



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA



Optimización de hidrólisis básica para la obtención de gelatina a partir de virutas cromadas provenientes de una curtiembre de la ciudad de Ambato.

Informe Final de Integración Curricular, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Biotecnólogo, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Wilman Andrés Acosta Lescano

Tutor: Nelly Esther Flores Tapia PhD.

Ambato – Ecuador

Marzo - 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

PhD. Nelly Esther Flores Tapia

CERTIFICA

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

Ambato, 13 de Febrero de 2023

Dra. Nelly Esther Flores Tapia

C.I. 1716253305

TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Acosta Lescano Wilman Andrés, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Biotecnólogo son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Wilman Andrés Acosta Lescano', written over a horizontal line.

Acosta Lescano Wilman Andrés

C.I. 1850744010

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final de Integración Curricular, 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. Rodny David Peñafiel Ayala
C.I. 1712283520

.....

Mg. María Daniela Garcés Moncayo
C.I. 1803571585

Ambato, 10 de Marzo del 2023

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe final de Integración Curricular o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe final de Integración Curricular, con fines de difusión pública, además aprobamos 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.



Acosta Lescano Wilman Andrés

C.I. 1850744010

AUTOR

DEDICATORIA

A mi familia.

*A mis padres, por haberme enseñado valores que me han ayudado a crecer como
persona.*

Por su apoyo constante en todo momento, gracias por creer en mí y en mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

"A Dios, le agradezco por ser mi luz en los momentos oscuros y por su infinita sabiduría que me ha guiado para alcanzar mis objetivos, le agradezco por su amor y bendición en mi camino de aprendizaje.

Quiero expresar todo mi agradecimiento a toda mi familia, por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida. Este logro es también de ustedes. Gracias por ser mi pilar en mi camino hacia el éxito, en especial a mis padres por su amor y cariño en todo momento, por ser mi compañía y motivación en los momentos difíciles.

A mi tutora de tesis Dra. Nelly Flores, por darme la oportunidad de formar parte de su proyecto de investigación "Reciclaje de residuos wet blue para producir un adhesivo para zapatos" Código: SFFCIAL07. También quiero agradecerle infinitamente por su dedicación y paciencia en guiarme en el proceso.

Al Ing. Geovany Freire, por facilitarme los equipos y materiales necesarios y prestar su ayuda frente a cualquier eventualidad en el laboratorio.

Al Dr. Rodney Peñafiel, por su valiosa ayuda en la realización de algunos análisis referentes a esta investigación.

A mis amigos a quienes conocí a lo largo de esta etapa y compartí grandes momentos, gracias por su amistad.

A todas estas personas, les expreso mi más sincera gratitud por su apoyo y ayuda en la realización de esta tesis."

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. Situación ambiental por parte del sector curtidor	1
1.1.2. Industria del cuero en el Ecuador	2
1.1.3. Problemática ambiental generada por los residuos.....	2
1.1.4. Residuos producidos por la industria del cuero.....	3
1.1.5. Descripción de las etapas del proceso de curtido	6
1.1.6. La piel.....	8
1.1.7. Tipos de hidrólisis	9
1.1.8. Colágeno.....	10
1.1.9. Estructura del colágeno	10
1.1.10. Tipos de colágeno.....	11
1.1.11. Gelatina	12
1.1.12. Tipos de Gelatina.....	12
1.2. OBJETIVOS	13
1.2.1. Objetivo General:	13
1.2. 2. Objetivos Específicos:.....	13
CAPÍTULO II.....	14
METODOLOGÍA.....	14
2.1. MATERIALES	14

2.2. MÉTODOS	16
2.2.1. Determinación de humedad.....	16
2.2.2. Determinación de cenizas.....	16
2.2.3. Determinación de proteínas.....	17
2.2.4. Determinación de grasas	17
2.2.5. Determinación de pH	17
2.2.6. Preparación de la muestra.....	17
2.2.7. Secado de la gelatina.....	19
2.2.8. Cálculo del rendimiento de gelatina.....	20
2.2.9. Digestión de la muestra.....	20
2.2.10. Análisis de cromo.....	20
2.2.11. Análisis Bloom.....	21
2.2.12. Diseño experimental y análisis estadístico.....	21
CAPÍTULO III	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.1. Análisis y discusión de los resultados.....	23
3.1.1. Propiedades fisicoquímicas	23
3.1.2. Rendimiento de gelatina.....	25
3.1.3. Determinación de cromo total	27
3.1.4. Fuerza del gel.....	28
3.1.5. Propiedades mecánicas de la gelatina	30
3.1.6. Análisis de Varianza (ANOVA) para la fuerza del gel.....	31
3.1.7. Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de gelatina	34
3.1.8. Ecuación de modelo ajustado.....	38
CAPÍTULO IV	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
4.1. Conclusiones	42
4.2. Recomendaciones	43
MATERIALES DE REFERENCIA	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	14
Reactivos de laboratorio	14
Tabla 2.....	14
Equipos de laboratorio	14
Tabla 3.....	15
Insumos de laboratorio	15
Tabla 5.....	23
Propiedades fisicoquímicas de los residuos de wet blue	23
Tabla 6.....	24
Determinación del pH de las virutas de wet blue.....	24
Tabla 7.....	24
Determinación de cromo presente en residuos wet blue por método gravimétrico	24
Tabla 8.....	27
Rendimiento de gelatina recuperada del proceso de hidrólisis en función de la concentración de MgO y el tiempo	27
Tabla 9.....	27
Determinación de cromo total por espectrofotometría de absorción atómica.....	27
Tabla 10.....	30
Propiedades mecánicas de la gelatina obtenida en condiciones óptimas	30
Tabla 11.....	31
Análisis de varianza de la fuerza del gel	31
Tabla 12.....	34
Análisis de varianza para el rendimiento de gelatina	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	4
Diagrama de flujo de los procesos de curtición	4
Figura 2.....	8
Estructura de la piel.	8
Figura 3.....	11
Ilustración de la estructura molecular del colágeno	11
Figura 4.....	17
Virutas obtenidas a partir de los residuos de wet blue.....	17

Figura 5.....	18
Proceso de hidrolizado de las virutas de cromo.	18
Figura 6.....	19
Proceso de secado de la gelatina.....	19
Figura 7.....	26
Muestra de gelatina seca obtenida del proceso de hidrólisis	26
Figura 8.....	29
Fuerza de la gelatina en base a la concentración de MgO y tiempo de hidrolizado... ..	29
Figura 9.....	32
Interacción de los factores Tiempo vs Concentración de la fuerza del gel.....	32
Figura 10.....	33
Efectos principales para la fuerza del gel	33
Figura 11.....	35
Diagrama de Pareto de los efectos analizados.	35
Figura 12.....	36
Gráficas de residuos para el porcentaje de rendimiento de gelatina.....	36
Figura 13.....	37
Efectos principales en el rendimiento de gelatina	37
Figura 14.....	38
Gráficas de interacción de los factores Tiempo vs Concentración.....	38
Figura 15.....	39
Condiciones óptimas para maximizar el rendimiento de gelatina.....	39
Figura 16.....	40
Condiciones óptimas del hidrolizado	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	52
Cálculo para la determinación del porcentaje de humedad	52
Anexo 2	52
Cálculo para la determinación de cenizas	52
Anexo 3	54
Cálculo para la determinación gravimétrica de cromo.....	54
Anexo 4	56
Determinación gravimétrica del cromo	56

Anexo 5	57
Proceso de filtración del precipitado de Cr (OH) ₃	57
Anexo 6	57
Proceso de secado del precipitado de Cr (OH) ₃ obtenido después del filtrado	57
Anexo 7	57
Cálculo para la determinación del porcentaje de grasas.....	57
Anexo 8	59
Equipo para la determinación de grasas	59
Anexo 9	59
Almacenamiento de gelatina obtenida	59
Anexo 10	60
Muestras de gelatina después del secado.....	60
Anexo 11	60
Muestra seca de gelatina.....	60
Anexo 12	61
Análisis de cromo por espectrofotometría de absorción atómica.....	61
Anexo 13	61
Análisis de varianza del rendimiento de gelatina	61
Anexo 14	62
Equipo para medición de nitrógeno/proteínas por método DUMAS.....	62
Anexo 15	62
Resultados del análisis proteínas/nitrógeno en una muestra de virutas de wet blue... 62	62
Anexo 16	63
Análisis Dumas de proteínas/nitrógeno total en una muestra de gelatina.	63
Anexo 17	63
Análisis Bloom en una muestra de gelatina en un texturómetro CT3.....	63
Anexo 18	64
Informe de resultados obtenidos de la fuerza del gel.....	64
Anexo 19	65
Dureza de la gelatina en función del tiempo.	65
Anexo 20	65
Parámetros analizados en el texturómetro en una muestra de gelatina	65
Anexo 21	66
Licencia del paquete estadístico MINITAB	66

RESUMEN

La industria del cuero genera diversas preocupaciones ambientales debido a la cantidad de residuos altamente contaminantes. Entre ellos se encuentran los residuos de tipo sólido, los cuales son depositados en los rellenos o alrededor de las curtiembres. Debido a que estos residuos contienen Cromo (III) existen altas posibilidades de que este elemento se oxide en Cromo (VI). El Cromo (VI) es considerado como un elemento tóxico y cancerígeno. Es por este motivo que se requieren de alternativas que busquen aprovechar tales residuos para generar un producto de valor agregado. En el presente estudio se optimizó el proceso de hidrólisis básica con MgO para la obtención de gelatina a partir de virutas de cromo. Para ello, se realizó un diseño factorial cuyos factores fueron la concentración de MgO y el tiempo, cada uno con tres niveles. Además, se cuantificó la cantidad de cromo y se determinó la fuerza del gel, con algunos parámetros relacionados con las propiedades mecánicas de la gelatina. Los resultados del análisis de varianza mostraron que tanto el tiempo de reacción como la concentración de MgO son factores que afectan el rendimiento de gelatina al igual que su dureza. Finalmente, se realizó un diseño de superficie cuyos resultados mostraron que a condiciones del 6 por ciento de MgO durante un tiempo de reacción de 5.7 horas se consigue un rendimiento máximo estimado del 34.41 por ciento.

Palabras clave: Fuerza del gel, gelatina, gestión de residuos, gestión ambiental, wet blue.

ABSTRACT

The leather industry generates various environmental concerns due to the amount of highly polluting waste. Among them are solid wastes, which are deposited in landfills or around tanneries. Because these residues contain Chromium (III), there are high possibilities that this element oxidizes into Chromium (VI). Chromium (VI) is considered a toxic and carcinogenic element. It is for this reason that alternatives are required that seek to take advantage of such waste to generate a value-added product. In the present study, the basic hydrolysis process with MgO was optimized to obtain gelatin from chromium shavings. For this, a factorial design was carried out whose factors were the concentration of MgO and time, each one with three levels. In addition, the amount of chromium was quantified and the strength of the gel was determined, with some parameters related to the mechanical properties of the gelatin. The results of the analysis of variance showed that both the reaction time and the MgO concentration are factors that affect the gelatin yield as well as its hardness. Finally, a surface design was carried out whose results showed that under conditions of 6 percent MgO during a reaction time of 5.7 hours, an estimated maximum yield of 34.41 percent was achieved.

Keywords: Gel strength, gelatin, waste management, environmental management, wet blue.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Situación ambiental por parte del sector curtidor

La producción y consumo dependen estrictamente de los recursos naturales proporcionados por el medio ambiente, los cuales continúan teniendo un impacto devastador en el planeta (ONU, 2020). El aumento de los niveles de contaminación al igual que la explotación de los recursos naturales son problemas trascendentales que acarrearán actualmente. Por esta razón, las organizaciones internacionales y las empresas están adoptando medidas que aporten con la mitigación de los impactos ambientales generados con el objetivo de alcanzar el desarrollo sustentable de la mayor parte de los sectores económicos y productivos (CEPAL, 2014).

La industria del curtido a nivel mundial es una de las más contaminantes, haciendo que cada año se gasten significativas sumas de dinero en el tema restauración y prevención de daños ocasionados al medio ambiente (Kumar & Joshiba, 2020). En varios países de Latinoamérica donde se desarrolla esta actividad existen diferentes organismos de regulación y control, sin embargo, las industrias solo cumplen de manera parcial algunos de los parámetros ambientales a fin de evitar sanciones legales y económicas (Martínez & Romero, 2017).

En Ecuador, el Ministerio del Ambiente (MAE) es el organismo encargado de diseñar las políticas ambientales para el cuidado de los ecosistemas y adecuado aprovechamiento de los recursos naturales. Así mismo, el Código Orgánico del Ambiente (COA) es la principal norma que se encarga de regular todos los temas relacionados con una adecuada gestión ambiental (MAE, 2021). En este sentido, de acuerdo con el COA según los artículos 324 y 326, las sanciones por incumplimiento de las normas ambientales, dependiendo del tipo de infracción pueden ir desde 1 hasta 200 salarios unificados (COA, 2021).

A pesar de ello, la contaminación generada por la industria curtidora sigue provocando un deterioro ambiental significativo ya que es considerada como una de las mayores amenazas para los ecosistemas (Kumar & Joshiba, 2020). Esto debido a que en los

procesos de curtiembre se liberan residuos potencialmente tóxicos en aguas superficiales y subterráneas sin un tratamiento adecuado (**Langmaier et al., 2006**).

Por tal motivo, debido a que las industrias deben hacerse responsables de los daños provocados al ambiente varias curtiembres han tomado la iniciativa para reutilizar sus residuos y generar diferentes actividades de producción (**Silva & Salinas, 2022**). Para ello, es importante que el sector público como el sector privado trabajen en conjunto a fin de mejorar la situación actual adoptando medidas cautelares en el tema de prevención y desarrollo (**Corredor, 2006**).

1.1.2. Industria del cuero en el Ecuador

La industria del cuero en el Ecuador, en la actualidad forma parte de la dinamización económica, por lo que esta actividad es considerada como una prioridad en el plan de desarrollo del país (**Erazo, 2021**). Según **Vasquez, (2014)** la industria del cuero en el Ecuador ha crecido progresivamente, puesto que se estima que se procesan aproximadamente 350 mil pieles en el año, de las cuales la mayor parte de la demanda se encuentra orientada hacia el mercado interno del calzado, confecciones y marroquinería; mientras que el resto de la producción de cuero y pieles se exporta a diferentes países del mundo.

Cabe mencionar que la región Sierra es la mayor productora de cuero, principalmente las provincias de Tungurahua, Imbabura, Azuay y Cotopaxi (**Vasquez, 2014**). Del mismo modo, la provincia de Tungurahua cuenta con 81 industrias curtidoras y se coloca como el principal productor debido a que procesa el 78% del cuero que produce el país (**Silva & Salinas, 2022**).

1.1.3. Problemática ambiental generada por los residuos

En los procesos de curtido se hace uso de enormes cantidades de agua, al igual que de reactivos químicos entre ellos el sulfuro de cromo, sales de cromo y diferentes tipos de solventes (**Vidaurri, 2011**). Los procesos de curtido generan una variedad de residuos sólidos y líquidos que son destinados en efluentes naturales. En este sentido, se estima que se obtienen 600 kg de residuos sólidos por cada tonelada de cuero salado húmedo de los cuales solamente se obtienen 200 kg de cuero (**Catalina et al., 2006**).

Estos residuos causan una importante preocupación ambiental debido a que tienen altas concentraciones de cromo. Especialmente el cromo hexavalente (Cr VI) el cual la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo considera como un agente tóxico y cancerígeno para los seres vivos lo cual obliga a las empresas a buscar diferentes alternativas que permitan ofrecer un tratamiento adecuado a tales residuos (**Vallejo et al., 2019**). El cromo suele ser inestable a determinadas condiciones, especialmente al estar expuesto a la intemperie en los vertederos o al ser depositados alrededor de las curtiembres lo que facilita las condiciones para producir un cambio en su estado de oxidación (**Rosu et al., 2018**). Además, según **Barra & Marrufo, (2020)** la aplicación de técnicas como la incineración de residuos resulta ser poco aceptada debido a una manipulación inadecuada de los desechos y a la liberación de componentes tóxicos al ambiente.

1.1.4. Residuos producidos por la industria del cuero

- **Residuos líquidos**

Son principalmente aguas resultantes del proceso de curtido o líquidos con elevadas concentraciones de: sulfuros, sólidos suspendidos totales (SST) y elevada demanda química de oxígeno (DQO) (**Guzmán & Luján, 2010**). Sin embargo, debido a que la mayoría de industrias hacen uso del curtido al cromo (Cr), los residuos tienen abundantes cantidades de cromo en su forma trivalente (III) pero con potenciales probabilidades de convertirse en cromo hexavalente (VI) (**Kolomaznik et al., 2008**).

- **Residuos sólidos**

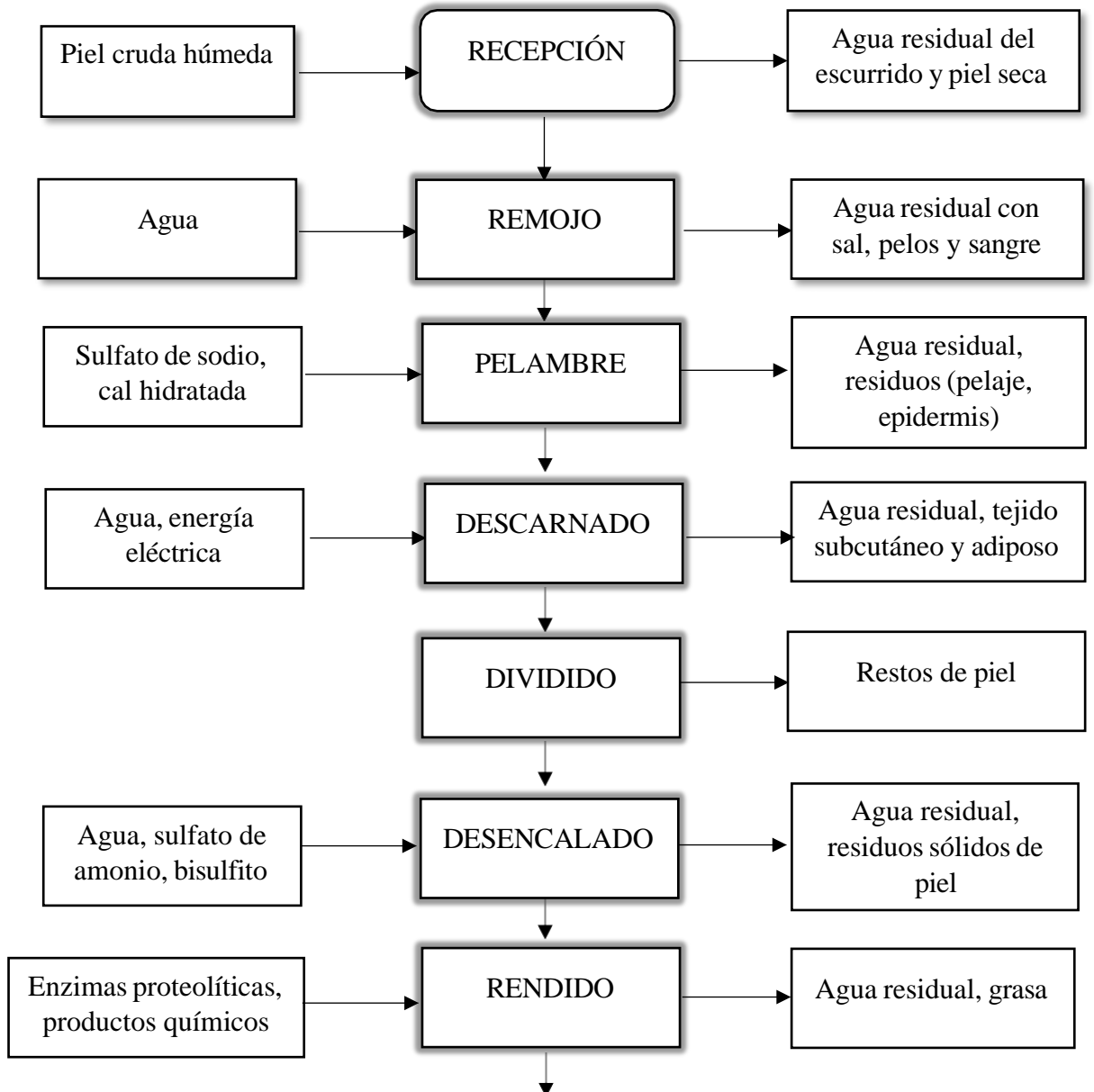
Son productos o subproductos residuales tales como pelos del animal, restos de carnaza, cal, sulfuros, retazos de cuero, virutas cromadas, grasas, polvo y aerosoles sólidos (**Silva & Salinas, 2022**). Se calcula que de la cantidad total de cueros que ingresan a la curtiduría, alrededor del 60% de los residuos sólidos se liberan en efluentes, incluyendo la materia orgánica biodegradable tales como: cabellos, fibras y fragmentos de cuero curtido (**Corredor, 2006**). Según **Guzmán & Luján, (2010)** gran parte de los desechos sólidos se producen durante la etapa de pelambre y en algunos casos estos residuos son removidos mediante filtración.

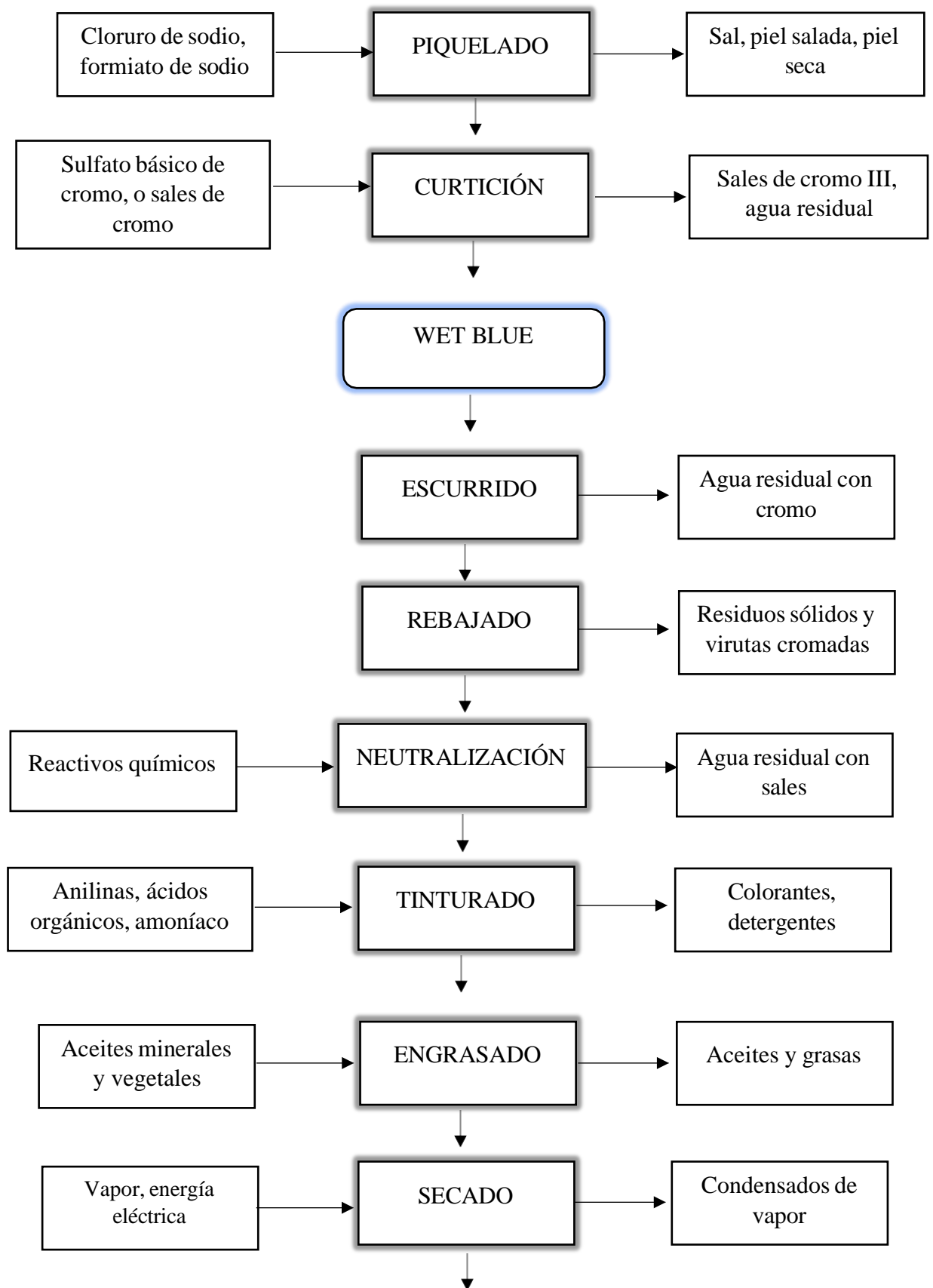
- **Emisiones atmosféricas**

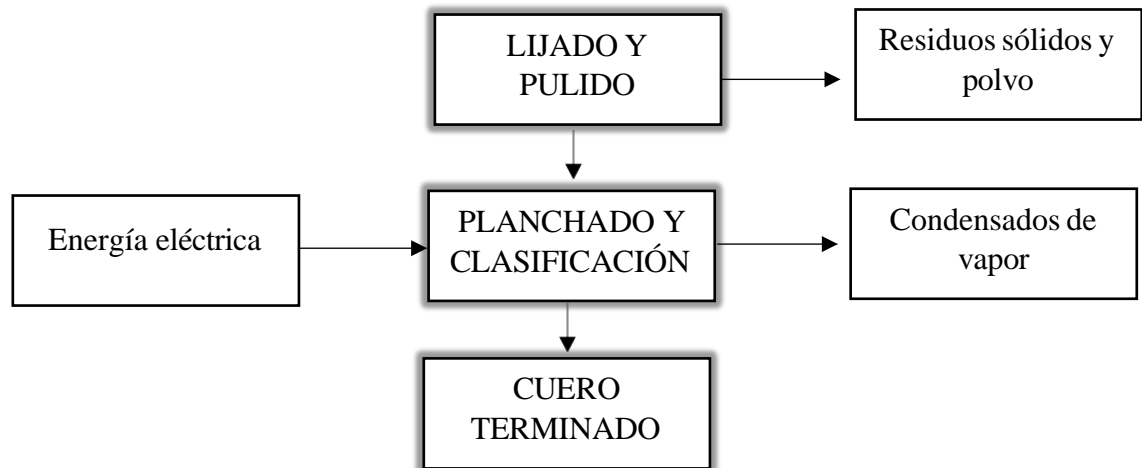
Las emisiones atmosféricas producidas por parte de la industria del cuero pueden ser olores producto de los inadecuados controles de operación de precurtido, al igual que una limpieza deficiente de equipos, contenedores, canales de drenaje, pozos de sedimentos y residuos acumulados que producen la descomposición de la materia orgánica. Además se producen vapores de los solventes y componentes químicos que se utilizan durante las operaciones (**Jordán, 2011**).

Figura 1

Diagrama de flujo de los procesos de curtición







Nota. Obtenido de: (Jordán, 2011)

1.1.5. Descripción de los procesos de curtido

A continuación, se describen las etapas del proceso de curtiduría a base de sales de cromo según Salinas, (2017).

- **Recepción**
Se almacena la piel en agua salada, manteniéndola húmeda, en donde una pequeña parte termina con impurezas, seca o con sangre.
- **Remojo**
En esta etapa se usa agua y cal para humedecer la piel, al igual que bactericidas para eliminar la suciedad de la piel.
- **Pelambre**
Proceso por el cual se quitan los pelos del animal con agua y cal, un proceso de unir y separar fibras para destruir nervios y vasos sanguíneos
- **Descarnado**
Procedimiento de separación mecánica que separa el endotelio de la piel, donde se encuentran las proteínas y las grasas.
- **Dividido**
Las capas llamadas flores, son separadas por una máquina con cuchilla.
- **Desencalado**
Este paso elimina los productos alcalinos y la piel. Durante este proceso se utiliza una solución acuosa de sales ácidas (bisulfito sódico) o sales amónicas

las cuales sirven como neutralizante de los agentes alcalinos que se hayan formado.

- **Rendido**

En esta etapa por medio de agentes enzimáticos proteolíticos como la tripsina, las fibras de colágeno de la piel se relajan. Así mismo, por medios de dichos agentes se logra quitar los restos de epidermis y la grasa de la piel que no fue eliminada en la operación anterior.

- **Piquelado**

Acción que aplica ácido, elimina incrustaciones y prepara la piel para el acondicionamiento. El valor de pH varía de 1.8 a 3.5 según el material (cuero) al que se destine el tipo de producto.

- **Curtición**

Adición de sales como sulfato básico de cromo, la cual se hidroliza para entrar en la piel y reaccionar con ingredientes orgánicos. Durante esta etapa se refuerza la estructura del cuero a partir de enlaces entre las cadenas peptídicas (Osinsky, 2006).

- **Wet-blue**

Se denomina cuero curtido al cromo o cuero azul húmedo. En esta etapa de la operación la piel se convierte en cuero para evitar su degradación.

- **Ecurrido**

Esta es una acción mecánica a través de cual se reduce el contenido de humedad del "wet blue" con un filtro especial.

- **Rebajado**

Las pieles curtidas en esta etapa pasan a un prensado. Esta operación es importante ya que se corta la materia sobrante del cuero para darle el espesor adecuado mediante una máquina equipada con cuchillas giratorias de alta velocidad. Además, es en esta etapa donde se producen virutas de "wet blue", el cual es un residuo sólido que contiene cromo.

- **Neutralización**

Mediante la neutralización, se logra que el formiato de sodio y el bicarbonato de sodio actúen sobre el ácido y las sales de cromo que no se han fijado a la piel para de este modo evitar que se produzca un proceso hidrolítico sobre las proteínas de la piel, lo que conduce a la pérdida de resistencia del material.

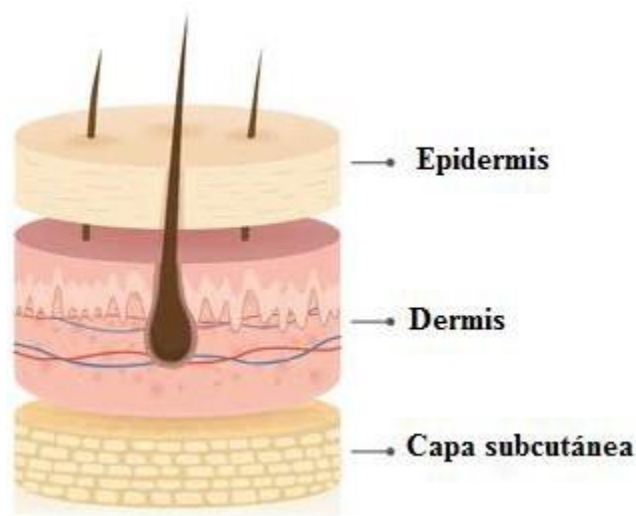
- **Tinturado**
Impregnación de color en la piel, tanto superficial como general.
- **Engrasado**
En esta etapa se utiliza aceites para lubricar las fibras.
- **Secado**
Durante esta etapa se elimina el exceso de líquido de la piel.
- **Lijado y pulido**
Operación que permite conseguir el grosor correcto.
- **Planchado y clasificación**
Proceso en el cual el cuero casi terminado salvo por algunas características adicionales como el tema de los acabados se procede a plancharlo al vapor y finalmente se clasifica según las características de elaboración.

1.1.6. La piel

Es el órgano de mayor extensión la cual se caracteriza por ser una especie de envoltura con características resistentes y flexibles. Está compuesto por tres capas: Epidermis, dermis y capa subcutánea (Buendía et al., 2018).

Figura 2

Estructura de la piel.



Nota. Obtenido de (Siritam, 2022)

- **Epidermis**

Es una capa externa de la piel que recubre en su totalidad la superficie externa del cuerpo, dentro de la cual se producen las formaciones cutáneas en el caso de los mamíferos tales como el pelo, uñas, garras, pezuñas y glándulas (Urroz, 1991).

- **Dermis**

Es una estructura de soporte de la piel y le da fuerza y elasticidad. Básicamente consiste en tejido conectivo fibroso elástico (Merino & Noriega, 2005). La dermis tiene alrededor de 30% a 35% de proteína, la mayor parte de la cual es colágeno y el resto es grasa y agua. La dermis permite formar la piel después de que las otras capas hayan sido eliminadas por medios químicos y mecánicos (Osinsky, 2006).

- **Capa subcutánea**

La dermis se combina con una capa de tejido subcutáneo sin límites claros. La capa está constituida por un tejido conjuntivo laxo el cual posee fibras que se encuentran unidas a la dermis y crean bandas de anclaje que sujetan la piel a las estructuras subyacentes (Merino & Noriega, 2005).

1.1.7. Tipos de hidrólisis

- **Hidrólisis enzimática**

Este proceso permite solubilizar proteínas a partir de una reacción producida por enzimas proteolíticas, con la particularidad de que se deben considerar las temperaturas de activación enzimática las cuales pueden variar entre los 40 y 70 °C, logrando de este modo la insolubilidad del cromo (Jordán, 2011).

- **Hidrólisis ácida**

Se produce la reacción de solubilización proteica con agentes ácidos como el ácido sulfúrico, ácido acético y ácido cítrico (Quintero & Zapata, 2017).

- **Hidrólisis básica**

Se produce la reacción mediante agentes alcalinos como el hidróxido de sodio, hidróxido de sodio o carbonato de sodio. Proceso en el cual varía su concentración al igual que el tiempo de reacción (**Vallejo et al., 2019**).

Por otro lado, según **Jordán (2011)**, el proceso de hidrólisis básica puede ser utilizado en combinación con la hidrólisis enzimática. En cualquiera de los métodos empleados, se obtienen proteínas en fase acuosa, mientras que las sales de cromo se obtienen en fase sólida en forma de precipitado. La fase sólida puede ser recuperada para un nuevo proceso de curtición agregando ácido sulfúrico puesto que se obtiene como resultado sulfato de cromo.

1.1.8. Colágeno

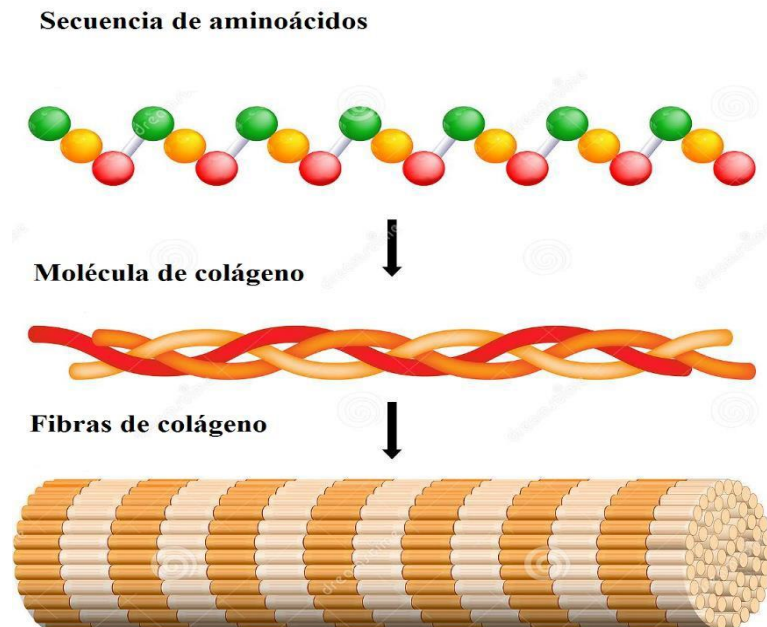
El colágeno es una proteína fibrosa que se localiza en los tendones y los tejidos conectivos, sin mencionar que tiene una importante función estructural (**Guillén, 2011**). El colágeno, tiene la particularidad de conformar los tejidos conectivos tales como: la piel, los tendones y los huesos. Es por este motivo que se la conoce como la proteína más abundante en el cuerpo. Una de sus características importantes es su excelente resistencia ya que una fibra de 1 mm de diámetro puede soportar una carga de 10 a 40 kg (**Meisenberg & Simmons, 2018**).

1.1.9. Estructura del colágeno

La unidad básica de las fibras de colágeno es la molécula de procolágeno también denominada monómero de colágeno. El monómero de colágeno tiene forma tubular, la cual cuenta con unas dimensiones de 300 nm de largo y solo 1,5 nm de diámetro. La molécula de colágeno como se puede observar en la **Figura 3** consta de tres cadenas polipeptídicas levógiras cada una de aproximadamente 1000 aminoácidos las cuales se encuentran dispuestas en una estructura helicoidal (**De Paz, 2006**).

Figura 3

Ilustración de la estructura molecular del colágeno



Nota. Obtenido de (Roda, 2021)

1.1.10. Tipos de colágeno

Según Herrera et al., (2017) se han descrito más de 26 tipos de colágeno genéticamente distintos, compuestas por al menos 46 cadenas polipeptídicas diferentes. Entre los principales tenemos los que se describen a continuación:

- **Colágeno de tipo I**

El colágeno tipo I es el colágeno más abundante el cual tiene una composición de aminoácidos inusual con 33% de glicina y 10% de prolina. También contiene 3-hidroxiprolina al 0,5%, 4-hidroxiprolina al 10% y 5-lisina hidrolizada al 1% dichos aminoácidos hidroxilados se forman a partir de los residuos prolilo y lisilo del polipéptido sintetizado de forma postraduccional (Meisenberg & Simmons, 2018).

- **Colágeno tipo II**

Este tipo de colágeno es el principal componente del tejido cartilaginoso. Se encuentra presente en los discos intervertebrales y en algunas etapas embrionarias. Es importante

porque le ofrece resistencia al tejido a medida que ejerce una presión periódica (Contreras, 2014).

- **Colágeno tipo III**

Su principal función se encuentra asociada con el soporte de los órganos. Además se localiza en el tejido muscular, las paredes de las venas, las paredes intestinales, la piel y algunas glándulas del cuerpo (Sánchez et al., 2010).

- **Colágeno tipo IV**

Es un tipo de colágeno no fibrilar que forma una capa densa de la lámina basal y juega un papel importante como barrera de filtración (Sánchez et al., 2018).

1.1.11. Gelatina

Es un subproducto del colágeno el cual proviene del cartílago, hueso y tejido conjuntivo y entre sus propiedades es que tiene la capacidad de formar geles termorreversibles (Saxena et al., 2009). Además, la gelatina se produce por la hidrólisis parcial del colágeno y entre sus principales aplicaciones es que puede ser utilizada como un emulsionante y estabilizante, cabe mencionar que permite mejorar ciertas propiedades como la textura y la retención de agua (Simon et al., 2002) (Gomez et al., 2011).

Por lo tanto, la gelatina al ser una sustancia que tiene diferentes ventajas se la utiliza principalmente en el sector industrial y farmacéutico, sin embargo, la mayor parte de la gelatina producida es gelatina alimenticia (GME, 2018).

1.1.12. Tipos de Gelatina

Según Sobral et al., (2001) existen dos diferentes tipos de gelatina:

- **Gelatina de tipo A**

Este tipo de gelatina se obtiene a través del tratamiento ácido de materias primas que contienen colágeno como por ejemplo la piel de cerdo y los huesos de ganado joven.

- **Gelatina de tipo B**

Por su parte, esta gelatina se obtiene mediante tratamiento alcalino a partir de la piel y huesos del ganado bovino.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General:

Optimizar el proceso para la obtención de gelatina a partir de virutas cromadas provenientes de una curtiembre de la ciudad de Ambato.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de los residuos de wet-blue.
- Obtener colágeno a partir de virutas de cromo aplicando un proceso de hidrolisis básica a distintas concentraciones de MgO.
- Cuantificar la cantidad de cromo que se encuentra presente en los residuos de wet-blue y en la gelatina obtenida.
- Evaluar las propiedades mecánicas de la gelatina mediante un análisis Bloom.
- Determinar la influencia significativa de los tratamientos sobre la variable respuesta mediante un análisis estadístico.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. MATERIALES

Tabla 1

Reactivos de laboratorio

Detalle	Cantidad
Óxido de magnesio (MgO) USP	200 g
Ácido nítrico (HNO ₃) 65%	100 ml
Peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂) 30%	50 ml
Hidróxido de amonio (NH ₄ OH) 30%	250 ml
N-hexano 98.5%	150 ml
Kit test HI93723-01	1 Kit

Tabla 2

Equipos de laboratorio

Detalle	Cantidad
Balanza digital OHAUS V71P30	1
Mufla BIOBASE MC10-12	1
Centrífuga HERMLE	1
Texturómetro Brookfield CT3	1
Plancha de calentamiento con agitación VELP AM4	1
Balanza analítica Radwag N1BM1F	1
Potenciómetro ACCUMET AB200	1
Agitador vertical THOMAS R010	1
Horno microondas Ethos Easy	1

Estufa Binder ED-400	1
Espectrofotómetro de absorción atómica AA500 PG	1
Fotómetro Hanna Instruments 30017	1
Sorbona Frontier Junior	1
Bomba de vacío	1
Refrigeradora	1
Extractor semi-automático SER 148	1
Analizador de nitrógeno/proteínas Dumas NDA702	1

Tabla 3

Insumos de laboratorio

Detalle	Cantidad
Crises	6
Desecador	1
Pinza de crisol	1
Varillas de agitación magnéticas	2
Bandejas de aluminio	5
Vaso de precipitación 500 mL	2
Vaso de precipitación 100 mL	2
Termómetro	1
Vaso para centrifuga	3
Paquete de fundas Ziploc	1
Paquete de fundas plásticas	1
Rotulador	1
Botellas de vidrio	5
Bandas elásticas	5

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Determinación de humedad

Se determinó la humedad de los residuos de wet-blue utilizando la Norma INEN 565 la cual sirve para conocer el grado de humedad en diferentes tipos de cuero, para ello se procedió a pesar de 2 a 5 gramos de residuos de wet-blue y se colocó en crisoles para posteriormente llevarlas a peso constante en la estufa a una temperatura de $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Este proceso se realizó por triplicado y el porcentaje de humedad se obtuvo a partir de la siguiente fórmula (INEN, 1984):

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{G - G1}{G}$$

Donde:

G = Masa de la muestra, antes del ensayo, en gramos.

G1= Masa de la muestra después del ensayo, en gramos.

2.2.2. Determinación de cenizas

Se realizó aplicando un método gravimétrico de incineración en mufla según la norma INEN 1055 en el cual se procedió a pesar 1-5 gramos de muestra para posteriormente colocarla en la estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo de 3 horas hasta evaporar el contenido de agua. Luego se procedió a incinerar la muestra en la mufla a una temperatura de 500- 550 °C por un tiempo de 2- 3 horas hasta obtener cenizas. Este proceso se realizó por triplicado y el porcentaje total de cenizas se calculó mediante la siguiente fórmula (INEN, 1984):

$$\%C = \frac{P_1 - P}{P_2 - P} \times 100$$

Donde:

P₁= Peso del crisol

P = Peso de la muestra

P₂ = Peso de las cenizas obtenidas después de la incineración en la mufla.

2.2.3. Determinación de proteínas

Se realizó a través del método Dumas en un analizador de proteínas/nitrógeno portador dual de gas Modelo: NDA702 de la marca VELP SCIENTIFICA, para lo cual se empleó 0.5 gramos de muestra seca previamente homogenizada.

2.2.4. Determinación de grasas

Se realizó mediante extracción con n-hexano en un equipo de extracción por solventes VELP SCIENTIFICA SER 148 a una temperatura de 130 °C por un tiempo aproximado de 2 horas y para lo cual se utilizó 2 gramos de muestra seca.

2.2.5. Determinación de pH

La determinación del pH de las virutas de wet blue se realizó según la norma INEN 1072 mediante un pH metro de mesa Fisher Scientific modelo AB150 y la lectura se realizó luego de mantener las virutas en agitación constante durante 2 horas.

2.2.6. Preparación de la muestra

Los residuos de wet-blue obtenidos durante la etapa de rebajado fueron proporcionados por una empresa anónima de la ciudad de Ambato y posteriormente fueron llevados al laboratorio de investigación de análisis ambiental de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Los residuos de wet-blue húmedo se secaron a una temperatura de 40°C en una estufa por un tiempo de 24 horas. Posterior a ello, los residuos se trituraron y se tamizaron hasta obtener partículas de tamaño menor a 1.4 mm como se muestra en la **Figura 4**. Finalmente se pesó 50 gramos de polvo de virutas y se almacenaron en fundas ziploc medianas para su posterior uso.

Figura 4

Virutas obtenidas a partir de los residuos de wet blue



2.2.7. Hidrólisis básica con MgO

Se hidrolizaron 50 gramos de virutas de cromo por cada 500 ml de agua potable con MgO a diferentes concentraciones y tiempos; manteniendo una temperatura de 70°C con agitación de 1200 rpm como se muestra en la **Figura 5**.

Figura 5

Proceso de hidrolizado de las virutas de cromo.



Las concentraciones de MgO con las cuales se trabajó se muestran a continuación en la **Tabla 1**. Estos datos están en una relación de porcentaje (% m/m) con respecto a los 50 gramos de virutas de cromo.

Tabla 4. Condiciones de tiempo y concentración de MgO durante la hidrólisis.

Concentración de MgO (%m/m)	Tiempo (h)
4	4
5	5
6	6

Por otro lado, para la obtención de gelatina se realizó una centrifugación a una velocidad de 3800 rpm durante 15 minutos, posteriormente se procedió con la filtración de la muestra de gelatina y se midió el pH (Vallejo et al., 2019). La torta de cromo resultante fue etiquetada y almacenada en refrigeración en fundas ziploc, mientras que en el caso de la gelatina se colocó en botellas de vidrio previamente etiquetadas.

2.2.7. Secado de la gelatina

La gelatina en estado líquido una vez recuperada del proceso de centrifugado se colocó en bandejas amplias de aluminio y se realizó un proceso de secado a una temperatura de 70 °C por 24 horas en la estufa hasta evaporar completamente el contenido de agua.

Figura 6

Proceso de secado de la gelatina



2.2.8. Cálculo del rendimiento de gelatina

La gelatina una vez seca se pesó en una balanza y su rendimiento se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{G}{W} \times 100$$

Donde:

G = masa en gramos de la gelatina seca obtenida

W = masa en gramos de virutas de “wet-blue” utilizadas inicialmente.

2.2.9. Digestión de la muestra

Previo a la determinación de cromo se realizó un proceso de digestión ácida en microondas para los residuos de wet-blue. Para ello, se pesó de 0.5 gramos de muestra previamente secada en la estufa a una temperatura de 105° C. Posteriormente se agregó 5 ml de HNO₃ con 1 ml de H₂O₂ y se procedió a calentar en el microondas a una temperatura de 170 y 180°C dejando que reaccione durante 15-20 minutos y se enfríe por un lapso de 15 minutos (CIEMAD, 2009). Finalmente se procedió a filtrar la muestra y se aforó en un balón de 100 ml con agua destilada.

2.2.10. Análisis de cromo

El análisis de cromo presente en las virutas de wet-blue se realizó en base al método gravimétrico según **DeltAcque, (2019)**. Este procedimiento consistió en calentar los 100 ml de disolución de la muestra y se agregó gotas de hidróxido de amonio al 10% hasta obtener un sedimento. El precipitado se llevó a un proceso de secado en la estufa a 100 °C para posteriormente colocarlo en la mufla a 800°C durante 2-3 horas. La cantidad de cromo presente en la muestra se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de } Cr_2O_3 = \frac{\text{masa de } Cr_2O_3}{\text{masa de la muestra}} \times 100$$

Donde:

% de Cr₂O₃= Porcentaje de óxido de cromo.

Masa de Cr₂O₃ = Peso en gramos del óxido de cromo luego del calcinado.

Masa de la muestra= Peso en gramos de muestra de virutas utilizada.

Del mismo modo, el cromo total presente en la gelatina resultante se midió a través de un espectrofotómetro de absorción atómica AA500 PG Instruments bajo el método EPA 7190 (Nieto & Pedraza, 2017). Mientras que para verificar el contenido de cromo (VI) presente en la gelatina se analizó colorimétricamente en un fotómetro multiparamétrico HANNA Modelo: HI83399 utilizando el kit HI93723-01 (HANNA Instruments, 2022).

2.2.11. Análisis Bloom

La fuerza del gel se midió mediante determinaciones Bloom según estándares GMIA en 100 ml de gelatina a una concentración del 6.67% mediante un analizador de textura Brookfield Modelo CT3. Para el texturómetro se utilizó una sonda TA-10 y una base TA-BT-KIT. Las condiciones de operación para el análisis por compresión se realizaron a una distancia de 4 mm y una velocidad 0.5 mm/s.

En adición a la fuerza del gel se midieron algunos parámetros tales como: dureza, deformación según dureza, porcentaje de deformación, adhesividad, fuerza de adhesividad, resiliencia y fracturabilidad.

2.2.12. Diseño experimental y análisis estadístico

Para determinar la concentración de MgO y tiempo óptimo en que se obtuvo mayor rendimiento de gelatina se llevó a cabo un diseño factorial 3^2 en el cual se evaluaron dos factores (tiempo y concentración de MgO) cada uno con tres niveles. Del mismo modo, los tratamientos se realizaron por triplicado lo cual resultaron en un total de 27 experimentos cuya variable respuesta fue el porcentaje de rendimiento de gelatina.

El porcentaje de rendimiento de gelatina y los resultados obtenidos de la fuerza del gel mediante el análisis Bloom se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) mediante una prueba F utilizando el Software estadístico MINITAB. De igual forma, para verificar la influencia significativa de los tratamientos sobre la variable respuesta cada factor (concentración y tiempo) se analizaron al 95% de confianza. Por último, para los datos de gelatina obtenidos se realizó un ajuste de modelo mediante un diseño de superficie y se optimizó el proceso para la obtener el mayor rendimiento de gelatina.

El diseño factorial 3^2 presenta el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_i + \delta_j + (\gamma\delta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Con $i = 1,2,3$ $j = 1,2,3$ $k = 1,2,3$

Donde:

Y_{ijk} = Efecto de los tratamientos

μ = Efecto medio general

γ_i = Efecto de los niveles del factor A (Tiempo)

δ_j = Efecto de los niveles del factor B (Concentración de MgO)

$(\gamma\delta)_{ij}$ = Efecto de la interacción de los factores A y B

k = Número de réplicas

ε_{ijk} = Error aleatorio

Las hipótesis del modelo fueron las siguientes:

H₀: El factor tiempo no afecta la variable respuesta

H_a: El factor tiempo sí afecta la variable respuesta

H₀: El factor concentración de MgO no afecta la variable respuesta

H_a: El factor concentración de MgO sí afecta la variable respuesta

H₀: La interacción de los factores tiempo y concentración de MgO no afectan la variable respuesta

H_a: La interacción de los factores tiempo y concentración de MgO sí afectan la variable respuesta

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Propiedades fisicoquímicas

La caracterización de las propiedades fisicoquímicas de los residuos de wet blue se muestran en la **Tabla 5**. Los resultados presentados se realizaron por triplicado y coinciden con las investigaciones realizadas por otros autores. Sin embargo, según **Covington, (2009)** las propiedades fisicoquímicas del wet blue dependen principalmente de la especie de cuero, el método de curtido utilizado, el proceso de curtido, la calidad de la piel y el proceso de preparación previo.

Los resultados muestran que los residuos de wet blue tienen una humedad aproximada del 55,45 %, la cual según **Jordán, (2011)** menciona que estos residuos tienen un alto contenido de humedad y su porcentaje puede variar entre un rango de 55 y 60%. La determinación del porcentaje de humedad fue útil para conocer la calidad y la estabilidad de las virutas de wet blue ya que un elevado contenido de humedad puede provocar la descomposición o la fermentación del wet blue, mientras que, si es demasiado bajo puede ocasionar la rotura o la fractura del material.

Tabla 5

Propiedades fisicoquímicas de los residuos de wet blue

Parámetro analizado	Réplicas			Porcentaje promedio (%)
	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	
Humedad	55.53	54.91	55.90	55.45 ± 0.5
Cenizas	5.78	5.83	5.76	5.79 ± 0.04
Proteínas	83.12	79.82	80.72	81.22 ± 1.71
Nitrógeno	13.3	12.77	12.92	12.99±0.27
Grasas	0.20	0.19	0.07	0.15±0.07

Nota. Parámetros fisicoquímicos analizados a los residuos de wet blue por triplicado y representados en unidades de porcentaje.

En cuanto al porcentaje de cenizas se obtuvo un valor promedio de 5.79% lo cual se encuentra dentro de los valores reportados en la literatura. Según la Norma INEN 1055, valores demasiados altos al mencionado puede ser un indicador de una determinada cantidad de impurezas y presencia de óxidos metálicos.

En la determinación de grasas, se encontró una cantidad de apenas el 0.15%, una cantidad muy baja en comparación al porcentaje de proteína que fue del 81.22 % con un porcentaje de nitrógeno total del 12.99%. Estos valores se analizaron en una muestra seca, debido a que la humedad interfería con los resultados obtenidos.

Tabla 6

Determinación del pH de las virutas de wet blue

Parámetro analizado	Réplicas			Resultado promedio
	R1	R2	R3	
pH	4.02	3.92	3.98	3.97±0.05

Nota. La determinación del pH se realizó por triplicado después de 2 horas de agitación en 100 ml de agua destilada.

En la **Tabla 6** se muestra las mediciones de pH realizadas a las virutas de wet blue, en este sentido se encontró un resultado promedio de 3.97 el cual se encuentra dentro de los valores aceptables, según la norma INEN 1072 el pH del extracto acuoso de los residuos de cuero debe estar comprendido entre un rango de 3.5 y 4.5 ya que si el valor obtenido es superior o inferior a dichos valores se le considera como poseedor de una acidez excesiva y perjudicial (INEN, 1984).

Tabla 7

Determinación de cromo presente en residuos wet blue por método gravimétrico

Parámetro analizado	Réplicas			Porcentaje promedio (%)
	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	
Porcentaje de cromo (Cr ₂ O ₃)	2.94	2.26	2.36	2.52±0.37

Nota. En esta tabla se muestra los valores por triplicado del porcentaje de cromo en forma de (Cr₂O₃) obtenidos en base al método gravimétrico con respecto a los gramos de muestra utilizados para el análisis.

El contenido promedio de cromo en forma de óxido de cromo (Cr₂O₃) fue de $2.52 \pm 0.37\%$, esto indica que no hubo mucha variación entre las réplicas a pesar de ser un método gravimétrico lo cual puede significar un método confiable. Algunas investigaciones señalan que los residuos de wet blue pueden tener cromo en forma de óxido de cromo en una concentración que puede variar entre 2.5 y 6%, por lo que el resultado obtenido se encuentra dentro de los valores reportados (**Qiang & Feng, 2011**).

3.1.2. Rendimiento de gelatina

Para el proceso de hidrolizado, se aplicó una relación 1:10 de virutas con respecto a la cantidad de agua, es decir 50 gramos de virutas en 500 ml de agua. Estos valores se tomaron a partir de referencias bibliográficas. En cuanto a la velocidad de agitación se empleó una velocidad de 1200 rpm, sin embargo, en un estudio realizado por **Scopel, et al., (2016)** se determinó que la velocidad de agitación no influenciaba en la cantidad de hidrolizado resultante. Esto puede resultar conveniente para futuras investigaciones ya que, de este modo se puede emplear bajas velocidad de agitación en el proceso con el fin de evitar gastos energéticos y de mantenimiento.

Por otro lado, se utilizó virutas de 1.4 mm ya que un menor tamaño de partícula permite que el proceso de hidrólisis se vuelva más eficiente (**Viegas, 2016**). Esto se comprobó realizando pruebas iniciales, en donde no se tamizaron los residuos del wet blue y se obtuvo un rendimiento menor al 14%. Además, el emplear virutas de gran tamaño requería de una mayor potencia del equipo de agitación. Según **Schneider et al., (2008)** con un tamaño de partícula menor a 3 mm se consigue un aumento en la velocidad de reacción debido a los procesos difusivos internos del hidrolizado.

En un estudio realizado por **Kupec et al., (2002)** en donde la hidrólisis se llevó a cabo con una temperatura constante de 70 °C se obtuvieron buenos resultados. La temperatura se verificó a lo largo del proceso, debido a que temperaturas superiores a la mencionada anteriormente provocan la disolución del cromo en el hidrolizado (**Barra & Marrufo, 2020**). Según **Schneider et al., (2008)** el operar a temperaturas

cercanas a la ebullición (80-100 °C) se logra aumentar la velocidad de reacción pero también se aumenta el riesgo de producir un cambio en el estado de oxidación del cromo. Además, según **Gómez et al., (2011)** para la conversión de colágeno en gelatina soluble se necesitan temperaturas mayores a 45 °C para romper tanto los puentes de hidrógeno como los enlaces covalentes y provocar la desestabilización de la triple hélice.

El pH se verificó que se encuentre entre un rango de 8-10 a fin de evitar la disolución del cromo en el hidrolizado (**Cabeza et al., 1998**). Se puede evidenciar en la **Tabla 8** en donde al final del proceso, el hidrolizado mostró valores de pH entre 8 y 9. Así mismo, la gelatina después del proceso de secado a una temperatura de 70 °C se muestra la **Figura 7**. En la cual se evidencia que la gelatina mantuvo un color ligeramente amarillento lo cual indica que contiene bajas cantidades de cromo debido a una baja digestión sobre el hidrolizado (**Barra & Marrufo, 2020**).

Figura 7

Muestra de gelatina seca obtenida del proceso de hidrólisis

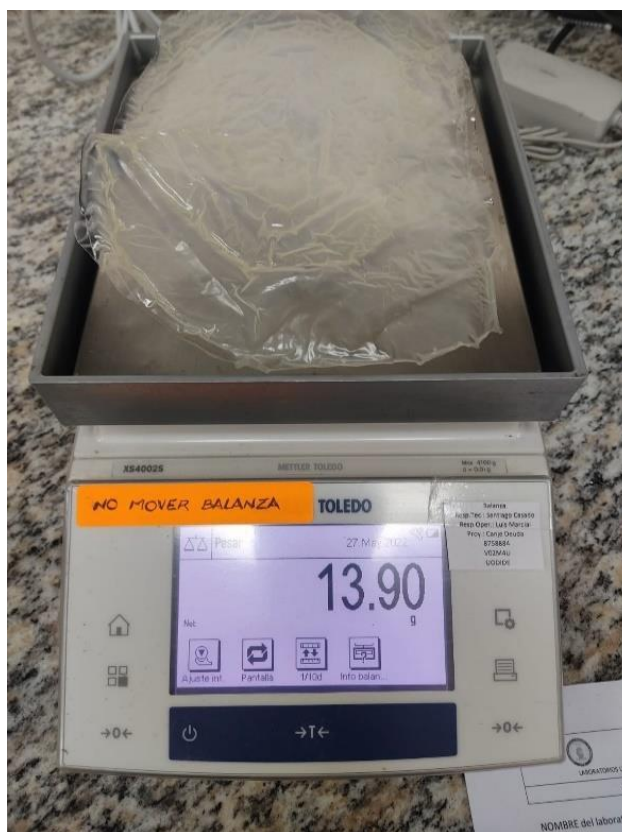


Tabla 8

Rendimiento de gelatina recuperada del proceso de hidrólisis en función de la concentración de MgO y el tiempo

Tiempo (h)	Concentración de MgO (% m/m)	Rendimiento promedio (%)	pH de la gelatina
4	4	18,01±0,54	8,19±0,15
4	5	20,24±0,73	8,70±0,19
4	6	23,97±0,06	8,72±0,24
5	4	19,14±0,85	8,25±0,12
5	5	28,33±2,06	8,77±0,16
5	6	33,99±0,97	9,27±0,15
6	4	21,11±1,25	8,25±0,14
6	5	28,93±1,60	8,79±0,12
6	6	32,68±0,32	9,20±0,13

Nota. Esta tabla describe el rendimiento promedio de gelatina seca obtenida a partir de 50 gramos de residuos de wet blue a diferentes tiempos y concentraciones de MgO.

3.1.3. Determinación de cromo total

Tabla 9

Determinación de cromo total por espectrofotometría de absorción atómica

Parámetro analizado	Muestra	Resultado promedio	Unidades
	Virutas de cromo	50.43±4.15	g/Kg
Contenido de Cromo Total	Gelatina	0.26±0.05	g/Kg

Nota. La cantidad de cromo total medida por espectrofotometría de absorción atómica obtenida a partir de 0.5g de muestra seca.

En base a los resultados que se muestran en la **Tabla 9** se pudo evidenciar que la cantidad de cromo presente en las virutas analizada por espectrofotometría de

absorción atómica es mayor a la obtenida por otros autores, los cuales reportaron valores inferiores a 50 g/kg (**Qiang & Feng, 2011**). Sin embargo, debido a que se realizaron varias diluciones para que el análisis se encuentre dentro del rango de lectura del equipo, es probable que el resultado, en particular de las virutas de cromo se encuentre alejado del valor real.

Así mismo, se puede observar que la cantidad de cromo presente en el hidrolizado de colágeno es significativamente baja en comparación con el contenido de cromo total que se encontraba inicialmente en las virutas. El valor de 0.26 ± 0.5 g/kg de cromo presente en la gelatina proveniente del hidrolizado de virutas de wet blue se encuentra dentro de los valores reportados bibliográficamente. El contenido de cromo presente en la gelatina obtenida en condiciones óptimas fue de 8.95 mg/L. Su bajo contenido se debe a que al trabajar con un $\text{pH} < 10$ el hidróxido de cromo (CrOH_3) se vuelve insoluble y precipita con mayor facilidad en forma de torta de cromo (**Schneider et al., 2008**). Además, según **Barra & Marrufo, (2020)** el cromo no solo precipita con impurezas, si no también unido a algunos aminoácidos.

En un estudio realizado por **Pahlawan et al., (2019)** en la que se trabajó con NaOH como agente alcalinizante se obtuvo un valor de 47.55 mg/L, es decir aproximadamente 6 veces mayor en comparación a la cantidad de cromo que se obtiene con MgO. Esto quiere decir que con la utilización de MgO como agente alcalinizante se logra una menor cantidad de cromo en el hidrolizado.

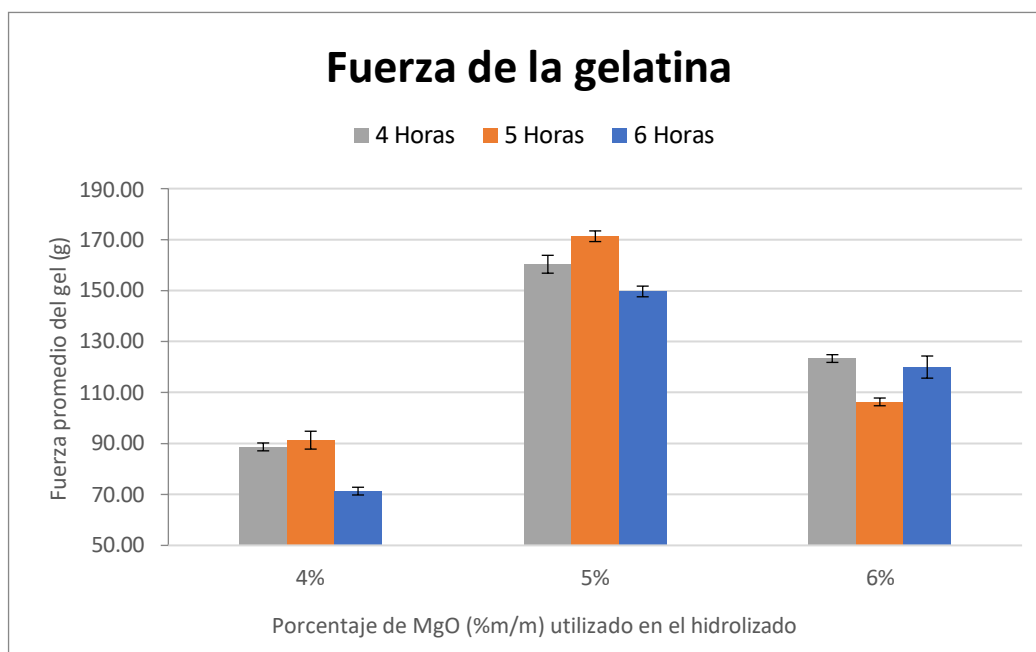
En cuanto al análisis colorimétrico, se utilizó un método de detección de rango alto (0 a 1000 $\mu\text{g/L}$) y no se detectó presencia de cromo (VI). Esto se sustenta en que la hidrólisis se realizó con un $\text{pH} < 10$ y a una temperatura constante de 70°C . Este resultado concuerda con otros autores los cuales señalan que no debe existir cromo hexavalente bajo estas condiciones (**Scopel et al., 2019**).

3.1.4. Fuerza del gel

Las mediciones realizadas por el texturómetro CT3 se muestran en la **Figura 8**. Los valores expresados en gramos Bloom representan la fuerza del gel. El análisis Bloom es un método estándar para determinar la fuerza necesaria para presionar un embolo en una muestra de gelatina. Esta prueba suele ser utilizada y adaptada para medir diferentes tipos de geles (**GMIA, 2013**).

Figura 8

Fuerza de la gelatina en base a la concentración de MgO y tiempo de hidrolizado



Nota. La tabla describe la fuerza del gel expresados en gramos Bloom de las gelatinas preparadas a una concentración del 6.67% y medidas en un analizador de textura CT3.

Los resultados de la **Figura 8** muestran que la fuerza del gel varía en función del tiempo y la concentración de MgO utilizado en el proceso de hidrólisis. En general, se observa que con la gelatina obtenida con una concentración del 5% de MgO con un tiempo de reacción de 5 horas se consiguen valores más altos, mientras que al emplear una concentración del 4% de MgO en un tiempo de reacción de 6 horas se obtiene una menor fuerza del gel.

Los productos comerciales se han clasificado según dichos valores, por ejemplo, una fuerza (<150) indica un Bloom bajo, un rango medio puede ir de 150 hasta 220 gramos y mayor a este valor la gelatina se considera de un Bloom alto. El rango de valores obtenidos en la gelatina según la fuerza de gelificación fue un mínimo de 70 a un máximo de 173 gramos, esto quiere decir que la gelatina se encuentra entre un Bloom bajo y medio. Además, mientras mayor sea la fuerza del gel, menor será su viscosidad y se necesitará menores concentraciones de gelatina para su gelificación (**GME, 2018**).

Con respecto al análisis Bloom, altos valores indican que la estructura del gel esta más preservada por lo que tendrá mayor masa molar pero un menor grado de hidrólisis. En

cuanto a la potencial aplicación que se le puede dar a la proteína extraída a partir de las virutas de wet blue son apropiados para la preparación de productos de polímeros de injerto que permita rellenar las áreas más sueltas de los cueros mejorando sus propiedades tales como fuerza o suavidad (Zehra et al., 2019). El principal uso que podría tener este producto es como agente de curtido o acabado del cuero (Mu et al., 2003). Por otro lado, según Schneider et al., (2008) el hidrolizado proveniente de las virutas, debido a sus características puede tener un potencial uso en elaboración de adhesivos y pegamentos.

3.1.5. Propiedades mecánicas de la gelatina

Tabla 10

Propiedades mecánicas de la gelatina obtenida en condiciones óptimas

Parámetro	Resultado	Unidad
Dureza	128.67 ± 2.52	g
Deformación según dureza	3.95 ± 0.07	mm
Deformación a objetivo	7.91 ± 0.14	%
Fuerza adhesividad	9.67 ± 2.08	g
Adhesividad	0.83 ± 0.06	mJ
Resiliencia	0.96 ± 0.05	Área cm ² /Área cm ²
Fracturabilidad	128.33 ± 2.08	g

Nota: Parámetros analizados a la gelatina por el texturómetro CT3 en un análisis por compresión con una carga de activación de 4g y una velocidad de 0.5 mm/s.

La **Tabla 10** presenta algunos parámetros analizados por el texturómetro en muestras de gelatina obtenida en condiciones óptimas. En ella se evidencia que la dureza fue de 128.67 ± 2.52 g, este valor expresado en unidades de fuerza (g) se refiere a la resistencia de una muestra de gelatina a ser comprimida. En cuanto a la deformación según dureza, se obtuvo un valor de 3,95 mm, esta cantidad es la deformación producida en la muestra de gelatina en relación con la dureza de la misma. Este resultado corresponde aproximadamente el 8% de la deformación producida.

El valor de la fuerza de adhesividad fue de 9.67 g. Esta cantidad es la fuerza requerida para romper una adhesión entre dos superficies, mientras que la adhesividad de 0,83

mJ, hace referencia a la cantidad de energía requerida para romper la adhesión entre dichas superficies y por lo tanto se expresa en mili Joules (mJ).

También se obtuvo una resiliencia de 0,96, este valor es adimensional ya que se encuentra en unidades de área/área porque es interpretada como la capacidad de una muestra de gelatina para recuperar su forma original después de haber sido deformada. Por último, se calculó la fracturabilidad de la muestra cuyo valor fue de 128.33, este valor es la cantidad de fuerza requerida para romper una muestra de gelatina (Brookfield Ametek, 2011).

3.1.6. Análisis de Varianza (ANOVA) para la fuerza del gel

Los resultados del análisis de varianza realizado para la fuerza del gel mostraron que el modelo propuesto es estadísticamente significativo, en donde el tiempo y la concentración de MgO son factores que afectan en la gelificación. Los resultados también indican que existe una interacción significativa entre los factores tiempo y concentración de MgO ya que el *valor p* resultó ser inferior a 0.05.

Tabla 11

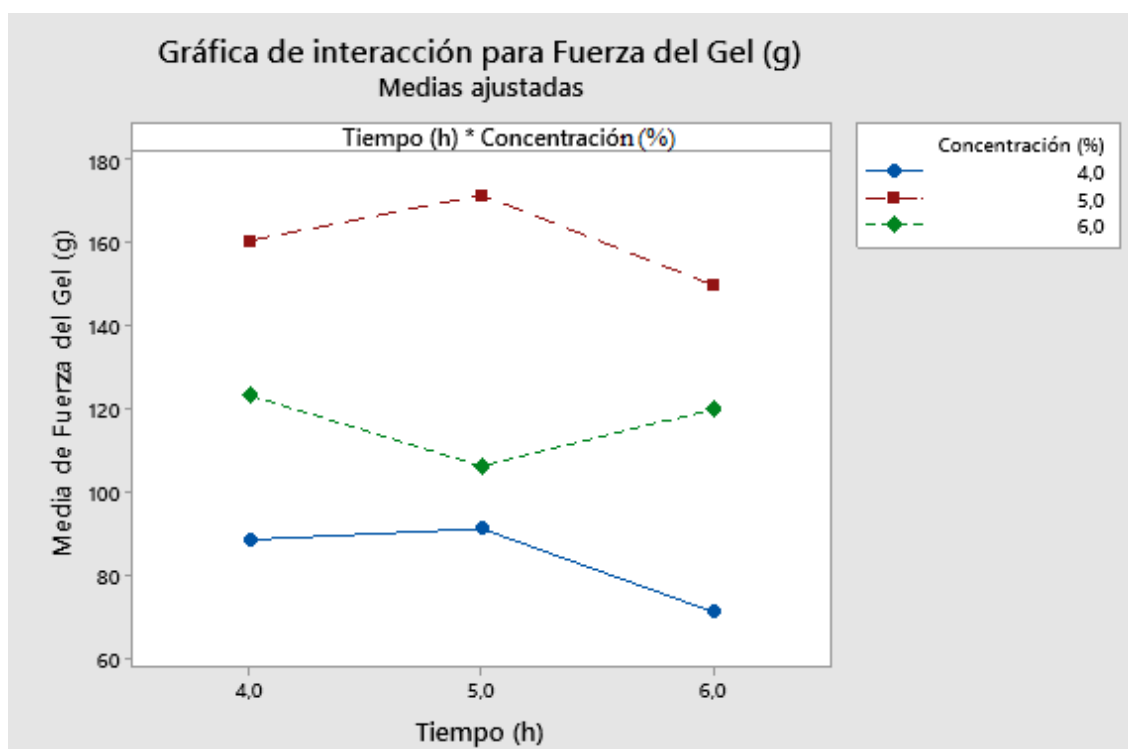
Análisis de varianza de la fuerza del gel

Fuente	GL	SC	MC	Valor	Valor
		Ajust.	Ajust.	F	p
Modelo	8	28533,9	3566,7	520,55	0,000
Lineal	4	27227,5	6806,9	993,44	0,000
Tiempo	2	592,3	296,1	43,22	0,000
Concentración de MgO	2	26635,2	13317,6	1943,65	0,000
Interacciones de 2 términos	4	1306,4	326,6	47,66	0,000
Tiempo *Concentración de MgO	4	1306,4	326,6	47,66	0,000
Error	18	123,3	6,9		
Total	26	28657,2			

Nota. Resultados del análisis de varianza obtenidos en el paquete estadístico Minitab para determinar la influencia del tiempo y concentración sobre la fuerza del gel.

Figura 9

Interacción de los factores Tiempo vs Concentración de la fuerza del gel

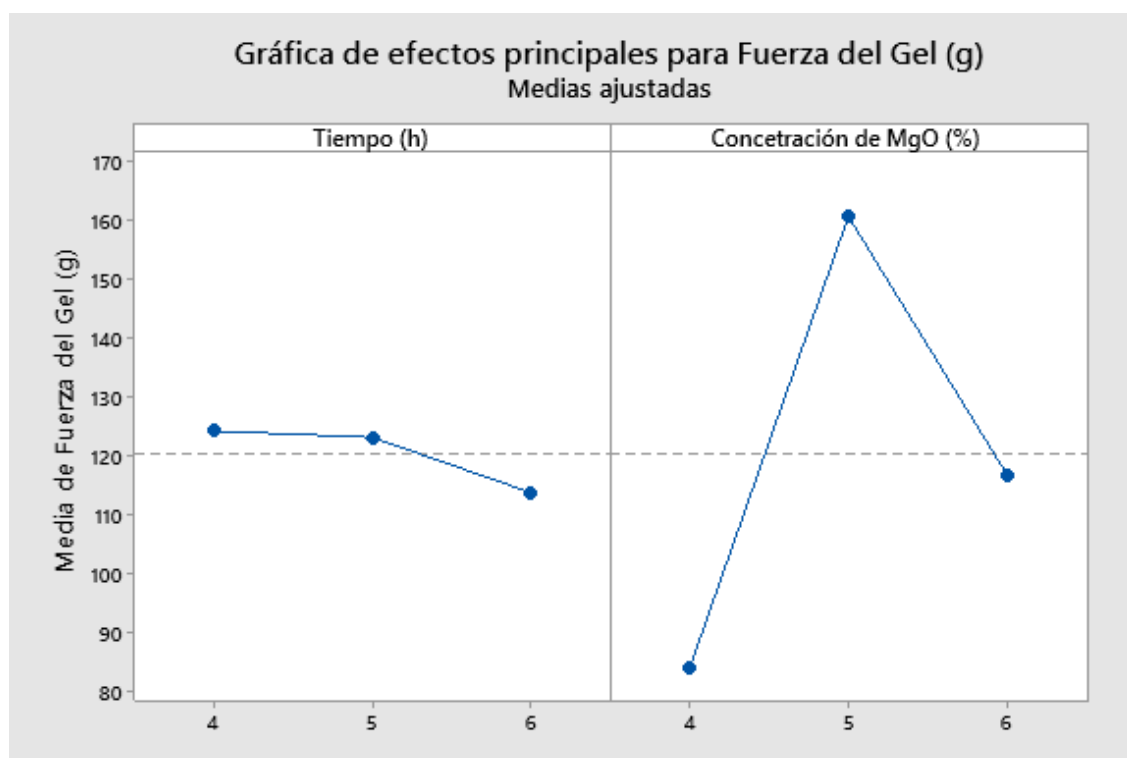


En la **Figura 9** se puede observar un tipo de interacción antagonista en donde la relación entre tiempo y concentración de MgO en la fuerza del gel no es lineal, sino que se ve afectado por la interacción entre ambos. Es evidente que con una concentración del 5% de MgO se consiguen valores más altos de la fuerza del gel, sin embargo, disminuye a medida que el tiempo de reacción aumenta en el transcurso de 5 a 6 horas. En comparación con la concentración de 6% en donde se puede observar que ocurre lo contrario, puesto que en el transcurso de 4 a 5 horas la fuerza del gel disminuye, pero aumenta en el transcurso de 5 a 6 horas.

Por otro lado, la interacción entre las concentraciones de 5 y 6% de MgO, significa que el efecto de un factor varía dependiendo del valor de otro factor, es decir que el efecto de la concentración de MgO en la fuerza del gel puede ser diferente en función del tiempo de hidrólisis utilizado.

Figura 10

Efectos principales para la fuerza del gel



En la **Figura 10** se evidencia un efecto negativo del factor tiempo ya que la fuerza del gel disminuye a medida que aumenta el tiempo de hidrolizado. En cuanto a la concentración, se observa que la gelatina obtenida con una concentración del 5% de MgO, se consigue mayor fuerza del gel. También se observa que cuando la concentración de MgO es al 6 % la fuerza del gel disminuye. Esto puede deberse a que la gelatina posee una elevada concentración de sales de MgO lo cual puede provocar problemas de gelatinización (**Scopel et al., 2019**).

Además, estos resultados pueden estar influenciados por otros factores como el pH el cual según un estudio realizado por **Elsayed et al., (2021)** en el que se realizó una hidrólisis alcalina se encontró que a un pH de 9.5 se obtiene una mayor fuerza del gel. En ese sentido, se menciona que un pH inferior o mayor a dicho valor se obtiene una baja solubilidad de la gelatina y por ende valores bajos en el análisis Bloom.

3.1.7. Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de gelatina

En el modelo del análisis de varianza, el efecto total de todas las variables independientes, los efectos lineales y su interacción entre ambos factores fueron identificados como significativos debido a que se obtuvo un valor $p < 0.05$, mientras que en los efectos cuadráticos la concentración resultó que no influye en el rendimiento de gelatina.

Tabla 12

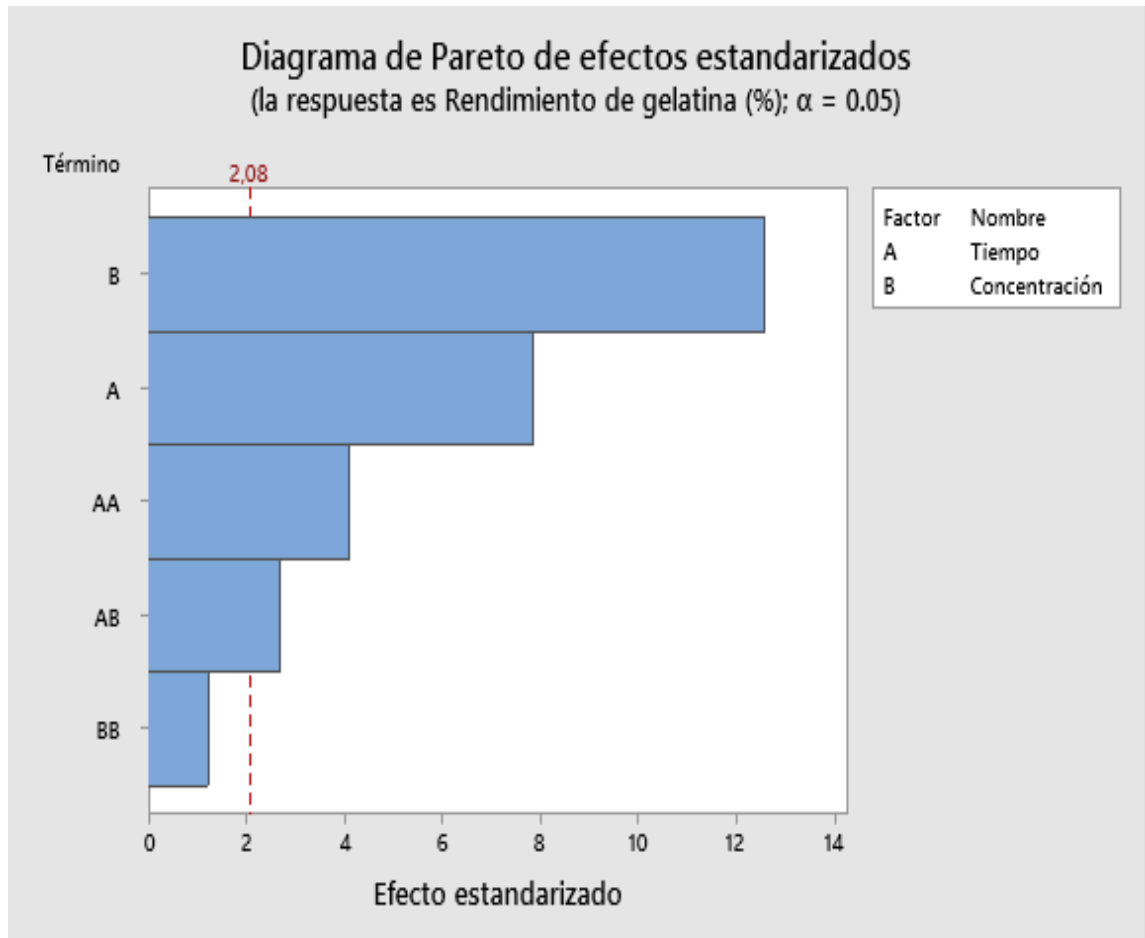
Análisis de varianza para el rendimiento de gelatina

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	812.034	162.407	49.10	0.000
Lineal	2	727.714	363.857	110.01	0.000
Tiempo	1	203.482	203.482	61.52	0.000
Concentración	1	524.232	524.232	158.50	0.000
Cuadrado	2	60.800	30.400	9.19	0.001
Tiempo*Tiempo	1	55.856	55.856	16.89	0.001
Concentración*Concentración	1	4.944	4.944	1.49	0.235
Interacción de 2 factores	1	23.520	23.520	7.11	0.014
Tiempo*Concentración	1	23.520	23.520	7.11	0.014
Error	21	69.457	3.307		
Falta de ajuste	3	45.216	15.072	11.19	0.000
Error puro	18	24.241	1.347		
Total	26	881.491			

Nota. Resultados del análisis de varianza obtenidos en el paquete estadístico Minitab, en el que se estudió los efectos lineales y cuadráticos de los factores tiempo y concentración sobre el rendimiento de gelatina.

Figura 11

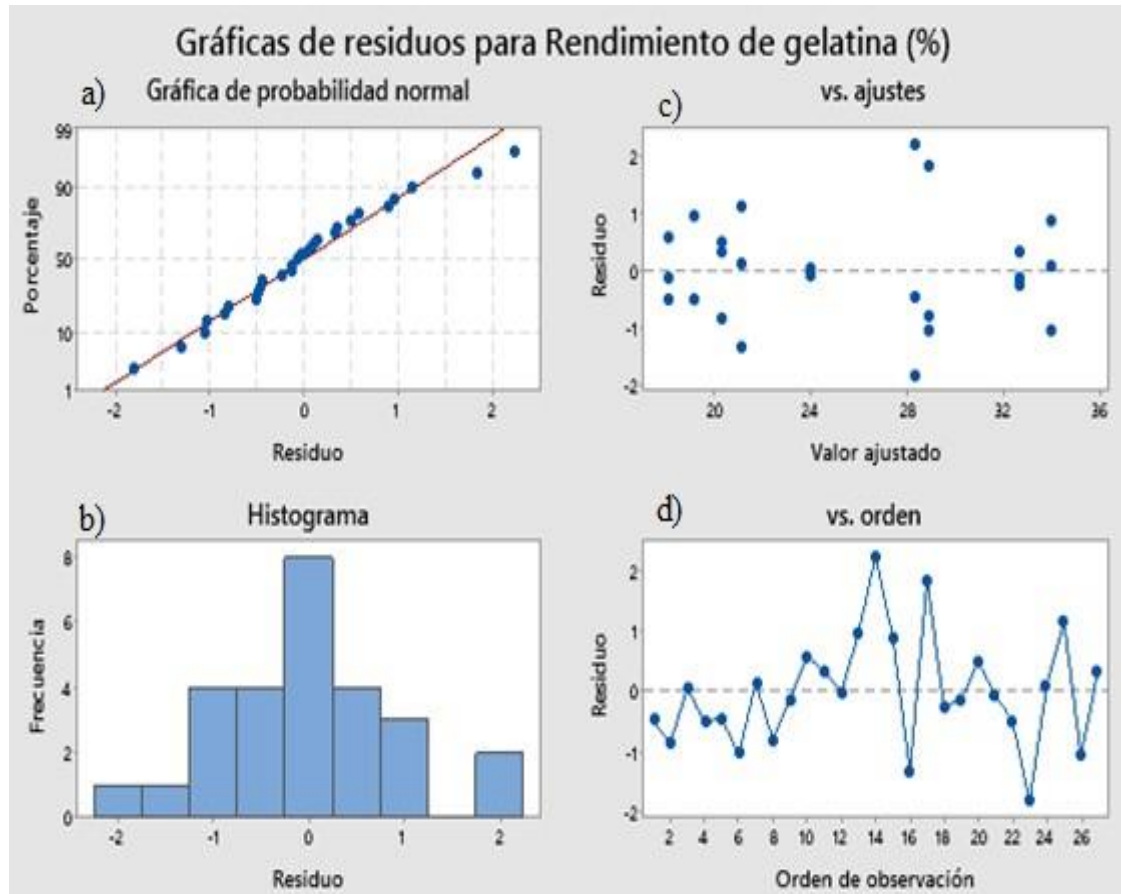
Diagrama de Pareto de los efectos analizados.



La **Figura 11** muestra un diagrama de Pareto, en donde se puede observar que cuatro de los cinco efectos estudiados superan el umbral generado de 2.08 y por lo tanto su interacción tiene influencia significativa sobre la variable respuesta. El factor que no tuvo una influencia significativa en el rendimiento de la gelatina fue el efecto cuadrático de la concentración de MgO.

Figura 12

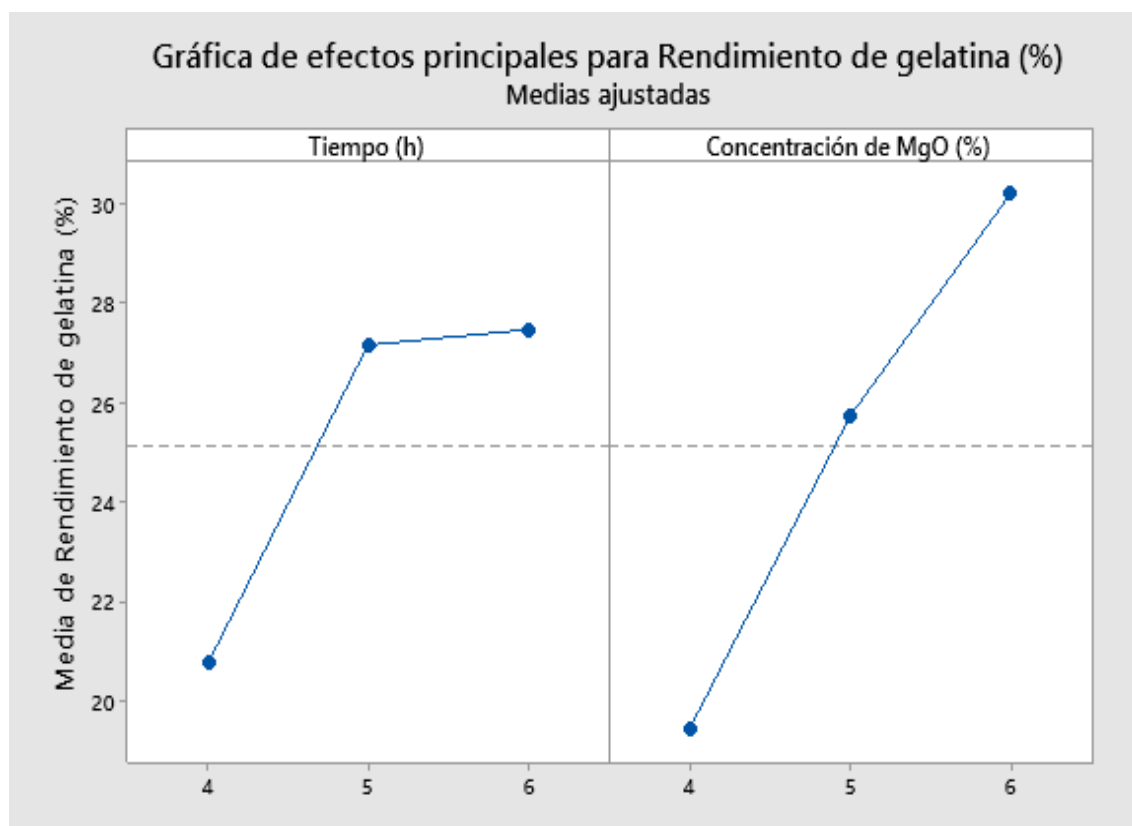
Gráficas de residuos para el porcentaje de rendimiento de gelatina



La **Figura 12** muestra las gráficas de residuos, en la gráfica (a) se observa que los puntos se ajustan cercanos a la recta y complementando con la gráfica (b) se puede evidenciar que los resultados tienen una distribución normal, para considerar relevante el resultado del análisis de varianza, en donde se puede evidenciar que no existen valores atípicos. En la figura (c) se observan los residuos vs los ajustes, tales residuos en la figura (d) indican que hasta cierto punto los resultados muestran cierta estabilidad, sin embargo, existe una variabilidad de los mismos a la mitad de los experimentos. Esto probablemente debido a que los valores no siguen una linealidad y los resultados se ven influenciados por la interacción de ambos factores.

Figura 13

Efectos principales en el rendimiento de gelatina

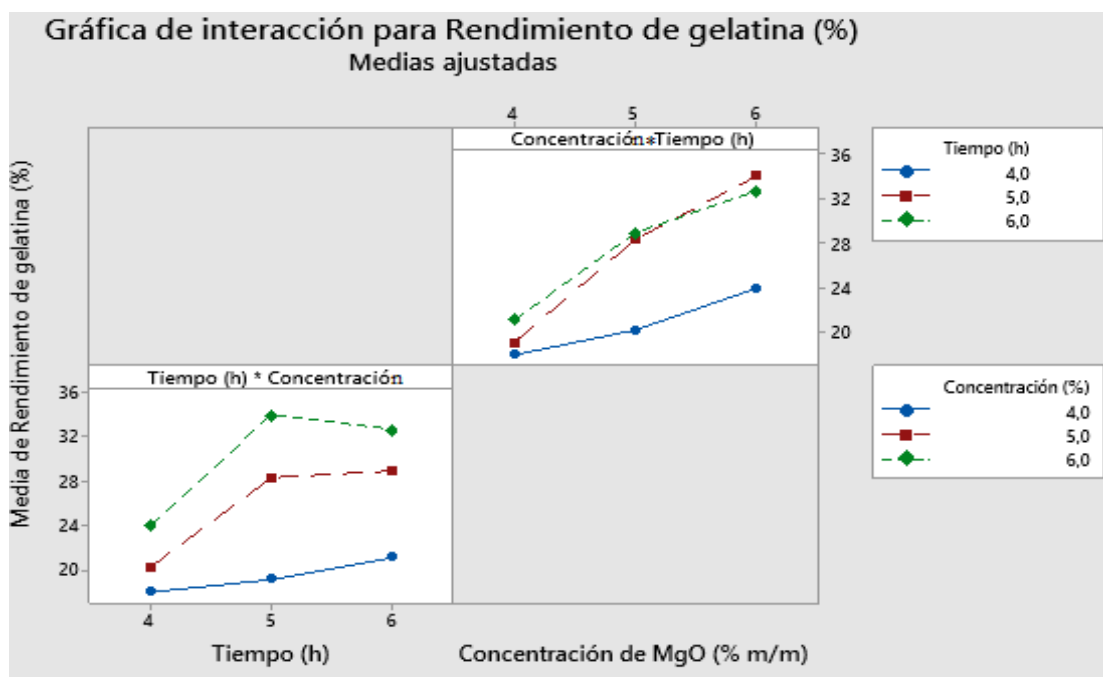


Del mismo modo, en la **Figura 13** se evidencia un efecto positivo de los factores con respecto a la variable respuesta ya que al aumentar el tiempo de hidrolizado y la concentración de MgO se obtiene mayor rendimiento de gelatina recuperada durante el proceso. Con una concentración del 6% de MgO se consigue mayor rendimiento debido a que a medida que se aumenta la basicidad del proceso se produce un aumento de la acción hidrolítica sobre las fibras de colágeno (**Hussien et al., 2014**). Según **Vallejo et al., (2019)** a un pH alcalino con valores mayores a 8.5 la reacción de hidrólisis es más efectiva.

Por último, con respecto al tiempo se observa que el rendimiento de gelatina aumentó progresivamente en el transcurso de 4 a 5 horas, en comparación con la gelatina recuperada en el lapso de 5 a 6 horas.

Figura 14

Gráficas de interacción de los factores Tiempo vs Concentración



En la **Figura 14** se muestra el comportamiento del rendimiento de gelatina, en donde se puede evidenciar que se alcanza un incremento máximo en el rendimiento de gelatina cuando el tiempo de reacción es de 5 horas. De igual forma en la gráfica de interacción de la concentración vs tiempo se puede evidenciar que existe una interacción entre estos dos factores, lo que significa que el efecto de la concentración de MgO sobre el rendimiento de gelatina depende del tiempo de hidrolizado. Además, se observa que a concentraciones del 5 y 6% de MgO hay un aumento significativo del rendimiento en comparación con la concentración del 4 % de MgO.

3.1.8. Ecuación de modelo ajustado

Para los datos de gelatina obtenida el valor del coeficiente de determinación fue de $R^2 = 92.12 \%$ y el coeficiente de determinación ajustado fue $R^2 = 90.24$, con lo cual se puede decir que existe un ajuste aceptable de los datos experimentales. De este modo, se obtuvo la ecuación de modelo ajustado como:

$$\text{Rendimiento de gelatina (\%)} = -57.9 + 26.87 A - 1.60 B - 3.051 A \times A + 1.400 A \times B$$

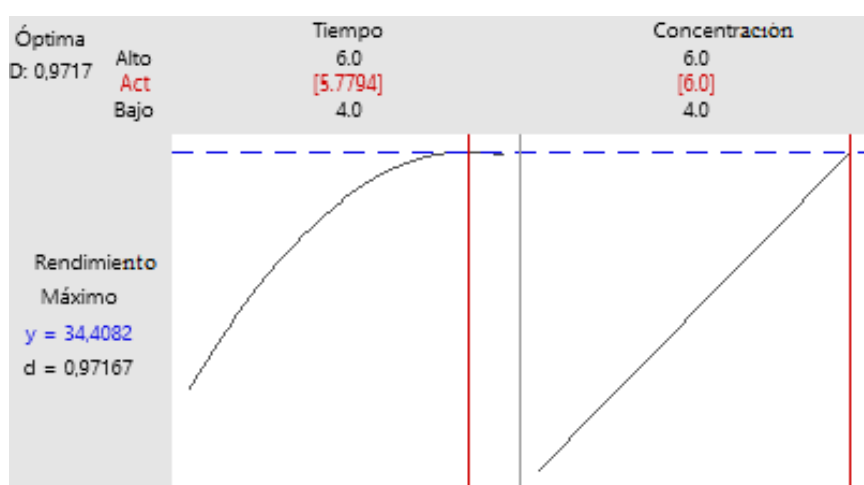
Donde:

A = Tiempo

B = Concentración de MgO

Figura 15

Condiciones óptimas para maximizar el rendimiento de gelatina



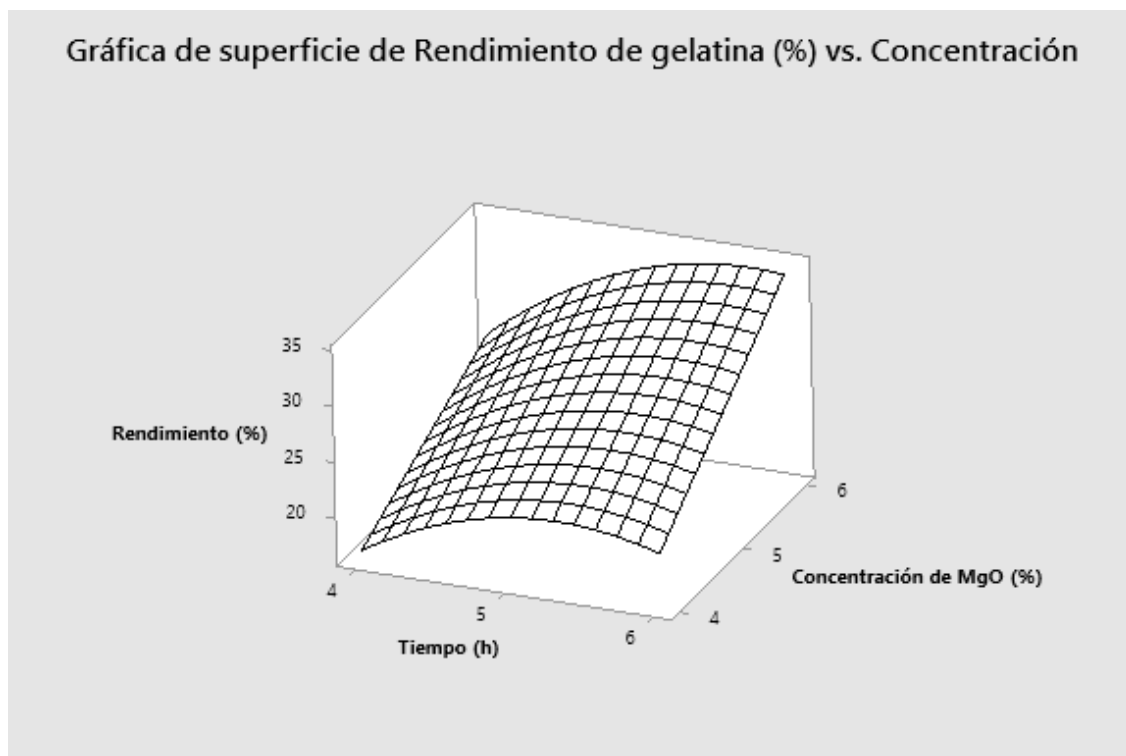
En base a la ecuación anterior se obtuvo las condiciones óptimas para porcentaje de rendimiento de gelatina las cuales se muestran en la **Figura 15**. Los valores de las condiciones óptimas a las que se debe efectuar la hidrólisis fueron de un tiempo de reacción de 5.78 horas y una concentración del 6% de MgO para conseguir un rendimiento máximo estimado del 34.41 %, que con respecto a los 50 gramos de virutas corresponden a 17.21 gramos de gelatina.

3.1.9. Diseño de superficie

En la **Figura 16** del diseño de superficie, el eje Z corresponde a la variable respuesta, mientras que los ejes X, Y representan el tiempo y la concentración respectivamente. En ella se puede observar que a medida que se aumenta el tiempo y la concentración de MgO se logra obtener un mayor rendimiento de gelatina.

Figura 16

Condiciones óptimas del hidrolizado



Para optimizar el proceso se estudiaron diferentes concentraciones de MgO, la concentración más alta fue del 6% con respecto a 50 gramos de virutas de wet blue debido a que en estudios previos se obtuvo resultados satisfactorios. En un estudio realizado por **Scopel, et al., (2016)** se comprobó que al utilizar una concentración de MgO de entre 4 y 8% se conseguía valores más bajos de pH en el hidrolizado y por ende una menor concentración de cromo en la gelatina.

De igual forma, se realizaron estudios previos para determinar el tiempo requerido para producir grandes cantidades de gelatina optando por analizar tres tiempos (4, 5 y 6 horas) ya que según otros investigadores aumentar el tiempo de hidrólisis de 3 a 6 horas se consigue aumentar el rendimiento de proteína en un 21.2% (**Scopel, et al., 2016**). Sin embargo, al superar las 6 horas de proceso no se consiguió buenos resultados y el rendimiento bajó de forma considerable. Esto debido a que el hidrolizado al estar expuesto al sobrecalentamiento por mucho tiempo las subunidades del colágeno comienzan a degradarse (**Zhang et al., 2013**).

En un estudio realizado por **Nieto & Pedraza, (2017)** se encontró que con NaOH como agente alcalino se obtiene mayor rendimiento debido a que una base fuerte frente a una base débil como el MgO ejerce mejor desnaturalización y un mayor grado de hidrólisis. Sin embargo, su uso puede provocar un aumento del pH del hidrolizado provocando una digestión excesiva del colágeno (**Mu et al., 2003**). Del mismo modo, una hidrólisis alcalina con MgO mostraba mayores ventajas en comparación con una hidrólisis de tipo ácida, en donde es más probable que ocurra un cambio en el estado de oxidación del cromo (III) a cromo (VI) (**Schneider et al., 2008**).

Por último, cabe mencionar que la aplicación de la hidrólisis alcalina con MgO hace que el proceso sea más fácil de controlar en comparación con otros agentes. EL punto negativo es que el proceso de hidrólisis requirió de mayor tiempo para obtener una cantidad significativa de gelatina. Sin embargo, según **Beltrán & Kolomaznik, (2012)** mencionan que un mayor tiempo de reacción permite separar los complejos de cromo y por ende obtener un bajo contenido de cromo residual en el hidrolizado.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se determinó las propiedades fisicoquímicas de los residuos de wet blue. Los análisis se realizaron por triplicado, y los valores promedio fueron pH 3.7, humedad 55.45%, cenizas 5.71%, proteínas 81.22%, nitrógeno total 12.99% y grasas 0.15%. Se encontró que estos valores coinciden con investigaciones anteriores; pero en general, los mismos pueden variar de acuerdo con el proceso de curtido, la calidad de la piel y el proceso de preparación previo.

Se obtuvo colágeno a partir de virutas de cromo aplicando un proceso de hidrólisis básica a distintas concentraciones de MgO. Se encontró que, al aumentar la concentración del MgO se obtiene mayor rendimiento de gelatina debido a que se produce un aumento de la basicidad del hidrolizado y se consigue una mayor acción hidrolítica en las fibras de colágeno. De igual forma un aumento de del tiempo de reacción entre 5 y 6 horas permitió obtener mayor rendimiento de gelatina con bajas cantidades de cromo residual.

Se cuantificó la cantidad de cromo que se encuentra presente en los residuos de wet-blue y en la gelatina obtenida. La cantidad de óxido de cromo por método gravimétrico fue de 2.52 ± 0.37 %. En cuanto a cromo total por espectrofotometría en las virutas y en la gelatina fueron de 50.43 ± 4.15 g/kg y 0.26 ± 0.05 g/kg respectivamente. Además, bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el proceso no se detectó la presencia de cromo hexavalente en el hidrolizado.

Se evaluó las propiedades mecánicas de la gelatina mediante un análisis Bloom. Los datos obtenidos indican que la gelatina se encuentra entre un Bloom de rango bajo y medio. Se encontró que la fuerza del gel disminuye a medida que aumenta el tiempo de hidrolizado, pero también se encontró que una elevada concentración de sales MgO puede provocar problemas de gelatinización. De igual forma, el análisis en la gelatina obtenida en condiciones óptimas tuvo una dureza de 128.67 g, una adhesividad de 0.83 mJ con una fuerza de adhesión de 9.67 g, una resiliencia de 0.98 y una fracturabilidad

de la gelatina de 128.33g.

Se determinó la influencia significativa de los tratamientos sobre la variable respuesta mediante un análisis estadístico. Los resultados de este estudio demostraron que tanto el tiempo como la concentración son factores importantes que afectan significativamente el rendimiento y la fuerza de gelatinización. Por otro lado, a través del diseño de superficie se obtuvo un rendimiento óptimo de gelatina estimado de 34.41% trabajando en condiciones de concentración del 6% de MgO con un tiempo de reacción de 5.7 horas.

En base a lo mencionado anteriormente, se puede concluir de manera general que se optimizó el proceso de hidrólisis básica, la misma que se llevó a cabo a partir de virutas cromadas proporcionadas por una curtiembre de la ciudad de Ambato, con lo cual se aprovechó un material que normalmente se considera un residuo para de este modo reducir el impacto ambiental.

4.2. Recomendaciones

- Es recomendable que durante el proceso de hidrólisis se tape adecuadamente el recipiente para evitar la evaporación del agua.
- Para obtener virutas de menor tamaño se debe realizar un pretratamiento térmico a una temperatura mayor a 40° C a los residuos de wet blue para facilitar el proceso de trituración.
- Se debe realizar análisis de viscosidad a la gelatina para comparar dichos valores con la fuerza de gelificación de la misma.
- Se debe determinar la cantidad de sales de MgO que se encuentran presentes la gelatina obtenida.
- Se recomienda obtener sales básicas de cromo a partir del hidróxido de cromo recuperado de la torta de cromo y que puedan ser evaluadas en la reutilización durante el proceso de curtido.

MATERIALES DE REFERENCIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barra, J., & Marrufo, S. L. (2020). Optimization of alkaline hydrolysis of chrome shavings to recover collagen hydrolysate and chromium hydroxide. *16 Leather and Footwear Journal*, 20, 1. <https://doi.org/10.24264/lfj.20.1.2>
- Beltrán, J. C., & Kolomaznik, K. (2012). *Optimization of Alkaline Hydrolysis of Chrome Shavings for Chromium Oxide Recovery*. 5(4), 1–13. <https://www.proquest.com/docview/1355670858>
- Brookfield Ametek. (2011). *CT3 TEXTURE ANALYZER Operating Instructions*. [https://www.brookfieldengineering.com//media/ametekbrookfield/manuals/texture/ct3manualm08-372f1116.pdf%0Ahttps://www.brookfieldengineering.com/-/media/ametekbrookfield/manuals/texture/ct3 manual m08-372-f1116.pdf?](https://www.brookfieldengineering.com//media/ametekbrookfield/manuals/texture/ct3manualm08-372f1116.pdf%0Ahttps://www.brookfieldengineering.com/-/media/ametekbrookfield/manuals/texture/ct3%20manual%20m08-372-f1116.pdf?)
- Buendía, A., Mazuecos, J., & Camacho, F. M. (2018). Anatomía y fisiología de la piel. In *Manual de Dermatología* (2da Edición). [https://www.berri.es/pdf/MANUAL DE DERMATOLOGIA, 2 Vols. \(Tapa Dura\)/9788478856282](https://www.berri.es/pdf/MANUAL%20DE%20DERMATOLOGIA,%202%20Vols.%20(Tapa%20Dura)/9788478856282)
- Cabeza, L. F., Taylor, M. M., Dimaio, G. L., Brown, E. M., Marmer, W. N., Carrió, R., Celma, P. J., & Cot, J. (1998). Processing of leather waste: Pilot scale studies on chrome shavings. Isolation of potentially valuable protein products and chromium. *Waste Management*, 18(3), 211–218. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(98\)00032-4](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(98)00032-4)
- Catalina, M., Attenburrow, G., Cot, J., Covington, A. D., & Antunes, A. P. M. (2006). Isolation and characterization of gelatin obtained from chrome-tanned shavings. *II Eurocongreso IULTCS: Innovación y Nuevas Tecnologías Para El Futuro de La Industria Global Del Cuero*. [https://www.aaqtic.org.ar/congresos/istanbul2006/Visual Displays/V 20 - Isolation and characterization of gelatin obtained from chrome-tanned shavings.pdf](https://www.aaqtic.org.ar/congresos/istanbul2006/Visual%20Displays/V%20Isolation%20and%20characterization%20of%20gelatin%20obtained%20from%20chrome-tanned%20shavings.pdf)
- CEPAL. (2014). Acceso a la información, participación y justicia en temas ambientales en América Latina y el Caribe. Situación actual, perspectivas y ejemplos de buenas prácticas. *Medio Ambiente y Desarrollo*, 151, 74.

<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/21751>

- CIEMAD. (2009). *Método general por microondas de digestión ácida en matrices ambientales*.1–15.
https://www.ciemad.ipn.mx/assets/files/ciemad/docs/sgc/procedimientos/IPN_AC-06-00.pdf
- COA. (2021). *El Código Orgánico del Ambiente (COA) – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa/>
- Contreras, R. (2014). *¿Qué es el colágeno?* La Guía. <https://biologia.laguia2000.com/bioquimica/que-es-el-colageno>
- Corredor, J. L. (2006). El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: Cuenca alta del río Bogotá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 16(2), 14–28. <https://doi.org/10.18359/rcin.1230>
- Covington, T. (2009). Tanning Chemistry. The Science of Leather. In *International Conference Globalization, Innovation and Development. Trends and Prospects (G.I.D.T.P.)(Vol.10)*.
https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Og7OwDQp0CwC&oi=fnd&pg=PA445&dq=leather+tanning&ots=C5nuADbSFa&sig=ZHnGfjc7tPFOrITAFaq5G1jIfJA&redir_esc=y#v=onepage&q=leather+tanning&f=false
- De Paz, P. (2006). *Estimulación de la síntesis de Colágeno en cultivos celulares Posible tratamiento de enfermedades* [Universidad de Granada]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=47720&info=resumen&idioma=ENG>
- DeltAcque. (2019). *Metodología gravimétrica para la determinación del cromo*.
- Elsayed, N. H., Taha, G. M., & Mohamed, O. A. (2021). Industrial Gelatin from Leather Chrome Shavings Wastes. *Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences*, 2(10), 1035–1043. <https://doi.org/10.37871/jbres1346>
- Erazo, J. (2021). Capital intelectual y gestión de innovación: Pequeñas y medianas empresas de cuero y calzado en Tungurahua–Ecuador. *Revista de Ciencias*

- Sociales*, 27(SpecialIssue 4), 230–245. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i.37004>
- GME. (2018). *Gelatine Manufacturers of Europe*. <https://www.gelatine.org/es/aplicaciones/industria-alimentaria.html>
- GMIA. (2013). Standard testing methods for edible gelatin. *Gelatin Handbook*, July, 27. <http://www.gelatin-gmia.com>
- Gomez, M. C., Gimenez, B., Lopez, M. E., & Montero, M. P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1813–1827. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2011.02.007>
- Guillén, M. V. L. (2011). Estructura y Propiedades de las Proteínas. *Bioquímica Médica*, 5, 1–162. https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf
- Guzmán, K., & Luján, M. (2010). Reducción de emisiones de la etapa de pelambre en el proceso de curtido de pieles. *Acta Nova*, 4(4), 464–492. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892010000200002
- HANNA Instruments. (2022). *Kit químico de pruebas para cromo VI, HANNA® instruments Ecuador*. <https://hannainst.ec/productos/linea/analisis-de-agua/kit-quimico-de-pruebas-para-cromo-vi/>
- Herrera, A., Ruiz, H., & Zumeta, M. (2017). La súper familia de las colágenas. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(2), 260–270. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002017000200024
- Hussien, M., Balaraman, M., & Rao, R. (2014). *Preparation of Collagen Hydrolysate Syntan from Delimed Pelt Trimmings for Post Tanning Application and for Stabilizing Collagen Fibers*. Addis Ababa University.
- INEN. (1983). *Cueros - Determinación de cenizas sulfatadas totales y cenizas insolubles en agua*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1055.pdf>
- INEN. (1984). *Cueros. Determinacion de la humedad del cuero*.

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/565.pdf>

INEN. (1998). *Cueros. Medida del pH del extracto acuoso de un cuero*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1072.pdf>

Jordán, M. F. (2011). Obtención de Colágeno por Hidrólisis Alcalina-Enzimática del Residuo de Wet Blue en el Proceso de Curtición. In *Facultad de Ciencias: Vol. Bachelor*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1630>

Kolomaznik, K., Adamek, M., Andel, I., & Uhlirova, 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, P. S., & Joshiba, G. J. (2020). Leather and Footwear Sustainability. In *Textile Science and Clothing Technology*.
https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Qbb1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=leather+and+Footwear+sustainability&ots=56NexeOn_q&sig=Iu3Q3qkNUSH9JOs1vCE7B-C8kuc&redir_esc=y#v=onepage&q=leather and Footwear sustainability&f=false

Kupec, J., Dvorácková, M., Rudlová, S., Ruzicka, J., & Kolomazník, K. (2002). Deproteination of chrome waste by washing and enzymatic hydrolysis. *Journal of the American Leather Chemists Association*, *97*(9), 349–354.
<https://www.researchgate.net/publication/283832773>

Langmaier, F., Mokřjš, P., Karnas, R., Mládek, M., & Kolomazník, K. (2006). Modification of chrome-tanned leather waste hydrolysate with epichlorhydrin. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, *90*(1), 29–34.
https://www.researchgate.net/publication/288063094_Modification_of_chrome-tanned_leather_waste_hydrolysate_with_epichlorhydrin

MAE. (2021). *El Código Orgánico del Ambiente (COA) – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa/>

Martinez, S. Y., & Romero, J. A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad.

Revista Facultad de Ciencias Económicas, 26(1), 113–124.
<https://doi.org/10.18359/rfce.2357>

Meisenberg, G., & Simmons, W. (2018). *Principios de bioquímica médica. 4ta edition*, 1049.
https://tienda.elsevier.es/principios-de-bioquimica-medica-9788491132974.html?_gl=1*1om11s1*_ga*MTI0NzA0NTU4MC4xNjY3ODY4MjI5*_ga_4R527DM8F7*MTY2Nzg2ODIyOC4xLjAuMTY2Nzg2ODIyOC4wLjAuMA..

Merino, J., & Noriega, M. J. (2005). Fisiología general la piel: estructura y funciones. *Open Course Ware, Universidad de Cantabria*, 1–7.
<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/879/course/section/967/Tema%252011-Bloque%2520II-La%2520Piel.%2520Estructura%2520y%2520Funciones.pdf>

Mu, C., Lin, W., Zhang, M., & Zhu, Q. (2003). Towards zero discharge of chromium-containing leather waste through improved alkali hydrolysis. *Waste Management*, 23(9), 835–843. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(03\)00040-0](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(03)00040-0)

Nieto, A. C., & Pedraza, A. C. (2017). *Evaluación del proceso enzimático para la producción de hidrolizado de colágeno a partir de las virutas de cuero “WET-BLUE”* [Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano].
<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/2675>

ONU. (2020). Consumo y producción sostenibles - Desarrollo Sostenible. In *Objetivos de desarrollo sostenible* (p. 108).
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>

Osinsky, D. (2006). Cuero, Pieles Y Calzado. In *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (p.881).
<https://www.insst.es/documents/94886/161971/Capítulo+88.+Cuero,+pieles+y+calzado>

Pahlawan, I. F., Sutyasmi, S., & Griyanitasari, G. (2019). Hydrolysis of leather shavings waste for protein binder. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 230(1), 012083.

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012083>

- Qiang, X. H., & Feng, H. (2011). Collagen extracted from chrome shavings using alkali and Enzyme. *2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, RSETE 2011 - Proceedings*, 5810–5813. <https://doi.org/10.1109/RSETE.2011.5965675>
- Quintero, J., & Zapata, J. E. (2017). Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Ácido de Subproductos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) mediante un Diseño de Superficie de Respuesta. *Informacion Tecnologica*, 28(1), 109–120. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100011>
- Roda, N. (2021). *Construye tu colágeno desde los cimientos - Méderi*. Construye Tu Colágeno Desde Los Cimientos. <https://mederinutricion.com/construye-tu-colageno-desde-los-cimientos/>
- Rosu, L., Varganici, C., Crudu, A., Rosu, D., & Bele, A. (2018). Ecofriendly wet–white leather vs. conventional tanned wet–blue leather. A photochemical approach. *Journal of Cleaner Production*, 177, 708–720. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.237>
- Salinas, V. (2017). El Cuero producción artesanal y industrial en el Ecuador. *Universidad Del Azuay*, 156–197. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3849/1/10454.pdf>
- Sánchez, I., Candelas, D., & Ruiz, R. (2010). Dermal fillers: Types, indications, and complications. In *Actas Dermo-Sifiliograficas* (Vol. 101, Issue 5, pp. 381–393). Elsevier Doyma. <https://doi.org/10.1016/j.ad.2010.01.004>
- Sánchez, Y., Cuevas, C., & Zeppeling, M. (2018). Colágeno: Nuevas Aplicaciones Clínicas en Reumatología. *Revista Chilena de Reumatología*, 123–125. [https://www.medfinis.cl/img/libros/Colageno 2018 Yunchoy Sanchez.pdf](https://www.medfinis.cl/img/libros/Colageno%202018%20Yunchoy%20Sanchez.pdf)
- Saxena, A., Tripathi, B. P., Kumar, M., & Shahi, V. K. (2009). Membrane-based techniques for the separation and purification of proteins: An overview. In *Advances in Colloid and Interface Science* (Vol. 145, Issues 1–2, pp. 1–22). Adv Colloid Interface Sci. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2008.07.004>
- Schneider, A., Flores, H., Gunst, E., & Rodi, E. (2008). Aglomerado de virutas de cuero propiedades térmicas y mecánicas. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias*

Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica.
<https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/14451>

- Scopel, B., Lamers, D., Matos, E., Baldasso, C., & Dettmer, A. (2016). Collagen hydrolysate extraction from chromed leather waste for polymeric film production. *Journal of the American Leather Chemists Association*, *111*(1), 30–40. <https://journals.uc.edu/index.php/JALCA/article/view/3641>
- Scopel, B. S., Restelatto, D., Baldasso, C., Dettmer, A., & Santana, R. M. C. (2019). Steam explosion as pretreatment to increase gelatin extraction yield from chromium tanned leather wastes. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, *38*(2), 367–373. <https://doi.org/10.1002/EP.12956>
- Silva, M. J., & Salinas, D. (2022). La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Revista Científica UISRAEL*, *9*(1), 69–80. <https://doi.org/10.35290/RCUI.V9N1.2022.427>
- Simon, A., Vandanjon, L., Levesque, G., & Bourseau, P. (2002). Concentration and desalination of fish gelatin by ultrafiltration and continuous diafiltration processes. *Desalination*, *144*(1–3), 313–318. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(02\)00333-8](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(02)00333-8)
- Siritam, S. (2022). *Tres Capas Principales De La Piel Humana*. Inmagine Lab Pte Ltd. https://es.123rf.com/photo_121198574_tres-capas-principales-de-la-piel-humana-con-3-dimensiones-en-forma-de-circulo-ilustración-sobre-dia.html?vti=nmxtsuweswu1qr5r8p-1-30
- Sobral, P., Menegalli, F., Hubinger, M., & Roques, M. (2001). Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloids*, *15*(4–6), 423–432. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00061-3](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00061-3)
- Urroz, C. (1991). *Elementos de anatomía y fisiología animal*. <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=K25RmJ28OCQC&oi=fnd&pg=PA20&dq=ANATOMIA+ANIMAL&ots=bE6tFB0KNi&sig=HxQAR4qqIrzJerQq-Da-qHKZtwc>
- Vallejo, J. S., Almonacid, L. Y., Agudelo, R. N., Hernández, J. A., & Ortiz, Ó. L.

- (2019). Evaluación de la hidrólisis alcalina-enzimática para la obtención de colágeno hidrolizado a partir virutas de cuero curtido. *Revista ION*, 32(1), 55–62. <https://doi.org/10.18273/REVION.V32N1-2019005>
- Vasquez, V. (2014). Análisis comparativo sobre el método de producción del cuero entre las provincias de Tungurahua y Azuay. In *Universidad del Azuay*. https://www.google.com/search?q=Análisis+comparativo+sobre+el+método+de+producción+del+cuero+entre+las+provincias+de+Tungurahua+y+Azuay&rlz=1C1UUXU_esEC996EC996&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Vidaurre, J. (2011). La sustentabilidad en la industria de la curtiduría y su relación con el entorno urbano. El caso de León, Guanajuato, México. *Investigación y Ciencia*, 19(51), 25–32. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67418397004>
- Viegas, T. R. (2016). *Aglomeración de colágeno hidrolizado em leite fluidizado com água e polpa de amora* [UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS]. <http://orcid.org/http://orcid.org/00>
- Zehra, B., Rub Nawaz, H., Solangi, A., & Nadeem, U. (2019). Extraction of Protein from Chrome Shavings, Modification with Acrylic Monomers and Further Re-Utilization in Leather Processing. *American Scientific Research Journal for Engineering*, 52(1), 98–104. <https://core.ac.uk/download/pdf/235050728.pdf>
- Zhang, Y., Olsen, K., Grossi, A., & Otte, J. (2013). Effect of pretreatment on enzymatic hydrolysis of bovine collagen and formation of ACE-inhibitory peptides. *Food Chemistry*, 141(3), 2343–2354. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.05.058>

ANEXOS

Anexo 1

Cálculo para la determinación del porcentaje de humedad

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{G - G1}{G} \times 100$$

Donde:

G = Masa de la muestra, antes del ensayo, en gramos.

G1= Masa de la muestra después del ensayo, en gramos.

Datos:

Peso del crisol A1:

Peso de la muestra + crisol:

Réplica 1

$$\text{Porcentaje de humedad \%} = \frac{3.0503 - 1.3577}{3.0503} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de humedad \%} = 55.53$$

Réplica 2

$$\text{Porcentaje de humedad \%} = \frac{3.0165 - 1.36}{3.0165} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de humedad \%} = 54.91$$

Réplica 3

$$\text{Porcentaje de humedad \%} = \frac{3.0059 - 1.3255}{3.0059} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de humedad \%} = 55.90$$

Anexo 2

Cálculo para la determinación de cenizas

$$\%C = \frac{P_2 - P}{P_1 - P} \times 100$$

Donde:

P_1 = Peso del crisol más la muestra

P = Peso del crisol

P_2 = Peso del crisol con las cenizas obtenidas después de la incineración en la mufla

Datos:

Réplica 1

P_1 = 26.90158 g

P = 24.86995 g

P_2 = 24.98732 g

$$\%C = \frac{24.98732 - 24.86995}{26.90158 - 24.86995} \times 100$$

$$\%C = 5.78$$

Réplica 2

P_1 = 23.17834 g

P = 21.16894 g

P_2 = 21.28609 g

$$\%C = \frac{21.28609 - 21.16894}{23.17834 - 21.16894} \times 100$$

$$\%C = 5.83$$

Réplica 3

P_1 = 23.17886 g

P = 21.16995 g

P_2 = 21.28574 g

$$\%C = \frac{21.28574 - 21.16995}{23.17886 - 21.16995} \times 100$$

$$\%C = 5.76$$

Anexo 3

Cálculo para la determinación gravimétrica de cromo

Réplica 1

Datos:

Peso de la muestra: 3.48 g

Peso del filtro: 0.26710 g

Peso del crisol: 50.17802 g

Peso de las cenizas: 0.10231 g

Porcentaje de $Cr(OH)_3$ que se encuentra presente en 3.48 gramos de muestra de "Wet-blue".

$$\% \text{ de } Cr(OH)_3 = \frac{\text{masa de } Cr(OH)_3}{\text{masa de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de } Cr(OH)_3 = \frac{0.43976 \text{ g}}{3.48 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de } Cr(OH)_3 = 12.64$$

$$\% \text{ de } Cr_2O_3 = \frac{\text{masa de } Cr_2O_3}{\text{masa de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de } Cr_2O_3 = \frac{0.10231 \text{ g}}{3.48 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de } Cr_2O_3 = 2.94$$

Factor gravimétrico:

$$Fg = \frac{\text{Peso Molecular del } Cr^{3+}}{\text{Peso Molecular del } Cr_2O_3}$$

$$Fg = \frac{103.99 \text{ g/mol}}{151.989 \text{ g/mol}}$$

$$Fg = 0.6842$$

El peso de cromo presente en el precipitado es:

$$g \text{ de } Cr^{3+} = Fg \times g \text{ de } Cr_2O_3$$

$$g \text{ de } Cr^{3+} = 0.6842 \times 0.10231$$

$$g \text{ de } Cr^{3+} = 0.07$$

$$\% Cr = \frac{g \text{ de } Cr^{3+}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\% Cr = \frac{0.07}{3.48 \text{ g}} \times 100$$

$$\% Cr = 0.02$$

Réplica 2

Datos:

Peso de la muestra: 1.011 g

Peso del crisol: 50.34359 g

Peso del precipitado + crisol: 50.3675 g

Peso de las cenizas: 0.02391 g

$$\% \text{ de } Cr_2O_3 = \frac{\text{masa de } Cr_2O_3}{\text{masa de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de } Cr_2O_3 = \frac{0.02391 \text{ g}}{1.011 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de } Cr_2O_3 = 2.36$$

Réplica 3

Datos:

Peso de la muestra 1.0092 g

Peso del crisol: 51.26287 g

Peso del precipitado + crisol: 51.28571 g

Peso de las cenizas: 0.02184 g

$$\% \text{ de } Cr_2O_3 = \frac{\text{masa de } Cr_2O_3}{\text{masa de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de } Cr_2O_3 = \frac{0.02184 \text{ g}}{1.0092 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de } Cr_2O_3 = 2.26$$

Anexo 4

Determinación gravimétrica del cromo



Anexo 5

Proceso de filtración del precipitado de $\text{Cr}(\text{OH})_3$



Anexo 6

Proceso de secado del precipitado de $\text{Cr}(\text{OH})_3$ obtenido después del filtrado



Anexo 7

Cálculo para la determinación del porcentaje de grasas

Réplica 1

Datos:

Peso de la muestra: 2.0072 g

Peso del recipiente: 74.8302 g

Peso de recipiente + grasas: 74.8342 g

Peso de grasas: 0.004 g

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{masa de grasa}}{\text{masa de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de grasa} = \frac{0.004 \text{ g}}{2.0072 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de grasa} = 0.20$$

Réplica 2

Datos:

Peso de la muestra: 2.0198 g

Peso del recipiente: 74.1700 g

Peso de recipiente + grasas: 74.1739 g

Peso de grasas: 0.0039 g

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{masa de grasa}}{\text{masa de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de grasa} = \frac{0.0039 \text{ g}}{2.0198 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de grasa} = 0.19$$

Réplica 3

Datos:

Peso de la muestra: 2.0247 g

Peso del recipiente: 74.7778 g

Peso de recipiente + grasas: 74.7792 g

Peso grasas: 0.0014 g

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{masa de grasa}}{\text{masa de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de grasa} = \frac{0.0014 \text{ g}}{2.0247 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de grasa} = 0.07$$

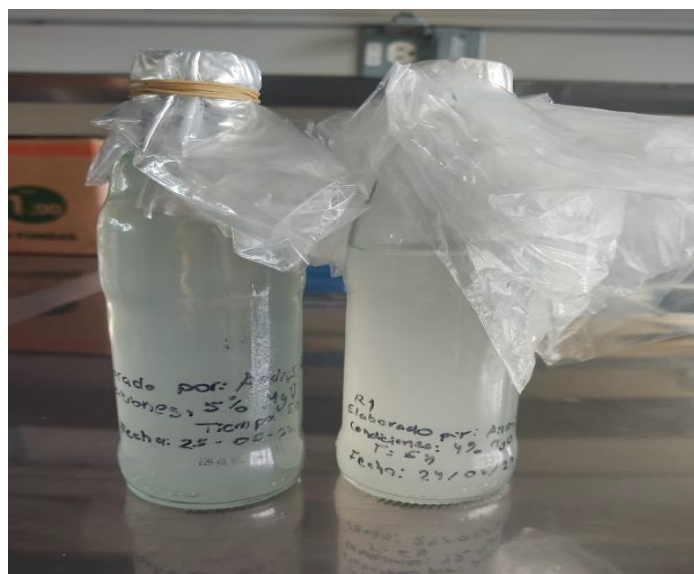
Anexo 8

Equipo para la determinación de grasas



Anexo 9

Almacenamiento de gelatina obtenida



Anexo 10

Muestras de gelatina después del secado



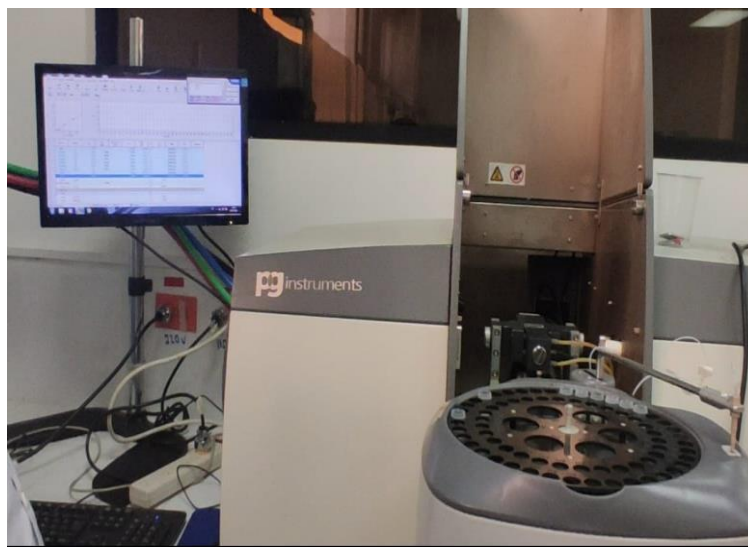
Anexo 11

Muestra seca de gelatina



Anexo 12

Análisis de cromo por espectrofotometría de absorción atómica



Anexo 13

Análisis de varianza del rendimiento de gelatina

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
		Ajust.	Ajust.		
Modelo	8	864,51	108,063	88,46	0,000
Lineal	4	794,56	198,641	162,61	0,000
Tiempo	2	264,10	132,051	108,10	0,000
Concentración de MgO	2	530,46	265,231	217,13	0,000
Interacciones de 2 términos	4	69,94	17,486	14,31	0,000
Tiempo *Concentración de MgO	4	69,94	17,486	14,31	0,000
Error	18	21,99	1,222		
Total	26	886,50			

Anexo 14

Equipo para medición de nitrógeno/proteínas por método DUMAS



Anexo 15

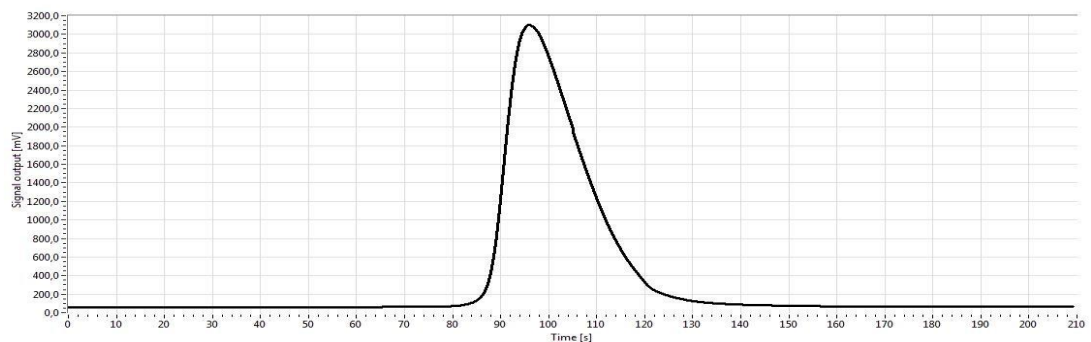
Resultados del análisis proteínas/nitrógeno en una muestra de virutas de wet blue

NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name:
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date	Time	Sample Name	Weight	O2 Flow Rate	O2 Factor	Analysis Time	Calibration Number	Proteins [%]	N Area	N	N	Proteins
[dd/mm/yy]	[hh:mm:ss]		[mg]	[ml/min]	[ml/mg]	[s]			[mVxs]	[mg]	[%]	[%]
02/12/22	10:46:00	wet blue 1	105,83	400,0	1,3	259,2	18	6,25	56652,7	14,0749	13,3	83,122



Working Calibration:
 $Y = 0,000000E+0 + X * 2,484415E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0$
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,1
Reduction furnace: 649,8
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 190,0
MFC2 carrier: 219,9

Anexo 16

Análisis Dumas de proteínas/nitrógeno total en una muestra de gelatina.

NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:

Name:
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [%]	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
13/12/22	11:30:39	Andres colageno d1	101,98	400,0	1,6	251,8	18	6,25	53340,0	13,2519	12,995	81,216
13/12/22	11:35:37	Andres colageno d2	100,61	400,0	1,6	244,2	18	6,25	52698,9	13,0926	13,013	81,333

Average	13,004	81,274
Standard deviation	0,013	0,083
RSD [%]	0,098	0,102

Working Calibration:

$Y = 0,000000E+0 + X * 2,484415E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0$

Temperature [°C]:

Combustion furnace: 1029,9
Reduction furnace: 650,2

Flow rate [ml/min]:

MFC1 carrier: 189,9
MFC2 carrier: 220,1

Anexo 17

Análisis Bloom en una muestra de gelatina en un texturómetro CT3



Anexo 18

Informe de resultados obtenidos de la fuerza del gel

INFORME DATOS

Descripción Muestra

Nombre Producto: Gelatina
Nº lote: MUESTRA 1
Nº muestra: 4
Dimensiones:
Forma: Cilindro
Longitud: 50,00 mm
Anchura: 10,00 mm
Altura: 65,00 mm

Nota:
Condiciones 4%
Tiempo: 4 horas
Fecha: 20/07/22
Replica 1

Método Test

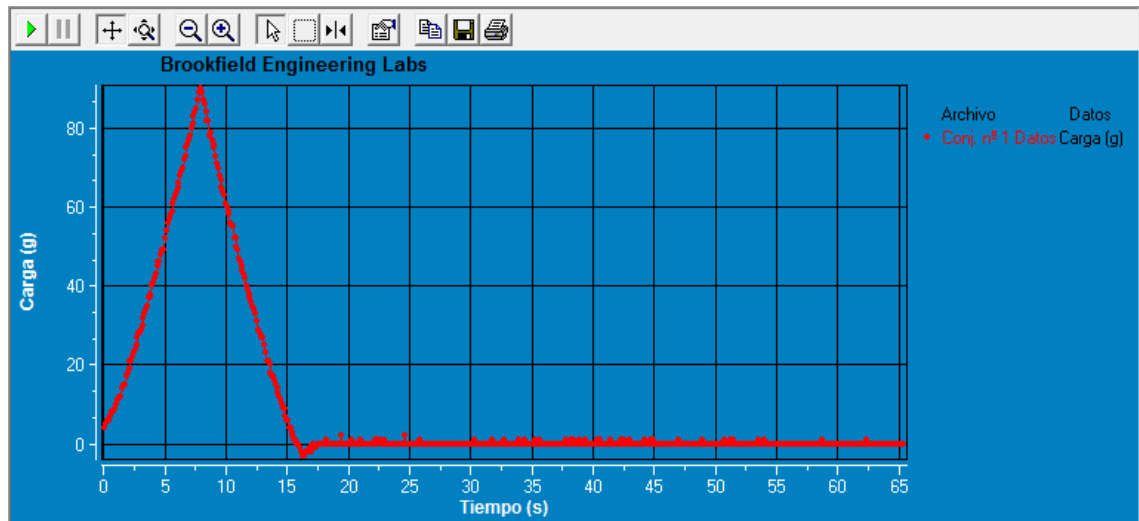
Fecha: 02/11/2022	Hora: 11:39:04
Tipo de Test: Compresión	Tpo. Recuperación: 0 s
Objetivo: 4,0 mm	Mismo activador: Exacto
Espera r t: 0 s	Velocidad Pretest: 1 mm/s
Carga Activación: 4 g	Fr. Muestreo: 10 puntos/seg
Vel. Test: 0,5 mm/s	Sonda: TA10
Velocidad Vuelta: 0,5 mm/s	Elemento: TA-BT-KI
Contador ciclos: 1	Celda Carga: 10000g

Resultados

Ciclo 1 Dureza: 90 g
Deformación según Dureza: 3,99 mm
Pico Presión: 2660 dyn/cm²
Cantidad de Fracturas: 0
con 0% de sensibilidad de carga
Fracturabilidad: 90 g
con 0% de sensibilidad de carga

Anexo 19

Dureza de la gelatina en función del tiempo.



Anexo 20

Parámetros analizados en el texturómetro en una muestra de gelatina

Resultados

Ciclo 1 Dureza:	123	g
Deformación según Dureza:		mm
Pico Presión:	3635	dyn/cm ²
Fuerza adhesividad:	12	g
Adhesividad:	0,1	mJ
Resiliencia:	0,98	
Cantidad de Fracturas:		
		con 0% de sensibilidad de carga
Fracturabilidad:	123	g
		con 0% de sensibilidad de carga

Anexo 21

Licencia del paquete estadístico MINITAB

The screenshot shows the Minitab subscription management page. It is divided into three main sections: 'Resumen de la suscripción', 'Minitab® Statistical Software Aplicación de escritorio', and 'Administrar usuarios'.

Resumen de la suscripción (Subscription Summary):

Nombre de empresa OnTheHub	Dirección de la aplicación web https://app.minitab.com	Último acceso 8/2/2023
Fecha de renovación 25/1/2024	Cuota de usuarios 1	Contacto de facturación Nely Esther Flores Tapia
ID de suscripción 00602c626e254fc1a6864587ee99555f	Modelo de la licencia Usuario especificado	

Minitab® Statistical Software Aplicación de escritorio (Minitab® Statistical Software Desktop Application):

Minitab® Statistical Software 21.3.1.0	Preferencias de implementación Automático Ir a preferencias
--	---

Administrar usuarios (Manage Users):

Buttons: | | |

<input type="checkbox"/>	ne.flores@uta.edu.ec	Nely Esther Flores Tapia	<input type="button" value="Opciones"/>
--------------------------	----------------------	--------------------------	---