

**EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE COLÁGENO EN LAS SECCIONES DE
CUELLO Y FALDA DE LAS PIELS DE BOVINOS**

LINA ALEXANDRA PINZON GUASCA

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2020**

**EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE COLÁGENO EN LAS SECCIONES DE
CUELLO Y FALDA DE LAS PIELS DE BOVINOS**

LINA ALEXANDRA PINZON GUASCA

**Proyecto integral de grado para optar el título de:
INGENIERO QUÍMICO**

**Director
CLAUDIO RAUL BERNAL BUSTOS
Doctor
Biotecnología y Seguridad Alimentaria**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2020**

Nota de aceptación:

Bogotá D.C., 20 octubre de 2020

DIRECTIVAS DE LA FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dr. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dr. Alexandra Mejía Guzmán

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. Julio César Fuentes Arismendi

Director de la Facultad de Ingeniería Química

Ing. Iván Ramírez Marín

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables de los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por llenarme de fortaleza cada vez que pensé que no lo lograría ser una ingeniera y por brindarme la resiliencia para culminar con éxito este proyecto. A mis padres por ser siempre mi motor, mi motivación, por su apoyo incondicional, comprensión y sobre todo por creen siempre en mí, Además por darme la oportunidad de educarme y formarme en la profesión que deseé y como lo soñé. A cada uno de los integrantes de mi familia por darme su apoyo y motivación en los momentos que más necesitaba.

Agradezco a cada persona que Dios puso en mi camino para orientarme, ayudarme o aconsejarme para ser una mejor persona y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a:

A mi director Claudio Raúl Bernal Bustos de tesis por su asesoría y acompañamiento en todo este proceso.

La Universidad Fundación América y a sus docentes por aportarme sus conocimientos para formarme como profesional.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	20
OBJETIVOS	22
1. MARCO TEÓRICO	23
1.1 BOVINOS	23
1.1.1 Bos Índicus (cebuinos)	23
1.1.2 Bos Taurus	23
1.1.3 Blanco Orejinegro	23
1.1.4 Romosinuano	24
1.1.5 Chino santandereano	24
1.1.6 Costeño con cuernos	24
1.2 PIEL.	24
1.2.1 Epidermis	25
1.2.2 Dermis	25
1.2.3 Clasificación de la piel	25
1.3 COLÁGENO	26
1.3.2 Desnaturalización	27
1.3.3 Aplicaciones del colágeno	27
2. CARACTERIZACIÓN DE LAS SECCIONES DE CUELLO Y FALDA	28
2.1 RECOLECCIÓN DE LAS PIELES	28
2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PIELES	28
2.2.2 Edad	28
2.2.3 Estado sanitario	28
2.2.3.1 Dermatofitosis bovina	29
2.2.3.2 Besnoitiosis bovina	29
2.2.3.3 Eczema facial	29

2.2.3.4	Ergotismo bovino	29
2.2.4	Procedencia	30
2.3	PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS	30
2.4	RECEPCIÓN DE LAS PIELES DE BOVINO	30
2.4.1	Temperatura de desnaturalización	30
3.	SELECCIONAR LA MEJOR VÍA PARA LA EXTRACCIÓN DE COLÁGENO	33
3.1	MÉTODO ENZIMÁTICO	33
3.2	MÉTODO QUÍMICO	34
3.3	PROCEDIMIENTO METODO ENZIMATICO Y QUIMICO	34
3.4	MÉTODO MIXTO	36
3.4.1	Ultrasonido.	36
3.4.2	Ultrafiltración	37
3.5	MATRIZ DE DECISIÓN.	38
3.5.1	Evaluación de criterios.	39
3.5.1.1	Costos del proceso	39
3.5.1.2	Eficiencia del proceso	40
3.5.1.3	VARIABLES A CONTROLAR EN EL PROCESO	42
3.5.2	Ponderación de la matriz de decisión.	42
3.6	CARACTERIZACIÓN DEL COLÁGENO	44
3.6.1	Espectrometría infrarroja con transformada de Fourier	44
3.6.2	Calorimetría diferencial de barrido.	45
3.6.3	Análisis de aminoácidos	46
4.	EQUIPOS PRINCIPALES DEL PROCESO	48
4.1	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	48
4.1.1	Bombo de curtición	48
4.1.2	Filtro.	49
4.1.3	Precipitado	49
4.1.4	Centrifugación	49
4.1.5	Liofilizado.	50

4.2	CÁLCULO DE INSUMOS	50
4.2.1	Hidróxido de sodio	51
4.2.2	Alcohol butílico	51
4.2.3	Ácido acético	52
4.2.4	Cloruro de sodio	52
5.	ANÁLISIS FINANCIERO	55
5.1	INVERSIONES	55
5.1.1	Activos fijos	55
5.1.1.1	Equipos	55
5.1.1.2	Terreno	57
5.1.2	Activos diferido	57
5.1.3	Costos de operación	58
5.1.3.1	Costos directos	58
5.1.3.2	Materia prima	58
5.1.3.3	Servicios públicos	59
5.1.3.4	Mano de obra directa	59
5.2	GASTOS DE FINANCIAMIENTO	62
5.3	INGRESOS	63
5.4	ESTADO DE RESULTADOS	64
5.5	FLUJO DE CAJA	64
5.6	INDICADORES FINANCIEROS	65
5.6.1	Tasa interna de oportunidad (TIO)	65
5.6.2	Valor presente neto (VPN)	67
5.5.3	Tasa interna de retorno (TIR)	67
6.	IMPACTO AMBIENTAL	68
7.	CONCLUSIÓN	72
8.	RECOMENDACIONES	73

BIBLIOGRAFIA	74
ANEXOS	82

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Pautas la evaluación de cada método	38
Tabla 2. Grado de importancia de los criterios	39
Tabla 3. Costos de equipos	40
Tabla 4. Costos materias primas	40
Tabla 5. Comparación por rendimientos	41
Tabla 6. Equipos de control de pH	43
Tabla 7. Matriz de decisión	44
Tabla 8. Costos de equipos	56
Tabla 9. Costos de muebles y enseres	56
Tabla 10. Depreciación de los activos fijos	56
Tabla 11. Proyección depreciación activos fijos	57
Tabla 12. Costos del terreno	57
Tabla 13. Costos de activos intangibles	57
Tabla 14. Amortización activos intangibles	58
Tabla 15. Proyección amortización	58
Tabla 16. Costos de materia prima	59
Tabla 17. Servicios públicos	59
Tabla 18. Nomina	60
Tabla 19. Provisiones de nomina	60
Tabla 20. Proyección de costos operacionales	61
Tabla 21. Presupuesto de inversión	62
Tabla 22. Gastos de financiación.	62
Tabla 23. Gastos de financiación proyectados	63
Tabla 24. Proyección de ventas.	63
Tabla 25. Estado de resultados.	64
Tabla 26. Flujo de caja.	65
Tabla 27. DTF mensual	66

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Disoluciones para muestras sólidas	50
Ecuación 2. Molaridad	50
Ecuación 3. Relación porcentaje volumen/volumen	51
Ecuación 4. Tasa interna de oportunidad	66
Ecuación 5. Valor presente neto	67
Ecuación 6. Tasa interna de retorno.	68

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Clasificación de las secciones de la piel de bovino	25
Figura 2. Termograma de zonas blandas	31
Figura 3. Termograma de zonas duras	32
Figura 4. Proceso de ultrafiltración	37
Figura 5. Partes del equipo	45
Figura 6. Principio de funcionamiento DSC	46
Figura 7. Cromatografía de intercambio iónico.	47

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Tipos de colágeno	25
Cuadro 2. Comparación método enzimático y químico.	33
Cuadro 3. Equipos	48

LISTA DE ABREVIATURAS

h: Horas

min: Minutos

°C: Grados centígrados

kg: Kilogramos

g: Gramos

l: Litros

ml: mililitros

M: Molaridad

N: Normalidad

rpm: Revoluciones por minuto

UASC: Colágeno soluble en ácido asistido por ultrasonido

UPSC: Colágeno soluble en pepsina asistido por ultrasonido

GLOSARIO

AMINOÁCIDOS: son las unidades básicas que forman las proteínas. Su denominación responde a la composición química general que presentan, en la que un grupo amino (-NH₂) y otro carboxilo o ácido (-COOH) se unen a un carbono α (-C-). Las otras dos valencias de ese carbono quedan saturadas con un átomo de hidrógeno (-H) y con un grupo químico variable al que se denomina radical (-R).¹

COLÁGENO NATIVO: es cuando el extracto de colágeno conserva sus tres cadenas peptídicas que forman su triple hélice, sin desnaturalizarse.²

ENLACES PEPTÍDICOS: los aminoácidos se encuentran unidos linealmente por medio de uniones peptídicas. Estas uniones se forman por la reacción de síntesis (vía deshidratación) entre el grupo carboxilo del primer aminoácido con el grupo amino del segundo aminoácido.³

PROTEÍNA: las proteínas son cadenas de aminoácidos que se pliegan adquiriendo una estructura tridimensional que les permite llevar a cabo miles de funciones. Las proteínas están codificadas en el material genético de cada organismo, donde se especifica su secuencia de aminoácidos, y luego son sintetizadas por los ribosomas.⁴

¹ GUILLÉN, M. Victoria Luque. Estructura y propiedades de las proteínas. [en línea]. 2009. [consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: http://www.uv.es/tunon/pdf_docs/proteinas_09.pdf.

² Procedimiento de obtención de colágeno a partir de la piel de un animal. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual Oficina internacional. Inventor: BELINCHÓN CANTERO, Pedro. Fecha de solicitud: 28, junio, 2011. Patente de investigación WO 2013/001103 A1

³ GUILLÉN. Op. Cit., p. 6.

⁴ GUILLÉN. Op. Cit., p. 1.

RESUMEN

Esta evaluación se realizó mediante una revisión bibliográfica, la cual tiene como objetivo establecer el método de extracción más adecuado entre el método enzimático, químico y mixtos, esta selección se realizó mediante una matriz de decisión definida por tres criterios como lo son los costos de operación, eficiencia del proceso y las variables a controlar en el proceso donde se les asigna unos pesos con respecto a unas pautas de evaluación y en consecuencia de la ponderación se selecciona el método químico y basado en la información recolectada se hace un propuesta de equipos principales para un escalamiento a nivel planta piloto y se determinó la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Colágeno, nativo, extracción, piel, bovino.

ABSTRACT

This evaluation was carried out through a bibliographic review, which aims to establish the most appropriate extraction method between the enzyme, chemical and mixed method, this selection was made using a decision matrix defined by three criteria such as operating costs, process efficiency and variables to be controlled in the process, the chemical method is selected and based on the information collected is made a proposal for main equipment for a pilot plant level escalation and the feasibility and profitability of the project was determined.

KEYWORDS: Collagen, native, extraction, skin, bovine.

INTRODUCCIÓN

Las pieles de bovino son la materia prima de la industria de curtiembres, las cuales están distribuidas en el territorio colombiano en la ciudad de Bogotá en el barrio San Benito, ubicado en el sur de esta ciudad. En Cundinamarca (81.33%) ubicados en los municipios de Villapinzón y Chocontá. Nariño participa con el 9.6% y el 9.07% restante se distribuye entre Quindío, Valle del Cauca, Antioquia, Atlántico, Bolívar y Risaralda.⁵

El proceso seguido en la industria de curtiembres involucra aproximadamente 500 kilos de productos químicos como el cromo, sulfuros, resinas acrílicas, poliuretano y pigmentos para el procesamiento de una tonelada de cuero crudo, lo cual genera aguas residuales con sales alcalinas, pelos y residuos orgánicos, además de efluentes ácidas con sólidos disueltos y colorantes⁶. La mala disposición final de los residuos y efluentes del proceso provocan una degradación del medio ambiente de forma definitiva y una de las mayores consecuencias es que incurre en la disminución de la calidad de vida de la población aledaña.⁷

El colágeno de origen bovino, son fuentes ricas en colágeno tipo I y tipo III, cuyas aplicaciones se han dirigido a fortalecer la piel, huesos, músculos, ligamentos y encías. La formación de colágeno en el cuerpo humano se ralentiza con la edad, con un enfoque creciente en salud personal, estado físico y cuidado de la piel. La demanda de colágeno bovino está en crecimiento impulsado por el aumento de la solicitud de productos en industrias como cosmético, especialmente para uso en productos para el cuidado de la piel, el cabello entre otros.⁸

Debido a la necesidad de satisfacer la demanda de colágeno y proporcionar una nueva alternativa al aprovechamiento de pieles de bovinos. Surge el propósito de esta investigación que es establecer el método de extracción de colágeno mediante una revisión bibliográfica, donde el enfoque se dirigió al método enzimático usando pepsina, químico y mixtos que consistente en los métodos asistidos por ultrasonido y ultrafiltración. Esta selección se basó en la creación de criterios que dieran el fundamento para dar el grado de importancia y valoración a cada criterio, según el

⁵ MARTINEZ, Sandra. ROMERO, Jonathan. 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. [En línea]. 2017. p 119. [Consultado 16 octubre 2019]. DOI: <https://doi.org/10.18359/rfce.2357>

⁶ CAMPAÑA RIACHUELO. Cueros tóxicos nuevas evidencias de contaminación de curtiembres en la Cuenca Matanza Riachuelo. p 5. En: GREENPEACE ARGENTINA. [sitio web]. Argentina. [Consultado 21 octubre 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://www.dpn.gob.ar/documentos/20160517_30814_556734.pdf

⁷ CENTRO NACIONAL DE PRODUCCION MAS LIMPIA Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES. Sistema de referenciación ambiental (SIRAC) para el sector curtiembre en Colombia. p 4. EN: SIRAC CURTIEMBRES. [sitio web]. [consultado 8 octubre 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/sirac-cuero.pdf>

⁸ GRAND VIEW RESEARCH. Market estimates and trend analysis. p 16. En: Collagen Market. [sitio web]. USA. [Consultado 2 octubre 2019]. Archivo pdf. Disponible en: [file:///C:/Users/Miguel%20Lopez/Downloads/Sample_Collagen%20Market%20Analysis%20&%20Segment%20Forecasts%20to%202025%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Miguel%20Lopez/Downloads/Sample_Collagen%20Market%20Analysis%20&%20Segment%20Forecasts%20to%202025%20(1).pdf)

método Pugh. El alcance de esta investigación se dirigió a realizar una propuesta de selección de los equipos principales llevados a una escala de planta piloto para la extracción de colágeno de pieles de bovino, mostrando información técnica de los equipos y realizando la comparación de los equipos a nivel laboratorio y planta piloto, además de realizar el análisis financiero presentando el presupuesto de inversión, estado de resultados, flujo de caja e indicadores financieros para evaluar la viabilidad del proyecto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluación de la extracción de colágeno en las secciones de cuello y falda de las pieles de bovinos, empleando como metodología una revisión bibliográfica.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las secciones de cuello y falda de las pieles de bovinos a través de una revisión bibliográfica.
2. Seleccionar la mejor vía para la extracción de colágeno, ya sea biológica, química o mixta en las secciones de cuello y falda de las pieles de bovino a través de una revisión bibliográfica.
3. Establecer los equipos principales del proceso de extracción a nivel de planta piloto.
4. Realizar un análisis financiero de la extracción de colágeno a nivel planta piloto de las pieles de bovino en las secciones de cuello y falda.

1. MARCO TEÓRICO

A continuación, se encontrará información argumentada de distintas fuentes para una contextualización del lector, los aspectos a tratar son la clasificación de las razas de bovinos más representativas en Colombia, luego se profundiza en el colágeno, comentando estructura, tipos, usos y aplicaciones y las fuentes de obtención.

1.1 BOVINOS

Actualmente, la ganadería colombiana cuenta con cerca de 23 millones de bovinos de diferentes razas y cruces, de los cuales el 72% corresponde a ganado Bos Índicus (cebuinos), el 15% a Bos Taurus (las llamadas razas europeas) y el 13% a las conocidas como razas criollas y sus cruces (blanco orejinegro, romosinuano, chino santandereano, costeño con cuernos, sanmartinero, y casanareño, entre otros)⁹.

1.1.1 Bos Índicus (cebuinos). El ganado Cebú es originario de Asia. Soporta altas temperaturas debido a un metabolismo más bajo, mayor número y tamaño de glándulas sudoríparas, un crecimiento más lento y una baja producción de leche. La piel pigmentada y los pelos de color claro lo protegen de las radiaciones solares. El cebú es más resistente en condiciones de baja nutrición. Requiere menos alimento. Presentan giba o joroba sobre los hombros. Orejas muy largas, encartuchadas y penduladas. Patas largas, fuertes y cornamenta grande. Presencia de gola o papada y repliegues muy abundantes en el cuello. Ombligo muy desarrollado en la hembra y prepucio grande en el macho. Colores claros, ancas caídas y temperamento nervioso¹⁰.

1.1.2 Bos Taurus. Raza originaria de Europa reconocida en todo el mundo por sus altos rendimientos cárnicos y la precocidad de sus crías. El Bos taurus es una especie de mamífero artiodáctilo de la familia de los bóvidos, Se trata de un mamífero rumiante grande y de cuerpo robusto, con unos 120 – 150 cm de altura y 600 – 800 kg de peso medio¹¹.

1.1.3 Blanco Orejinegro. Los machos inician su pubertad entre los 14 y los 16 meses, su peso varía entre 206 a 234 Kg, puede llegar a tener una longitud entre 3-

⁹ FEDEGÁN. Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019. Bogotá D.C.: Sanmartín Obregón Es Cía, 2006. p 37. ISBN 978-958-98018-1-9.

¹⁰ FRIGOCOLANTA. [sitio web]. Bos indicus. [Consultado 7 febrero 2020]. Disponible en: <http://www.frigocolanta.com/bos-indicus/>

¹¹ FRIGOCOLANTA. [sitio web]. Bos taurus. [Consultado 7 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.frigocolanta.com/bos-taurus/>

15 mm y la finura del pelaje, el espesor de la piel varía entre 8,84 a 12,11mm, se caracterizan por ser resistentes a los ectoparásitos (nuche)¹².

1.1.4 Romosinuano. Es un animal de tamaño mediano, la altura a la cruz de los machos varía de 130 - 140 CM y en las hembras de 125 - 135 CM, los pesos adultos varían en los machos de 518 a 556 kg y en las hembras de 383 a 429 Kg. La piel es pigmentada de negro, gris o amarillo, el pelo es muy corto y ralo, deja ver perfectamente la piel. Las mucosas son negras, grises o anaranjadas. El color varía entre bayo de tono naranja y rojo o colorado¹³.

1.1.5 Chino santandereano. Se caracteriza por tener una constitución vigorosa y sana, alta tolerancia a las enfermedades, especialmente parasitarias; longevidad, baja mortalidad, baja morbilidad y alta fertilidad. Sus pesos al nacimiento varían de 29.3 y 28.7 kg, para machos y hembras, respectivamente. Los pesos adultos son de 658 kg para machos y 487 para hembras, con alturas a la cruz de 145 cm para los primeros y 141 cm para hembras.

La piel del ganado es abundante, suave, suelta y plegable, con papada de tamaño medio; el espesor de la piel varía en las diferentes partes del cuerpo, y es más delgado en abdomen cuello y mejillas donde se notan fácilmente los vasos sanguíneos Cutáneos.¹⁴

1.1.6 Costeño con cuernos. Se caracteriza por estar dotado de cuernos, este ganado es de tamaño mediano, la alzada a la cruz, en los machos, varía entre 129 a 139 cm, con un valor medio de 137.8 cm y en las hembras entre 123 a 127 cm. Los pesos adultos varían, entre 532 y 690 Kg y entre 380 y 450 Kg, en machos y hembras, respectivamente. La piel es gruesa y bien adherida, con escaso pelo, corto, brillante y grasoso.¹⁵

1.2 PIEL.

La piel consta de dos capas, una superficial de origen ectodérmico llamada epidermis y una capa mesodérmica más profunda llamada dermis, estas se muestran a continuación.

¹² RAZAS BOVINAS DE COLOMBIA. [sitio web]. Ganado Bon Blanco Orejinegro: una alternativa para la producción en Colombia. [Consultado 7 febrero 2020]. Disponible en: <https://razasbovinasdecolombia.weebly.com/bon-blanco-orejinegro.html>

¹³ RAZAS BOVINAS DE COLOMBIA. [sitio web]. Raza chino Santandereano. [Consultado 8 febrero 2020]. Disponible en: <https://razasbovinasdecolombia.weebly.com/bon-blanco-orejinegro.html>

¹⁴ RAZAS BOVINAS DE COLOMBIA. [sitio web]. Raza chino Santandereano. [Consultado 8 febrero 2020]. Disponible en: <https://razasbovinasdecolombia.weebly.com/bon-blanco-orejinegro.html>

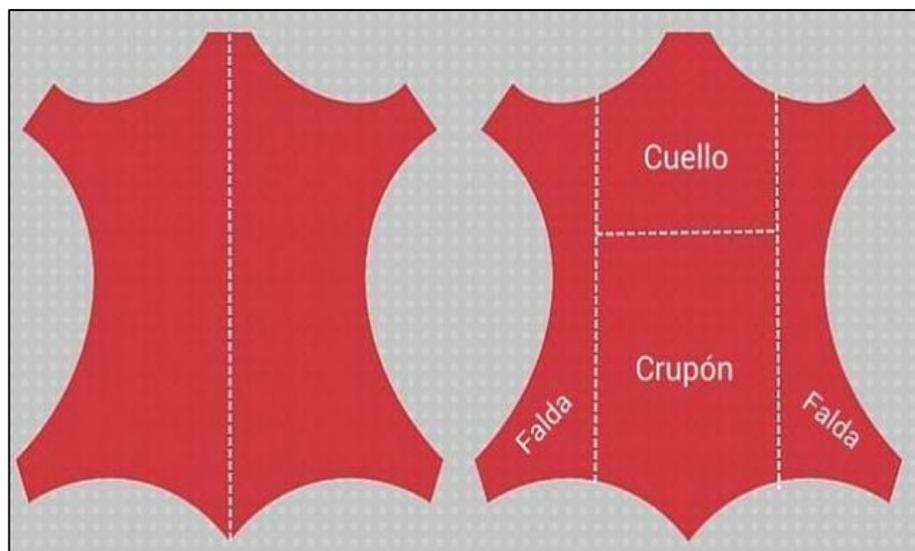
¹⁵ RAZAS BOVINAS DE COLOMBIA. [sitio web]. Raza chino Santandereano. [Consultado 8 febrero 2020]. Disponible en: <https://razasbovinasdecolombia.weebly.com/bon-blanco-orejinegro.html>

1.2.1 Epidermis. Es una capa de epitelio escamoso y estratificado de distinto espesor (0.3-1 mm) compuesto de muchas capas celulares. Las células más profundas están vivas y proliferan con gran rapidez, pasando gradualmente a la superficie. Su superficie profunda está firmemente unida a la dermis subyacente mediante proyecciones conocidas como crestas epidérmicas, mientras que las proyecciones recíprocas de la dermis se llaman papilas dérmicas¹⁶.

1.2.2 Dermis. La dermis o corion es el retículo más profunda de colágeno y fibras elásticas que, por lo general, comprende la mayor parte del espesor de la piel. Se divide en una capa superficial de textura fina llamada capa capilar, la cual, aunque claramente separada, se interdigital con la epidermis, y una capa reticular más profunda y áspera, que se mezcla gradualmente con el tejido conectivo subcutáneo subyacente¹⁷.

1.2.3 Clasificación de la piel. Las secciones de la piel de bovino están clasificadas por tres secciones. Cuello, corresponde a la región cervical y comprende la papada y las tablas del cuello. Falda, comprende la piel de la región ventral (abdominal y torácica) y la parte correspondiente a las extremidades. crupón, es la parte más preciada de la piel, comprende toda la región dorsal del animal.

Figura 1. Clasificación de las secciones de la piel de bovino



Fuente: ARTESANIA POR EL MUNDO. [Sitio web]. Partes del cuero que deberías conocer antes de comprarlo por primera vez. [Consultado 8 de octubre 2019]. Disponible en: <https://n9.cl/t9md>

¹⁶ PALASTANGA, NIGEL. FIELD, DEREK Y SOA, ROGER. Anatomía y movimiento humano. Traducido por Pedro Gonzales del Campo Román. Barcelona.: Butterworth-heinemann. 2000. p 37. ISBN 84-8019-500-2.

¹⁷ Ibid., p 38.

1.3 COLÁGENO

Es una molécula proteica que forma fibras y se origina a partir de una proteína precursora llamada tropocolágeno que está formado por tres cadenas polipeptídicas denominadas "cadenas alfa". Cada cadena alfa está constituida por un polipéptido formado por una repetición de una veintena de aminoácidos entre los cuales abundan sobre todo tres: prolina, hidroxiprolina y glicina. La triple hélice se mantiene unida entre sí por puentes de hidrógeno y algunos enlaces entre algunos aminoácidos¹⁸.

1.3.1 Estructura del colágeno. El colágeno, proteína constituyente de los tejidos conjuntivos, como la piel, los tendones y el hueso, es la proteína más abundante del organismo. Se caracteriza principalmente por su notable resistencia: una fibra de 1 mm de diámetro puede soportar una carga de 10 a 40 kg. El colágeno está constituido por un conjunto de tres cadenas polipeptídicas (1.000 aminoácidos por cadena), agrupadas en una estructura helicoidal. La glicina constituye la tercera parte de los aminoácidos de cada cadena, hecho único entre todas las proteínas del organismo. Existen como mínimo cuatro tipos de colágeno genéticamente distintos, en función de la estructura de las cadenas polipeptídicas o cadenas alfa. La estructura helicoidal, responsable de la rigidez y la resistencia de las fibras, es específica de la molécula de colágeno.¹⁹

Cuadro 1. Tipos de colágeno.

Tipo	Distribución Tisular	Características
I	Huesos, tendones, piel dentina, ligamentos, aponeurosis, arterias y útero.	Forma predominante en los organismos vertebrados maduros; se compone de dos tipos de cadenas, contiene poca hidroxilisina e hidroxilisina glucosilada.
II	Cartílagos hialinos.	Contenido relativamente alto de hidroxilisina e hidroxilisina e glucosilada.
III	Piel, arterias y útero.	Contenido de hidroxiprolina; contenido de enlaces disulfuro entre las cadenas.

¹⁸ Procedimiento de obtención de colágeno a partir de la piel de un animal. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual Oficina internacional. Inventor: BELINCHÓN CANTERO, Pedro. Fecha de solicitud: 28, junio, 2011. Patente de investigación WO 2013/001103 A1

¹⁹ COLÁGENO. [Sitio web]. Estructura del colágeno. [Consultado 28 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.oc.lm.ehu.es/Fundamentos/fundamentos/articulos/Art%C3%ADculos/CL002.pdf>

Cuadro 1. (Continuación)

Tipo	Distribución Tisular	Características
IV	Membranas basilares.	Contenido alto de hidroxilisina e hidroxilisina glucosilada; contiene enlaces disulfuro entre las cadenas y puede presentar importantes zonas globulares.

Fuente: COLÁGENO. [Sitio web]. Tipos de colágeno. [Consultado 28 octubre 2019]. Disponible en: <https://n9.cl/esfo>

1.3.2 Desnaturalización. Se describe como la ruptura de los enlaces que mantienen sus estructuras cuaternaria, terciaria y secundaria, conservándose solamente la primaria. Debido a esto las proteínas se convierten en filamentos lineales y delgados que se entrelazan hasta formar compuestos fibrosos e insolubles en agua. La desnaturalización puede ser causada por someter a la proteína a altas temperaturas, variaciones en el pH y concentración.²⁰

1.3.3 Aplicaciones del colágeno. Las industrias donde se tiene mayor aplicación para el colágeno son la industria farmacéutica y cosmética debido a los beneficios que proporciona a causas de sus propiedades. Se utiliza como prevención y tratamiento de arrugas, productos para la cicatrización de heridas y en la investigación y desarrollo de medicamentos con liberación de los principios activos. La importancia del colágeno en estas dos industrias radica en que a partir de los 25 años se va disminuyendo la producción de colágeno en el organismo humano, lo que le da paso a la aparición de señales de envejecimiento. Con el fin de reducir este efecto, son indagados y desarrollados productos a base de colágeno.

Es así como se ha introducido productos para el cuidado de la piel como pomadas, geles y mascarillas, además de inyecciones subcutáneas para aplicarse directamente en la piel. También se han creado productos para el cuidado capilar como shampoo, acondicionadores y tratamientos capilares a base de colágeno, que eviten la aparición de signos de debilitamiento como la horquilla²¹

²⁰ SERRANO. Op. cit., p. 7.

²¹ Ibid., p 11.

2. CARACTERIZACIÓN DE LAS SECCIONES DE CUELLO Y FALDA

A continuación, se encontrará información recolectada mediante revisión bibliográfica sobre la caracterización de las muestras que se deberían realizar con el fin de identificar los parámetros cualitativos y cuantitativos que darán como resultados los requerimientos fundamentales para la gestión y control del proceso de extracción del colágeno de pieles de bovino en las secciones de cuello y falda de las pieles de bovinos.

2.1 RECOLECCIÓN DE LAS PIELES

Para la extracción de colágeno la primera etapa es la recolección de pieles en el frigorífico de Guadalupe ubicado en la ciudad de Bogotá, donde se realizará actividades de observación y revisión de la ficha técnica de sanidad proporcionada por el establecimiento, para recolectar información de los siguientes parámetros.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PIELES

Realizada la identificación de las pieles se procede a establecer la clasificación, para así poder tener datos iniciales para la determinación posterior de un rendimiento de la extracción de colágeno. Para el cumplimiento de este propósito se debe recolectar la siguiente información de las secciones de cuello y falda.

2.2.1 Raza. Conocer la raza del bovino tiene gran importancia dado que cada raza afecta características del peso, conformación, estado de engrasamiento y composición puesto que al comparar distintas razas se estableció que el contenido total de colágeno varía significativamente.²²

2.2.2 Edad. La edad a la que se sacrifica el bovino es determinante debido a que el contenido de colágeno aumenta hasta los 12-14 meses, después tiende a estabilizarse por ende conforme se deje aumentar más la edad de sacrificio su contenido de colágeno disminuirá.²³

2.2.3 Estado sanitario. La caracterización cualitativa del estado sanitario se realiza por medio de la observación y tiene como objetivo identificar si el animal tenía enfermedades epidérmicas, dado que estas enfermedades como son producidas por hongos o parásitos, no son aptas para la extracción de colágeno,

²² BEGOÑA, Martín. Efecto de la raza y de la alimentación en los parámetros productivos y de calidad de canal y de carne en años de razas charolés y serrana soriana. [En línea]. Tesis de doctorado. Universidad de Valladolid. Soria: 1999. [Consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: file:///D:/Users/Pedro/Downloads/efecto-de-la-raza-y-de-la-alimentacion-en-los-parametros-productivos-y-de-calidad-de-canal-y-de-carne-en-anojos-de-razas-charoles-y-serrana-soriana--0.pdf

²³ BEGOÑA. Ibid., p. 59.

por ende, deben ser retiradas del proceso si se evidencia alguna de las siguientes enfermedades

2.2.3.1 Dermatitis bovina. La Dermatitis bovina, es una infección epidérmica causada por *Dermatophilus congolensis* creando una infección que se cataloga como una dermatitis exudativa²⁴ generando placas circulares, secas y blancas en la zona de la cabeza, el cuello y los miembros o la región escrotal además de generar y esta infección requiere del contacto directo para que se produzca el contagio.²⁵

2.2.3.2 Besnoitiosis bovina. La besnoitiosis es una enfermedad parasitaria, también conocida como elefantiasis o piel de elefante producida por un protozoo esporozoario que afecta principalmente a los bovinos que tiene como síntomas edemas a lo largo de las zonas ventrales y extremidades del animal y la sintomatología más grave puede darse con engrosamiento cutáneo y alopecia en cuello y zona facial.²⁶

2.2.3.3 Eczema facial. El eczema fácil es producido por un hongo llamado *Pithomyces* generando un enrojecimiento y exudación serosa en la zona de la piel afectada, además puede producir decaimiento y pérdida de apetito en el animal y estos síntomas aparecen de 10 a 20 días después de haber tenido contacto con el hongo.²⁷

2.2.3.4 Ergotismo bovino. El ergotismo bovino es una enfermedad provocada por toxinas del hongo *Claviceps purpurea* que se puede encontrar en los alimentos proporcionados a los animales. El bovino después de 24 h de haber ingerido el hongo presenta temblores musculares, vértigo, incoordinación, envaramiento e hipersensibilidad, seguido de períodos de depresión.²⁸ Este hongo produce alcaloides tóxicos que consumidos en pequeñas cantidades y durante

²⁴ CETRÁ, Bibiana. Dermatitis Estreptotricosis cutánea, lana de piedra. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [En línea]. 2005. p. 1. [Consultado 11 agosto 2020]. ISSN 0327-3059. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/ovinos/79-dermatofilosis.pdf

²⁵ CONTEXTO GANADERO. 4 enfermedades que afectan la piel de los bovinos. [En línea]. Bogotá D.C.: 2016. [Consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/4-enfermedades-que-afectan-la-piel-de-los-bovinos>

²⁶ CASTILLO, Juan. et al. [En línea]. Madrid, España: [Consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: <https://www.portalveterinaria.com/articoli/articulos/6634/la-besnoitiosis-bovina-como-una-enfermedad-emergente-en-europa.html>

²⁷ CONTEXTO GANADERO. 4 enfermedades que afectan la piel de los bovinos. [En línea]. Bogotá D.C.: 2016. [Consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/4-enfermedades-que-afectan-la-piel-de-los-bovinos>

²⁸ PERUSIA, Oscar. RODRÍGUEZ, Roberto. Mico toxicosis. revista de investigación veterinarias Perú. [En línea]. 2001, Vol. 12(2). [Consultado 11 agosto 2020]. ISSN 1609-9117. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172001000200013

tiempo prolongado producen vasoconstricción arteriolar y lesionan el endotelio capilar.²⁹

2.2.4 Procedencia. Esta información cualitativa se recolecta con el fin de conocer si el bovino era doble propósito o no, dado que el contenido de colágeno es mayor en un bovino de aptitud cárnica que uno doble propósito, por ende, se prefiere la piel de bovinos que sean criados con el fin de vender su carne.³⁰

2.3 PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Con el fin de conservar las propiedades físicas y químicas de las pieles de bovino durante el transporte a los laboratorios ubicados en la ciudad de Bogotá de la empresa Agrovacolombia, antes de procederá a la refrigeración de las muestras se realiza un lavado con agua potable a temperaturas menores a la del ambiente para detener el proceso de deterioro.

2.4 RECEPCIÓN DE LAS PIELES DE BOVINO

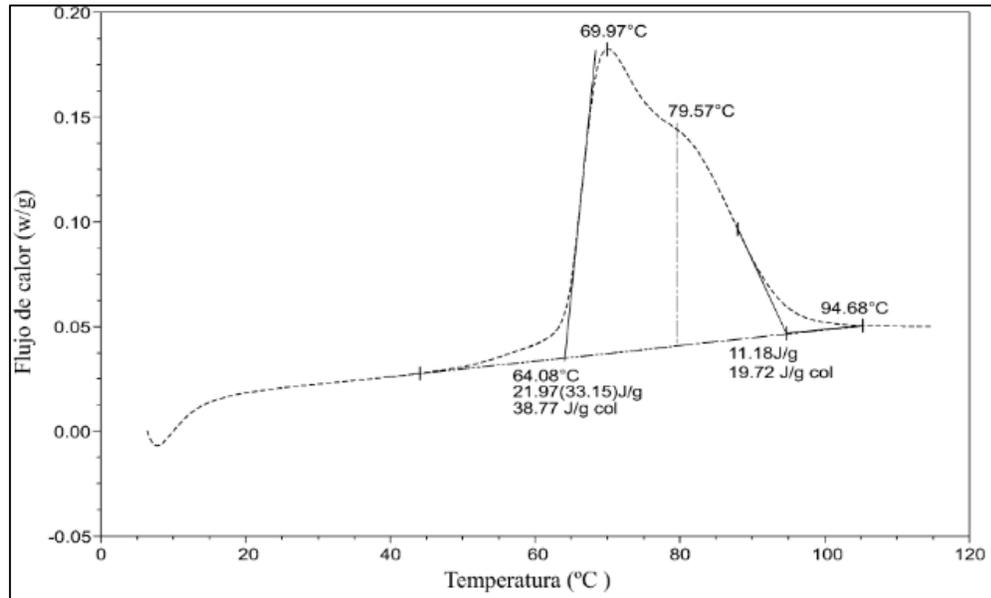
Al realizar la recepción de la piel en el laboratorio, se inicia realizando un croquis en las zonas de falda y cuello con el fin de extraer muestras con la condición de conservar la dirección de las fibras para establecer la temperatura de desnaturalización mediante una calorimetría diferencial de barrido.

2.4.1 Temperatura de desnaturalización. La temperatura de desnaturalización se determina por medio de una calorimetría diferencial de barrido, en la figura 2 se observa la zona de degradación y el punto onset se identifica a partir de 50 °C en la sección de cuello y falda de la piel, que son calificadas como zonas blandas. En la figura 3 se observa que las temperaturas de inicio y final del proceso de desnaturalización se retrasan y la entalpia de desnaturalización es ligeramente mayor en la sección del crupón que es clasificada en una zona dura, por ende, se determina que el colágeno de las zonas duras es más rico en entrecruzamientos naturales, de mayor peso molecular y de mayor contenido en estructura nativa que el de las zonas blandas.

²⁹CEBRIÁN, L, et al. Diagnóstico clínico de ergotismo en una vaca con gangrena seca. [En línea]. Zaragoza: [Consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: http://www.gtvzaragoza.com/data/diagn_323stico_cl_315nico_de_ergotismo_en_una_vaca_con_gangrena__205.pdf

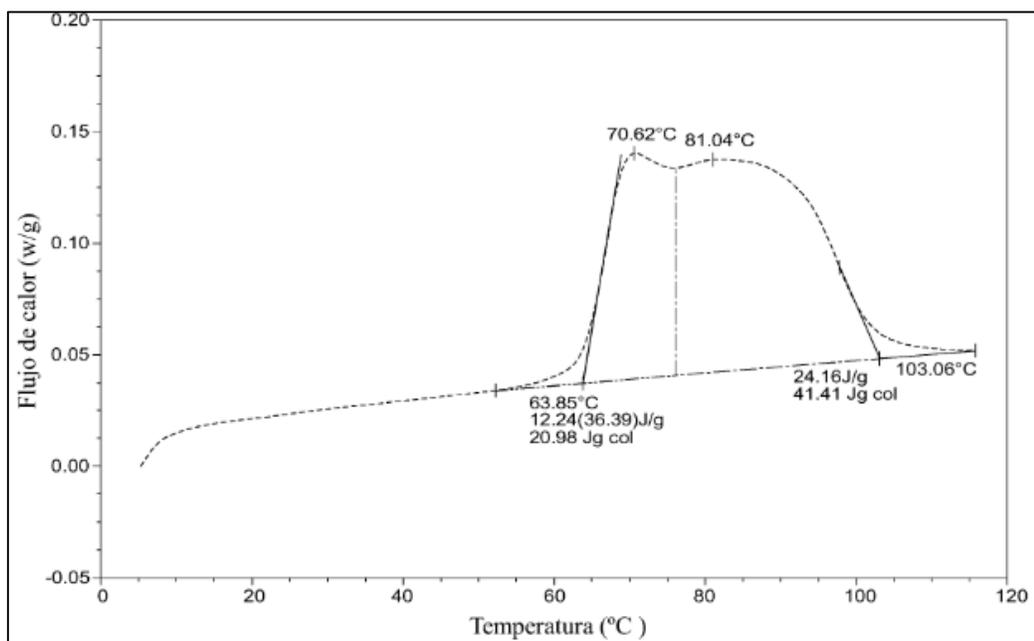
³⁰ BEGOÑA. Op. Cit., p. 59.

Figura 2. Termograma de zonas blandas



Fuente: Procedimiento de obtención de colágeno a partir de la piel de un animal. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual Oficina internacional. Inventor: BELINCHÓN CANTERO, Pedro. Fecha de solicitud: 28, junio, 2011. Patente de investigación WO 2013/001103 A1

Figura 3. Termograma de zonas duras



Fuente: Procedimiento de obtención de colágeno a partir de la piel de un animal. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual Oficina internacional. Inventor: BELINCHÓN CANTERO, Pedro. Fecha de solicitud: 28, junio, 2011. Patente de investigación WO 2013/001103 AI

3. SELECCIONAR LA MEJOR VÍA PARA LA EXTRACCIÓN DE COLÁGENO

El colágeno y los productos obtenidos del colágeno tienen uso en la industria de alimentaria, farmacéutica y cosmética.³¹ Por lo general esta proteína es aislada de piel de vertebrados e invertebrados, además de los huesos, dientes, tendones, ligamento, cartílago, ojos, vasos sanguíneos, intestino, discos intervertebrales y La mayoría de los otros tejidos y órganos³²

Esta investigación se centra en la extracción de colágeno en la piel de bovino en las secciones de cuello y falda, donde se estudian tres métodos fundamentales para la selección de método de extracción de esta proteína.

3.1 MÉTODO ENZIMÁTICO

El método enzimático por lo general ocurre mediante una hidrólisis enzimática que se ha evidenciado que es uno de los métodos más prometedores para la modificación de productos a través de soluciones proteicas, lo que resulta en una mezcla de péptidos de diferentes tamaños y aminoácidos libres. Las proteasas son clasificadas como endopeptidasas o exopeptidasas dependiendo de sus mecanismos de acción y sitio catalítico.³³ Las proteasas ocupan un papel central en la industria de las enzimas y entre ellos, la pepsina es la principal enzima proteolítica digestiva que necesita trabajar con pH ácidos (1-5), dado que por encima de pH 7, la pepsina se desnaturaliza irreversiblemente.³⁴ Se obtiene generalmente de la mucosa gástrica porcina, hemoglobina de sangre bovina y albúmina de suero bovino.³⁵ La eficiencia de la enzima en la hidrólisis depende principalmente del control de las variables tiempo de retención, temperatura y pH utilizadas en el proceso, las decisiones que se tomen será de gran influencia en las características finales del producto como la liberación de péptidos de bajo peso molecular compuestos de aminoácidos hidrofóbicos. Esta liberación depende de la enzima y de que animal es la piel a utilizar.³⁶

³¹ ACEVEDO, Antonella., GOMEZ, Gabriela y CHAMORRO, Ester. Digestive aspartic proteases from sábalo (*Prochilodus lineatus*): Characterization and application for collagen extraction.2018, Vol 269, p 610-617, 10.1016/j.foodchem.2018.07.043

³² KRISHNAMOORTHY, Jayalakshmi., RAMASAMY, Pasiyappazham y SHANMUGAM, Vairamani. Isolation and partial characterization of collagen from outer skin of Sepia pharaonis (Ehrenberg, 1831) from Puducherry coast.2017, Vol 10, p 39- 45, 10.1016/j.bbrep.2017.02.006

³³ GARCÍA, Verónica., APÉSTEGUI, Marijose y MURANYI, Isabel. Effect of enzymatic hydrolysis on molecular weight distribution -, techno functional properties and sensory perception of pea protein isolates.2020, Vol 65, 10.1016/j.ifset.2020.102449

³⁴ UNIVERSIDAD ALCALÁ. Pepsina. ChemEvol [sitio web]. [consultado el 28, julio, 2020].disponible en : <http://www3.uah.es/chemevol/index.php/pepsina/#:%7E:text=La%20pepsina%20es%20una%20prote%C3%A4Dna,prote%C3%ADnas%20ingeridas%20en%20el%20est%C3%B3mago.&text=Se%20localiza%20en%20el%20est%C3%B3mago,la%20quimiotripsina%20y%20la%20tripsina.>

³⁵ ACEVEDO. Op Cit, p. 610

³⁶ GARCÍA. Op Cit, p. 102449

3.2 MÉTODO QUÍMICO

El método químico consiste en reacciones prolongadas en soluciones acidas, el cual es utilizado para la extracción de colágeno, pero con lleva a unas reformas en la conformación de la estructura del colágeno, dado que destruye por completo el triptófano y los aminoácidos serina y treonina. Debido a una disminución de los enlaces de hidrogeno y a un aumento de las repulsiones electrostáticas a causa del desbloqueo de los grupos carboxilos.³⁷ En este método se involucran reactivos como el hidróxido de sodio utilizado para la eliminación de proteínas colagénicas, dado que es un agente irritante que al tener contacto con las proteínas de la piel de bovino produce su rompimiento por efectos de hidrólisis. Posteriormente los aminoácidos y péptidos más pequeños se liberan al medio acuoso, pero al ser una base fuerte podría así mismo hidrolizar la molécula de colágeno a pesar de ser una molécula fibrosa y resistente, por esta razón no se manejaron altas temperaturas ni concentraciones de la solución. Otro reactivo importante a utilizar es el ácido acético en el proceso de hinchamiento de la piel, a causa de que es un agente que solubiliza el colágeno.³⁸

3.3 PROCEDIMIENTO METODO ENZIMATICO Y QUIMICO

La extracción de colágeno por el método enzimático y químico se realiza a 4 °C con agitación continua. En el Cuadro., Se muestra la comparación entre los métodos de acuerdo con los insumos a utilizar, concentraciones y tiempo en que se deben ejecutar las fases para para la extracción.

Cuadro 2. Comparación método enzimático y químico.

	Método enzimático	Método químico
Eliminación de proteínas no colagénicas	Reactivo: Hidróxido de sodio	
	Concentración: 0.1M	
	Relación muestra/disolvente: 1/10 (p/v)	
	Tiempo: 6 h cambio cada 2 h	
Eliminación de grasas	Reactivo: Alcohol butílico	
	concentración: 10%	

³⁷ REYES, Claudia. Recuperación de colágeno libre de cromo de los residuos sólidos postcurtición en la industria del cuero. p 23. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título Ingeniería ambiental en prevención y remediación. Bogotá D.C.: Universidad de las Américas. Facultad de ingenierías y ciencias agropecuarias.2011

³⁸ QUINTERO, Julián. ZAPATA, José E. Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Ácido de Subproductos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) mediante un Diseño de Superficie de Respuesta. 2017, Vol 28, p. 109-120, 10.4067/s0718-07642017000100011

Cuadro 2. (Continuación)

Eliminación de grasas	Relación muestra/disolvente: 1/10 (p/v)	
	Tiempo: 48 h cambio cada 8 h	Tiempo: 18 h cambio cada 6 h
Hinchamiento	Reactivo: Ácido acético	
	Concentración: 0.5 M	
	Relación muestra/disolvente: 1/30 (p/v)	
	Enzima: Pepsina - 10 a 20 kUnits/g	
	Tiempo: 24 h a 48 h	Tiempo: 24 h
Filtración	Se filtra el sobrenadante proveniente del hinchamiento	
Precipitado	Reactivo: Cloruro de sodio	
	Concentración: 2.6 M	
Centrifugación	Tiempo: 15 min	
	rpm: 4000	
liofilización	Se liofiliza el sobrenadante proveniente de la centrifugación	

Fuentes: elaboración propia con base en: SINGH, Prabjeet., BENJAKUI, Soottawat y MAQSOOD, Sajid. Isolation and characterisation of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). 2011, Vol 124, p. 97-105, 10.1016/j.foodchem.2010.05.111

-QUINTERO, Julian. ZAPATA, José E. Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Ácido de Subproductos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) mediante un Diseño de Superficie de Respuesta. 2017, Vol 28, p. 109-120, 10.4067/s0718-07642017000100011

-JONGJAREONRAK, Akkasit, BENJAKUL, Soottawat y VISESSANGUAN, Wonnop. Isolation and characterisation of acid and pepsin-solubilised collagens from the skin of Brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*).2005, Vol 93, p. 475- 484, 10.1016/j.foodchem.2004.10.026

-PRABJEET, Singh; SOOTTAWAT, Benjakul; SAJID, Maqsood y HIDEKI, Kishimura, Isolation and characterisation of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*).2011, Vol 124, p. 97-105, 10.1016/j.foodchem.2010.05.11

-MOUSTAFA, Rizk, MOSTAFA, Nasser. *Extraction and Characterization of Collagen from Buffalo Skin for Biomedical Applications*. 2016, Vol.32, p. 1601-1609, 10.13005/ojc/320336

3.4 MÉTODO MIXTO

Se estableció como métodos mixtos los procesos de extracción donde se involucre el método enzimático o químico pero asistido por ultrasonido en la fase de hinchamiento de la piel o ultrafiltración para la purificación del extracto.

3.4.1 Ultrasonido. El ultrasonido es la reunión de ondas de sonido con frecuencias superiores al umbral de audición para los seres humanos (> 16 kHz) con una frecuencia de 20 kHz o más. Para la clasificación de las aplicaciones de ultrasonido, se definen de baja y alta potencia, el ultrasonido de baja potencia usa frecuencias de 20 kHz a 100 kHz³⁹ que tiene aplicación en la caracterización de las propiedades fisicoquímicas en la industria de alimentos, considerando que son procesos de detección no invasivo, efectos sobre enzimas, extracciones asistidas por ultrasonido, cristalización, emulsificación, filtración, secado y procesos de congelación, así como ablandamiento de carne.⁴⁰ Las aplicaciones de ultrasonido de alta potencia usan frecuencias de 20 kHz a 1 MHz⁴¹ que tiene aplicación en la desgasificación de alimentos líquidos y la inactivación enzimática.⁴²

El uso del ultrasonido da como resultado metodologías novedosas e interesantes, dado que a menudo son complementarias a las técnicas clásicas.⁴³ se considera método mixto a la implementación del método enzimático asistido por ultrasonido, donde la extracción de colágeno se realiza a 4 °C con agitación continua, se inicia con el pretratamiento de la piel que consiste en la liberación de proteínas no colagenicas, este procedimiento se empieza preparando una solución de hidróxido de sodio a una relación de 1:15 p/v durante 8 h con cambio cada 2 h a 0,1 M. como parte del pretratamiento también se realiza el desgrasamiento de la piel con 10% de alcohol butílico con una relación de 1:15 durante 16 h con cambio cada 8 h. Se procede a realizar el hinchamiento de la piel con el fin de solubilizar el colágeno remojando la muestra con ácido acético al 0,5 M con una relación de 1:15 p/v durante 30 minutos a 4 ° C. La mezcla se sometió a ultrasonidos utilizando un reactor de ultrasonido con una sonda de punta plana de 25 mm de diámetro. La reacción se llevó a cabo a una potencia de 750 W, trabajando a una frecuencia única de 20 kHz. La temperatura de la mezcla se mantuvo a 4 ° C usando un baño de hielo. El tratamiento se realiza a diferentes niveles de amplitud (20, 50 y 80%) por varios tiempos (10, 20, 30 min). Después del tratamiento, la extracción adicional se llevó a cabo durante 48 h. El colágeno se precipita, se dializó y se liofilizó. El colágeno obtenido se suspendió en solución de ácido acético 0,5 M con una relación

39 DEMIRDÖVEN, A., & BAYSAL, T. The Use of Ultrasound and Combined Technologies in Food Preservation. *Food Reviews International*, 2008, Vol 25, p.1–11, doi:10.1080/87559120802306157

40 KNORR, D., ZENKER, M., HEINZ, V. *Applications and potential of ultrasonics in food processing*. Trends in Food Science & Technology, 2004, Vol 15, p. 261–266, doi: 10.1016/j.tifs.2003.12.001

41 DEMIRDÖVEN. Op Cit, p. 2

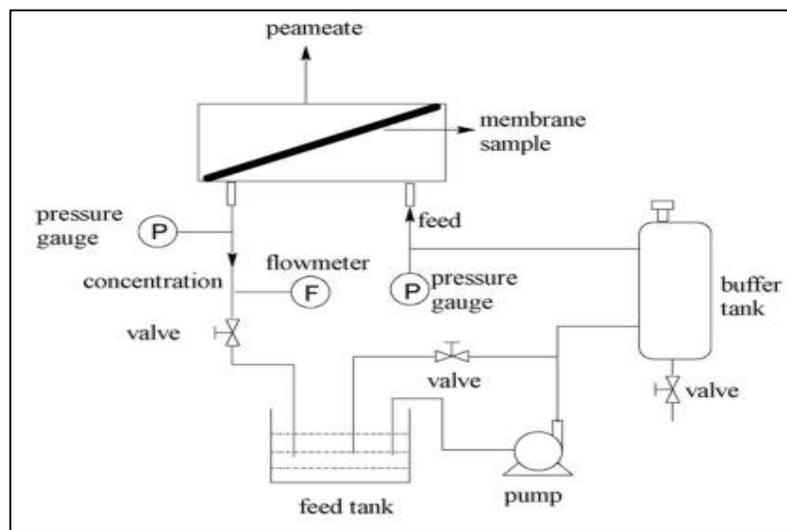
42 KNORR. Op Cit, p. 262

43 DEMIRDÖVEN. Op Cit, p.2

de 1/15 p/v en presencia de pepsina a diferentes niveles (0.1, 0.5 y 1%). Se permitió que la piel se hinchara parcialmente y sometido a ultrasonidos al 80% de amplitud por 30 min. La extracción adicional dializó y se secó. Entre cada proceso se debe se lava con agua fría hasta llegar a un pH neutro o ligeramente básico ⁴⁴

3.4.2 Ultrafiltración. En la ultrafiltración se separan pequeñas partículas de menos de 0.3 μm de diámetro, el tipo de membrana más utilizada en la ultrafiltración es tipo asimétrica. El tamaño del poro es suficientemente grande para que las moléculas de disolvente experimenten poca resistencia durante la permeación a través de la membrana, mientras que el soluto es prácticamente rechazado o retenido.⁴⁵ El proceso de ultrafiltración se utiliza para la purificación del extracto de colágeno, por consiguiente, este método es considera mixto, debido a que requiere que se combine con el método enzimático o químico. La configuración de ultrafiltración se muestra en la figura 2. Donde se evidencia que la función del tanque tampón es garantizar un flujo estable durante la operación. Para la purificación del extracto del colágeno se utilizan membranas planas circulares de 6 cm de diámetro.⁴⁶

Figura 4. Proceso de ultrafiltración



Fuente: SHEN, Jiang-nan, et al. *Purification and concentration of collagen by charged ultrafiltration*.2009, Vol 66, p 257-262, 10.1016/j.seppur.2009.01.002

⁴⁴ ALI, Ali., KISHIMURA, Hideki., BENJAKUL, Soottawat. *Extraction efficiency and characteristics of acid and pepsin soluble collagens from the skin of golden carp (Probarbus Jullieni) as affected by ultrasonication*. 2018, Vol 66, p. 237- 244, Doi: 10.1016/j.procbio.2018.01.003

⁴⁵ HERNÁNDEZ, Antonio, *Microfiltración, ultrafiltración y ósmosis inversa*. España: universidad de Murcia, 1990. p. 20. ISBN 9788476849453

⁴⁶ SHEN, Jiang-nan, et al. *Purification and concentration of collagen by charged ultrafiltration*.2009, Vol 66, p 257-262, 10.1016/j.seppur.2009.01.002

3.5 MATRIZ DE DECISIÓN

Para la selección del método de extracción de colágeno a partir de pieles de bovino, se decide implementar una matriz de decisión basada en el método de Pugh, que es una herramienta de tipo cualitativa que da la posibilidad de realizar comparaciones entre diferentes criterios por medio de un arreglo multidimensional.⁴⁷ Donde el primer paso es seleccionar los criterios con que se van a evaluar los métodos seleccionados e investigados por revisión bibliográfica, como segundo paso se dispone a calificar el grado de importancia de cada criterio de 0 a 5 según las pautas de evaluación asignadas para cada grado de importancia en la Tabla 1.

Tabla 1. Pautas la evaluación de cada método

Pautas para la evaluación	Grado de importancia
No es necesario el método	0
Se puede implementar el método	1
Se ajusta a los requerimientos del proceso	2
Es necesaria su implementación	3
Cumple con todos los requerimientos del proceso	4
Cumple con los requerimientos y tiene un valor agregado	5

Fuente: elaboración propia

El peso que se asignó a cada criterio en la Tabla 2. Es en consecuencia a las pautas para la evaluación consignadas en la Tabla 1. y responde a que el valor más alto se le dio a la eficiencia del proceso, dado que este criterio nos indica un factor importante en esta investigación que es determinar cuál método arrojará un mayor rendimiento en la extracción de colágeno, por consiguiente, se le da el peso de 5. El siguiente criterio más importante es el de variables a controlar en el proceso, al cual se le asignó un peso de 4, considerando que este criterio indica que tanta instrumentación se debe implementar en el proceso, que está relacionado con los costos del proceso y las consecuencias que se podrían generar en el producto final sino se logran controlar. El peso más bajo se le dio al criterio de costos del proceso, dado que resulta ser una inversión a largo plazo, pero si es determinante evaluar los métodos de extracción frente a los recursos financieros existentes.

⁴⁷ CAMARGO, Alejandro., ESCOBAR, Camilo. Diseño de un banco de pruebas para la determinación de las pérdidas de carga con variación de temperatura en agua. [en línea]. Trabajo de grado. Fundación Universidad de América. 2019. [consultado 06, agosto, 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/7694>

Tabla 2. Grado de importancia de los criterios

Criterios	Peso
Costos del proceso	3
Eficiencia del proceso	5
VARIABLES A CONTROLAR EN EL PROCESO	4

Fuente: elaboración propia

El grado de importancia que se asignó a cada criterio responde a que el valor más alto se le dio a la eficiencia del proceso, dado que este criterio nos indica un factor importante en esta investigación que es determinar cuál método arrojará un mayor rendimiento en la extracción de colágeno, por consiguiente, se le da el peso de 5. El siguiente criterio más importante es el de variables a controlar en el proceso, al cual se le asignó un peso de 4, considerando que este criterio indica que tanta instrumentación se debe implementar en el proceso, que está relacionado con los costos del proceso y las consecuencias que se podrían generar en el producto final sino se logran controlar. El peso más bajo se le dio al criterio de costos del proceso, dado que resulta ser una inversión a largo plazo, pero si es determinante evaluar los métodos de extracción frente a los recursos financieros existentes.

3.5.1 Evaluación de criterios. A continuación, se evaluarán los costos del proceso, eficiencia del proceso y variables a controlar en el proceso para cada uno de los métodos investigados.

3.5.1.1 Costos del proceso. Con respecto a este criterio la calificación más baja se dará al método enzimático y mixtos dado que los tres métodos tienen un factor en común y es que requiere de las mismas fases y reactivos para la extracción de colágeno, que son eliminación de proteínas, eliminación de grasas, hinchamiento, filtración, precipitado, centrifugación y liofilizado. Con la diferencia que en la fase de hinchamiento en el método enzimático se requiere la presencia, lo cual incrementa el costo del producto. Por otro lado, en los métodos mixtos además de requerir la presencia de pepsina requiere la asistencia para la solubilización de ultrasonido, también pueden incluir la implementación de membranas para la purificación del colágeno por el método de ultrafiltración.

En la Tabla 3 y 4 se relacionan los costos de los equipos y materias primas de cada método cotizados en Alibaba, donde se evidencia el incremento de los costos de operacionales en los métodos enzimáticos y mixtos. Dado estos argumentos la asignación del grado de importancia se le da al método químico por resultar ser más económico teniendo en cuenta la cantidad de equipos y menor cantidad de fases para la producción del colágeno liofilizado.

Tabla 3. Costos de equipos

Costos de equipos			
Método químico			
Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Bombo curtición	2	\$ 8.500.000	\$ 17.000.000
Filtrador	1	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
Malla	1	\$ 600.000	\$ 600.000
Precipitador	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
Centrifuga	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Liofilizador	1	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
Total			\$ 38.700.000
Métodos mixtos - Equipos adicionales			
Ultrasonido	1	\$ 2.915.044	\$ 2.915.044
Membranas	1	\$ 25.500	\$ 25.500
Equipos método químico			\$ 38.700.000
Total			\$ 41.640.544

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Costos materias primas

Materia prima			
Método químico			
Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Piel de bovino (kg)	30	\$ 150	\$ 4.500
Hidróxido de sodio (kg)	1,0799	\$ 35.900	\$ 38.768
Alcohol butílico (l)	0,27	\$ 171.000	\$ 46.170
Ácido acético (kg)	26,1	\$ 18.000	\$ 469.800
Cloruro de sodio (kg)	49,57	\$ 1.300	\$ 64.441
Agua destilada	1410	\$ 3.250	\$ 4.582.500
			\$ 5.201.679
Método enzimático y mixtos - adicionales			
Pepsina (kg)	1	\$ 126.000	\$ 126.000
Materia prima método químico			\$ 5.201.679
Total			\$ 5.327.679

Fuente: elaboración propia

3.5.1.2 Eficiencia del proceso. Eficiencia del proceso no se puede calcular debido a que esta investigación es una revisión bibliográfica y se necesitarían datos de comparación entre lo previsto y alcanzado con respecto al tiempo, costos y resultados, lo que con lleva a que se evalúe la eficiencia del procedo mediante la comparación de los rendimientos encontrados en artículos científicos de cada

método de extracción de colágeno investigado por ende, Este criterio tiene mayor peso en esta matriz de decisión, dado que, el rendimiento del proceso conviene que sea vigilado rigurosamente puesto que afecta directamente en los costos operaciones de la extracción de colágeno en las secciones de cuello y falda de las pieles de bovino.

En la 5. Se puede observar que el mayor rendimiento se obtiene por el método enzimático asistido por ultrasonido, dado que el ultrasonido tiene la capacidad para aumentar la actividad de la enzima.⁴⁸ En las demás especies los experimentos realizados muestran mayor rendimiento por la vía enzimática a razón de que el colágeno se solubiliza en presencia de pepsina a una mayor extensión que en ausencia a de la misma.⁴⁹

En la comparación de rendimientos no se incluye el método mixto por ultrafiltración debido a que la ultrafiltración influye en la purificación del colágeno, por esta razón se compara el colágeno purificado con cloruro de sodio donde se obtiene un rendimiento de 0,95% y por ultrafiltración el rendimiento es del 4,2%.⁵⁰

Tabla 5. Comparación por rendimientos

Especie	Rendimientos (%)		Métodos Mixtos Ultrasonido
	Método Enzimático	Método Químico	
Búfalo		1,8	
Ternero		43,7	
Carpa dorada	51,9	79,2	UASC. 81,53 UPSC. 94,84
Tambor negro	15,8	2,3	
Bagre de canal	38,4	25,8	
Papel nautilus	50	5,2	
Pez globo ocelado	44,7	10,7	

Fuente: elaboración con base en: ZHANG, Min. LIU, Wentao. *Isolation and characterisation of collagens from the skin of largefin longbarbel catfish (Mystus macropterus)*. 2009, Vol 115, p. 826-831, 10.1016/j.foodchem.2009.01.006
-NALINANON, Sitthipong. BENJAKUL, Soottawat y VISESSANGUAN, Wonnop. *Use of pepsin for collagen extraction from the skin of bigeye snapper (Priacanthus tayenus)*. 2007, Vol 104, p. 593- 601, 10.1016/j.foodchem.2006.12.035

⁴⁸ HIELSCHER ULTRASOUND TECHNOLOGY. Ultrasonic Collagen Extraction. [sitio web]. Alemania. [consultado el 02, agosto, 2020]. disponible en: <https://www.hielscher.com/es/ultrasonic-collagen-extraction.htm>

⁴⁹ NALINANON, Sitthipong. BENJAKUL, Soottawat y VISESSANGUAN, Wonnop. *Use of pepsin for collagen extraction from the skin of bigeye snapper (Priacanthus tayenus)*. 2007, Vol 104, p. 593- 601, 10.1016/j.foodchem.2006.12.035

⁵⁰ SHEN. Op Cit, p.261

-MOUSTAFA, Rizk., MOSTAFA, Nasser. *Extraction and Characterization of Collagen from Buffalo Skin for Biomedical Applications*. 2016, Vol.32, p. 1601-1609, 10.13005/ojc/320336

-ALI, Ali., KISHIMURA, Hideki., BENJAKUL, Soottawat. *Extraction efficiency and characteristics of acid and pepsin soluble collagens from the skin of golden carp (*Probarbus Jullieni*) as affected by ultrasonication*. 2018, Vol 66, p. 237- 244, Doi: 10.1016/j.procbio.2018.01.003

3.5.1.3 Variables a controlar en el proceso. Para evaluar este criterio se tendrán en cuenta dos factores de gran importancia como lo es la necesidad de implementar instrumentación para controlar las variables durante el proceso dado que no son procesos cerrados y como están relacionadas en que se obtenga o no colágeno nativo. Según la revisión bibliográfica se encuentra la existencia de variables que influyen en el proceso de extracción de colágeno como la especie, los diferentes entornos de su hábitat y su temperatura, dado que afectan el contenido de aminoácidos por consiguiente tiene influencia en la estabilidad térmica del colágeno, a lo que se asocia una desnaturalización térmica creciente⁵¹ y en los peces la cantidad de colágeno está afectado por la cantidad de calcio en las escamas.⁵² Estas variables son determinantes en el contenido de colágeno pero no se tendrán en cuenta en el análisis de este criterio debido a que son externas al proceso y solo el proveedor de materia primas las podría controlar.

En el método químico las variables a controlar son los tiempos de retención en todas las fases anteriormente descritas y mantener la temperatura de todos los procesos a menos de 4 ° C para mantener la estabilidad térmica de las proteínas durante el proceso de extracción. Este método destruye por completo el triptófano y los aminoácidos serina y treonina.⁵³ En este método no es necesario implementar instrumentación para controlar ninguna de las dos variables propuestas a tener en cuenta debido a que los equipos requeridos para la extracción de colágeno deben ser automatizados, lo que significa que tienen incorporado medidores de temperatura y tiempo, también controladores de estas variables.

Con respecto al método enzimático tiene en común las variables a controlar con el método químico y además se debe tener en control en la fase de hinchamiento con ácido acético debido a que en la presencia de pepsina se obtienen aumentos de 1,5 veces en el contenido de hidroxiprolina, no obstante, si este procedimiento se realiza por 48 h o más, lo más posible es que el extracto de colágeno tendría una estructura porosa,⁵⁴ por lo tanto, el tiempo de retención se tiene que incluir en el diseño de experimentos como variable, dado que es determinante para obtener colágeno

⁵¹ PRABJEET. Op Cit, p.100

⁵² ZHANG, Min. LIU, Wentao. *Isolation and characterisation of collagens from the skin of largefin longbarbel catfish (*Mystus macropterus*)*. 2009, Vol 115, p. 826-831, 10.1016/j.foodchem.2009.01.006

⁵³ REYES. Op Cit, p.23

⁵⁴ NALINANON. Op Cit, p. 597

nativo. Otra de las variables a tener en cuenta en el método enzimático es el pH a causa de que al trabajar con pepsina se debe evitar que el pH este por encima de 7 ya que se podría causar su desnaturalización, para mantener la pepsina en óptimas condiciones se debe mantener a pH ácidos (1-5).⁵⁵ Por ende, se debe generar instrumentación en el proceso para controlar esta variable para obtener una mayor eficiencia en la solubilización del colágeno.

En método enzimático asistido por ultrasonido se evalúan dos variables fundamentales que están relacionados con la posible desnaturalización de la proteína, que son la frecuencia del ultrasonido y el tiempo de tratamiento con el mismo, considerando que se puede presentar una estructura microscópica floja y porosa del colágeno y esto está relacionado con la exposición de ultrasonido por tiempos prolongados, estos daños en la estructura se deben a las oscilaciones mecánicas y cavitación de las ondas producidas por el ultrasonido. Las variables de frecuencia, temperatura y el tiempo las controla el equipo de ultrasonido, pero en la tercera fase de extracción se debe controlar el pH por el uso de pepsina. En la Tabla 6. se muestran los costos de la implementación de instrumentación cotizados en Alibaba, para el control de la variable pH la fase de hinchamiento para el método enzimático y en la tercera extracción en el método mixto.

Tabla 6. Equipos de control de pH

Equipos control de pH	
Sensor	\$ 98.000
Controlador	\$ 34.000
Trasmisor	\$ 125.000
Registrador de datos	\$ 250.000
Panel de control	\$ 300.000
Instalación	\$ 345.000
Total	\$ 1.152.000

Fuente: elaboración propia

3.5.2 Ponderación de la matriz de decisión. De acuerdo a la evaluación que se realizó a cada criterio se asignó una valoración de 0 a 5, esta valoración se asignó con respecto a las pautas de evaluación de la Tabla 1. y los argumentos anteriormente expuestos en la evaluación de criterios, donde se realiza una sumatoria ponderada con respecto al peso del criterio y la valoración de cada criterio. El resultado arrojado por la matriz de decisión es el método químico como se puede en la Tabla 7. dado que, tiene mayores ventajas en los criterios de costos del proceso y variables a controlar en el proceso.

⁵⁵ UNIVERSIDAD ALCALÁ. Pepsina. ChemEvol [sitio web]. [consultado el 28, julio, 2020]. disponible en : <http://www3.uah.es/chemevol/index.php/pepsina/#:%7E:text=La%20pepsina%20es%20una%20prote%C3%AADna,prote%C3%ADnas%20ingeridas%20en%20el%20est%C3%B3mago.&text=Se%20localiza%20en%20el%20est%C3%B3mago,la%20quimiotripsina%20y%20la%20tripsina.>

Tabla 7. Matriz de decisión

Criterios	Peso	Método Enzimático	Método Químico	Métodos Mixtos
Eficiencia del proceso	5	4	3	5
Variables a controlar en el proceso	4	2	5	2
Costos del proceso	3	2	5	1
Sumatoria		34	50	36

Fuente: elaboración propia

3.6 CARACTERIZACIÓN DEL COLÁGENO

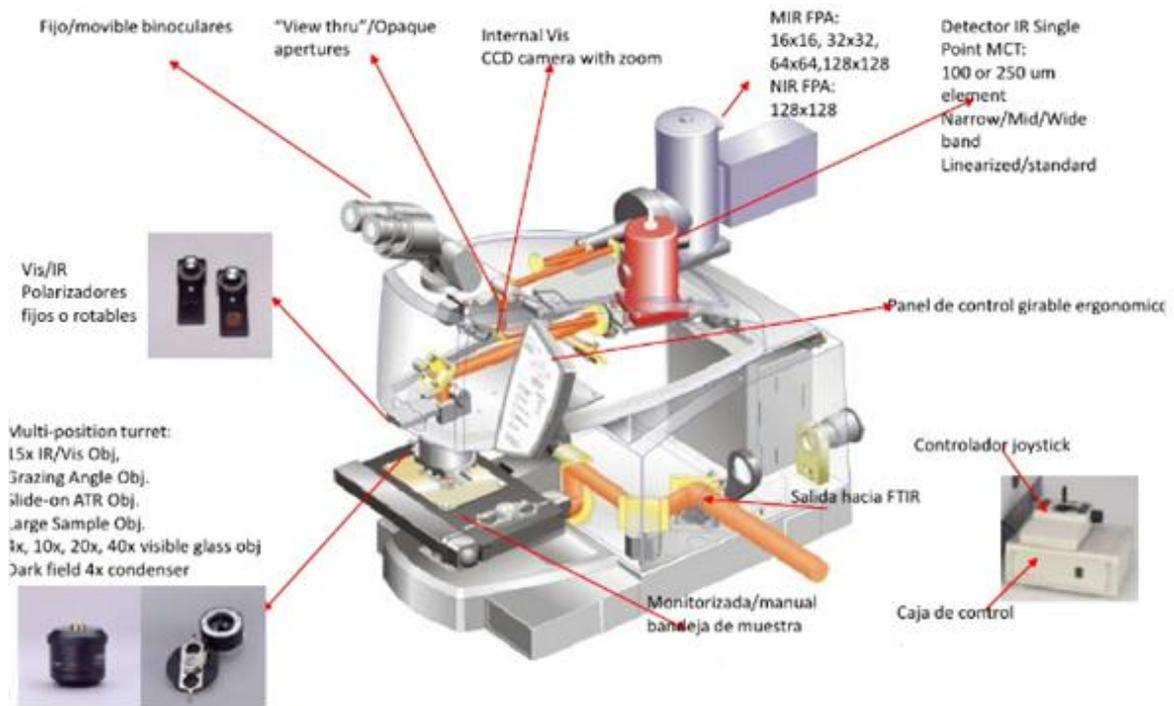
Para la determinación de que el extracto que se obtuvo mediante el método químico es colágeno nativo se debe realizar una caracterización basada en tres pruebas fundamentales como el análisis de aminoácidos, espectrometría infrarroja con transformada de Fourier y Calorimetría diferencial de barrido.

3.6.1 Espectrometría infrarroja con transformada de Fourier. La espectroscopia FTIR tiene como fundamento la excitación de grupos moleculares (lípidos, proteínas, carbohidratos, ácidos nucleicos y otras) por un haz de luz infrarroja para detectar los movimientos vibracionales presentes en la muestra biológica, este método se constituye por tres elementos principales como lo son una fuente luminosa, un interferómetro de Michelson y un detector,⁵⁶ en la Figura 5. Se pueden observar las partes del equipo. Este método busca proporcionar información de la estructura y concentración molecular, dado que cada molécula puede manifestar una serie de bandas de absorción, cada banda corresponde con un movimiento de vibración de un enlace específico dentro de la molécula, a este conjunto de señales se les conoce como la “huella dactilar”.⁵⁷

⁵⁶ GÓMEZ, Raúl. MURILLO, Rogelio. [sitio web]. Espectroscopia infrarroja. [consultado el 07, agosto, 2020]. disponible en: <http://sistemas.fciencias.unam.mx/~fam/Infrarroja.pdf>

⁵⁷ BARRAZA, Guillermo. Et al. La microespectroscopía de infrarrojo con transformada de fourier (ftirm) en el estudio de sistemas biológicos. 2013, [en línea]. [consultado 06, agosto, 2020]. disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rlq/v41n3/v41n3a1.pdf>

Figura 5. Partes del equipo



Fuente: SLIDESHARE. FTIR Politécnica charla de espectroscopia infrarroja por transformadas de fourier. [Sitio web]. [consultado 01, octubre, 2020]. disponible en: <https://n9.cl/qohgx>

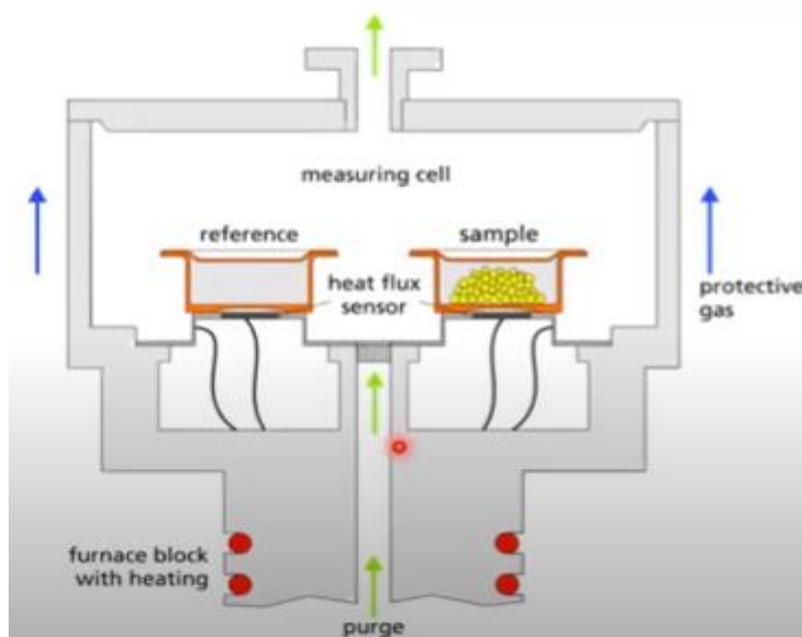
3.6.2 Calorimetría diferencial de barrido. La calorimetría diferencial de barrido, sus elementos principales como se muestra en la Figura 6. son una celda de medición, horno, sistema de calentamiento y enfriamiento, crisol con muestra, crisol con referencia, sensores de flujo de calor, termopares y gas de purga. Siendo un método experimental dinámico donde se establece la cantidad de calor que absorbe o libera una sustancia, en escenarios como mantener constante el tiempo de calentamiento o enfriamiento a determinadas velocidades, a temperatura constante o en intervalos.⁵⁸ Esto con el fin de determinar la existencia de variaciones en la entalpia,⁵⁹ medir la capacidad calorífica aparente y estabilidad térmica.⁶⁰

⁵⁸ SURIÑACH, S. et al. La calorimetría diferencial de barrido y su aplicación a la ciencia de materiales [en línea]. 1992, p 11-17. disponible en : https://www.academia.edu/24326785/La_calorimet%C3%ADa_diferencial_de_barrido_y_su_aplicaci%C3%B3n_a_la_Ciencia_de_Materiales

⁵⁹ DIMAT. Calorimetría diferencial de barrido. [sitio web]. Chile. [consultado el 09, agosto, 2020]. disponible en : https://www.researchgate.net/publication/316860989_CALORIMETRIA_DIFERENCIAL_DE_BARRIDO

⁶⁰ SURIÑACH. Op Cit, p.11

Figura 6. Principio de funcionamiento DSC



Fuente: ANALITEK S.A. Introducción al análisis térmico: calorimetría diferencial de barrido (DSC) y termogravimetría (TGA). [Sitio web]. [consultado 01, octubre, 2020]. disponible en: <https://n9.cl/dhslt>

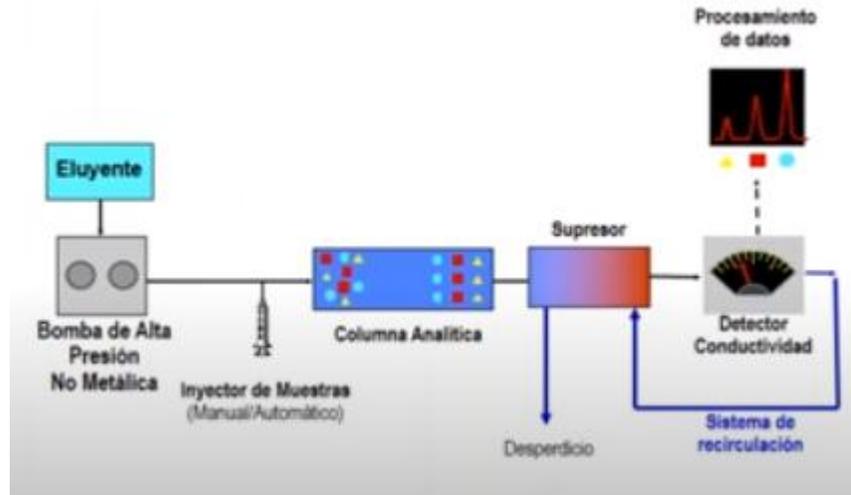
3.6.3 Análisis de aminoácidos. Esta prueba se realiza con el fin de caracterizar y cuantificar el contenido de aminoácidos totales, incluyendo cisteína, triptófano e hidroxiprolina, hay varios métodos para realizar el análisis de aminoácidos,⁶¹ mediante el método de cromatografía de intercambio iónico que consiste en la separación de moléculas basada en sus propiedades de carga eléctrica y se fundamenta en que las moléculas cargadas se adhieren a los intercambiadores de forma reversible de modo que dichas moléculas pueden ser asociadas o disociadas cambiando el ambiente iónico como se puede observar en la Figura 7.⁶²

⁶¹ ALDÁMIZ, Luis. ÁNGEL, José. Análisis e interpretación del perfil de aminoácidos en errores innatos del metabolismo. Anales de Pediatría Continuada. 2010, Vol. 8, p. 26–32. doi:10.1016/s1696-2818(10)70004-4

⁶² ÁLVAREZ, et al. Cromatografía de intercambio iónico. [sitio web]. [consultado el 07, agosto, 2020]. disponible en : <http://ufq.unq.edu.ar/Docencia-Virtual/BQblog/Cromatografia%20de%20intercambio%20ionico.pdf>

Otro método para realizar este análisis es la cromatografía de gases es un método físico de separación donde los componentes que se quieren separar son distribuidos entre dos fases, una de ellas es estacionaria mientras que la otra fase se mueve en una dirección definida y los componentes son apartados por sus diferentes tasas de migración.⁶³

Figura 7. Cromatografía de intercambio iónico.



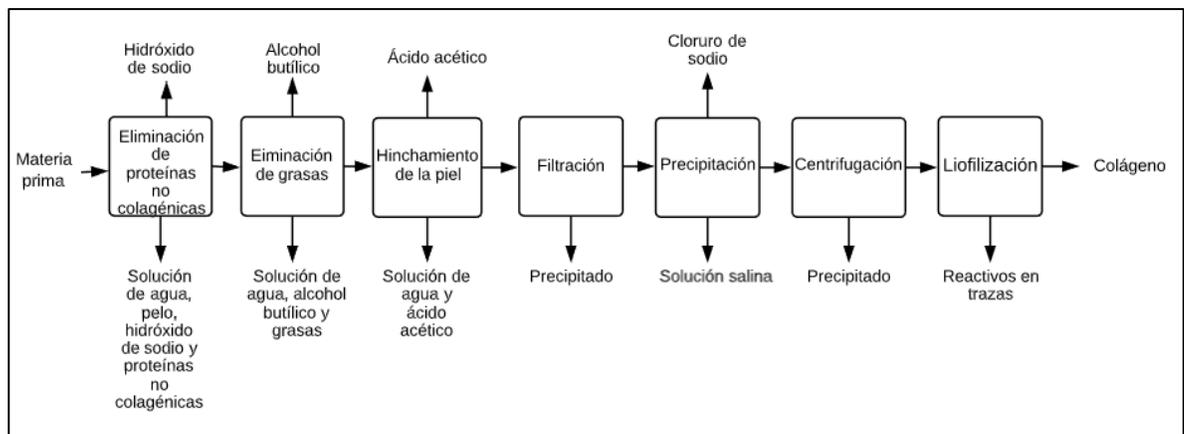
Fuente: SOLUCIONES ANALÍTICAS S.A. Introducción a la cromatografía iónica. [Sitio web]. [consultado 01, octubre, 2020]. disponible en: <https://n9.cl/1i7g>

⁶³OLGUÍN, Laura. RODRÍGUEZ, Héctor. Cromatografía de gases. [en línea]. Universidad nacional autónoma de México. 2004 [consultado 07, agosto, 2020]. disponible en: http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia_de_gases.pdf

4. EQUIPOS PRINCIPALES DEL PROCESO

En este capítulo se hará una propuesta de un escalamiento de los equipos principales a unos a nivel planta piloto. Según la información encontrada en la revisión bibliográfica se identifican características que deben tener los equipos para satisfacer las necesidades para la extracción de colágeno en pieles de bovino en las secciones de falda y cuello. Además, en el Diagrama 1., se presenta el proceso de extracción de colágeno que consta de 6 fases por método químico, donde al finalizar cada fase se debe realizar un lavado con agua destilada para llegar a un pH neutro o ligeramente básico, no se incluye el proceso de diálisis, dado que se considera realizar primero la parte experimental y con los resultados obtenidos determinar la necesidad realizar purificación al extracto obtenido. En el esquema se evidencian los reactivos que intervienen en el proceso y los residuos provenientes de cada fase.

Diagrama 1. Esquema general del proceso de extracción de colágeno (PBD).



Fuente: elaboración propia

4.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

A continuación, se hará la descripción de los equipos involucrados en el proceso de extracción de colágeno en las secciones de cuello y falda de piel de bovino, tanto a nivel laboratorio como a escala de planta piloto.

4.1.1 Bombo de curtición. Los tambores o bombos de curtición son contenedores cilíndricos de materiales como madera, acero inoxidable o polipropileno y por lo general son automatizados ya que el proceso requiere el control de varias variables como los son tiempo de rotación, temperatura y pH. Su fundamento se basa en rotación mecánica que permite mezclar y penetren los componentes químicos con

las pieles⁶⁴ y dividir las regiones telopéptidas.⁶⁵ Este equipo es utilizado en las fases de eliminación de proteínas, la eliminación de grasas, y la solubilización del colágeno. Para la selección de un bombo de curtición se debe evaluar el estado mecánico de las poleas, caja de cambios, si es un motor bifásico y el tablero eléctrico que se tenga control de velocidad, tiempo, temperatura y presión.⁶⁶

4.1.2 Filtro. Estos equipos tienen como fundamento separar la parte sólida de un líquido. La fuerza que impulsa el proceso puede ser la gravedad o la generación de un vacío o presión reducida, por medio de una trompa de agua o una bomba de vacío.⁶⁷ En el laboratorio se realiza mediante un montaje que consta de un soporte universal, pinza, embudo de filtración, papel filtro y Erlenmeyer. A nivel industrial se usa presión diferencial.

4.1.3 Precipitado. Tiene como función recuperar el colágeno disuelto en la solución de ácido acético. Mediante la precipitación a causa del cloruro de sodio, debido a las cargas iónicas que le aporta el cloruro de sodio a la proteína. A nivel laboratorio se utiliza un vaso precipitado con una agitación magnética inicial y posteriormente se precipita por gravedad. A nivel industrial se utiliza la precipitación salina.⁶⁸

4.1.4 Centrifugación. Estos equipos mediante su método mecánico logran separar sólidos de líquidos por su diferencia de densidad mediante la fuerza centrífuga, logrando que los componentes más densos de la mezcla se desplazan fuera del eje de rotación de la centrífuga, mientras que los componentes menos densos de la mezcla se desplazan hacia el eje de rotación, esta rotación produce sedimentación de sólidos o partículas de mayor densidad. De esta manera en el laboratorio se aumenta la fuerza de gravedad efectiva en un tubo de ensayo para causar una precipitación del sedimento en la base del tubo de ensayo de modo más rápida y completa.⁶⁹ A nivel industrial la formación del sedimento depende de muchos más variables a controlar como los son la geometría del contenedor de la centrifuga, la temperatura, tamaño y forma de la partícula y la diferencia entre las densidades.⁷⁰

⁶⁴ ASSOMAC. Tambores (madera, acero, plástico). [sitio web]. [Consultado 19, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.assomac.it/publico/es/technology/a0105-tambores-madera-acero-plastico>

⁶⁵ QUINTERO Op. Cit. p 113

⁶⁶ JARA, Franklin. GARCES, Edith. implementación de un sistema automatizado para la etapa de ribera-curtido de pieles en el laboratorio de curtiembre de la facultad de ciencias pecuarias. [En línea]. Trabajo de grado. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba, Ecuador. [Consultado 07, octubre, 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/ARGOM/Downloads/108T0203.pdf>

⁶⁷ QUERCUSLAB. Filtración por gravedad y filtración al vacío. [Sitio web]. 17, diciembre, 2014. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://quercuslab.es/blog/filtracion-por-gravedad-y-filtracion-al-vacio/>

⁶⁸ SERRANO. Op. Cit. p 39

⁶⁹ MERCADO, Ángel. Centrifugación. [En línea]. Trabajo de grado. Escuela Profesional De Ingeniería De Industrias Alimentarias. Arequipa, Perú: 2014. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4190/IAmemead001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁷⁰ MERCADO. Op. Cit. p. 10

4.1.5 Liofilizado. Este equipo consta de una bomba de vacío para reducir la presión del ambiente de la cámara que contiene el material a secar, una cámara de secado donde se tiene una temperatura controlada, estantes y condensador para atrapar el disolvente. Mediante este equipo se busca eliminar por completo el disolvente contenido en la muestra, sin producir ningún cambio en la estructura o composición de la misma. En este proceso se emplean bajas temperaturas, proporcionar estabilidad, minimizar la descomposición química, evitar la contaminación durante el almacenamiento, pero hay inconvenientes en el proceso de liofilización, debido a requiere largos tiempos de procesamiento y manipulación,⁷¹

4.2 CÁLCULO DE INSUMOS

Se realizará el cálculo de las cantidades necesarias de cada insumo involucrado en el proceso de extracción de colágeno en las secciones cuello y falda de las pieles de bovino y su respectivo costo, el cual se utilizará para hallar los costos directos en el análisis financiero. Para esto se utiliza la Ecuación 1. Disoluciones para muestras sólidas, con la cual se hallan las cantidades de agua destilada requeridas para las relaciones muestra / disolvente. La Ecuación 2. Molaridad, se utiliza para determinar las moles requeridas para cumplir con la concentración final de la disolución de cada fase.

Ecuación 1. Disoluciones para muestras sólidas

$$\text{Dilucion} = \frac{1 \text{ g Muestra}}{1 \text{ g Muestra} + \text{ml diluyente}}$$

Fuente: ARANA, Inés. ORUÑO, Maite. BARCINA, Isabel. DILUCIONES Y CONCENTRACIONES. MUESTRAS LÍQUIDAS Y SÓLIDAS. [En línea]. Universidad del País Vasco. [Consultado 14, agosto, 2020]. Disponible en: <https://n9.cl/hhtf>

Ecuación 2. Molaridad

$$\text{Molaridad} = \frac{\text{moles de soluto}}{\text{Litros de disolución}}$$

Fuente: MERINO, Carmen., GÓMEZ, Beatriz. Operaciones básicas de laboratorio. McGraw-Hill Interamericana de España S.L. 2020. p.120- 125. ISBN. 8448184491

⁷¹ <https://bibliotecas.ort.edu.uy/bibid/81392/file/1920>

4.2.1 Hidróxido de sodio. Este insumo es utilizado en la primera fase, eliminación de proteínas no colagénicas en relación 1/10 al 0.1 M, se utiliza la Ecuación 1 y la Ecuación 2.

$$1/10 = \frac{30.000 \text{ g Muestra}}{30.000 \text{ g Muestra} + x}$$

$$x = 270.000 \text{ ml} \left(\frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \right) = 270 \text{ l}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{moles de NaOH}}{270 \text{ l}}$$

$$27 \text{ moles de NaOH} \left(\frac{39,997 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \right) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) = 1,079919 \text{ kg}$$

$$1,079919 \text{ kg} \left(\frac{\$ 35.900}{1 \text{ kg}} \right) = \$38.769$$

4.2.2 Alcohol butílico. Para el proceso de eliminación de grasas la disolución tiene que estar al 10% v/v, se utiliza la Ecuación 3. Relación porcentaje volumen/volumen, para determinar los litros de alcohol butílico requeridos y su costo. Se asume los mismos litros de disolución de eliminación de proteínas no colagénicas

Ecuación 3. Relación porcentaje volumen/volumen

$\%v/v = \frac{\text{litros de alcohol butílico}}{\text{litros de solución}} \times 100$
--

Fuente: MERINO, Carmen., GÓMEZ, Beatriz. Operaciones básicas de laboratorio. McGraw-Hill Interamericana de España S.L. 2020. p.120- 125. ISBN. 8448184491

$$10\%v/v = \frac{\text{litros de alcohol butílico}}{270 \text{ l}} \times 100$$

litros de alcohol butílico = 0,27 l de alcohol butílico

$$0,27 \text{ l de alcohol butílico} \left(\frac{\$ 171.000}{1 \text{ l}} \right) = \$46.170$$

4.2.3 Ácido acético. Este insumo es utilizado en la tercera fase, hinchamiento de la piel, donde la relación muestra/ disolvente debe estar 1/10 al 0.5 M, se utiliza la Ecuación 1 y la Ecuación 2.

$$1/30 = \frac{30.000 \text{ g Muestra}}{30.000 \text{ g Muestra} + x}$$

$$x = 870.000 \text{ ml} \left(\frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \right) = 870 \text{ l}$$

$$0,5 \text{ M} = \frac{\text{moles de ácido acético}}{870 \text{ l}}$$

$$435 \text{ moles de ácido acético} \left(\frac{60,052 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \right) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) = 26,12 \text{ kg}$$

$$26,12 \text{ kg de ácido acético} \left(\frac{\$ 18.000}{1 \text{ kg}} \right) = \$469.800$$

Para las disoluciones de las tres primeras fases se debe utilizar agua destilada y las cantidades por cada fase son 270, 270 y 870 litros para un total de 1410 litros. Se realiza el cálculo del costo

$$1.1410 \text{ l de agua destilada} \left(\frac{\$ 3.250}{1 \text{ l}} \right) = \$4.582.500$$

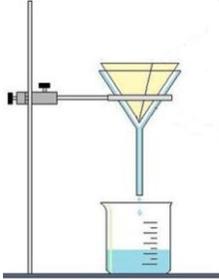
4.2.4 Cloruro de sodio. En el proceso de filtración se asume que el sobrenadante resultante es del 35 % a 40% de la disolución que absorbe la piel en el hinchamiento y para las cantidades de cloruro de sodio utilizadas en la fase de precipitación se asume un promedio de 37,5% de los 870 litros agregados en el hinchamiento, la base cálculo para el proceso de precipitación es 326,25 litros de sobrenadante proveniente de la filtración. Se utiliza la Ecuación 2.

$$2,6 \text{ M} = \frac{\text{moles de cloruro de sodio}}{326,25 \text{ l}}$$

$$848,2526 \text{ moles de cloruro de sodio} \left(\frac{58,44 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \right) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) = 49,57 \text{ kg}$$

$$49,57 \text{ kg} \left(\frac{\$ 1.300}{1 \text{ kg}} \right) = \$64.443$$

Cuadro 3. Equipos

Equipos			
Fase	Laboratorio	Planta piloto	Características
Bombo o tambor de curtición			Carga:30 kg Diametro:1000 mm Ancho: 500 mm Motor: 1,1 kw Peso: 650 kg Energía: 2.2 kw Volumen: 350 l
Filtración			Malla: 2000 hasta 1 micra Material: Acero inoxidable
Precipitado			Capacidad:30 kg Material: Acero inoxidable
Centrifugación			Velocidad 4.700 rpm Motor: Potencia 18,5 Kw Dimensiones: mm 950 X 1500 X 2100

Cuadro 3. (Continuación)

Equipos			
Fase	Laboratorio	Planta piloto	Características
Liofilización			Tamaño bandeja: 200 mm de Diámetro Tamaño cámara de secado: 260*430 mm de Diámetro Capacidad del condensado: 4 litros

Fuente: elaboración propia

5. ANÁLISIS FINANCIERO

En el siguiente capítulo se presenta un análisis financiero basado en datos encontrados en la revisión bibliográfica con el fin de evaluar la viabilidad y rentabilidad del escalamiento a planta piloto de la extracción de colágeno en piel de bovino en las secciones de cuello y falda. Este capítulo proporciona información sobre las inversiones que se requieren para poner en la marcha el proyecto, ingresos costos y gastos proyectados a 5 años.

Con el fin de realizar las proyecciones dentro de este estudio financiero se utilizó la herramienta IPC 3,62%.⁷²

5.1 INVERSIONES

Las inversiones de un proyecto son todos los costos en que se incurren en la adquisición de los activos necesarios para poner en marcha el proyecto⁷³ y se compone de activos fijos, diferidos y capital de trabajo.

5.1.1 Activos fijos. Estos activos son todos los bienes tangibles como terreno y equipamiento que contribuyen a la transformación de insumos o apoyos a la operación.⁷⁴

5.1.1.1 Equipos. En la Tabla 5 y 6 Se relacionan el costo de los equipos, muebles y enseres involucrados para realizar el proceso de extracción de colágeno de pieles de bovino en las secciones de cuello y falda. Los datos consignados en la Tabla 5. fueron cotizados en la empresa ITALNOX S.A.S. con Nit. 900583068-6 por Iso ingenieros Fidel Rodríguez y John Rodríguez y los datos de la Tabla 6. fueron consultados en “Maderkit”, “mercado libre”, “Alkosto” y de proveedores nacionales cuyas ventas están dedicadas al comercio electrónico.

⁷² Dinero. Inflación e Colombia enero 2020. [sitio web]. Bogotá D.C. 05, febrero, 2020. [Consultado 19, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.dinero.com/economia/articulo/inflacion-e-colombia-enero-2020/281530>

⁷³ ESAN. Graduate School of Business. Gestión de Proyectos, Apuntes empresariales. [sitio web]. Lima, Perú. 28, junio, 2016. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/06/costos-de-inversion-y-de-operacion-en-la-formulacion-de-un-proyecto/>

⁷⁴ Inversiones en un proyecto. [sitio web]. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en [http://www.spw.cl/proyectos/inversiones.htm#:~:text=Los%20Activos%20Fijos%20\(AF\)%20o,oficinas%2C%20bodegas%2C%20etc.](http://www.spw.cl/proyectos/inversiones.htm#:~:text=Los%20Activos%20Fijos%20(AF)%20o,oficinas%2C%20bodegas%2C%20etc.)

Tabla 8. Costos de equipos

Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Bombo curtición	2	\$ 8.500.000	\$ 17.000.000
Filtrador	1	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
Malla	1	\$ 600.000	\$ 600.000
Precipitador	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
Centrifugadora	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Liofilizador	1	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
Total			\$ 38.700.000

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Costos de muebles y enseres

Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Computador	1	\$ 1.689.000	\$ 1.689.000
Escritorio	2	\$ 189.900	\$ 379.800
Silla	2	\$ 130.000	\$ 260.000
Total			\$ 2.328.800

Fuente: elaboración propia

Se procede a realizar la depreciación de los activos fijos con respecto a la vida útil, como se observa en la Tabla 7

Tabla 10. Depreciación de los activos fijos

Activo fijo	Costo total	Vida util	Depreciación
Equipos	\$ 38.700.000	10	\$ 3.870.000
Muebles y enseres	\$ 2.328.800	5	\$ 465.760
Total	\$ 41.028.800		\$ 4.335.760

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 8. Se muestra las proyecciones de las depreciaciones de los activos fijos a 5 años con la base en el IPC

Tabla 11. Proyección depreciación activos fijos

Activo fijo	2021	2022	2023	2024	2025
Equipos	\$ 3.870.000	\$ 4.010.094	\$ 4.155.259	\$ 4.305.680	\$ 4.461.545
Muebles y enseres	\$ 465.760	\$ 482.621	\$ 500.091	\$ 518.195	\$ 536.9523
Total	\$ 4.335.760	\$ 4.492.715	\$ 4.655.351	\$ 4.823.874	\$ 4.998.499

Fuente: elaboración propia

5.1.1.2 Terreno. En la Tabla 12., se evidencia el costo del terreno necesario para la instalación de la planta de producción de extracción de colágeno, este costo se calculó basado en el precio del metro cuadrado de la localidad de Puente Aranda en la ciudad de Bogotá, Colombia que está en 3.740.458 promedio.⁷⁵

Tabla 12. Costos del terreno

División Del Terreno	Área (m ²)	Costo Metro Cuadrado
Planta de producción	25	\$ 93.511.450
Almacenamiento materia prima	6	\$ 22.442.748
Costo Total		\$ 115.954.198

Fuente: elaboración propia

5.1.2 Activos diferidos. Estas inversiones se caracterizan por su inmaterialidad ya que pueden ser derechos adquiridos y/o servicios necesarios para el estudio e implementación del Proyecto⁷⁶ como se puede observar en la Tabla 13.

Tabla 13. Costos de activos intangibles

Activos Intangibles	Unidad	Cantidad	V / Unidad (\$/h)	Total
Capacitación personal	Hora	8	\$ 8.914	\$ 71.312
Estudios previos	Estudiante Director	400	\$ 8.914	\$ 3.565.600
	Hora	88	\$ 15.000	\$ 1.320.000
Total			\$ 32.828	\$ 4.956.912

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los costos de los activos diferidos, se procede a realizar la amortización.

⁷⁵ METRO CUADRADO. Occidente - Sector Puente Aranda [sitio web]. 27, agosto, 2019. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en <https://www.metrocuadrado.com/noticias/precios-m2/occidente-sector-puente-aranda-983>

⁷⁶ Inversiones y financiamiento del proyecto. [sitio web]. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en <http://www.spw.cl/proyectos/apuntes/cap4.htm>

Tabla 14. Amortización activos intangibles

Activos Intangibles	Total	Vida útil	Amortización
Capacitación personal	\$ 71.312	5	\$ 14.262
Estudios Estudiante	\$ 3.565.600	5	\$ 713.120
previos Director	\$ 1.320.000	5	\$ 264.000
Total	\$ 4.956.912		\$ 991.382

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Proyección amortización

Activos Intangibles	2021	2022	2023	2024	2025
Amortización	\$991.382	\$1.027.270	\$1.064.458	\$1.102.991	\$1.142.919

Fuente: elaboración propia

5.1.3 Costos de operación. Son los costos relacionados con la producción de la empresa que pueden dividirse en equipos y costos administrativos. Por lo general se busca reducir al máximo este costo, dado que se calculan para determinar cuántos ingresos se necesitan para que el proyecto sea rentable.⁷⁷

5.1.3.1 Costos directos. Son los relacionados directamente con a la determinación del precio de producto final.⁷⁸

5.1.3.2 Materia prima. En la Tabla 16. se muestran los costos de los reactivos para la extracción de colágeno de un lote de 30 Kg.

⁷⁷ ESAN. Graduate School of Business. Gestión de Proyectos, Apuntes empresariales. [sitio web]. Lima, Perú. 28, junio, 2016. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/06/costos-de-inversion-y-de-operacion-en-la-formulacion-de-un-proyecto/>

⁷⁸ NUÑO. Patricia. Emprende Pyme. Costes directos. [sitio web]. Lima, Perú. 12, Julio, 2017. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.emprendepyme.net/costes-directos.html#:~:text=Los%20costes%20directos%20son%20un,o%20servicios%20de%20una%20empresa.&ext=El%20coste%20directo%20es%20aquel,atribuye%20directamente%20a%20un%20producto.>

Tabla 16. Costos de materia prima

Materia prima	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Piel de bovino (kg)	30	\$ 150	\$ 4.500
Hidróxido de sodio (kg)	1,0799	\$ 35.900	\$ 38.768
Alcohol butílico (l)	0,27	\$ 171.000	\$ 46.170
Ácido acético (kg)	26,1	\$ 18.000	\$ 469.800
Cloruro de sodio (kg)	49,57	\$ 1.300	\$ 64.441
Agua destila	1410	\$ 3.250	\$ 4.582.500
Total			\$ 5.201.679

Fuente: elaboración propia

5.1.3.3 Servicios públicos. El consumo de agua se determinó que se utiliza 20 litros por cabeza de ganado procesada⁷⁹ y el consumo eléctrico medio/alto promedio es 450 kW⁸⁰

Tabla 17. Servicios públicos

Concepto	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo mes	Costo anual
Acueducto	20	m3	3710,14	\$ 74.203	\$ 890.434
Alcantarillado	1	Cargo fijo	4016,94	\$ 4.017	\$ 48.203
Total de servicios				\$ 78.220	\$ 938.637

Fuente: elaboración propia

5.1.3.4 Mano de obra directa. La nómina se calculó para un mes de producción con turno de 8 horas diarias, el pago se realiza con respecto al código sustantivo del trabajo en el que contempla para aportes (ARL 5%, salud 8.5%, pensión 12%, cajas de compensación 4%) y para las prestaciones sociales (cesantías y prima legal 8.33%, intereses de cesantías 1%, vacaciones 4,16%)⁸¹

⁷⁹ FLUENCE NEWS TEAM. Uso del Agua en la Industria del Cuero. [Sitio web]. 01, diciembre, 2016. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.fluencecorp.com/es/huella-hidrica-industria-cuero/>

⁸⁰ FOLGADO. José. El consumo eléctrico de grandes y medianas empresas crece y encadena 17 meses al alza. En: El Mundo. Madrid. 23, febrero, 2015. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.elmundo.es/economia/2015/02/23/54eaf34cca47414a118b456f.html>

⁸¹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 2663. (05, agosto, 1950) código sustantivo del trabajo. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/codigo_sustantivo_trabajo.html

Tabla 18. Nomina

Cargo	Salario básico	Devengado		Deducciones		Neto pagado	Pago anual
		Auxilio transp.	Total	Salud	Pensión		
Ing. Químico	\$ 2.139.407	\$ 0,00	\$ 2.139.407	\$ 85.576	\$ 85.576	\$ 1.968.254	\$ 23.619.053,28
Operario 1	\$ 1.000.000	\$ 102.854	\$ 1.102.854	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 1.022.854	\$ 12.274.248,00
Operario 2	\$ 1.000.000	\$ 102.854	\$ 1.102.854	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 1.022.854	\$ 12.274.248,00
Totales	\$ 4.139.407	\$ 205.708	\$ 4.345.115	\$ 165.576	\$ 165.576	\$ 4.013.962	\$ 48.167.549,28

Fuente: elaboración propia

Tabla 19. Provisiones de nomina

Provisiones de nómina a cargo del empleador		
Concepto	Mensual	Anual
Aporte a pensión	\$ 49.673	\$ 596.075
Aportes a salud	\$ 351.850	\$ 4.222.195
Aportes a riesgos laborales	\$ 21.608	\$ 259.292
Cajas de compensación	\$ 165.576	\$ 1.986.915
Prima de servicios	\$ 361.948	\$ 4.343.377
Cesantía	\$ 361.948	\$ 4.343.377
Intereses sobre cesantías	\$ 43.434	\$ 521.205
Provisión de vacaciones	\$ 172.613	\$ 2.071.359
Total provisiones	\$ 1.528.650	\$ 18.343.796

Fuente: elaboración propia

Tabla 20. Proyección de costos operacionales

Costos	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Materia Prima	\$ 5.201.679	\$ 5.389.980	\$ 5.585.097	\$ 5.787.278	\$ 5.996.777	\$ 6.213.861
Servicios públicos	\$ 938.637	\$ 972.616	\$ 1.007.824	\$ 1.044.307	\$ 1.082.111	\$ 1.121.284
Nomina	\$ 48.167.549	\$ 49.911.215	\$ 51.718.001	\$ 53.590.192	\$ 55.530.157	\$ 57.540.349
P. Nómina	\$ 18.343.796	\$ 19.007.841	\$ 19.695.925	\$ 20.408.918	\$ 21.147.721	\$ 21.913.268
Total	\$ 72.651.662	\$ 75.281.652	\$ 78.006.847	\$ 80.830.695	\$ 83.756.767	\$ 86.788.761

Fuente: elaboración propia

Tabla 21. Presupuesto de inversión

Presupuesto de inversión		Costo
Nomina		\$ 5.036.816
Servicios públicos		\$ 369.266
Materia prima		\$ 7.523.527
Equipos		\$ 38.700.000
Muebles y enseres		\$ 2.328.800
Terreno		\$ 138.396.946
	Total costos directos	\$ 192.355.356
Inversiones diferidas		\$ 4.956.912
	Sub. Total costos indirectos	\$ 4.956.912
Imprevistos (15% costos directos e indirectos)		\$ 29.596.840
	Total costos indirectos	\$ 34.553.752
	Total costos directos e indirectos	\$ 226.909.108
Capital de trabajo (15% costos directos e indirectos)		\$ 34.036.366
	Capital de inversión	\$ 260.945.474
Financiado (30%)		\$ 78.283.642
Recursos propios (70%)		\$ 182.661.832

Fuente: elaboración propia

5.2 GASTOS DE FINANCIAMIENTO

EL 30% del valor del proyecto se financie por medio del banco Bancolombia, la tabla de amortización se encuentra en el anexo D.

Tabla 22. Gastos de financiación.

Financiación del proyecto	
Monto Financiado	\$ 78.283.642
Tasa Nominal	1,387%
Plazo (Meses)	60
Cuota	\$ 1.930.443

Fuente: elaboración propia

Tabla 23. Gastos de financiación proyectados

Gastos financieros						
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cuota	\$ 6.485.608	\$ 19.456.823	\$ 19.456.823	\$ 19.456.823	\$ 19.456.823	\$ 12.971.215

Fuente: elaboración propia

5.3 INGRESOS

Los ingresos son los generados por las ventas de colágeno de piel de bovino proyectadas a 5 años según la demanda de colágeno al mes se requieren 50 kg,⁸²

Tabla 24. Proyección de ventas.

Proyección ventas						
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Demanda (kg)	600	622	644	667	691	716
Precio	\$ 170.905	\$ 177.058	\$ 183.432	\$ 190.035	\$ 196.876	\$ 203.964
Ingresos	\$ 102.543.000	\$ 110.058.992	\$ 118.125.876	\$ 126.784.030	\$ 136.076.792	\$ 146.050.677

Fuente: elaboración propia

⁸² Beltrán, Jimena. Valoración de la innovación tecnológica del proceso de obtención de colágeno a partir de piel de tilapia (*oreochromis sp*) para su aplicación en el mercado cosmético. [sitio web]. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C., 2011. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/4135/1/jimenabeltran_ram%C3%ADrez.2011.pdf

5.4 ESTADO DE RESULTADOS

El Estado de Resultados se realizó con el fin de establecer la utilidad o pérdida neta del proyecto de extracción de colágeno y evaluar la eficiencia operativa.⁸³A continuación, se muestra la tabla 14 en la cual se aprecia el estado financiero del proyecto, teniendo en cuenta un impuesto de renta del 33% establecido por ley.

Tabla 25. Estado de resultados.

	2021	2022	2023	2024	2025
Ventas	\$ 110.058.992	\$ 118.125.876	\$ 126.784.030	\$ 136.076.792	\$ 146.050.677
Costos operacionales	\$ 75.281.652	\$ 78.006.847	\$ 80.830.695	\$ 83.756.767	\$ 86.788.761
Utilidad bruta	\$ 34.777.340	\$ 40.119.028	\$ 45.953.334	\$ 52.320.025	\$ 59.261.915
Utilidad antes de impuestos	\$ 34.777.340	\$ 40.119.028	\$ 45.953.334	\$ 52.320.025	\$ 59.261.915
Impuestos	\$ 11.476.522	\$ 13.239.279	\$ 15.164.600	\$ 17.265.608	\$ 19.556.432
Utilidad neta	\$ 23.300.818	\$ 26.879.749	\$ 30.788.734	\$ 35.054.417	\$ 39.705.483

Fuente: elaboración propia

5.5 FLUJO DE CAJA

El flujo de caja se da a conocer aspectos como inversión inicial, amortización para los activos diferidos y las depreciaciones de los activos fijos muebles y enseres, además del financiamiento.

⁸³ CODAES. Estado de resultados. [sitio web]. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: http://academica.uasp.mx/oa/estadoresultados/qu_es_el_estado_de_resultados.html

Tabla 26. Flujo de caja.

Concepto	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Utilidad neta		\$ 23.300.818	\$ 26.879.749	\$ 30.788.734	\$ 35.054.417	\$ 39.705.483
Depreciación		\$ 3.643.040	\$ 3.765.689	\$ 3.892.467	\$ 4.023.514	\$ 4.158.972
Amortización		\$ 991.382	\$ 1.027.270	\$ 1.064.458	\$ 1.102.991	\$ 1.142.919
Financiamiento		\$ 19.456.823	\$ 19.456.823	\$ 19.456.823	\$ 19.456.823	\$ 19.456.823
Inversión	\$ 219.171.186	-	-	-	-	-
Flujo de caja neto	\$ 219.171.186	-\$ 790.427	\$ 2.629.966	\$ 6.374.986	\$ 10.471.090	\$ 14.946.769

Fuente: elaboración propia

5.6 INDICADORES FINANCIEROS

Los indicadores financieros son diseñados para medir la estabilidad financiera, la capacidad de endeudamiento, la capacidad de generar liquidez, los rendimientos y las utilidades,⁸⁴ a través de la interpretación de las cifras, se logra identificar la rentabilidad y viabilidad de la extracción de colágeno en las secciones de cuellos y falda de las pieles de bovino.

5.6.1 Tasa interna de oportunidad (TIO). Para calcular la TIO es necesario calcular el promedio de tasas de captación mensuales (DTF) de los últimos 12 meses y se determina con la Ecuación 4.

⁸⁴ ACTUALICESE. Definición de indicadores financieros. [Sitio web]. 26, febrero, 2015[Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://actualicese.com/definicion-de-indicadores-financieros/>

Tabla 27. DTF mensual

Año	Mes	DTF
2020	Abril	4,55%
	marzo	4,50%
	febrero	4,46%
	Enero	4,58%
	Diciembre	4,52%
	Noviembre	4,43%
2019	Octubre	4,41%
	Septiembre	4,48%
	Agosto	4,43%
	Julio	4,47%
	Junio	4,52%
	Mayo	4,50%
Promedio		4,49%

Fuente: elaboración propia con base en: BANCO DE LA REPUBLICA. DTF. [Sitio web]. Colombia. [Consulta: 20 agosto 2020]. Archivo xls. Disponible en: <https://n9.cl/dna7x>

Ecuación 4. Tasa interna de oportunidad

$$TIO=(1+Promedio\ DTF)*(1+IPC)*(1+Tasa\ de\ inversión\ del\ empresario)-1$$

Fuente: KEAT, Paul; YOUNG, Philip. Economía de empresas. Pág. 574. Cuarta Ed. 2011.Mexico. ISBN: 970-26-0441-9

$$TIO=(1+4,49%)*(1+3,62%)*(1+5%)-1$$
$$TIO = 13,68\%$$

La TIO es del 13.68% teniendo en cuenta que los inversionistas desean tener una rentabilidad adicional del 5 % y se tomó el IPC ya establecido anteriormente.

5.6.2 Valor presente neto (VPN). Es una herramienta financiera para evaluar tanto los ingresos como los egresos que se proyectan para los periodos que se propusieron a ser evaluados para futuro. Con esta herramienta la empresa puede tomar una decisión sobre el futuro financiero de la extracción de colágeno. Tomando en cuenta los siguientes criterios⁸⁵ y utilizando la Ecuación 5.

- Si el VPN < 0 el proyecto no es viable
- Si el VPN = 0 es indiferente invertir
- Si el VPN > 0 el proyecto es viable

Ecuación 5. Valor presente neto

$$\text{VPN} = -\text{Inversión inicial} + \frac{Vf1}{(1+i)} + \frac{Vf2}{(1+i)^2} + \frac{Vf3}{(1+i)^3} + \frac{Vf4}{(1+i)^4} + \frac{Vf5}{(1+i)^5}$$

Fuentes: KEAT, Paul; YOUNG, Philip. Economía de empresas. Pág. 574. Cuarta Ed. 2011. Mexico. ISBN: 970-26-0441-9

$$\begin{aligned} \text{VPN} = & -260.945.474 + \frac{-790.427}{(1+13,68\%)} + \frac{2.629.966}{(1+13,68\%)^2} + \frac{6.374.986}{(1+13,68\%)^3} + \dots \\ & \dots + \frac{10.471.090}{(1+13,68\%)^4} + \frac{14.946.769}{(1+13,68\%)^5} \end{aligned}$$

$$\text{VPN} = 199.411.349$$

El VPN dio como resultado un valor positivo, lo cual indica que el dinero invertido en el proyecto renta a una tasa superior a la tasa de interés de oportunidad, lo que demuestra que el proyecto es viable

5.5.3 Tasa interna de retorno (TIR). Es la tasa de interés o rentabilidad que puede generar este proyecto, para su cálculo se recurre a la Ecuación 6.⁸⁶

⁸⁵ HORNGREN, Charles. Introducción a la contabilidad financiera. pág. 73. Séptima Ed. 2012. México. ISBN: 970-17-0386-3

⁸⁶ HORNGREN. *Ibíd.*, p. 75

Ecuación 6. Tasa interna de retorno.

$$0 = -\text{inversión inicial} + \frac{Vf1}{(1+i)} + \frac{Vf2}{(1+i)^2} + \frac{Vf3}{(1+i)^3} + \frac{Vf4}{(1+i)^4} + \frac{Vf5}{(1+i)^5}$$

Fuente: KEAT, Paul; YOUNG, Philip. Economía de empresas. Pág. 574. Cuarta Ed. 2011. México. ISBN: 970-26-0441-9

$$0 = -260.945.474 + \frac{-790.427}{(1+13,68\%)} + \frac{2.629.966}{(1+13,68\%)^2} + \frac{6.374.986}{(1+13,68\%)^3} + \dots$$
$$\dots + \frac{10.471.090}{(1+13,68\%)^4} + \frac{14.946.769}{(1+13,68\%)^5}$$

$$\text{TIR} = -35,27\%$$

El valor arrojado por tasa interna de retorno arroja un valor negativo debido a que acusa del financiamiento el primer año proyectado es mayor al valor de utilidad neta del proyecto, por lo tanto, se podría decir que el proyecto no es rentable sino se hacen cambios en la financiación del proyecto y en la reducción de costos directos del producto.

6. IMPACTO AMBIENTAL

Para evaluar el impacto ambiental y las exigencias ambientales para un escalamiento a planta piloto como extractora de colágeno a partir de piel de bovino en las secciones de cuello y falda, se toma como referente la industria de las curtiembres dado que, al utilizar la misma materia prima y el tratamiento inicial de los dos procesos tengan el mismo propósito como el pelambre, desengrasado y curtido. Se incurre en la misma problemática ambiental, empezando que en la producción de cueros o extracción de colágeno depende de la población animal y la tasa de sacrificio. Por ende, está relacionado directamente con el consumo de carne para la adquisición de su materia prima⁸⁷ y los bovinos según un informe de la FAO indica que la ganadería es una de las causas de los problemas ambientales por las afectaciones causadas a la atmósfera con un 18% de emisiones de gases de efecto invernadero, agua y el desgaste a la biodiversidad.⁸⁸

El referente propuesto está clasificado como uno de los sectores más contaminantes a nivel mundial debido a la gran cantidad de residuos y efluentes contaminantes, esta industria cada año se deben destinar enormes sumas de dinero para reparar y en menor grado para prevenir afectaciones al medio ambiente. Las sumas destinadas a ello tienen como propósito cumplir con parámetros ambientales y evitar sanciones que impliquen pago económico⁸⁹.

A causa de la contaminación generada por las curtiembres se les han impuesto ciertas exigencias legales, las cuales también las debería cumplir la extractora de colágeno, que se encuentran reguladas en las siguientes resoluciones: Como primera norma se creó la Resolución 1074 del 28 de octubre de 1997, que regula los estándares ambientales en materia de vertimientos⁹⁰, pero que se encuentra derogada por la Resolución 3956 del 2009, en la cual establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital. Así mismo, en la resolución en mención se la asignan funciones ambientales a la Secretaría Distrital de Ambiente y teniendo en cuenta los principios

⁸⁷ INSTITUTE FOR PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL STUDIES. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Tanning of Hides and Skins. Institute for prospective technological studies sustainable production and consumption unit european ipcc bureau. [En línea]. 2013. p 10. [Consultado 08 octubre 2020]. DOI: 10.2788/13548

⁸⁸ Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación departamento de agricultura y protección del consumidor. Las repercusiones del ganado en el medio ambiente mayor de Bogotá. [sitio web]. [Consultado 08 de octubre 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.htm>

⁸⁹ MARTINEZ. Op. cit., p. 117.

⁹⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Resolución 1074 (28, octubre, 1997) estándares ambientales en materia de vertimientos. [Consultado 08, octubre, 2020]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/3c-RESOL%201074%20de%202017.pdf>

fundamentales del medio ambiente regulados ⁹¹ en la ley 99 de la ley de 1993, como lo es la armonía regional, gradación normativa y rigor subsidiario, con la finalidad de guardar las fuentes hídricas y principalmente salvaguardar el patrimonio natural y ambiental de Colombia. ⁹²

Posteriormente, en la resolución 3957 de 2009 expedida por la secretaria distrital de ambiente, con el objeto de regular y establecer la norma técnica para control y manejo de los vertimientos en el sistema alcantarillado de Bogotá, en consecuencia, determina los procedimientos con la finalidad de prevenir impactos ambientales generados por la producción y ejecución de proyectos comerciales e industriales que tenga por objeto el desarrollo de curtiembres.

No obstante, en la Resolución 631 de 2015 fija niveles máximos, permisibles para el vertimiento de sustancias a cuerpos de agua.⁹³ El no cumplimiento de estos requerimientos ambientales será condicionado al régimen sancionatorio ambiental de la ley 1333 del 2009 donde se estipuló que se aplicaran sanciones administrativas (multas, trabajo comunitario, cierre temporal o definitivo del establecimiento, revocatoria o caducidad de concesión, permiso o registro de licencia ambiental, autorización),⁹⁴ bajo el enfoque de la prevención, corrección y compensación, con el fin de garantizar el cumplimiento de la Constitución y los Tratados Internacionales,⁹⁵ en especial el tratado de Estocolmo, que entró en vigencia en el 2004, pero que Colombia lo ratificó el 22 de octubre de 2008, el cual tiene como finalidad proteger la salud humana y el medio ambiente de contaminantes orgánicos persistentes.⁹⁶

⁹¹ COLOMBIA. SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Resolución 3956 (19, junio, 1997). Norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el distrito Capital. [Consultado 30, septiembre, 2020]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37048>

⁹² COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 99. (22, diciembre, 1993). Conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. [Consultado 08, octubre, 2020]. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html

⁹³ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 631. (17, marzo, 2015). parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. [Consultado 19, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70346&dt=S>

⁹⁴ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1333. (21, julio, 2009). Procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. [Consultado 08, octubre, 2020]. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1333_2009.html

⁹⁵ SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Guía de producción más limpia para el sector curtiembres Bogotá enfoque en vertimientos y residuos. p 51. EN: ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA. [sitio web]. Bogotá D.C. [Consultado 08 de octubre 2020]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Gu%C3%ADa+de+producci%C3%B3n+m%C3%A1s+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+Bogot%C3%A1.+Enfoque+en+vertimientos+y+residuos.pdf>

⁹⁶ CONVENIO ESTOCOLMO. Contaminantes orgánicos persistentes. [sitio web]. [Consultado 08 de octubre 2020]. Archivo pdf. Disponible en: https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/stockholm_sp.pdf

En Colombia, la industria de las curtiembres carece de conocimientos técnicos del proceso y del manejo inadecuado de los residuos⁹⁷ y con las exigencias legales ambientales se ha provocado un deterioro en la rentabilidad del sector. Por ende, para la implementación de una planta piloto de extracción de colágeno en las secciones de cuello y falda de pieles de bovino se debería implementar una planta de tratamiento para los residuos líquidos y para los residuos sólidos se podría implementar u descarte previo en el frigorífica y el uso del pelo residual procedente de la fase de eliminación de proteínas no colagénicas y realizar una biotransformación en compost como nueva opción factible para reducir la contaminación ambiental.⁹⁸

⁹⁷ GONZALES, Luz. Gestión para mitigar los impactos ambientales generados por las curtiembres de Bogotá con el fin de concientizar sobre el cambio climático. p 39. Ensayo como opción de grado para optar el título profesional en Administración en seguridad y salud ocupacional. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad relaciones internacionales estratégicas y seguridad. 2019

⁹⁸ NUMPAQUE, R.; VITERI, S. Biotransformación del pelo residual de curtiembres.2016. Rev. Cienc. Agr. 33(2): 95-105. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.56>.

7. CONCLUSIONES

- La información cualitativa de la caracterización de la piel de bovino es determinante para justificar y poder mejorar la calidad y natividad del colágeno extraído, además de identificar cuales variables se podrían modificar para aumentar el rendimiento. La información cuantitativa recolectada es concluyente en que las secciones de cuello y falda deben tener un mayor control en la temperatura de operación a lo largo del proceso de extracción, debido a que al identificar la zona de degradación en el termograma se evidencia que el inicio de este proceso irreversible comienza en promedio 10 °C antes que la sección dura de la piel (crupón), al no ejercer la verificar y control debida a esta variable se provocarían daños o afectaciones en la estructura y composición de la proteína llevándola a la desnaturalización.
- El método químico se seleccionó como la opción más adecuada para realizar el proceso de extracción, de acuerdo a los tres criterios propuestos para la elaboración de la matriz de decisión, el primer criterio fue los costos de proceso, donde el método químico resulta más económico en comparación a los demás. El segundo criterio es la eficiencia del proceso, el método químico tiene la menor valoración debido a que el método mixto, enzimático asistido por ultrasonido, tiene el porcentaje de rendimiento más alto. Con respecto al último criterio que es la evaluación de variables a controlar en el proceso, se determinó que la cantidad de variables en comparación con los demás es menor, por lo tanto, reduce el riesgo de desnaturalizar la proteína por la intervención conjunta de dichas variables.
- En el proceso de extracción no se incluyó el proceso de diálisis, que consiste en la purificación del colágeno debido a que se debe realizar un análisis de la composición del sobrenadante proveniente de la centrifugación y evaluar si es necesario realizar la fase de diálisis, dado que con los datos teóricos no se puede confirmar si el extracto requiere purificación.
- Mediante el uso del promedio de tasas de captación mensuales (DTF), se calculó la tasa interna de oportunidad (TIO), obteniendo como resultado 13,68%, con la implementación de este indicador y los resultados obtenido en el flujo de caja se determinó que el valor presente neto es de 199.411.349 lo que indica la viabilidad del proyecto, dado que el valor es mayor a 0. En cuanto a la TIR se obtuvo un resultado de -35.27% en donde evidencia que este proyecto no es rentable, por consiguiente, la evaluación de la extracción de colágeno en las secciones de cuello y falda de las pieles de bovinos da como resultado que es viable pero no rentable sino se realizan cambios en la financiación del proyecto y en la reducción de costos directos del producto.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar el periodo de pago del crédito de financiamiento del proyecto y evaluar el cambio o sustitución de reactivos analíticos a unos de uso industrial para disminuir costos de materia prima para la extracción de colágeno, debido a que los costos directos y el crédito de financiamiento afectan la rentabilidad del proyecto a nivel de planta piloto.
- Se sugiere realizar la organización de los equipos según su tiempo de operación, se determina que los dos bombos de curtición pueden funcionar de forma paralela debido a que las fases de eliminación de proteínas no colagénicas y la eliminación de grasas suman 24 h de operación lo mismo que el tiempo de hinchamiento.
- Se aconseja pruebas de pH y contenido de humedad en la caracterización de la piel de bovino, a razón de que información importante para la determinación de absorción de la piel en el hinchamiento.

BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO, Antonella., GOMEZ, Gabriela y CHAMORRO, Ester. Digestive aspartic proteases from sábalo (*Prochilodus lineatus*): Characterization and application for collagen extraction. 2018, Vol 269, p 610-617, 10.1016/j.foodchem.2018.07.043

ACTUALICESE. Definición de indicadores financieros. [Sitio web]. 26, febrero, 2015 [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://actualicese.com/definicion-de-indicadores-financieros/>

ALDÁMIZ, Luis. ÁNGEL, José. Análisis e interpretación del perfil de aminoácidos en errores innatos del metabolismo. *Anales de Pediatría Continuada*. 2010, Vol. 8, p. 26–32. Doi: 10.1016/s1696-2818(10)70004-4

ALIBABA. Pepsina. [En línea]. [Consultado 06, agosto, 2020]. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/low-price-pepsin-60708949845.html?spm=a2700.md_es_ES.maylikeexp.7.481027acOuq1Ac

ÁLVAREZ, et al. Cromatografía de intercambio iónico. [Sitio web]. [Consultado el 07, agosto, 2020]. disponible en: <http://ufq.unq.edu.ar/Docencia-Virtual/BQblog/Cromatografia%20de%20intercambio%20ionico.pdf>

ALI, Ali., KISHIMURA, Hideki., BENJAKUL, Soottawat. Extraction efficiency and characteristics of acid and pepsin soluble collagens from the skin of golden carp (*Probarbus Jullieni*) as affected by ultrasonication. 2018, Vol 66, p. 237- 244, Doi: 10.1016/j.procbio.2018.01.003

ASSOMAC. Tambores (madera, acero, plástico). [Sitio web]. [Consultado 19, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.assomac.it/pubblico/es/technology/a0105-tambores-madera-acero-plastico>

BARRAZA, Guillermo. Et al. La microespectroscopía de infrarrojo con transformada de fourier (ftirm) en el estudio de sistemas biológicos. 2013, [en línea]. [Consultado 06, agosto, 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rlq/v41n3/v41n3a1.pdf>

BEGOÑA, Martín. Efecto de la raza y de la alimentación en los parámetros productivos y de calidad de canal y de carne en añojos de razas charolés y serrana soriana. [En línea]. Tesis de doctorado. Universidad de Valladolid. Soria: 1999. [Consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: <file:///D:/Users/Pedro/Downloads/efecto-de-la-raza-y-de-la-alimentacion-en-los-parametros-productivos-y-de-calidad-de-canal-y-de-carne-en-anojos-de-razas-charoles-y-serrana-soriana--0.pdf>

Beltrán, Jimena. Valoración de la innovación tecnológica del proceso de obtención de colágeno a partir de piel de tilapia (*Oreochromis sp*) para su aplicación en el mercado cosmético. [Sitio web]. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C., 2011. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/4135/1/jimenabeltran_ram%C3%ADrez.2011.pdf

CAMARGO, Alejandro., ESCOBAR, Camilo. Diseño de un banco de pruebas para la determinación de las pérdidas de carga con variación de temperatura en agua. [En línea]. Trabajo de grado. Fundación Universidad de América. 2019. [consultado 06, agosto, 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/7694>

CAMPAÑA RIACHUELO. Cueros tóxicos nuevas evidencias de contaminación de curtiembres en la Cuenca Matanza Riachuelo. p 5. En: GREENPEACE ARGENTINA. [Sitio web]. Argentina. [Consultado 21 octubre 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://www.dpn.gob.ar/documentos/20160517_30814_556734.pdf

CASTILLO, Juan. et al. [En línea]. Madrid, España: [Consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: <https://www.portalveterinaria.com/articoli/articulos/6634/la-besnoitiosis-bovina-como-una-enfermedad-emergente-en-europa.html>

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCION MAS LIMPIA Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES. Sistema de referenciación ambiental (SIRAC) para el sector curtiembre en Colombia. p 4. EN: SIRAC CURTIEMBRES. [Sitio web]. [Consultado 8 octubre 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/sirac-cuero.pdf>

CEBRIÁN, L, et al. Diagnóstico clínico de ergotismo en una vaca con gangrena seca. [En línea]. Zaragoza: [Consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: http://www.gtvzaragoza.com/data/diagn_323stico_cl_315nico_de_ergotismo_en_una_vaca_con_gangrena__205.pdf

CETRÁ, Bibiana. Dermatofilosis Estreptotricosis cutánea, lana de piedra. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [En línea]. 2005. p. 1. [Consultado 11 agosto 2020]. ISSN 0327-3059. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/ovinos/79-dermatofilosis.pdf

CODAES. Estado de resultados. [Sitio web]. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: http://academica.uaslp.mx/oa/estadoresultados/qu_es_el_estado_de_resultados.html

COLÁGENO. [Sitio web]. Estructura del colágeno. [Consultado 28 octubre 2019]. Disponible en:

<http://www.oc.lm.ehu.es/Fundamentos/fundamentos/articulos/Art%C3%ADculos/C L002.pdf>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 2663. (05, agosto, 1950) código sustantivo del trabajo. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/codigo_sustantivo_trabajo.html

COLOMBIA.MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 631. (17, marzo,2015). parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. [Consultado 19, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70346&dt=S>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 99. (22, diciembre, 1993). Conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. [Consultado 08, octubre, 2020]. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1333. (21, julio, 2009). Procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. [Consultado 08, octubre, 2020]. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1333_2009.html

COLOMBIA. MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Resolución 1074 (28, octubre,1997) estándares ambientales en materia de vertimientos. [Consultado 08, octubre, 2020]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/3c-RESOL%201074%20de%202017.pdf>

COLOMBIA. SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Resolución 3956 (19, junio,1997). Norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el distrito Capital. [Consultado 30, septiembre, 2020]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37048>

CONTEXTO GANADERO. 4 enfermedades que afectan la piel de los bovinos. [En línea]. Bogotá D.C.: 2016. [Consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/4-enfermedades-que-afectan-la-piel-de-los-bovinos>

DEMIRDÖVEN, A., & BAYSAL, T. The Use of Ultrasound and Combined Technologies in Food Preservation. *Food Reviews International*, 2008, Vol 25, p.1–11. doi:10.1080/87559120802306157

ESAN. Graduate School of Business. Gestión de Proyectos, Apuntes empresariales. [Sitio web]. Lima, Perú. 28, junio, 2016. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/06/costos-de-inversion-y-de-operacion-en-la-formulacion-de-un-proyecto/>

FEDEGÁN. Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019. Bogotá D.C.: Sanmartín Obregón Es Cía., 2006. p 37. ISBN 978-958-98018-1-9.

FRIGOCOLANTA. [Sitio web]. Bos indicus. [Consultado 21 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.frigocolanta.com/bos-indicus/>

FLUENCE NEWS TEAM. Uso del Agua en la Industria del Cuero. [Sitio web]. 01, diciembre, 2016. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.fluencecorp.com/es/huella-hidrica-industria-cuero/>

FOLGADO. José. El consumo eléctrico de grandes y medianas empresas crece y encadena 17 meses al alza. En: *El Mundo*. Madrid. 23, febrero, 2015. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.elmundo.es/economia/2015/02/23/54eaf34cca47414a118b456f.html>

GARCÍA, Verónica., APÉSTEGUI, Marijose y MURANYI, Isabel. Effect of enzymatic hydrolysis on molecular weight distribution -, techno functional properties and sensory perception of pea protein isolates.2020, Vol 65, 10.1016/j.ifset.2020.102449

GRAND VIEW RESEARCH. Market estimates and trend analysis. p 16. En: *Collagen Market*. [Sitio web]. USA. [Consultado 2 octubre 2019]. Archivo pdf. Dispose dirigio a seleccnible en: [file:///C:/Users/Miguel%20Lopez/Downloads/Sample_Collagen%20Market%20Analysis%20&%20Segment%20Forecasts%20to%202025%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Miguel%20Lopez/Downloads/Sample_Collagen%20Market%20Analysis%20&%20Segment%20Forecasts%20to%202025%20(1).pdf)

GÓMEZ, Raúl. MURILLO, Rogelio. [Sitio web]. Espectroscopia infrarroja. [Consultado el 07, agosto, 2020]. Disponible en: <http://sistemas.fciencias.unam.mx/~fam/Infrarroja.pdf>

GONZALES, Luz. Gestión para mitigar los impactos ambientales generados por las curtiembres de Bogotá con el fin de concientizar sobre el cambio climático. p 39. Ensayo como opción de grado para optar el título profesional en Administración en seguridad y salud ocupacional. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad relaciones internacionales estratégicas y seguridad. 2019

GUILLÉN, M. Victoria Luque. Estructura y propiedades de las proteínas. [En línea]. 2009. [consultado 11 agosto 2020]. Disponible en: http://www.uv.es/tunon/pdf_docs/proteinas_09.pdf.

HERNÁNDEZ, Antonio, Microfiltración, ultrafiltración y ósmosis inversa. España: universidad de Murcia, 1990. p. 20. ISBN 9788476849453
HIELSCHER ULTRASOUND TECHNOLOGY. Ultrasonic Collagen Extraction. [Sitio web]. Alemania. [Consultado el 02, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.hielscher.com/es/ultrasonic-collagen-extraction.htm>

HORNGREN, Charles. Introducción a la contabilidad financiera. pág. 73. Séptima Ed.2012. México. ISBN: 970-17-0386-3
Inversiones y financiamiento del proyecto. [Sitio web]. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en <http://www.spw.cl/proyectos/apuntes/cap4.htm>

INSTITUTE FOR PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL STUDIES. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Tanning of Hides and Skins. Institute for prospective technological studies sustainable production and consumption unit european ipcc bureau. [En línea]. 2013. p 10. [Consultado 08 octubre 2020]. DOI: 10.2788/13548

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C. El instituto, 2018 ISBN 9789588585673 153 p

JARA, Franklin. GARCES, Edith. implementación de un sistema automatizado para la etapa de ribera-curtido de pieles en el laboratorio de curtiembre de la facultad de ciencias pecuarias. [En línea]. Trabajo de grado. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba, Ecuador. [Consultado 07, octubre, 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/ARGOM/Downloads/108T0203.pdf>

JONGJAREONRAK, Akkasit, BENJAKUL, Soottawat y VISESSANGUAN, Wonnop. Isolation and characterisation of acid and pepsin-solubilised collagens from the skin of Brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*).2005, Vol 93, p. 475- 484, 10.1016/j.foodchem.2004.10.026

KNORR, D., ZENKER, M., HEINZ, V. Applications and potential of ultrasonics in food processing. Trends in Food Science & Technology, 2004, Vol 15, p. 261–266, doi:10.1016/j.tifs.2003.12.001

KRISHNAMOORTHY, Jayalakshmi., RAMASAMY, Pasiyappazham y SHANMUGAM, Vairamani. Isolation and partial characterization of collagen from outer skin of *Sepia pharaonis* (Ehrenberg, 1831) from Puducherry coast.2017, Vol 10, p 39- 45, 10.1016/j.bbrep.2017.02.006

MARTINEZ, Sandra. ROMERO, Jonathan. 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. [En línea]. 2017. p 119. [Consultado 16 octubre 2019]. DOI: <https://doi.org/10.18359/rfce.2357>

MERCADO, Ángel. Centrifugación. [En línea]. Trabajo de grado. Escuela Profesional De Ingeniería De Industrias Alimentarias. Arequipa, Perú: 2014. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4190/IAmemead001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

METRO CUADRADO. Occidente - Sector Puente Aranda [sitio web]. 27, agosto, 2019. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en <https://www.metrocuadrado.com/noticias/precios-m2/occidente-sector-puente-aranda-983>

MERINO, Carmen., GÓMEZ, Beatriz. Operaciones básicas de laboratorio. McGraw-Hill Interamericana de España S.L. 2020. p.120- 125. ISBN. 8448184491

MOUSTAFA, Rizk., MOSTAFA, Nasser. Extraction and Characterization of Collagen from Buffalo Skin for Biomedical Applications. 2016, Vol.32, p. 1601-1609, 10.13005/ojc/320336

NALINANON, Sitthipong. BENJAKUL, Soottawat y VISESSANGUAN, Wonnop. Use of pepsin for collagen extraction from the skin of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). 2007, Vol 104, p. 593- 601, 10.1016/j.foodchem.2006.12.035

NUÑO. Patricia. Emprende Pyme. Costes directos. [Sitio web]. Lima, Perú. 12, Julio, 2017. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.emprendepyme.net/costes-directos.html#:~:text=Los%20costes%20directos%20son%20un,o%20servicios%20de%20una%20empresa.&text=El%20coste%20directo%20es%20aquel,atribuye%20directamente%20a%20un%20producto.>

NUMPAQUE, R.; VITERI, S. Biotransformación del pelo residual de curtiembres.2016. Rev. Cienc. Agr. 33(2): 95-105. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.56>.

OLGUÍN, Laura. RODRÍGUEZ, Héctor. Cromatografía de gases. [en línea]. Universidad nacional autónoma de México. 2004 [consultado 07, agosto, 2020]. Disponible en: http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/cromatografia_de_gases.pdf

PALASTANGA, NIGEL. FIELD, DEREK Y SOA, ROGER. Anatomía y movimiento humano. Traducido por Pedro Gonzales del Campo Román. Barcelona.: Butterworth-heinemann. 2000. p 37. ISBN 84-8019-500-2

Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación departamento de agricultura y protección del consumidor. Las repercusiones del ganado en el medio ambiente mayor de Bogotá. [sitio web]. [Consultado 08 de octubre 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.htm>

Procedimiento de obtención de colágeno a partir de la piel de un animal. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual Oficina internacional. Inventor: BELINCHÓN CANTERO, Pedro. Fecha de solicitud: 28, junio, 2011. Patente de investigación WO 2013/001103 AI

PERUSIA, Oscar. RODRÍGUEZ, Roberto. Micotoxicosis. Revista de investigación veterinarias Perú. [En línea]. 2001, Vol. 12(2). [Consultado 11 agosto 2020]. ISSN 1609-9117. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172001000200013

PRABJEET, Singh; SOOTTAWAT, Benjakul; SAJID, Maqsood y HIDEKI, Kishimura, Isolation and characterisation of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*).2011, Vol 124, p. 97-105, 10.1016/j.foodchem.2010.05.11

QUERCUSLAB. Filtración por gravedad y filtración al vacío. [Sitio web].17, diciembre, 2014. [Consultado 18, agosto, 2020]. Disponible en: <https://quercuslab.es/blog/filtracion-por-gravedad-y-filtracion-al-vacio/>

QUINTERO, Julián. ZAPATA, José E. Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Ácido de Subproductos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) mediante un Diseño de Superficie de Respuesta. 2017, Vol 28, p. 109-120, 10.4067/s0718-07642017000100011

RAZAS BOVINAS DE COLOMBIA. [Sitio web]. Ganado Bon Blanco Orejinegro: una alternativa para la producción en Colombia. [Consultado 7 octubre 2019]. Disponible en: <https://razasbovinasdecolombia.weebly.com/bon-blanco-orejinegro.html>

RAZAS BOVINAS DE COLOMBIA. [Sitio web]. Raza chino Santandereano. [Consultado 8 octubre 2019]. Disponible en: <https://razasbovinasdecolombia.weebly.com/bon-blanco-orejinegro.html>

REYES, Claudia. Recuperación de colágeno libre de cromo de los residuos sólidos postcurtición en la industria del cuero. p 23. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título Ingeniería ambiental en prevención y remediación. Bogotá D.C.: Universidad de las Américas. Facultad de ingenierías y ciencias agropecuarias.2011

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Guía de producción más limpia para el sector curtiembres Bogotá enfoque en vertimientos y residuos. p 51. EN: ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA. [sitio web]. Bogotá D.C. [Consultado 08 de octubre 2020]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Gu%C3%ADa+de+producci%C3%B3n+m%C3%A1s+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+Bogot%C3%A1.+Enfoque+en+vertimientos+y+residuos.pdf>

SHEN, Jiang-nan, et al. Purification and concentration of collagen by charged ultrafiltration. 2009, Vol 66, p 257-262, 10.1016/j.seppur.2009.01.002

SINGH, Prabjeet., BENJAKUI, Soottawat y MAQSOOD, Sajid. Isolation and characterisation of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). 2011, Vol 124, p. 97-105, 10.1016/j.foodchem.2010.05.111

UNIVERSIDAD ALCALÁ. Pepsina. ChemEvol [sitio web]. [consultado el 28, julio, 2020]. disponible en : <http://www3.uah.es/chemevol/index.php/pepsina/#:%7E:text=La%20pepsina%20es%20una%20prote%C3%ADna,prote%C3%ADnas%20ingeridas%20en%20el%20est%C3%B3mago.&text=Se%20localiza%20en%20el%20est%C3%B3mago,la%20quimiotripsina%20y%20la%20tripsina>.

ZHANG, Min. LIU, Wentao. Isolation and characterisation of collagens from the skin of largefin longbarbel catfish (*Mystus macropterus*). 2009, Vol 115, p. 826-831, 10.1016/j.foodchem.2009.01.006

ANEXOS

**ANEXO A
COTIZACIONES MUEBLES Y ENSERES**



Escritorio Elegance 1.20
Maderkit Color Rovere
P00219

\$ 189.900



Silla Oficina Interlocutora
Escritorio Viena Basica En
Malla

★★★★★ 2 opiniones

\$ 130.000

ALKOSTO
NigerAhorro



\$ 1.689.000

ANEXO B COTIZACIONES DE LOS INSUMOS

Tris (hidroximetil) aminometano

Reactivo ACS, ≥99,8%

Sinónimo: 2-Amino-2-(hidroximetil)-1,3-propanodiol, THAM, Tris base, Trometamol



◆ SDS [Ficha técnica \(PDF\)](#)

[productos similares](#)

Tamaño del paquete	SKU	Disponibilidad	Tamaño del paquete	Precio (USD / EUR)
252859-100G		✓ Disponible para enviar el 19.08.20 - DESDE	100 gramos	49.06 ★ ⓘ
252859-500G		✓ Disponible para enviar el 19.08.20 - DESDE	500 g	120.57 ★ ⓘ

HIDRÓXIDO DE SODIO 0.1N 1000ML



8,86 € (IVA incluido)

 Alibaba.com



De alta pureza N-Butanol /N-butil Alcohol /Normal Butanol fabricante

US\$ 1,50 / Kilogramo | 1 Kilogramo (Pedido mínimo)

 Alibaba.com

98% Cyano ácido acético/Cyanoacetic polvo de ácido CAS 372-09-8



US\$ 1,00 - US\$ 10,00 / Kilogramo |

**Sodio hidróxido, solución
valorada 0.1 M (0.1 N) VSA**



7,32€ + IVA



DIRECCION DE APOYO COMERCIAL
GERENCIA CORPORATIVA SERVICIO AL CLIENTE
TARIFAS CARGO FIJO Y CONSUMO

**ESTRUCTURA TARIFARIA PARA LOS SUSCRIPTORES ATENDIDOS EN BOGOTÁ D. C. POR LA EMPRESA DE ACUEDUCTO
TARIFAS ALCANTARILLADO AÑO 2020**

CIFRAS EN \$/Carrizales															
R E S I D E N C I A L	CARGO FIJO \$/Suscriptor	dic-2019	ene-2020	*****	*****	*****	*****	jun-2020	jul-2020	*****	*****	*****	*****	dic-2020	
	Estrato 1	1893,58	1893,58	1950,77	1950,77	1950,77	1950,77	1950,77	1950,77	1950,77	1950,77	1950,77	1950,77	1950,77	1950,77
	Estrato 2	3.787,18	3.787,18	3.901,55	3.901,55	3.901,55	3.901,55	3.901,55	3.901,55	3.901,55	3.901,55	3.901,55	3.901,55	3.901,55	3.901,55
	Estrato 3	5.365,16	5.365,16	5.527,19	5.527,19	5.527,19	5.527,19	5.527,19	5.527,19	5.527,19	5.527,19	5.527,19	5.527,19	5.527,19	5.527,19
	Estrato 4	6.311,96	6.311,96	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58
	Estrato 5	15.716,78	15.716,78	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42	16.191,42
	Estrato 6	21.839,38	21.839,38	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
CONSUMO BÁSICO \$/m ³	CONSUMO BÁSICO \$/m ³	dic-2019	ene-2020	*****	*****	*****	*****	jun-2020	jul-2020	*****	*****	*****	*****	dic-2020	
	Estrato 1	818,79	818,79	842,72	842,72	842,72	842,72	842,72	842,72	842,72	842,72	842,72	842,72	842,72	
	Estrato 2	1.637,58	1.637,58	1.685,43	1.685,43	1.685,43	1.685,43	1.685,43	1.685,43	1.685,43	1.685,43	1.685,43	1.685,43	1.685,43	
	Estrato 3	2.319,91	2.319,91	2.387,69	2.387,69	2.387,69	2.387,69	2.387,69	2.387,69	2.387,69	2.387,69	2.387,69	2.387,69	2.387,69	
	Estrato 4	2.729,30	2.729,30	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	
	Estrato 5	4.121,24	4.121,24	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	
	Estrato 6	4.394,17	4.394,17	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	
CONSUMO NO BÁSICO \$/m ³	CONSUMO NO BÁSICO \$/m ³	dic-2019	ene-2020	*****	*****	*****	*****	jun-2020	jul-2020	*****	*****	*****	*****	dic-2020	
	Estrato 1	2.729,30	2.729,30	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	
	Estrato 2	2.729,30	2.729,30	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	
	Estrato 3	2.729,30	2.729,30	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	
	Estrato 4	2.729,30	2.729,30	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	
	Estrato 5	4.121,24	4.121,24	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	4.241,67	
	Estrato 6	4.394,17	4.394,17	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	4.522,57	
CARGO FIJO \$/Suscriptor/2 meses	dic-2019	ene-2020	*****	*****	*****	*****	jun-2020	jul-2020	*****	*****	*****	*****	dic-2020		
COMERCIAL	9.467,94	9.467,94	9.753,87	9.753,87	9.753,87	9.753,87	9.753,87	9.753,87	9.753,87	9.753,87	9.753,87	9.753,87	9.753,87	9.753,87	
INDUSTRIAL	8.268,66	8.268,66	8.518,38	8.518,38	8.518,38	8.518,38	8.518,38	8.518,38	8.518,38	8.518,38	8.518,38	8.518,38	8.518,38	8.518,38	
OFICIAL	6.311,96	6.311,96	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	
ESPECIAL	6.311,96	6.311,96	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	6.502,58	
CONSUMO \$/m ³	dic-2019	ene-2020	*****	*****	*****	*****	jun-2020	jul-2020	*****	*****	*****	*****	dic-2020		
COMERCIAL	4.093,95	4.093,95	4.213,58	4.213,58	4.213,58	4.213,58	4.213,58	4.213,58	4.213,58	4.213,58	4.213,58	4.213,58	4.213,58	4.213,58	
INDUSTRIAL	3.902,90	3.902,90	4.016,94	4.016,94	4.016,94	4.016,94	4.016,94	4.016,94	4.016,94	4.016,94	4.016,94	4.016,94	4.016,94	4.016,94	
OFICIAL	2.729,30	2.729,30	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	
ESPECIAL	2.729,30	2.729,30	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	2.809,05	

Tarifa: Bienes y Servicios Comerciales y Residenciales

Nota 1: En el evento en que la variación del IPC, respecto al 31 de enero de 2020, acumule una variación igual o superior al 3%, los costos de referencia y tarifas deberán ser actualizados (Artículo 125 de la Ley 142 de 1994 y Artículo 58 de la Resolución CRA 688 de 2014). Se excluye de la actualización por IPC los costos de referencia relacionados con el costo medio generado por tasas ambientales de acuerdo con lo definido en el parágrafo 3 del artículo 58 de la Res. CRA 688 de 2014.

Nota 2: El factor de actualización por IPC aplicado a los costos de referencia y a las tarifas a partir de febrero de 2020 fue del 3,02%.

Nota 3: Los costos de referencia y las tarifas fueron definidos mediante el Acuerdo de Junta Directiva de la EAAB-ESP No. 15 de 201



Av. Calle 34 # 37-15. Código Postal: 111321.
P.BX: (57) 3447000. www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia



BOGOTÁ

Fecha actualización: 11-Febrero-2020

SCT01-1

SECTOR RESIDENCIAL NIVEL DE TENSIÓN 1				
ESTRATO (E)	RANGO DE CONSUMO (kWh-mes)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh)
E1	0-CS (+)	220,5160	205,1450	212,8897
	Más de CS	536,1366	499,7685	519,0930
E2	0-CS (+)	275,6449	256,4313	266,1123
	Más de CS	536,1366	499,7685	519,0930
E3	0-CS (+)	455,7161	424,8032	441,2291
	Más de CS	536,1366	499,7685	519,0930
E4	Todo consumo	536,1366	499,7685	519,0930
E5	Todo consumo	643,3639	599,7222	622,9116
E6	Todo consumo	643,3639	599,7222	622,9116

(+) CS: Consumo de Subsistencia

ÁREAS COMUNES NIVEL DE TENSIÓN 1		
MODALIDAD (Todo consumo)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)
E1	536,1366	499,7685
E2	536,1366	499,7685
E3	536,1366	499,7685
E4	536,1366	499,7685
E5 y E6, Industrial y Comercial	643,3639	599,7222
Exenta de contribución	643,3639	499,7685

SECTOR NO RESIDENCIAL								
OFICIAL E INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	SENCILLA	Monomía	NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh)	NIVEL 2 (11.4 y 13.2 kV) (\$/kWh)	NIVEL 3 (34.5 kV) (\$/kWh)	NIVEL 4 (115 kV) (\$/kWh)
			INDUSTRIAL Y COMERCIAL CON CONTRIBUCIÓN	OPCIONES HORARIAS (**)	Punta	536,1366	499,7685	519,0930
Fuera de Punta	538,9791	502,4036			521,7281	432,4040	399,0388	344,2626
	536,5306	500,8581			520,1826	431,2597	399,8102	345,3747
INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	SENCILLA	Monomía	643,3639	599,7222	622,9116	516,2434	477,3962	411,6730
		Punta	646,7749	602,8843	626,0737	518,8848	478,8466	413,1151
		Fuera de Punta	643,8367	601,0297	624,2191	517,5116	479,7722	414,4496
INDUSTRIAL CON CONTRIBUCIÓN	DOBLE HORARIA	Nocturna	538,5114	502,5558	521,8803	432,6608	400,3511	
		Diurna	536,7681	500,7956	520,1201	431,1504	398,8060	
		Nocturna	646,2137	603,0670	626,2564	519,1930	480,4213	
INDUSTRIAL CON CONTRIBUCIÓN	DOBLE HORARIA	Diurna	644,1217	600,9547	624,1441	517,3805	478,5672	

COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO -CU- (\$/kWh), Resolución CREG -119 de 2007								
	Generación Gm,j	Transmisión Tm	Distribución Dn,m	Comercialización Cvm,i***	Pérdidas PRn,m,i,j	Restricciones Rm,j	CUvn,m,i,j Calculado	CUvn,m,i,j Opción Tarifaria
NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA	214,2330	34,3300	188,0437	54,0607	39,7900	5,6792	536,1366	536,1366
NIVEL 1 PROPIEDAD COMPARTIDA	214,2330	34,3300	172,5241	54,0607	39,7900	5,6792	520,6170	519,0930
NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE	214,2330	34,3300	157,0045	54,0607	39,7900	5,6792	505,0974	499,7685
NIVEL 2	214,2330	34,3300	129,6545	54,0607	11,7233	5,6792	449,6807	430,2028
NIVEL 3	214,2330	34,3300	107,2060	54,0607	11,4907	5,6792	427,0016	397,8218
NIVEL 4	214,2330	34,3300	29,3448	54,0607	6,1613	5,6792	343,8090	343,0608
Cfmj (\$/factura)***	7110,1109							

ANEXO D
Tabla de amortización

Saldo anterior	Intereses	Cuota	Abono a capital	Nuevo saldo
\$ 65.751.356	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 65.751.356
\$ 65.751.356	\$ 911.771	\$ 1.621.402	\$ 709.631	\$ 65.041.724
\$ 65.041.724	\$ 901.930	\$ 1.621.402	\$ 719.472	\$ 64.322.253
\$ 64.322.253	\$ 891.953	\$ 1.621.402	\$ 729.449	\$ 63.592.804
\$ 63.592.804	\$ 881.838	\$ 1.621.402	\$ 739.564	\$ 62.853.240
\$ 62.853.240	\$ 871.583	\$ 1.621.402	\$ 749.819	\$ 62.103.421
\$ 62.103.421	\$ 861.185	\$ 1.621.402	\$ 760.217	\$ 61.343.204
\$ 61.343.204	\$ 850.643	\$ 1.621.402	\$ 770.759	\$ 60.572.445
\$ 60.572.445	\$ 839.955	\$ 1.621.402	\$ 781.447	\$ 59.790.998
\$ 59.790.998	\$ 829.119	\$ 1.621.402	\$ 792.283	\$ 58.998.715
\$ 58.998.715	\$ 818.132	\$ 1.621.402	\$ 803.270	\$ 58.195.445
\$ 58.195.445	\$ 806.993	\$ 1.621.402	\$ 814.409	\$ 57.381.036
\$ 57.381.036	\$ 795.700	\$ 1.621.402	\$ 825.702	\$ 56.555.334
\$ 56.555.334	\$ 784.250	\$ 1.621.402	\$ 837.152	\$ 55.718.182
\$ 55.718.182	\$ 772.641	\$ 1.621.402	\$ 848.761	\$ 54.869.421
\$ 54.869.421	\$ 760.871	\$ 1.621.402	\$ 860.531	\$ 54.008.890
\$ 54.008.890	\$ 748.938	\$ 1.621.402	\$ 872.463	\$ 53.136.427
\$ 53.136.427	\$ 736.840	\$ 1.621.402	\$ 884.562	\$ 52.251.865
\$ 52.251.865	\$ 724.574	\$ 1.621.402	\$ 896.828	\$ 51.355.037
\$ 51.355.037	\$ 712.138	\$ 1.621.402	\$ 909.264	\$ 50.445.773
\$ 50.445.773	\$ 699.529	\$ 1.621.402	\$ 921.873	\$ 49.523.900
\$ 49.523.900	\$ 686.745	\$ 1.621.402	\$ 934.657	\$ 48.589.243
\$ 48.589.243	\$ 673.784	\$ 1.621.402	\$ 947.617	\$ 47.641.626
\$ 47.641.626	\$ 660.644	\$ 1.621.402	\$ 960.758	\$ 46.680.868

\$ 46.680.868	\$	647.321	\$ 1.621.402	\$ 974.081	\$ 45.706.787
\$ 45.706.787	\$	633.814	\$ 1.621.402	\$ 987.588	\$ 44.719.198
\$ 44.719.198	\$	620.119	\$ 1.621.402	\$ 1.001.283	\$ 43.717.915
\$ 43.717.915	\$	606.234	\$ 1.621.402	\$ 1.015.168	\$ 42.702.747
\$ 42.702.747	\$	592.157	\$ 1.621.402	\$ 1.029.245	\$ 41.673.502
\$ 41.673.502	\$	577.884	\$ 1.621.402	\$ 1.043.518	\$ 40.629.985
\$ 40.629.985	\$	563.414	\$ 1.621.402	\$ 1.057.988	\$ 39.571.996
\$ 39.571.996	\$	548.743	\$ 1.621.402	\$ 1.072.659	\$ 38.499.337
\$ 38.499.337	\$	533.868	\$ 1.621.402	\$ 1.087.534	\$ 37.411.804
\$ 37.411.804	\$	518.788	\$ 1.621.402	\$ 1.102.614	\$ 36.309.189
\$ 36.309.189	\$	503.498	\$ 1.621.402	\$ 1.117.904	\$ 35.191.285
\$ 35.191.285	\$	487.996	\$ 1.621.402	\$ 1.133.406	\$ 34.057.879
\$ 34.057.879	\$	472.279	\$ 1.621.402	\$ 1.149.123	\$ 32.908.756
\$ 32.908.756	\$	456.344	\$ 1.621.402	\$ 1.165.058	\$ 31.743.698
\$ 31.743.698	\$	440.188	\$ 1.621.402	\$ 1.181.214	\$ 30.562.484
\$ 30.562.484	\$	423.808	\$ 1.621.402	\$ 1.197.594	\$ 29.364.890
\$ 29.364.890	\$	407.201	\$ 1.621.402	\$ 1.214.201	\$ 28.150.690
\$ 28.150.690	\$	390.364	\$ 1.621.402	\$ 1.231.038	\$ 26.919.652
\$ 26.919.652	\$	373.293	\$ 1.621.402	\$ 1.248.109	\$ 25.671.544
\$ 25.671.544	\$	355.986	\$ 1.621.402	\$ 1.265.416	\$ 24.406.128
\$ 24.406.128	\$	338.438	\$ 1.621.402	\$ 1.282.963	\$ 23.123.164
\$ 23.123.164	\$	320.648	\$ 1.621.402	\$ 1.300.754	\$ 21.822.410
\$ 21.822.410	\$	302.610	\$ 1.621.402	\$ 1.318.792	\$ 20.503.618
\$ 20.503.618	\$	284.323	\$ 1.621.402	\$ 1.337.079	\$ 19.166.539
\$ 19.166.539	\$	265.781	\$ 1.621.402	\$ 1.355.621	\$ 17.810.919
\$ 17.810.919	\$	246.983	\$ 1.621.402	\$ 1.374.419	\$ 16.436.500
\$ 16.436.500	\$	227.924	\$ 1.621.402	\$ 1.393.478	\$ 15.043.022
\$ 15.043.022	\$	208.601	\$ 1.621.402	\$ 1.412.801	\$ 13.630.221

\$ 13.630.221	\$ 189.010	\$ 1.621.402	\$ 1.432.392	\$ 12.197.828
\$ 12.197.828	\$ 169.147	\$ 1.621.402	\$ 1.452.255	\$ 10.745.573
\$ 10.745.573	\$ 149.008	\$ 1.621.402	\$ 1.472.394	\$ 9.273.179
\$ 9.273.179	\$ 128.591	\$ 1.621.402	\$ 1.492.811	\$ 7.780.368
\$ 7.780.368	\$ 107.890	\$ 1.621.402	\$ 1.513.512	\$ 6.266.856
\$ 6.266.856	\$ 86.902	\$ 1.621.402	\$ 1.534.500	\$ 4.732.357
\$ 4.732.357	\$ 65.623	\$ 1.621.402	\$ 1.555.779	\$ 3.176.578
\$ 3.176.578	\$ 44.049	\$ 1.621.402	\$ 1.577.352	\$ 1.599.226
\$ 1.599.226	\$ 22.176	\$ 1.621.402	\$ 1.599.226	-\$ 0

ANEXO E
PRECIO DE VENTA COLAGENO LIOFILIZADO



Colágeno
Hidrolizado+biotina*1
Kilo,100% Puro, Sin
Aditivos

\$ 170.905