

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas Y Biotecnológicas

Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica



**“AISLAMIENTO DE CONSORCIOS BACTERIANOS NATIVOS EN
EFLUENTES PROVENIENTES DE CURTIEMBRES PARA LA REMOCIÓN
DE COLORANTES INDUSTRIALES”**

Tesis presentada por el Bachiller:

Quispe Samanez, Ítalo Sebastián

**Para optar el Título Profesional
de:**

Ingeniero Biotecnólogo

Asesor:

Dra. López Casaperalta, Patricia

Arequipa- Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA BIOTECNOLOGICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 19 de Diciembre del 2022

Dictamen: 008243-C-EPIB-2022

Visto el borrador del expediente 008243, presentado por:

2015241681 - QUISPE SAMANEZ ITALO SEBASTIAN

Titulado:

**ASLAMIENTO DE CONSORCIOS BACTERIANOS NATIVOS EN EFLUENTES PROVENIENTES DE
CURTIEMBRES PARA LA REMOCIÓN DE COLORANTES INDUSTRIALES**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**0689 - LOPEZ PONCE FLORENCIO MARIO
DICTAMINADOR**



**2346 - MOLINA RODRIGUEZ FREDY NICOLAS
DICTAMINADOR**



**2781 - BARREDA DEL CARPIO JAIME ERNESTO
DICTAMINADOR**



AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida de gratos momentos y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal de la Universidad Católica de Santa María, a toda la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas a la Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica, a cada uno de mis profesores, quienes con su enseñanza y valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.





DEDICATORIA

Agradezco a Dios, a mi abuela Fernandina, ejemplo de amor y dedicación en mi vida, a mi madre Angelica que gracias a su sacrificio y esfuerzo es que pude llegar donde estoy y a mi padre Jorge por ser mi motivación y guía

RESUMEN

El uso de tintes y pigmentos en los diferentes procesos de teñido en curtiembres es considerado uno de los procesos que requiere mayor consumo de agua, energía y provoca una mayor segregación de aguas residuales. Es importante mencionar que la presencia de agentes contaminantes constituye un factor de alta peligrosidad a nivel ambiental debido a las diferentes características toxicológicas, más allá de los aspectos estéticos que provocan las aguas residuales dentro del proceso de tintura, los diferentes tipos de colorantes cuyos compuestos están diseñados para ser altamente resistentes, incluso a la degradación microbiana, por lo que son difíciles de eliminar y más aún de biodegradar.

Los colorantes tienen dos formas de fijar el color sobre la fibra: principalmente por adsorción físico-química secundaria y por retención mecánica. Antes de ser teñido, las pieles se someten a numerosos tratamientos químicos y enzimáticos que modifican gradualmente sus cargas negativas y positivas, de tal forma que el teñido de la piel se va a dar dependiendo de la afinidad o rechazo de las cargas que tenga tanto de la piel como de la anilina utilizada; dependiendo de la diferencia entre las cargas durante el proceso de teñidos de las pieles y la anilina, su reactividad será la mayor o menor entre ellas. En la tintura se podrían considerar tres fases: fuerzas de atracción entre iones que actúan para formar enlaces salinos, fuerzas de enlace que actúan dando lugar a la formación de enlaces de hidrógeno y finalmente procesos de deshidratación y secado en los que prevalecen fuerzas de muy corto alcance que permiten una combinación adicional entre el tinte y la piel a teñir

Como consecuencia, los colorantes tienden a persistir en condiciones ambientales aeróbicas (Barragán et al. 2007; Buitrón et al. 2004). Asimismo, al hacer uso de procesos anaeróbicos se forman aminas que pueden ser tóxicas y cancerígenas (Buitrón et al., 2004; Cortazar et al., 2012), p. Es por lo anterior que la presente investigación busca demostrar la presencia de consorcios bacterianos nativos en efluentes provenientes de curtiembres con el objetivo de remover tintes industriales, lo que permitiría la recuperación de aguas contaminadas y la reducción del impacto ambiental generado, así como los daños a la seguridad y salud del ecosistema alrededor de la fuente contaminante

Palabras clave:

Consortios bacterianos, efluentes, eliminación de colorants, curtiembres

ABSTRACT

The use of dyes and pigments in the different dyeing processes in tanneries is considered one of the processes that requires the highest consumption of water and energy and causes a greater segregation of wastewater. It is important to mention that the presence of polluting agents constitutes a highly dangerous factor at the environmental level due to the different toxicological characteristics, beyond the aesthetic aspects caused by wastewater within the dyeing process, the different types of dyes whose compounds are designed to be highly resistant, even to microbial degradation, making them difficult to remove and even more difficult to biodegrade.

The dyes have two ways of fixing the color on the fiber: mainly by secondary physical-chemical adsorption and by mechanical retention. Before being dyed, the skins are subjected to numerous chemical and enzymatic treatments that gradually modify their negative and positive charges. In such a way that the dyeing of the leather will be given depending on the affinity or rejection of the charges that both the leather and the aniline used have; depending on the difference between the loads during the dyeing process of the leathers and the aniline, their reactivity will be the highest or lowest between them. In dyeing, three phases could be considered: attractive forces between ions that act to form salt bonds, bond forces that act giving rise to the formation of hydrogen bonds, and finally dehydration and drying processes in which very short-term forces prevail. scope that allow an additional combination between the dye and the skin to be dyed

As a consequence, the dyes tend to persist under aerobic environmental conditions (Barragán et al. 2007; Buitrón et al. 2004). Likewise, when using anaerobic processes, amines are formed that can be toxic and carcinogenic (Buitrón et al., 2004; Cortazar et al., 2012), p. It is for this reason that the present investigation seeks to demonstrate the presence of native bacterial consortia in effluents from tanneries with the aim of removing industrial dyes, which would allow the recovery of contaminated water and the reduction of the environmental impact generated, as well as damage to the safety and health of the ecosystem around the polluting source

Keywords:

Bacterial consortia, effluents, dye removalBacterial consortia, effluents, dye rem

INDICE

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCION	1
1.1 Industria de las Curtiembres	1
1.2 Proceso de Curtido	2
1.2.1 Recepción de la materia prima	3
1.2.2 Pre tratamiento	3
1.2.3 Curado y Desinfectado	4
1.2.4 Pelambre	5
1.2.5 Desencalado	6
1.2.6 Descarnado	7
1.2.7 Desengrasado	7
1.2.8 Piquelado	8
1.2.9 Curtido.....	8
1.2.10 Secado	9
1.2.11 Engrasado	9
1.2.12 Planchado y Clasificación	9
1.2.13 Almacenamiento	10
1.3 Características de los Efluentes de las Curtiembres	13
1.4 Determinación del Problema.....	13
1.5 Enunciado del Problema	14
1.6 Objetivo	14
1.6.1 Objetivo general	14
1.6.2 Objetivos específicos.....	14
1.7 Antecedentes.....	15
CAPITULO ii.....	17
2. MARCO TEORICO.....	17
2.1 Ubicación del Área del Proyecto	17
2.2 Proceso de Teñido.....	17

2.3 Teñido en el Proceso de Curtido.....	20
2.3.1 Colorantes ácidos simples.....	20
2.3.2 Colorantes Orgánico Sintético	23
2.4 Efectos a la Salud de la Anilina y el Ácido Perfluorooctanoico	23
2.5 Repercusiones Ambientales de los Procesos Industriales de Curtido	29
2.5.1 Efectos sobre cuerpos de agua	30
2.5.2 Efectos sobre el alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales.....	30
2.5.3 Efecto el suelo.....	30
2.5.4 Efectos sobre la calidad del aire	31
2.6 Factores determinantes en la fijación de los tintes y colorantes en el curtido....	31
2.6.1 Temperatura.....	31
2.6.2 volumen del baño	31
2.6.3 Ph.....	31
2.6.4 Tiempo	32
2.6.5 Efecto Mecánico.....	32
2.6.6 Tipo y cantidad de colorantes.....	32
2.6.7 Agentes Auxiliares.....	32
2.6.8 Recurtientes empleados sobre el cuero.....	32
2.7 Impacto de los efluentes residuales de las curtiembres	33
2.7.1 Contaminación del Agua.....	33
2.8 Métodos convencionales para el tratamiento de efluentes	42
2.8.1 Tratamientos biológicos.....	43
2.9 Microorganismo con potencial biodegradado	44
2.9.1 Decoloración y degradación de colorantes industriales por bacterias	44
2.9.2 Métodos de obtención de metabolito	44
2.9.3 Cromatografía líquida acoplada al espectrómetro de masas	45
2.10 Hipótesis.....	45
2.11 Variables.....	45
2.11.1 Variables Dependientes.....	45
2.11.2 Variables Independientes	45
2.11.3 Componentes de las aguas residuales provenientes de las curtiembres ..	45
CAPITULO III	48
3.METODOLOGIA.....	48
3.1 Descripción de la investigación	48
3.2 Localización del Aislamiento Bacteriano	48
3.3 Muestreo	48
3.3.1 Protocolo de campo.....	49

3.4 Preparación de medios de cultivo	50
3.4.1 Preparación del Agar Nutritivo	50
3.4.2 Preparación del Agar Sangre	50
3.4.3 Preparación del Agar MacConkey	51
3.4.4 Obtención de la Muestra.....	51
3.4.5 Cultivo y sembrado de colonias bacterianas.....	51
3.4.6 Realización de Repiques	52
3.4.7 Purificación.....	52
3.4.8 Preparación del colorante	52
3.4.9 Decoloración	52
3.5 Análisis Bioquímico de las Cepas Bacterianas Identificadas.....	53
3.6 Antibiógramas de la cepa con capacidad de remoción de tintes industriales	53
3.7 Características Macroscópicas de las Colonias Bacterianas.....	55
3.8 Secuenciación	57
3.9 Ensayos de remoción de tintes industriales	57
3.10 Estadística y análisis de la remoción de tintes industriales	58
3.11 Modelo cinético de Remoción Intraparticular según Weber y Morris	61
3.12 Antecedentes Investigativos del Modelo cinético	61
CAPITULO IV.....	64
4.1 RESULTADOS Y DISCUSION	64
4.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
4.2.1 CONCLUSIONES	66
4.2.2 RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características y formula química de la Anilina</i>	24
Tabla 2 <i>Substancias químicas utilizadas para la fabricación de prendas</i>	38
Tabla 3 <i>Vías Potenciales de Exposición por los Distintos Medios de Contacto</i>	40
Tabla 4 <i>Operaciones del proceso curtiente, composición de los efluentes y consecuencias</i>	42
Tabla 5 <i>Antibiograma de la Cepa Bacteriana con capacidad de remoción de tintes industriales</i>	55
Tabla 6 <i>Descripción macroscópica de las colonias en estudio</i>	57
Tabla 7 <i>Densidad Óptica con Bacterias y sin Bacterias</i>	60
Tabla 8 <i>Repeticiones sin bacterias y con bacterias</i>	60
Tabla 9 <i>Prueba T Student</i>	61
Tabla 10 <i>Estadística descriptiva</i>	61
Tabla 11 <i>Parámetros comparativos de densidad óptica con bacterias y sin bacterias</i>	62
Tabla 12 <i>Remoción de mercurio por tres especies bacterianas según el modelo cinético</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Curtiembres en Arequipa</i>	1
Figura 2. <i>Almacenamiento de la materia prima</i>	3
Figura 3. <i>Pre tratamiento de la materia prima</i>	4
Figura 4. <i>Pelado y tratamiento de las muestras</i>	5
Figura 5. <i>Pelado de la materia prima</i>	6
Figura 6. <i>Desencalado de la materia prima</i>	7
Figura 7 <i>Descarnado de la materia prima</i>	7
Figura 8 <i>Preparación de la materia prima</i>	9
Figura 9 <i>Planchado de la materia prima</i>	10
Figura 10 <i>Almacenamiento de la materia prima</i>	11
Figura 11 <i>Diagrama del proceso del curtido del cuero</i>	11
Figura 12 <i>Ubicación del Área del Proyecto</i>	17
Figura 13 <i>Proceso de limpieza y tintado de cueros y textiles</i>	20
Figura 14 <i>Ácido perfluorooctanoico</i>	22
Figura 15 <i>Imagen luego del teñido del cuero mediante el uso de la anilina</i>	23
Figura 16 <i>Valores limites ambientales de exposición a la Anilina</i>	26
Figura 17 <i>Rutas de ingreso de PFAS</i>	28
Figura 18 <i>Trabajadores Artesanales de curtiembres</i>	33
Figura 19 <i>Impacto Ambiental de la Industria del curtido</i>	35
Figura 20 <i>Consumo de Agua por Prendas</i>	36
Figura 21 <i>Efluentes textiles</i>	37
Figura 22 <i>Muller Hinton con la cepa bacteriana con capacidad de remoción de tintes industriales y Discos de Antibióticos</i>	56
Figura 23 <i>Remoción de tintes industriales por cada cepa bacteriana en distintos tiempos de contacto y evaluación. Según el modelo cinético de difusión intraparticular según Weber y Morris</i>	63

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

1.1 Industria de las Curtiembres

Uno de los problemas más graves en materia ambiental lo constituyen la contaminación y la constante eliminación de materiales residuales de cada uno de los procesos unitarios de las curtiembres. En Arequipa existe alrededor de 400 empresas de curtiembres entre grandes, pequeñas y medianas, agrupadas en 60 asociaciones lo que ha hecho que Arequipa sea la primera productora de cuero del país

La transformación de las pieles de los animales a cuero es un proceso poco tecnificado y necesita de múltiples fases el cual da como resultado residuos químicos como orgánicos y biológicos que al mezclarse con el agua generan un impacto agresivo en el ambiente y un daño perjudicial y permanente al ecosistema en contacto con la fuente contaminante.

Figura 1

Curtiembres en Arequipa



Fuente: Asociación artesanal de curtiembres

Nota. Arequipa es el principal productor de cuero en el país. Sin embargo, se ve forzada a importar cueros semielaborados de Bolivia, para no dañar la ciudad con los desechos sólidos y líquidos que se utilizan para su transformación.

La producción mensual ronda los 600 000 pies (cada pie es una piel de 30x30cm), después de Arequipa le sigue Chiclayo y Lima. El cuero que sale de Arequipa va fundamentalmente a Lima, donde se elaboran diferentes productos, entre ellos zapatos, muebles, accesorios y prendas de vestir, que luego se exportan a Europa, Brasil y China. El ritmo de producción muestra una alta remoción de residuos sólidos, especialmente cárnicos y efluentes contaminados con altas concentraciones de materia orgánica, compuestos nitrogenados, sulfuros, pH alto, cromo, entre otros, por lo que el sector de curtiembres se ha marcado en años recientes como un contaminante ambiental a gran escala.

Para el proceso de tratamiento del cuero se deben desarrollar pretratamientos mediante la adición de productos químicos únicamente formulados para el proceso. La explicación de esto es que todos los productos químicos utilizados para el pelambre, el curtido y el tintado entran en la piel a través del agua en la que se disuelven. Es importante recalcar que el remojo de la piel determina los resultados del pretratamiento y del tratamiento de las pieles. Los productos químicos más comunes utilizados en este proceso son: hidróxido de sodio, sulfuro de sodio y carbonato de sodio.

1.2 Proceso de Curtido

Los procesos desarrollados recurren a las prácticas básicas del curtido, que se concentran en tres operaciones: la preparación de la piel, el curtido y el acabado. El equipo utilizado en los dos primeros es el bombo o fulon. Es un tambor que gira por medios mecánicos, que suele estar ubicado en lugares estrechos en áreas que no cumplen con los estándares mínimos de operación o seguridad industrial.

No se controlan las cantidades de pieles y reactivos utilizados en cada uno de los pasos; Los volúmenes de agua cargados en el tambor se miden por marcas en el tambor, mientras que la cantidad de cueros procesados en cada operación, y en algunos casos la cantidad de reactivos, está determinada por la experiencia del operador.

Las pieles, después de ser limpiadas de grasa, carne, pelo y lana, son sometidas a diferentes agentes químicos que interactúan con el colágeno para obtener una calidad óptima del cuero.

El proceso de curtido utiliza dos métodos para su tratamiento, uno a base de sales de cromo y otro a base de agentes vegetales. El proceso de curtido desarrolla los siguientes pasos:

1.2.1 Recepción de la materia prima

Los cueros recibidos tienen un elevado contenido de humedad y pueden tener defectos graves. Por ello, inicialmente se lleva a cabo una inspección visual para asegurar que cumplen los requisitos de calidad exigidos, y así evitar deterioros y productos finales defectuosos.

Figura 2

Almacenamiento de la materia prima



Fuente: Asociación artesanal de curtiembres

Nota. La primera operación unitaria consiste en el almacenamiento de la materia prima lista para iniciar el proceso unitario de cada etapa correspondiente al curtido y preparación de las pieles.

1.2.2 Pre tratamiento

Las pieles se pesan y clasifican por tamaño y especie, luego se cortan las partes del cuello, la cola y las extremidades. Las pieles se lavan para rehidratarlas y limpiarlas de los residuos de sangre, estiércol y demás suciedades que contengan. Los insumos químicos comúnmente utilizados en este paso son al, carbonato de sodio, cloruro de sodio, hidróxido de sodio, sulfuro de sodio, pesticidas, tensoactivos, preservantes.

Figura 3

Pre tratamiento de la materia prima



Fuente: Asociación artesanal de curtiembres

Nota. En función de la concentración de grasas, aceites, se diseña una unidad separadora de grasas, que puede ser del tipo flotación por aire, donde se retira el material flotante por la parte superior; el efluente se dirige a un tanque de equalización donde se inyecta aire para evitar reacciones de descomposición.

1.2.3 Curado y Desinfectado

Las pieles en bruto o crudas se curan salándolas o secándolas. El método más frecuente es el uso de la sal, este proceso se lleva a cabo mediante: salado húmedo o curado con salmuera. Durante esta operación se utilizan grandes volúmenes de agua que trasladan consigo tierra y materia orgánica.

La salmuera se emplea para el curado que consiste en colocar las pieles durante unas 16 horas en grandes tanques que contienen desinfectantes (bicloruro de mercurio y ácido fénico), bactericidas (sulfato de sodio y ácido bórico) y una solución salina.

Figura 4

Pelado y tratamiento de las muestras



Fuente: Elaboración Propia

Nota. Los productos químicos utilizados en las curtidurías para el tratamiento del cuero cuentan con un conjunto de materiales entre los que se destacan los desinfectantes como el decolorante en polvo, el fluoruro de sodio y el cloro en agua.

Los materiales evitan que el cuero se pudra, después de lo cual se agregan al agua productos químicos como la soda cáustica, el sulfuro de sodio y los tensioactivos para acelerar el remojo del cuero salado o seco.

1.2.4 Pelambre

La piel drenada pasa por el proceso de pelambre donde se elimina la epidermis y el pelaje que la cubre. Para este proceso, la piel se sumerge en soluciones de sulfuro de sodio y cal, manteniendo una agitación constante.

Figura 5

Pelado de la materia prima



Fuente: Elaboración Propia

Nota. Los cloruros afectan el tratamiento del agua, debido a la gran cantidad de sales utilizadas para este proceso. El problema de este método son los sólidos en suspensión, los sulfuros y los materiales nitrogenados, materiales que se utilizan con el fin de destruir los folículos pilosos.

1.2.5 Desencalado

Es el proceso en el que se lava la piel para eliminar la cal y el sulfuro, utilizando grandes volúmenes de agua para impedir posibles interferencias en posteriores curtidos. Es forzoso emplear sustancias químicas como ácidos orgánicos (sulfúrico, clorhídrico, fórmico, bórico), sales de amonio, bisulfito de sodio, peróxido de hidrógeno, azúcares y melazas.

Figura 6

Desencalado de la materia prima



Fuente: Asociación artesanal de curtiembres

Nota. El sulfato de amonio se usa típicamente para este proceso, los compuestos de mayor preocupación son el nitrógeno y el sulfato amoniacal..

1.2.6 Descarnado

Etapa donde se desprenden las grasas y la carne que aún están adheridas a la parte interna de la piel. El descarnado se realiza con máquinas especiales, consiguiendo así eliminar los tejidos subcutáneos y grasos adheridos a la piel, para obtener la correcta penetración de los productos químicos en las posteriores etapas del curtido. Luego se lavan con grandes cantidades de agua para eliminar los residuos que se adhieran y se proceda al desengrasado.

Figura 7

Descarnado de la materia prima



Fuente: Asociación artesanal de curtiembres

Nota. En este proceso, además de un alto consumo energético, se genera segregación de grasas, colágeno y múltiples sólidos en suspensión.

1.2.7 Desengrasado

En esta parte del proceso se utilizan detergentes. Adicionalmente se preparan soluciones, donde se sumerge la piel, dejándola reposar un tiempo determinado dependiendo del origen de la piel. El cloruro de amonio se utiliza para limpiar los poros

de la piel y eliminar proteínas, obteniendo homogeneidad y mayor elasticidad en la parte superficial de la piel.

1.2.8 Piquelado

Esta etapa incluye la preparación química del cuero para el proceso de curtido utilizando principalmente soluciones de ácido fórmico y ácido sulfúrico.

1.2.9 Curtido

Este proceso estabiliza el colágeno de la piel mediante curtientes minerales, convirtiendo la piel en cuero. En el curtido mineral se utilizan varios tipos de sales de cromo en proporciones variables. Antes de entrar en el proceso de curtido, la piel se drena para eliminar el mayor contenido de humedad.

Para llevar a cabo esta actividad, la piel se introduce en una máquina llamada divididora o divisora. La acción del cromo trivalente en medio ácido (ácido clorhídrico) transforma la piel en cuero evitando su degradación.

El cromo no absorbido por el cuero se reutiliza. Una vez secas, las pieles se someten a varios procesos de ablandamiento, dejándolas listas para el acabado final. En la etapa de curtido, el cuero se prepara mediante dos procesos: el primero es el proceso de post-curtido mecánico, que le da al cuero un espesor específico y homogéneo; el segundo es el proceso húmedo post-curtido, que es la neutralización, recurtido, teñido y aceitado del cuero.

Figura 8

Preparación de la materia prima



Fuente: Asociación artesanal de curtiembres

1.2.10 Secado

En el proceso del secado, se produce la eliminación de la humedad del cuero, también se producen reacciones químicas que intervienen en la fabricación del cuero. El grosor del cuero y la temperatura son factores que afectan la etapa del secado.

1.2.11 Engrasado

Esta etapa se realiza con el objetivo de evitar el agrietamiento del cuero, para hacerla suave, resistente y flexible. Esta etapa consiste en impregnar el cuero con aceites emulsionados, que se depositan en las fibras del cuero, fijándose y dando el acabado óptimo.

1.2.12 Planchado y Clasificación

Se utilizan diferentes máquinas dependiendo del tipo de terminación. Estos pueden ser rotativos, de mesa o prensados, dando al cuero un acabado brillante o satinado. Una vez finalizada la operación de planchado, las pieles de cuero se clasifican por tamaño y calidad.

Figura 9

Planchado de la materia prima



Fuente: Asociación artesanal de curtiembres

1.2.13 Almacenamiento

Los cueros son almacenados de acuerdo a su tamaño, calidad y color, sobre una estructura de madera de superficie plana, en un área ventilada y libre de humedad. Además, son cubiertos para evitar la luz solar

Las pieles se almacenan según su tamaño, calidad y color, en una estructura de madera con superficie plana, estas deben estar cubiertas para evitar la luz sola también deben estar en un área ventilada y libre de humedad.

Figura 10

Almacenamiento de la materia prima

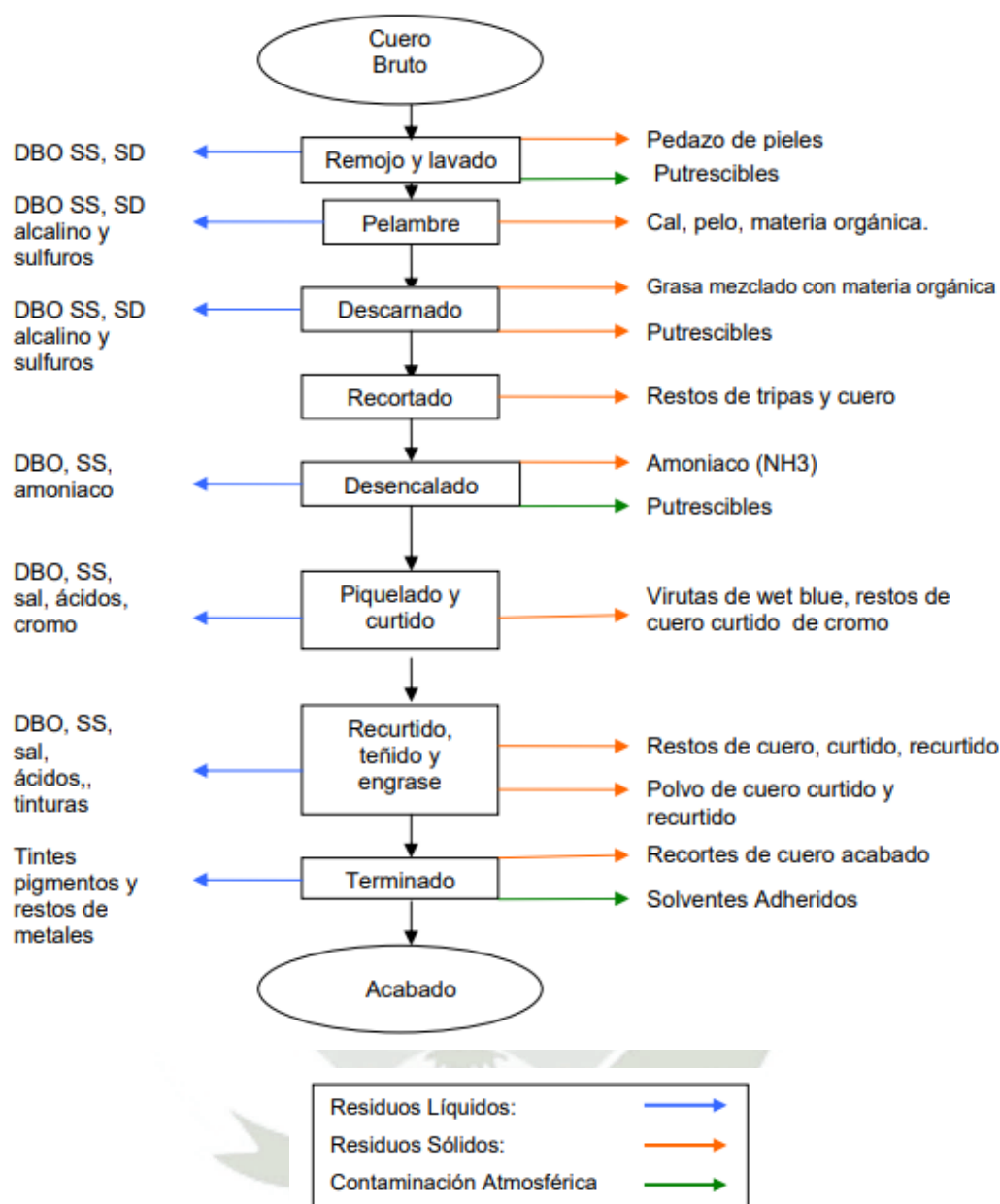


Fuente: Asociación artesanal de curtiembres

Figura 11

Diagrama del proceso del curtido del cuero





Fuente: Guía ambiental para para la industria del curtido

Nota. Las iniciales consignadas en el lado izquierdo se refieren a los siguientes terminos DBO (Demanda biológica de oxígeno), SS (Solidos suspendidos) y SD (Sales disueltas)

1.3 Características de los Efluentes de las Curtiembres

PARAMETRO	TIPO DE CURTIDO: CURTIDO AL CROMO (mg/L)	EXCEDE LOS VMA CONTRASTE CON DS 010-2019- INDUSTRIA (mg/L)	PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES
DBO	800	500	Método respiro métrico Titulación con permanganato o dicromato de potasio Destilación, yodometría,
DQO	2450	1000	
Sulfuro	8	5	
Sulfato	1890	1000	Sólidos precipitables
Cloruro	2500	2000	
Nitrogeno amoniacal	120	80	
Aceites y grasas	198	100	Oxidación y posterior titulación con sulfato ferroso amónico
Potencial de hidrogeno	6-9	8	
Cromo hexavalente	1.0	0.5	
Arsenico	0.5	0.48	Colorimetria o turbidimetria
Sólidos supendidos	2500	500	
Sólidos sedimentables	8.5	8.3	
Cobre	3	2.8	Incoloro
Color/Anilina			
ácido perfluorooctanoico (PFOA)	1.5 µg/L	0.4 µg/L	
pH	8		Electrodo

Fuente: Elaboración Propia

1.4 Determinación del Problema

Las curtiembres emplean diversos tipos de colorantes y sustancias químicas peligrosas para los ecosistemas dentro de los que destacan el ácido perfluorooctanoico PFOA por sus características cancerígenas, tóxicas y bioacumulativas. El PFOA comúnmente conocido como químico eterno y su aplicación industrial radica en la industria de la curtiembre como agente tensioactivo, otro elemento altamente contaminante presente en el proceso de tinte de las pieles es la anilina

Es a partir del problema provocado a nivel de la salud de las personas así como el daño y deterioro de la salud de los ecosistemas es que desarrolla el presente trabajo de investigación

1.5 Enunciado del Problema

Los consorcios bacterianos de distintas especies presentan propiedades con capacidad de remoción de agentes contaminantes, es a raíz de dichas características que surge el siguiente enunciado:

¿es probable aislar cepas bacterianas nativas de las aguas residuales de los procesos de las curtiembres con la capacidad de remover tintes y colorantes industriales?

1.6 Objetivo

1.6.1 Objetivo general

Identificar y aislar consorcios bacterianos nativos en efluentes provenientes de curtiembres para la remoción de colorantes industriales

1.6.2 Objetivos específicos

1. Aislar e identificar cepas bacterianas nativas de efluentes provenientes de curtiembres con capacidad de crecimiento y tolerancia a diferentes concentraciones de tintes industriales.
2. Evaluar el comportamiento y seguridad de la manipulación de las bacterias obtenidas mediante un antibiograma.
3. Comparar la remoción de colorantes industriales mediante densidad óptica.

1.7 Antecedentes

- El adecuado tratamiento y reutilización de los efluentes residuales de las curtiembres beneficiaría directamente a la región Arequipa, a la buena prestación de servicio de agua potable y alcantarillado y a la junta de regantes del Río Chili sector cuya actividad principal es la agricultura en las partes bajas de la ciudad.
- Asimismo, los tratamientos biotecnológicos de decoloración, representan una tecnología innovadora en nuestro país, cuya aplicación nos ubicaría en una posición competitiva en relación a industrias afines.
- Más de diez mil diferentes tipos de pigmentos y colorantes sintéticos son usados en diferentes industrias como la industria textil, papelera, cosmética y farmacéutica, entre otras. Muchas actividades industriales liberan grandes cantidades de efluentes contaminados con colorantes al ambiente. Dando lugar a que la industria textil y las curtiembres se constituyan como principal fuente emisora de colorantes (Anjaneyulu Y., 2005).
- A nivel mundial, este sector textil y de las curtiembres generan aproximadamente 1.3 trillones de USD y emplea a más de 300 millones de personas a lo largo de toda la cadena de valor. Es importante hacer una reflexión sobre las condiciones laborales en las que se encuentran las personas. El 24 de abril de 2013, se produjo el derrumbe del edificio Rana Plaza en la capital bangladesí de Daca, donde murieron 1.134 personas, lo cual puso en el ojo del huracán las condiciones miserables de los trabajadores (INGURUGELA, 2018). En varios países desarrollados, los trabajadores que están en esta industria, la mayoría son inmigrantes de Asia o América Latina, viven y trabajan en condiciones deplorables y que frecuentemente son del sexo femenino. Estos son algunos datos y cifras sobre las condiciones de trabajo en la industria de la curtiduría:
 - Hong Kong: 87% de todos los trabajadores son mujeres.
 - Japón: el 97% de todos los trabajadores son mujeres.
 - Filipinas: El 79% de los trabajadores son mujeres.
 - Alemania: el 87% de todos los trabajadores son mujeres.
 - México: el 92% de la mano de obra del bordado tercerizados eran mujeres
 - Argentina: El 87% de los trabajadores remunerados produciendo ropa y calzado eran mujeres.

- Perú: El Departamento de Inspección y Control Ambiental, en coordinación con el OEFA, informó que la industria del curtido cuenta ya con 42.477 trabajadores. Actualmente existen alrededor de 600 curtiembres de las cuales cerca del 50% están ubicadas en la región Lima y suman un total de alrededor de 460 tenerías entre Lima y Arequipa. Cuya producción constituye el 75% de todos los cueros curtidos producidos a nivel nacional.



CAPITULO II

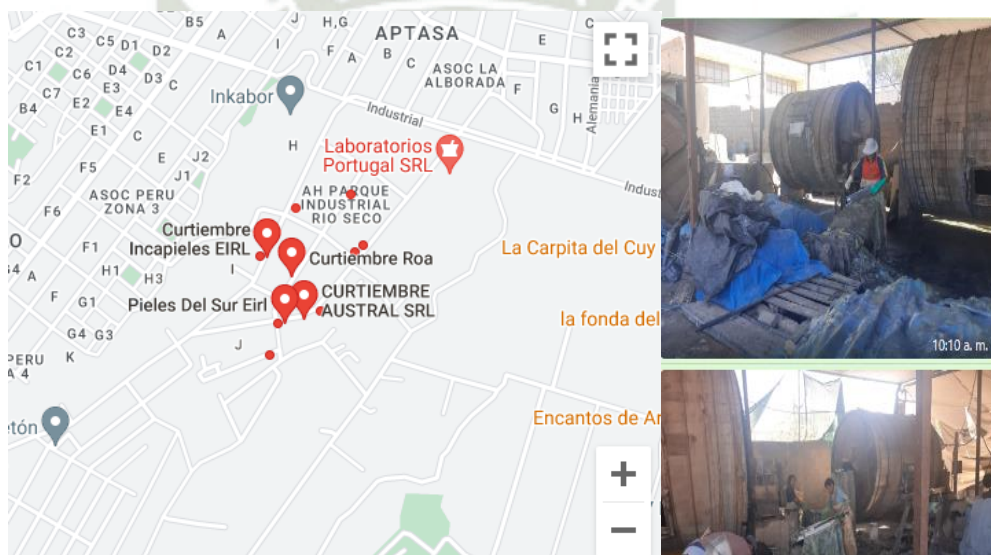
2. MARCO TEORICO

2.1 Ubicación del Área del Proyecto

El trabajo de investigación se desarrolló en el distrito de Cerro Colorado Provincia y departamento de Arequipa

Figura 12

Ubicación del Área del Proyecto



Fuente: Elaboración Propia

Nota. La figura muestra la localización la localización del área del proyecto. Además, muestra la actividad económica principal desarrollada en la zona.

2.2 Proceso de Teñido

El propósito del teñido es la coloración uniforme de las pieles, generalmente para que coincida con un color especificado. El teñido es un proceso físico-químico que consiste en la absorción de partículas de colorante por el material fibroso y se compone de las siguientes fases: impregnación de la piel con la solución o dispersión del colorante, adsorción del colorante (difusión del colorante en toda la superficie), difusión del tinte desde la superficie externa de la piel hacia adentro, fijación del tinte, eliminar el tinte no fijado por lavado (Texvi, Santa Clara, Cuba, 2015).

Es importante tener una alta reproducibilidad de los colores y su ecualización al realizar un proceso de tintura. No solo se requiere conocimiento, sino también el uso adecuado de la tecnología de teñido actual en el mercado. Hay que tener en cuenta: máquinas de teñido, colorantes, productos auxiliares, procesos optimizados, formación del capital humano y colaboraciones con empresas del sector textil (Solé, 2015).

El cuero, se puede ver como un denso tejido natural formado por fibras proteicas, antes de ser tintado se somete a numerosos tratamientos químicos y enzimáticos que modifican progresivamente sus cargas negativas y positivas. De tal forma que cuando se va a teñir un cuero, la afinidad o el rechazo de los rellenos actuando tanto el cuero como la anilina utilizada; conforme la diferencia entre las cargas del cuero y la anilina será la mayor o menor reactividad entre ellas.

En el proceso del teñido depende de las características del tinte, así como del tipo de cuero a teñir. Para este proceso se podrían considerar tres fases: las fuerzas de atracción de los iones se manifiestan en la formación de enlaces salinos, las fuerzas de enlace actúan dando lugar a la formación de enlaces de hidrógeno y finalmente corresponde a los procesos de deshidratación y secado en los que predomina los rangos muy cortos y las fuerzas que permiten una mayor combinación entre el tinte y el cuero.

Cualquier sistema que posibilite que la reacción entre la anilina y la superficie del cuero sea demasiado rápida o demasiado lenta dará como resultado final un teñido desigual. Un estudio realizado por Schweitzer y Lollar sobre el mecanismo por el cual los tintes se unen al cuero cromado, se instauraron las siguientes interacciones:

- Enlaces electrostáticos o enlaces de sal, entre los grupos amino libre de la proteína y los grupos ácido sulfónico de los colorantes.
- Puentes de hidrógeno, entre los hidrógenos activos del colorante y los centros de alta densidad electrónica sobre la proteína o entre los hidrógenos activos del cuero y los enlaces del colorante.
- Fuerzas de van der Waal, establecidas entre el colorante y la proteína.
- Enlaces covalentes coordinados entre el colorante y el complejo de cromo.
- Los enlaces electrostáticos o también conocido como enlaces salinos, entre el grupo amino libres de la proteína y el grupo ácido sulfónico del colorante.
- Los puentes de hidrógeno, los hidrógenos activos del tinte y el centro de alta densidad electrónica de la proteína, en el cuero existe hidrógenos activos que interactúan con los enlaces del tinte.
- Fuerzas de Van der Waal, entre la proteína y el colorante.
- Enlaces covalentes coordinados del complejo de cromo y el colorante.

Como existe una gran cantidad de clases de cueros, las condiciones del proceso de curtido utilizado para producirlos varían y la facultad de utilizar uno u otro producto que afecte el colágeno del cuero de una manera particular o específica se convierte en una posibilidad muy probable.

En la primera parte del procedimiento de tintura está restringida por el pH del baño y la carga superficial del cuero. Debido a su naturaleza anfótera, el colágeno de la piel intestinal puede reaccionar con cationes o aniones, según el pH del sistema de tinción. El colágeno en el punto isoeléctrico tiene una baja tendencia a mezclarse con iones colorantes.

En baños de teñido cuyo pH esté por encima del punto isoeléctrico del cuero a teñir, este posee una carga preferentemente negativa y a valores inferiores predominan las positivas. Si tenemos un baño de teñido a pH=5 un cuero al cromo tendrá cargas positivas y uno al vegetal negativas. De esto se concluye que el proceso de teñido debe dirigirse controlando los valores del pH.

En los baños de tintura cuyo pH es superior al punto isoeléctrico del cuero a ser teñido, tiene carga preferentemente negativa y a valores inferiores predominan las positivas. Si tenemos un baño de tinte a pH=5, el cuero cromado tendrá cargas positivas y una vegetal tendrá cargas negativas. Se concluye que dicho proceso de tintura debe ser controlando los valores de pH y revisándolos frecuentemente.

Tan pronto un cuero se tiñe a un pH que coincide exactamente con su punto isoeléctrico, la relación entre el tinte y el cuero se ralentiza bruscamente porque la atracción entre ellos es muy débil. Esto ayuda a obtener un tinte uniforme.

Dos tintes frecuentemente utilizados en el proceso del teñido en las curtiembres son el nitrobenceno y los perfluoroalquilos

Figura 13

Proceso de limpieza y tintado de cueros y textiles.



Fuente: Elaboración Propia

Nota. Además del uso considerable de productos químicos, se produce una gran cantidad de desechos líquidos y sólidos y, por lo tanto, el curtido se considera como "tecnología sucia".

2.3 Teñido en el Proceso de Curtido

Los colorantes más frecuentes en la tintura de cueros curtidos al cromo o en los pretratamientos catiónicos de cueros curtidos al vegetal/sintéticos. Dependiendo del pH del cuero y de los baños de tinte se puede controlar la intensidad de penetración. La intensidad de penetración deseada se obtiene reduciendo valores de $\text{pH} < 4,0$, principalmente con ácido fórmico. Con productos auxiliares adecuados para la tintura, podemos influir en la afinidad de los colorantes, referida al rendimiento o igualación.

2.3.1 Colorantes ácidos simples

Tintes de bajo peso molecular, económicos en precio y con buena capacidad de penetración que producen principalmente tonos de color claros y brillantes, pero no tienen buena resistencia a la luz, humedad, transpiración y lavado. En el grupo de colorantes ácidos destaca el ácido perfluorooctanoico (PFOA).

a) El ácido Perfluorooctanoico (PFOA)

Conocido también como C8, es un ácido carboxílico perfluorado y un tensioactivo sintético. Los perfluoroalquilos son sustancias químicas orgánicas

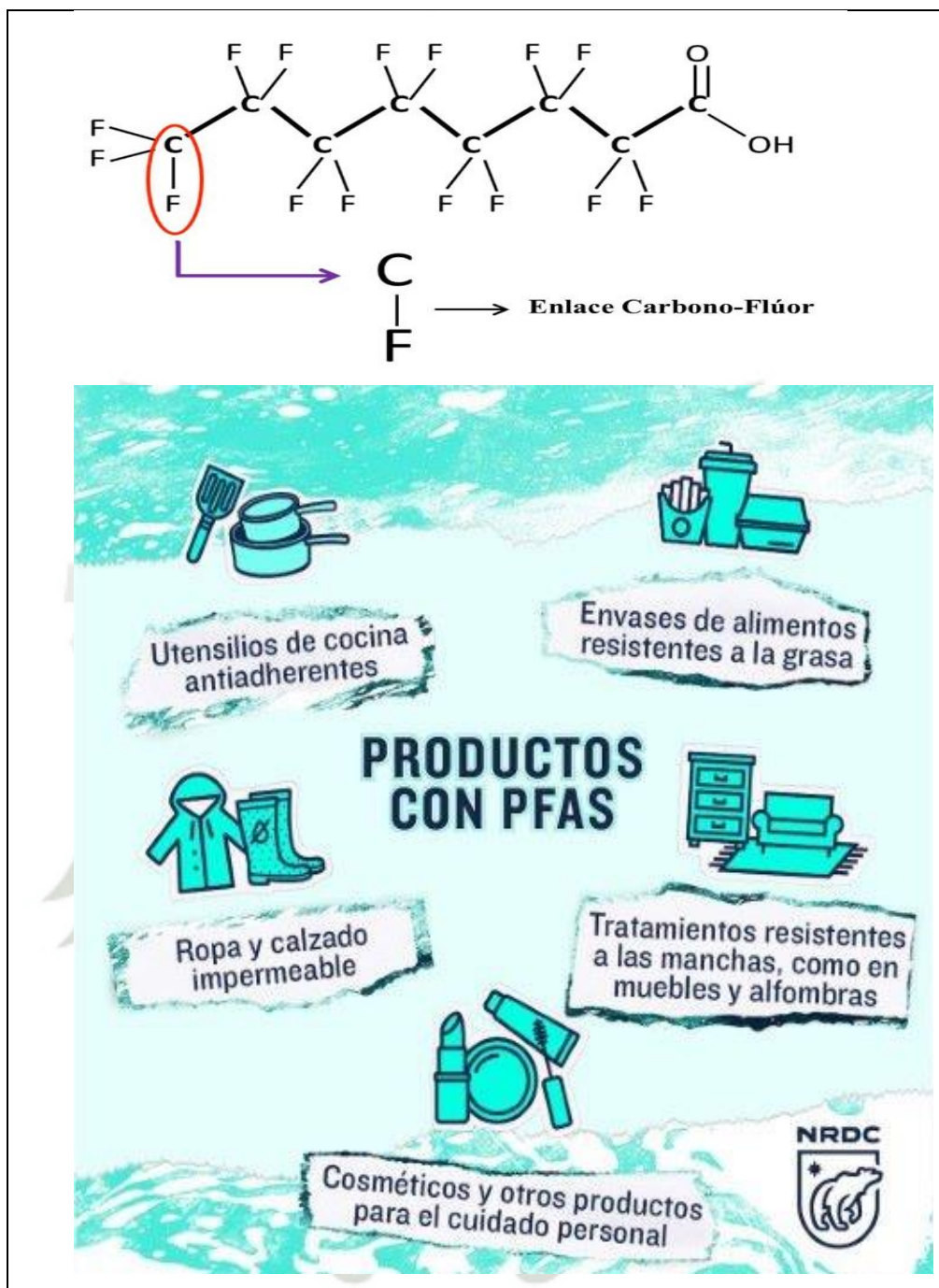
hechas por el hombre que consisten en una cadena de carbono, donde todos los átomos de hidrógeno son reemplazados por átomos de flúor. Hay cientos de tipos de PFAS, algunos tienen cadenas cortas de carbono (menor a cinco átomos de carbono) que tienden a volatilizarse (evaporarse), otros son más estables (no tienden a evaporarse) otros tienen una cadena larga (entre 5 a 14 átomos de carbono). Los PFAS más estables se distribuyen ampliamente en el medio ambiente porque no se descomponen. PFAS es un acrónimo de perfluoroalquilatos que, según el Centro para el Control de Enfermedades (CDC), son un grupo de sustancias químicas artificiales que no se encuentran de forma natural en el ambiente.

No obstante, la manifestación de estas sustancias se ha asociado con efectos adversos para la salud. Entre las sustancias más conocidas y estudiadas se encuentra el ácido perfluorooctanoico (PFOA)

La molécula posee fuertes enlaces carbono-flúor, una vez que se filtran al medio ambiente, son permanentes. Por eso se llama "los químicos eternos". Su aplicación industrial es en la polimerización en emulsión de fluoropolímeros y en gran medida tóxico. Los estudios en animales han evidenciado que el PFOA puede causar cáncer de hígado, testículo, páncreas y tiroides. No obstante, algunos científicos creen que es posible que los humanos no padezcan los mismos tipos de cáncer que los animales.

Figura 14

Ácido perfluorooctanoico



Nota. El ácido perfluorooctanoico está presente en el medio ambiente porque no se degrada ni se convierte en otros compuestos (Ahrens 2011; Gladysz y Jurisch 2012). Por lo tanto, como muchos otros contaminantes creados por el hombre, las PFAS se encuentran en los cuerpos de agua y en el suelo. La presencia y distribución de PFAS en los diversos componentes del medio ambiente acuático (sedimentos y organismos) se reconocen como un tema de alarmante preocupación.

2.3.2 Colorantes Orgánico Sintético

Tintes desarrollados para la industria del cuero, que tienen un perfil de solidez particularmente alto, buena confiabilidad y buena capacidad de nivelación. Se comercializan principalmente en forma de colorantes en polvo. Sin embargo, en los últimos años ha habido regulaciones líquidas cada vez más estrictas. Tienen la ventaja de no espolvorearse, de estar bien dosificados y sobre todo de contener poca sal en el producto. En el proceso de teñido del cuero destaca el uso de la anilina.

a) Anilina

La anilina es un líquido un poco amarillento con un olor característico. En temperatura ambiente no se evapora. La anilina es ligeramente soluble en agua y fácilmente se mezcla con la mayoría de los disolventes orgánicos.

La anilina se utiliza para elaborar una gran variedad de productos como espuma de poliuretano, productos químicos agrícolas, colorantes sintéticos, antioxidantes, estabilizadores para la industria del caucho, herbicidas, barnices y explosivos.

El principal efecto de la anilina, independientemente de la vía de exposición, es una alteración de la sangre en la que se altera el transporte de oxígeno a los tejidos. Las consecuencias de esta alteración pueden ser leves o graves dependiendo de la duración y extensión de la exposición. La exposición aguda a grandes cantidades de anilina puede causar coma y muerte.

Figura 15

Imagen luego del teñido del cuero mediante el uso de la anilina



Nota. La anilina es levemente soluble en agua y se mezcla fácilmente con la mayoría de los solventes orgánicos.

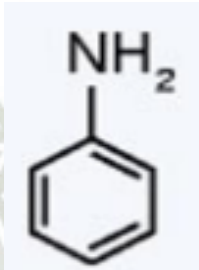
2.4 Efectos a la Salud de la Anilina y el Ácido Perfluorooctanoico

a) Anilina

La anilina es una amina aromática utilizada como materia prima en la industria química para la elaboración orgánica de multitud de productos como colorantes, isocianatos, productos fitosanitarios (herbicidas y fungicidas) y productos farmacéuticos.

Tabla 1

Características y formula química de la Anilina

ANILINA	FORMULA
Sinónimos: Bencenamina, Fenilamina, Amino benceno	
Peso molecular: 93,13	
Presión de vapor a 25°C: 0.48 mmHg	
Punto de ebullición (760 mmHg): 184,13°C	
Punto de fusión: -6.3°C	
Densidad relativa (agua=1): 1,022 a 20°C	
Densidad de vapor relativa (aire=1): 3,22	

Fuente: Elaboración Propia

La absorción dérmica de la anilina es cuantitativamente la más importante en el trabajo. Por lo tanto, es rápidamente absorbido por la piel tanto en forma líquida como vapor. Se estima que de la cantidad total que un trabajador absorbe en el ambiente de trabajo, solo el 25% se produce por inhalación (con un 90% de retención pulmonar), mientras que el 25% penetra a través de la piel mediante el vapor y el 50% restante es debido a la inserción percutánea por contacto directo con la forma líquida de la anilina.

La toxicidad de la anilina se explica por la capacidad del nitrosobenceno de formar aductos (enlaces covalentes) con las proteínas de los eritrocitos, dañándolos severamente. Es así que la fenilhidroxilamina y el nitrosobenceno desarrollan un papel muy importante en el mecanismo de acción tóxica de la anilina. Por consiguiente, la formación de metahemoglobina es considerada un indicador en el potencial tóxico de la exposición del agente químico.

La capacidad de la anilina es de impulsar la formación de metahemoglobina en la sangre, en otras palabras, la transformación de la hemoglobina en su forma oxidada, donde el hierro cambia del estado ferroso (+2) al estado férrico (+3). La metahemoglobina es fisiológicamente insuficiente de transportar oxígeno a los tejidos a través de la sangre. Por ello, la exposición a altas concentraciones de anilina (intoxicación aguda) puede provocar cianosis y, en casos extremos, la muerte del trabajador por anoxia. La manifestación de la cianosis es por una coloración azulada en labios, nariz, orejas y uñas más o menos extensa. Los niveles superiores al 70% de metahemoglobina en la hemoglobina total suelen ser fatales en humanos; aunque con solo 1,5 g/100 ml es más que suficiente para evidenciar síntomas como dolores de cabeza, náuseas o taquicardia.

Asimismo, la exposición a la anilina puede provocar un tipo de inclusión en los eritrocitos conocida como cuerpos de Heinz, debido a la desnaturalización de la hemoglobina por la toxicidad de los metabolitos fenilhidroxilamina y aminofenol. La exposición crónica puede causar trastornos del sistema nervioso central, anemia y debilidad general, apareciendo síntomas clínicos cuando los niveles de metahemoglobina están por encima del 10%.

La exposición a largo plazo también puede causar lesiones en la piel, como dermatitis eczematosa. También, la ingesta de alcohol puede aumentar la toxicidad de la anilina y sus metabolitos.

En experimentos con animales, se ha evidenciado daño sistémico tanto en el bazo como en la función hepática y renal. Con respecto a los efectos de la anilina en la reproducción, los experimentos con animales revelan efectos indeseables en la descendencia solo después de la administración de dosis tóxicas para la madre.

Los estudios de genotoxicidad de este agente químico no arrojan resultados convincentes; por lo tanto, se ha demostrado que la anilina causa cáncer en animales de laboratorio expuestos a altas dosis durante un largo período de tiempo. Además, se han evidenciado casos de cáncer de vejiga en población expuesta al trabajo en determinadas actividades como la industria del teñido, aunque parece que estos casos pueden estar asociados a otros agentes químicos conocidos por ser cancerígenos para el ser humano, presentes en estos entornos laborales.

Figura 16
Valores limites ambientales de exposición a la Anilina

	ppm	Mg/m ³	Notas
INSHT (VLA-ED)	2	7,7	Vía dérmica, VLB
ACGIH (TLV-TWA)	2	-	Skin A3, BEI
DFG (MAK)	2	7,7	H, 3B

Fuente: Elaboración Propia

Nota. Los valores se encuentran bajo la referencia de una exposición equivalente a 8 horas los 5 días a la semana.

Según la norma INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists. DFG: Deutsche Forschungsgemeinschaft. MAK: Maximale Arbeitsplatzkonzentration. Donde H : Se refiere al grado de riesgo de absorción dérmica y la clasificación A3 - 3B: se refiere a su nivel carcinogénico.

b) Asimilación del Ácido perfluorooctanoico (PFOA)

Dada la popularidad de los productos que contienen PFOA, las rutas de exposición más comunes para los seres humanos en el proceso de teñido del cuero después del proceso de curtido son la oral y la cutánea (Stahl E, 2003).

- **Vía oral:** En los adultos, la exposición al PFOA puede provenir de alimentos cultivados en suelo contaminado (papas, maíz y trigo) y del consumo de pescado, carne o leche de animales expuestos al PFOA (Stahl, 2011). El agua potable y otras fuentes acuáticas también son fuentes importantes de exposición. Por ejemplo, el pescado simboliza el 90 % de la exposición total al PFOA en la dieta humana (Stahl, 2011).

El PFOA también puede ingresar al cuerpo a través de la ingestión de polvo durante el proceso de teñido del cuero (Stahl, 2011).

Es difícil estimar estas vías de exposición, ya que hay diferentes procesos y agentes contaminantes involucrados en el proceso de la industria del curtido (Stahl, 2011).

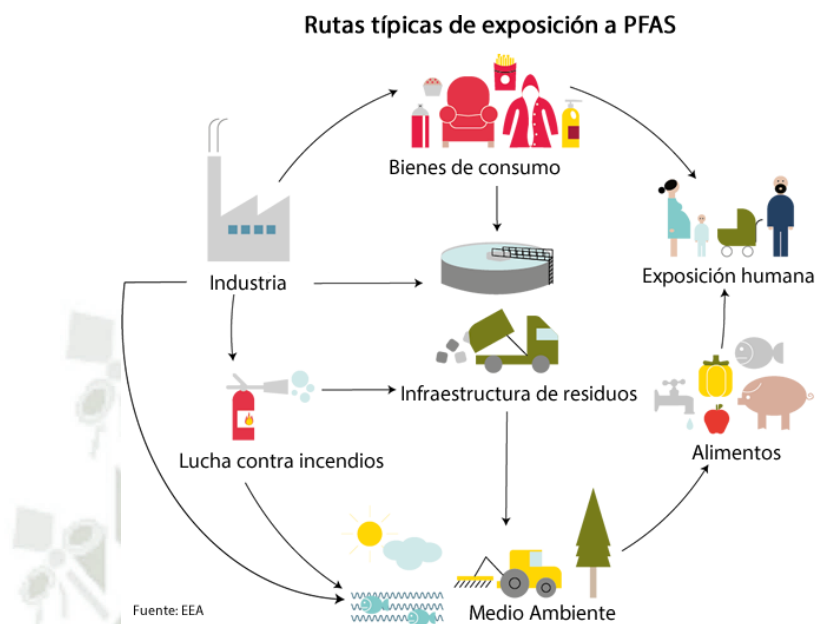
La existencia de PFOS en la leche materna también ha sido demostrada por estudios en varios países. La exposición posnatal de los lactantes en

países occidentales e industrializados puede ser particularmente importante a través de la leche materna (Fromme, "Perfluorinated compounds—Exposure assessment for the general population in western countries.", 2009).

- **Vía cutánea (dérmica):** Los estudios realizados sugieren que la exposición dérmica al PFOA es posible, aunque menos relevante que la exposición oral.
- **Vía respiratoria:** Actualmente no hay suficiente información disponible sobre la exposición al PFOA por inhalación. Es evidente que el polvo utilizado para el proceso de curtido puede contener cantidades bastante altas de PFAS (Kato, 2009). Sin embargo, los estudios que utilizan modelos para medir esta exposición han determinado que la inhalación es la vía de exposición menos probable.

Al igual que las PFAS son persistentes en el medio ambiente, también lo son en los cuerpos de las personas y los animales. Cuando las industrias eliminan estos desechos, las partículas de PFAS contaminan el agua potable y los alimentos que consume. Pero no solo sucede cuando comes algo, también migran de los productos de consumo al polvo y, por lo tanto, al aire. De cualquier manera, una vez que ingresan al cuerpo, están allí para quedarse para siempre.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer ha designado al PFOA como un probable carcinógeno porque la evidencia epidemiológica lo ha relacionado con el cáncer de riñón y de testículo.

Figura 17
Rutas de ingreso de PFAS


Fuente: EDEN Agua Pura

Nota. Durante los últimos 50 años, los PFAS se han elaborado sin regulación. Por ejemplo, en los Estados Unidos, casi toda la población tienen PFAS en su cuerpo, ya sea en la sangre, la leche materna, la sangre del cordón umbilical, el líquido amniótico, la placenta u otros tejidos. Por este motivo, en Estados Unidos ha comenzado a tomar medidas para prohibir el uso de PFAS.

Sin embargo, en el Perú actualmente no existen regulaciones o normas para controlar la producción, uso y exposición a PFAS en el país o en el medio ambiente (agua, aire y suelo).

Los PFAS son un grupo de productos químicos sintéticos de alta resistencia que pueden tener efectos nocivos en el medio ambiente y en los seres humanos. Las principales rutas de exposición a PFAS son a través de alimentos que contienen pescado. El agua potable también puede ser una fuente importante, especialmente en áreas con altas concentraciones de PFAS en el agua potable. De todos los tipos de PFAS, el PFOS es el más común y es la mayor preocupación para la salud humana y el medio ambiente. La toxicidad hepática y la alteración del metabolismo de los lípidos (grasas, incluido el colesterol) son los efectos más frecuentes en los ensayos experimentales. Se han observado cáncer en animales de laboratorio expuestos a altas concentraciones de PFAS.

En animales de laboratorio, se han informado efectos adversos causados tanto por exposiciones a corto plazo (agudas) a altas concentraciones como por exposiciones a largo plazo (crónicas) a bajas concentraciones. Los estudios en humanos se limitan a vincular la enfermedad con problemas de comportamiento y niveles sanguíneos relativamente altos de PFAS, pero los estudios disponibles siguen siendo insuficientes para declarar que el PFAS es

la causa de la enfermedad en humanos. Sin embargo, la evidencia sugiere que PFAS puede provocar una interferencia en los niveles de hormona tiroidea (una hormona clave para regular el metabolismo) en mujeres embarazadas y niños (Wang, 2014).

En general, se han demostrado varios efectos, incluido el deterioro del metabolismo de los lípidos (grasas), el sistema endocrino, el sistema inmunitario y los efectos sobre el desarrollo en diferentes clases de animales de laboratorio y animales salvajes (Liu, 2007). En animales de laboratorio, las PFAS pueden alterar el metabolismo y el transporte de los lípidos, con resultados contradictorios debido a la capacidad de las PFAS para aumentar o disminuir los niveles de colesterol en plasma.

Curiosamente, los investigadores han asociado niveles altos de colesterol en sangre humana con la presencia de niveles altos de PFAS (Eriksen, 2013), pero el mecanismo por el cual estas dos variables están relacionadas no está claro. Dado que solo existen asociaciones simples como única evidencia, no es posible suponer que las PFAS causen el efecto nocivo en los humanos.

El cáncer se ha observado en el hígado, órganos reproductivos y el páncreas en animales de laboratorio expuestos crónicamente a PFOS (Stahl, 2011). En ratas expuestas a PFAS durante el embarazo, se han reportado efectos en el desarrollo, tales como la reducción de peso al nacer y el tamaño de la camada. Recientemente, se han añadido los efectos sobre el sistema nervioso (neurotoxicidad) y los cambios de comportamiento (hiperactividad) a la lista de efectos nocivos causados por PFAS en animales de laboratorio (Mariussen E. , 2012).

Se han observado cáncer en el hígado, los órganos reproductores y el páncreas en animales de laboratorio expuestos crónicamente a PFOS (Stahl, 2011). En ratas expuestas a PFAS durante el embarazo, se han informado efectos en el desarrollo, como reducción del peso al nacer y tamaño de la camada. Recientemente, los efectos sobre el sistema nervioso (neurotoxicidad) y los cambios de comportamiento (hiperactividad) se han agregado a la lista de efectos nocivos causados por PFAS en animales de laboratorio (Mariussen E. , 2012).

2.5 Repercusiones Ambientales de los Procesos Industriales de Curtido

Las repercusiones ambientales de los procesos de curtido contaminan a través de efluentes líquidos, emisiones gaseosas y/o residuos sólidos

2.5.1 Efectos sobre cuerpos de agua

El agua utilizada debe estar libre de dureza y minerales disueltos y no disueltos que puedan interferir con el teñido. En presencia de calcio, hierro y magnesio, la solubilidad disminuye e incluso puede haber precipitaciones y la coloración puede adherirse al lado de la carne.

Cuando las aguas residuales se descargan directamente en un cuerpo de agua, causan efectos adversos en la vida acuática y los usos posteriores de esa agua. Un cuerpo de agua contaminado disminuye el valor de su uso como bebida o para fines agrícolas e industriales. Afecta la vida acuática, los peces mueren por la disminución del oxígeno disuelto y el agua se vuelve imbebible. Básicamente y en resumen, los componentes específicos que causan problemas en las vías fluviales son el cromo, el azufre y la carga biológica.

2.5.2 Efectos sobre el alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales

Los efluentes crudos de las tenerías, vertidos a una red de alcantarillado, provocan incrustaciones de carbonato cálcico e importantes depósitos de sólidos en las tuberías. La presencia de sulfuros y sulfatos también acelera el deterioro de los materiales de hormigón o cemento. Si la carga contaminante contiene sustancias tóxicas como el cromo y se descarga en una planta de tratamiento, puede afectar con el proceso biológico de la planta. En lugares donde no existen plantas de tratamiento de aguas residuales, estos contaminantes afectan la calidad del cuerpo receptor, provocando su deterioro. Los residuos líquidos de curtiduría industrial que se vierten sin tratamiento a los cuerpos de agua provocan una drástica disminución del oxígeno disuelto en estos últimos por efecto del sulfuro, además de los fenómenos de estancamiento de sólidos totales y aumento de materia orgánica en general, a los que se añadió la presencia indeseable de cromo trivalente.

2.5.3 Efecto el suelo

El suelo tiene una cierta capacidad para neutralizar la carga contaminante recibida. Por tanto, el vertido de un efluente tratado puede ser beneficioso para el riego de terrenos agrícolas. Por lo tanto, los niveles de contaminación deben controlarse para evitar daños a la estructura del suelo y la consiguiente disminución de la producción agrícola y la aceleración de la erosión. Sólo el riego repetido con un

efluente rico en cloruro de sodio daña la vegetación porque el ion cloruro es fitotóxico. Por otro lado, el ion sodio también es dañino al dañar la estructura del suelo ya que desintegra las arcillas, afectando su porosidad.

2.5.4 Efectos sobre la calidad del aire

Las partículas y el sulfuro de hidrógeno son las principales emisiones gaseosas potenciales. Los malos olores resultantes de prácticas de limpieza inadecuadas o inexistentes también afectan la calidad del aire.

2.6 Factores determinantes en la fijación de los tintes y colorantes en el curtido

2.6.1 Temperatura

Al ser el proceso de tintura una reacción química, el aumento de temperatura favorecerá la fijación del tinte. La temperatura es un factor importante que influye en la tasa de absorción y, por lo tanto, en la uniformidad del tinte. La temperatura habitual de teñido es de 50-60°C para cueros curtidos al cromo y de 45-50°C para cueros curtidos al vegetal cuando se utilizan tintes aniónicos, mientras que con tintes básicos no lo hace. No es necesario elevar la temperatura a más de 50° C. °C

2.6.2 volumen del baño

El volumen del baño tiene una importancia decisiva, según se desee una tintura superficial o profunda. A mayor sea el volumen del baño, más superficial será el tinte, por lo tanto, con volúmenes más pequeños, la penetración es más profunda.

2.6.3 Ph

El pH es otro factor que influye en el teñido, y es recomendable tomarlo al final de la operación justo antes de someter el cuero para asegurar el pH de la superficie del cuero que se va a teñir y su compatibilidad con la anilina que se va a ser usada. Para fijar el tinte con regularidad, se debe elevar el pH a 7,8-8, ralentizando así la afinidad y obteniendo una mayor igualación y uniformidad. Normalmente se utiliza amoníaco porque no afecta al tono ni deja restos de solución salina.

2.6.4 Tiempo

Depende del artículo, la penetración, la temperatura, la proporción del baño, etc. Suele durar entre 30 y 40 minutos.

2.6.5 Efecto Mecánico

La relación con el porcentaje del baño y con la velocidad del tambor. También afecta la relación entre el tamaño del tambor y la masa de las pieles, ya que cuanto mayor sea la relación entre la masa inicial de las pieles, mayor será el trabajo mecánico y mejor la penetración de los tintes.

2.6.6 Tipo y cantidad de colorantes

El tinte obviamente depende del tipo de tinte, es decir, su carga, tamaño de partícula, etc. La elección del tinte según el tratamiento que haya recibido el cuero a teñir es básica: al trabajar con tintes ácidos se ha observado que a pH ácido se obtiene una fijación muy rápida y por tanto una penetración muy baja, y esto puede El tono de color en la superficie será bastante desigual, pero si el pH es alto la fijación será más lenta y la penetración mayor, produciendo tonos menos intensos y más uniformes en el cuero. Sin embargo, los colorantes básicos actúan de manera opuesta a los colorantes ácidos en cuanto a su fijación debido a las variaciones de pH, ya que a mayor pH mayor fijación ya menor pH menor fijación.

2.6.7 Agentes Auxiliares

Posee una función de ecualización y dispersión. Está en el origen de la homogeneidad del grado de hidratación de los cueros.

2.6.8 Recurtientes empleados sobre el cuero

Los curtiientes presentes en el cuero puede influir positivamente o negativamente en la capacidad del cuero para fijar tintes. Entre los recurtientes minerales más utilizados, se pueden citar las sales de cromo, circonio y aluminio, cuyas sales de cromo se caracterizan por una coloración intensa.

Los taninos vegetales por sí solos dan color al cuero, lo que afectará el tono de los tintes; por lo tanto, la notable disminución de la intensidad de las anilinas se debe a que interfieren o bloquean puntos de reacción en el cromo, en el colágeno (zonas de interacción de enlaces de hidrógeno).

Los recurtientes sintéticos fenólicos interfieren mucho en la tintura, al igual que los taninos vegetales, aportando intensidades muy bajas.

Figura 18

Trabajadores Artesanales de curtiembres



Fuente: Elaboración Propia

Nota. La imagen muestra el proceso de tratamiento de descarnado realizado en las curtiembres.

2.7 Impacto de los efluentes residuales de las curtiembres

2.7.1 Contaminación del Agua

La industria del curtido genera una gran eliminación de aguas residuales dicha industria es considerada como la segunda industria más contaminante del medio ambiente luego de la industria petrolera (Brañez, Gutierrez, Perez, Uribe, & Valle, Lima-Perú 2018). Es importante también mencionar que a diferencia de otros procesos la industria del curtido es una de las que menos conciencia se tiene, dicha industria

manufacturera involucra largas y variadas cadenas de suministros y tratamiento en donde el uso del agua potable es un elemento imprescindible. Aunque la contaminación a gran escala de la industria textil ha sido un problema a lo largo de su historia, el uso de productos químicos persistentes y peligrosos representa una amenaza mayor y a menudo invisible para los ecosistemas, y en especial para la salud de las personas (Sosa Alcaraz, 2019).

La industria del curtido está basada principal en un modelo económico lineal, en el cual se generan enormes costos y desperdicios de recursos económicos y ecológicos. Este sector es considerado como uno de los principales consumidores de agua en el mundo, aunado a esto es responsable de generar el 20% de las aguas residuales y el 10% de las emisiones de dióxido de carbono que se emiten a la atmosfera (Económicos, Ediciones de la OCDE: Paris, 2012).

Además de las múltiples sustancias químicas usadas para el pretratamiento, curtido y acabado de las pieles también se liberan micro-plásticos en cada lavado, cada vez existe más evidencia de que estas pequeñas partículas contaminan a los peces con productos químicos altamente tóxicos (INGURUGELA, 2018).

El agua potable es usada a gran escala en diferentes procesos para satisfacer las necesidades humanas sumada a estos procesos industriales, se viene contaminando y provocando una gran escasez de este recurso. Según datos de la organización Water, casi 800 millones de personas no tienen acceso a agua potable, mientras que 1.700 millones de personas carecen de acceso a un saneamiento adecuado. Water.org. The Water Crisis. <https://water.org/our-impact/water-crisis/>, 2022. Accessed on 416 20 aug 2022

Se estima que para 2050, la escasez de agua podría alcanzar al 75% de la población mundial. Water, U.N. 2018 UN World Water Development Report, Nature-based Solutions for Water, 1 ed.; 418 UNESCO: Paris, 2018.

El estrés hídrico se ha visto incrementado debido al consumo del agua y la contaminación con tintes industriales, una de las industrias que destacan en este proceso son las curtiembres. Sin embargo, la industria manufacturera tiene una demanda global de agua del 5% lo que da lugar a la generación de un gran volumen de aguas residuales. Safe Drinking Water Foundation, S.D.W.F. Industrial Waste. Industrial Waste Fact Sheet. 424 <https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2017/1/23/industrial-waste>, 2020. Accessed on 15 425 jul 2022.

La industria del curtido es considerada una de las fuentes primarias que producen alrededor del 20 % del total de aguas residuales Holkar, C.R.; Jadhav, A.J.; Pinjari, D.V.; Mahamuni, N.M.; Pandit, A.B. A critical review on 429 textile wastewater

treatments: possible approaches. Journal of Environmental Management 2016, 430 182, 351–366

El gran volumen de estos efluentes residuales de las curtiembres se debe a que la mayoría de las etapas involucradas en los tratamientos de teñido y acabado de tejidos utilizan el agua como componente principal. Es debido a ello que la generación de aguas residuales y el uso de colorantes en el teñido da lugar a la generación de efluentes tales como las sales inorgánicas, almidón, peróxidos, PFAS, tensoactivos, enzimas, surfactantes, colorantes, metales y otros compuestos orgánicos de variada estructura (Castro y Durán, 2014).

Figura 19

Impacto Ambiental de la Industria del curtido



Fuente: MeteOred

Nota. En la figura se nota claramente la escala del impacto ambiental generada por la industria textil y de curtido así como su incidencia a nivel de generación de emisiones de CO₂ y generación de aguas residuales con remanentes químicos

Figura 20

Consumo de Agua por Prenda



Fuente: MeteOred

Nota. En la figura se muestra el consumo de agua por prenda fabricada, los valores que se muestran representan litros de agua por prenda

En las últimas décadas, las nuevas propuestas en prendas de la industria textil y de curtido han ido revolucionando y proponiendo a la sociedad un mensaje subliminal en donde la prioridad de quienes deben destacar es vestir de acuerdo a los eventos sociales y/o actividades específicas del entorno, dando lugar a la generación de múltiples y diversos diseños

Esto ha provocado una transformación en el sector textil, ya que al incrementarse el volumen de manufactura surge la necesidad de tecnificar los procesos y a su vez crear y utilizar fibras sintéticas, como el poliéster, poliamida, nylon y elastano. Como consecuencia el uso de fibras naturales dejó de ser objeto de transformación y se incrementó el uso de sustancias químicas como ácidos, sulfatos, fenoles, etc., los cuales son utilizados para tratar y convertir estas fibras sintéticas en telas (Marín y Monroy, 2013; Sosa Alcaraz et al., 2019).

Es importante añadir que los procesos de tratamientos textiles son calificados por la ONU como la industria del “Fast Fashion”, de emergencia ambiental. Esta industria, se basa en ofrecer prendas “baratas” y de poca calidad, con el objetivo de cambiar y consumir regularmente nuevas prendas. La ropa se ha considerado cada vez más como algo desechable y la industria se ha globalizado, con prendas a menudo diseñadas en un país, fabricadas en otro y comercializadas en todo el mundo a un ritmo cada vez más acelerado.

La huella contaminante que va dejado la industria textil se prolonga más allá de la cadena de producción y distribución. Se estima que el 95% de la ropa desechada se encuentra en condiciones óptimas para ser reutilizadas (INGURUGELA, 2018; OCU, 2019).

Figura 21

Efluentes textiles



Fuente: Madhu

Nota. Las aguas residuales provenientes de las operaciones unitarias de la industria del curtido generan en promedio un 30% de desperdicio químico, el mismo que termina en los ríos y fuentes de agua cercanas a los puntos de descarga.

Además, al combinarse los desperdicios de los diferentes teñidos textiles, se producen daños químicos más complejos que requieren tratamientos de agua más profundos.

Tabla 2

Substancias químicas utilizadas para la fabricación de prendas

Substancias químicas	Efectos sobre la Salud	Uso	Donde se encuentra
Antimonio	Cáncer a la piel, problemas gastrointestinales	Para la fabricación de fibras como el poliéster	Prendas deportivas
Ftalatos	Afecta al sistema hormonal y reproductivo	Aditivos de los plasticos para mejorar su flexibilidad, duración y transparencia	Botas de agua
Azoicos y dispersantes	Son carcinogénicos como los azoicos o alergénicos para los dispersantes	Se utilizan para tintes	Prendas en general
Metales pesados (cromo, plomo, níquel)	Tóxicos a nivel sistémico	Se usa en tintes o accesorios	Prendas de piel Zapatos
Formaldehidos	Provocan irritación en la piel, problemas	Se usa en la fijación de otros ingredientes o para mejorar las propiedades de las telas.	Prendas en general

	respiratorios y son cancerígenos		
Nonilfenoles	Corrosiva para los ojos, piel y tracto respiratorio, también modifica los mecanismos endocrinos	Jabones que se utilizan en procesos de tinción	Prendas en general
Dimetilfumarato	Causa reacciones dérmicas por su alto poder alergizante.	Conservante que se mezcla con productos para evitar la propagación microbiana en ambientes húmedos	Zapatos Accesorios

Fuente: Elaboración Propia

Nota. El PFOA o también conocido como ácido perfluorooctanoico, que proviene de la fabricación de textiles, también conocido como C8, es un ácido carboxílico perfluorado y un tensioactivo sintético. La función industrial de este es la polimerización en emulsión de fluoropolímeros, siendo altamente tóxico. Los estudios realizados en animales han demostrado que el PFOA y el PFOS probablemente provocan cáncer de hígado, testículo, páncreas y tiroides. No obstante, algunos científicos aseguran que es posible que los humanos no desarrollen los mismos tipos de cáncer que los animales.

a) Nitrobenceno

El nitrobenceno es un compuesto químico con la fórmula $C_6H_5NO_2$. Se encuentra en este líquido y es aceitoso y altamente tóxico, de color amarillento con cierto olor a almendras. Se lleva a congelación para elaborar cristales de color amarillo verdoso. Se produce a gran escala como precursor de la anilina.

Tener contacto con el nitrobenceno puede irritar la piel y los ojos. En niveles altos, interfiere con la capacidad de la sangre para transportar oxígeno y causar dolores de cabeza, fatiga, mareos y piel y labios azulados (metahemoglobinemia). En niveles más altos, puede causar dificultad para respirar, colapso e incluso la muerte.

b) Las PFAS en el Medio Ambiente

Porque los PFAS se utilizan en muchas aplicaciones de la vida diaria. Estos compuestos son liberados al medio ambiente:

- (1) indirectamente como resultado de la degradación en el medio ambiente de compuestos originales (parentales) que son muy usados en el proceso del teñido de las pieles en las curtiembres
- (2) directamente a través de la fabricación y productos de consumo doméstico (Konstantinos Prevedouros, 2006)).

Los dos principales PFAS (PFOS y PFOA), se encuentran muy presentes en el medio ambiente ya que no se degradan ni se convierten en otros compuestos (Ahrens, 2011.) (Gladysz, 2012). De modo que, al igual que muchos otros contaminantes de origen humano, los PFAS terminan en los cuerpos de agua y en el suelo. La presencia y distribución de PFAS en los diferentes componentes del medio acuático (sedimentos y organismos) se reconoce como un tema de emergente preocupación.

Los dos PFAS principales (PFOS y PFOA) están muy presentes en el medio ambiente ya que no se degradan ni se transforman en otros compuestos. De modo que, como muchos otros contaminantes creados por el hombre, las PFAS se encuentran en los cuerpos de agua y en el suelo. La presencia y distribución de PFAS en los diversos componentes del medio ambiente acuático (sedimentos y organismos) se reconocen como un tema de mucha preocupación para el medio ambiente.

El impacto de los PFAS en la vida silvestre aún no ha sido establecido. Sin embargo, los PFAS se han detectado en muchos tipos de fauna que viven en zonas remotas, (Houde, 2011). Como los PFAS se originan principalmente en zonas urbanas, no es de extrañar que las masas de agua en las zonas urbanas tiendan a tener mayor incidencia de PFAS.

Por lo tanto, organismos acuáticos en cuerpos de agua urbanos pueden estar más propensos a acumular PFAS y exhibir los posibles efectos nocivos.

Debido a que los vertebrados (incluyendo a los humanos) no pueden metabolizar PFOS ni PFOA (Stahl, 2011), su eliminación es muy difícil y lenta para el cuerpo humano. Se estima que los seres humanos necesitan unos tres años para eliminar la mitad de las concentraciones PFAS presentes en el cuerpo (Olsen, 2007).

Los potenciales efectos causados por PFAS en animales de la fauna y la biota acuática incluyen estrogenicidad (feminización), alteración de la producción de hormonas sexuales, la reducción de la producción de huevos (en peces), la alteración de la arquitectura testicular, depresión del sistema inmune, y efectos tóxicos en el hígado (Houde, 2011).

Los ecosistemas acuáticos (como lagos, arroyos, ríos y estuarios) son particularmente vulnerables a la contaminación de los PFAS. Por ejemplo, las plantas de tratamiento de aguas residuales no son capaces de reducir o eliminar PFAS en el agua o en los lodos activados (biosólidos). De hecho, debido a que las bacterias pueden transformar a los compuestos precursores de los PFAS, las concentraciones de estos en las aguas residuales a la salida de las plantas de tratamiento suelen ser más elevadas en comparación con las fuentes de entrada. Los efectos nocivos de los PFAS se han observado en varios organismos acuáticos como invertebrados y peces.

Investigadores han mostrado que un tipo de PFAS volátiles, la perfluoro tributilamina (PFTBA), puede contribuir al calentamiento global debido a que en la atmósfera este compuesto puede retener más calor que el dióxido de carbono (CO₂). Además, la persistencia

inherente de los PFAS hace que su contribución al efecto invernadero sea mayor que el CO₂ debido a que los PFAS permanecerían en la atmósfera durante un período más largo de tiempo (Hong, 2013).

La degradación de los productos que contienen PFAS son también una fuente de estos contaminantes para el ambiente, así como el polvo, el agua (de su casa hacia ríos y quebradas ya que las plantas de tratamiento de aguas no pueden eliminar así como también los suelos contaminados. La degradación de los productos que contienen PFAS también son fuente de estos contaminantes al medio ambiente, como el polvo, el agua.

Tabla 3

Vías Potenciales de Exposición por los Distintos Medios de Contacto

Medio de Contacto	Vías Potenciales de Exposición
Suelo, polvo	Ingestión, Inhalación, Contacto dérmico
Residuos	Ingestión, Inhalación, Contacto dérmico
Aire	Inhalación
Aguas Superficiales	Ingestión, Inhalación, Contacto dérmico
Aguas Subterráneas	Ingestión, Inhalación, Contacto dérmico
Alimentos	Ingestión

Fuente: Elaboración Propia

Nota. En la tabla se indican las principales vías de entrada de contaminantes presentes en el proceso de manipulación y contaminación por efluentes de curtiembres.

En cada uno de los procesos previamente mencionados que se presenta en el trabajo de investigación titulado “Aislamiento de consorcios bacterianos nativos en efluentes de tenerías para la remoción de colorantes industriales”. cuyo objetivo es aislar e identificar bacterias autóctonas presentes en las aguas residuales de las curtidurías con capacidad de eliminar los colorantes industriales utilizados en el proceso de teñido del cuero y así contribuir al cuidado y conservación de la salud de las personas que laboran en esta industria y la salud del ecosistema presente en su entorno.

Por lo tanto, se recolectarán los efluentes residuales de las curtiembres, más precisamente de la etapa del proceso referente al teñido del cuero, luego se realizará la siembra de colonias bacterianas, las cuales serán replicadas hasta el aislamiento de colonias bacterianas puras, luego se prepararán los medios experimentales. con colorantes utilizados en el proceso de teñido del cuero, luego se evaluará la capacidad de remover los colorantes industriales elaborados por dicha bacteria. Todo este proceso se realizará a través de un análisis de densidad óptica, finalmente se evaluará la seguridad de su manipulación evaluando el comportamiento de la bacteria a través de un antibiograma para asegurar la seguridad de su

uso en el proceso experimental y en su propuesta de análisis. y estudios posteriores, todo ello con el objetivo de contribuir al proceso de recuperación de las aguas residuales para una futura reutilización, rescatando así el recurso hídrico.

Diversas fuentes indican que el desarrollo de la industria textil en el Perú genera aproximadamente 740.000 empleos, tanto directos como indirectos, exportaciones por alrededor de 1.400 millones de dólares. Esto representa estadísticamente el 10% de la manufactura nacional, con un producto bruto del 2%.

Las exportaciones peruanas del subsector confecciones hasta mayo de este año alcanzaron los 759 millones de dólares, lo que representa un crecimiento de 36% respecto a lo exportado en igual período del año pasado. Este comportamiento de las exportaciones muestra un escenario positivo para el cierre de 2022 y así lograr un año más de crecimiento económico en este subsector.

Tabla 4

Operaciones del proceso curtiente, composición de los efluentes y consecuencias

	Operación	pH	Composición del efluente	Consecuencias	Impacto ambiental
Proceso de ribera	Remojo	Neutro, ligeramente ácido o alcalino	Estiércol, suero de la sangre, NaCl, CaCO ₃ , proteínas solubles, naftalina, tensoactivos, plaguicidas	Altos niveles de DQO y sólidos suspendidos	En la evaluación cualitativa se identificó consumo de agua, modificación a las condiciones fisicoquímicas del recurso
	Pelambre	12-14	Pelos, grasas, proteínas, queratina, sulfuros, cal, alto contenido de sólidos suspendidos	Emisión de H ₂ S	En la actividad de pelambre se presenta consumo de agua, modificación a las condiciones fisicoquímicas del recurso, producción de residuos peligrosos, como lodos con sustancias químicas, envases y contenedores.
	Desencalado	7-8	Sales cálcicas solubles, pigmentos, proteínas solubles, alto contenido de nitrógeno por sales amoniacales	Emisión de NH ₃	En esta actividad se generan residuos sólidos, peligrosos y biológicos, como el colágeno y los residuos de la separación de las capas de la piel (material orgánico)
	Piquelado	1-3	NaCl, ácidos biocidas	Niveles elevados de	producción de residuos líquidos y peligrosos,

				sólidos disueltos	emisiones atmosféricas y ruido.
	Desengrase	3-4	Disolventes, emulsionantes, altas concentraciones de grasa y sales	Altos niveles de DBQ y sólidos suspendidos y disueltos	se consume agua y se usan ácidos orgánicos que producen residuos líquidos y peligrosos
Proceso de curtido	Curtición al cromo	3-4	Elevada salinidad, abundancia de sales de cromo, fibras de suspensión y grasas emulsionadas	Alto contenido de Cr III y otros metales	En el curtido se usan sales de cromo, lo que genera transformación en la calidad del agua, residuos peligrosos, emisiones de metales pesados, ruido y afectación secundaria a suelos y ecosistemas.
	Curtido vegetal y sintético	3-5	Fenoles, polifenoles, sales neutras	Disposición de lodos	
	Curtido con aceites y productos alternativos	10	Sales de aluminio, de circonio, de titanio, formaldehído, aceite de bacalao para la gamuza		
Acabado	Neutralizado	5-6	Sales neutras y de cromo		
	Recurtición tintura y engrase	4-5	Grasas emulsificadas, colorantes, sales neutras	Sustancias tóxicas orgánicas	En el uso de pigmentos y colorantes para los procesos de teñido, se generan emisiones atmosféricas, residuos peligrosos, residuos sólidos de retazos y virutas de material terminado.

Fuente: Elaboración Propia

Nota. Esta investigación se enfocará en el proceso del recurtido, teñido del cuero y baño de grasa a partir del cual se producen sustancias orgánicas tóxicas como anilina y PFAS, dando como resultado emisiones a la atmósfera, residuos peligrosos, residuos sólidos.

2.8 Métodos convencionales para el tratamiento de efluentes

Existe una amplia metodología para el tratamiento y degradación de colorantes que derivan de los efluentes del textil clasificados en métodos físicos, biológicos y combinados

Entre los procesos comúnmente empleados a nivel industrial en el tratamiento de efluentes de la industria de las curtiembres están los tratamientos fisicoquímicos tales como la coagulación y precipitación, osmosis inversa y ultrafiltración, electrolisis, tratamiento de ozono, adsorción y tratamiento con cloro (Barragan et al., 2007) y actualmente se viene promoviendo la aplicación de tecnologías limpias dentro de los que destacan los tratamientos biológicos

2.8.1 Tratamientos biológicos

A pesar de los tratamientos fisicoquímicos, se ha generado un gran interés por los tratamientos biológicos ya que a partir de dichos procesos se pueda realizar la remoción de tintes industriales mediante la acción de microorganismos.

Los principales tratamientos biológicos aplicados al tratamiento de aguas residuales son los aerobios y los anaerobios. por su capacidad de remoción de los colorantes como métodos biológicos bajo diferentes condiciones de oxígeno (aerobios, anaerobios y su combinación) (Kato, 2009).

2.8.1.1 Procesos anaerobios

Estudios de remoción con diferentes colorantes muestran que el proceso anaerobio puede eliminar el color de los efluentes textiles, mejorando la biodegradación biológica. Los tratamientos anaerobios se emplean en el tratamiento de aguas con alto contenido de materia orgánica y estabilización de lodos; en estos procesos se produce la descomposición de la materia en ausencia de oxígeno molecular. La materia orgánica se convierte biológicamente en metano y dióxido de carbono. La conversión microbiológica de la materia orgánica de los lodos se produce en tres etapas. La hidrólisis, la acidogénesis, y la metanogénesis. Entre los reactores anaerobios se pueden mencionar: Anaerobio de contacto, Manto de lodos anaerobios de flujo ascendente (UASB), Lecho fijo, Lecho expandido (Metcalf & Eddy, 2003).

2.8.1.2 Procesos aerobios

Los sistemas aerobicos pueden actuar como sistemas independientes o en conjunto con tratamientos anaerobios, eliminando la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y los sólidos suspendidos (SST). El tratamiento aerobico también se puede usar específicamente para eliminar nitrógeno y fósforo conocido también como un sistema de eliminación de nutrientes biológicos (BNR). Los tratamientos aerobios son aquellos en que la biomasa está constituida por microorganismos aerobios o facultativos, que consumen oxígeno. El carbono de la materia orgánica disuelta en el agua se convierte parcialmente en CO₂ con producción de energía y otra parte es anabolizada para sintetizar materia celular. (Romero, 2000)

2.9 Microorganismo con potencial biodegradado

La eficacia microbiana en la degradación de colorantes depende de la capacidad de adaptación del microorganismo seleccionado (SARATALE, 2011)

2.9.1 Decoloración y degradación de colorantes industriales por bacterias

Generalmente la decoloración de colorantes industriales ocurre bajo condiciones anaerobias, anaerobias facultativas y aerobias por diferentes grupos bacterianos. El mecanismo de degradación microbiana de los colorantes azoicos ($-N=N-$) con la ayuda de enzimas azo reductoras en condiciones anaerobias que dieron como resultado la formación de soluciones incoloras que contenían aminas aromáticas peligrosas como por ejemplo la *Stenotrophomonas maltophilia* como microorganismo con potencial biodegradador que es una bacteria gram negativa no fermentadora de glucosa, presenta una estructura recta y en ocasiones ligeramente curva tiene una longitud de 0.5 a 1.5 μm , generalmente se encuentra sola o en par, presenta motilidad por flagelos localizados en sus polos. En los medio de cultivo, las colonias son lisas y con color que pueden variar de blanco a ligeramente amarillo en agar sangre se puede observar una ligera coloración verdosa alrededor de las colonias que confluyen y en otros medio de cultivo puede observarse una coloración café. Es un aerobio obligado que no crece a una temperatura menor a 5°C y a una temperatura superior de 40°C, siendo su temperatura optima de crecimiento 35°C (Martinez et al., 2007)

2.9.2 Métodos de obtención de metabolito

La decoloración de los tintes textiles continúa con la ruptura de los enlaces químicos presentes dentro de la estructura del tinte. Sin embargo la descomposición de los colorantes puede seguir diferentes vías de biodegradación que dependen de la naturaleza del colorante para determinar y confirmar los posibles vías de degradación, se han empleado diferentes métodos instrumentales (como la electroscopia UV-vis, (Wang, 2014)).

2.9.3 Cromatografía líquida acoplada al espectrómetro de masas

Es una técnica analítica que combina la capacidad de separación física de la cromatografía de los líquidos con la capacidad de detección selectiva y confirmación de la identidad molecular del espectrometro de masas. Usado para la detección y la caracterización de compuestos polares y no esta limitada por la volatilidad o la estabilidad térmica de los analitos (Burris, 1999).

2.10 Hipótesis

Dado que las Bacterias son conocidas por su elevado nivel de adaptación para sobrevivir en ambientes extremos, como aguas contaminadas con metales pesados entre otros tipos de sustancias y químicos debido a su flexibilidad genética. Por lo tanto, es probable que en los efluentes provenientes de las curtiembres existan bacterias resistentes a concentraciones de tintes industriales que puedan ser cultivadas, aisladas e identificadas manteniendo un potencial mecanismo para la remoción y decoloración de tintes industriales.

2.11 Variables

2.11.1 Variables Dependientes

- Remoción de tintes industriales

2.11.2 Variables Independientes

- Tiempo de contacto
- Cepa bacteriana

2.11.3 Componentes de las aguas residuales provenientes de las curtiembres

Se caracterizan y se conforma principalmente por:

- La variabilidad de caudal y su carga contaminante en cada una de las líneas de proceso del curtido.

- Color. Este apartado es especialmente sensible, porque las anilinas por su propia naturaleza, que es dar color al agua, son muy llamativas. Sin duda, esto es lo que genera la mayor parte de las quejas de los usuarios de ríos y canales, pues nadie puede estar tranquilo si riega sus cultivos con agua de color anormal. El teñido suele estar en la etapa final de los procesos húmedos y está influenciado por tratamientos previos, de ahí su complejidad. Para obtener buenos agotamientos, se debe prestar atención a todos los parámetros, pero la mayor importancia se le atribuye al sustrato de la piel. Hay estudios que demuestran que el mismo colorante en condiciones similares produce buenos empobrecimientos frente a un sustrato de alta afinidad, y escasamente se une a un sustrato de baja afinidad. Otro aspecto es la influencia del pH. En general, los colorantes aniónicos se agotan mejor a valores de pH bajos, pero esto varía según la familia de colorantes. Para hacer frente al complejo problema del teñido, se han diseñado tambores especiales. Finalmente, el método que da resultados positivos incluso para colores oscuros sobre un sustrato con afinidad normal es el siguiente: comenzar a teñir con todos los colorantes aniónicos a 20°C ((CONAMA)., 1999), un pH ligeramente alcalino (8-9). Hay una penetración rápida, el baño se alarga significativamente (6-10 veces). Cambia a un pH ácido (3-4) y se calienta gradualmente a 60-65°C. Ahora el tinte es para la portada. Este método se ejecuta perfectamente en un tambor automatizado con capacidad de calentamiento por recirculación externa. Una buena gestión del colorante genera una reducción del color de los efluentes

- Compuestos orgánicos no biodegradables y biodegradables.
- Compuestos inorgánicos no biodegradables (reactivos y aditivos): metales pesados, tintes, fenoles, pesticidas, surfactantes, tensioactivos, etc.
- Aceites y grasas.
- Sólidos en suspensión totales (SST).
- Demanda química de oxígeno (DQO). La Demanda Bioquímica de Oxígeno es el parámetro que determina la carga contaminante que pueden generar los residuos biológicos de la curtiembre. Para el modelo está representado por la DBO5 correspondiente a la materia orgánica que se oxida o degrada rápidamente.
- Demanda biológica de oxígeno (DBO). Mientras mayor sea el valor de DBO, mayor será la contaminación del agua

- Altos niveles de sólidos disueltos totales (SDT).
- Generalmente deficientes en nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Prácticamente exentas de patógenos.
- Alto contenido en cloro y salinidad.

Los colorantes son considerados los compuestos más contaminantes porque tienen un gran impacto para el medio ambiente: reducen el oxígeno en los cuerpos de agua al bloquear la luz, provocando condiciones sépticas, también son mutágenos y carcinógenos para animales y humanos también son tóxicos para la vegetación cercana porque inhiben la fotosíntesis.

La elaboración del cuero tiene varias etapas en su proceso de elaboración, cada una de ellas libera un agua residual de características específicas, sin embargo, el presente trabajo de investigación se enfocará en el agua residual proveniente de la etapa de teñido de las pieles debido a la presencia de contaminantes que son muy peligrosas para la salud de las personas y los ecosistemas vinculados a ellas.

CAPITULO III

3.METODOLOGIA

3.1 Descripción de la investigación

- Tipo y diseño de la investigación: Experimental
- Unidad de análisis: Aguas residuales de las curtiembres
- Población de estudio: Aguas residuales de las curtiembres
- Selección y tamaño de muestra: El criterio técnico aplicado fue por recolección de aguas residuales provenientes del proceso de tintado de cueros. Es importante agregar que la concentración no depende de la cantidad de muestra y la proporción de masa distribuida en un volumen de suelo así sea la muestra heterogénea no depende del volumen
- Técnicas de recolección de datos: Muestreo de campo tipo selectivo. (aguas residuales)
- Análisis e interpretación de la información: Se realizará en base a los resultados emitidos por un laboratorio certificado

3.2 Localización del Aislamiento Bacteriano

Las muestras fueron recolectadas de las zonas de descarga de efluentes residuales de las curtiembres. Dicha localización fue identificada por el investigador como áreas de potencial interés.

3.3 Muestreo

Para iniciar el desarrollo de la investigación, se planificó una actividad de muestreo en los puntos de interés. El muestreo ambiental se divide ampliamente en fines exploratorios (monitoreo) y de seguimiento (evaluación). Además, existen tres enfoques básicos para el muestreo: selectivo, sistemático y aleatorio.

Asimismo, se debe considerar los sitios de control, los mismos que pueden ser locales y del área, sus diferencias radican principalmente en la cercanía del sitio de control al sitio de muestreo ambiental. Los sitios de control locales están generalmente adyacentes a o muy cerca de los sitios donde se obtienen muestras para ensayos. De acuerdo a la información brindada, el muestreo realizado fue de tipo exploratorio

De igual manera, es necesario considerar los sitios de control, los cuales pueden ser locales y de la zona, sus diferencias radican principalmente en la cercanía del sitio de control al sitio del muestreo ambiental. Los sitios de control local suelen estar muy cerca de los sitios de muestra de prueba. Según un previo análisis, el muestreo fue tipo exploratorio.

El plan de muestreo aplicado es el de seguimiento o monitoreo, considerado el más eficiente, ya que va precedido de un muestreo exploratorio. Además, se cuenta con información histórica del parámetro de interés en el sitio de muestreo (Análisis de efluentes residuales de curtiduría). El enfoque de muestreo fue selectivo ya que los sitios elegidos para el muestreo se realizaron de acuerdo a la presencia y ubicación de las curtiembres (muestreo de puntos de interés, efluentes residuales de las tenerías). Con referencia a los sitios de control (Puntos de descarga de aguas residuales del proceso de teñido del cuero).

3.3.1 Protocolo de campo

- Lugar de las muestras: Efluentes residuales de las curtiembres
- Recipientes: 3 botellas de vidrio estériles
- Etiquetas: Se rotulo cada botella con el punto de referencia donde fue la toma de muestra
- Equipo de campo: Ubicación satelital, lapiceros, cinta, cuadernos, celular
- Tipos de dispositivos de muestreo: decantación
- Volumen de la muestra: Botella estéril de 2000 mL
- Procedimientos de la cadena de custodia: Los frascos que contienen muestras han sido aislados.
- Contenedores de almacenamiento: Caja térmica, la misma que fue trasladada al laboratorio
- Almacenamiento: Fue conservada a 4°C hasta el análisis.

3.4 Preparación de medios de cultivo

3.4.1 Preparación del Agar Nutritivo

- Suspender 4.6 gr de polvo de Agar Nutritivo (Difco™) en 200 mL de agua destilada
- Mezclar bien y agregar 100 µL de solución madre para obtener un medio de cultivo con 5 ppm del tinte industrial
- Calentar sobre un mechero agitando frecuentemente hasta disolver completamente
- Autoclavar a 121° C por 15 minutos
- Dejar enfriar hasta 50° C y colocar en placas Petri
- 100 ml con colorantes 5% se esteriliza (121°C/1 bar presión durante 20 min)
- Luego se agregó un mililitro de una suspensión de cada bacteria en proporción de 1 McFarland de cada bacteria y ese mililitro se agrega a los 100 ml del agua destilada de 5 ppm del colorante
- Y se incuba por 48 horas
- A las 48 horas se centrifuga 2 ml en un ependor a 10 000 revoluciones por 10 minutos y con el sobrenadante se hizo una lectura en un espectrofotómetro a 630 nm (nanometros), el resultado de la lectura es la densidad óptica
- Este procedimiento se repite con las 3 bacterias y de acuerdo los resultados mostraron que la cepa bacteriana 3 mostro un resultado favorable a nivel de reducción de densidad óptica en las 8 repeticiones cuyos resultados se muestran en la grafica comparativa de remoción de tinte industrial

3.4.2 Preparación del Agar Sangre

- Agregar 8 gr de Agar sangre base en 200 mL de agua destilada.
- Mezclar y agregar 100 µL de solución madre para obtener un medio de cultivo con 5 ppm de colorante industrial.
- Calentar en un mechero, revolviendo frecuentemente, hasta que se disuelva por completo.
- Llevar a la autoclave a 121° C por 15 minutos.
- Dejar enfriar hasta 50° C en baño maría.

- Añadir 10 mL de sangre desfibrilada estéril de ovino y mezclar.
- Colocar en placas petri.

3.4.3 Preparación del Agar MacConkey

- Principio: Método microbiológico
- Modo de acción: la sal biliar y el cristal violeta favorecen en gran medida el crecimiento de la flora microbiana Gram positiva. La lactosa y el indicador de pH neutro real se utilizan para detectar la degradación de la lactosa
- Procedimiento y evaluación experimental: Sembrar por agotamiento la muestra sobre la superficie de la preparación
- Luego se incubó por 24 horas a 35°C en el medio ambiente
- Las colonias lactosa negativas son incoloras, las colonias lactosa positivas son rojas y están rodeadas por una zona turbia que se debe a la precipitación de ácidos biliares como resultado de la disminución del pH.

3.4.4 Obtención de la Muestra

El efluente textil, será llevado al laboratorio para el aislamiento de las cepas bacterianas. Se colocó 1 L de muestra en un frasco pírrex estéril

3.4.5 Cultivo y sembrado de colonias bacterianas

Para la Preparación de la suspensión para el desarrollo experimental se usó agar sangre, agar MacConkey, y agar nutritivo. El cultivo se hizo tomando las muestras de los efluentes residuales provenientes de las curtiembres

El sembrado se realizó empleando la técnica de agotamiento a 37°C de forma aeróbica. Luego a 48 horas crecieron 4 tipos de colonias. Cada colonia fue separada para trabajarlas en medios nutritivos diferentes, luego se replicaron los cultivos hasta llegar a obtener colonias puras. Posterior a ello cada colonia fue sembrada en agar nutritivo, agar sangre y agar MacConkey. Una vez que crecieron las colonias se preparó 100 ml de agua destilada estéril con 5 ppm de colorante uno para cada bacteria. Luego se agregó 1ml de la obtención de la

solución madre La preparación medios de cultivo de agar nutritivo, agar sangre, agar y agar MacConkey se realizó de la siguiente manera.

3.4.6 Realización de Repiques

Una vez realizado el cultivo inicial se replican las colonias en agar sangre y agar MacConkey. Luego se extrae una colonia aislada o separada de la primera siembra y se vuelve a realizar el cultivo en agar sangre y MacConkey a 37°C. Cada una de las cepas aisladas fueron sometidas a purificación siguiendo el procedimiento señalado por: Stanchi Néstor O (2007) y Fernández F. F (2017).

3.4.7 Purificación

Una vez aislada la colonia se hace un pasaje en agar nutritivo, de la misma manera se toma una colonia por medio de un asa de siembra, la colonia extraída se cultiva a 37°C por 48 horas. Este procedimiento se repite seis veces cada 48 horas según Carter Cole procedimientos diagnósticos en bacteriología y micología.

3.4.8 Preparación del colorante

Se pesa 0.05 gr. Del colorante en 100 litros de agua destilada estéril. (solución madre)

3.4.9 Decoloración

- Se preparo en un frasco pírrex con 100 ml de agua destilada estéril y se colocó 1 000 micro litros de la solución madre para obtener una dilución de 5 ppm de colorante
- En un tubo ependor estéril se coloca 1 ml de agua destilada estéril y se toman colonias del medio de purificación mezclados en el tubo ependor de tal manera que se obtenga una turbidez de 1 McFarland

- Esta solución de 1 ml de agua destilada estéril con la cepa en estudio diluida en una turbidez de 1 McFarland se agrega a integridad a los 100 ml de agua destilada estéril con 5 ppm de colorante
- Se cultiva a 37°C por 48 horas
- Se coloca 1 ml de la solución en tubos ependor estériles y se centrifugan a 10 000 revoluciones por minuto por 10 minutos
- Se coloca 250 ml en un hoyo de una placa de poliestireno de 96 hoyos con 8 repeticiones
- La placa es llevada a un espectrofotómetro haciendo la lectura de la densidad óptica a 630 nm

3.5 Análisis Bioquímico de las Cepas Bacterianas Identificadas

De las tres cepas bacterianas aisladas y separadas en forma individual en placas Petri con el colorante industrial, se procedió a realizar la prueba bioquímica de la cepa bacteriana con capacidad de remoción de colorantes industriales, obteniendo los siguientes resultados:

Cepa bacteriana con capacidad de remoción de tintes industriales

Gram: Negativa

Oxidasa: Negativa

Catalasa: Positiva

3.6 Antibiogramas de la cepa con capacidad de remoción de tintes industriales

Se realizaron los antibiogramas mediante el procedimiento de Bauer-Kirby, método estandarizado con Agar Müller-Hinton, que consiste en verter 25mL de medio a una profundidad de 4 mm, en cajas Petri de 90 mm, estas placas con medio incluido se almacenaron a 4°C antes de su uso. En la suspensión se colocó con un hisopo entre 4-5 colonias, de la placa de crecimiento en 5 ml de agua destilada estéril, una vez obtenida la suspensión con un hisopo estéril, se transfirió una cantidad suficiente a la superficie del medio

preparado y se extendió continuamente sobre toda la superficie del medio asegurándose de que ninguna parte de la superficie del medio quede sin el inóculo.

Posteriormente, los discos de antibiótico seleccionados se colocan sobre la superficie del medio ya inoculado, distribuidos simétricamente entre sí. La placa Petri con el inóculo y los discos en la superficie se incuban durante 48 horas a 37°C. Pasado este tiempo, se leen y miden los halos de inhibición, que hacen referencia a la difusión del antibiótico y a la ausencia de crecimiento de colonias bacterianas por efecto del antibiótico en cada disco.

Tabla 5

Antibiograma de la Cepa Bacteriana con la capacidad de remoción de tintes industriales

Antibiótico	MIC	Halo en mm		Halo en mm	Interpretación
		R	S		
CIPROFLOXACINA	5 µg	15	21	23	Sensible (2)
LINCOMICINA	2 µg	16	21	0	Resistente
AZITROMICINA	15 µg	13	18	16	Intermedio
AMIKACINA	30 µg	14	17	12	Resistente
AMOXICILINA	25 µg	11	14	0	Resistente
LEVOFLOXACINA	5 µg	13	17	21	Sensible (4)
ENROFLOXACINA	5 µg	16	23	24	Sensible (1)
AMOXICILINA + CLAVULANICO	30 µg	13	18	0	Resistente

Fuente: Elaboración Propia

Nota. La Cepa T1.1 dio como resultado sensible a la ciprofloxacina, levofloxacina y enrofloxacina

Sensible: Aislado bacteriano in vitro por la concentración del antimicrobiano asociada con una alta probabilidad de éxito terapéutico

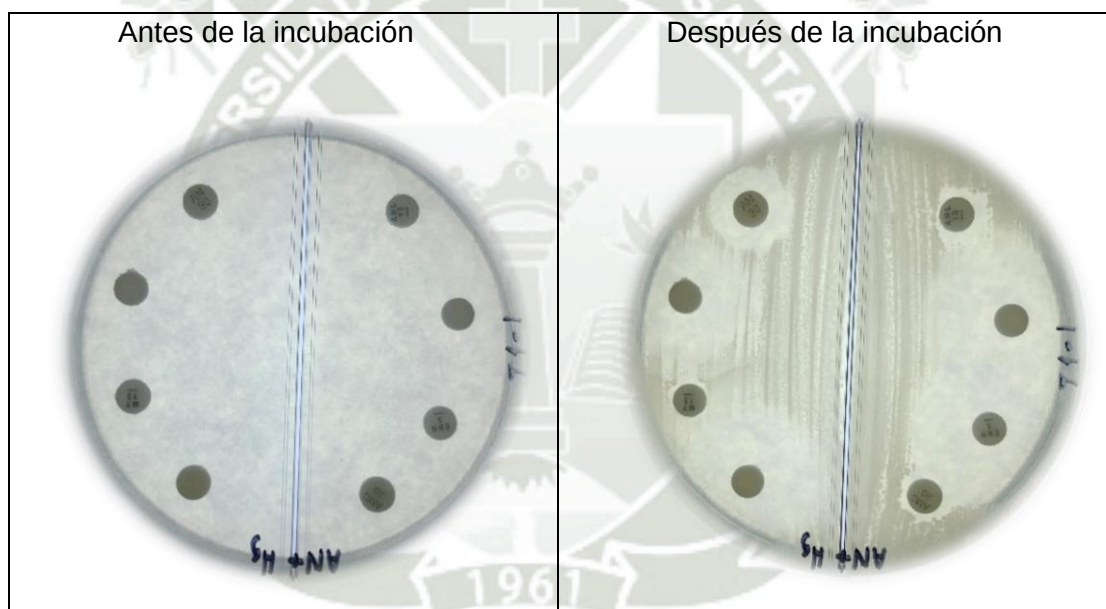
Intermedio: Aislado bacteriano in vitro por la concentración del antimicrobiano asociada al efecto terapéutico incierto

Resistente: Aislado bacteriano in vitro por la concentración del antimicrobiano asociada a la alta probabilidad del fracaso terapéutico.

El resultado más alto de acuerdo a los halos de inhibición fue la levofloxacin con un halo de 21 mm siendo en 4 mm más grande al estándar de sensible, seguido por la ciprofloxacina con un halo de 23 siendo en 2 mm mas grande al estándar y la enrofloxacin con un halo de 24 mm siendo mas grande al estándar en 1 mm.

Figura 22

Muller Hinton con la cepa bacteriana con capacidad de remoción de tintes industriales y Discos de Antibióticos



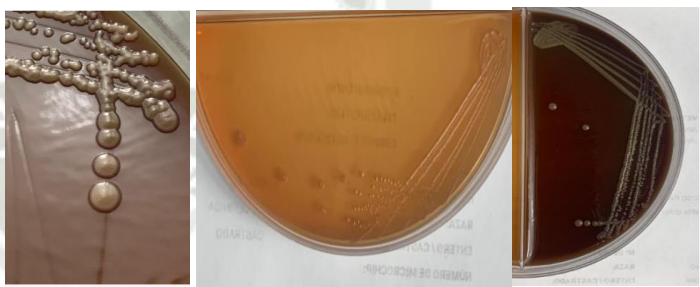
Fuente: Elaboración Propia

Nota. Se puede visualizar en los discos de antibióticos la reacción de la Cepa con capacidad de remoción de tintes industriales antes y después de la incubación

3.7 Características Macroscópicas de las Colonias Bacterianas

El análisis macroscópico se realizó considerando los siguientes parámetros: color, tamaño, forma, borde, elevación. Los resultados se muestran en la siguiente

Tabla 6
Descripción macroscópica de las colonias en estudio

PARAMETROS	COLONIA AISLADA CON CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE TINTES INDUSTRIALES
	Cepa 1
Colonia con capacidad de remoción de tintes industriales	
Color	crema
Tamaño	3 mm
Forma de colonia	Redondeada
Borde de la colonia	Regular
Elevación	Convexa
Reacción Gram	Negativa
Imagen de formación celular	
PH Favorable para su crecimiento	8
Temperatura ideal para su crecimiento	37°C

Modalidad de crecimiento	aeróbica
Tipo de bacteria	No hemolítica
Tipo de fermentación	Fermentadora de lactosa
Medios nutritivos de crecimiento	Agar nutritivo, agar sangre y agar MacConkey
Familia	Enterobacteria

Fuente: Elaboración Propia

3.8 Secuenciación

Se realizará en un estudio posterior a la presente investigación debido a los recursos económicos y tiempo que representan dichos análisis

3.9 Ensayos de remoción de tintes industriales

Este modelo se construye mediante la representación gráfica de la cantidad de una sustancia (adsorbato) en la superficie del adsorbente en función de la concentración de dicha sustancia, es decir la cuantificación de las interacciones adsorbato-adsorbente son fundamentales para la evaluación de potenciales estrategias de implementación.

Para obtener los resultados de la remoción de mercurio se realizaron ensayos con las bacterias T1 y T2, bajo una misma concentración de tintes industriales y una correspondiente evaluación en distintos tiempos con el objetivo de comparar las capacidades de remoción de las cepas bacterianas.

Para poder identificar la remoción y el porcentaje de remoción de tintes industriales usados en la etapa de operación de tintado del cuero, se empleó la formula y parámetros que se muestran a continuación.

Determinación del parámetro “q” que mide la capacidad de remoción del adsorbato en el adsorbente. Los parámetros del proceso fueron determinados según B Volesky. Sorption and Biosorption. BV Sorbex, Inc. Montreal, Canadá. (2003).

$$q = \frac{V_{(L)} (C_i - C_f)_{(mg/L)}}{S_{(g)}}$$

$$\% \text{ Adsorción} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100$$

Donde q es la capacidad de adsorción expresada en mg/g, V es igual volumen de la solución expresada en litros (L), (S) cantidad de biosorbente expresada en gramos, (Ci) concentración inicial del colorante en la solución en mg/L, (Cf) concentración en el equilibrio del colorante en la solución en mg/L.

3.10 Estadística y análisis de la remoción de tintes industriales

Los datos considerados para la estadística y análisis de la remoción de tintes industriales se consideraron los siguientes datos: Densidad óptica a 630 nm de muestras de colorante al 5ppm con 1 ml de bacterias cepa a 1 McFarland

Tabla 7

Densidad Óptica con Bacterias y sin Bacterias

	DO							
Sin Bacterias	0.128	0.113	0.134	0.104	0.1	0.113	0.109	0.11
48 hora con bacterias	0.084	0.087	0.09	0.097	0.088	0.088	0.092	0.089

Fuente: Elaboración Propia

Nota. La tabla muestra las medidas de DO Densidad Óptica extraídas del espectrofotómetro a 630 nm. Los valores muestran que el agua destilada con 5 ppm de colorante con bacterias tiene una densidad óptica menor mostrando de esa manera su capacidad de remoción del tinte industrial

Tabla 8

Repeticiones sin bacterias y con bacterias

Repeticiones	Sin Bacterias	Con Bacterias
1	0.128	0.084
2	0.113	0.087
3	0.134	0.09
4	0.104	0.09
5	0.1	0.088
6	0.113	0.088
7	0.109	0.092
8	0.11	0.089
PROMEDIO	0.1138	0.0885

Fuente: Elaboración Propia

Nota. La tabla muestra las repeticiones realizadas a 48 horas y sus valores promedio con bacterias y sin bacterias

Tabla 9

Prueba T Student

	<i>Sin Bacterias</i>	<i>Con Bacterias</i>
Media	0.113875	0.089375
Varianza	0.000133554	1.48393E-05
Observaciones	8	8
Varianza agrupada	7.41964E-05	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	5.688589292	
P(T<=t) una cola	2.79857E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.761310136	
P(T<=t) dos colas	5.59713E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.144786688	
P<0.05		

$$P= 0.000055971$$

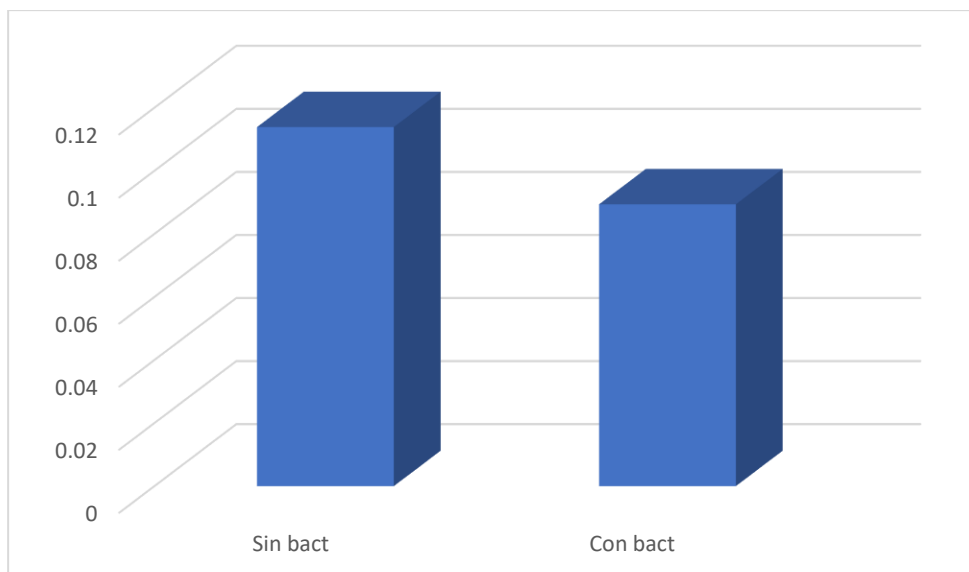
Según la prueba de T de student para muestras independientes se observa que el promedio de las muestras de agua sin bacterias presento diferencias estadísticas significativa respecto a las muestra de aguas con bacterias

Tabla 10
Estadística descriptiva

<i>Sin Bacterias</i>		<i>Con Bacterias</i>	
Media	0.113875	Media	0.089375
Error típico	0.00408585	Error típico	0.00136195
Mediana	0.1115	Mediana	0.0885
Moda	0.113	Moda	0.088
Desviación estándar	0.01155654	Desviación estándar	0.00385218
Varianza de la muestra	0.00013355	Varianza de la muestra	1.4839E-05
Curtosis	-0.0712559	Curtosis	1.79759934
Coeficiente de asimetría	0.88357988	Coeficiente de asimetría	0.95871466
Rango	0.034	Rango	0.013
Mínimo	0.1	Mínimo	0.084
Máximo	0.134	Máximo	0.097
Suma	0.911	Suma	0.715
Cuenta	8	Cuenta	8

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11
Parámetros comparativos de densidad óptica con bacterias y sin bacterias



Fuente: Elaboración Propia

Nota. Los resultados demuestran que la densidad óptica de la muestra con bacterias es menor a la muestra sin bacterias

3.11 Modelo cinético de Remoción Intraparticular según Weber y Morris

El modelo cinético según los resultados experimentales, se ajustó según el modelo de difusión intraparticular según Weber y Morris. Este modelo es aplicable a biosorbentes con un mayor grado de porosidad. Se representa por una difusión lenta hacia el exterior, no depende únicamente de la velocidad de agitación, salvo el diámetro de la partícula y de la concentración inicial del adsorbato. En el modelo cinético K_d , es la constante de difusión intrapartícula y se calcula a partir de la pendiente de las regiones lineales de los gráficos.

3.12 Antecedentes Investigativos del Modelo cinético

La presencia de colorantes en el medio acuático impide que la luz solar llegue al fondo de este, poniendo en peligro especies vegetales y animales. Asimismo, provocan un desagradable efecto visual en los ríos, ya que, residuos en del orden de mg/L son capaces de producir una importante y notoria coloración.

Tsukasa, et al, (2019) aislaron bacterias de manos de personas comunes, con capacidad decolorativa. Una cepa bacteriana degradó el colorante rojo Congo en sus

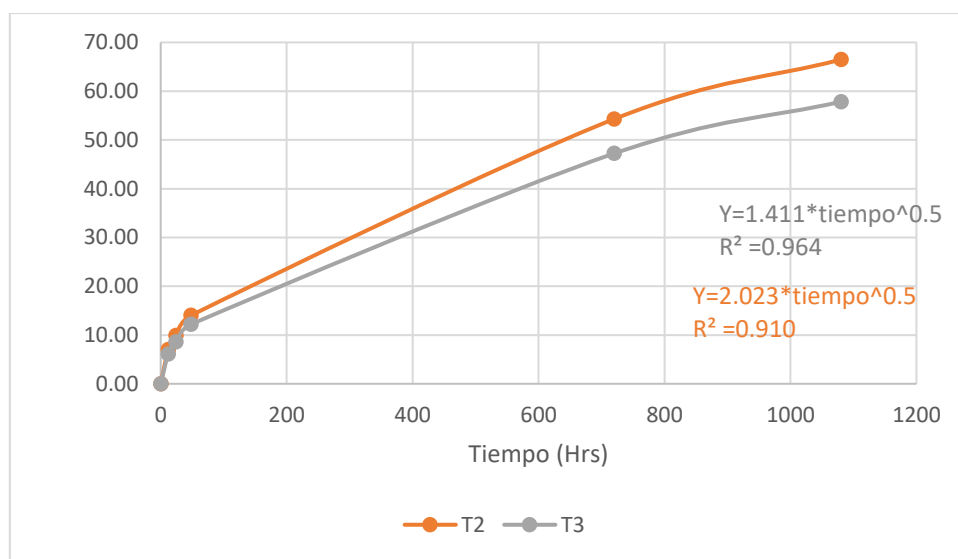
intermedios y luego degradó aún más los compuestos fenólicos. Curiosamente, la cepa bacteriana decolorante azo produjo una cantidad significativa de proteína (20-60mgL⁻¹), que se correlacionó con la tasa de decoloración del colorante.

Blánquez, et al, (2019) evaluaron el potencial de una nueva laca bacteriana SiIA producida por *Streptomyces ipomoeae* CECT 3341 activa en amplios rangos de temperatura y pH para usar como un tratamiento biológico ecológico para la degradación de los tintes textiles, obteniendo una notable decoloración del colorante Orange 63.

Karim, et al, (2020) aislaron cinco bacterias decolorantes del efluente de teñido usando un cultivo de enriquecimiento selectivo en medio Bushnell-Haas (BH) modificado con co-sustrato (es decir, glucosa, extracto de levadura) y 100mg/L de cada colorante reactivo disponible comercialmente, consiguiendo inducir procesos de decoloración.

Figura 23

Remoción de tintes industriales por cada cepa bacteriana en distintos tiempos de contacto y evaluación. Según el modelo cinético de difusión intraparticular según Weber y Morris



Fuente: Elaboración Propia

Nota. El modelo no lineal del presente trabajo de investigación muestra que la remoción del tinte industrial se incrementa en función del tiempo. Asimismo, el coeficiente de determinación indica que la cepa con capacidad de remoción de tintes industriales se adecua al modelo no lineal en un 96.40%

Tabla 12

Remoción de mercurio por tres especies bacterianas según el modelo cinético

Cepa bacteriana	Metal	Ecuación	R ²
T1	Hg	$y = 1.76 * \text{tiempo}^{0.5}$	R ² = 0.961
T3	Hg	$y = 2.023 * \text{tiempo}^{0.5}$	R ² = 0.964

Fuente: Elaboración Propia

Nota. El coeficiente de determinación indica que la cepa con capacidad de remoción de tintes industriales se adecua al modelo no lineal en un 96.40%



CAPITULO IV

4.1 RESULTADOS Y DISCUSION

Los efluentes residuales provenientes de las curtiembres se encuentran en un promedio de 50 a 100 L de agua por kilo de piel salada. Según el MINAM el volumen estimado de aguas residuales de la industria del curtido en los últimos 20 años se estima en 700 millones de metros cúbicos. Considerando un volumen de aguas residuales urbanas de 80 m³ por habitante al año la carga contaminante de esta industria equivaldría a aproximadamente 175 mil habitantes por día. La composición de las aguas residuales puede variar mucho de una a otra curtiembre debido al proceso que se use Sin embargo, se observa elementos comunes como los altos contenidos de materia en suspensión, proteínas, componentes oxidables, productos químicos y sustancias tóxicas, además del color oscuro y el olor desagradable.

Para el tratamiento de las aguas residuales de la industria de curtiembre se consideran etapas y pretratamientos que generalmente incluyen los siguientes procesos: cribado, separación de grasas, igualación y sedimentación primaria.

Con estos procesos se eliminan los sólidos de mayor tamaño, las grasas y aceites, se procura estabilizar el flujo. Por otro lado, para la eliminación de los contaminantes más específicos como sulfuros, se utiliza oxidación catalítica (Kennedy L, 2004); la reducción del cromo y una porción de la DQO se realiza mediante la coagulación y floculación (Song Z, 2004) (Bajza Z, 2004); la eliminación de la DBO se lleva cabo mediante tratamientos biológicos aerobios o anaerobios (Ganesh R, 2006) (El-Sheikh M, 2011) (Di Iaconi C, 2002) (Szpyrkowicz L, 2005) (Di Gisi Galasso M, 2009)

El efluente del tratamiento biológico puede someterse a un tratamiento terciario para cumplir con requerimientos más estrictos, tales como oxidación avanzada (Ozono o reactivos de Fenton, oxidación con electrodos de diamante) (Di Iaconi C, 2002) y (Kurt U, 2007), membranas (Di Gisi Galasso M, 2009) y (Suthanthararajan R, 2004), adsorción con carbón activado o bentonitas (Fahim N, 2006) y (Tahir S, 2007) y electrotratamientos (Costa C, 2008), (Sirajuddin y col., 2007), (Szpyrkowicz L, 2005), (Kurt U, 2007) y (Feng J, 2007)

Por lo tanto, los procesos frecuentemente estudiados han llegado a realizar la reducción de los agentes contaminantes en diferentes aspectos y a diferentes escalas. Sin embargo, no se ha tratado el uso de microorganismos con capacidad de remoción de tintes industriales por lo que el presente trabajo de investigación constituye un aporte al proceso y conservación del

cuidado medioambiental y del ecosistema en contacto con los efluentes residuales de las curtiembres

Para que los procesos textiles sean verdes necesitamos:

- Uso mínimo de energía: menor huella de carbono
- Uso mínimo de agua: menor huella hídrica
- Minimizar la contaminación de descargas: ríos y efluentes limpios.



4.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.2.1 CONCLUSIONES

PRIMERA: Se logró desarrollar el aislamiento exitoso de consorcios bacterianos nativos presentes en efluentes residuales provenientes de las curtiembres, por lo tanto, se valida la hipótesis enunciada en el presente trabajo.

SEGUNDA: Luego del proceso experimental realizado se pudo identificar que las cepas bacterianas nativas que pertenecen a la familia de las Enterobacterias (aeróbica, no hemolítica, fermentadora de lactosa) provenientes de efluentes residuales de las curtiembres tienen capacidad de crecimiento y tolerancia a diferentes concentraciones de tintes industriales.

TERCERA: Asimismo, se logró identificar que dichas cepas bacterianas tienen la capacidad de remoción de colorantes industriales. Es importante agregar que dichos resultados fueron obtenidos mediante las lecturas realizadas en el espectrofotómetro, cuyos valores se refieren a la lectura de la densidad óptica(630nm). El tratamiento de los efluentes residuales provenientes de las curtiembres permitirá el reaprovechamiento adecuado de los cuerpos acuíferos y por consiguiente la reducción de agentes contaminantes que provocan riesgos a la salud y al ecosistema, tratándose con tecnología a costo cero.

CUARTA: Finalmente, con el objetivo de garantizar la seguridad de la manipulación de las cepas bacterianas obtenidas se desarrollo un antibiograma donde se muestra que luego de la aplicación de determinados antídotos la bacteria puede ser controlada y manipulada con seguridad para la aplicación de procesos experimentales

4.2.2 RECOMENDACIONES

Esta investigación será beneficiosa para el sector industrial dedicado al curtido de pieles, porque permitirá la recuperación de efluentes. Es imperativo aprovechar al máximo el recurso hídrico porque desarrolla un papel fundamental en la industria del curtido, pero más aún la preservación y el cuidado del ecosistema.

Los consorcios bacterianos tienen la capacidad bioquímica y ecológica de degradar los contaminantes orgánicos, por lo ya mencionado se recomiendan más estudios de microorganismos capaces de remediar o eliminar los contaminantes presentes en cada etapa operativa unitaria de la industria curtidora, ya que de esta forma se lograría desarrollar un uso real a las aplicaciones de tecnologías limpias en procesos que generan contaminantes al medio ambiente con un costo cero.

Dependiendo de los tipos de colorantes empleados, se estima que entre el 2% y el 50% de estos compuestos se liberan a las aguas residuales y se consideran contaminantes persistentes que no pueden eliminarse con los métodos convencionales de tratamiento de aguas, debido a su origen y sus estructuras complejas. Tras el abordaje experimental realizado en este trabajo de investigación, se demuestra que existen varias alternativas para la eliminación de estos colorantes industriales a partir de la identificación de las cepas bacterianas nativas presentes en los efluentes contaminados.

Se recomienda realizar continuamente trabajos experimentales mediante la aplicación de prácticas de laboratorio para la identificación de consorcios bacterianos. Ya que la experiencia y la bibliografía revisada para el desarrollo de este trabajo de investigación demuestran que la capacidad de las bacterias y sus propiedades de crecimiento en ambientes hostiles y contaminados, establece un importante aporte al desarrollo e investigación frente a la interacción y supervivencia en ambientes contaminados como lo son dichos efluentes.

La presencia y segregación permanente de aguas residuales contaminadas o con presencia de tintes textiles industriales en ambientes acuáticos impiden que la luz solar llegue al fondo de los mismos, poniendo en peligro especies vegetales dado que inhibe el proceso de la fotosíntesis. Asimismo, provocan un efecto visual desagradable en los ríos, ya que residuos del orden de mg/L son capaces de producir una coloración importante y notoria, por lo tanto se recomienda continuar con el desarrollo de procesos de investigación que ofrezcan alternativas de solución frente a la contaminación de las aguas residuales.

Los tratamientos biotecnológicos, en este caso la decoloración de efluentes residuales de la industria del curtido, representan una tecnología innovadora en nuestro país, cuya aplicación nos colocaría en una posición competitiva frente a industrias afines generando así mayores ingresos.

Según la bibliografía consultada, la forma de eliminar los colorantes industriales peligrosos para la salud y estabilizar el ecosistema es mediante el uso de microorganismos. Se recomienda que los microorganismos utilizados sean autóctonos ya que al ser expuestos a ambientes contaminados, generalmente originan su propia resistencia a los contaminantes que se encuentran en su entorno.

En el proceso de teñido se genera una gran cantidad de efluentes con colorantes, ya que aproximadamente el 30% de estos compuestos se pierden por ineficiencias en el proceso de teñido y son vertidos al efluente. El uso de una amplia variedad de colorantes químicos da lugar, en poco tiempo, a efluentes muy variados en su composición, que requieren un tratamiento de agua muy complejo.

Si se desea la biorremediación in situ, se recomienda un trabajo experimental previo para realizar pruebas rigurosas de la adición de nutrientes y sustratos a las muestras contaminadas. Factores físicos y químicos que estimularán las actividades de los microorganismos nativos (bioestimulación). El éxito de la biorremediación depende del proceso microbiano, su número, actividades metabólicas, las cuales pueden aumentar o disminuir en respuesta a la concentración de contaminantes en dichos efluentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- (CONAMA)., C. N. (1999). Guía para el control y la prevención de la contaminación industrial : curtiembre.
- Ahmed, J., Thakur, A., & Goyal, A. (2016). Royal Society of 427 Chemistry, 2021; chapter I. Industrial Wastewater and Its Toxic Effects. *Biological Treatment of Industrial Wastewater*, 1-14.
- Ahrens, L. (2011.). "Polyfluoroalkyl compounds in the aquatic environment: a review of their occurrence and fate." *Journal of Environmental Monitoring* .
- Anjaneyulu Y., S.-C. N.-R. (2005). Decolourization of industrial effluents – available methods and emerging technologies . *a review. Rev. Environ. Sci. Technol.*
- AquaTech. (22 jul 2022). Our Essential Guide to Pollution, Treatment & Solutions. *Industrial Water*.
- Bajza Z, H. P. (2004). Influence of different concentrations of $Al_2(SO_4)_3$ and anionic polyelectrolytes on tannery wastewater flocculation, Desalination. 3-20.
- Brañez, M., Gutierrez, R., Perez, R., Uribe, C., & Valle, P. (Lima-Perú 2018). Pollution of aquatic environments 432 generated by textile industry. *Escuela Universitaria de Posgrado UNFV*, 129– 433.
- Burris, J. H. (1999). "Serum Perfluorooctane Sulfonate and Hepatic and Lipid Clinical Chemistry Tests in Fluorochemical Production Employees." *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 799–806.
- Costa C, B. C. (2008). Electrochemical treatment of tannery wastewater using DSA® electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 153, pp. 616-627.
- Crisis, W. T. (aug de 2022.). Obtenido de <https://water.org/our-impact/water-crisis/>
- Di Gisi Galasso M, D. F. (2009). Treatment of tannery wastewater through the combination of a conventional activated sludge process and reverse osmosis with a plane membrane. *Desalination*, 249, 337-342.
- Di Iaconi C, L. A. (2002). Combined chemical and biological degradation of tannery wastewater by a periodic submerged filter (SBBR), Water Research. 2205-2214.
- Du, Y. X. (2009). "Chronic effects of water-borne PFOS exposure on growth, survival and hepatotoxicity in zebrafish: A partial life-cycle test." *Chemosphere* .
- Económicos, O. p. (Ediciones de la OCDE: Paris, 2012). O.C.D.E. OECD Environmental 422 Outlook to 2050. *The Consequences of Inaction*.
- El-Sheikh M, S. H.-G. (2011). Biological tannery wastewater treatment using two stage UASB reactors, Desalination. 253-259.
- Eriksen, K. T.-N. (2013). "Association between Plasma PFOA and PFOS Levels and Total Cholesterol in a Middle-Aged Danish Population." *PLoS ONE* 8, e56969.
- Fahim N, B. B. (2006). Removal of chromium(III) from tannery wastewater using activated carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 136, pp. 303-309.

- Feng J, S. Y. (2007). Treatment of tannery wastewater by electrocoagulation, *Journal of Environmental Sciences*. 19, pp. 1409-1415.
- Fromme, H. S. (2009). "Perfluorinated compounds—Exposure assessment for the general population in western countries." . *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 239–270.
- Fromme, H. S. (2009). Fromme, H., S. A. Tittlemier, W. Völkel, M. Wilhelm, and D. Twardella. *International Journal of Hygiene and* .
- Ganesh R, B. G. (2006). Biodegradation of tannery wastewater using sequencing batch reactor-Respirometric assessment, *Bioresource Technology*. 1815-1821.
- Gladysz, J. a. (2012). "Structural, Physical, and Chemical Properties of Fluorous Compounds," . *n Fluorous Chemistry, edited by I. T. Horváth. Springer Berlin Heidelberg*, 1–23.
- Holkar, C., Jadhav, A., Pinjari, D., Mahamuni, N., & Pandit, A. (2016,). possible approaches. *Journal of Environmental Management. A critical review on 429 textile wastewater treatments*.
- Hong, A. C. (2013). "Perfluorotributylamine: A novel long-lived greenhouse gas." . *Geophysical Research Letters* .
- Houde, M. A. (2011). "Monitoring of Perfluorinated Compounds in Aquatic Biota: An Updated Review." . *Environmental Science & Technology*.
- INGURUGELA. (2018). *¿Cuánto vale realmente en vidas y en salarios la prenda que adquirimos a un precio irrisorio?* Obtenido de de Grupo Emaus Fundación Social Sitio web: https://issuu.com/grupoemausfundacionsocial/docs/ingurugela_ee081902dd6d8b
- Jacquet, N. M. (2012). "Carcinogenic potency of perfluorooctane sulfonate (PFOS) on Syrian hamster embryo (SHE) cells." . *Archives of Toxicology* .
- Kannan, K. S. (2004). "Perfluorooctanesulfonate and Related Fluorochemicals in Human Blood from Several Countries." . *Environmental Science & Technology*.
- Kant, R. (2015). Textile dyeing industry an environmental hazard. *Nat. Sci.* 2011. 438 11. *World Bank, W.B. How Much Do Our Wardrobes Cost to the Environment?*
- Kato, K. A. (2009). "Polyfluoroalkyl chemicals in house dust." . *Environ Res* 109.
- Kennedy L, M. K. (2004). Integrated biological and catalytic oxidation of organics/inorganics in tannery wastewater by rice husk based mesoporous activated carbon-Bacillus. 2399-2407.
- Konstantinos Prevedouros, I. T. (2006). *Environmental Science & Technology*. 40 (1), 32-44.
- Kudo, N. a. (2003). "Toxicity and Toxicokinetics of Perfluorooctanoic Acid in Humans and Animals." . *The Journal of Toxicological Sciences*.
- Kurt U, A. O. (2007). Reduction of COD in wastewater from an organized tannery industrial region by Electro-Fenton process. *Journal of Hazardous Materials*, 143, pp. 33-40.
- Liu, C. Y. (2007). "Evaluation of estrogenic activities and mechanism of action of perfluorinated chemicals determined by vitellogenin induction in primary cultured tilapia hepatocytes." . *Aquatic Toxicology*.
- Mariussen, E. (2012). "Neurotoxic effects of perfluoroalkylated compounds: . *Archives of Toxicology*.

- Mariussen, E. (2012). "Neurotoxic effects of perfluoroalkylated compounds: mechanisms of action and environmental relevance.". *"Neurotoxic effects of perfluoroalkylated compounds: mechanisms of action and environmental relevance."*, 1349–1367.
- Metcalf & Eddy, I. (2003). Wastewater Engineering Treatment and Reuse.
- Oakes, K. D. (2004). "Impact of perfluorooctanoic acid on fathead minnow (*Pimephales promelas*) fatty acyl-coa oxidase activity, circulating steroids, and reproduction in outdoor microcosms.". *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1912–1919.
- Olsen, G. W. (2007). "Half-Life of Serum Elimination of Perfluorooctanesulfonate, Perfluorohexanesulfonate, and Perfluorooctanoate in Retired Fluorochemical Production Workers.". *Environmental Health Perspectives*.
- Programme, U. N. (UNESCO: Paris, 2014). The United Nations World Water . *Development Report 2014: Water and Energy*.
- Romero. (2000). Tratamiento de las aguas residuales. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Safe Drinking Water Foundation, S. (2020.). Industrial Waste Fact Sheet. *Industrial Waste*.
- SARATALE, R. (2011). Bacterial decolorization and degradation of azo dyes.
- Solé, A. (2015). Defectos producidos en tintura., Catalunya. *sociación del colegio de ingenieros industriales de Catalunya*.
- Song Z, W. C. (2004). Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation, Desalination. 249-259.
- Sosa Alcaraz, M. A. (2019). La Contribución Al Desarrollo Sustentable De Una Industria Textil De Yucatán . *A Través Del Comercio Justo*.
- Stahl E, J. A. (2003). Health-related quality of life utility, and productivity. *Ease of completion by subjects with COPD Health Qual Life Outcomes*.
- Stahl, T. M. (2011). "Toxicology of perfluorinated compounds." . *Environmental Sciences Europe*.
- Suthanthararajan R, R. E. (2004). Membrane application for recovery and reuse of water from treated tannery wastewater. *Desalination*, 164, pp. 151-156.
- Szpyrkowicz L, K. S. (2005). Tannery wastewater treatment by electro-oxidation coupled with a biological process,. *Journal of Applied Electrochemistry*, 381-390.
- Tahir S, N. R. (2007). Removal of Cr(III) from tannery wastewater by adsorption onto bentonite clay. *Separation and Purification Technology*, 53(3), pp. 312-321.
- Texvi. (Santa Clara, Cuba, 2015). Fichas tecnológicas para el teñido a la continua de tejidos de pe/vi, pe/co y co.
- Wang, Y. W.-W. (2014). "Association between maternal serum perfluoroalkyl substances during pregnancy and maternal and cord thyroid hormones: Taiwan maternal and infant cohort study.". *Environmental Health Perspectives* , 529–534.
- Water, U. 2. (Paris, 2018). UN World Water Development Report. *Nature-based Solutions for Water*.
- worldbank.org/en/news/feature/2019/09/23/costo-moda-medio-ambiente. (2019).

Yang, Q. M.-V.-Y. (2002). "Potent suppression of the adaptive immune response in mice upon dietary exposure to the potent peroxisome proliferator, perfluorooctanoic acid.". *International Immunopharmacology* 2, 389–397.



ANEXOS

<http://www.ingenieroambiental.com/4014/curtiembre.pdf>

La implementación de un sistema de gestión ambiental implica una serie de acciones al interior de las empresas, que están involucradas en diferentes áreas de la estructura organizacional, planificación de actividades, roles y responsabilidades, prácticas, procedimientos y procesos. Un sistema de gestión ambiental también debe incluir los aspectos administrativos de planificación, desarrollo, obtención, implementación, mantenimiento, seguimiento y mejora de la política ambiental de la empresa, sus objetivos y metas. Para lograr lo anterior, es necesario desarrollar, en particular, los siguientes ítems:

- Política ambiental · Definición de un programa ambiental con objetivos y metas
- Definición de una estructura , donde se asignen roles y responsabilidades · Integración de la gestión ambiental en las operaciones mediante procedimientos ambientales
- Programas de capacitación del personal
- Documentación del sistema
- Definición de acciones preventivas y correctivas
- Auditoría del Sistema de Gestión Ambiental
- Revisión de la gestión
- Plan comunicacional interno y externo

Entre los diversos sistemas desarrollados para los sistemas de gestión ambiental se encuentra la ISO 14000. La serie de normas ISO 14000 cubre no solo los sistemas de gestión ambiental, sino también la auditoría, el desempeño ambiental, la evaluación, el etiquetado ambiental, la evaluación del ciclo de vida y otros temas relacionados. Más específicamente, la ISO 14001 desarrolla los conceptos del sistema de gestión ambiental. Varias son las razones que surgen en las organizaciones para implementar un sistema de gestión ambiental y certificarlo. Entre ellas, podemos citar razones de índole ambiental, económica, social y jurídica, principalmente. En el caso del cargo objeto de estudio, la mayoría de las industrias podrían implementar un sistema de gestión ambiental, por la obligación de cumplir con la normativa sobre el vertido de residuos industriales líquidos, que próximamente entrará en vigor. Cabe agregar, un adecuado sistema de interacción con la comunidad, promovido por

un sistema de gestión ambiental, puede ser una buena causa para desarrollar un sistema de gestión ambiental. Este último podría ser muy útil a la hora de demostrar que la empresa se preocupa por el medio ambiente.

Finalmente, los conceptos de competitividad e imagen dentro de las empresas del sector, podría motivar a buscar formas de diferenciación, tanto en los productos como en las organizaciones. En ese contexto, la temática ambiental, específicamente la introducción de sistemas de gestión ambiental, puede constituirse en una herramienta útil.

Finalmente, las nociones de competitividad e imagen en las empresas del sector podrían incitarles a buscar diferentes vías, tanto en productos como en organizaciones. En este contexto, las cuestiones ambientales, en particular la introducción de sistemas de gestión ambiental, pueden convertirse en una herramienta útil.

MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION (END OF PIPE)

Las tecnologías de End of Pipe generalmente se asocian con altos costos de instalación y operación, pero también con altas eficiencias de eliminación de contaminantes. Un enfoque moderno consiste en agotar las posibilidades de reducir la contaminación en la fuente, en particular el consumo de agua, y luego diseñar tecnologías End of Pipe a un costo menor. El objetivo que persigue el gremio de curtidores es acercarse, a través de técnicas de prevención de la contaminación, a la norma del Decreto N° 609 que “establece normas de emisión para la regulación de contaminantes asociados a la descarga de residuos líquidos industriales en alcantarillado” y dar cabal cumplimiento a las disposiciones antes mencionadas. estándar con tecnologías fisicoquímicas de End of Pipe, lo que presupone un acuerdo con la empresa de saneamiento, al menos para el parámetro DBO5.

Tecnologías para el tratamiento de residuos líquidos

La necesidad de eliminar azufre y cromo son la mayor singularidad que presenta las curtiembres RILES para su tratamiento, ya que una vez eliminados estos dos componentes, la metodología a utilizar para la eliminación de los efluentes es convencional, no por ello exenta de especificidades. dependiendo del tamaño, la tierra disponible y la legislación que afecta a la tenería. Las tecnologías de remoción de azufre y cromo están específicamente dirigidas a reducir los parámetros de azufre y cromo trivalente estipulados en el D.S. n° 609,

por otro lado, los siguientes tratamientos vienen a reducir el resto de los parámetros de dicha norma, de manera no específica forma.

Desulfuración de pelambres y caleros

Existen varios procedimientos para conseguir una adecuada desulfuración del depilado y cal:

- Conducir los baños de depilación, a través de una tubería separada, a un gran tanque de homogeneización de toda el agua de la planta, equipado con hélices de agitación sumergidas y difusores de aire.
- Recuperación de H_2S , consiste en acidificar, en atmósfera cerrada, los baños depilatorios a un pH de 3-4. Así, las proteínas precipitan y se libera H_2S (gas), que se fija pasándolo por una solución de NaOH en una torre de absorción.
- El tratamiento con humos de calderas consiste en burbujear los humos en baños alcalinos que contienen azufre. El CO_2 del gas neutraliza la alcalinidad y el SO_2 del azufre del combustible oxida los sulfuros.
- Precipitación de S⁻² con Fe⁺³: proceso físico-químico muy efectivo pero que genera un precipitado negro de sulfuro de hierro
- La oxidación catalítica con sales de manganeso, es el sistema más utilizado y consiste en inyectar microburbujas en el efluente en presencia de sulfato de manganeso como catalizador, reduciendo así el S⁻² de 1.900 ppm a 0.

Tratamiento del cromo

Previamente se indicó una alta extracción y reciclado licor de cromo como una alternativa para reducir las cantidades de cromo en el efluente. Como medida externa para el control del cromo en los efluentes, la más utilizada es la precipitación y posterior redisolución del cromo. El método se aplica a los baños de residuos recogidos por separado. El cromo se precipita como hidróxido con un álcali, el precipitado se separa y se vuelve a disolver con ácido sulfúrico. Se adjunta un diagrama del proceso de resulfatación de cromo.

Tratamientos de riles

Cuando se eliminan el azufre y el cromo del efluente, el agua residual resultante tiene características similares a las aguas residuales domésticas, esto no significa que los parámetros de las aguas residuales de curtiduría sean similares en magnitud a las originales domésticas, sino que debido a la ausencia de toxinas puede ser tratados de la misma manera, e incluso más, juntos. Existe una gran variedad de tratamientos que cubren una amplia gama

de técnicas, desde la mecánica estricta hasta la conducción de reacciones bioquímicas complejas. Se agrupan en dos grandes apartados: tratamientos físico-químicos y biológicos. Un sistema de tratamiento físico-químico puede ser adecuado para una tenería que descarga al alcantarillado, de acuerdo con el D.S. del MOP n° 609/98. Para ello, deberá solicitar al prestador del servicio autorización para el vertido de efluentes cuya concentración media diaria sea superior a la autorizada para fósforo, nitrógeno amoniacal, materias en suspensión y una carga mensual de DBO5, y/o un volumen de vertido mensual superior (en las condiciones previstas en la ley de tarifas para beneficios no monopólicos). No obstante, si con el tratamiento primario no es posible cumplir con las normas de evacuación, será necesario realizar un tratamiento biológico posterior al tratamiento físico-químico.

Tratamientos físico-químicos

Se entiende por métodos físico-químicos aquellos basados en la dosificación de coagulantes y floculantes en el agua a tratar con el fin de reducir, en la medida de lo posible, los parámetros de contaminación, principalmente por filtración, decantación o flotación. Se adjunta esquema del tratamiento físico-químico. En los tratamientos físico-químicos, las operaciones iniciales más frecuentes son: trituración (gruesa y fina), desarenado, desengrase, homogeneización y sedimentación primaria. En las tenerías, en general, ni la arena ni la grasa constituyen un insumo importante y, en consecuencia, se practica poco el desarenado y el desengrasado. Centraremos nuestra atención en las operaciones de: desbaste, homogeneización, sedimentación primaria y separación por flotación. Este orden es la secuencia habitual de trabajo.

Desbaste es la operación de tamizado o separación física de la materia sólida arrastrada o suspendida en la descarga. El tamaño de estos materiales varía desde grandes trozos hasta partículas coloidales. Se divide en tres tipos principales:

- Fino con separaciones de 3 a 10 mm en los elementos del tamiz.
- Medio, con separaciones de 10 a 25 mm.
- Grande, con separaciones de 50 a 100 mm. Homogeneización.

Operación de mezclado del residuo líquido para obtener una mezcla uniforme.

El caudal de vertido de una tenería es irregular a lo largo del día, lo que puede afectar al funcionamiento de la planta de tratamiento. Para su correcto funcionamiento son necesarias dos condiciones; flujo de trabajo constante y composición química regular. Esto se logra

mediante un buen tanque de homogeneización instalado después del desbaste y antes de la purificación. Cuanto mayor sea el depósito y más eficaz la mezcla, más finas serán las dos condiciones indicadas. Gran parte de las averías que se producen en las estaciones depuradoras de aguas residuales industriales se deben a una insuficiente homogeneización. Es necesario aplanar no solo los picos de pH y componentes; pero también las de caudal. Por tanto, la retención mínima no bajará de las 24 horas y mejor si llega a las 48 horas. Tiempos superiores a 24 horas aumentan los factores de igualación de composición y rendimiento, no siendo necesario superar las 48 horas ya que no hay mejoras sustanciales. Tiempos menores a 24 horas no permiten homogeneidad química. Para una mezcla completa, el líquido debe agitarse constantemente, lo que también ayuda a evitar que se asiente. Esta agitación debe ser producida por hélices sumergidas que crean corrientes horizontales.

Decantación primaria

La decantación es un medio de separación de sólidos de una fase líquida, tanto más completa cuanto mayor es el tiempo de sedimentación. En los decantadores, el líquido asciende a una velocidad inferior a la velocidad de sedimentación de las partículas a eliminar, que sedimentan en forma de lodos. Gracias a la decantación primaria, es posible bajar los valores de DBO₅, DQO y sólidos en suspensión, sin necesidad de productos químicos ni energía.

Separación por flotación

Constituye una variante de extracción de sólidos en suspensión. En lugar de sedimentarlos, son llevados a la superficie. Para ello se prepara agua con aire disuelto a sobrepresión, que luego se mezcla con el efluente. Al mismo tiempo se produce la descompresión y se liberan infinidad de burbujas que, al chocar con los flóculos, se adhieren a ellos y, actuando como flotadores, los sacan a la superficie. Unas láminas que barren esta superficie acumulan este lodo y lo vierten en un canal de recepción. La flotación es muy útil cuando los flóculos, al ser ligeros, tienden a flotar en lugar de sedimentarse. Tras las primeras operaciones, vienen las etapas de coagulación-floculación, decantación secundaria y finalmente espesamiento y secado de los lodos. Coagulación, Floculación. Antes de la sedimentación, además de las sustancias solubles, se encuentran en el agua sustancias finamente divididas y coloidales. Estos dos últimos son difíciles de sedimentar. Esto se debe a que están cargados electrostáticamente con el mismo signo, con lo que se repelen entre sí, manteniéndolos en constante movimiento, lo que evita que se sedimenten. Estas fuerzas electrostáticas repulsivas están determinadas por el llamado potencial electrocinético Z. Para desestabilizar estas suspensiones, el potencial Z debe neutralizarse con coagulantes como el sulfato de

aluminio, sales de hierro, pero también sales de cromo. Con esta desestabilización precipita la materia no disuelta y coloidal y, tras la decantación, se clarifica el líquido.

- Sedimentación secundaria. Los lodos formados en la coagulación y floculación deben ser decantados a una nueva decantación. Si la dosificación de reactivos ha sido correcta, el agua queda bien clarificada. Los lodos deben ser extraídos por el fondo del decantador para su posterior espesamiento y secado. Por lo general, el contenido de sólidos de 3 a 5 %, lo que corresponde a 20 000 a 50 000 ppm de sólidos en suspensión. Este parámetro se llama sequedad del lodo.

- Espesamiento y secado de lodos. La cifra de 3-5% de sequedad es demasiado baja para verter el lodo. Deben ser concentrados mediante una nueva sedimentación, previa a una nueva adición de reactivos. Después del espesamiento, la nueva sequedad permanece entre un 8 y un 15 %, todavía insuficiente para colarse. Las regulaciones legales requieren valores de sequedad más altos. Además, cuanto más agua contienen, más caro es transportarlos. El aumento de sólidos se consigue pasando el lodo espesado a la operación de secado, que se puede llevar a cabo de las siguientes cuatro formas principales:

- Filtración al vacío.
- Centrifugación.
- Filtración a presión.
- secado.

Tratamientos biológicos

Por métodos biológicos entendemos aquellos basados en el fenómeno de la biodegradabilidad. Estos métodos se pueden definir como autolimpieza intensiva. A primera vista, sorprende que todo se pueda depurar con la siembra y el cultivo intensivo de colonias de microorganismos, muchos de los cuales pueden ser patógenos. En el tratamiento biológico se elimina la materia orgánica coloidal disuelta, que es el alimento de los innumerables microorganismos que actúan en presencia de oxígeno. El carbono orgánico contaminante se transforma en parte en CO₂ por la respiración de las bacterias y otra parte se utiliza como alimento en el crecimiento de estos microorganismos.