tratamiento primario, responsable en soluciones convencionales del 80% del costo del tratamiento incluido el secundario.
- Mucho menos cantidad de lodos resultantes y biológicamente mas digeridos, con mejores posibilidades de usos en la agricultura.
- Obtención de cantidades significativas de metano que puede utilizarse como combustible.
- Como se trabaja en reactores cerrados se elimina el problema del olor.

TABLA No. 3

RESULTADOS PLANTA DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS EN EL VALLE DEL CAUCA

Planta de 200 pieles/día

REMOCIONES	EXIGIDAS	LOGRADAS
Grasas y aceites	80%	95.5%
Cromo	80%	69 %
Sólidos suspendidos	50%	88.5%
DBOS	80%	80 %

Toda evolución implica un trabajo asiduo y continuo, como hemos podido ver existen soluciones que permiten minimizar e incluso prescindir del empleo de las sales de Cromo. Ciertamente aunque cada caso es distinto y especial en el contexto general de la fabricación de curtidos el conjunto de estos datos y conclusiones deben presentar un argumento muy valido para la generalización progresiva de la metodología de control y sugerir prioridades de acción, niveles ambientales aceptables, y estrategias de control.

El problema de la polución de los cursos de agua se esta agudizando en el mundo entero y no se limita a la industria del cuero. Para que los tratamientos de los efluentes sean verdaderamente efectivos, se necesitan sistemas más sofisticados que los actuales, incluyendo equipos de filtración mas eficaces y especialmente, sistemas para eliminar olores como torres de burbujeo de agua para eliminar los olores de sulfuros. No queda duda de que en el futuro las plantas de tratamiento de efluentes instaladas en las curtimbres serán de naturaleza mucho mas complicada que las que posiblemente ofrece la tecnología actual.

BIBLIOGRAFÍA

NELSON L, Nemerón. Aguas Residuales Industriales: Teoría y aplicación de tratamientos. P 285 - 287.

ARAQUE TAMAYO, Juan David. et.al. Evaluación Económica De La Recuperación Del Cromo De Los Bonos De Curtición En Una Curtiembre. Medellín: UPB. Fac. De Ingeniería Química. 1992. 263p. (E.C.117731)

CASTAÑO ALZATE, Jesús Alberto; LÓPEZ GAVIRIA, Jerry y ZAPATA RUIZ, Jesús María. Recuperación Industrial Del ORO Con Ripio Del Cuero. Medellín: UPB. Fac. De Ingeniería Química. 1990. 83h. (E.C.11313L)

COT J. Y GRANELL, J. R. Recuperación De La Lana y/o Pelo Mediante Un Proceso De Solubilización De Los Recortes Cromados. Barcelona: C.S.I.C. 1993. 10p.

_____ El Curtidor y el Medio - ambiente.

GOLA, G. Y MARAVIGLIA, I. Curtido No Contaminante Con Alto

Agotamiento De Baños Residuales. Milán: L. Stoppani. S.P.A. 1990.

9h

_____ La técnica del cuero a través de los tiempos. Historia.

LÓPEZ IDARRAGA, Patricia; MACIAS VELEZ, Juan Carlos y VILLA

HERRERA, Jaime Alonso. Estudio Técnico Económico De Sistemas

Anticontaminantes Para La Industria De La Curtición: Proceso De

Pelambre. Medellín: UPB. Fac. De Ingeniería Química. 1991. 112h.

(E.C. 11246L)

LORENTE, Luis. et.al. Criterios Generales Para Proyectos De Mataderos En

Colombia. Bogotá: Cooperación de Estudios Ganaderos y Agrícolas.

1985. 223p. (E.C. 10680L)

_____ Principios Básicos De Química.

_____ Problemas Tecnológicos De Las Industrias Manufactureras

Del Valle De Aburrá Y Rionegro.

Química Técnica y Teoría.

QUINTANA, M. et.al. Recientes Evaluaciones En El Campo De La Curtición Mineral Hacia La Disminución O Sustitución Del Cromo. Barcelona: Grupo ICI. 1990. 14h.

Situación Reciente En La Industria Del Cuero Y Del Calzado. P 85.

UMAÑA MENDOZA, Germán. Estudio De Racionalización De La Industria De La Curtiduría Del Cuero En Colombia. [s.e.:s.e], 1987. 151p. (E.C. 8006)

VILLAREAL GZ, Enrique. Factibilidad Técnico-Económica Del Uso De Los Desechos Del Curtido Del Cuero. Santander: Universidad Industrial de Santander. 1972. 118h. (E.C. 11771L)