



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA

Tema: Obtención de un engrasante utilizando como materia prima la grasa proveniente del residuo de descarnado de una curtiembre de Ambato para reciclaje en la industria del cuero.

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniera Biotecnóloga, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Karen Dayana Rogel Zambrano

Tutor: Nelly Esther Flores Tapia, PhD.

Ambato - Ecuador

Septiembre – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

PhD. Nelly Esther Flores Tapia

CERTIFICA

Que el presente Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Titulación y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 25 de Julio 2023

.....

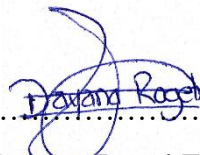
PhD. Nelly Esther Flores Tapia

1716253305

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Karen Dayana Rogel Zambrano, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera Biotecnóloga, son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas bibliográficas



Karen Dayana Rogel Zambrano

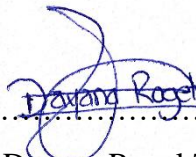
2200197628

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



.....
Karen Dayana Rogel Zambrano

2200197628

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Por constancia firman:

.....
Presidente del Tribunal

.....
Dr. Pablo Vinicio Tuza Alvarado
C.I. 1104063241

.....
Dr. Orestes Darío López Hernández
C.I. 1754784864

Ambato, 22 de Agosto del 2023

DEDICATORIA

*A Dios por haberme dado sabiduría,
inspiración, fortaleza y salud para culminar mi
tesis.*

*A mi padre Eduardo y mi madre Fátima por su
amor, trabajo y sacrificio en todos estos años,
gracias por su esfuerzo y por haberme forjado
como la persona que soy en la actualidad,
muchos de mis logros se los debo a ustedes.*

*Finalmente quiero dedicar este trabajo a mis
seres queridos que están en el cielo y siempre
los llevo en mi corazón*

*Con mucho amor y cariño,
Karen Rogel*

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por ser mi guía y enseñarme los aspectos importantes de la vida.

A mi tutora de tesis, Dra. Nelly Flores por brindarme su conocimiento y apoyo académico en esta etapa tan importante de la universidad.

A los docentes de la FCIAB por inculcarme el amor por la carrera, motivación a superarme personal y profesionalmente y por la ayuda brindada para el desarrollo de mi tesis.

A mi enamorado por su compañía, motivación y apoyo en mis momentos de desconcierto y duda.

A todos mis amigos, en especial a Berry Pink, Lupita, Winther, Jessica, Milena y Eliana quienes me brindaron su amistad y las grandes experiencias compartidas a lo largo de mi vida.

A mi gatita, miska, por haber estado hasta altas horas de la madrugada acompañándome y cuidándome.

*De todo corazón,
Muchas gracias a todos*

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. Industria curtiembre	1
1.1.2. Impacto ambiental de los residuos de curtiembre	3
1.1.3. Aprovechamiento de residuos sólidos.....	5
1.1.4. Descarnado.....	5
1.1.4.1. Gestión de los residuos de descarnado del cuero.....	6
1.1.4.1.1. Hidrólisis térmica.....	6
1.1.4.1.2. Extracción de Soxhlet	7
1.1.4.1.3. Método Bligh & Dyer	7
1.1.4.2. Grasa de descarnado y sus aplicaciones	7
1.1.4.3. Engrasante.....	8
1.1.4.4. Engrasante sulfitado.....	8
1.1.4.5. Engrasante sulfatado	9
1.2. Objetivos	10
1.2.1. Objetivo General	10
1.2.2. Objetivos Específicos.....	10
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	11
2.1. Materiales	11
2.1.1. Equipos de laboratorio	11

2.1.2.	Reactivos de laboratorio.....	12
2.1.3.	Insumos de laboratorio.....	13
2.2.	Métodos.....	14
2.2.1.	Muestreo.....	14
2.2.2.	Análisis de la grasa obtenida del residuo de descarnado para establecer los contenidos iniciales.....	14
2.2.2.1.	Determinación del índice de yodo.....	14
2.2.2.2.	Determinación del índice de peróxidos.....	15
2.2.2.3.	Determinación del índice de acidez.....	15
2.2.2.4.	Determinación del índice de saponificación.....	16
2.2.2.5.	Determinación de humedad.....	16
2.2.2.6.	Determinación de cenizas.....	17
2.2.2.7.	Determinación de materia grasa.....	17
2.2.3.	Elaboración del engrasante a partir de las grasas del descarnado.....	18
2.2.3.1.	Purificación de la grasa de descarnado.....	18
2.2.3.2.	Preparación del engrasante sulfitado.....	18
2.2.3.3.	Preparación del engrasante sulfatado.....	19
2.2.4.	Evaluación de la calidad del engrasante según la norma IS 14488 y IS 6357	20
2.2.4.1.	Interpretación de resultados.....	20
2.2.4.2.	Análisis del engrasante mediante la norma IS 14488 e IS 6357...	20
2.2.4.3.	Determinación de SO ₃ total.....	20
2.2.4.4.	Determinación de alcalinidad total.....	21
2.2.4.5.	Determinación de pH.....	21
2.2.4.6.	Análisis de Espectrofotometría Infrarroja FT-IR.....	21
2.3.	Hipótesis.....	22
2.3.1.	Hipótesis nula.....	22
2.3.2.	Hipótesis alternativa.....	22
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		23
3.1.	Análisis y discusión de los resultados.....	23
3.1.1.	Caracterización de la grasa del descarnado.....	23
3.1.2.	Eficiencia de la reacción de sulfatación y sulfitación de la grasa.....	26

3.1.3.	Evaluación de la calidad del engrasante sulfitado según la Norma IS 14488	28
3.1.4.	Evaluación de la calidad del engrasante sulfatado según la Norma IS 6357	30
3.1.5.	Resultados de la Espectrofotometría Infrarroja FT-IR.....	32
3.2.	Verificación de la hipótesis	35
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		36
4.1.	Conclusiones	36
4.2.	Recomendaciones	37
MATERIALES DE REFERENCIA		38
	Referencias	38
	Anexos.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso del curtido de piel de vaca	1
Tabla 2. Características de las consecuencias de los residuos líquidos	4
Tabla 3. Características de los residuos sólidos	4
Tabla 4. Aprovechamiento de residuos sólidos de la curtiembre.....	5
Tabla 5. Equipos de laboratorio	11
Tabla 6. Reactivos de laboratorio.....	12
Tabla 7. Instrumentos de laboratorio	13
Tabla 8. Caracterización inicial de la grasa de descarnado.....	23
Tabla 9. Composición de los ácidos grasos de la grasa extraída del descarnado.....	25
Tabla 10. Eficiencia de reacción promedio de los tres tipos de grasas de acuerdo al porcentaje de sulfatación.....	27
Tabla 11. Eficiencia de reacción promedio de los tres tipos de grasas de acuerdo al porcentaje de sulfatación.....	27
Tabla 12. Propiedades fisicoquímicas del engrasante sulfitado de las grasas de descarnado.....	28
Tabla 13. Análisis fisicoquímicos del engrasante sulfatado de las grasas de descarnado	30
Tabla 14. Identificación de los picos de absorción de la grasa FT-IR y engrasante sulfitado.....	32
Tabla 15. Identificación de los picos de absorción de la grasa FT-IR y engrasante sulfatado	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de descarnar (trinchadora).....	6
Figura 2. Mecanismo de sulfitación de ácidos grasos.....	9
Figura 3. Mecanismo de sulfatación de ácidos grasos insaturados.....	9

RESUMEN EJECUTIVO

Las curtidurías generan grandes cantidades de desechos durante la producción de cuero, tanto en forma de residuos sólidos como líquidos. Estos desechos representan un problema ambiental y de salud, además de ser una pérdida económica para las empresas que deben desecharlos. Los desechos sólidos, que generalmente son enviados a vertederos, contienen cantidades significativas de carne, piel y grasa, especialmente la grasa obtenida del descarte. Estos componentes hacen que los desechos sean una materia prima ideal para la producción de engrasantes. En el presente trabajo se pretende recuperar la grasa del descarte, para elaborar dos tipos de engrasante, sulfitado y sulfatado, con la finalidad de que estos sean ocupados en los procesos distintos procesos que la curtiembre los requiera, generando así economía circular, y un valor agregado a los desechos de las curtiembres.

Para elaborar los engrasantes se ocupó ácido sulfúrico al 98 por ciento en concentraciones de 10, 20 y 30 por ciento sobre kilogramo grasa y bisulfito de sodio al 40 por ciento, en concentraciones de 1.00, 2.00, 3.00 mol sobre kilogramo grasa, para efectuar la reacción entre los ácidos grasos insaturados y los reactivos se ocupó un agitador vertical a 120 rpm. Por otro lado, se realizó el análisis del índice de yodo, para evaluar la degradación que generan los reactivos en los ácidos grasos insaturados, siendo así que, a mayor concentración de reactivo, mayor eficiencia de reacción se obtuvo.

En conclusión, la grasa del residuo de descarte si sirve como materia prima para la elaboración de engrasantes.

Palabras claves:

Grasa bovina, engrasante, bisulfito de sodio, ácido sulfúrico, curtiembre.

ABSTRACT

Tanneries generate large amounts of waste during leather production, both in the form of solid and liquid residues. These wastes pose an environmental and health problem, in addition to being an economic loss for the companies that must dispose of them. The solid wastes, which are usually sent to landfills, contain significant amounts of meat, skin, and fat, especially fat obtained from fleshing. These components make the waste an ideal raw material for the production of greases. The present study aims to recover fat from fleshing to produce two types of greases, sulfitated and sulfated, with the purpose of using them in different processes required by the tannery, thus promoting circular economy and adding value to tannery wastes.

To produce the greases, 98 percent sulfuric acid was used in concentrations of 10, 20, and 30 percent per kilogram of fat, and 40 percent sodium bisulfite in concentrations of 1.00, 2.00, and 3.00 moles per kilogram of fat. The reaction between unsaturated fatty acids and the reagents was carried out using a vertical agitator at 120 rpm. Additionally, the iodine value analysis was performed to assess the degradation caused by the reagents on unsaturated fatty acids. The results showed that higher reagent concentrations led to greater reaction efficiency.

In conclusion, the fat from fleshing waste can be used as a raw material for grease production.

Keywords:

Bovine fat, grease, sodium bisulfite, sulfuric acid, tannery.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Industria curtiembre

La industria del cuero, a lo largo del tiempo ha desempeñado un papel importante en la producción de productos de alta gama, como ropa de cuero, bolsos de cuero, calzado de cuero, etc. (Mazter, 2019). Por lo cual, los productos realizados de cuero son los más demandados a nivel mundial, el cual supera los \$80 mil millones por año y se espera que crezca a medida que los países aumentan en población y urbanización (ITC, 2022).

Por otro lado, **Leather Naturally (2023)**, menciona que la materia prima que se utiliza en esta industria, es el desecho de la industria alimentaria, siendo así que se recicla alrededor de 270 millones de pieles de bovino. Sin embargo, a través de la transformación de las pieles de vaca en cuero, que otorgan las curtiembres, se reduce el impacto biológico y ambiental que generan las industrias alimenticias (Kumar, 2016).

Aunque la industria del cuero utiliza los residuos de la industria cárnica, también se utilizan diversos productos químicos en la transformación de la materia prima en el producto final. Por lo tanto, las curtiembres consumen recursos y producen contaminantes peligrosos y tóxicos para el medio ambiente (Kolomaznik et al., 2008). En la tabla 1, indica un ejemplo del proceso de obtención del cuero en la curtiembre.

Tabla 1.

Proceso del curtido de piel de vaca

Fase	Operación	Descripción	Compuestos empleados
Proceso de Ribera	Pre-remojo y remojo	Las pieles se lavan para rehidratar y limpiar los residuos.	Agua.
	Curado y desinfección	Se curan las pieles salándolas o secándolas.	Agua, desinfectantes, bactericidas y solución de sal.

Fase	Operación	Descripción	Compuestos empleados
	Pelambre y calero	Se elimina la epidermis y el pelaje.	Agua, cal, Na ₂ S.
	Descarnado	Eliminación de grasas y carnazas, para obtener una correcta penetración de los químicos.	-
	Dividido	Dividido en tripa y obtener la parte más delgada de la piel para que la penetración de los productos sea adecuada.	-
	Desencalado	Se remueve la cal y sulfuro para evitar interferencias en las fases siguientes.	H ₂ SO ₄ , HCl, H ₃ BO ₃ , CH ₂ O ₂ , H ₂ O ₂ , sales de amonio azúcares y melazas.
	Desengrasado	Limpia los poros de la piel y elimina las proteínas.	Agua, NH ₄ Cl, detergentes.
	Piquelado	Preparación química de la piel.	CH ₂ O ₂ , H ₂ SO ₄ .
Proceso de Curtido	Curtido con cromo	Estabilización del colágeno de la piel mediante agentes curtientes.	Sales de cadmio, agua, HCl, Cr ₂ (SO ₄) ₃ .
	Ecurrido	Eliminación en exceso de agua sobre un caballete para evitar la formación de manchas de cromo.	-
	Rebajado	Igualación del espesor del cuero y, definitivamente dejarlo a un grosor determinado.	-

Fase	Operación	Descripción	Compuestos empleados
Acabado	RTE: Recurtido, Teñido, Engrase Secado	Ejecución en un mismo tambor con operaciones intermedias de lavado Eliminación de la humedad del cuero y producción de las reacciones químicas para la fabricación del cuero.	Agua, NaCl, Cr ₂ (SO ₄) ₃ , anilinas, aceites emulsionados y ácidos orgánicos.
	Acabado de cuero	Utilización de distintas maquinas según el tipo de terminación	-

Nota. Adaptada de Flujograma del proceso del cuero-parte1: piel cruda. Donde se muestra los procesos que se generan para el curtido de piel de bovino en cuero terminado. Por Cueronet.com.

1.1.2. Impacto ambiental de los residuos de curtiembre

Como consecuencia de los diversos problemas de contaminación que existen, el impacto ambiental que se genera por la industria del cuero es tan considerable como los de las industrias petroleras y mineras (**Esparza & Gamboa, 2001**). Entre los residuos se encuentran líquidos y sólidos. En la tabla 2, se indican los residuos líquidos que se forman en cada fase de producción, además que en cada uno de los procesos es necesario emplear grandes cantidades de agua con el fin de limpiar pieles y solubilizar sustancias químicas (**Moreira et al., 2019**). Por otro lado, en el transcurso de la obtención del cuero al menos el 50% del producto inicial se queda en el camino, el cual es denominado como residuo sólido (**Dowlath et al., 2021**), como se deduce en la tabla 3.

Tabla 2.*Características de las consecuencias de los residuos líquidos*

Fase	Operación	Consecuencia
Proceso de Rivera	Remojo	Altos niveles de DQO y sólidos suspendidos.
	Pelambre y calero	Emisión H ₂ S.
	Desencalado	Emisión de NH ₃
	Desengrase	Altos niveles de DBO, sólidos disueltos y residuos grasosos.
	Piquelado	Niveles altos de sólidos disueltos.
Proceso de Curtido	Curtición al cromo	Alto contenido de cromo trivalente y otros metales
	Curtido vegetal y sintético	Disposición de lodos.
Acabado	RTE: Recurtición, tinturado y engrase	Descarte de solventes y sustancias tóxicas orgánicas

Nota. Adaptada de Contaminación debida a la industria curtiembre. Por Esparza & Gamboa, 2001, Revista de Química, 15(1).

Tabla 3.*Características de los residuos sólidos*

Fase	Operación	Residuos
Proceso de Rivera	Pelambre	Carnazas, grasa, sangre, excrementos, pelo y lana
	Divididera	Carnaza en tripa
	Descarnado	Sebo sulfurado
Proceso de Curtido	Rebajadora al cromo	Virutas de cuero
	Lijado o esmerilado del cuero	Polvo de pulido
Acabado	Distintas maquinarias	Retazos de cuero

Nota. Adaptada de Chapter Seven - Application of advanced technologies in managing wastes produced by leather industries—An approach toward zero waste technology. Por Dowlath et al., 2021, Concepts of Advanced Zero Waste Tools.

1.1.3. Aprovechamiento de residuos sólidos

La industria de la curtiduría genera una cantidad significativa de desechos sólidos, incluidos recortes, rajaduras y otros subproductos. Sin embargo, existen usos alternativos para los residuos sólidos de tenería que pueden ayudar a reducir el impacto ambiental y promover la sostenibilidad, como se establece en la tabla 4.

Tabla 4.

Aprovechamiento de residuos sólidos de la curtiembre

Residuo generado	Etapa	Aprovechamiento
Pelo	Pelambre	Extracción de queratina.
Sebo	Pelambre	Elaboración de harinas para consumo animal, fertilizantes.
Carnaza en tripa	Divididera	Elaboración de juguetes caninos.
Restos de piel	Descarnado	Producción de biogás, compostaje.
Wet-blue o virutas de cromo	Rebajado	Elaboración de pegamentos. Producción de hidrolizado colágeno/gelatina.
Polvo de pulido	Terminado o acabado	Hidrolizado de colágeno.

Nota: Adaptada de Alternative uses for tannery wastes: a review of environmental, sustainability, and science. Por Riguetto et al., 2020, Journal of Leather Science and Engineering, 2(1).

1.1.4. Descarnado

Los residuos del descarnado en la curtiembre se refieren a los residuos sólidos producidos durante el proceso de descarnado de los cueros o pieles de animales. El descarnado es una operación mecánica en el procesamiento del cuero que elimina la

carne y la grasa de la parte inferior de la piel, como se indica en la figura 1. Por tanto, se genera cantidades sustanciales de residuos sólidos, que se denominan descarnados (**Ravindranath et al., 2010**).



Figura 1. *Proceso de descarnar (trinchadora).*

Fuente: (**Cueronet, 2020a**).

1.1.4.1. Gestión de los residuos de descarnado del cuero

Los desechos del descarnado son un subproducto inevitable de la industria de procesamiento del cuero que plantea un desafío ambiental importante (**Onem et al., 2018**). El cual se pueden convertir en productos utilizables con multifuncionalidades a través de la biotransformación (**Thazeem et al., 2020**). En general, la eliminación de los desechos del descarnado es un desafío importante para la industria del cuero. Sin embargo, existen usos alternativos para los desechos del descarnado que pueden ayudar a reducir el impacto ambiental y promover la sustentabilidad. A continuación, se presentan diferentes técnicas para extraer la grasa del descarnado (**FAO, 2020**).

1.1.4.1.1. Hidrólisis térmica

El proceso de hidrólisis térmica en los residuos de descarnado en la curtiduría implica someter los residuos de descarnado a condiciones de alta temperatura y presión para descomponer la materia orgánica y extraer componentes valiosos (**Puhazhselvan et al., 2022**). Existe dos métodos para el proceso, normalmente en la autoclave se calienta a 121 °C y una presión de 15 psi, mientras que en la marmita se calienta a temperaturas entre 90 °C a 120 °C (**Ramesh et al., 2018**). Durante el proceso de hidrólisis térmica,

se extraen componentes valiosos como proteínas, grasas y otros compuestos orgánicos de los desechos del descarnado (**Booramurthy, Kasimani, Pandian, 2019**).

1.1.4.1.2. Extracción de Soxhlet

El proceso de extracción Soxhlet es un método potencial para la utilización de residuos de descarnado en la industria de la curtiduría. El cual consiste en que los desechos de descarnado se coloquen en un dedal y se extraigan repetidamente con un solvente, generalmente hexano o éter de petróleo. El solvente se calienta y vaporiza, luego se condensa y vuelve a gotear sobre la muestra, lo que permite ciclos de extracción repetidos, y de esta manera se extrae la grasa y otros compuestos orgánicos de los residuos de descarnado (**Ramesh, 2018**).

1.1.4.1.3. Método Bligh & Dyer

El método Bligh & Dyer es un proceso utilizado para extraer lípidos o grasas de los residuos de descarnado en la curtiduría. Es una extracción química que consiste en mezclar los desechos del descarnado con una mezcla de cloroformo, metanol y agua. Luego, la mezcla se centrifuga para separar la capa lipídica de la capa acuosa (**Quero et al., 2020**). Los lípidos recolectados se pueden usar para varios propósitos, como la producción de biodiesel, formulaciones cosméticas u otras aplicaciones industriales (**Iverson, Lang, & Cooper, 2001**).

1.1.4.2. Grasa de descarnado y sus aplicaciones

La grasa de descarnado es un material de desecho sólido proteico y se caracteriza por un alto contenido graso, glicerol y glicéridos (**Sundar et al., 2011**). El perfil de ácidos grasos de la grasa animal puede variar según la especie, los métodos de alimentación y las diferentes partes de los animales. Las grasas animales pueden ser sólidas o líquidas a temperatura ambiente, dependiendo del tipo específico de grasa. Tienen un alto contenido energético, con 3.770 kJ (900 kcal) por 100 g (3,5 oz) (**Sandhya et al., 2016**).

Por lo cual, la grasa de descarnado posee diversas aplicaciones industriales, por ejemplo, producción de biodiesel (**Yorgancioglu et al., 2020**), formulaciones cosméticas, como jabones y humectantes y tensioactivos (**Bajza & Vrček, 2001**).

Cada una de las diferentes aplicaciones puede proporcionar una alternativa sostenible y rentable a los materiales industriales convencionales (**Cheng et al., 2021**). Es por esta razón que se han investigado otras alternativas destacando así la formulación de engrasante sulfatado y sulfitado, el mismo que se puede utilizar en el curtido de pieles (**Heidemann, 2016**).

1.1.4.3. Engrasante

Un engrase es un agente químico utilizado en el proceso de curtido para hacer que el cuero sea más suave, más flexible y más elástico. El proceso de engrase consiste en introducir aceite o grasa en las celdas vacías del cuero después del curtido, pero antes de que el cuero se seque (**Suparno & Saputra, 2020**). El engrase penetra en las células vacías del cuero, cambiando sus características físicas, haciéndolo más maleable y dándole una superficie flor suave (**Kamely, 2022**). Por lo cual, los engrases son una parte esencial del proceso de curtido, ya que ayudan a mejorar la calidad, durabilidad y apariencia del cuero.

Además, se debe tener en cuenta el pH del engrasante, el cual es fundamental para la fijación de la grasa en el cuero, el rango varía entre 4 a 8 según la naturaleza que este posea. Los engrasantes se dividen en dos tipos: las grasas catiónicas que tienen pH bajos entre 4-5, que poseen una carga eléctrica positiva, y las grasas aniónicas que se encuentran en valores de pH entre 6.5 - 8, siendo de carga eléctrica negativa (**Annadurai, Samanta, & Sayem, 2022**).

1.1.4.4. Engrasante sulfitado

Se generan por medio de un tratamiento a base de grasa con bisulfito sódico, además son conocidos como aceites sulfitados, son de partícula fina tienen alta penetración, dan buena suavidad, dan un tacto seco, confieren olor al cuero, resistentes a los electrolitos, tienen emulsiones estables y oxidan fácilmente, la estructura se basa en $R-C-SO_3H$ (**Cueronet, 2020b**).

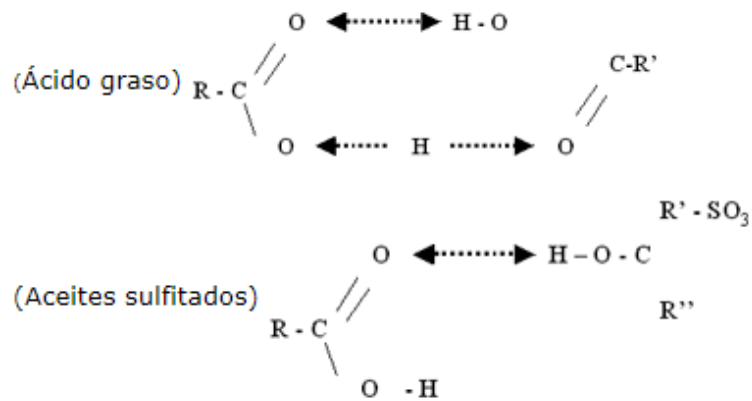


Figura 2. Mecanismo de sulfitación de ácidos grasos.

Fuente: (Cueronet, 2020b)

1.1.4.5. Engrasante sulfatado

Se consigue con un tratamiento a base de grasa con ácido sulfúrico o también conocidos como aceites sulfatados, estos dan un tacto medio, tienen carga negativa, dan una penetración media, proporcionan una menor suavidad, no tienen resistencia a los electrolitos, proporcionan cierta migración, la estructura se basa en $R-C-O-SO_3H$ (Cueronet, 2020b).

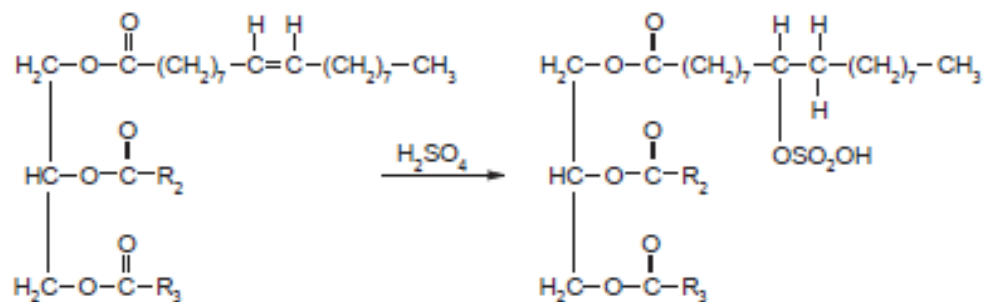


Figura 3. Mecanismo de sulfatación de ácidos grasos insaturados.

Fuente: (Daniel, 2015)

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Obtener un engrasante utilizando como materia prima la grasa proveniente del residuo de descarnado de una curtiembre de Ambato para el reciclaje de la industria del cuero.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar la grasa obtenida del residuo de descarnado para establecer los contenidos iniciales de índices de yodo, peróxido, acidez y saponificación.
- Elaborar un engrasante sulfatado y sulfitado a partir de la grasa del residuo de descarnado.
- Evaluar la calidad del engrasante mediante análisis de cenizas, alcalinidad total, sulfitos, materia grasa según norma IS 14488 y IS 6357.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1.Materiales

2.1.1. Equipos de laboratorio

Tabla 5.

Equipos de laboratorio

Detalle	Modelo	Cantidad
Estufa	Binder ED-400	1
Balanza digital	Ohaus; V71P30T	1
Mufla de cerámica	Biobase; MC10-12	1
pH-metro	Accumet; AB200	1
Extractor de grasa	VELP Scientifica; SER 158/6	1
Plancha de calentamiento agitación 4 puestos	VELP AM4	1
Sorbona	Frontier Junior	1
Agitador vertical -	THOMAS R010	1
Centrifuga	HERMLE	1
Espectrómetro FTIR		1
Balanza de humedad	MB-50; 176000 20000- 519220	1
Balanza analítica	Radwag; N1BM1F	1

2.1.2. Reactivos de laboratorio

Tabla 6.

Reactivos de laboratorio

Detalle	Casa comercial	Cantidad
Alcohol etílico 95 %	SUMILAB	4 L
Fenolftaleína	SUMILAB	25 mL
Hidróxido de sodio 98 %	SUMILAB	500 g
Sulfato de sodio anhidrido 98 %	NOVACHEM	250 g
Hidróxido de potasio 0.5 N	NOVACHEM	45 g
Granallas de zinc	NOVACHEM	250 g
Ácido acético glacial 100 %	LABOMERSA	2.5 L
Cloroformo 99 %	NOVACHEM	2.5 L
Tiosulfato de sodio 98 %	LOBACHEMIE	500 g
Ácido sulfúrico 98%	RELIBQUIM	1 L
Bisulfito de sodio	FISHER USA	500 g
Agua destilada	-	10 L
Almidón	NOVACHEM	100 g
Solución WIJS	LOBACHEMIE	500 mL
Éter de petróleo 40 - 60 °C	-	500 mL
Yoduro de potasio 99.9 %	NOVACHEM	300 g
Ácido clorhídrico	-	10 mL

2.1.3. Insumos de laboratorio

Tabla 7.

Instrumentos de laboratorio

Detalle	Cantidad
Vasos de precipitación 50 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml.	6
Soporte universal	1
Pinzas de 3 dedos	2
Bureta 25 ml	1
Pipeta Mohr 1 ml, 2 ml, 5 ml, 25 ml	4
Matraz 250 ml	3
Condensador de reflujo	1
Balón de aforo 250 ml	1
Balón de fondo plano 1 L	1
Pera de succión	1
Frasco ámbar 125 ml, 250 ml, 500 ml, 1 L	10
Gotero	3
Varilla de agitación	1
Crisoles	6
Pinza de crisol	1
Termómetro	1
Vasos de centrifuga	3

2.2.Métodos

La metodología fue desarrollada en tres fases, en la primera fase se realizó la caracterización de la grasa obtenida del descarnado (Anexo A), en la segunda fase se elaboró los engrasantes y seguidamente como tercera fase se realizó los análisis respectivos para evaluar la calidad del engrasante.

2.2.1. Muestreo

La muestra de grasa a emplear fue brindada por una curtiduría del cantón Ambato, Ecuador. El desecho sólido se tomó de un solo lote y fue recolectado en tanques, para posteriormente trasladarlo a la planta piloto de la Universidad Técnica de Ambato, donde se conservó en el congelador a 5 °C. Las muestras fueron guardadas en diferentes fundas ziploc, para un mejor almacenamiento (INEN, 1973d).

Fase 1.

2.2.2. Análisis de la grasa obtenida del residuo de descarnado para establecer los contenidos iniciales

2.2.2.1.Determinación del índice de yodo

La normativa INEN 37, establece la determinación del índice de yodo, en donde, la muestra a analizar se calentó y filtró, después se pesó 0.20 g en un matraz de 250 ml y se añadió 20 ml de cloroformo, y se agregó 25 ml de solución Wijs. Luego, se guardó en un lugar oscuro por 1 hora previamente cerrado el matraz. Pasado al tiempo, se añadió 20 ml de yoduro de potasio y 100 ml de agua destilada. Se tituló el yodo libre con la solución 0.1 N de tiosulfato de sodio, hasta que coloración amarilla desapareció; como indicador se utilizó 1 ml de solución de almidón y se continuó titulando hasta que la coloración azul desapareció, se tornó de color blanco. Se utilizó la ecuación 1 (Ec. 1) para determinar el índice de yodo (INEN, 1973c).

$$i = \frac{12,69 * (V - V_1) * N}{m} \quad (Ec. 1)$$

Donde:

i = índice de yodo de la muestra, cg yodo/g.

V = volumen en la titulación del blanco, en ml.

V₁ = volumen en la titulación de la muestra, en ml.

N = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

m = masa de la muestra analizada, en g.

2.2.2.2.Determinación del índice de peróxidos

Para determinar el índice de peróxidos se empleó la Norma Técnica de Colombia NTC 236, para ello se pesó 2 g en un matraz Erlenmeyer de 250 ml y se agregó 30 ml de ácido acético y cloroformo (3:2), agitando constantemente. Luego se añadió 0.5 ml de la solución saturada de yoduro de potasio, para posteriormente añadir 30 ml de agua destilada y 0.5 ml de solución indicadora de almidón. La muestra se tituló gradualmente con tiosulfato de sodio a 0.1 N, hasta que la coloración amarilla desapareció. Para el cálculo se empleó la ecuación 2 (Ec. 2) (NTC, 2011).

$$I = \frac{v \cdot N}{m} * 100 \quad (Ec. 2)$$

Donde:

I= índice del peróxido, en mEq O₂/Kg.

v= volumen en la titulación de la muestra, ml.

N= normalidad de solución de tiosulfato de sodio.

m= masa de la muestra analizada.

2.2.2.3.Determinación del índice de acidez

La Norma Ecuatoriana INEN 38 establece el método para determinar el índice de acidez en el cual se mezcló 300 ml de la muestra líquida y previamente filtrada con 300 ml de alcohol-éter en un matraz. Luego se añadió 1ml de fenolftaleína, y se procedió a titular con hidróxido de sodio a 0.1 N moderadamente hasta que se tornó una coloración rosada. El cálculo del índice de acidez se llevó a cabo con la ecuación 3 (Ec.3) (INEN, 1973a).

$$A = \frac{M \cdot V \cdot N}{10 \cdot m} \quad (Ec. 3)$$

Donde:

A= acidez del producto, % (ácido palmítico).

M = masa molecular del ácido usado.

V = volumen de la solución de hidróxido de sodio, en ml.

N = normalidad de la solución

m = masa de la muestra analizada, en g.

2.2.2.4.Determinación del índice de saponificación

Para el índice de saponificación se empleó la Normativa Ecuatoriana INEN 40, en donde en un balón de fondo plano de 250 ml, se colocó 3 g de la muestra y 25 ml de solución etanólica de hidróxido de potasio. Posteriormente, se conectó el refrigerante de reflujo al balón de fondo plano y durante 60 min se hirvió la mezcla en baño María. En la muestra caliente se agregó 1 ml de fenolftaleína y se tituló con ácido clorhídrico al 0.5 N hasta que la coloración rosa desaparezca. Mediante la ecuación 4 (Ec. 4) se calculó el índice de saponificación (INEN, 1973b).

$$i = \frac{56.1*(V_1-V_2)*N}{m} \quad (Ec. 4)$$

Donde:

i = índice de saponificación del producto, en mg/g.

V₂= volumen empleado en la titulación de la muestra, en ml.

V₁= volumen empleado en la titulación del ensayo en blanco, en ml.

N = normalización de la solución de ácido clorhídrico.

m = masa de la muestra analizada, en g.

2.2.2.5.Determinación de humedad

El método que se utilizó para la determinación de humedad fue NTC 287, en la cual se taró la capsula y luego agregó 3 g de la muestra. Después se colocó la capsula en la estufa durante 3 hora a 105 °C, se enfrió en el desecador y se procedió a pesar. El porcentaje de humedad se determinó mediante la ecuación 5 (Ec. 5) (NTC, 2018).

$$H = \frac{m_1-m_2}{m_1-m} * 100 \quad (Ec. 5)$$

Donde:

H = porcentaje de humedad, %.

m₁ = masa de la capsula y la muestra inicial.

m₂ = masa de la capsula y la muestra final.

m = masa de la capsula tarada.

2.2.2.6.Determinación de cenizas

El análisis del porcentaje de cenizas se determinó mediante AOAC 923.03, para lo cual se procedió a tarar los crisoles vacíos a 550 °C durante 1 hora en una mufla, se enfrió y se pesaron. Seguidamente se pesaron 3 g de la grasa en el crisol, y posteriormente fue colocado en la mufla a una temperatura de 550 °C por 4 horas. Luego del tiempo establecido, se enfriaron en el desecador y se pesó. La ecuación 6 (Ec. 6) se utilizó para determinar el porcentaje de cenizas (**Horwitz & Latimer, 2005**).

$$C = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * 100 \text{ (Ec. 6)}$$

Donde:

C = porcentaje de cenizas, %.

m₀ = masa del crisol vacío tarado.

m₁ = masa de crisol y muestra inicial.

m₂ = masa del crisol y cenizas.

2.2.2.7.Determinación de materia grasa

La determinación de grasa bruta se llevó a cabo en el equipo extractor de grasa Velp SER 148 siguiendo la normativa AOAC 2003.05. Se pesó 3 g de la grasa en un papel filtro y se introdujo en un dedal de celulosa. Posteriormente se colocó en la estufa a 105 °C por una hora el vaso y las perlas de ebullición, se enfrió en un desecador y se pesó. Luego en el vaso se agregó el cartucho con la muestra, y 50 mL de éter de petróleo, el vaso se transfirió a la unidad de extracción con configuración de 30 minutos del dedal inmerso en el disolvente en ebullición y 60 minutos de lavado a reflujo. Por último, se retiró el dedal de celulosa, y el vaso que contiene el extracto con las perlas de ebullición hirviendo, se puso en la estufa a 105 °C durante 10 minutos y

se enfrió en un desecador para pesar. Con la ecuación 7 (Ec. 7) se determinó el porcentaje de materia grasa (Thiex, 2009).

$$MGrasa = \frac{m_2 - m_1}{m_s} \times 100 \text{ (Ec. 7)}$$

Donde:

MGrasa = porcentaje de materia grasa, %.

m_2 = masa del vaso con grasa.

m_1 = masa del vaso sin grasa.

m_s = masa de la muestra.

Fase 2.

2.2.3. Elaboración del engrasante a partir de las grasas del descarnado

2.2.3.1. Purificación de la grasa de descarnado

Para la purificación de la grasa, se realizó la centrifugación de la muestra a alta velocidad para separar los sólidos suspendidos en la grasa recolectada, el cual se dio por distintas densidades. La centrifuga se configuró a 3900 rpm por 10 minutos, luego del tiempo establecido se recolectó la grasa y los desechos sobrantes fueron descartados (Taulbee, 2000).

2.2.3.2. Preparación del engrasante sulfitado

Siguiendo la metodología descrita por Soltaninejad et al., (2019) se obtuvo el engrasante sulfitado. Donde se tomó 100 g la grasa del descarnado en un vaso de precipitación, se calentó a 75 °C, luego se trató con bisulfito de sodio al 40% en diferentes concentraciones 1.0, 2.0, 3.0 mol/kg sobre materia grasa. El bisulfito de sodio se añadió gota a gota y en agitación durante 2 horas, se enfrió a temperatura ambiente, luego se lavó con cloruro de sodio al 10% y se neutralizó con solución bicarbonato de sodio 20 % (Anexo B.2). Finalmente, con el engrasante obtenido se procedió a realizar la determinación del índice de yodo, para luego obtener la eficiencia de reacción de sulfitación, en porcentaje, mediante la ecuación 8 (Ec. 8). Se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA) para analizar la eficiencia de la reacción de sulfitación de la grasa. La única variable independiente tomada en cuenta fue la concentración del bisulfito de sodio, el cual se dividió en tres niveles: 1.0, 2.0 y

3.0 mol. En cada uno de estos niveles se realizaron tres repeticiones con el fin de obtener resultados más precisos y confiables.

$$ER_{BS} = 100 \% - \left(\frac{I_{BS}}{I_{GD}} * 100 \% \right) \text{ (Ec.8)}$$

Donde:

ER_{BS} = eficiencia de la reacción de sulfitación, en porcentaje.

I_{BS} = promedio del índice de yodo de la grasa de descarnado con una determinada concentración de bisulfito de sodio (1.0, 2.0, 3.0 mol).

I_{GD} = promedio del índice de yodo de la grasa de descarnado.

2.2.3.3.Preparación del engrasante sulfatado

La metodología descrita por **Nasr, (2017)** en cuanto al engrasante sulfatado, se pesaron 100 g de la grasa en un vaso de precipitación, y se elaboró con ácido sulfúrico al 98 % a temperatura controlada (24 °C), en diferentes concentraciones, 10, 20, 30 % /kg sobre materia grasa. El ácido sulfúrico se añadió gota a gota y en agitación durante 2 horas. Posteriormente, se añadió cloruro de sodio 10 % para lavar exceso de ácido y se eliminó el ácido que no reacciono, y luego se neutralizó el engrasante sulfatado con hidróxido de amonio (Anexo B.1). Finalmente, con el engrasante obtenido se procedió a realizar la determinación del índice de yodo, para luego obtener la eficiencia de reacción de sulfatación, en porcentaje, mediante la ecuación 9 (Ec. 9). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) para evaluar la eficiencia de la reacción de sulfatación de la grasa. La única variable independiente considerada fue el porcentaje de ácido sulfúrico, el cual se dividió en tres niveles: 10, 20 y 30 %. Se realizaron tres repeticiones en cada nivel para obtener resultados más precisos.

$$ER_{AS} = 100 \% - \left(\frac{I_{AS}}{I_{GD}} * 100 \% \right) \text{ (Ec.9)}$$

Donde:

ER_{AS} = eficiencia de la reacción de sulfatación, en porcentaje.

I_{AS} = promedio del índice de yodo de la grasa de descarnado con una determinada concentración de ácido sulfúrico (10, 20, 30 %).

I_{GD} = promedio del índice de yodo de la grasa de descarnado.

Fase 3.

2.2.4. Evaluación de la calidad del engrasante según la norma IS 14488 y IS 6357

2.2.4.1. Interpretación de resultados

Se aplicó diversos estudios para el engrasante sulfitado y el engrasante sulfatado, y a la vez, se tuvo en cuenta la influencia de la concentración en cada uno de los análisis.

2.2.4.2. Análisis del engrasante mediante la norma IS 14488 e IS 6357

Se realizaron análisis químicos para verificar la calidad del engrasante obtenido a partir de la grasa del descarnado según la normativa establecida por Indian Standard, para el engrase sulfitado (IS 14488-1998) y el engrase sulfatado (IS 6357-1971), mediante análisis de cenizas, humedad, materia grasa, SO_3 total, alcalinidad total y pH (BIS, 1971, 1998).

2.2.4.3. Determinación de SO_3 total

Se pesaron 2 g del engrasante en un crisol y se añadieron 5 g de carbonato de sodio, 1 g de clorato de potasio y 5 ml de agua destilada, con un mechero se calentó a fuego lento, para luego calcinar la masa en un horno de mufla a $700^\circ C - 750^\circ C$, durante 2 horas. Se transfirió la ceniza a un vaso de precipitación y se agregó amoníaco hasta que la solución se volvió ligeramente alcalino pH 7.5 – 8, se completó con naranja de metilo hasta los 200 ml. De la solución se tomaron 50 ml y se colocó 1 ml de HCl concentrado 1 ml de cloruro de bario 10%, hasta que todo el azufre se precipitó como sulfato de bario. Se filtro la solución en un precipitado en papel filtro bajo en cenizas, se redujo a cenizas en la estufa a $105^\circ C$, durante 2 horas, se enfrió en un desecador y se pesó. Mediante la ecuación 10 (Ec. 10), se determinó SO_3 total (BIS, 1971).

$$TSO_3 = \frac{w*80}{233.7*W} * 100 \text{ (Ec. 10)}$$

Donde:

TSO_3 = Total de sulfitos

w = peso de sulfato de bario, en g.

W = peso de la muestra del engrasante, g

2.2.4.4.Determinación de alcalinidad total

Para la determinación de la alcalinidad se disolvió 10 g de la muestra en 100 ml de agua hirviendo en un matraz Erlenmeyer. Después se enfrió, y se agregó 30 g de cloruro de sodio, 25 ml de éter y 5 gotas de indicador naranja de metilo al 0.1 % y se tituló con ácido sulfúrico 0.5 N hasta que la coloración cambio. Mediante la ecuación 11 (Ec. 11) se determinó la alcalinidad total (**BIS, 1998**).

$$A = \frac{10 \cdot V \cdot N}{W} \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

A = alcalinidad total, mg Eq/10 g de engrasante.

V = volumen de ácido sulfúrico, en ml.

N = normalidad del ácido sulfúrico.

W = peso de la muestra, en g.

2.2.4.5.Determinación de pH

Se preparo una emulsión al 10 % dispersando 10 g de engrasante en 90 ml de agua caliente a 60° C (**BIS, 1971**).

2.2.4.6.Análisis de Espectrofotometría Infrarroja FT-IR

A través de un espectroscopio infrarrojo se analizaron cada uno de los engrasantes, para determinar la presencia de los picos de absorción de los engrasantes a través de los grupos funcionales presentados por la reacción química entre la grasa de descarnado y el bisulfito de sodio y ácido sulfúrico. Entre los grupos funcionales que se analizaron fueron NH, CH y OH simples en un rango de longitudes de onda entre 4000 y 2500. Por otro lado, los dobles enlaces de C=O; C=N; C=C en una longitud de onda entre 2000 y 1500 (**Mondragón, 2017**).

2.3.Hipótesis

2.3.1. Hipótesis nula

H₀: El engrasante producido mediante las grasas obtenidas del desecho de descarte de la curtiembre, no cumple con las características necesarias para el proceso de engrase.

2.3.2. Hipótesis alternativa

H₁: El engrasante producido mediante las grasas obtenidas del desecho de descarte de la curtiembre, cumple con las características necesarias para el proceso de engrase.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

Fase 1

3.1.1. Caracterización de la grasa del descarnado

Los resultados iniciales de la caracterización de la grasa del descarnado contaminado fueron llevados a cabo por triplicado, siguiendo los métodos INEN, NTC y AOAC correspondientes para cada análisis.

Tabla 8.

Caracterización inicial de la grasa de descarnado

Ensayo	Método de ensayo	Resultado	Unidades
Índice de yodo	INEN 37	46,11 ± 0.41	cg yodo/g
Índice de peróxido	NTC 236	15.33 ± 0.46	mEqO ₂ /Kg
Índice de acidez	INEN 38	0.19 ± 0.01	% (ácido palmítico)
Índice de saponificación	INEN 40	12.75	mg KOH/g
Humedad	NTC 287	2.38 ± 0.23	%
Cenizas	AOAC 923.03	0.42 ± 0.05	%
Materia grasa	AOAC 2003.06	79.47 ± 0.54	%

Nota. El resultado representa el valor medio ± la desviación estándar.

La grasa del descarnado está constituida por compuestos orgánicos e inorgánicos, como colágeno, aminoácidos, sales y otros residuos del proceso de pelambre, mediante las pruebas fisicoquímicas de la grasa extraída que se muestran en la tabla 8, dio como resultado un contenido alto de materia grasa del 79,47 %, por lo tanto, el porcentaje restante corresponde a residuos que se generan en el proceso de pelambre, tal como restos de carne, cal y sulfuro (Masilamani et al., 2016).

Se determinó la cantidad de dobles enlaces presentes en la grasa de los restos del descarnado mediante el análisis del índice de yodo. Este índice es fundamental para

establecer los criterios necesarios en un aceite que será utilizado como materia prima en la producción de derivados como lubricantes, surfactantes, aceites de cocina, combustible o cosméticos. El promedio del índice de yodo obtenido es de 46,11 cg yodo/g grasa. Según **Covington, (2009)**, para producir engrasantes aniónicos, se requiere utilizar grasas insaturadas con un índice de yodo superior a 70 cg de yodo por gramo de grasa. Sin embargo, de acuerdo con lo mencionado por **Milton & Joy, (2004)**, para sulfatar ácidos grasos insaturados, generalmente se emplean grasas con un índice de yodo que se encuentra en el rango de 40-140 cg de yodo por gramo de grasa. Por esta razón, la grasa utilizada en este estudio puede ser adecuada para la fabricación de productos engrasantes.

Además, el índice de yodo de la grasa de descarnado se clasifica como "no secante" debido a que su valor es inferior a 125 cg de yodo por gramo de grasa. Por lo tanto, esta grasa no experimenta oxidación al entrar en contacto con el aire (**Burgoyne, 1983**).

El índice de peróxido se emplea para evaluar el nivel de deterioro de la grasa, y en este caso, el contenido de peróxido en la grasa es de 15.33 mEqO₂/Kg. Según lo mencionado por (**Nyamunda, et al., 2013**), los ácidos grasos insaturados tienen la capacidad de unir oxígeno a sus dobles enlaces, lo que da lugar a la formación de peróxido, por lo cual, en menor sea la cantidad de peróxido presente, mejor será la calidad de la grasa.

El índice de saponificación es una medida que indica la cantidad de miligramos de hidróxido de sodio (KOH) necesarios para saponificar un gramo de grasa. Este valor está influenciado por el peso molecular de las grasas. Cuando se trata de ácidos grasos de cadena corta, su peso molecular es bajo, lo que resulta en un alto valor de saponificación. Por otro lado, las grasas con ácidos grasos de cadena larga tienen un alto peso molecular y, por lo tanto, un bajo valor de saponificación (**Panagan, Yohandini, & Gultom, 2011**). En este caso, el resultado del valor de saponificación es de 12.75 mg KOH/g, lo que indica que las grasas están compuestas principalmente por ácidos grasos de cadena larga.

El índice de acidez se obtiene mediante la hidrólisis de las grasas, lo que mide la proporción de ácidos grasos libres presentes en 100 partes de grasa (Thomas, 2000). Aunque esto no siempre sucede, un alto índice de acidez en el aceite sugiere que los enlaces entre los ácidos grasos y el glicerol no son muy fuertes, lo que facilita la hidrólisis y la liberación fácil de los ácidos grasos de la molécula de glicerol (Sekhar, 1980). En este caso, el valor del índice de acidez es de 0.19 %, indicando que es un valor bajo y, por lo tanto, presenta poca dificultad para hidrolizar estos enlaces.

Por otra parte, los resultados revelaron que las grasas tienen un bajo contenido de humedad (2.38 %) y cenizas (0.42 %). Esta situación indica que las grasas no son propensas a dañarse fácilmente debido a la hidrólisis, y su contenido mineral es muy reducido (Covington, 2009). Además, los índices de yodo, saponificación y acidez de las grasas extraídas fueron similares a los valores correspondientes de aceite de palma, aceite de pata de buey y grasas de sebo de res, que ya se utilizan en el engrase del cuero.

Tabla 9.

Composición de los ácidos grasos de la grasa extraída del descarnado

Estructura	Ácido graso	%	
	C14:0	Mirístico	3.73
	C15:0	Pentadecílico	0.83
Saturados	C16:0	Palmítico	24.80
	C17:0	Margárico	1.84
	C18:0	Estearico	13.50
	Total, de ácidos grasos saturados		44.70
	C14:1	Miristoleico	1.93
	C16:1	Palmitoleico	6.72
Insaturados	C16:2	Margárico	1.95
	C18:1	Oleico	40.33
	C18:3	Linoleico	4.36
	Total, de ácidos grasos insaturados		55.30
	Total		100

Nota. El análisis fue realizado por el laboratorio acreditado UBA, los mismos que se encuentran en el (Anexo C).

El análisis de ácidos grasos de la grasa extraída, presentado en la tabla 9, indica que aproximadamente el 55.30 % de los ácidos grasos son insaturados, siendo el ácido oleico el más predominante con un 40.33 %, mientras que el ácido palmítico es el ácido graso saturado más abundante con un 24.80 %. Los ácidos grasos insaturados son especialmente relevantes para la elaboración de un engrase, ya que, debido a su insaturación, tienden a ser líquidos y pueden reaccionar de manera más efectiva con el ácido sulfúrico. Esto los convierte en ideales para su uso en el curtido de pieles, según se ha mencionado en estudios anteriores (**Covington, 2009; Santos & Gutterres, 2007**).

Fase 2

3.1.2. Eficiencia de la reacción de sulfatación y sulfitación de la grasa

La eficiencia de la reacción de sulfatación y sulfitación es un factor de gran importancia a considerar, ya que está estrechamente relacionada con la cantidad de materia prima e insumos utilizados en la producción de engrases aniónicos y su impacto en las propiedades sensoriales del producto final. Determinar el tratamiento óptimo de adición de H_2SO_4 y $NaHSO_3$ que resulte en el menor consumo de recursos económicos es fundamental.

Para evaluar la eficiencia de la reacción de la grasa de los residuos de descarnado, se utilizó el índice de yodo como indicador para las tres diferentes grasas aniónicas desarrolladas. Cada grasa se produjo con un porcentaje diferente de H_2SO_4 (10, 20 y 30 %), y $NaHSO_3$ (1.0, 2.0 y 3.0 mol) determinado a partir de pruebas preliminares, donde se varió la cantidad de ácido sulfúrico (98 %) y bisulfito de sodio (40%) añadido al proceso. Los valores promedio de eficiencia obtenidos con diferentes grados de sulfatación se presentan en la tabla 10 y tabla 11.

Tabla 10.

Eficiencia de reacción promedio de los tres tipos de grasas de acuerdo al porcentaje de sulfitación

mol NaHSO₃	Índice de yodo (cg yodo/g grasa)	Coefficiente de variación (%)	Resultado de la eficiencia de reacción (%)
1.00	31.67 ± 0.15	0.48	31.32
2.00	23.59 ± 0.16	0.66	48.84
3.00	18.36 ± 0.31	1.71	60.17

Nota. El resultado del representa el promedio ± la desviación estándar de tres replicas (Anexo D) (Anexo E).

Tabla 11.

Eficiencia de reacción promedio de los tres tipos de grasas de acuerdo al porcentaje de sulfatación

%H₂SO₄	Índice de yodo (cg yodo/g grasa)	Coefficiente de variación (%)	Resultado de la eficiencia de reacción (%)
10	15.45 ± 0.38	2.43	66.49
20	9.34 ± 0.08	0.84	79.74
30	7.26 ± 0.64	8.84	84.26

Nota. El resultado del representa el promedio ± la desviación estándar de tres replicas (Anexo F) (Anexo G).

En la tabla 10 y 11 se puede observar que a medida que aumenta la concentración del H₂SO₄, y NaHSO₃, también aumenta la eficiencia de la reacción de sulfatación y sulfitación de la grasa. Esto sugiere que la concentración del H₂SO₄, y NaHSO₃, y la eficiencia de la reacción están directamente relacionados. Por otro lado, se observa una relación inversa entre el índice de yodo calculado y la eficiencia de la reacción.

La eficiencia de la reacción de sulfatación y sulfitación es determinante para el grado de saturación de los dobles enlaces de la grasa. El cálculo de esta eficiencia se basa en el análisis del índice de yodo de los diferentes engrases aniónicos. Así, con la adición

de mayores cantidades de H₂SO₄, se satura un mayor número de dobles enlaces del triglicérido, lo que resulta en un aumento de la eficiencia de la reacción (Ngozi, 2020). Mientras que, a una alta cantidad de NaHSO₃ se forma un aducto bisulfito que satura algunos dobles enlaces insaturados, lo que reduce el índice de yodo y disminuye la cantidad de dobles enlaces insaturados presentes en la muestra (Til & Feron, 2009). Tanto para el cálculo del índice de yodo de ácido sulfúrico y bisulfito de sodio, se utilizó como indicador de insaturación el índice de yodo promedio de la grasa de descarnado, que se encuentra en la tabla 8.

Fase 3

3.1.3. Evaluación de la calidad del engrasante sulfitado según la Norma IS 14488

En cuanto a los engrasantes sulfitados, se generan por medio de un proceso de sulfitación (Al-Horani & Desai, 2010). En la siguiente tabla se comparan los resultados obtenidos con la Normas establecida por Indian Standar.

Tabla 12.

Propiedades fisicoquímicas del engrasante sulfitado de las grasas de descarnado

Ensayo	Unidades	Grasas tratadas (mol bisulfito de sodio/kg grasa)			Rango de tolerancia Norma IS 14488: 1998	
		1.00	2.00	3.00	Mínimo	Máximo
Humedad	%	27.55	34.56	16.43	-	-
Cenizas	%	1.49	2.12	3.46	-	3.5
Materia grasa	%	65.92	52.54	62.22	60	-
Alcalinidad	mg-Eq/10g	1.63	1.53	0.75	-	5
SO ₃ Total	%	1.82	2.15	2.67	1.8	-
pH	-	7.23	7.16	6.95	6.5 a 7.5	

Los engrasantes sulfitados con concentraciones del 1.0, 2.0 y 3.0 mol, cumplen con ciertos requisitos establecidos por la Oficina de Normas Indias (BIS) en su normativa, la cual establece especificaciones para los engrasantes sulfitados empleados en la industria del cuero.

Las propiedades fisicoquímicas de la grasa bovina se muestran en la Tabla 12, el porcentaje de humedad se encuentra en valores entre 34 % y 16 %, por lo cual la cantidad de agua presente puede influir en la capacidad del engrasante sulfitado para formar una película lubricante adecuada y proteger las superficies metálicas contra el desgaste y la corrosión. Un contenido de humedad adecuado es crucial para garantizar una lubricación efectiva (**Devaraj et al., 2018**).

En cuanto al porcentaje de cenizas se presentan valores menores al 3.5 %, por tanto, al encontrarse en el rango establecido la viscosidad y la estabilidad térmica del lubricante, no tendría implicaciones en su comportamiento en diferentes condiciones de operación y temperaturas (**Nadew, 2014**). Por otro lado, el porcentaje de materia grasa superior a 52 % proporcionan propiedades hidratantes y protectoras en productos como los engrasantes para cuero, ayudando a mantener la flexibilidad y la calidad del material (**Etherington & Roberts, 2020**).

Es importante destacar que los niveles excesivos de alcalinidad o un pH inadecuado pueden tener un impacto negativo en la calidad del cuero, causando efectos no deseados. Sin embargo, al obtener valores de engrasante sulfitado dentro del rango, según (**Ru-Hui et al., 2019**), no se tendrá efectos irregulares en el teñido irregular, ni mala penetración de las fibras y en tal caso las propiedades del cuero aumentarían.

Los sulfitos son uno de los requisitos importantes, pues un alto grado de sulfitos, indica una excelente sulfatación en las grasas, esta observación física confirma que existe un porcentaje de SO_3 incorporado en la matriz orgánica, lo cual se puede evidenciar mediante el resultado efectuado mayor a 1.8 %, por lo tanto, el SO_3 como emulsionante es el combustible que impulsa las gotas de aceite hacia el cuero. Los emulsionantes aniónicos aseguran un alto grado de fijación ya que serán atraídos por la superficie del cuero cargada positivamente (**Nyamunda et al., 2013**).

Cada uno de los tratamientos cumplen con los requisitos establecidos en la Norma IS 14488, sin embargo, el porcentaje de humedad en el tratamiento 3.00 mol, es menor, lo cual implica una mejor disposición para utilizar como engrasante sulfitado en el proceso de engrase o curtido, de la curtiembre.

3.1.4. Evaluación de la calidad del engrasante sulfatado según la Norma IS 6357

Los engrasantes son compuestos químicos empleados en el tratamiento del cuero para conferirle suavidad, flexibilidad y cualidades repelentes. Dentro de esta categoría, se encuentran los engrasantes sulfatados, los cuales son sometidos a un proceso de sulfatación.

Tabla 13.

Análisis fisicoquímicos del engrasante sulfatado de las grasas de descarnado

Ensayo	Unidades	Grasas tratadas (% ácido sulfúrico/kg grasa)			Rango de tolerancia Norma IS 6357: 1971	
		10	20	30	Mínimo	Máximo
Humedad	%	10.69	23.09	34.73	-	35
Cenizas	%	0.74	0.27	3.46	-	3
Materia grasa	%	77.42	66.91	62.22	60	-
Alcalinidad	mg-Eq/10g	1.03	2.62	0.75	-	3
SO ₃ Total	%	3.10	3.47	4.04	3	-
pH	-	7.16	7.41	7.46	6,5 a 8,0	

Los engrasantes sulfatados en porcentaje de 10, 20 y 30, cumplen en ciertos requisitos con la norma publicada por la Oficina de Normas Indias (BIS), la cual proporciona especificaciones para los engrasantes sulfatados utilizados en la industria del cuero. Los resultados de las propiedades fisicoquímicas del engrasante sulfatado de la grasa bovina se presentan en la tabla 13.

El contenido de humedad obtenido en el engrasante se sitúa entre el 10% y 34%, lo cual se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa para este tipo de producto de origen animal. Mantener la humedad dentro de estos valores es importante, ya que niveles superiores al 40,19% podrían dar lugar a la formación y propagación de hongos, mohos y microorganismos, lo que afectaría negativamente la integridad del producto. Para evitar este problema, sería necesario reducir aún más el contenido de humedad (**Devaraj et al., 2018**).

El contenido de ceniza en el análisis realizado fue menor al 1 %, un valor que cumple con las especificaciones aceptables según la norma IS 6357 para un engrasante sulfatado. Este bajo porcentaje de cenizas indica que el engrasante tiene un nivel reducido de impurezas, como metales, sales u otros residuos inorgánicos. Es importante destacar que el contenido de ceniza puede disminuir aún más mediante un mejor manejo de la materia prima durante el proceso de extracción en la curtiembre. Un cuidadoso proceso de obtención de la materia prima puede contribuir a obtener un engrasante con niveles aún más bajos de impurezas, lo que garantiza su calidad y adecuación para su uso en la industria del cuero (**Nadew, 2014**).

Por otro lado, se observó un buen rango de alcalinidad total del engrasante sulfatado en los tres resultados. Es esencial considerar las recomendaciones y normas específicas proporcionadas por los organismos reguladores, las asociaciones industriales o las especificaciones técnicas de los fabricantes al formular engrasantes destinados al procesamiento del cuero. Seguir estas pautas garantiza que el engrasante tenga una alcalinidad adecuada para lograr un rendimiento óptimo y obtener los resultados deseados durante el tratamiento del cuero (**Etherington & Roberts, 2020**).

Además, es importante destacar que una alcalinidad excesiva o niveles de pH inadecuados pueden tener un impacto negativo en la calidad del cuero, causando efectos indeseados, como un teñido desigual, una penetración deficiente de las fibras o una disminución en las propiedades físicas del cuero. Por lo tanto, es esencial mantener el nivel de alcalinidad dentro del rango recomendado para asegurar un rendimiento óptimo y obtener los resultados deseados durante el proceso de tratamiento del cuero (**Ru-Hui et al., 2019**).

El análisis del valor de sulfitos totales reveló que se encontró un contenido superior al 3%. Según (**Nyamunda et al., 2013**), obtener una cantidad de sulfitos mayor a 3% confiere propiedades mejoradas, como un mayor poder emulsionante, una mejor penetración en el cuero y una mayor suavidad. Esto se debe a que la sulfatación modifica la estructura química del engrase, lo que lo hace más eficaz en la industria del procesamiento del cuero.

3.1.5. Resultados de la Espectrofotometría Infrarroja FT-IR

Tabla 14.

Identificación de los picos de absorción de la grasa FT-IR y engrasante sulfitado

Enlace atómico	Rango de onda (cm ⁻¹)	Grasa control	Grasas tratadas (mol bisulfito de sodio/kg grasa)		
			1.00	2.00	3.00
C – O Alcohol	1050-	1149.22	1096.62	1149.33	1097.06
	1150		1149.03		
	1180-		1226.34		
1300					
C = C	1620- 1680	-		1650.23	1649.81
C = O Ester	1730– 1750	1742.29	1741.77	1742.31	1741.71
C – H stretching	2800–	2851.26	2859.80	2851.36	2850.75
	3100	2919.94	2919.48	2920.18	2919.25

Enlace atómico	Rango de onda (cm ⁻¹)	Grasa control	Grasas tratadas (mol bisulfito de sodio/kg grasa)		
			1.00	2.00	3.00
bending	1300–	1320.25	1321.23	1333.46	1341.56
	1480	1461.83	1461.87	1461.52	1462.04
O - H	3200-3600	3451.19	3378.20	3365.65	3369.12

Se llevó a cabo un análisis para evaluar el éxito de la síntesis del engrase mediante la comparación de los espectros infrarrojos por transformada de Fourier (FT-IR) de la grasa original y del engrase resultante. En la tabla 14 se pueden observar las bandas de absorción FT-IR en cm⁻¹ de la grasa y las grasas extraídas de los engrases (Anexo H). En el tratamiento 2.00 y 3.00 mol, en el rango de longitud de onda de 1620 a 1680 se agregó un nuevo pico. En el tratamiento 1.00 mol, en el rango de longitud de onda de 1050 a 1150, se agregó un nuevo pico. Según (Rahmawati & Priatni, 2019) menciona que la presencia del pico adicional en el espectro indica que la síntesis del agente engrasante ha sido exitosa. Por otra parte, en el rango de longitud de onda 1180 a 1300, se encuentra el grupo funcional -SO₃, lo que indica que la reacción de sulfatación si fue exitosa (Uddin & Kashem, 2015).

Tabla 15.

Identificación de los picos de absorción de la grasa FT-IR y engrasante sulfatado

Enlace atómico	Rango de onda (cm ⁻¹)	Grasa control	Grasas tratadas (% ácido sulfúrico/kg grasa)		
			10	20	30
C – O Alcohol	1050-1150	1149,22	1096,18	1092,92	1087,06
Ester	1180-1300	1226,34	1222,24	1222,04	1224,81

Enlace atómico	Rango de onda (cm ⁻¹)	Grasa control	Grasas tratadas (% ácido sulfúrico/kg grasa)		
			10	20	30
C = C	1620-1680	-			1636,33
C = O Ester	1730-1750	1742,29	1741,84 1736,6	1740,60	1739,8
C – H stretching	2800-3100	2851,26 2919,94	2850,71 2919,25	2850,22 2918,49	2850,05 2918,01
bending	1300-1480	1320,25 1461,83	1461,54	1456,51	1545,13
O - H	3200-3600	3451,19	3364,44	3365,65	3364,44

Se realizó un análisis para evaluar el éxito de la síntesis del engrase mediante la comparación de los espectros infrarrojos por transformada de Fourier (FT-IR) de la grasa original y el engrase resultante. La tabla 15 muestra las bandas de absorción FT-IR en cm⁻¹ de la grasa y las grasas extraídas de los engrases (Anexo I).

En el tratamiento con 30 %, se observó un nuevo pico en el rango de longitud de onda de 1620 a 1680. Además, en el tratamiento con 10 %, se detectó un nuevo pico en el rango de longitud de onda de 1730 a 1750. Según **Rahmawati y Priatni, (2019)** la presencia de estos picos adicionales en el espectro indica que la síntesis del agente engrasante ha sido exitosa. Además, en el rango de longitud de onda de 1180 a 1300, se identificó la presencia del grupo funcional -SO₃, lo que sugiere que la reacción de sulfatación también fue exitosa, según **Uddin y Kashem (2015)**.

3.2.Verificación de la hipótesis

Se acepta la hipótesis alternativa, lo que demuestra que los residuos provenientes del descarnado pueden ser aprovechados para obtener el engrasante sulfitado y sulfatado. No obstante, es importante tener en cuenta el índice de yodo presente en cada formulación y los componentes necesarios para el proceso de elaboración de los dos engrasantes.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se analizó la grasa del residuo de descarnado obtenida de la curtiembre con valores promedio de 46.11 cg/g índice de yodo, 15.33 mEqO₂/Kg índice de peróxido, 0.19 % índice de acidez, 12.75 mg KOH/g, 2.38 % humedad, 0.42 % cenizas y 79.47 % materia grasa, en la cual, al tener un valor alto de índice de yodo y valor mínimo de acidez, son dos ensayos que establecen que la grasa puede servir para realizar subproductos como engrasante.

El engrasante sulfatado fue elaborado mediante la adición de ácido sulfúrico a la grasa en proporción de 10, 20, 30 % H₂SO₄/Kg grasa, en el cual, mediante el ensayo del índice de yodo, se determinó la reacción de sulfatación que se genera entre los enlaces C = C de los ácidos grasos insaturados con el H₂SO₄, formando enlaces SO₃H. Mientras que para el engrasante sulfitado, se utilizó la misma metodología, con la diferencia que para efectuar la reacción de sulfitación se utilizó NaHSO₃, el mismo que actúa sobre los dobles enlaces de la grasa.

Los engrases aniónicos obtenidos mediante la sulfatación de grasa en el rango del 10-30% mostraron un color similar al de la materia prima. Sin embargo, cuando se llevó a cabo la sulfatación de grasa con una adición de H₂SO₄ mayor al 30%, se observó un oscurecimiento de la mezcla sulfatada con una apariencia grumosa, además de dificultades en la neutralización de la mezcla. Debido a estas características no deseables, estas formulaciones no son adecuadas para ser utilizadas en la producción de engrases aniónicos.

Se evaluó la calidad del engrasante mediante análisis físico-químicos, para el engrasante sulfatado se utilizó la norma IS 6357:1971, en donde los valores de ceniza, alcalinidad total, sulfitos, materia grasa, humedad y pH, se encontraron en rango de tolerancia de la norma de cada uno de los tratamientos (10, 20 y 30 %). Por otro lado, para la calidad del engrasante sulfitado se utilizó la norma IS 14488: 1998, en la cual el porcentaje de materia grasa, 52,54% de la concentración 2.00 mol estuvo por debajo del mínimo que es 60%.

4.2.Recomendaciones

En el caso de usar hidróxido de sodio o hidróxido de potasio, tener en cuenta al momento de la agitación, ya que, por medio de la reacción entre la grasa y estos compuestos, se tiende a formar jabón.

Controlar la temperatura al momento de realizar el engrasante sulfatado, no se debe exceder los 30 °C, debido a que, la reacción exotérmica que se genera carboniza la grasa.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias

- Al-Horani, R., & Desai, U. (2010). Chemical Sulfation of Small Molecules – Advances and Challenges. *Tetrahedron*, 66(16), 2907. <https://doi.org/10.1016/J.TET.2010.02.015>
- Annadurai, A., Samanta, D., & Sayem, M. (2022). Investigation of physicochemical, thermophysical and surface properties of fatliquors. *Journal of Molecular Liquids*, 355, 118976. <https://doi.org/10.1016/J.MOLLIQ.2022.118976>
- Bajza, Ž., & Vrček, V. (2001). Thermal and enzymatic recovering of proteins from untanned leather waste. *Waste Management*, 21(1), 79–84. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(00\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(00)00039-8)
- BIS. (1971). IS 6357 sulphated oil for leather fat liquoring. Retrieved February 12, 2023, from Bureau of Indian Standards website: <https://archive.org/details/gov.in.is.6357.1971/mode/1up>
- BIS. (1998). IS 14488 sulphited fat liquors for leather-specification. Retrieved February 12, 2023, from Bureau of Indian Standards website: <https://law.resource.org/pub/in/bis/S02/is.14488.1998.pdf>
- Booramurthy, V., Kasimani, R., & Pandian, S. (2019). Biodiesel Production from Tannery Waste using a Nano Catalyst (Ferric-Manganese Doped Sulphated Zirconia). *Https://Doi.Org/10.1080/15567036.2019.1639849*, 44(1), 1092–1104. <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1639849>
- Burgoyne, E. (1983). Principios de química orgánica (1st ed.). Mexico: El Manual Moderno.
- Cheng, D., Liu, Y., Ngo, H., Guo, W., Chang, S., Nguyen, D., ... Bui, X. (2021). Sustainable enzymatic technologies in waste animal fat and protein management. *Journal of Environmental Management*, 284, 112040. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.112040>
- Covington, T. (2009). Curtido cuero. *Tanning Chemistry The Science of Leather*, 1(2), 348–369. Retrieved from, <https://dokumen.pub/tanning-leather-9780854041701-0854041702.html>
- Cueronet. (2020a). Cueronet, flujograma del proceso del cuero: descarnado. Retrieved from, <https://cueronet.com/flujograma/descarnado.htm>

- Cueronet. (2020b). Engrase de la piel. Retrieved from, <https://cueronet.com/tecnica/engrase3.htm>
- Cueronet. (2020c). Flujograma del proceso del cuero-parte1: piel cruda. Retrieved from, https://cueronet.com/flujograma/pielcruda_introd.htm
- Daniel, E. (2015). Diseño del proceso para la obtención de engrases aniónicos aplicables en cuero tipo napa mediante la sulfatación de aceite de palma. *Escuela Politécnica Nacional*, 1(1). Retrieved from, <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11078/1/CD-6385.pdf>
- Devaraj, K., Aathika, S., Mani, Y., Thanarasu, A., Periyasamy, K., Periyaraman, P., ... Subramanian, S. (2018). Experimental investigation on cleaner process of enhanced fat-oil extraction from alkaline leather fleshing waste. *Journal of Cleaner Production*, 175, 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.11.089>
- Dowlath, M., Karuppanan, S., Rajan, P., Khalith, S., Rajadesingu, S., & Arunachalam, K. (2021, January 1). Application of advanced technologies in managing wastes produced by leather industries—An approach toward zero waste technology. *Concepts of Advanced Zero Waste Tools: Present and Emerging Waste Management Practices*, 143–179. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822183-9.00007-6>
- Esparza, E., & Gamboa, N. (2001). Vista de Contaminación debida a la industria curtiembre. Retrieved from, <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4756/4757>
- Etherington, & Roberts. (2020). Fatliquoring. Retrieved from, Bookbinding and the Conservation of Books website: <https://cool.culturalheritage.org/don/dt/dt1274.html>
- FAO. (2020). Curtidurías. Retrieved from, <https://www.fao.org/3/X6114E/x6114e05.htm>
- Heidemann, E. (2016). Fundamentals of leather manufacture. *ResearchGate*, 647. Retrieved from, https://www.researchgate.net/publication/355361994_Utilize_tanneries_fleshin_g_wastes_in_leather_tanning
- Horwitz, W., & Latimer, G. (2005). Official methods of analysis of AOAC International. Retrieved from, <https://www.worldcat.org/title/62751475>

- INEN. (1973a). Grasas y aceites comestibles: Determinación de la acidez INEN 38. Retrieved February 11, 2023, from <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/38.pdf>
- INEN. (1973b). Grasas y aceites comestibles: Determinación del índice de saponificación INEN 40. Retrieved from, <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/40.pdf>
- INEN. (1973c). Grasas y aceites comestibles: Determinación del índice de yodo INEN 37. Retrieved from, <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/37.pdf>
- INEN. (1973d). Grasas y Aceites comestibles: Muestreo INEN 5. Retrieved from, <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/5.pdf>
- ITC. (2022). Fibras, textiles y prendas de vestir. Retrieved from, <https://intracen.org/our-work/topics/goods-and-services/fibres-textiles-and-clothing>
- Iverson, S., Lang, S., & Cooper, M. (2001). Comparison of the Bligh and Dyer and Folch methods for total lipid determination in a broad range of marine tissue. *Lipids*, 36(11), 1283–1287. <https://doi.org/10.1007/S11745-001-0843-0>
- Kamely, N. (2022). “Fatliquors” for leathers: an application of microemulsion—a review. *Polymer Bulletin*, 79(3), 1977–2002. <https://doi.org/10.1007/S00289-021-03579-Z>
- Kolomaznik, K., Adamek, M., Andel, I., & Uhlírova, M. (2008). Leather waste - Potential threat to human health, and a new technology of its treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 160(2–3), 514–520. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2008.03.070>
- Kumar, N. (2016). The role of leather industries in the development of our economy. *Internatonal Journal of Science Techology and Management*, 5(02). Retrieved from http://www.ijstm.com/images/short_pdf/1455970799_650Y.pdf
- Leather Naturally. (2023). Los beneficios del cuero. Retrieved from, <https://www.leathernaturally.org/about-leather/benefits-of-leather/>
- Masilamani, D., Madhan, B., Shanmugam, G., Palanivel, S., & Narayan, B. (2016, February 1). Extraction of collagen from raw trimming wastes of tannery: a waste to wealth approach. *Journal of Cleaner Production*, 113, 338–344. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.11.087>

- Mazter. (2019, May). The importance of leather. Retrieved from, <https://www.magzter.com/stories/Lifestyle/Shoes-and-Accessories/The-Importance-Of-Leather>
- Milton, R., & Joy, K. (2004). Surfactants and Interfacial Phenomena. Retrieved from, <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=pdTsgREZp5QC&oi=fnd&pg=PR15&dq=rosen+2004,+surfactants+and+interfacial+phenomena&ots=-8ayYgxWmQ&sig=r-0B8xGoHdKDILjHZJY8nM3uAig#v=onepage&q=rosen%202004%2C%20surfactants%20and%20interfacial%20phenomena&f=false>
- MINDSALUD. (2015). Guía para el desarrollo de actividades de promoción y prevención en la industria de curtiembres. *MINDSAUD*. Retrieved from, <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/6guia-actividades-pyp-curtiembres.pdf>
- Mondragón, P. (2017). Espectroscopía de infrarrojo para todos y 51 espectros de alimentos consumidos en México. *Centro de Investigación y Asistencia En Tecnología y Diseño Del Estado de Jalisco, A. C.* Retrieved from, <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/394>.
- Moreira, M., Hansen, E., Giacolli, G., Morisco, F., & Aquim, P. (2019). Evaluación de productos químicos en el proceso de post-curtido del cuero y su influencia en la presencia de sales neutras en efluentes crudos de curtiduría | Revista de la Asociación Estadounidense de Químicos del Cuero. Retrieved from, <https://journals.uc.edu/index.php/JALCA/article/view/1589>
- Nadew, S. (2014). Fatliquor product development from vernonia galamensis seed oil via modified sulphitation Process. *Addis Ababa University, 1*(1).
- Nasr, A. I. (2017). Reusing limed fleshing wastes as a fatliquor in leather processing. *Egypt. J. Chem*, 60, 919–928. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2017.1161.1059>
- Ngozi, V. (2020). Synthesis of sulphated-fatliquor from neem (*Azadirachta Indica*) seed oil For leather tannage. Retrieved from, https://www.researchgate.net/publication/336281405_Synthesis_Of_Sulphated-Fatliquor_From_Neem_Azadirachta_Indica_Seed_Oil_For_Leather_Tannage
- NTC. (2011). Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de peróxido NTC 236. Retrieved from, <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y->

aceites-vegetales-y-animales-determinacion-del-indice-de-peroxido-ntc236-2011.html

- NTC. (2018). Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del contenido de humedad y materia volátil NTC 287. Retrieved from, <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y-aceites-animales-y-vegetales-determinacion-del-contenido-de-humedad-y-materia-volatil-ntc287-2018.html>
- Nyamunda, B., Moyo, M., & Chigondo, F. (2013). Synthesis of fatliquor from waste bovine fat for use in small scale leather. *Indian Journal of Chemical Technology*. Retrieved from, <https://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/16543/1/IJCT%2020%282%29%20116-120.pdf>
- Onem, E., Renner, M., & Prokein, M. (2018). Green separation and characterization of fatty acids from solid wastes of leather industry in supercritical fluid CO₂. *Environmental Science and Pollution Research International*, 25(22), 22213–22223. <https://doi.org/10.1007/S11356-018-2350-2>
- Panagan, A., Yohandini, H., & Gultom, J. (2011, October 15). Analisis kualitatif dan kuantitatif asam lemak tak jenuh Omega-3 dari minyak ikan patin (*Pangasius pangasius*) dengan metoda kromatografi Gas. *Jurnal Penelitian Sains*, 14(4), 14409. <https://doi.org/10.56064/jps.v14i4.204>
- Puhazhselvan, P., Pandi, A., Sujiritha, P., Antony, G., Jaisankar, S., Ayyadurai, N., ... Kamini, N. (2022, January 1). Recycling of tannery fleshing waste by a two step process for preparation of retanning agent. *Process Safety and Environmental Protection*, 157, 59–67. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2021.11.003>
- Quero, P., & Arias, L. (2020). Oil extraction and derivatization method: a review. *Open Access Journal of Science*, 4(3), 110–120. <https://doi.org/10.15406/OAJS.2020.04.00158>
- Rahmawati, S., & Priatni, A. (2019). Characterization of sulfited fat from limed hides fleshing as a leather fatliquor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Retrieved from, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/355/1/012098/pdf>
- Ramesh, P. (2018). Submerged fermentation of *aspergillus niger* lipase production by using tannery solid waste. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119(12). Retrieved from <http://www.ijpam.eu>

- Ramesh, R., Muralidharan, V., & Palanivel, S. (2018). Preparation and application of unhairing enzyme using solid wastes from the leather industry—an attempt toward internalization of solid wastes within the leather industry. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(3), 2121–2136. <https://doi.org/10.1007/S11356-017-0550-9/TABLES/11>
- Ravindranath, E., Kalyanaraman, C., Shamshath, S., & Navaneetha, A. (2010). Effect of recirculation rate on anaerobic treatment of fleshing using UASB reactor with recovery of energy. Retrieved from, https://www.researchgate.net/publication/266565932_Effect_of_recirculation_rate_on_anaerobic_treatment_of_fleshing_using_UASB_reactor_with_recovery_of_energy
- Rigueto, C., Rosseto, M., Krein, D., Ostwald, B., Massuda, L., Zanella, B., & Dettmer, A. (2020, August 12). Alternative uses for tannery wastes: a review of environmental, sustainability, and science. *Journal of Leather Science and Engineering*, 2(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/S42825-020-00034-Z>
- Ru-Hui, L., Wei-Xiao, Wu., De-Yan, C., & Jian-Xun, L. (2019). Resource utilization: preparation and application of a sulfited fatliquor based on waste beef tallow from tannery. *IULTCS*, 35(1).
- Sandhya, K., Abinandan, S., Vedaraman, N., & Velappan, K. (2016). Extraction of fleshing oil from waste limed fleshings and biodiesel production. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 48, 638–643. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2015.09.033>
- Santos, L. M., & Gutierrez, M. (2007). Reusing of a hide waste for leather fatliquoring. *Journal of Cleaner Production*, 15, 12–16. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2006.01.025>
- Sekhar, S. (1980). An Introduction to the Principles of Leather Manufacture - Sasanka Sekhar Dutta - Google Libros (2nd ed.). *India: Indian Leather Technologists' Association*. Retrieved from https://books.google.com.ec/books/about/An_Introduction_to_the_Principles_of_Lea.html?id=UkgvGwAACAAJ&redir_esc=y
- Soltaninejad, H., Amiri Sadeghan, A., Hosseinkhani, S., Rahmawati, D., & Priatni, A. (2019). Characterization of sulfited fat from limed hides fleshing as a leather

- fatliquor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 355(1), 012098. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/355/1/012098>
- Sundar, V., Gnanamani, A., Muralidharan, C., Chandrababu, N., & Mandal, A. (2011). Recovery and utilization of proteinous wastes of leather making: A review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 10(2), 151–163. <https://doi.org/10.1007/S11157-010-9223-6/METRICS>
- Suparno, O., & Saputra, A. (2020). Fatliquoring process on tuna fish skin tanning for the shoe upper leather. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 472(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/472/1/012013>
- Taulbee, D. (2000). Centrifugation. *Encyclopedia of Separation Science*, 17–40. <https://doi.org/10.1016/B0-12-226770-2/00011-9>
- Thazeem, B., Umesh, M., Mani, V., Beryl, G., & Preethi, K. (2020). Biotransformation of bovine tannery fleshing into utilizable product with multifunctionalities. 39(2), <https://doi.org/10.1080/10242422.2020.1786071>
- Thiex, N. (2009). Evaluation of analytical methods for the determination of moisture, crude protein, crude fat, and crude fiber in distillers dried grains with solubles. *Journal of AOAC International*, 92. Retrieved from <http://m.sanitaryindustry.cn/upload/201609/08/201609081049157371.pdf>
- Thomas, A. (2000, June 15). Fats and Fatty Oils. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. https://doi.org/10.1002/14356007.A10_173
- Til, H., & Feron, V. (2009). Toxicology of sulphiting agents I: Animal studies. 9(5), <https://doi.org/10.1080/02652039209374112>
- Uddin, T., & Kashem, A. (2015). Fatliquor preparation from karanja seed oil (*Pongamia pinnata L.*) and its application for leather processing. *ResearchGate*. Retrieved from, https://www.researchgate.net/publication/312134294_Fatliquor_preparation_from_Karanja_seed_oil_Pongamia_pinnata_L_and_its_application_for_leather_processing
- Yorgancioglu, A., Başaran, B., Sancakli, A., Yorgancioglu, A., Başaran, B., & Sancakli, A. (2020). Value addition to leather industry wastes and by-products: hydrolyzed collagen and collagen peptides. *Waste in Textile and Leather Sectors*, 1(2). <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.92699>

Anexos

Anexo A

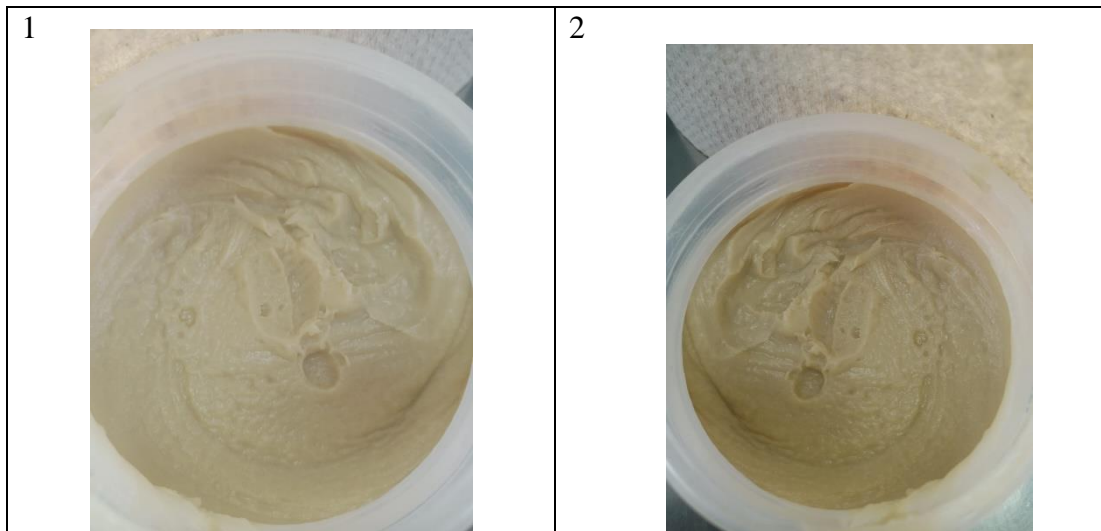
Residuos de piel del proceso de descarnado



Nota. (1) Restos de piel y agua del proceso de descarnado. (2) Grasa de los restos de piel de descarnado.

Anexo B


Engrasantes



Nota. (1) Engrasante sulfatado (2) Engrasante sulfitado.

Anexo C

Análisis del perfil de ácidos grasos por cromatografía



ANALYTICAL LABORATORIES
TESTING & CONSULTING

INFORME DE RESULTADOS
IDR 35294-2023

Fecha: 16 de junio del 2023.

DATOS DEL CLIENTE			
Nombre	ROGEL ZAMBRANO KAREN DATANA		
Dirección	Arimbo		
Teléfono	09939535419		
Contacto	Sra. Karen Rogel Z		


DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo de muestra	Grasa de Bovino	Cantidad	Aprox. 200 g
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A
Presentación	Frasco plástico	Fecha de recepción	25 de mayo del 2023
Colecta de muestra	Realizado por el Cliente	Fecha de colecta de muestra	N/A

CONDICIONES DEL ANALISIS			
Temperatura (°C)	23.4	Humedad (%)	51.4
Fecha de Inicio de Análisis	15 de junio del 2023		
Fecha de Finalización del análisis	15 de junio del 2023		

CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidades	Limite de Cuantificación
Grasa de Bovino	UBA-35294-1	Perfil de Acidos Grasos (FAMES)	AOCS Ce 18-89 (Cromatografía)	Se anexa	mg/g, %	-

PERFIL DE FAMES			
Acido Graso	FAMES	% FAMESLT	mg/g
Capric Acid	10:0	N.D.	N.D.
Lauric acid	12:0	N.D.	N.D.
	12:1	N.D.	N.D.
Tridecyl acid	13:0	N.D.	N.D.
Myristic acid	14:0	3.73	37.89
Myristoleic acid	14:1	1.83	18.27
Pentadecyl acid	15:0	0.83	8.29
Palmitic acid	16:0	24.80	248.02
Palmitoleic acid (cis-9)	Cis-16:1(n-7)	6.72	67.17
Palmitoleic acid (trans-9)	Trans-16:1(n-7)	N.D.	N.D.
Margaric acid	17:0	1.84	18.41
	18:0(n-6)	N.D.	N.D.
	18:0(n-4)	1.96	19.53
	18:0(n-3)	N.D.	N.D.
	18:0(n-1)	N.D.	N.D.
Stearic acid	18:0	13.50	135.01
Oleic acid (cis-9)	Cis-18:1(n-7)	40.33	403.35
Oleic acid (trans-9)	Trans-18:1(n-7)	N.D.	N.D.
Elaeidic acid (trans-9)	18:2(n-3)	N.D.	N.D.
	18:3(n-4)	N.D.	N.D.
	18:3(n-5)	N.D.	N.D.
	18:2(n-6)	N.D.	N.D.
Linoleic acid (cis, cis)	cis, cis-18:2(n-6)	3.46	34.64
Linoleic acid (trans, trans)	trans, trans-18:2(n-6)	N.D.	N.D.

FOR ADM. 04 R01
Página 1 de 2




Av. Carlos L. Plaza Gutiérrez, Cda. La Piedad, 30 (Calle 12 frente al primer bloque de la Acazuan)


Comandante: 04 238 578 / 04 6217 245 Celular: 09 9737 7050 / 09 8478 0671

Email: info@ubalab.com

Guayaquil - Ecuador



www.uba-lab.com

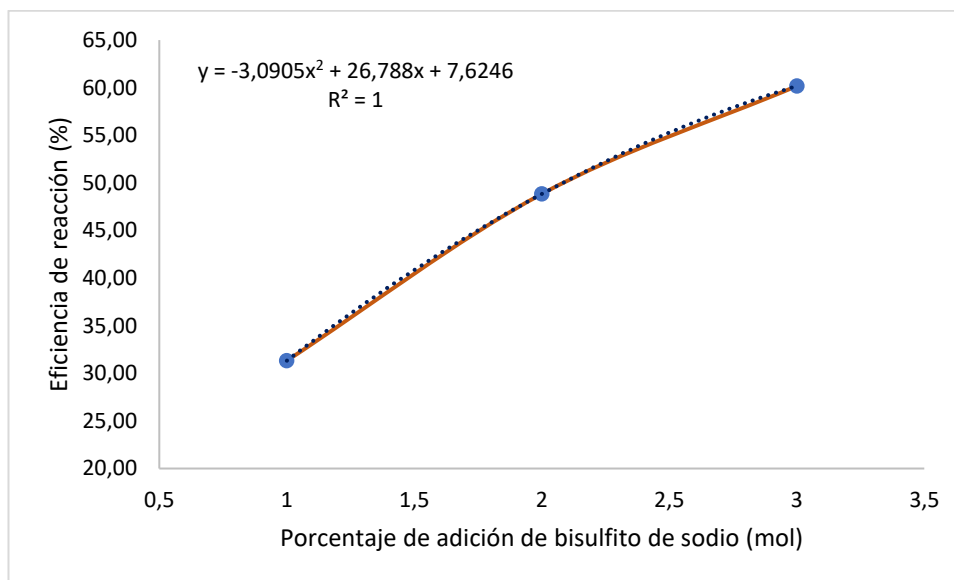


ANALYTICAL LABORATORIES
TESTING & CONSULTING

Arachidic acid	20:0	N.D.	N.D.
g-Linolenic acid	18:3(n-6)	N.D.	N.D.
Linolenic acid	18:3(n-3)	0.43	4.28
	20:3(n-6)	N.D.	N.D.
	18:4(n-3)	0.47	4.74
	21:0	N.D.	N.D.
	20:2(n-6)	N.D.	N.D.
	20:3(n-6)	N.D.	N.D.
Behenic acid	22:0	N.D.	N.D.
	20:3(n-3)	N.D.	N.D.
Arachidonic acid	20:4(n-6)	N.D.	N.D.
	22:1(n-11)	N.D.	N.D.
	22:1(n-9)	N.D.	N.D.
	20:5(n-3)	N.D.	N.D.
	21:5(n-3)	N.D.	N.D.
Eicosapentaenoic acid	20:5(n-3) EPA	0.00	0.00
Lignocenic acid	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
Docosahexaenoic acid	22:6(n-3) DHA	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.00	0.00
	22:6(n-3)	0.00	0.00
	24:0	0.00	0.00
	22:4(n-6)	0.00	0.00
	24:4(n-3)	0.00	0.00
	22:6(n-6)	0.0	

Anexo D

Ejemplo de la variación reacción de sulfitación con relación al porcentaje de adición de NaHSO_3



Nota. la función que mejor se ajusta a los datos de eficiencia de reacción de la grasa de descarte con respecto al porcentaje de sulfitación es una ecuación polinómica de segundo grado cuyo coeficiente de determinación (R^2) fue 1.

Anexo E

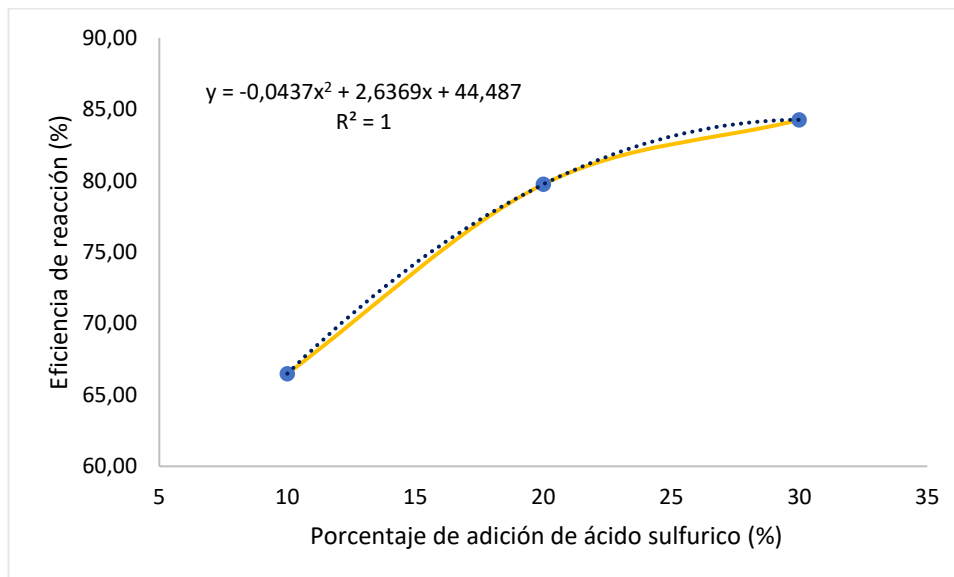
Análisis de varianza del proceso de sulfitación.

Fuente	GL	SC Sec.	Contribución	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
BISULFITO DE SODIO (mol)	2	1267.76	99.89%	1267.76	633.878	2762.20	0.000
Error	6	1.38	0.11%	1.38	0.229		
Total	8	1269.13	100.00%				

Nota. Modelo de ANOVA, mediante Diseño Completamente al Azar.

Anexo F

Ejemplo de la variación reacción de sulfatación con relación al porcentaje adición de H₂SO₄



Nota. la función que mejor se ajusta a los datos de eficiencia de reacción de la grasa de descarte con respecto al porcentaje de sulfatación es una ecuación polinómica de segundo grado cuyo coeficiente determinación (R^2) fue 1.

Anexo G

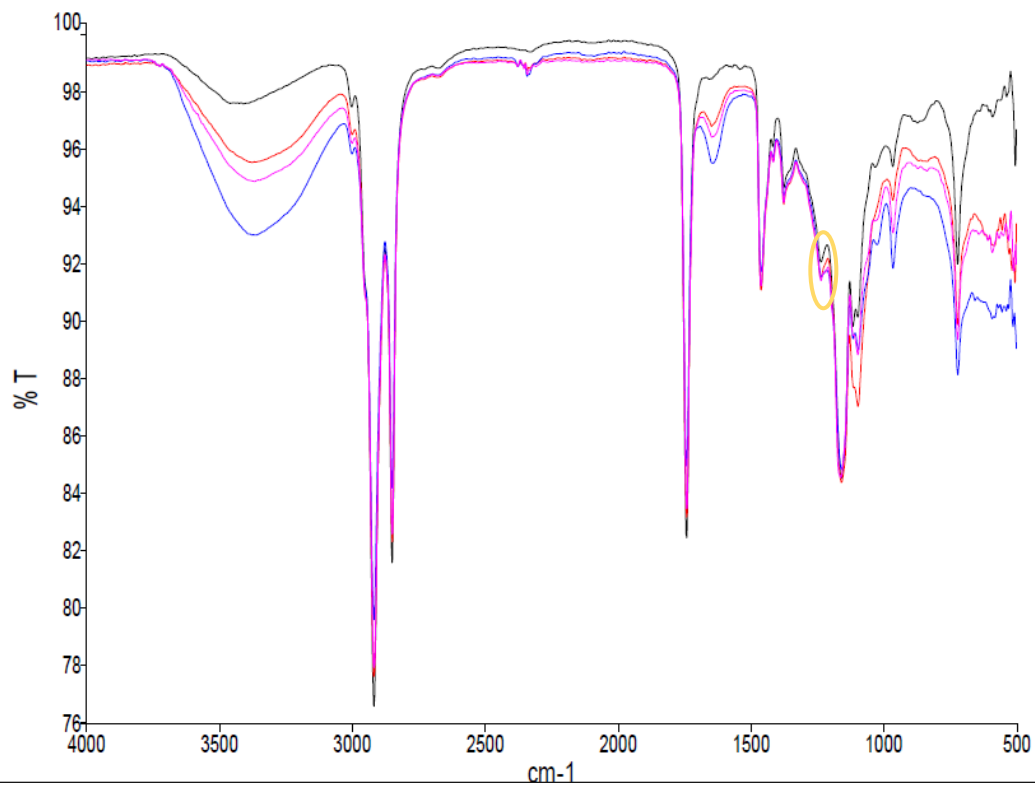
Análisis de varianza del proceso de sulfatación.

	G		Contribuc	SC	MC		Valor
Fuente	L	SC Sec.	ión	Ajust.	Ajust.	Valor F	p
ÁCIDO	2	512.214	98.98%	512.214	256.107	292.49	0.000
SULFÚRICO							
(%)							
Error	6	5.254	1.02%	5.254	0.876		
Total	8	517.468	100.00%				

Nota. Modelo de ANOVA, mediante Diseño Completamente al Azar.

Anexo H

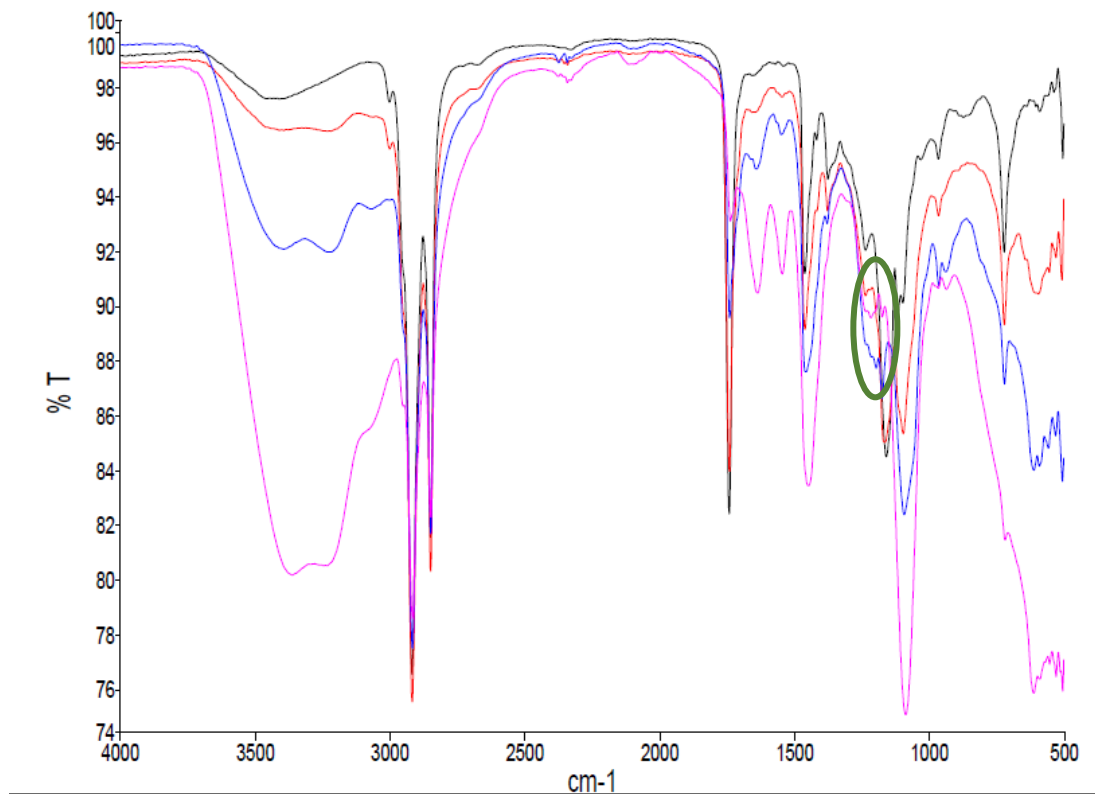
Espectrofotometría infrarroja FT-IR del control y engrasante sulfitado en diferentes concentraciones.



Nota. La banda negra representa al control es la grasa sin tratamiento, la banda roja es concentración 1.00 mol, la banda azul es de concentración 2.00 mol, la banda rosa es de concentración 3.00 mol. En el círculo amarillo indica el pico en donde se encuentra el enlace $-\text{SO}_3$.

Anexo I

Espectrofotometría infrarroja FT-IR del control y engrasante sulfatado en diferentes concentraciones



Nota. La banda negra representa al control es la grasa sin tratamiento, la banda roja es concentración 10 %, la banda azul es de concentración 20 %, la banda rosa es de concentración 30 %. En el círculo verde indica el pico en donde se encuentra el enlace -SO₃.