



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS
"CAMILO CIENFUEGOS"
FACULTAD DE INGENIERIAS QUÍMICA – MECANICA.**

MONOGRAFÍA

**IMPACTOS QUE GENERA LA INDUSTRIA TENERA EN EL MEDIO
AMBIENTE. CASO DE ESTUDIO TENERÍA MÁRTIRES DE
ÑANCAHUAZÚ.**

MSc. Lic. Arley Pérez Rojas

Centro de Estudios de Medio Ambiente de Matanzas.

Noviembre, 2007

Impactos que genera la industria tenera en el Medio Ambiente. Caso de estudio Tenería Mártires de Ñancahuazú.

Autor: MSc. Lic. Arley Pérez Rojas

Profesor Instructor Universidad de Matanzas “ Camilo Cienfuegos”

Facultad de ingeniería Química-Mecánica

Centro de Estudio de Medio Ambiente de Matanzas(CEMAM)

El hombre comenzó a producir un impacto sobre el ambiente natural desde el momento en que hizo uso de los elementos de su entorno. Aunque el efecto de este impacto puede considerarse pequeño durante gran parte del desarrollo de la civilización humana, el advenimiento de la revolución industrial, a fines del siglo XIX, marca un punto de inflexión, ya que a partir de ese momento el hombre afecta y modifica su entorno a una velocidad superior a la capacidad de recuperación de los ecosistemas naturales.

Cuando se hace referencia a la contaminación de las aguas se incluyen los cuerpos de aguas marinas, superficiales y subterráneas. Las causas fundamentales están dadas por la ausencia de alcantarillados, vertimiento de residuales no tratados, tecnologías obsoletas, sobreconsumo de agua, uso inadecuado de productos químicos y falta de conciencia ambiental. Las fuentes principales de la contaminación proceden de las industrias, las actividades agropecuarias y las domésticas (González, L., 2005).

Ramalho, (1996), plantea “ las aguas residuales son el resultado de la combinación de los residuales líquidos, aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente aguas superficiales, subterráneas y pluviales”.

Las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después que han sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias y son recogidas por la red de alcantarillados son definidas como aguas residuales (Rolim, 2000).

Es que evidentemente la actividad doméstica, agrícola e industrial tiene su protagonismo en la generación de las mismas y constituyen las principales fuentes de aportación. El problema de los efluentes industriales y albañales está íntimamente relacionado con la contaminación ambiental. Cuando se habla de efluentes industriales se refiere a un conjunto muy variado de residuos que se obtienen como consecuencia de la actividad industrial.

La industria del curtido de pieles ha sido siempre considerada como una actividad generadora de altas cargas contaminantes, principalmente por los vertidos de aguas que conlleva y que, históricamente, han acabado en los cauces de los ríos. Por el contrario, en los últimos diez o veinte años, la aplicación de tecnologías limpias y sistemas de recuperación y reciclaje de subproductos está cambiando tanto la imagen como la realidad.

Generalidades del proceso productivo.

El proceso productivo consiste en la transformación de la piel del animal en cuero. Las pieles luego de ser limpiadas de sus grasas, carnazas, y pelos o lanas, son sometidas a la acción de diferentes agentes químicos o vegetales que interaccionan con las fibras del colágeno para obtener un cuero estable y durable. Las operaciones y procesos para la producción del cuero se agrupan en tres etapas: etapa de ribera, etapa de curtido y etapa de acabado(Lofrano *et al.*, 2006).

Para la obtención de piel acabada a partir de la piel o el cuero fresco, considerado como un proceso convencional, puede dividirse en múltiples etapas, que a su vez pueden englobarse en cuatro fases: ribera, curtido, post-curtido y acabados.

Las etapas de ribera son las siguientes: salado, remojo, pelambre, calero, descarnado y dividido. El objetivo de esta fase del proceso es limpiar el cuero, eliminar el tejido adiposo y el pelo, y regular el grosor de la piel al valor deseado.

Salado

La recepción de las pieles en las Tenerías define si se realiza la etapa de salado o no, ya que estas se reciben frescas o saladas; pero en ocasiones poseen un mal estado de conservación. Bajo ciertas circunstancias las pieles no son procesadas de forma inmediata y requieren de aplicación adicional de sal. Este proceso aporta gran cantidad de sal a las aguas residuales.

Remojo

En esta etapa del proceso las pieles conservadas con sal, se tratan con agua para que adquieran la flexibilidad y morbidez que tenían en el momento de sacrificio del animal.

Esta operación tiene como objetivos principales: Limpiar la superficie de la piel de sangre, estiércol, tierra, sal, etc. Prehidratar la estructura de la piel. Para las pieles saladas, significa la disolución de la sal usada para la conservación.

El remojo se realiza en tinas por un espacio de 12 a 16 horas, las pieles se sumergen en agua limpia, con el propósito de humectarlas y removerles la sal, consume grandes cantidades de agua, por lo que aporta un volumen considerable de aguas residuales que contienen, cloruros, tierra y materia orgánica, así como sangre y estiércol. Hay discrepancia en la utilización de sustancias químicas en esta operación, algunos productores emplean solo agua, otros utilizan sustancias aceptantes para evitar la degradación microbiana de las pieles en el proceso.

Descarnado

El descarnado es una operación mecánica para limpiar la piel y eliminar el tejido adiposo adherido a la parte interna de la piel para dejarla limpia, homogénea y preparada para los procesos subsiguientes. El descarnado en la mayoría de las tenerías se realiza mecanizado, las tenerías de menor tamaño lo hacen manualmente.

La esencia de este proceso es retirar los restos de músculo y grasas, ya sea por medio manual o mediante la utilización de una máquina especializada. Esta operación tarda de 1 a 3 minutos, si se utiliza la máquina, y el subproducto que se

genera se denomina descarne. Este subproducto se puede utilizar como materia prima para la industria de la jabonería además como alimento animal.

Pelambre

La etapa de pelambre por ser la que mayor consumo de agua exige es por ende la que mayor volumen de aguas residuales genera, con un alto contenido de DBO, DQO, Sólidos y Grasas. La función de pelambre es la de eliminar las raíces del pelo, la epidermis y el pelo, dejar limpio el lado flor y producir una hidrólisis alcalina.

Los métodos utilizados esta etapa varían de acuerdo a la tenería. Las tenerías que poseen mayor desarrollo tecnológico usan los bombos giratorios. Las sustancias químicas que principalmente se emplean son, sulfuro o sulfhidrato de sodio (NaHS , Na_2S) e hidróxido de calcio que provocan una relajación de la estructura interfibrilar de la epidermis, abriendo las fibras que trae como consecuencia un hinchamiento de la piel y permite la penetración y la acción de los productos que se utilizarán en las etapas siguientes. Se ha intentado reducir la cantidad sulfuro a usar; para ello compuestos tales como tioglicolatos, enzimas y aminos se han empleado como sustitutos de forma parcial.

Las etapas de curtido incluyen: desencalado, rendido, piquel y curtido. El objetivo de esta fase del proceso es degradar parcialmente la estructura de la piel para facilitar la penetración y fijación posterior de productos químicos, ajustar el pH al valor adecuado para la curtido, y estabilizar la estructura del colágeno mediante la adición de productos curtientes (los más frecuentes son sales de cromo o extractos vegetales). Además, para pieles ovinas también suele hacerse un desengrase después de piquel. Después de la etapa de curtido las pieles ya son estables y en este estado a la piel se le nombra «*wet-blue*».

Desencalado

El desencalado consiste en la eliminación de los restos de hidróxido cálcico y sulfuro sódico, además de disminuir el pH de la piel para proceder al rendido

enzimático. Esta operación se realiza utilizando agua a temperatura de 30 – 35° C, sulfato amónico, ácidos débiles, tensoactivos y blanqueadores.

Piquelado

El piquelado tiene como objetivo llevar las pieles al pH requerido para el curtido al cromo (pH final entre 2.8 y 3.5) y detener el hinchamiento. Normalmente, se emplea cloruro de sodio, ácido sulfúrico y ácido fórmico. Este proceso transcurre sobre las 2 horas dependiendo en gran parte del espesor de la piel que se va a tratar, el piquelado no se hace en las tenerías de curtido al tanino y es la segunda fuente más importante de sal en los efluentes después del remojo de pieles saladas, de ahí la importancia del uso óptimo de sal común en esta operación. Esta observación obliga a tomar en cuenta Prácticas de Producción Más Limpia que involucre la etapa de remojo.

Curtido

Es el proceso mediante el cual la piel se transforma en cuero. El componente principal de la piel cruda, el colágeno reacciona con el agente curtiente bajo determinadas condiciones, para formar una unidad muy estable, no degradable ni putrescible llamada cuero curtido.

Los agentes curtientes se pueden dividir en tres tipos:

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

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

La operación de curtido tiene una duración de por lo menos 12 horas. Se emplea agua y una cantidad de sales de cromo en el rango de 6 a 8% (con relación al peso de las pieles a curtir). Para una óptima fijación del cromo en el colágeno, el pH final de la solución debe alcanzar valores de 3.8 a 4.2, con un incremento paulatino del pH, por lo que es necesario neutralizar los ácidos del piquelado durante el curtido, empleando para ello un agente alcalino.

Las etapas de post-curtido son: rebajado, neutralizado, recurtido, tintura, engrase, escurrido y secado. En este estado la piel se denomina '*crust*'. El objetivo de esta fase del proceso es ajustar el grosor finalmente deseado para la piel, conseguir las características de plenitud y color, y llevar la piel a un contenido de humedad adecuado (Castro *et al.*, 2006).

Las etapas de acabado para un proceso convencional consisten en diversas operaciones mecánicas y la aplicación de diversos productos sobre la superficie para darle la textura y apariencia final deseada. En función del tipo de cuero o piel de partida y del producto final que se desee obtener estas etapas comentadas se pueden realizar de diversas formas. Así es posible encontrar muchas variaciones del proceso; los usualmente utilizados son: piel vacuna curtida al cromo, piel vacuna curtida al vegetal y piel ovina (Ine, 2006; Roig *et al.*, 2006).

Los desechos provenientes de esta industria al ser depositados en las aguas superficiales, provocan una proliferación bacteriana con un alto consumo de oxígeno y generalmente, las posibilidades de autodepuración del agua son muy limitadas bajo estas condiciones debido a que el consumo excesivo de oxígeno inhibe en gran medida la vida acuática.

Incidencia de la Industria Tenera en el medio ambiente.

La contaminación ambiental producida por la industria tenera ha sido y es motivo de preocupación para especialistas y científicos de todo el mundo.

El creciente empleo de productos químicos sintéticos tóxicos persistentes como los pesticidas, disolventes, tintes y agentes para el acabado de los productos ha contribuido a la rápida degradación ambiental, sobre todo del suelo y del agua.

Cuando no hay control ni conciencia por parte de los curtidores, los diversos impactos ambientales de las tenerías afectan los parámetros ambientales que caracterizan las aguas superficiales, el suelo, las aguas subterráneas, el aire y los sistemas de tratamiento de los residuos. Es importante señalar que la magnitud de los diversos impactos en el medio depende de la intensidad real y del tipo de prácticas de control y gestión que se apliquen en este sector(Bosnic,Buljan y Daniels, 2000). A tales efectos se deben considerar los impactos ambientales provocados por los residuales de la industria del curtido a partir de la agresividad que los mismos representan para el entorno.

Incidencia de los residuales de la Industria Tenera en las aguas superficiales.

Si las aguas residuales se vierten en la red hidrográfica de la zona, es decir, en los ríos o en canales de menor caudal y acaban llegando al mar, los efluentes pueden deteriorar rápidamente las propiedades físicas, químicas y biológicas de la masa de agua receptora. Grandes cantidades de materia orgánica se descomponen en el agua a un ritmo muy rápido, causan olores nocivos y reducen el volumen de oxígeno disuelto en el agua necesaria para su descomposición. Dado que el oxígeno es vital para la vida acuática, su reducción afectaría enormemente la biodiversidad acuática y alteraría su existencia. Asimismo, los sólidos en suspensión ejemplo, cal o sales insolubles derivadas del calcio enturbian el agua y al depositarse en el fondo, destruyen el hábitat de microorganismos y otras formas de vida del agua. Además, los productos químicos y los residuos tóxicos como cromo, sulfuros y amoniacos, impiden que el agua sea segura para el uso doméstico y las actividades recreativas(Ifc+Draft, 2006; Meriç S. *et al.*, 2005).

Incidencia de los residuales de la Industria Tenera en el suelo.

La ubicación y distribución de la tenería, las lagunas de estabilización, las zonas de almacenaje y los vertederos, pueden dañar gravemente el suelo que tienen

debajo. Estos daños alterarían el subsiguiente uso del suelo para la agricultura, actividades recreativas e incluso para la construcción. También aceleran la erosión. El suelo se deteriora cuando la carga contaminante es superior a su capacidad neutralizante. Si la estructura del suelo resulta dañada, la capacidad de producción agrícola disminuirá y el período de recuperación será más largo.

Verter los residuos del curtido a los sistemas de agua que se emplean para el riego puede afectar al nivel de fertilidad del suelo a causa de la importante acumulación de sal que se produce.

Los residuos vertidos en el suelo se estancarán y producirán olores nocivos. Todos los contaminantes provenientes del curtido tienen un impacto sobre el suelo, pero los más importantes son el cromo, que puede alterar en algunos casos el crecimiento y desarrollo de los cultivos, y el sodio, que altera el índice de absorción de sodio.

Los sustitutos del cromo, a saber, el circonio, el titanio y el aluminio son también perjudiciales para el crecimiento vegetal. La contaminación del suelo producirá la subsiguiente contaminación de las aguas subterráneas a causa del elevado contenido en sal y componentes tóxicos. Por otra parte, los residuos orgánicos restantes podrían producir cierta contaminación microbiana (Singh y Sinha, 2005).

Incidencia de los residuales de la Industria Tenera en las aguas subterráneas.

En muchas comunidades, las corrientes subterráneas son una parte importante del abastecimiento de agua de una población. Su capacidad de autopurificarse es menor que la de las aguas superficiales porque fluyen con más lentitud y no están en contacto con el aire. Las aguas subterráneas se contaminan cuando las aguas residuales y los productos químicos se infiltran al suelo desde balsas, conductos y desagües sin revestir o desde vertederos, o cuando los efluentes se vierten directamente al suelo.

Existen contaminantes importantes que pueden generarse durante el proceso de curtido son estos: los cloruros, taninos, sulfatos, sulfuros y todas las trazas de productos químicos y disolventes. De igual forma, en grandes cantidades, el nitrógeno en el agua puede ser una grave amenaza para la salud, sobre todo para los niños.

Incidencia de los residuales de la Industria Tenera en el aire.

La contaminación del aire que generan las operaciones de curtido tiene tres causas principales: las emisiones de sulfuros accidentales en el depilado y el tratamiento de los residuos; las emisiones de amoníaco producidas por los licores usados para el pelambre y el desencalado, por la descomposición de las proteínas. En las operaciones de acabado, las emisiones de disolventes plantean un problema de salud en el lugar de trabajo. Con una tecnología eficaz y un control de las operaciones, estas emisiones se evitarán. Asimismo, determinado polvo que produce la piel al esmerilar se considera cancerígeno potencial para los trabajadores expuestos (Ifc+Draft, 2006).

Incidencia de los residuales de la Industria Tenera en los sistemas de gestión de residuos.

En los vertederos que se depositan residuos sólidos de las tenerías deben instalarse revestimientos especiales y sistemas de tratamiento de los lixiviados para controlar la filtración de productos químicos en las aguas subterráneas. El vertido de lodos en vertederos de residuos industriales mal gestionados ha

contaminado gravemente las aguas subterráneas. Asimismo, en los vertederos abiertos puede haber recipientes de productos químicos usados en curtido que a veces son reutilizados por la población (Rivela *et al.*, 2004).

A partir de la incidencia de los residuales de la industria Tenera en el medio ambiente, el autor plantea como una tarea prioritaria la búsqueda de alternativas que minimicen el impacto negativo de la disposición de estas aguas y para ello infiere el estudio de nuevas concepciones que han sido puestas en prácticas en el mundo.

Efectos en la salud humana.

El proceso de curtido conlleva el uso de productos químicos que pueden ser peligrosos para la salud humana. Estos riesgos no son sólo profesionales, sino que también pueden afectar al medio e indirectamente a la población.

Las aguas residuales, que a menudo llevan productos químicos y metales pesados, pueden contaminar el suelo y las reservas de agua, causando graves daños a la flora y a la fauna si no se gestionan debidamente. De esta manera los contaminantes se bioconcentrarán en la cadena trófica y llegarán como tales a los seres humanos. Los consiguientes efectos sobre la salud incluyen desde síntomas crónicos como fatiga, incapacidad y enfermedades, hasta otros efectos más graves.

Como se ha dicho en el proceso de curtido se utilizan sales de cromo. El contacto cutáneo con compuestos tri y hexavalentes de cromo puede producir conjuntivitis con lagrimeo y dolor, úlceras de 5 a 10 mm, no dolorosas, a veces pruriginosas, que suelen afectar al dorso de las manos y de los dedos, reciben el nombre de úlceras en "nido de paloma". También pueden ocasionar dermatitis de contacto y afección nasofaríngea con dolor, edema, enrojecimiento y ulceración de la mucosa, que finaliza con alteración del olfato, rinitis y perforación del tabique nasal. Las intoxicaciones crónicas pueden producir acumulaciones en el hígado, en el riñón, en la glándula tiroidea y en la médula ósea con un índice de eliminación lento.

Análisis físico-químico y microbiológico del residual de la Tenería Mártires de Ñancahuazú.

En Cuba existen cuatro Unidades de Producción dedicadas al curtido de pieles, distribuidas en las provincias de La Habana, Matanzas, Villa Clara y Camaguey. Martínez, (2004), corrobora el planteamiento realizado por Montesinos en el año (1982), cuando reportaba la industria del cuero como una de las contaminadoras de las aguas en Cuba, la alta demanda específica de agua y con una composición y concentración no favorable de efluentes fueron los elementos más importantes considerados por estos autores.

La Tenería “Mártires de Ñancahuazú”, se encuentra enclavada fuera del área urbana de la provincia, en la zona industrial de la Ciudad de Matanzas, entre los 23°04 53´.13”N y los 81° 31´41.70” W, situada en la costa de de la punta Sabanilla y hacia el exterior de la Bahía de Matanzas y a 6m sobre el nivel del mar. Hacia el este y el sur limita con la carretera de la zona industrial que se extiende a lo largo de la línea de costa, hacia el norte con la escuela de MININT, y hacia el oeste con terrenos sin cultivar que poseen elevaciones en forma de terrazas de hasta 25 m de altura sobre el nivel del mar. La Empresa fue inaugurada en el mes de abril de 1970 con una infraestructura lo suficientemente grande como para unificar todas las industrias teneras existentes en el país.

Análisis físico-químico y microbiológico del residual.

La tabla 1 muestra la composición físico-química y microbiológica del residual analizado el laboratorio.

La determinación del (pH) en residuales líquidos es de gran importancia, debido a que muchas reacciones bioquímicas que son esenciales para el mantenimiento y desarrollo de la vida, dependen de un margen muy estrecho.

El agua residual con valores de pH fuera de lo normal puede presentar problemas para aplicarles un tratamiento biológico, además de que este efluente podría modificar las características de las aguas naturales si estas no se tratan antes de ser vertidas (Metcalf and Eddy, 2000).

Tabla 1 Análisis físico-químico y microbiológico del residual de la Tenería Mártires de Ñancahuazú.

Parámetro	Abreviatura	Unidades	Intervalo	Promedio
Conductividad Eléctrica	CE	(mS/cm)	8,69-23,40	13,59
Salinidad	Sal	ups	4,80-13,30	10,5
Oxígeno disuelto	OD	(mg/L)	0,30-2,91	1,38
pH	pH		6,27-9,05	8,69
Temperatura	T	°C	24,8-29,1	26,10
Demanda química de oxígeno(K ₂ Cr ₂ O ₂)	DQO	(mg/L)	3480-4216	3773,30
Fósforo total	P total	(mg/L)	0,37	-----
Fosfato	PO ₄ ³⁻	(mg/L)	0,03-0,12	0,09
Nitrógeno amoniacal	N-NH ₄ ⁺	(mg/L)	77,01-513,08	198,59
Nitrato	N-NO ₃ ⁻	(mg/L)	<1	<1
Nitrito	N-NO ₂ ⁻	(mg/L)	0-1,31	0,84
Nitrógeno total	NT	(mg/L)	77,15-513,00	199,35
Cromo hexavalente	Cr ⁶⁺	(mg/L)	0,12-2,25	1,12
Cromo total	Cr total	(mg/L)	5,36-2,09	3,25
Sulfato	SO ₄ ²⁻	(mg/L)	50,00-374,00	208,00
Sulfuro	S ²⁻	(mg/L)	0,05	0,05
Cloruro	Cl ⁻	(mg/L)	1830,00-5977,00	3990,75
Sólidos totales	ST	(mg/L)	6000-27000	10387,50
Sólidos sedimentables	SS	(ml/L)	10,50-23,00	17,50
Coliformes fecales	CF	NMP/100	>2400	>2400
Coliformes totales	CT	NMP/100	>2400	>2400

En las muestras compuestas analizadas se obtuvieron valores de pH entre 6,63 y 9,05, este resultado está en correspondencia con otros estudios realizados para los cuales se reportan valores entre 6 y 9 para este tipo de residual.

Según la norma cubana de vertimiento en zonas costeras (NC TS 360: 2004) las variaciones de pH están acorde con lo establecido.

La conductividad es una expresión de la capacidad de una disolución para transportar la corriente eléctrica. Ésta depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativamente adecuadas. Al comparar los resultados obtenidos con diferentes estudios realizados en residuales con semejantes características, se observa que los valores de conductividad coinciden (8,69-23,40) mS/cm. Lofrano *et al.*, y Castro *et al.*, (2006), reportan valores de conductividad de 8,60 y 20,00 mS/cm para efluentes de tenerías con similar proceso de producción, sin embargo Ali Awan en su artículo sobre toxicidad de residuales del curtido, publicado en este mismo año, demuestra que los valores de conductividad eléctrica pueden incrementarse hasta 43,50 mS/cm.

La salinidad es una propiedad importante de las aguas naturales e industriales, en la tabla 1 se muestra que la misma oscila entre 9,80 a 13,30 (ups). Los investigadores reportan para este tipo de residual variaciones entre (10,00-27,00) ups, específicamente en investigaciones dirigidas a evaluar el efecto del residual en suelos y cultivos (Gómez, 1999; Singh S. Sinha S., 2005).

El oxígeno disuelto, indicador utilizado para determinar la calidad del agua, es necesario para los procesos metabólicos de los microorganismos aerobios así como para otras formas de vida. Sin embargo el oxígeno es sólo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de éste y otros gases que pueden estar presente en la disolución está condicionada por la solubilidad del gas, la presión parcial de gas en la atmósfera, la temperatura y la pureza del agua (Metcalf and Eddy, 2000).

Las mediciones realizadas demuestran que el contenido de oxígeno en el agua residual se encuentra en el intervalo de (0,30-2,91) mg/L lo cual indica que es un residual con características anóxicas.

En publicaciones recientes donde se caracterizan los residuales de tenerías, se refieren valores de oxígeno disuelto que están en correspondencia con los que se presentan en este estudio y que oscilan entre 0,10 y 5,00 mg/L.

Debido a la incidencia directa de la temperatura en las reacciones químicas y en el desarrollo de la vida acuática es considerada un factor fundamental a tener en cuenta en los estudios sobre la composición físico-química de las aguas residuales. En las muestras analizadas la temperatura medida varía entre (24,80-29,10) °C, considerados valores adecuados para su vertimiento en aguas de mar, y acorde a la norma cubana de referencia que establece temperaturas en el orden de 40°C para áreas marinas donde se desarrolle la actividad marítima portuaria como es el caso.

Las determinaciones de DQO evidencian el contenido de materia orgánica presente en el residual y por lo tanto el carácter contaminante del mismo.

La norma estipula que para aguas en contacto primario con el hombre, el valor adecuado responde a 10 mg/L y en otros usos puede llegar hasta 90,00 mg/L.

En el caso de estudio, los niveles de DQO están comprendidos entre (3480,00-4216,00) mg/L, fuera de los límites permisibles. Al comparar estos resultados con los registrados, por diferentes autores como: Vidal en el 2004 que reportan valores promedios de 31863,00mg/L, y Koteswari y Ramanibai en el 2003, 8000,00 mg/L, se demuestra que en realidad la industria del curtido, resulta ser una actividad que genera una alta carga de contaminantes al medio.

El fósforo es importante para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos, un descontrol en la cantidad presente en el residual puede dar lugar a un desarrollo excesivo de las algas y provocar un desequilibrio en las relaciones ecológicas que se establecen en el cuerpo receptor.

El contenido de fósforo total presente en el residual es de 0,37 mg/L, considerada una cantidad adecuada para mantener la vida y el balance nutricional en el sistema y corrobora el planteamiento referido en informe "*Environmental Report DRAFT*" (Ifc+Draft, 2006). Además se ajusta a las regulaciones establecidas en la norma cubana, a la cual se ha hecho referencia anteriormente, que estipula valores iguales o menores que 2,00 mg/L.

Las determinaciones químicas realizadas con el objetivo de establecer las cantidades de nitrógeno total vertidas están referidas en función del nitrógeno amoniacal, registrándose concentraciones entre 77,00 mg/L y 513,00 mg/L, no así para las concentraciones de los aniones nitrito y nitrato que son bajas (tabla 1).

El contenido de nitrito es relativamente inestable y fácilmente oxidable a la forma de nitrato. Es un indicador de la contaminación anterior al proceso de estabilización y raramente excede la cantidad de 2,00 mg/L en el residual. A pesar de que su presencia suele darse en concentraciones pequeñas, los aniones nitrito tienen gran importancia en el estudio de aguas residuales y contaminación de aguas, dada su toxicidad para gran parte de la fauna piscícola y demás especies acuáticas. Las concentraciones detectadas en este estudio están en el orden de (0,10 -1,31) mg/L. No son pocas las publicaciones en las que se han obtenido bajas concentraciones de este anión. Vidal et al; (2004), reportaron contenidos de nitrito entre 0,14 y 1,50 mg/L, Yague, (2001) al igual que Cooman, et al., (2003) afirman haber determinado cantidades inferiores a 0,50 mg/L.

El nitrato es la forma más oxidada en que se puede presentar el nitrógeno. Las bajas concentraciones registradas han sido también confirmadas en trabajos realizados por Di laconi et al., 2003, Lofrano et al.,2006, y en el informe (Ifc+Draft, 2006).

La cantidad de iones cloruro disueltos resulta un parámetro químico de calidad de las aguas residuales; pues son los responsables del aumento de la salinidad y considerados entes activos en los procesos de variación osmótica, propiedad que le permite desarrollar a las plantas y animales sus procesos de nutrición.

Los niveles de cloruro reportados se relacionan directamente con los valores de salinidad tanto es así que se obtienen cantidades elevadas que oscilan entre (1830,00-5977,00) mg/L, estos resultados están claramente en correspondencia con los publicados en estudios anteriores. Autores confirman la presencia de cloruro en el agua residual en proporciones de 6000,00- 7000,00 mg/L, así como Koteswari y Ramanibai, (2002), Vidal et al., (2004), Lofrano et al., (2006), que reportan concentraciones en el residual de 2470,00 mg/L, 21867,00 mg/L, y

2980,00 mg/L respectivamente. La norma para vertimiento de aguas residuales en zonas costeras no regula en contenido de cloruro, no obstante, es preciso tener en cuenta este resultado por su implicación en una futura propuesta de tratamiento biológico.

Como ya se ha dicho, el cromo es uno de los elementos a los que se debe prestar mayor atención cuando se analizan residuales de la tenería por el efecto nocivo que puede tener en los sistemas biológicos. Las concentraciones de cromo hexavalente y cromo total exceden lo establecido por las normas, las cuales fijan para cromo hexavalente concentraciones máximas de 0,50 mg/L y para el cromo total 2,00 mg/L. En esta investigación las cantidades obtenidas de cromo hexavalente en el residual estuvieron en el intervalo de (0,12-2,25) mg/L y para el cromo total entre 2,09 y 5,36 mg/L.

En condiciones anaerobias las bacterias sulfato-reductoras reducen de sulfato a sulfuro y posteriormente a sulfuro de hidrógeno (Gómez, 1999). El comportamiento de los compuestos del azufre en el residual presenta características semejantes a otros estudios realizados, en los cuales se observa una elevada cantidad de iones sulfato en el residual. Todos los autores que han caracterizado este tipo de efluente, citados en la investigación, coinciden en que las concentraciones de iones sulfato se encuentran entre 80,00-600,00 mg/L y para el caso de iones sulfuros, inferiores a 5 mg/L (Di Laconi *et al.*, 2003).

La utilización de sulfato de cromo para curtir las pieles justifica porqué en el residual existen cantidades de iones sulfato y cromo (Canales *et al.*, 2003).

El cromo III es el agente curtiente más ampliamente usado en la industria de cuero, y el cromo hexavalente ya no es usado en el proceso de curtido debido a su alta toxicidad. El cromo puede ser considerado como una fuente de contaminación debido al gran volumen de vertidos de baños residuales poco agotados y a los lodos sólidos producidos.

El cromo es un metal pesado que se acumula en el suelo. Los seres humanos y los animales están expuestos al cromo vía inhalación (en el aire o en el humo de tabaco), a través de la piel (exposición ocupacional) o por ingestión (generalmente de productos agrícolas o en el agua). La toxicidad sistemática del cromo se debe

especialmente a los derivados hexavalentes que, contrariamente a los trivalentes, pueden penetrar en el organismo por cualquier vía con mucha mayor facilidad. No obstante, también se han documentado riesgos importantes asociados al cromo trivalente.

Los sólidos que componen un efluente son definidos como la cantidad de materia insoluble que compone a un residual. Los resultados de la investigación con respecto a los sólidos sedimentables, indica que sus niveles en el residual están entre 10,50 y 23,00 mL/L. Al relacionar estos con la norma de vertimiento para zonas costeras se aprecia que están fuera de lo normado (10,00 mL/L). Al comparar estos resultados con estudios anteriores se evidencia que, efectivamente, los residuales de la industria del curtido poseen en su composición niveles superiores a los establecidos para sólidos sedimentables en normas internacionales.

Los microorganismos “coliformes” son utilizados como indicadores de calidad higiénico-sanitaria en aguas naturales, aguas residuales, en alimentos y medicamentos. En la tabla 1 se muestra como resultado alarmante (2400 NMP/100), valor que supera por mucho las cifras establecidas por las normas de vertimiento de aguas residuales, que estipulan valores máximos de 500 NMP/100mL en agua de mar.

La elevada carga de coliformes totales y fecales detectadas en el residual, según informaciones obtenidas a través de entrevistas con especialistas de más 15 años de experiencia en la Tenerife, sugieren que se debe a una comunicación existente entre los residuales albañales de la fábrica y los conductos que evacúan el residual del proceso de curtido.

El análisis de la composición físico química y microbiológica del residual, el carácter contaminante que posee, dado por el aporte de contaminantes provenientes de la operaciones vinculadas al proceso tecnológico, conlleva a valorar alternativas, que minimicen la agresividad del mismo en el medio ambiente.

En un intento de reducir los posibles riesgos para la salud, algunos gobiernos han formulado una estricta normativa que fomenta o exige la adopción de procesos y medidas para prevenir la contaminación.

Los métodos de tratamiento “al final del proceso”, en general, dan buenos resultados. Sin embargo, su alto costo constituye una seria restricción al mejoramiento continuo de la competitividad de las empresas. La ventaja de aplicar prácticas de Producción Más Limpia surge en forma natural ya que promueve el uso eficiente de materias primas, agua y energía, entre otros insumos, a fin de eliminar o reducir, en las fuentes de origen, la cantidad de residuos no deseados que se generan durante los procesos de producción. De esta manera, además de reducir los costos unitarios de producción, se reducen los requerimientos para el tratamiento final de desechos y, por ende, se reduce el costo de adquisición de la planta de tratamiento y el de las operaciones asociadas al mismo.

Es consideración del autor, como lógica de lo expuesto anteriormente, que la opción de introducir prácticas de Producción Más Limpia debe ser valorada antes de abordar soluciones de tratamiento “al final del proceso”. Las técnicas de Producción Más Limpia pueden aplicarse a cualquier proceso de manufactura, y abarcan desde cambios operacionales relativamente fáciles de ejecutar, hasta cambios más extensos, como la sustitución de insumos o el uso de tecnologías más limpias y eficientes.

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

Referencias bibliográficas

1. Awan, M. A. Reduction of chemical oxygen demand from tannery wastewater by oxidation *Electron. J. Environ. Agric. Food Chem.*, 2004, 3(1): 625-628.
2. Bosnic, M.; Buljan, J. y Daniels, R. P. *Pollutans in tannery effluents. Definitions and enviromental impact. Limits for discharge into water bodies and sewers.*, UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, 2000. 92.
3. Canales, C. C.; Carrasco, R. A.; Bargués, A. A.; Obach, M. E.; Segovia, S. S.; Vila, M. I.; Carles, P.; Ferrer, M. y Soler, M. *Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de curtidos*, Secretaría General Técnica Ministerio de Medio Ambiente. , 2003.
4. Castro De Doens, L.; Reyes, E. E.; De Simonovic, H. L.; Young, R. N. y Ramírez, A. L. *Guía de prevención de la contaminación del recurso hídrico, caracterización y tratamiento de aguas residuales para el sector de tenerías*, AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE ANAM, 2006.
5. Cooman, K.; Gajardo, M.; Nieto, J.; Bornhardt, C. y Vidal G. Tannery wastewater characterization and toxicity effects on *Daphnia* spp. *Environ Toxicol*, 2003, 18(1): 45-51.
6. Di Iaconi, C.; Lopez, A.; Ramadori, R. y Passino, R. Tannery wastewater treatment by sequencing batch biofilm reactor *Environ Sci Technol*, 2003, 37(14): 3199-3205.
7. Gómez, F. E. *Caracterización y depuración de aguas residuales, Sector Agrario (Tecnologías de bajo coste)*. 1999. 84-81398-22-4.
8. González, L. *Elaboración de adsorbentes a partir de lodos de EDARS urbanas para la remoción de contaminantes orgánicos.*: Institut de medi ambient . Matanzas. Universitat de Girona . . 2005. 6-10. p.
9. Ifc+Draft. *Enviromental, Health, and Safety Guidelines for Tanning and Laether Finishing*. Document, D., 2006.

10. Ine. *Descripción del proceso de curtido.*, 2006. [2006]. Disponible en: www.ine.gob.mx/ueajei/publicacione/libros/122/cap1.html
11. Koteswari, Y. N. y Ramanibai, R. the effect of tannery effluent on the colonization rate of Plankters: A microcosm study. *Turk j. Biol.*, 2003, 27: 163-170.
12. Lofrano, G.; Belgiorno, V.; Gallo, M.; Raimo, A. y Meriç, S. Toxicity reduction in leather tanning wastewater by improved coagulation flocculation process. *Global NEST Journal*, 2006, 8(2): 151-158.
13. Martínez, N. P. *Propuestas tecnológicas que permitan alcanzar producciones más limpias en el Establecimiento 101 Tenerife "Patricio Lumumba" del Municipio Caibarién.* Villa Clara., Universidad Central de La Villas., 2004.
14. Meriç S.; De Nicola E.; Laccarino M.; Gallo M.; Di Gennaro A.; Morrone G.; Warnau M .; Belgiorno V. y Pagano G. Toxicity of leather tanning wastewater effluents in sea urchin early development and in marine microalgae. *Chemosphere.* , 2005, 61: 208-217.
15. Mettcalfe & Eddy. *Ingeniería de aguas residuales // Tratamiento, vertido y reutilización.* 3ra Edición. Mc Graw. Hill Interamerica de España. S.A, 2000.
16. Montesinos, L. *Caracterización de los residuales generados por la Tenerife Mártires de Nancahuazú.*: Ingeniería Química Matanzas. Universidad de Matanzas, 1982. 98. p.
17. Nc-Ts 360. *Vertimiento de aguas residuales a la zona Costeras y aguas marinas-especificaciones*, Oficina Nacional de Normalización, 2004. NC-TS 360: 13.
18. Ramalho, R. S. *Tratamiento de aguas residuales.* Pirmera Edición. Barcelona, Editorial REVERTE S.A., 1996.
19. Rivela, B.; Moreira, T. M.; Méndez, R. y Feijoo, G. Life cycle assessment as a tool for the environmental improvement of the tannery industry in developing countries. *Environmental Science and Technology.*, 2004, 38(6): 1901-1909.

20. Rolim, M. S. *Sistemas de lagunas de estabilización (Cómo utilizar las aguas residuales tratadas en sistemas de redagadío)*. Editorial NOMOS S.A., 2000. 958-41-0090-0,
21. Singh, S. y Sinha, S. Accumulation of metals and its effects in *Brassica juncea* (L.) Czern. (cv. Rohini) grown on various amendments of tannery waste. *Ecotoxicol Environ Saf.* , 2005, (62): 118-127.
22. Vidal, G.; Nieto, J.; Mansilla, H. D. y Bornhardt, C. Combined oxidative and biological treatment of separated streams of tannery wastewater. *Water Science & Technology*, 2004, 49(4): 287-292
23. Yague, S. C. *Eliminación de color en aguas de industrias de acabado de piel mediante tecnologías de oxidación*. Departamento de Ingeniería Química Alicante. Universidad de Alicante 2001. 196. p.