



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

RECUPERACIÓN DE COLÁGENO LIBRE DE CROMO DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS POSTCURTICIÓN EN LA INDUSTRIA DEL CUERO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y Remediación

Profesor Guía

Ing. Daniel Hernán Hidalgo Villalba, M.Sc

Autora

Claudia María Reyes Mena

Año

2016

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Daniel Hernán Hidalgo Villalba
Magister en Ciencia de la de Ingeniería Ambiental
C.I.: 180191444-9

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Claudia María Reyes Mena
C.I.: 171491263-9

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mis hermanos.

DEDICATORIA

A Rómulo Reyes y a Patty Mena,
con todo mi amor y mi dedicación.

RESUMEN

En el Ecuador la industria de transformación de pieles en cuero es una de las que tiene mayor impacto ambiental, puesto que durante el proceso de curtación se generan diversos desechos nocivos para el medio ambiente y para el ser humano. En la actualidad ésta problemática persiste con notables repercusiones, en especial en la provincia de Tungurahua, donde se encuentran asentadas la mayor cantidad de curtiembres del país.

En el proceso de curtición, el cuero entra en contacto con sales de cromo trivalente, este metal se lo usa con mayor frecuencia por sus propiedades químicas y físicas dando excelentes acabados finales del material curtido. Para que el cuero sea utilizado en calzado o vestimenta su espesor debe ser ajustado luego del proceso de curtido hasta obtener el calibre requerido, lo que se realiza con una operación de “rebajado” o “raspado” en la que se emiten un residuo sólido conocido comúnmente como “viruta”, compuesta principalmente por colágeno y cromo.

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad darle un tratamiento a las virutas generadas en la etapa de rebajado en la Tenería “Inca”, ubicada en la ciudad de Ambato y así minimizar el impacto de este residuo sólido, considerado peligroso al contener cromo trivalente. Para llegar al objetivo planteado, se partió de una caracterización del residuo, que permitió establecer las condiciones para los procesos subsiguientes; posteriormente se realizó en el residuo un proceso de descurtición para separar el cromo del colágeno, y el material resultante fue sometido a una hidrólisis alcalina-enzimática del colágeno, en diversos periodos de tiempo y con distintas concentraciones de enzimas, y así conseguir un hidrolizado de colágeno libre de cromo.

Se determinó que el tiempo de hidrólisis óptimo fue de 8 horas con 6% de enzima, con un grado de hidrólisis de 2,45%. El producto final constituye una solución de colágeno hidrolizado libre de cromo, que puede ser empleado en diversos usos.

ABSTRACT

In Ecuador the industry which processes skin into leather is one of the industries that have the most environmental impact. During the tanning process dangerous wastes are generated, for the environment and for humans. Actually, this problem persists with considerable aftermath, especially in the province of Tungurahua, where most of the tanneries are settled.

In the process of tanning, leather contacts trivalent chromium salts, this metal is the most used for their chemical and physical properties giving excellent tanning material. In order for the leather can be used in footwear or clothing its thickness must then be adjusted to the tanning process to the required size, which is done with an operation of "lowered" or "scraping" which become a solid residue commonly called "shavings" mainly composed by collagen and chromium.

The present works aims the treatment of the shavings generated in the Tannery "Inca" located in the city of Ambato, and so minimize the impact of this solid waste considered dangerous by containing trivalent chromium. To reach the stated goal, we started from a characterization of the waste, which establishes the conditions for subsequent processes; later performed on the residue a process "decroming shavings" to separate chromium collagen, and the resulting material was subjected to an alkaline-enzymatic hydrolysis of collagen, in various periods of time and with different concentrations of enzymes, and thus get a hydrolyzate chromium free collagen. It was determined that optimal hydrolysis time was 8 hours with 6% enzyme, obtaining a total of 2.45% of protein. The end product is hydrolysed collagen solution with free chromium, which can be used in different applications.

2. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	28
1.1. Descripción del estudio	28
1.1.1. Selección de las variables de estudio	28
1.1.2. Metodología experimental	29
1.2. Caracterización de la materia prima	30
1.2.1. Obtención de la muestra	30
1.2.2. Caracterización de las virutas de cuero	32
1.2.2.1. Determinación de grasas	32
1.2.2.2. Determinación de colágeno	33
1.2.2.3. Determinación de cromo total	33
1.2.2.4. Determinación del tamaño de las partículas	34
1.2.2.5. Determinación de humedad	34
1.3. Descurtición	35
1.3.1. Cálculo estequimétrico para la descurtición:	35
1.3.2. Determinar la cantidad de H_2SO_4 en masa necesaria para que reaccione con el Cr^{+3} se parte de la siguiente ecuación:	37
1.3.3. Pruebas de descurtición	38
1.3.3.1. Descurtición y extracción de cromo de las virutas de cuero	38
1.4. Hidrólisis alcalina-enzimática	41
1.4.1. Proceso de hidrólisis	43
3. CAPÍTULO III. RESULTADOS Y ANÁLISIS	46
3.1. Caracterización de la viruta de cuero	46
3.2. Descurtición y extracción de cromo de las virtudes de cuero	48
3.2.1. Proceso de descurtido	48
3.3. Hidrólisis alcalina-enzimática de los residuos sólidos de curtiembre	50
3.3.1. Análisis de la muestra	50
3.3.2. Análisis descriptivo de las variables	50

3.3.3. Análisis estadístico	53
4. CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y	
RECOMENDACIONES	61
4.1 Conclusiones	61
4.2 Recomendaciones	62
REFERENCIAS	63
ANEXOS	63

INTRODUCCIÓN

Ecuador dio sus primeros pasos en la industria del cuero en los años 80's, en el año 1987 la Curtiembre Renaciente fue la primera curtiembre del país, la cual fabricaba cuero para tapicería y procesaba pieles enteras (Curtiembre Renaciente, s.f.). Para el año 2011 en la ciudad de Ambato, se registraron cerca de 60 curtiembres, de las cuales aproximadamente el 80% se ubica en la parte norte de la misma, su producción constituye el 75% y el 85% de todo el cuero curtido producido de bovino, caprino y ovino, del país (Jordán, 2011, p. 2).

El Ministerio de Industrias y Productividad del Ecuador en el año 2013 señaló, un aumento en la producción el sector cuero y calzado, de 15 millones de pares en el 2008 a 28 millones en el 2011. Las ventas en el sector se incrementaron de USD 45 millones en 2006 a más de USD 151 millones en 2011.

La curtiembre es una fábrica que procesa pieles provenientes de animales, en general faenados para consumo, la piel es el subproducto de la industria de la carne (Salvador, 2013, p. 20). El proceso del curtido del cuero, es largo y requiere de muchos insumos, abarca desde el manejo adecuado del ganado, procesos físicos-químicos y acondicionamientos especiales. De acuerdo con Cantera y Bértola (1999, p.1) este proceso confiere a la piel elasticidad, resistencia, firmeza para satisfacer las demandas del mercado. Las curtiembres son industrias de un impacto importante en los aspectos económico, social y ambiental, por los recursos que movilizan, la generación de trabajo y los desechos sólidos, líquidos y gaseosos que generan (Flores, Retamar, Orué, Lacoste y Prez , s.f., p.2).

La toxicidad de los residuos sólidos por altas concentraciones de cromo trivalente en el procesamiento de la piel vacuna depende de varios factores como: la materia prima (tipo de piel), tipo de proceso de elaboración y tecnología utilizada.

Schneider en el 2008 (p. 2) comprobó que dentro de los residuos sólidos aproximadamente el 25% corresponden a las virutas del cuero producidas por las maquinas rebajadoras. Al tratar este desecho y darle una disposición final se minimiza el impacto contaminante donde este sea depositado según el protocolo y manejo de desechos tóxicos y peligrosos de la empresa.

Las virutas de cuero son utilizadas con diferentes propósitos, como indica el estudio de Flores et al., s.f., (p. 4) donde señala que al hidrolizar las virutas en medio alcalino éstas sirven como adhesivo, para fabricar tableros aglomerados, sustituyendo los adhesivos sintéticos (ureicos), que liberan componentes orgánicos volátiles (contaminantes ambientales). Mientras que Schneider 2008 (p. 3) utilizó esta misma materia prima para elaborar aglomerados, utilizados como aislantes térmicos, al emplear como carga las virutas y como aglomerante el producto de hidrolizado de las mismas. En el año 2011, Jordán reutilizó los residuos sólidos para producir hidrolizado de colágeno, y crear una acción de unión con el recurtiente, dándole mayor blandura al cuero.

ALCANCE

El propósito del presente estudio es establecer una alternativa para reducir la cantidad de residuos sólidos industriales provenientes del proceso de elaboración de cuero llevado a cabo en la Tenerife “Inca”, mediante la hidrólisis de los residuos para la recuperación de colágeno libre de cromo.

Para llegar al objetivo, se caracterizará el residuo sólido, conocido como “viruta del cuero”, generado en la etapa de rebajado; una vez caracterizada la viruta, se le someterá a un proceso de “descurtición” para separar el cromo del colágeno en el residuo sólido y recuperarlo mediante filtración. El residuo sólido separado del cromo se someterá a un proceso de hidrólisis para obtener una solución de colágeno.

JUSTIFICACIÓN

La Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador (ANCE), menciona que el sector productivo de curtiduría en Ecuador ha crecido en un 8,6% y la inversión en el sector incrementó del 8% al 55%, entre 2011 y 2012, concentrándose en la provincia de Tungurahua, con un 76% del total de producción (Ministerio de Industrias y Productividad, s.f.). El desarrollo de la industria curtidora, tiene un impacto considerable con el medio ambiente, generando diversos residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas. Ambato es una de las tantas ciudades del país que no cuenta con un sistema de gestión para los residuos tóxicos generados por las industrias (Merino, 2006, p. 11).

El principal problema de los residuos sólidos dentro de la industria curtidora son las altas concentraciones de sales de cromo trivalente, especialmente en la viruta de cuero, originada a partir de la operación de rebajado. El cromo es una amenaza para el ambiente y para el hombre debido a sus efectos nocivos que causan lesiones renales, gastrointestinales, del hígado, del riñón, de la glándula tiroides (Chávez, 2010, pp. 44-46). Estudios realizados por Aguilar et al., (1998, p. 19) revelan que Tungurahua es la provincia con mayor incidencia en cáncer gástrico en el país y se encuentra en el octavo lugar a nivel mundial en hombres, superada solo por Japón.

Chávez (2010, pp. 44-46) indica que el impacto del Cr^{+3} en el suelo es relativamente bajo debido a su gran capacidad de adsorción en los suelos arcillosos y/o con altos contenidos de materia orgánica, a diferencia del Cr^{+6} que es muy inestable. El Cr^{+3} dependiendo del potencial de oxidación (reacciones redox) y del pH del suelo puede pasar a Cr^{+6} y afectar la biodisponibilidad y la toxicidad del mismo. También señala que el Cr^{+3} en bajas concentraciones constituye un microelemento esencial en los animales, a diferencia del Cr^{+6} que es tóxico en concentraciones bajas. Por lo cual deben controlarse las actividades antrópicas que liberan Cr^{+3} ya que no se puede asegurar que se mantenga ese estado químico.

En la mayoría de las industrias de curtiembre la viruta y los recortes (desechos con Cr^{+3}) se disponen sin tratamiento en composteras, en condiciones ambientalmente inapropiadas. El cromo puede entrar en la cadena trófica por absorción de las plantas debido a procesos de difusión mediante riego, o pueden impactar en la calidad del suelo y en aguas subterráneas por procesos de lixiviación.

El propósito de éste estudio es disminuir el volumen de residuos sólidos peligrosos de la industria del cuero, generados luego de la curtición, específicamente en la etapa de “raspado” o “rebajado” del cuero tratado en la Tenería “Inca” de la ciudad de Ambato, separación del cromo de la fibra del residuo con la finalidad de obtener colágeno libre de cromo y recuperar este colágeno mediante un proceso de hidrolisis alcalina-enzimática (colágeno hidrolizado).

Esta investigación proporcionará una alternativa para la reducción de los costos de operación de la Tenería “Inca” al evitar la disposición de estos residuos sólidos, con los correspondientes impactos ambientales que conlleva; además la obtención de un producto (colágeno) que puede generar ingresos adicionales a la empresa, por la variedad de usos que puede tener; la potencial recuperación de cromo para su incorporación en la cadena productiva de la Tenería; y, lo más importante, el dar una alternativa para la disposición y tratamiento de un residuo sólido que hoy por hoy resulta de gran impacto contaminante al medio ambiente.

OBJETIVOS

Objetivo General

Formular un tratamiento de los residuos sólidos curtidos al cromo en la industria del cuero, para recuperar colágeno libre del curtiente.

Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima mediante la determinación de parámetros físicos y químicos.
- Establecer cuáles son las mejores condiciones físicas y químicas para separar el cromo del colágeno en los residuos sólidos de curtición.
- Distinguir que factores tienen mayor incidencia en la recuperación de colágeno en el proceso de hidrólisis alcalina-enzimática de los residuos sólidos de curtición.

1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Proteínas

Todas las proteínas están compuestas por largas cadenas de aminoácidos, que son componentes esenciales de las células vivas. Los elementos, carbono, oxígeno, nitrógeno o hidrógeno forman parte de todos los aminoácidos y de las proteínas. La secuencia de los últimos aminoácidos sigue un orden específico determinando el comportamiento químico de las proteínas. (Frankel, 1989, p. 67).

La estructura primaria está determinada por la secuencia de aminoácidos de la cadena proteica, el número de éstos y el orden en que están enlazados por medio de enlaces peptídicos y la función que cumplirán después (Luque, s.f., p. 8). Cuando varios aminoácidos se unen para formar una cadena molecular larga, cada una de las moléculas puede estar dispuesta en el espacio disponible de varias maneras. Puede mantener una forma lineal, colocarse aleatoriamente en una esfera o formar una hélice ordenada, todo esto se denomina estructura secundaria de una proteína, característica del colágeno. (Zambrano, 2011, p. 7). La estructura terciaria de una proteína es la responsable directa de sus propiedades biológicas, ya que la disposición espacial de los distintos grupos funcionales determina su interacción con los diversos ligandos (Luque, s.f., p. 8).

1.1.1. Colágeno

El colágeno es una proteína fibrosa formada por tres cadenas polipeptídicas (1.000 aminoácidos por cadena) que forman una triple hélice, una de las cuales difiere en su composición de aminoácidos respecto a las otras dos y cada uno de éstos es un polímero de aminoácidos, éstos son compuestos cuyas moléculas contienen tanto el grupo funcional amino (positivo) (NH_3^+) y un grupo funcional carboxilo (negativo) (COOH^-) al unirse forman las proteínas (Lizarbe, s.f.; Cuero Net, s.f.).

1.1.1.1. Estructura y propiedades del colágeno

Una fibra de colágeno de 1mm de diámetro soporta de 10 a 40 Kg. La cadena de triple hélice tiene 1.400 aminoácidos. Glicina (Gly) corresponde al 33% de los aminoácidos de cada cadena. A intervalos se encuentran otros aminoácidos como hidroxilados, hidroxiprolina e hidroxilisina, siendo únicos para el colágeno (Prockop y Guzman, 1981, p.53)

En la figura 1 se puede apreciar cómo está ordenado el colágeno, como los aminoácidos unidos forman entre sí la cadena polipeptídica, al estar entrelazadas las tres cadenas polipeptídicas forman la triple hélice, el conjunto de las triples hélices enfiladas una detrás de otra forman las microfibras de colágeno (Cuero Net, s.f.).

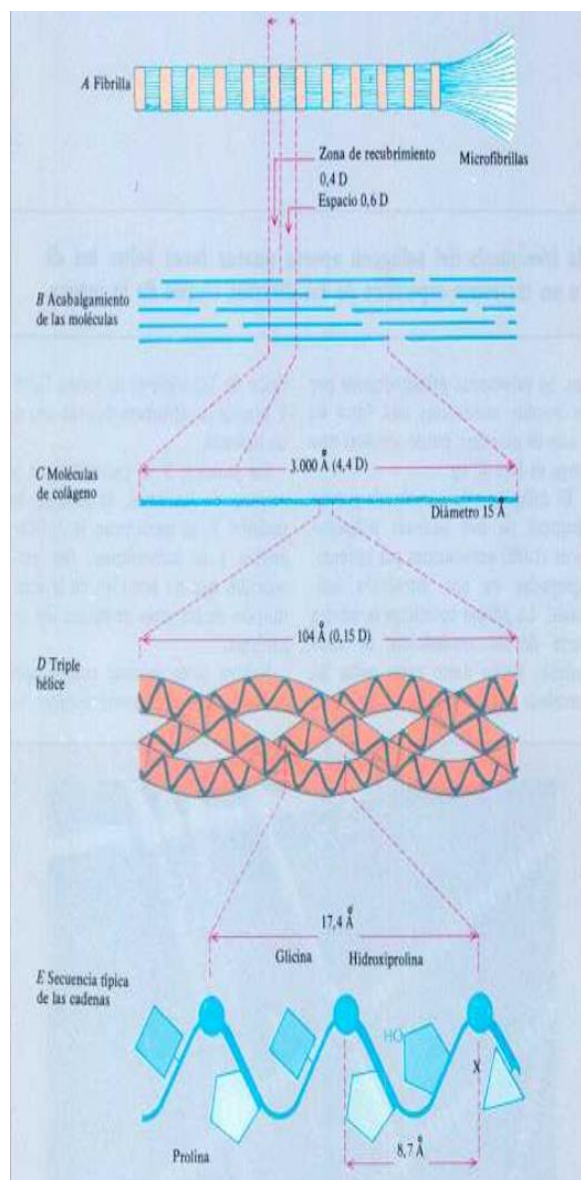


Figura 1: Estructura de la fibra de colágeno

Tomado de Prockop y Guzman, 1981, p.54.

Si a las fibras de colágeno se las somete a una temperatura de 60°C , éstas sufrirán una contracción lineal, y si se prolonga el calentamiento a temperaturas superiores a 60°C en pH mayor de 12 y menor que 3, se transforman en gelatina. Considerando que son insolubles en agua y en soluciones salinas, pero pueden disolverse en soluciones ácidas o básicas concentradas (Zambrano, 2011, p. 9).

1.1.1.2. Estructura de la piel

La piel es una estructura externa, resistente y elástica generalmente cubierta por lana o pelo, que recubre el cuerpo de los animales y cumple diferentes funciones fisiológicas como el mantenimiento de la temperatura corporal, la expresión de determinados desechos corporales, la protección contra daños físicos producidos por agentes extraños como las bacterias (Frankel, 1989, p. 27; Zambrano, 2011, p. 5).

La piel está formada por tres partes: epidermis, dermis (la cual llegará a ser curtida y convertida en cuero) y endodermis.

a) Dermis

La Dermis está compuesta por proteína aproximadamente en un 30 a un 35%, que en su mayoría es colágeno, el resto es agua y grasa (Baker, p.88).

La dermis está formada por dos partes: zona papilar y reticular. La primera zona o también llamada flor contiene vasos sanguíneos, terminaciones nerviosas y fibras de colágeno, y la zona reticular (que es parte del serraje) tiene células conjuntivas y fibras de colágeno oblicuas más gruesas que en la zona papilar (Cuero Net, s.f.).

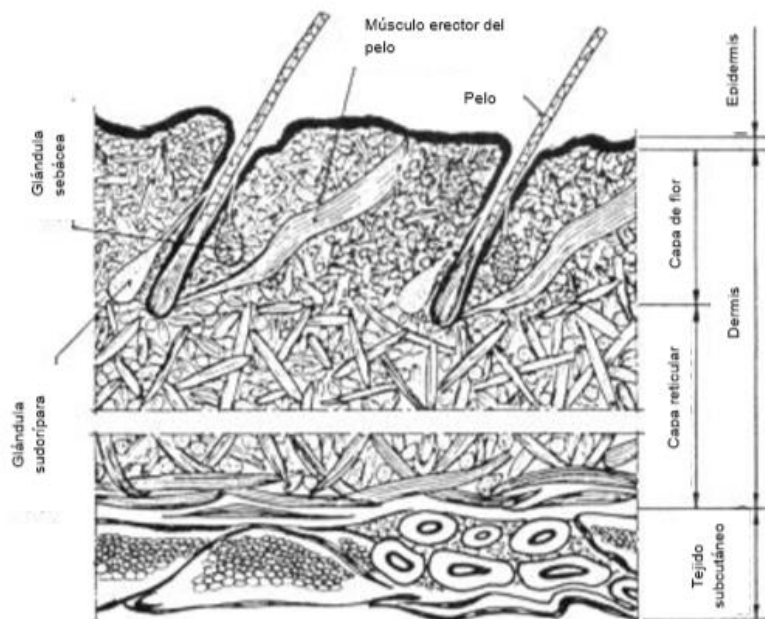


Figura 2: Anatomía de la dermis

Tomado de Cuero Net, s.f.



Figura 3. Estructura histológica de la piel

Tomado de Cuero Net, s.f.

1.2. Proceso de curtiembre Tenería “Inca”

1.2.1. Curtiembre

Es una fábrica donde se lleva a cabo el proceso de curtición siendo esta una combinación de operaciones químicas y mecánicas, mediante las cuales se transforma la piel en cuero es decir transformándolo en un material indestructible (orgánico a inorgánico) adquiriendo características de resistencia, flexibilidad y brillo (Muñoz e Hidalgo, 2002, p.1).

1.2.1.1. Materia prima piel en bruto

Regularmente las pieles llegan de diferentes mataderos de la zona, sin ningún tratamiento previo, siendo sometidas a diferentes procesos:

a) Clasificado y recortes

Las pieles son sometidas a una inspección visual, para asegurar que se cumplan los requisitos de calidad, debido que algunas puedan presentar ciertos defectos.

b) Remojo

Una vez clasificadas, las pieles son remojadas con la finalidad de hidratarlas y brindarles flacidez. Iniciado el proceso, los cueros se los hidrata nuevamente.

c) Descarnado

En este proceso, se procede a eliminar las carnazas y grasas del tejido subcutáneo, es decir aquellos restos de músculos y nervios que existen en las pieles.

d) Dividido en tripa

Una vez descarnadas las pieles, son divididas en dos partes: flor y serraje mediante una cuchilla sin fin que atraviesa de manera transversal el espesor del cuero.

e) Desencalado

Mediante disoluciones acuosas de sales ácidas (bisulfito de sodio) o por medio de sales amoniacales (sulfato de amonio) se elimina la cal, y los productos alcalinos del interior, neutralizándose de esta forma la piel.

f) Rendido o purga

En este proceso se purifica el cuero antes de su curtido. Mediante la acción de enzimas proteolíticas se logra el aflojamiento de las fibras de colágeno y una limpieza de la piel de restos de epidermis y grasa que no fueron removidos previamente (Frankel, 1989, p. 141; Cuero Net, 2014).

g) Piquel

Se logra el pH deseado tratando el cuero con sal y ácido para que la piel esté preparada y así facilitar la penetración del curtiente.

h) Desengrase

En este proceso se retira toda la grasa por medio de solventes y agentes tensoactivos.

i) Curtición

Los tipos de productos utilizados como curtientes pueden ser inorgánicos, como: sales de cromo, sales de circonio, sales de aluminio

o sales de hierro y también productos orgánicos, como: curtientes vegetales, curtientes sintéticos, aldehídos, parafinas sulfocloradas (Hoinacki y Gutheil, 1978, p.110).

Dentro de los productos inorgánicos, las sales básicas de cromo ocupan un lugar destacado; esto es porque el proceso de curtición al cromo es bajo en costo y produce múltiples características deseables, como suavidad y flexibilidad, en la calidad del cuero obtenido. Según lo indicado en (Cuero Net, s.f.), en la actualidad el 80% de la producción mundial de cuero se curte al cromo.

Curtido al Cromo

El curtido al cromo es el procedimiento que se realiza para obtener el llamado “wet blue”, cuero de aproximadamente 50% de humedad, se debe su nombre al color verde azulado que resulta de su curtición con sulfato básico de cromo (Cuero Net, s.f.).

En general, todo curtido al cromo es iniciado en pH bajo, consiguiendo en la operación de piquelado. En tales condiciones, la afinidad de las sales de cromo por la proteína es mínima, ocurriendo entonces la penetración del curtiente. Después de la adecuada penetración y absorción, el pH es gradualmente elevado a 3,8 o 4,0 con la utilización de los agentes basificantes provocando alteraciones y produciendo una reacción entre las sales de cromo y la proteína, soportando el cuero una inmersión en agua hirviendo (Frankel, 1989, p. 150).

Química de las sales de cromo

Las sales curtientes de cromo tienen una valencia de +3; son solubles en ácidos fuertes pero por lo general se precipitan en forma de hidróxido de cromo o de óxido de cromo hidratado a valores mayores de pH 4;

reaccionan con una cantidad de sustancias orgánicas para formar sales solubles (Frankel, 1989, p. 151).

En el curtido al cromo, las pieles incorporan de 2,5 a 3,0% de Cr_2O_3 (Hoinacki y Gutheil, 1978, p.110).

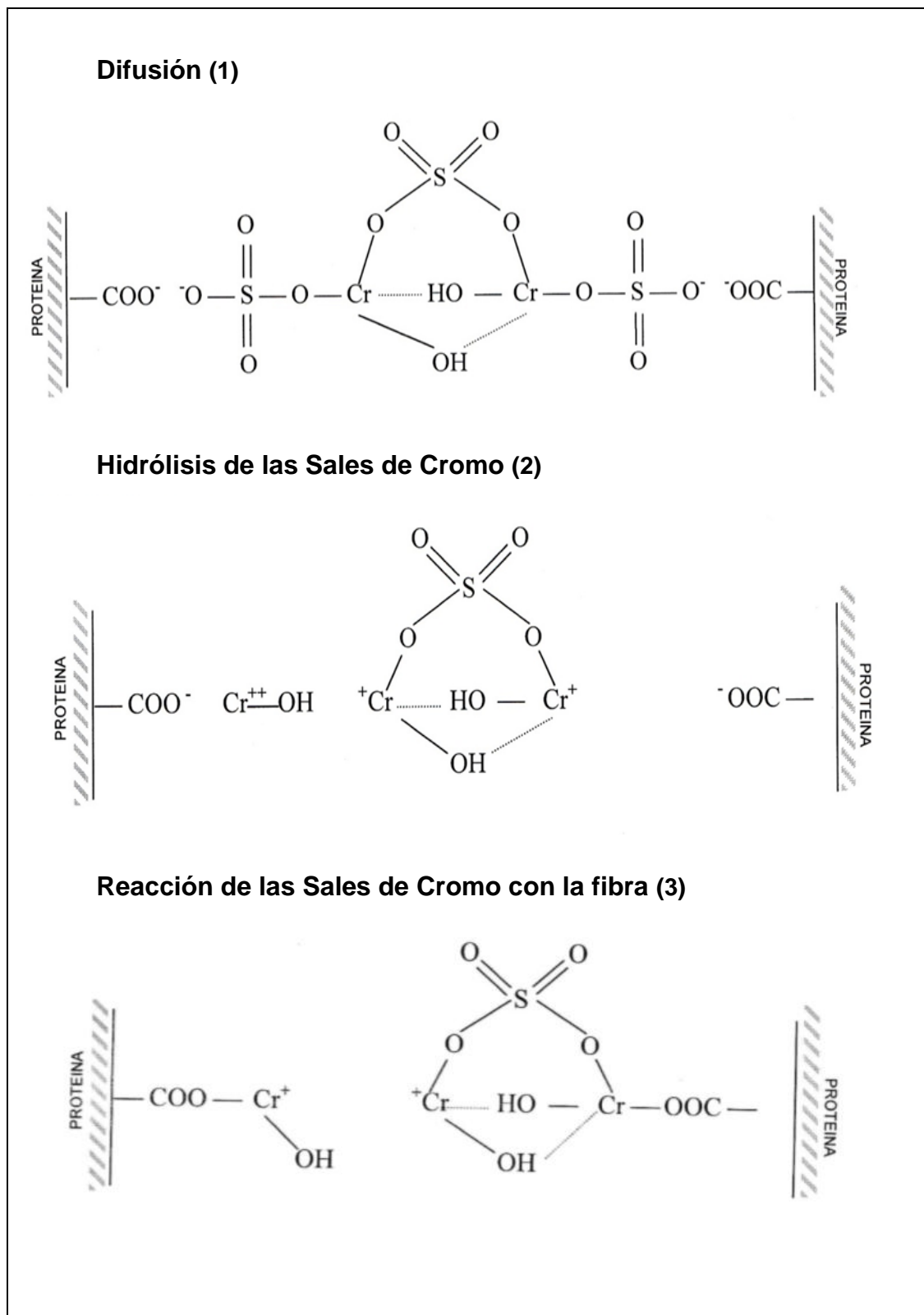
Concepto de basicidad

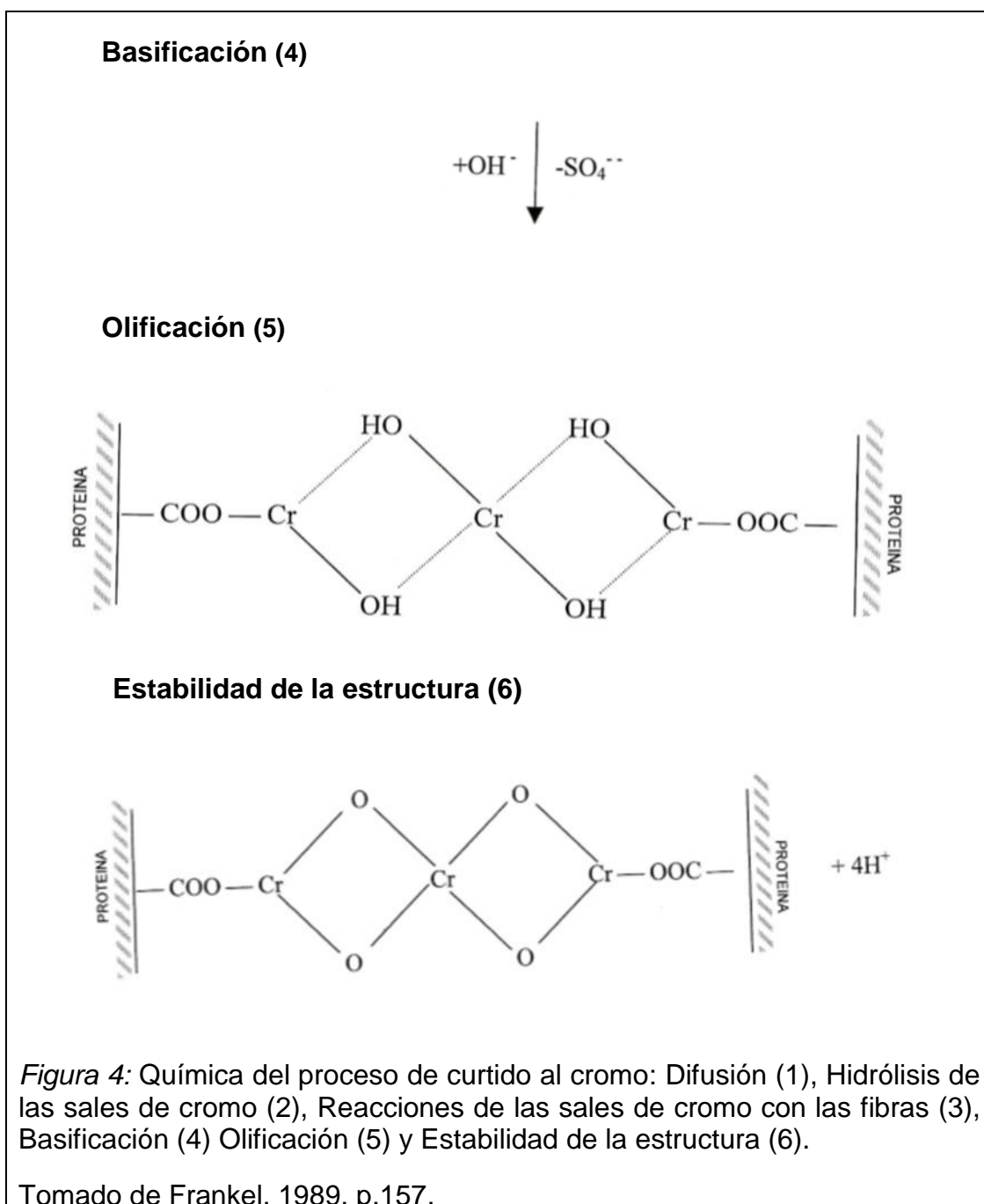
La basificación pretende elevar el índice de basicidad del curtiente, una vez que haya penetrado en la piel. El índice de basicidad de las sales de cromo, indica el número de valencias de cromo +3, combinadas con grupos hidroxilos (OH^-). Mientras mayor es la basicidad, aumenta el tamaño de la estructura de la sal, ocurriendo al mismo tiempo una disminución de su velocidad de difusión en la piel, por el aumento de la estringencia. En la práctica, el curtido se inicia con baja basicidad, alrededor de 33%, elevándose hasta valores del orden del 42 al 50% (Hoinacki y Gutheil, 1978, p.116).

La estabilidad del sistema colágeno se debe al fenómeno de reticulación que, por efecto de los agentes curtientes, ocurre entre cadenas polipeptídicas de una macromolécula de colágeno y entre cadenas de macromoléculas distintas. La reticulación ocurrida en el curtido, se debe tanto a la reacción de las sales de cromo con las fibras, como a la alteración en la estructura del cromo ligado cuando se modifican ciertas condiciones por la adición de agua y álcalis (Hoinacki y Gutheil, 1978, p.124)

La química del proceso de curtido al cromo es complicada e implica varias reacciones simultáneas y opuestas, cuyo equilibrio logrado mediante el control de las condiciones de temperatura, pH y sustancias usadas durante el proceso, confieren al cuero la calidad deseada. Estas reacciones son: difusión (1), hidrólisis de las sales de cromo (2), reacciones de las sales de cromo con las fibras (3), basificación (4)

Olificación (5) y estabilidad de la estructura (6); las mismas son mostradas esquemáticamente a continuación. (Frankel, 1989, p.157).





La reacción de olificación, anteriormente indicada, sucede a medida que se incrementa el pH de la curtición, por el desplazamiento del sulfato asociado al cromo por parte del grupo hidroxilo, siendo éste último compartido por dos átomos de cromo. (Hoinacki y Gutheil, 1978, p.123)

Después de la curtición, los cueros son dejados en reposo un lapso de 12 y 24 horas. Este lapso es necesario para que la curtición se torne

más estable por la eliminación de los iones hidrógeno de los grupos hidroxilo, resultando estructuras oxolificadas, esto es, estructuras que presentan oxígenos ligados entre átomos de cromo como se muestra en la figura 4: Estabilidad de la estructura (6). En ésta última estructura el complejo cromo-proteína solamente se rompe después de un tratamiento prolongado en soluciones ácidas (Hoinacki, y Gutheil, 1978, p.124).

Un aspecto a considerar es que, debido a que la reacción del grupo hidroxilo en solución y el complejo cromo-proteína no se establece de manera instantánea, una elevación del pH no se traduce en un cambio instantáneo de basicidad (Frankel, 1989, p. 125).

j) Ecurrido

Se elimina la mayor cantidad de agua, por medio de una operación mecánica.

k) Rebajado

Las pieles curtidas entran a una operación mecánica de rebajado, en una máquina provista de cuchillas que giran a gran velocidad, para dar un grosor uniforme al cuero.

l) Recurtido

El curtido es un proceso que trata de completar el curtido y dar las características finales al cuero. Puede ser realizado con curtientes minerales o curtientes vegetales. Los curtientes minerales más empleados son las sales de cromo, de aluminio y circonio. Entre los curtientes vegetales más usados están los taninos de quebracho y mimosa (Hoinacki y Gutheil, 1978, p.159).

Los recurtientes, que se usarán en cueros previamente curtidos al cromo, dependen de las características que se desee dar al producto final. Los taninos vegetales dan mayor llenura y rigidez; mientras que los sintéticos aclaran el color del cuero, dan suavidad y ayudan a la penetración de los colorantes. Las resinas llenan los espacios carentes de sustancia dérmica; y, los aldehídos (formaldeído o gluteraldehído) confieren suavidad y una mayor estabilización a la fibra de la proteína (Frankel, 1989, p. 192).

m) Neutralización

La neutralización o desacidificación consiste en la eliminación de los ácidos existentes en el cuero, con esta operación se busca eliminar el exceso de acidez y elevar el pH del cuero de 4 a 5.2 (Hoinacki y Gutheil, 1978, p.153).

n) Tintura

A los cueros se los somete a baños con color a temperatura elevada.

o) Engrase

El engrase es un proceso que devuelve al cuero su flexibilidad y suavidad.

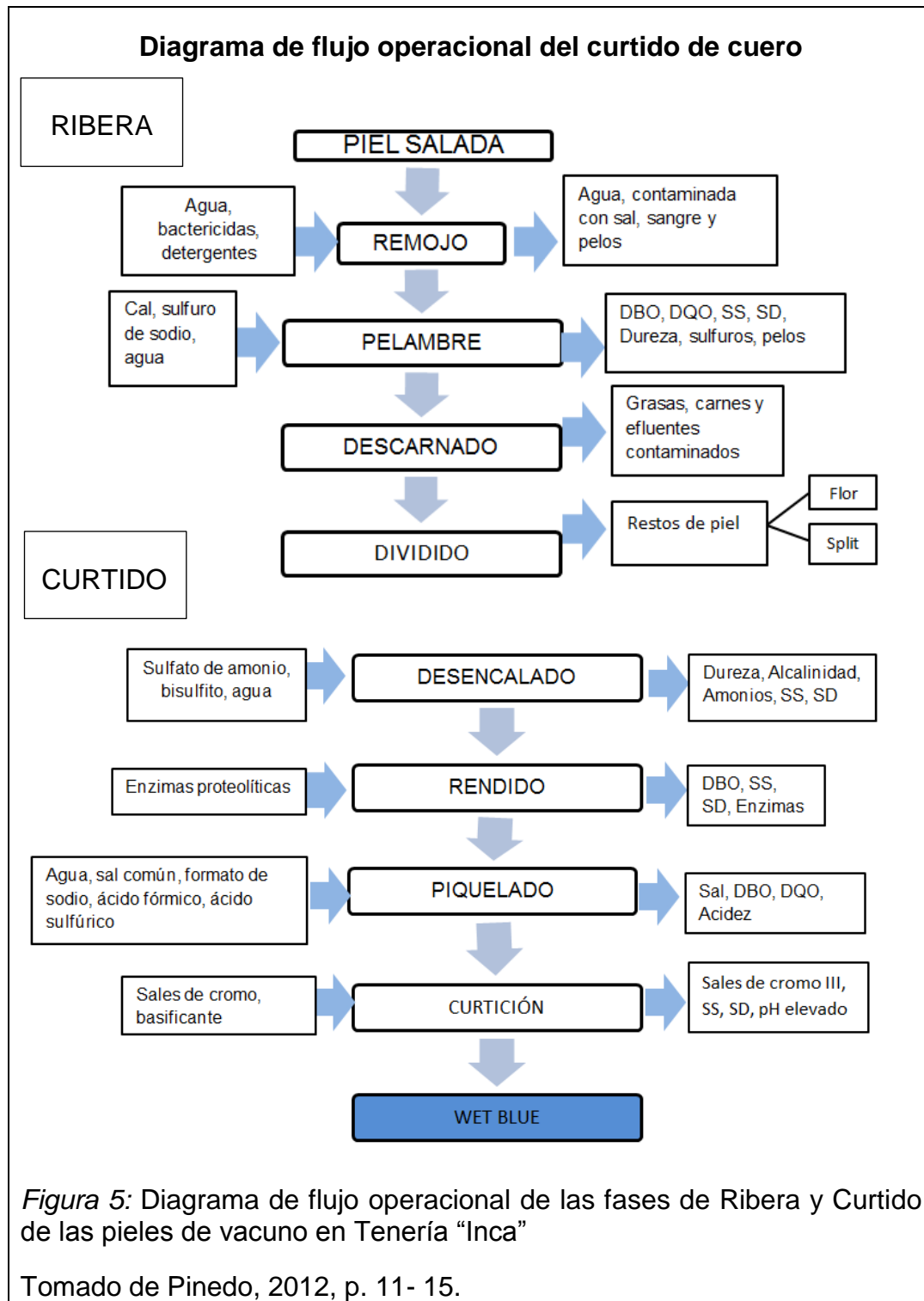
p) Secado

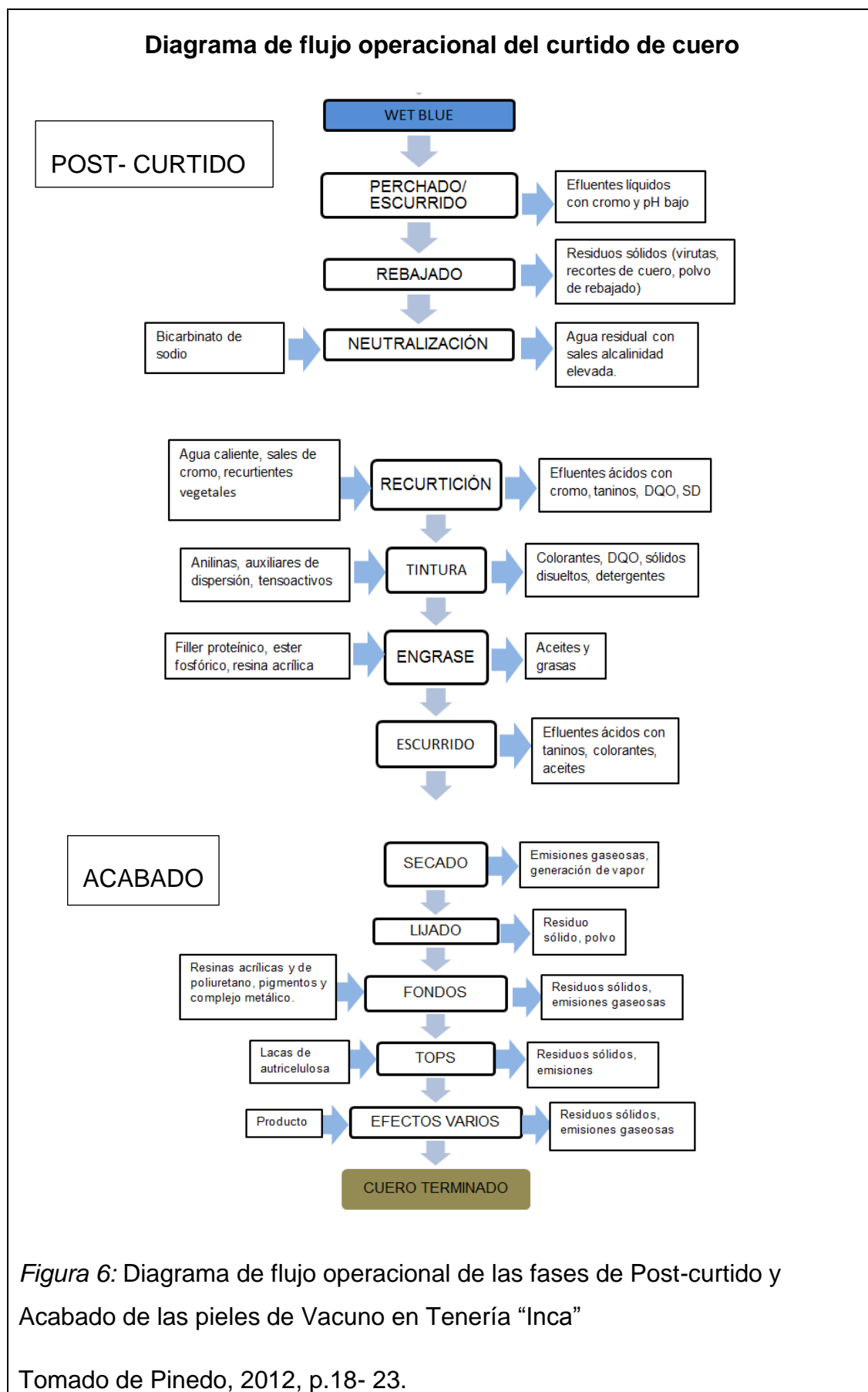
Las pieles son secadas para disminuir el porcentaje de humedad, se las puede secar al sol o en diferentes tipos de máquinas.

q) Acabado

En el acabado se realizan todas las operaciones y procesos que dan al cuero las características finales requeridas.

1.3. Diagrama del proceso de curtición de pieles





1.4. Generación de residuos sólidos en el proceso de curtición

En la industria del cuero, existe una gran cantidad de desechos que hay que disponer. Estos se distribuyen en efluente líquido, sólidos curtidos y no curtidos del proceso productivo.

Los residuos sólidos generados en el procesamiento de la piel vacuna dependen de varios factores como (materia prima piel, tipo de cuero elaborado, tecnología utilizada, etc.) Cantera y Bértola (1999, p.3)

Tabla 1. Residuos sólidos que se generan en la fase de curtido y su posible utilización.

	Residuos generados	Posible valorización
Residuos curtidos	Rebajaduras	Cuero artificial Hidrolizado de proteína Valorización energética
	Recortes de la piel acabada	Valorización energética Hidrolizado proteico
	Polvo esmerilado	
	Fangos	Fertilizante (si no hay Cr) Valorización energética

Tomado de Catells, García, López y Soliva, 2009, p.58.

Pinedo (2012, p. 36) afirma que la mayor cantidad de residuos sólidos se generan en las etapas de descarnado, dividido, rebajado y lijado de los cueros, los residuos de otras etapas del proceso son, cuero curtido en pedazos, viruta y polvo. Estos se van acumulando junto a las máquinas propias de cada proceso. Según el Centro de Investigación y Tecnología del Cuero (CITEC), por cada tonelada de piel salada que se procesa, se produce 156kg de virutas. Se estima que cerca del 60% en peso de la piel bruta se elimina como residuo. Además, cerca del 15% del peso total de la piel se descarga en las aguas residuales principalmente en la forma de grasas, pelo degradado y fibras. (Merizalde y Mujica, 2004, p 5).

1.4.1. Viruta de cromo

En el proceso de rebajado, se produce viruta de cromo, la composición de éste desecho principalmente contiene colágeno, grasa y algunos compuestos inorgánicos. La disposición incorrecta de este material podría generar mal olor, y al contener cromo puede contaminar aire, aguas subterráneas y superficiales, generalmente las virutas son depositadas en vertederos sin un previo tratamiento (Jiang, Zhang y Qin, 2000, p, 375).

1.4.1.1. Características y composición de las virutas de cromo

Según los análisis realizados por (Cantera, Greco, De Giusti y Bereciartua, 1994, p.3) las virutas tienen las siguientes características físico-químicas.

Tabla 2. Características físico-químicas de la viruta del cuero

Características	Viruta de Cuero
Óxido de Cromo (Cr_2O_3) (%)	4.3
Nitrógeno total Kjeldahl (%)	14.3
Grasa (%)	0.8
Cenizas totales (%)	16.7
Humedad (%)	(55-60)

Nota: todos los porcentajes están referidos al peso de virutas secas.

1.4.2. Toxicidad de los residuos sólidos de post-curtición

El proceso de curtido con sales de cromo (III) aún es el más empleado a nivel mundial, por su rapidez y propiedades químicas y físicas finales del material curtido, considerando que es el principal contaminante.

Cantera y Bértola (1999, p.3) señalan que para poder distribuir el cuero debe ser unificado en grosor, lo que genera, virutas con alto contenido de cromo, éste residuo es catalogado como peligroso, ya que existe la posibilidad de que

el cromo (III) pueda ser oxidado a cromo (VI) en las diferentes condiciones del medio ambiente considerando que es 1000 veces más tóxico que el cromo (III). Chávez en el 2010 (p. 45) evidencia que el aporte de cromo en el curtido se distribuye así, baño de curtido 60%; escurrido y reposo 20%; recurtido 18%; y lavado final 2%. La cantidad de curtiente que no se fija depende de la eficiencia del proceso del curtido y está determinada por algunas variables: la oferta del metal, el tiempo de operación, la temperatura y el pH del baño de curtido.

El cromo (III) tiene menor absorción que el cromo (VI) teniendo efectos menores. El cromo (III) no atraviesa las membranas celulares, uniéndose directamente a la transferina. A diferencia del cromo (VI) el cual penetra en el organismo por cualquier vía con mayor facilidad, es considerado carcinógeno del grupo I por la International Agency for Research on Cancer (IARC). Las manifestaciones tóxicas atribuidas a este contaminante son sensibilización cutánea, inflamación de neumocitos, produce alteración de cromátidas hermanas y reacciones cruzadas en la cadena de ADN. (Cuberos, Rodríguez y Prieto, 2009, pp. 279-280).

1.5. Hidrólisis

La hidrólisis es una reacción química donde los compuestos orgánicos reaccionan con el agua, para ser descompuestos en complejos orgánicos más sencillos. Este proceso se caracteriza por la división de una molécula de agua en un grupo de hidrógeno H^+ y en hidróxido OH^- con uno o ambos de estos apegándose a un producto orgánico de partida. La hidrólisis, por lo general, requiere el uso de un catalizador ácido o base y se utiliza en la síntesis de muchos compuestos útiles (Flores, Caballero y Moreira, 2008, p.136).

1.5.1. Hidrólisis de colágeno

Cuando las proteínas se someten a tratamiento térmico con ácidos o bases; o cuando existe acción de ciertas enzimas, sus moléculas se hidrolizan formando aminoácidos. Los hidrolizados proteínicos parciales, provienen de la hidrólisis

de proteínas de origen natural mediante un proceso dando lugar a una mezcla de péptidos y aminoácidos. Los efectos de la hidrólisis se traducen principalmente en la reducción del tamaño molecular de la proteína. (Zambrano, 2011, p. 24).

La hidrólisis de las virutas de cromo puede llevarse a cabo bajo diversas condiciones (Merizalde y Mujica, 2004, p 5):

- A 300°C y 150 atmósferas en presencia de óxido de magnesio.
- Por tratamiento a ebullición con hidróxido de calcio y magnesio.
- Hidrólisis a 100°C con óxido de calcio y magnesio.
- Hidrólisis en medio ácido, empleando ácido sulfúrico; ácido p-toluensulfónico; ácido tricloroacético y ácido acético.
- Hidrólisis en medio alcalino, usando hidróxido de sodio, hidróxido de calcio o hidróxido de potasio.
- Hidrólisis oxidativa con agua oxigenada en medio alcalino.
- Acción de enzimas proteolíticas de origen bacteriano, en medio alcalino a temperatura moderada.

Independientemente del procedimiento empleado, la hidrólisis de virutas de cromo conduce a dos productos: Hidrolizado de colágeno, y complejos básicos de cromo precipitados.

1.5.2. Hidrólisis ácida

La hidrólisis ácida del colágeno se produce por calentamiento de las virutas en una solución de pH ácido. Los efectos de la hidrólisis ácida se deben a las modificaciones de conformación de la estructura del colágeno disminuyendo completamente el triptófano y los aminoácidos serina y treonina. Debido a una disminución de los enlaces hidrógeno y a un aumento de las repulsiones electrostáticas, a causa del desbloqueo de los grupos carboxilo. Básicamente

existe una ebullición prolongada de la proteína con soluciones ácidas fuertes (HCl y H₂SO₄) (Zambrano, 2011, p. 24; Jordán, 2011, p. 37).

Considerando al colágeno contenido en las virutas de cuero, éste se halla combinado con sales de cromo trivalente. Sin embargo, el pH ácido promueve la disminución de tamaño de la estructura salina, que se traduce en la solubilización de las sales. El tratamiento ácido de las virutas de cuero tiene como primera etapa la descurtición de las virutas y luego; la hidrólisis ácida del colágeno (Hoinacki y Gutheil, 1978, p122).

1.5.3. Hidrólisis alcalina

Los tratamientos alcalinos producen la conversión de algunos residuos de los aminoácidos que conforman las proteínas. La alteración de los grupos laterales del colágeno motiva una modificación de la polaridad y en algunos casos de la carga neta. Cuando las modificaciones son considerables, la proteína puede hidrolizarse completamente este tipo de hidrólisis destruye los aminoácidos arginina y cisteína. El tratamiento alcalino no descurte las virutas, pues la basicidad y el tamaño de las sales de cromo no se ven afectadas (Guadix, Guadix, Páez, González y Camacho, 2000, p.80).

1.5.4. Hidrólisis enzimática

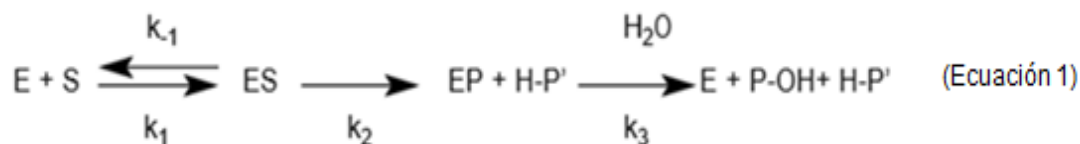
La hidrólisis enzimática de proteínas se lleva a cabo por medio de proteasas, que son enzimas que hidrolizan las cadenas polipeptídicas de los sustratos proteicos y, se caracterizan por tener una gran variedad de especificidades (Benítez, Ibarz y Pagan, 2008, pp. 228).

Éste tipo de hidrólisis se da en conjunto de 3 reacciones consecutivas de ruptura de enlaces:

- Formación de un complejo enzima – sustrato (proteína)
- Ruptura del enlace amídico, donde como resultado se da la liberación de un péptido.

- El péptido restante se separa de la enzima después de un ataque nucleofílico de una molécula de agua.

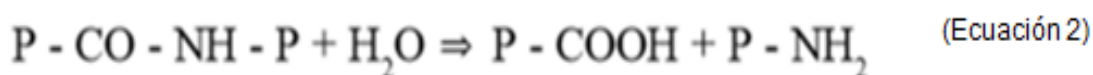
Representación de los 3 pasos, mecanismo catalítico de una proteasa.



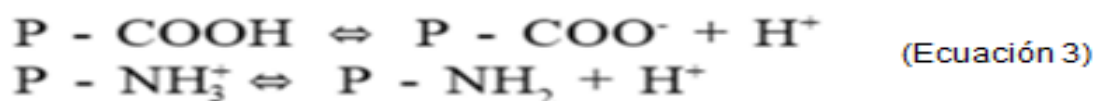
E: enzima, S: sustrato, P, P': péptidos resultantes, k_x : constante velocidad de reacción.

Tomado de: (Benítez, Ibarz y Pagan, 2008, pp. 230)

La proteasa actúa sobre el enlace peptídico, rompiéndolo, y liberando el grupo amino y el grupo carboxilo según la siguiente ecuación.



Los grupos amino y carboxilo formados tras la hidrólisis pueden estar parcialmente ionizados, dependiendo del pH del proceso de hidrólisis, y según los siguientes equilibrios



Tomado de (Guadix, Guadix, Páez, González y Camacho, 2000.p.82).

1.6. Enzimas

Las enzimas, son sustancias que están presentes en las células en pequeñas cantidades y son capaces de efectuar cambios en los procesos celulares. Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica que actúan como catalizadores, sin alterarse como consecuencia de la reacción. Para que ocurran estas reacciones es necesaria la presencia de un catalizador el cual debe ser específico para determinada reacción, algunas de estas reacciones son muy

sencillas; otras requieren de la participación de complejos multienzimáticos. (Merino y Noriega, 2011, p. 1).

Tabla 3. Clasificación de las enzimas.

Número	Clase	Reacción catalizada
1	Oxidoreductasas	Transferencia de electrones
2	Transferasas	Transferencia de grupos funcionales
3	Hidrolasas	Rotura de enlaces incorporando una molécula de agua
4	Liasas	Rotura de enlaces covalentes por adición o eliminación de grupos
5	Isomerasas	Reacciones de isomerización: transferencia de grupos dentro de la misma molécula
6	Ligasas	Formación de enlaces covalentes mediante reacciones de condensación

Tomado de Merino y Noriega, 2011, p.1.

1.6.1. Enzimas proteolíticas

Las enzimas proteolíticas o llamadas también proteasas rompen la cadena larga de moléculas que forman las proteínas formando fragmentos más cortos partiendo el enlace peptídico que une dos aminoácidos. También catalizan la hidrólisis de enlaces peptídicos de proteínas y participan en variados procesos fisiológicos, al estar involucradas en todo el ciclo de vida de las proteínas desde su biosíntesis, control de destino y activación, hasta su degradación (Hernández y Carvajal, 2004, p. 95).

2. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

1.1. Descripción del estudio

Este estudio busca dar una alternativa para la reducción de los residuos sólidos generados luego de la curtición (en la etapa de rebajado) en la industrialización del cuero llevada a cabo en la Tenería “Inca” de la ciudad de Ambato, a través de la hidrólisis de la proteína que compone el residuo (colágeno). El presente trabajo de titulación se ajusta al método experimental, donde, por medio de una prueba se manipula una o más variables independientes para observar los cambios en una variable dependiente bajo control del investigador.

1.1.1. Selección de las variables de estudio

Variables determinadas:

1. **Variable dependiente:** Porcentaje de proteína hidrolizada (grado de hidrólisis °H).
2. **Variables independientes:** Tiempo (tiempo tratamiento alcalino + tiempo tratamiento enzimático) y Concentración de enzima.

Tabla 4. Identificación de las variables

Tratamientos	Tiempo Reacción NaOH (h)	Tiempo Reacción Enzimas (h)	Tiempo Total de Reacción (h)	Concentración de enzima (%)	Porcentaje de proteína hidrolizada °H (%)
1	2	0	2	6%	
2	2	3	5	6%	
3	2	6	8	6%	
4	2	0	2	4%	
5	2	3	5	4%	
6	2	6	8	4%	
7	2	0	2	3%	

8	2	3	5	3%	
9	2	6	8	3%	
10	4	0	4	6%	
11	4	3	7	6%	
12	4	6	10	6%	
13	4	0	4	4%	
14	4	3	7	4%	
15	4	6	10	4%	
16	4	0	4	3%	
17	4	3	7	3%	
18	4	6	10	3%	

1.1.2. Metodología experimental

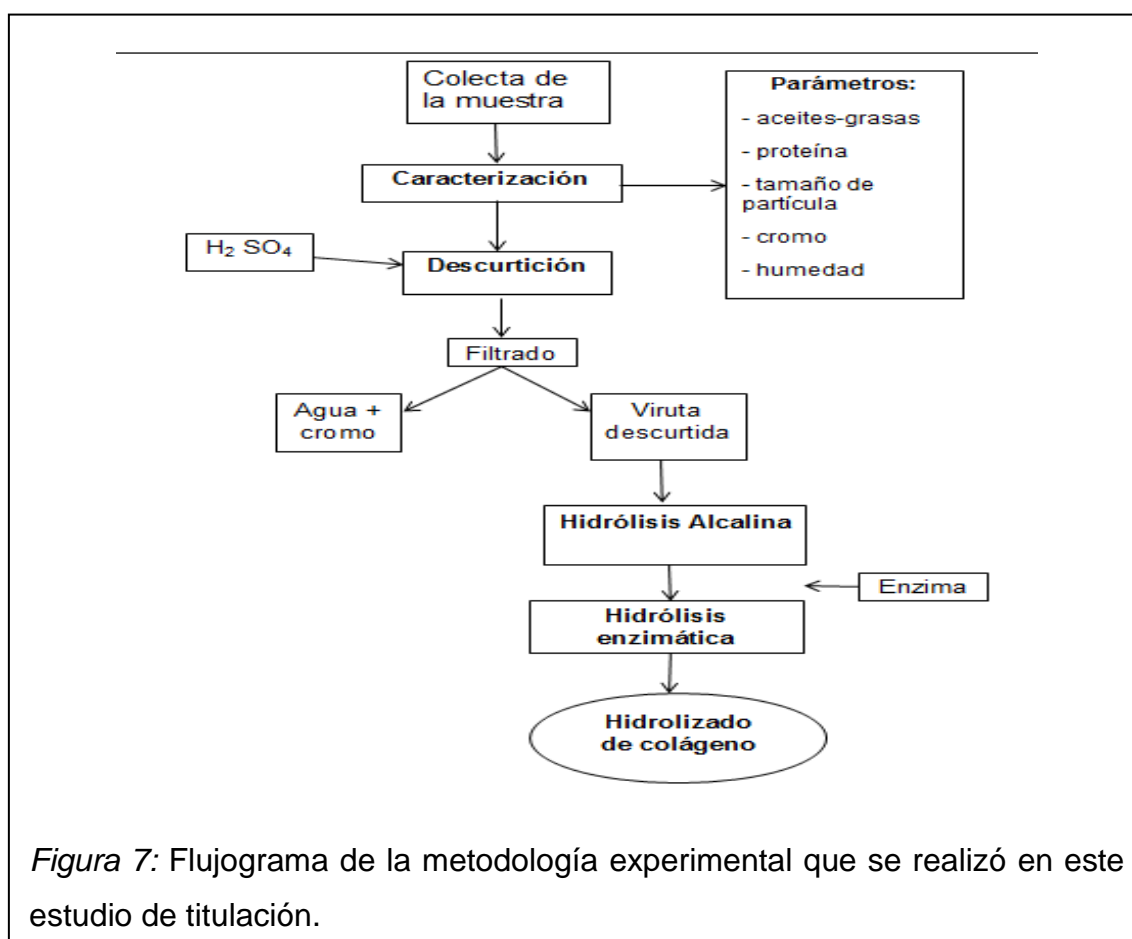


Figura 7: Flujograma de la metodología experimental que se realizó en este estudio de titulación.

1.2. Caracterización de la materia prima

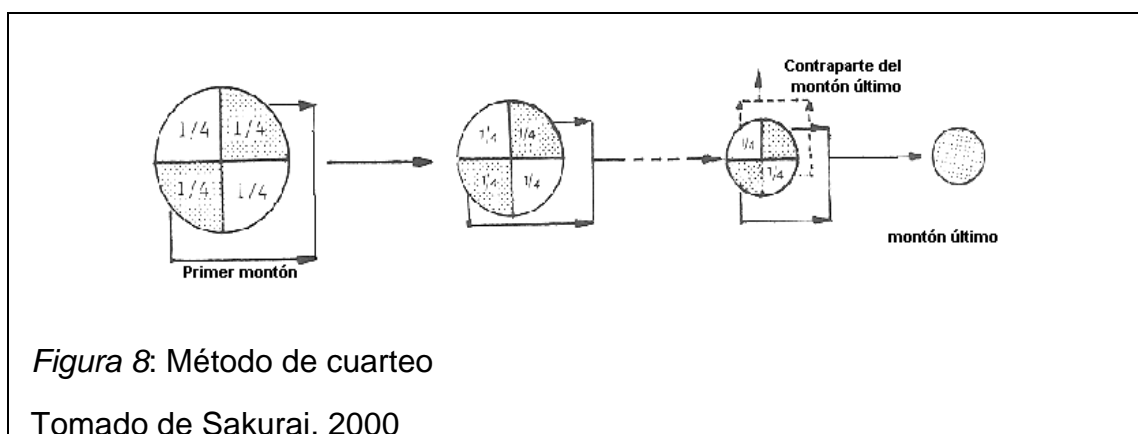
Para cumplir con el primer objetivo específico se caracterizó la materia prima mediante la determinación de parámetros físicos y químicos, en una muestra del residuo obtenida previamente.

1.2.1. Obtención de la muestra

La muestra que se utilizó en este estudio proviene de la Tenería “Inca” CÍA. LTDA, que se encuentra ubicada en la ciudad de Ambato, Provincia Tungurahua en el barrio La Concepción, Virgen del Cisne y Avenida América.

Para obtener las muestras de trabajo se tomó en cuenta lo descrito en el Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos del CEPIS/OPS (Sakurai, 2000) por el método de cuarteo de la siguiente manera.

Con aproximadamente 1m^3 de la muestra se formó una pila, con la ayuda de una pala se homogenizó el montón formado, se dividió en 4 partes y se escogió 2 partes opuestas para formar otra muestra más pequeña y así se repitió el procedimiento 3 veces hasta formar el último cúmulo. Según se muestra en el siguiente diagrama:



El peso final de la muestra fue de 3 kg la cual se almacenó a temperatura ambiente en fundas plásticas selladas, como método de conservación, con la

finalidad de no perder humedad, y se la traslado al laboratorio de la Universidad de las Américas, Sede Queri LQ5 para las pruebas respectivas.



Figura 9: Máquina rebajadora, propiedad de Tenería “Inca”



Figura 10: Almacenamiento de residuos (viruta) en la planta



Figura 11: Toma de la muestra

1.2.2. Caracterización de las virutas de cuero

Del último montón obtenido por el método de cuarteo, se separó una submuestra de 100 g y se la envió al laboratorio Centro de Soluciones Analíticas Integrales CENTROCESAL Cía, Ltda, para analizar los siguientes parámetros; aceites-grasas, proteína y cromo. CENTROCESAL Cía, Ltda. es un laboratorio de Ensayo Acreditado por el OEA bajo la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 con N° OAE LE C 12-001.

Los procedimientos con sus respectivos métodos se describen a continuación:

1.2.2.1. Determinación de grasas

El contenido de grasas fue determinado por el método AOAC (920,85, 2005) de una muestra de viruta libre de humedad fundamentado por la extracción de grasas con hexanos. Este parámetro es de suma importancia para los fenómenos de difusión durante la hidrólisis del colágeno contenido en las virutas de cuero, pues concentraciones mayores del 3% de grasa en el sustrato

inhiben la reacción, ya que hidrofoban la superficie del mismo (Zambrano, 2011, p. 33). La mezcla obtenida es luego destilada al vacío en un aparato llamado Soxhlet hasta eliminar todo el solvente orgánico; siendo la masa residual la correspondiente a los componentes lipoides solubles en hexano, contenidos en la muestra.

1.2.2.2. Determinación de colágeno

El contenido de colágeno se determinó valorando el nitrógeno total bajo el procedimiento de Kjeldahl obtenido por el método AOAC (984.13, 2005) de una muestra de viruta libre de humedad, así se cuantificó el material proteínico hidrolizable, formado básicamente por colágeno. El laboratorio utilizó el factor 5,7 para transformar el valor obtenido de nitrógeno total a proteína, en concordancia al citado método de análisis.

1.2.2.3. Determinación de cromo total

El contenido de cromo, fue determinado bajo el método EPA 7190 espectrofotometría de absorción atómica (AAS). Aire-Acetileno es una técnica utilizada para la determinación de un gran número de metales, la muestra se aspira en una llama de acetileno, causando la evaporación del disolvente y la vaporización de los átomos metálicos libres, a este proceso se le denomina atomización. La absorbancia se mide con un espectrómetro UV convencional visible dispersivo con detector fotomúltiple.

Con otras submuestras de 100 g se analizó la humedad y tamaño de partícula en el laboratorio de la UDLA, Sede Queri LQ5.

1.2.2.4. Determinación del tamaño de las partículas

A la primera submuestra de 100 g se la sometió a tamizado con tres tipos de malla número 8, 16 y 35. Se estableció el porcentaje de cada tamaño de residuos.

1.2.2.5. Determinación de humedad

Con otra submuestra de 100 g se determinó el contenido de humedad por gravimetría según la metodología establecida por la norma INEN 565, determinación de la humedad del cuero. Las virutas se las sometió a evaporación, en una estufa, a una temperatura de 102°C durante 24 horas o hasta peso constante. Se considera que la masa es constante, cuando dos pesadas no difieran en más de 2 mg, en un intervalo de una hora. Y luego determinar por diferencia entre peso húmedo y seco el contenido de humedad.



Figura 12: Tamizado y secado de las muestras

En el siguiente capítulo se presentan los resultados de la caracterización de la muestra y con el fin de verificar los rangos obtenidos, se los validaron con estudios similares.

1.3. Descurtición

Para establecer cuáles son las mejores condiciones químicas para separar el cromo del colágeno en los residuos sólidos de curtición, previo a implementar el proceso de hidrolizado (obtención de proteína hidrolizada), se ha planteado la siguiente hipótesis.

Hipótesis #1

Que a mayor concentración de ácido sulfúrico, hay mayor extracción de cromo.

Las variables para probar la hipótesis fueron:

1. **Variable dependiente**, concentración de cromo.
2. **Variable Independiente**, concentraciones de H₂SO₄

Para determinar la concentración de H₂SO₄ que mejor extrae el Cr⁺³ de la viruta de curtido, se partió del cálculo estequiométrico en peso de viruta seca e información de humedad y contenido de cromo de la caracterización preliminar de la viruta. El Cr⁺³ es el curtiente principal de las virutas de cuero; y este reacciona con el ácido sulfúrico para formar sulfato de cromo soluble, que es fácil de remover. Los cálculos realizados fueron:

Características del ácido sulfúrico comercial:

Densidad: 1.86 g/ml

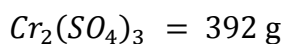
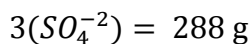
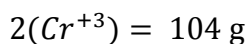
Pureza: 95.68%

1.3.1. Cálculo estequiométrico para la descurtición:

Reacción inicial



Pesos moleculares, respectivamente



Base de cálculo: 100 g de viruta húmeda

% Humedad de la viruta: 57.4%

Peso viruta seca presente en la muestra

$$\text{peso viruta seca} = \text{peso húmedo} - \text{peso húmedo} \times (\text{humedad})$$

$$\text{peso viruta seca} = 100 \times (1 - 0.574) = 42.6 \text{ g de viruta seca}$$

Contenido de cromo presente en 100 g de viruta seca

Para determinar la cantidad de cromo presente en 100 g de viruta seca, se utilizó la información de la caracterización de la viruta húmeda que dió como resultado que en 100 g de viruta húmeda existen 1.7 g de cromo que corresponden a 42.6 g de viruta seca. Por lo tanto en 100 g de viruta seca están presentes 3.99 g Cr.

$$\frac{1.70 \text{ g Cr} \times 100 \text{ g viruta seca}}{42.6 \text{ g viruta seca}} = 3.99 \text{ g Cr}$$

De acuerdo a la reacción estequiométrica inicial, ecuación (4), dos moles de Cr^{+3} (104 g) reaccionan con tres moles de SO_4^{-2} (288 g) para formar una mol de $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ (392 g). Se requiere conocer cuánto de ión sulfato se necesita para

que reaccione con los 3.99 g de cromo que están presentes en 100 g de viruta seca. Para esto se aplica la siguiente relación:

$$\frac{288\text{g } 3(\text{SO}_4^{-2}) \times 3.99\text{ g Cr}}{104\text{ g } 2(\text{Cr}^{+3})} = 11.05\text{ g } (\text{SO}_4^{-2})$$

1.3.2. Determinar la cantidad de H_2SO_4 en masa necesaria para que reaccione con el Cr^{+3} se parte de la siguiente ecuación:



Pesos moleculares, respectivamente

$$2\text{H}^+ = 2\text{ g}$$

$$(\text{SO}_4^{-2}) = 96\text{ g}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 98\text{ g}$$

De acuerdo a la reacción estequiométrica, ecuación (5); 96 g de (SO_4^{-2}) producen 98 g de H_2SO_4 (100% puro), los 11.05 g de (SO_4^{-2}) requeridos para reaccionar con las 3.99 g de Cromo requieren 11.98 g de ácido sulfúrico 100% puro.

$$\frac{98\text{ g H}_2\text{SO}_4 \times 11.05\text{ g } (\text{SO}_4^{-2})}{96\text{ g } (\text{SO}_4^{-2})} = 11.98\text{ H}_2\text{SO}_4\text{ puro}$$

Como se dispone de H_2SO_4 comercial, con una pureza del 95,68% los 11.98 g de H_2SO_4 corresponden a 12.52 g de H_2SO_4 comercial de acuerdo al siguiente cálculo

$$11.98\text{ g H}_2\text{SO}_4\text{ puro} \times \frac{100\text{ g H}_2\text{SO}_4\text{ comercial}}{95.68\text{ g H}_2\text{SO}_4\text{ puro}} = 12.52\text{ g H}_2\text{SO}_4\text{ comercial}$$

Aproximadamente se requiere 13 g de H_2SO_4 comercial para llevar a cabo la reacción con el Cr^{+3} presente en 100 g de viruta seca (es decir el 13%). A partir de este valor se estudiaron 4 concentraciones de ácido sulfúrico correspondientes al: 6.5, 9.5, 13 y 26% en peso utilizadas para separar el Cr^{+3} de la viruta húmeda. Posteriormente por medio de un análisis en el laboratorio CENTROCESAL se determinó la cantidad de Cr^{+3} removido en mg/L en el agua residual para cada una de las concentraciones en estudio.



Figura 13: Descurtición a diferentes concentraciones

1.3.3. Pruebas de descurtición

1.3.3.1. Descurtición y extracción de cromo de las virutas de cuero

Para tratar químicamente las virutas, se las maneja a temperatura ambiente para evitar hidrólisis. Hoinacki y Gutheil (1978, p.108) indican que a temperatura debajo de 20°C la hidrólisis es insignificante para periodos de tiempo relativamente largos. Al iniciar el proceso se llevó una hoja de control ver (Anexo 1).

Cálculos para obtener el volumen necesario para descurtir con 13 g H_2SO_4 comercial por cada 100 g de muestra

Base de cálculo = 100 g de viruta húmeda

% Humedad de la viruta = 57.4%

$$\text{peso viruta seca} = \text{peso húmedo} - \text{peso húmedo} \times (\text{humedad})$$

$$\text{peso viruta seca} = 100 \times (1 - 0.574) = 42.6 \text{ g de viruta seca}$$

$$\frac{42.6 \text{ g(peso viruta seca)} \times 13 \text{ g } H_2SO_4 \text{ comercial}}{100 \text{ g}} = 5.5 \text{ g}$$

$$\text{Volumen} = 5.5 \text{ g} / 1.86 \text{ ml (densidad del } H_2SO_4) = 3 \text{ ml } H_2SO_4$$

Primera etapa: Descurtición

En ésta etapa se usaron 4 vasos de precipitación de 1000 mL con 100 g de viruta húmeda (que contiene 42,6 g de viruta seca), más 522 mL de agua y 3 mL de H_2SO_4 en solución 10:1 (correspondiente al, 13% de H_2SO_4 comercial). Para la agitación se utilizó el equipo de test de Jarras a una velocidad y tiempo de mezcla constantes de 190 rpm y 8 horas.

Segunda etapa: Filtrado

Después de la agitación el contenido reposó 16 horas, se filtraron las muestras en un embudo con papel filtrante de 0.5 μm (Microclar, Argentina) reteniendo la viruta descurtida y separándola del agua con cromo. La viruta descurtida se la utilizó en el siguiente proceso de hidrólisis.

En la figura 12, 13 y 14 se muestran las fotografías de las etapas de descurtición.

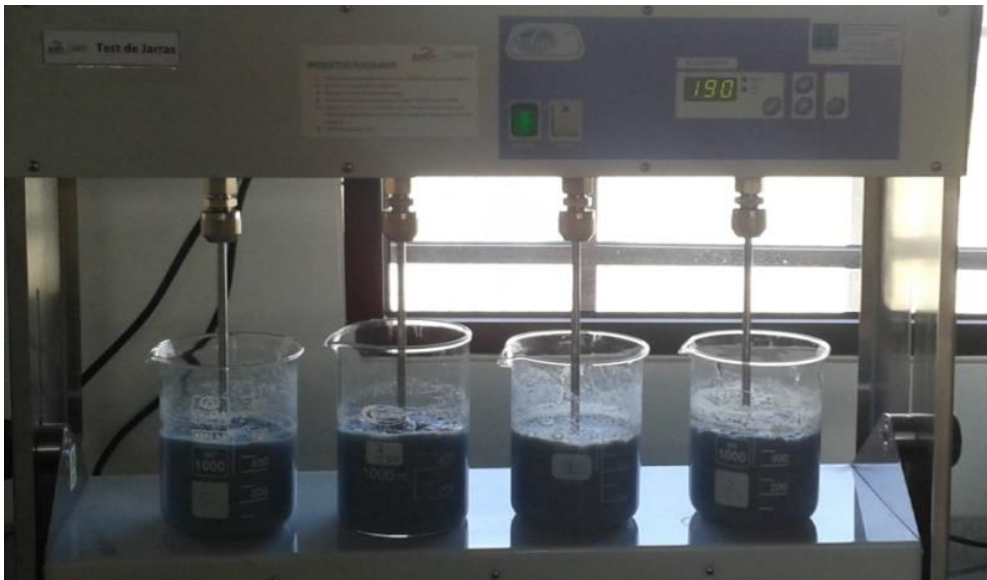


Figura 14: Agitación



Figura 15: Filtrado de la viruta descurtida



Figura 16: Fase sólida: viruta descortada y Fase líquida: agua con cromo

1.4. Hidrólisis alcalina-enzimática

Con la finalidad de determinar qué niveles de los factores empleados tienen mayor incidencia en la recuperación de proteína hidrolizada se utilizó un proceso de hidrólisis alcalina-enzimática del residuo obtenido en la descortación anterior, se partió de la siguiente hipótesis.

Hipótesis #2

El grado de hidrólisis depende del tiempo de reacción alcalina - enzimática y de la concentración de enzima.

Para probar la hipótesis se determinaron las siguientes variables

1. **Variable dependiente**, cantidad de colágeno hidrolizado recuperado.
2. **Variables independientes**, tiempo y concentración de enzima.

Los niveles que tendrán las variables independientes

Concentración de enzima: 3 niveles 3, 4 y 6%.

Tiempo: 6 niveles 2, 4, 5, 7, 8 y 10 horas

Número de repeticiones: 3

Unidades/ pruebas experimentales: 18 tratamientos × 3 repeticiones = 54 unidades experimentales

Tabla 5. Factores con sus respectivos niveles.

Tratamientos	Tiempo Total de reacción NaOH +Enzimas (h)	Repeticiones	Concentración de enzima (%)	Porcentaje de proteína hidrolizada °H (%)
1	2	3	6%	
2	5	3	6%	
3	8	3	6%	
4	2	3	4%	
5	5	3	4%	
6	8	3	4%	
7	2	3	3%	
8	5	3	3%	
9	8	3	3%	
10	4	3	6%	
11	7	3	6%	
12	10	3	6%	
13	4	3	4%	
14	7	3	4%	
15	10	3	4%	
16	4	3	3%	
17	7	3	3%	
18	10	3	3%	

1.4.1. Proceso de hidrólisis

En la última fase de la metodología experimental del presente estudio, se realizó el proceso de hidrólisis alcalina-enzimática a escala laboratorio, en el cual se determinaron las variables antes mencionadas y como constante la temperatura de 60°C.

Para la hidrólisis alcalina-enzimática se utilizaron los siguientes reactivos:

- NaOH en escamas
- Purzym 50, enzima proteolítica en base a pancreatina dispersada en sales inorgánicas

Tabla 6. Propiedades bioquímicas y físicas de Purzym 50

Características	Purzym 50
Apariencia	Polvo blanquecino a beige ligeramente
Contenido de humedad (%)	3.5
pH en solución del producto	6.0
Actividad enzimática (LVE/g):	5000
Actividad enzimática	Compuesta por enzimas proteolíticas (tripsina y pancreática)



Figura 17: Reactor Bach, para hidrólisis alcalina-enzimática

Para determinar el efecto de tiempo de reacción y la concentración de la enzima, se construyó un reactor Bach a escala de laboratorio. Este consistió de dos vasos de precipitación de 500 ml a los cuales se acopló una plancha de calentamiento y dos agitadores axiales que operaban 135 rpm durante el tiempo de la prueba 8 horas (para la agitación se utilizó el equipo de test de jarras). Para mantener la temperatura constante a 60°C se incorporó un aislante térmico alrededor de los vasos.

Para hidrolizar la viruta descurtida se tomó 100 g y se añadió 522 ml de agua más 2 g NaOH diluido en 22 mL de agua destilada (cantidad que corresponde al porcentaje de 5,5% con respecto a la viruta seca). Se procedió a calentar y agitar la viruta, dando inicio a la primera fase de hidrólisis alcalina sin enzima hasta lograr un pH óptimo (de 8 a 9) para que actúe la enzima Purzym 50. A la primera hora de iniciado el proceso de reacción se tomó el pH con tiras indicadoras, para evidenciar si se logró el pH deseado. A las dos horas de agitación se extrajo 200 µL de hidrolizado de proteína con la ayuda de una micropipeta, para determinar la cantidad de aminos libres extraídos solamente con el álcali, mediante el método de microdifusión de Conway. Instantáneamente se colocó la cantidad de enzima Purzym 50 de acuerdo a los tratamientos en estudio (1,16 g, 1,54 g y 2,32 g para las concentraciones de 3, 4 y 6% respectivamente). Luego de colocada la enzima y transcurridos 3 y 6 horas para cada concentración de enzima, se tomó nuevamente muestras de 200 µL y se determinó la cantidad de grupos aminos libres extraídos con álcali más enzima, dando como resultado que el tiempo total de hidrólisis alcalina-enzimática en este estudio, correspondió a 5 y 8 horas respectivamente, con una agitación de 135 rpm y una temperatura constante de 60°C durante toda la reacción.

Para determinar si el tiempo de reacción solo con álcali influye en la concentración de aminos libres extraídos, se procedió a prolongar el tiempo de agitación con NaOH (a la misma concentración anterior) a 4 horas. Posteriormente se colocan las enzimas en las mismas concentraciones y el

mismo tiempo descrito en el párrafo anterior. Aumentándose el tiempo de tratamiento a 7 y 10 horas, según las concentraciones establecidas.

Las pruebas descritas se trabajaron 3 repeticiones para cada una de los tratamientos.

Para establecer si el hidrolizado alcalino enzimático no contenían cromo trivalente, se filtró el hidrolizado obtenido en los tiempos de reacción más larga y se envió al laboratorio CENTROCESAL para determinar la concentración de cromo.



3. CAPÍTULO III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Caracterización de la viruta de cuero

Los resultados obtenidos de la caracterización de la viruta del proceso de curtiembre Tenería “Inca”, realizados en los laboratorios CENTROCESAL de la PUCE y LQ5 de la UDLA fueron los siguientes:

Tabla 7. Resultados de la caracterización de la viruta de la Tenería “Inca”

Parámetro	Método	Unidad	Resultado en base viruta seca	Resultado en base viruta húmeda
Proteína	AOAC 984.13	%	95.67	40.75
Aceites y Grasas	AOAC 920.85	%	1.05	0.44
Cromo (Cr)	EPA 7190	%	3.99	1.70
Humedad	norma INEN 565	%		57.4

Los valores obtenidos de proteínas, aceites y grasas, concentración de cromo y porcentaje de humedad se los comparó con los estudios de Mario Jordán (2011) y de Aracely Zambrano (2001). Porque estos involucraron procesos y objetivos de estudio similares a esta investigación

La caracterización de la viruta de curtiembre realizada por los dos investigadores anteriormente mencionados se indica en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Adaptado de Jordán 2011 (p. 55) reporta los siguientes resultados:

Parámetro	Método	Unidad	Resultado en base viruta seca	Resultado en base viruta húmeda
Proteína	PEE/LAB-CESTTA/104 AOAC/Volumétrico	%	91.55	65.46
Aceites y Grasas	PEE/LAB-CESTTA/102 AOAC/Gravimétrico	%	0.34	0.25
Cromo (Cr)	PEE/LAB-CESTTA/32 EPA Methods N°303E,3111	%	2.57	1.84
Humedad	PEE/LAB-CESTTA/102 AOAC/Gravimétrico	%		28.5

Tabla 9. Adaptado de Zambrano 2001 (p. 113) reporta los siguientes resultados:

Parámetro	Unidad	Resultado en base viruta seca	Resultado en base viruta húmeda
Proteína	%	78.31	36.90
Aceites y Grasas	%	2.29	1.94
Cromo (Cr)	%	4.13	1.88
Humedad	%		54.97

Analizando los estudios de Zambrano y Jordán tabla 8 y 9, se puede determinar que los datos recabados en el presente estudio muestran una mayor concentración de proteína en relación a los estudios en mención lo que

demuestra que se recupera un alto contenido de colágeno, que posteriormente se aprovecha en el proceso de hidrólisis.

Los valores obtenidos por Jordán y Zambrano durante la experimentación presentan porcentajes menores al 3% lo que facilitó la hidrólisis en cada investigación.

Cantera y Bértola (1999, p.6) señalan que normalmente el contenido de humedad de las virutas fluctúa entre 55 y 60%, mientras que Hoinacki y Gutheil (1978, p.140) indican que la cantidad de agua en las pieles previo al rebajado debe ser aproximadamente del 45%. Los resultados recabados tanto por Zambrano como en la investigación realizada, se encuentran en el rango establecido por los autores, a diferencia del estudio de Jordán que trabajó con una viruta más seca.

El contenido de cromo se encuentra en un rango intermedio en relación a los dos estudios comparados, lo que indica que se parte de similares procesos de curtición para todos los estudios.

3.2. Descurtición y extracción de cromo de las virtudes de cuero

3.2.1. Proceso de descurtido

El mejor resultado se obtuvo a una concentración del 13% de H_2SO_4 , removiéndose 1305.88 mg/L de cromo.

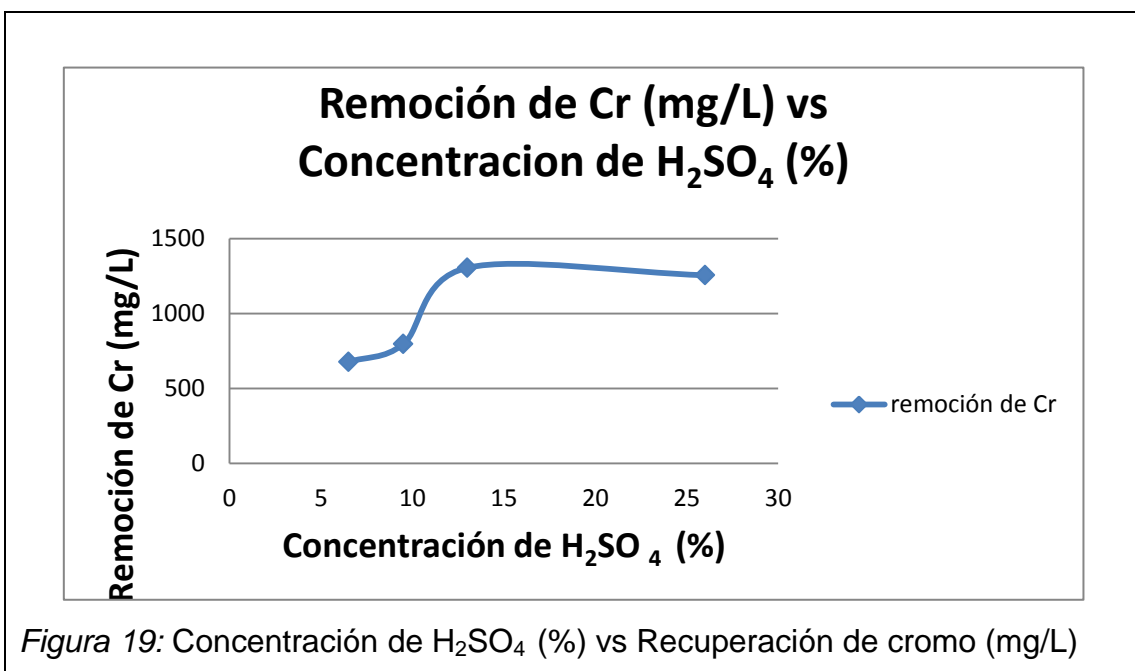
Las concentraciones de 6.5, 9.5 y 26% de H_2SO_4 remueven 677.16, 795.40 y 1255.42 (mg/mL) Cr respectivamente, descartándose las mismas debido a la baja remoción de cromo en relación al mejor tratamiento obtenido que fue del 13% con respecto a la concentración de H_2SO_4 al 26% no se logró los resultados esperados

En la siguiente tabla se observan los resultados de los análisis del laboratorio CENTROCESAL de las concentraciones de H_2SO_4 mencionadas y el total de cromo removido.

Tabla 10. Concentración de H_2SO_4 vs Recuperación de cromo.

Concentración de H_2SO_4 (%)	Remoción de Cr (mg/L)
6.5%	677.16
9.5%	795.40 mg/L
13%	1305.88 mg/L
26%	1255.42 mg/L

En la figura 19 se aprecia la fluctuación de la remoción de cromo según la concentración de ácido sulfúrico empleada.



3.3. Hidrólisis alcalina-enzimática de los residuos sólidos de curtición

3.3.1. Análisis de la muestra

Para realizar el análisis estadístico de la base de datos, se emplearon los programas SPSS (versión 22) y MINITAB (versión 16).

3.3.2. Análisis descriptivo de las variables

Se realizó un resumen estadístico de los valores obtenidos, de acuerdo a los niveles de los factores empleados.

Para el diseño de experimentos se consideraron dos factores: el "tiempo" y la "concentración de enzima" (valores anteriormente indicados).

En la tabla 11 se indican los promedios y la desviación estándar del nivel de porcentaje de proteína obtenidos en la hidrólisis alcalina-enzimática según el (tiempo y concentración de enzima, simultáneamente).

Tabla 11. Promedios y desviaciones estándar del nivel hidrólisis según el (tiempo y la concentración de enzima).

Tiempo (H)	Conc. de enzima (%)	Tratamientos	Repetición 1°H (%)	Repetición 2°H (%)	Repetición 3°H (%)	Promedios	Desv Estandar
2	6	1	1.012	0.675	0.450	0.712	0.231
5	6	2	2.024	2.024	1.743	1.931	0.133
8	6	3	1.856	1.912	3.599	2.456	0.809
2	4	4	0.562	0.562	0.450	0.525	0.053
5	4	5	1.743	1.406	1.181	1.443	0.231
8	4	6	1.743	1.575	2.362	1.893	0.338
2	3	7	0.675	1.046	0.506	0.742	0.226
5	3	8	1.856	1.518	1.462	1.612	0.174
8	3	9	2.137	1.687	0.956	1.593	0.487
4	6	10	0.619	1.012	0.450	0.694	0.236
7	6	11	1.687	1.631	2.756	2.024	0.517

Tiempo (H)	Conc. de enzima (%)	Tratamientos	Repetición 1°H (%)	Repetición 2°H (%)	Repetición 3°H (%)	Promedios	Desv Estandar
10	6	12	1.743	3.262	2.193	2.399	0.637
4	4	13	0.619	0.394	0.562	0.525	0.096
7	4	14	2.306	1.406	1.350	1.687	0.438
10	4	15	1.575	1.800	1.518	1.631	0.121
4	3	16	1.237	0.787	0.562	0.862	0.281
7	3	17	1.631	1.068	2.249	1.650	0.482
10	3	18	2.137	1.237	2.137	1.837	0.424

Se determinó que el mayor porcentaje de proteína hidrolizada es 2.45% la cual corresponde al tratamiento 3, con un tiempo de procesamiento de 8 horas y concentración de enzima del 6%.

Los promedios y las desviaciones estándar del nivel de hidrólisis, según los niveles de los dos factores, se resumen en las siguientes tablas:

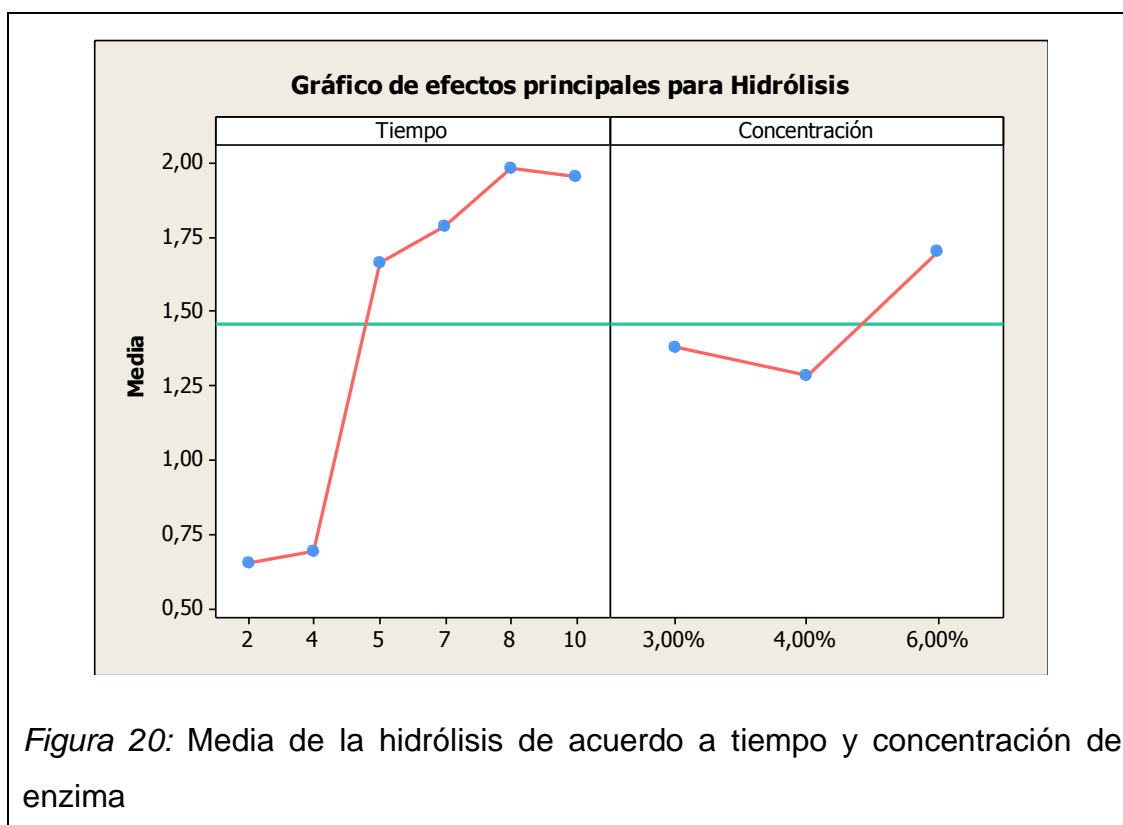
Tabla 12. Promedios y las desviaciones estándar del nivel de hidrólisis según tiempo.

Porcentaje de proteína hidrolizada °H (%) según tiempo (h)			
Tiempo	Media	Desviación estándar	No. observaciones
2	0.65982	0.22487	9
4	0.69356	0.27405	9
5	1.66205	0.28964	9
7	1.78701	0.53995	9
8	1.98071	0.72168	9
10	1.95572	0.58629	9
Total	1.45648	0.72627	54

Tabla 13. Promedios y las desviaciones estándar del nivel de hidrólisis según concentración de enzima.

Porcentaje de proteína hidrolizada °H (%) según nivel de concentración (%)			
Concentración de enzima	Media	Desviación estándar	No. observaciones
3%	1.38275	0.57363	18
4%	1.28403	0.62568	18
6%	1.70266	0.90692	18
Total	1.45648	0.72627	54

La Figura 20. Indica los promedios de hidrólisis, de acuerdo a los niveles que toman las variables es el siguiente:



- En el caso de la variable "tiempo", se aprecia que a medida que el tiempo aumenta, hay un incremento en el nivel de porcentaje de proteína hidrolizada.
- De manera semejante, para la variable "concentración de enzima", se aprecia que cuando se producen un incremento en la misma, existe un mayor porcentaje de proteína hidrolizable.

La veracidad de estas presunciones fueron probadas estadísticamente.

3.3.3. Análisis estadístico

Para determinar qué niveles de los factores empleados tienen incidencia en la recuperación de colágeno en un proceso de hidrólisis alcalina-enzimática de los residuos sólidos de curtición, se utilizó la prueba ANOVA de dos factores para comparar las medias de las medidas de la hidrólisis y determinar si existen diferencias entre las diferentes combinaciones de tiempo (definido por la suma del tiempo de reacción de NaOH + tiempo de reacción con enzima) y las concentraciones de enzima (6, 4 y 3%).

Hipótesis a probar

1. **Hipótesis nula:** Cuando se analizan simultáneamente el tiempo y la concentración de enzima:
 - Todos los "tiempos" producen el mismo grado de hidrólisis.
 - Todos los niveles de "concentración de enzima" producen el mismo grado de hidrólisis.
2. **Hipótesis alternativa:** Cuando se analizan simultáneamente el tiempo y la concentración de enzima:
 - Al menos uno de los tiempos produce un grado de hidrólisis diferente de los otros.

- Al menos uno de los niveles de concentración de enzima produce un grado de hidrólisis diferente de los otros.

Estadístico de prueba. Mediante el programa SPSS, se encontró:

Tabla 14. Análisis ANOVA de dos factores

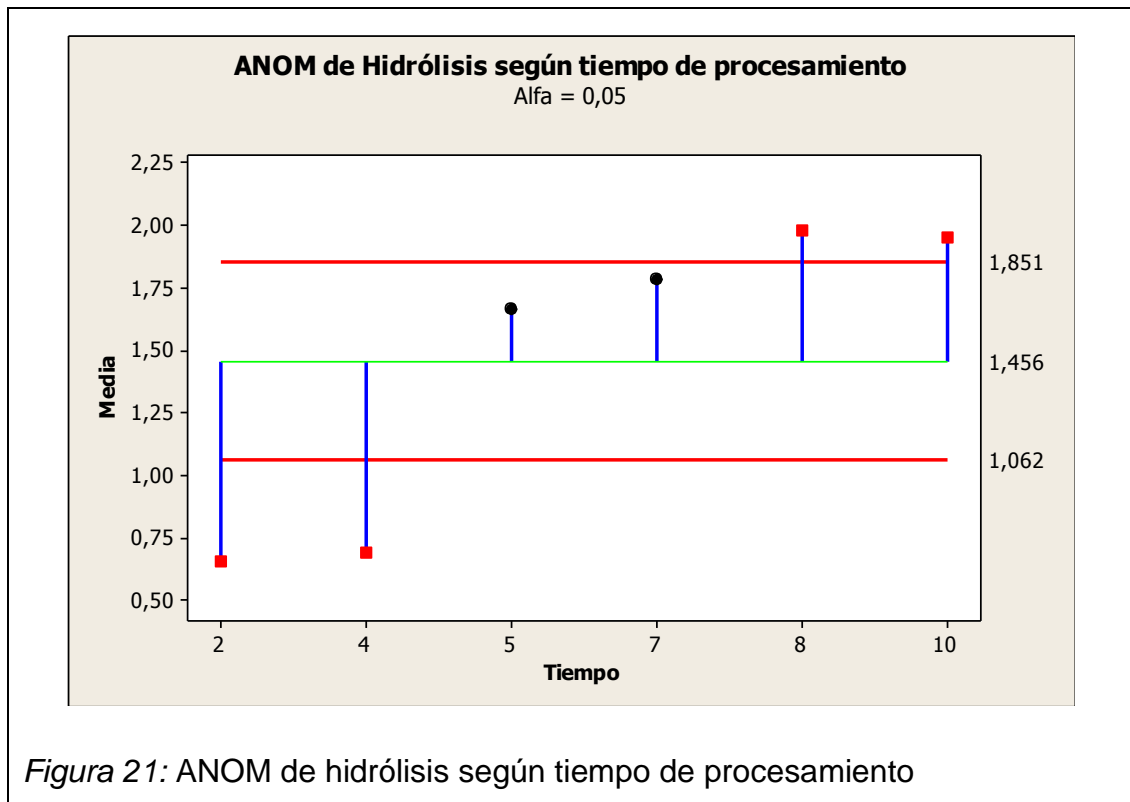
ANOVA de dos factores					
Origen	Suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Tiempo	17.030	5	3.406	17.028	0.000
Concentración de enzima	1.724	2	0.862	4.310	0.019
Error	9.201	46	0.200		
Total	27.9558	54			

Con el análisis de varianza (**ANOVA**) y los resultados de la tabla 14, se determinó que el nivel de porcentaje de proteína hidrolizada depende tanto del tiempo de procesamiento como del nivel de concentración de enzima.

Por lo tanto, para el factor tiempo: Puesto que Sig. = 0.000 < 0.05, aceptamos la hipótesis alternativa.

Para el factor concentración de enzima: Puesto que Sig. = 0.019 < 0.05, aceptamos la hipótesis alternativa.

Para interpretar el sentido de la dependencia del porcentaje de proteína hidrolizada frente a los dos factores experimentales (tiempo y concentración de enzima), se realizó una prueba de Análisis de la Media (**ANOM**) de la hidrólisis respecto a cada uno de los factores.



Se aprecia lo siguiente:

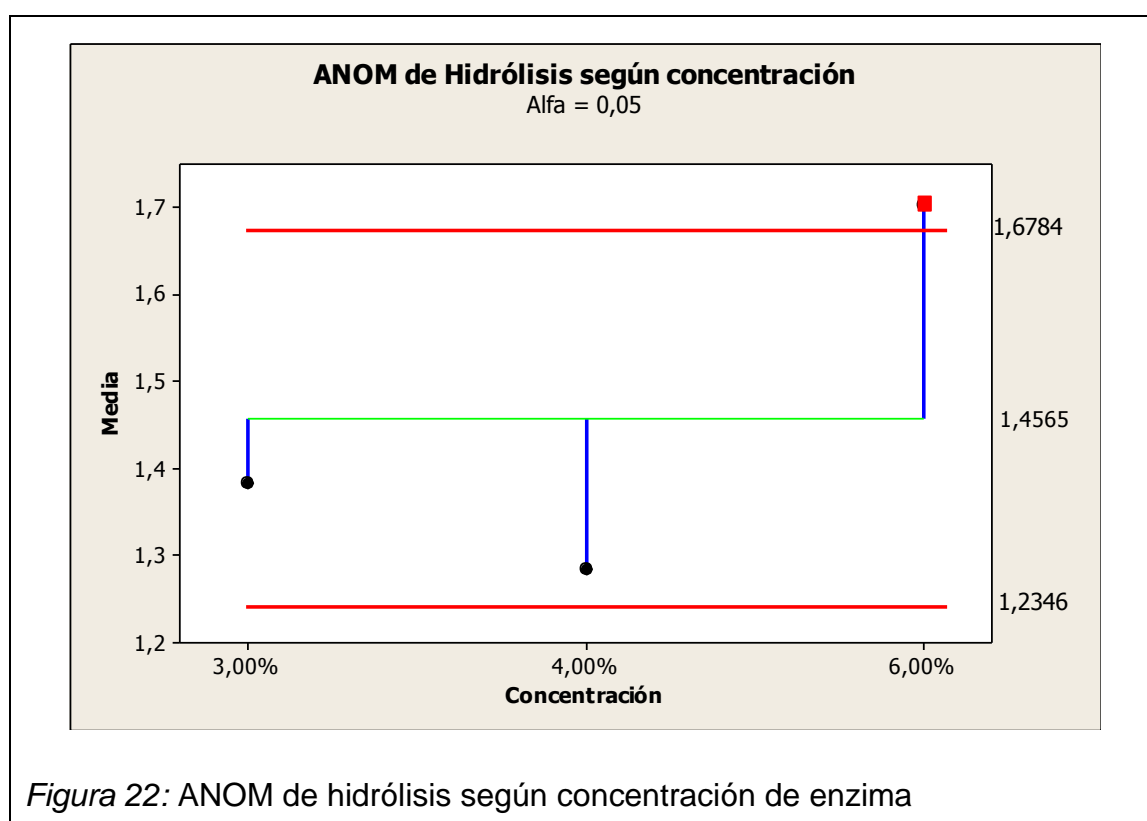
- Para las 2 y 4 horas de tratamiento el nivel de hidrólisis es el mismo, e inferior al que se obtiene con mayor tiempo de procesamiento.
- Para las 5 y las 7 horas el nivel de hidrólisis es el mismo, e inferior al que se obtiene con 8 o 10 horas de procesamiento.
- Para 8 o 10 horas, el nivel de hidrólisis es superior al que se obtuvo anteriormente.

Estas conclusiones se ratifican con el empleo de una prueba de Duncan para detectar diferencias en las medias de los niveles de hidrólisis de acuerdo al número de horas

Tabla 15. Prueba de Duncan

Prueba de Duncan				
		Subconjunto		
Tiempo	N	1	2	3
2	9	0.65982		
4	9	0.69356		
5	9		1.66205	
7	9		1.78701	
8	9			1.98071
10	9			1.95572
Sig.		1.000	0.874	0.659

Prueba de Análisis de la Media (**ANOM**) para interpretar el sentido de la dependencia de la hidrólisis según concentración de enzima.



Se aprecia lo siguiente:

- Para las concentraciones del 3% y del 4% el nivel de hidrólisis es el mismo, e inferior al que se obtiene con 6% de concentración de enzima.

Tabla 16. Prueba de Duncan ratifica lo antes dicho:

Prueba de Duncan			
		Subconjunto	
Concentración de enzima	N	1	2
4%	18	1.28403	
3%	18	1.38275	
6%	18		1.70266
Sig.		0.511	1.000

Construcción de un modelo cualitativo

Una vez que se ha determinado de manera cualitativa que hay dependencia entre el grado de hidrólisis y los factores tiempo y concentración de enzima, es necesario evaluar cuantitativamente esta dependencia, mediante la construcción de un modelo de regresión lineal múltiple que tiene las siguientes características:

Variable dependiente: Porcentaje de proteína hidrolizada

Variables independientes: Tiempo y Concentración de enzima.

Modelo: Lineal aditivo, sin intercepción.

Tabla 17. El modelo de regresión lineal

	Coeficientes	t	Sig.
Tiempo	0.1785	8.035	0.000
Concentración de enzima	9.1437	2.830	0.007

Es decir,

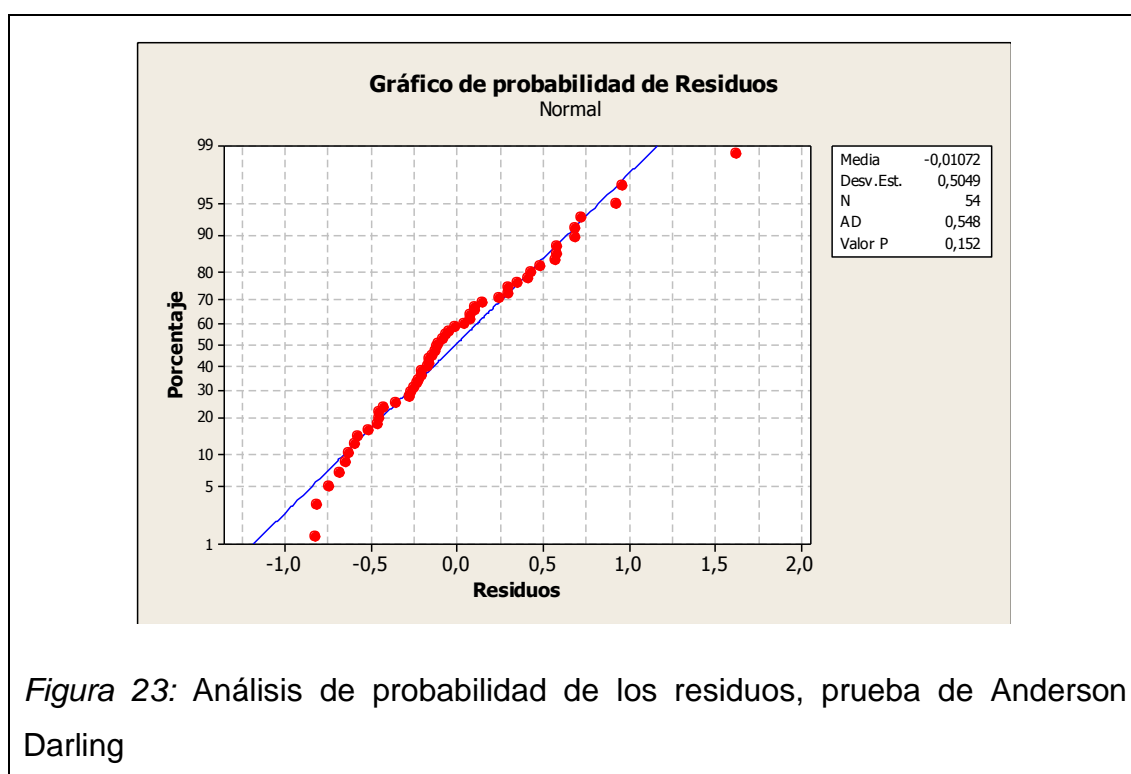
$$\text{Hidrólisis} = 0.1785 (\text{Tiempo}) + 9.1437 (\text{Concentración de enzima}).$$

En los dos casos, el valor de significación (Sig.) es menor que 0.05; es decir, que las dos variables si aportan información para explicar los valores de la hidrólisis.

La interpretación de los coeficientes es:

- Los coeficientes tienen signo positivo; por lo que indican que un incremento en cada una de las variables produce incremento en la hidrólisis.
- Por cada hora adicional de tratamiento, el nivel de hidrólisis aumenta en 0.1785% de proteína hidrolizada.
- Por cada 1% de concentración de enzima adicional, el nivel de hidrólisis aumenta en 0.0914% de proteína hidrolizada.

Respecto a la calidad del modelo, éste tiene un valor del coeficiente de determinación $R^2 = 0.951$. Lo que denota que en el modelo no existe mayor dispersión de datos. Para ratificar lo dicho anteriormente, se realizó un análisis de los residuos, examinándose si estos se ajustan a una ley normal, mediante una prueba de ajuste de Anderson Darling.



Los puntos que representan a los residuos se ajustan a la línea azul, que representa una distribución normal. Adicionalmente, el valor P de la prueba AD

es $p=0.159$; lo que significa que los residuos siguen una ley de probabilidad normal.

Tras realizar todos los procesos mencionados se presentan los resultados de los análisis del laboratorio CENTROCESAL de la concentración de cromo presente en el producto obtenido al final de las pruebas de la hidrólisis alcalina-enzimática.

Tabla 18. Concentración de cromo en las pruebas de hidrólisis alcalina-enzimática en cada tratamiento.

Tratamientos Correspondientes	Concentración de Cr (mg/L)	Concentración de Cr (mg/L)
2.5 y 8 (h) 6%	<0.05	<0.05
2.5 y 8 (h) 4%	0.14	0.15
2.5 y 8 (h) 3%	0.18	0.45
4.7 y 10 (h) 6%	<0.05	<0.05
4.7 y 10 (h) 4%	<0.05	0.08
4.7 y 10 (h) 3%	0.16	0.2

Con los resultados obtenidos (tabla 18) se realizó una prueba (**ANOVA**) de un factor, donde se compara las medias de las concentraciones de cromo, para determinar si existen diferencias en los diferentes tratamientos.

Tabla19. Resultados de la prueba de (**ANOVA**).

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.107741667	5	0.021548333	3.424900662	0.082975986	4.387374187
Dentro de los grupos	0.03775	6	0.006291667			
Total	0.145491667	11				

- **Hipótesis nula:** no hay diferencia entre los tratamientos de hidrólisis en cuanto a la remoción de cromo.
- **Hipótesis alternativa:** existe diferencia entre los tratamientos de hidrólisis en cuanto a la remoción de cromo.

Los resultados de análisis de varianza determinan que se acepta la hipótesis nula, por cuanto P es > 0.05 .

Dicho valor corresponde al proceso de hidrólisis, que no tiene como finalidad remover cromo, puesto que este metal fue removido en un proceso anterior de descurtición y se puede observar que el mejor tratamiento corresponde a la hidrólisis de 8 horas y una concentración de 6% de enzima, obteniéndose como resultado final valores inferiores al 0.05mg/L de Cr que corresponde al rango de detección mínimo del método analítico utilizado.

Si comparamos este valor inferior a 0.05 con el valor establecido por la Unión Europea para productos utilizados en industria alimenticia, que corresponde a un valor 0.10 mg/l (Anexo 4) lo que corrobora que el productor obtenido se encuentra dentro de los límites máximos permitidos indicados en ésta normativa.

4. CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La materia prima con la que se trabajó corresponde a una viruta que es bastante estándar en cuanto a parámetros como: grasas y aceites, porcentajes de proteína, humedad y concentración de cromo, en relación a otros estudios similares realizados en Ecuador. El parámetro con mayor fluctuación es la concentración de cromo ya que son procesos que difieren en cada empresa por el uso de formulaciones y procedimientos propios de cada una.

El mejor porcentaje para descurtir las virutas de cuero, es el determinado estequiometricamente de acuerdo a la cantidad de cromo presente en el residuo, es decir 13%, favoreciendo la remoción de cromo sin desperdiciar H_2SO_4 .

El proceso de descurtido es efectivo para reducir la cantidad de cromo en el producto final del hidrolizado, prácticamente el proceso de hidrólisis alcalina enzimática no tiene incidencia en la cantidad final de cromo que se obtiene.

El proceso óptimo en la hidrólisis alcalina-enzimática corresponde a 8 horas de procesamiento y 6% de enzima con una recuperación de colágeno de 2.45%, lo que demuestra que existe influencia de la concentración de enzima y del tiempo de procesamiento sobre los valores de proteína hidrolizada.

Se concluye que por cada hora adicional de tratamiento y al agregar 1% de concentración de enzima adicional, los niveles de proteína hidrolizada aumentan en porcentajes menores al 1%, lo que significa incrementar costos operacionales sin obtener resultados significativos.

En el proceso óptimo de hidrólisis se logró alcanzar una concentración de cromo menor a 0.05 mg/L, valor que incluso es menor al límite permisible de cromo en alimentos determinado en la normativa de la Unión Europea (anexo 4) por lo que se ha cumplido con el objetivo de obtener un producto prácticamente libre de cromo que puede ser utilizado para diversos fines.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar el estudio con otro tipo de enzima proteolítica como por ejemplo Alcalase[®], bromelina, papaína u otro tipo de enzima de origen bacteriano o natural que tenga la posibilidad de actuar en otros rangos de pH.

Realizar estudios de la reutilización del agua con cromo resultante de la descurtición, con la finalidad de reincorporar ésta solución en el proceso de curtición y recurtición, con un ajuste de pH, así evitar contaminación en efluentes, eliminar costos por gestión de residuos tóxicos y ahorrar costos en la adquisición de insumos.

Llevar este estudio a nivel piloto, en el que se pueda controlar los factores: agitación y temperatura, para determinar las mejores condiciones que permitan llevar este proceso a escala industrial.

Se recomienda realizar estudios para la utilización del hidrolizado obtenido en productos como alimentos, cosméticos o aditivos para biopolímeros.

REFERENCIAS

- Aguilar, A., Echeverría, E., Tamayo, L., Martínez, N., Corral, F., Yépez, J., y Cueva, P. (2001). *Cáncer Gástrico en la Provincia de Tungurahua*. Acta científica ecuatoriana 7 (1) Ambato, Ecuador.
- Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador (ANCE). (s.f.). *Sector productivo de curtiduría*. Recuperado el 24 de marzo de 2015 de http://www.industrias.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/04/BOL_092_2013.pdf
- Baker, D. (s.f.). *Cuero, pieles y calzado; Curtido, acabado en pieles*. Recuperado el 30 de marzo de 2015 de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/88.pdf>
- Benítez, R., Ibarz, I. y Pagan, L. (2008). *Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones*. España Acta Bioquím Clín Latinoam
- Cantera, C. y Bértola, C. (1999). *Valoración de residuos sólidos en la industria del cuero. Hidrolisis de las virutas del cromo aplicación del hidrolizado de colágeno*. Lima, Perú.
- Cantera, C., Greco, C., De Giusti, M. y Bereciartua, P. (1994). *Decroming of shavings*. Recuperado el 30 de marzo de 2015 de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/44673/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Castells, X., García, J., López, M. y Soliva, M. (2009). *Reciclaje de residuos industriales, residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora*. (2.^a ed.). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos
- Centro de Investigación y Tecnología del Cuero (CITEC). (s.f.) proceso de curtido. Suiza, Génova. Recuperado el 19 de mayo de 2015 de <http://www.intracen.org/leather-portals/paso-paso/>
- Chávez, A. (2010). *Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín
- Cuberos, E., Rodríguez, A. y Prieto, E. (2009). *Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres*

- en Bogotá, Colombia. Departamento de Toxicología, Departamento de Salud Pública. Universidad Nacional de Bogotá, Colombia.
- Cuero Net. (s.f.). *Comunidad de la industria del cuero*. Recuperado el 2 de Junio de 2015 de http://www.cueronet.com/tecnica/div_superficie.htm
- Curtiembre Renaciente. (s.f.). *Reseña Histórica*. Recuperado el 23 de marzo de 2015 de http://www.renaciente.com/renaciente/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=18
- Flores, H., Retamar, J., Orué, S., Lacoste, A. y Prez, L. (s.f.). *Virutas de cuero obtención de un adhesivo como sustituto de materiales ureicos*. Santa Fe, Argentina. Recuperado el 5 de mayo de 2015 de http://www.aaiq.org.ar/SCongresos/docs/04_025/papers/07e/07e_1431_681.pdf
- Flores, J., Caballero, C. y Moreira, M. (2008). *Una interpretación aproximativa del concepto de Hidrólisis en estructuras peptídicas en un Curso de Bioquímica del IPC en el contexto de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud*. Caracas, España, Brasil.
- Frankel, A. (1989). *Tecnología del cuero*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Albatros.
- Guadix, A., Guadix, E., Páez, M., González, P. y Camacho, F. (2000). *Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas*. Granada, España. Recuperado el 10 de mayo de 2015 de <http://farmacia.ugr.es/ars/pdf/183.pdf>
- Hernández, M., Carvajal, C., Márquez, M. y Chávez, M. (2004). *Aislamiento de enzimas proteolíticas a partir de restos de cosecha de piña*. Cultivos Tropicales, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba.
- Hoinacki, E y Gutheil, C. (1978). *Pieles y cueros, orígenes, defectos, industrialización*. CIENTEC CTCCA. Novo Hamburgo, Brasil.
- Jiang, T., Zhang, C. y Qin, F. (2000). *Reclamation treatment of the chrome leather scarp*. Journal of environmental sciences. Recuperado el 8 de mayo de 2015 de http://www.jesc.ac.cn/jesc_cn/ch/reader/create_pdf.aspx?file_no=20000321

- Jordán, M. (2011). *Obtención de colágeno por hidrólisis alcalina-enzimática del residuo de Wet Blue en el proceso de curtición*. Riobamba, Ecuador.
- Lizarbe, M. (s.f.). *El colágeno, ¿Un cemento biológico que mantiene la arquitectura y plasticidad tisular?*. Recuperado el 4 de marzo de 2015 de <http://www.rac.es/ficheros/doc/00370.pdf>
- Luque, M. (s.f.). *Estructura y propiedades de las proteínas*. Recuperado el 4 de marzo de 2015 de http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf
- Merino, G. (2006). *Plan de manejo de residuos sólidos en cinco empresas del parque industrial Ambato*. Ambato, Ecuador.
- Merino, J., Noriega, M. (2011) *Fisiología general*. Universidad de Cantabria. Recuperado el 4 de marzo de 2015 de <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/fisiologia-general/materiales-de-clase-1/tema-1.-introduccion-al-estudio-de-la-fisiologia/Tema%20B-Bloque%20I-Enzimas.pdf>
- Merizalde, J. y Mujica, C. (2004). *Valorización lodos de curtiembres*. Recuperado el 28 de abril de 2015 de
- Ministerio de Industria y Productividad del Ecuador (MIPRO). (s.f.). *Sector curtiembre creció*. Recuperado el 15 de marzo de 2015 de <http://www.industrias.gob.ec/b092-sector-curtiembrecrecio-un-86-entre-2011-y-2012/>
- Muñoz, M. e Hidalgo, D. (2002). *Tratamientos primarios de los efluentes de pelambre y curtido*. Quito – Ecuador.
- Pinedo, R. (2012). *Impactos ambientales generados por la curtiembre D-LEYSE en el distrito el porvenir, Provincia Trujillo, región la libertad*. Tingo María, Perú.
- Prockop, J., y Guzmán, A. (1981). *Educación Médica Continuada: El colágeno*. Health Science Center. Texas, USA. Recuperado el 4 de marzo de 2015 de <http://www.oc.lm.ehu.es/Fundamentos/fundamentos/articulos/Art%C3%ADculos/CL002.pdf>
- Sakurai, K. (2000). *Método sencillo del análisis de residuos sólidos. Asesor Regional en Residuos Sólidos CEPIS/OPS*. Recuperado el 2 de febrero de 2015 de <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017>

.html#1701

Salvador, C. (2013). *Historia de la Industria Curtidora Argentina*. (1.^aed.). Buenos Aires, Argentina.

Schneider, A. (2008) *Aglomerado de virutas de cuero propiedades térmicas y mecánicas*. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica

Zambrano, M. (2001). *Recuperación de los residuos sólidos de post- curtiembre para la obtención de un recurtiente proteínico*. Quito, Ecuador.

ANEXOS

Anexo 2. Método de microdifusión de aminos libres, Celda de Conway

Mediante éste método se determinan los grupos amino libres (NH_2 libre), el mismo que no sufre interferencia ante la presencia de cromo en las muestras analizadas.

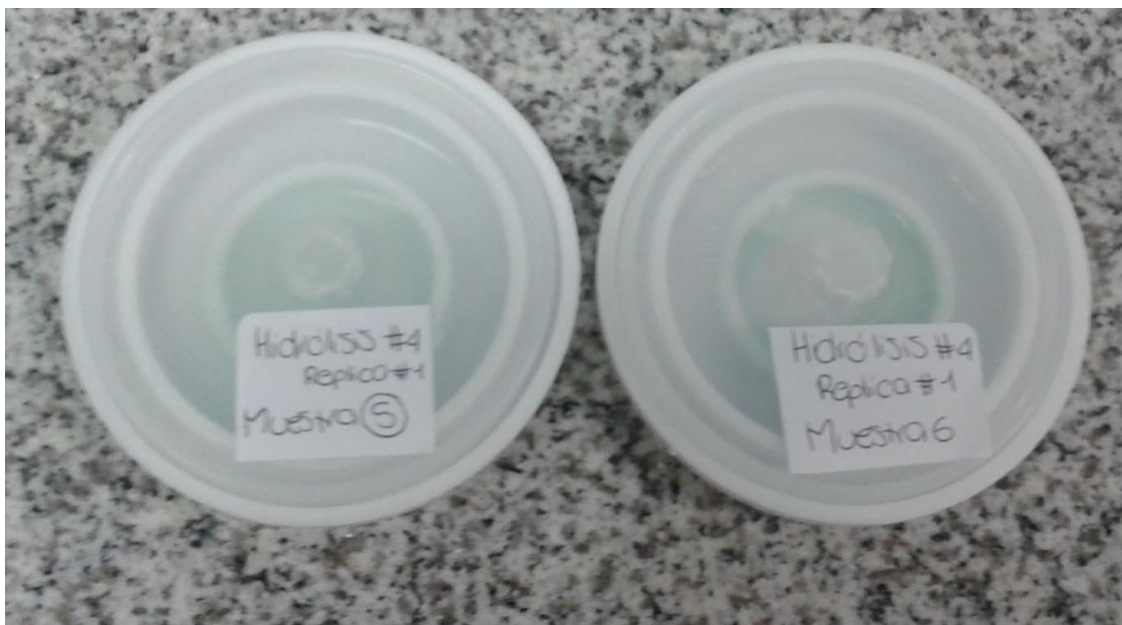
Este método de microdifusión se basa en la determinación del amoniaco liberado por las aminos primarias, las cuales son tratadas con una solución concentrada de hidróxido de potasio (KOH al 50%).

La reacción produce amoniaco libre. El amoniaco liberado por la reacción, es capturado en una solución de ácido bórico con un indicador mixto de verde de bromocresol y rojo de metileno. Luego de dos o tres horas, la solución de ácido bórico, que tiene color verde, es titulada con una solución de ácido clorhídrico (HCL, 0,01N).

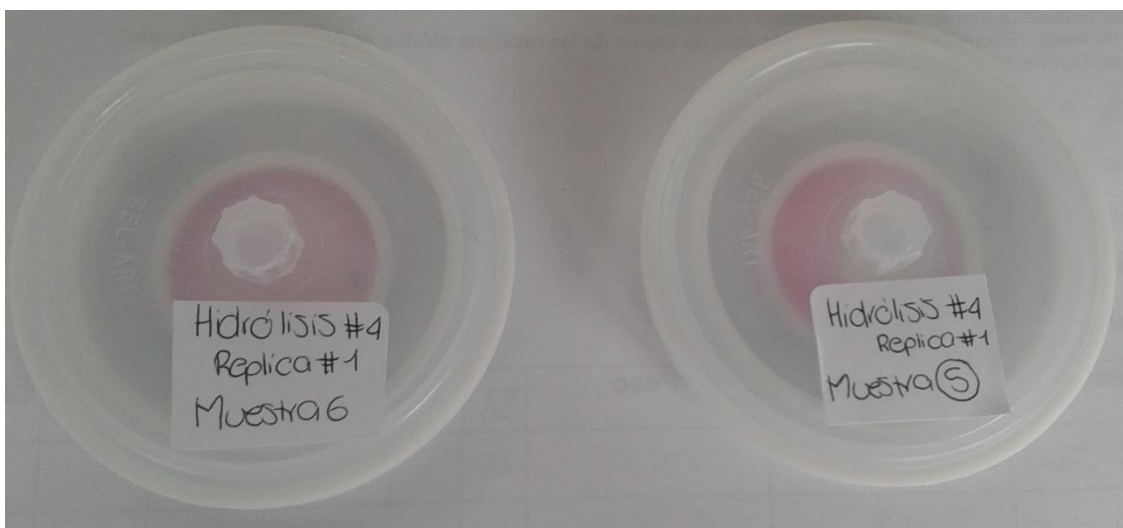
La concentración de los grupos amino libres es determinada a partir de la siguiente relación:

$$1\text{ml HCl } 0,001 = 0,16009 \text{ mg NH}_2$$

Anexo 3. Celdas de Conway



Celda de Conway, con muestra.



Celda de Conway, titulación con HCL de la muestra.

Anexo 4. Metales pesados, revisión agosto 2014, Unión Europea. Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios

CROMO

ALIMENTO	TOLERANCIA EN PPM
Cualquier alimento	0,10

ESTAÑO

ALIMENTO	TOLERANCIA EN PPM
Zumos de frutas cítricas (enlatados)	150
Otros alimentos	250


MERCURIO

ALIMENTO	TOLERANCIA EN PPM
Pescados y productos de la pesca (salvo predadores)	0,50
Pescados predadores	1
Cualquier otro alimento	0,01

NIQUEL

ALIMENTO	TOLERANCIA EN PPM
Bebidas alcohólicas fermentadas	0,10
Bebidas alcohólicas fermento-destiladas	3
Refrescos	0,10
Zumos de frutas y jarabes naturales	3
Productos hidrogenados	4
Otros alimentos	5

Anexo 5. Documento de CENTROCESAL que certifica que todos los análisis de caracterización de la muestra, concentraciones de cromo en solución y concentración de cromo en los hidrolizados de colágeno son verídicos ya que fueron analizados por el laboratorio acreditado.



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 15533-01-17-07-15-Q


Empresa: **REYES MENA NICOLAS ANDRES**
 Nombre de representante: **Claudia Reyes**
 Dirección: **Granda Centeno**
 Teléfono: **2275720** FAX:
 Identificación de la muestra: **VIRUTA DE CUERO SECA**
 Descripción de la muestra: **Sólido heterogéneo de color azul**
 Contenido declarado: **40g**
 No. de Lote o código: **ND**
 Fecha de elaboración: **ND** Fecha de caducidad: **ND**

Muestreo: **Por el cliente** Fecha de toma de muestra: **ND**
 Fecha de recepción: **17-jul.-2015**
 Fecha de ensayo: **21-23-jul-2015**
 Fecha de reporte: **27-jul.-2015**


Resultados analíticos: Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Proteína	AOAC 984.13	g/100g	95.67
Aceites y Grasas	AOAC 920.85	g/100g	1.05

Ing. Evelyn Orbe
CENTROCESAL Cia. Ltda.




Responsable de Análisis




CENTROCESAL Cia. Ltda.

B.Q.F. Raquel Rosas R.
CENTROCESAL Cia. Ltda.



Responsable de Supervisión

Notas:
 ND: No declara
 NA: No aplica



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 15533-02-17-07-15-Q

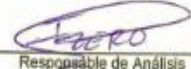
Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
Nombre de representante: Claudia Reyes
Dirección: Granda Centeno
Teléfono: 2275720 FAX:
Identificación de la muestra: VIRUTA DE CUERO HUMEDA
Descripción de la muestra: Polvo irregular color azul
Contenido declarado: 40g
No. de Lote o código: ND
Fecha de elaboración: ND Fecha de caducidad: ND

Muestreo: Por el cliente Fecha de toma de muestra: ND
Fecha de recepción: 17-jul-2015
Fecha de ensayo: 23-jul-2015
Fecha de reporte: 24-jul-2015


Resultados analíticos: Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	EPA 7190	g/100g	1.70

Ing. Juan Pablo Rosero
CENTROCESAL Cia. Ltda.




Responsable de Análisis



CENTROCESAL Cia. Ltda.

BQ.F. Raquel Rosas R.
CENTROCESAL Cia. Ltda.



Responsable de Supervisión

Notas:
 ND: No declara
 NA: No aplica



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 15856-01-24-08-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
 Nombre de representante: Claudia Reyes
 Dirección: Granda Centeno
 Teléfono: 2275720
 Identificación de la muestra: ÁCIDO SULFÚRICO 6.6%
 Descripción de la muestra: Líquido transparente color azul
 Contenido declarado: 50mL
 No. de Lote o código: ND
 Fecha de elaboración: ND

FAX:

Fecha de caducidad: ND

Muestreo: Por el cliente

Fecha de toma de muestra: ND

Fecha de recepción: 24-ago-2015

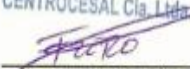
Fecha de ensayo: 25-ago-2015

Fecha de reporte: 26-ago-2015

Resultados analíticos:

Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	677.16

Ing. Juan Pablo Rosero
CENTROCESAL Cia. Ltda.

Responsable de Análisis



CENTROCESAL Cia. Ltda.

BQ.F Raquel Rosas R.
CENTROCESAL Cia. Ltda.

Responsable de Supervisión

Notas:
ND: No declara
NA: No aplica



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cía. Ltda.

AREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 17040-01-27-01-16-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
Nombre de representante: Claudia Reyes
Dirección: Granda Centeno
Teléfono: 2275720 **FAX:**
Identificación de la muestra: 9.5 DE ÁCIDO SULFÚRICO
Descripción de la muestra: Líquido ligeramente turbio de color azul
Contenido declarado: 60mL
No. de Lote o código: ND
Fecha de elaboración: ND **Fecha de caducidad:** ND

Muestreo: Por el cliente **Fecha de toma de muestra:** ND
Fecha de recepción: 27-ene-2016
Fecha de ensayo: 02-feb-16
Fecha de reporte: 03-feb-16

Resultados analíticos:

Pag.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno Absorción Atómica	mg/L	795.40

Dr. Carlos López M.
CENTROCESAL Cía. Ltda.
 Responsable de Análisis



BQ.F. Raquel Rosas R.
CENTROCESAL Cía. Ltda.
 Responsable de Supervisión



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cía. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 15856-03-24-08-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
 Nombre de representante: Claudia Reyes
 Dirección: Granda Centeno
 Teléfono: 2275720 FAX:
 Identificación de la muestra: ÁCIDO SULFÚRICO 13%
 Descripción de la muestra: Líquido transparente color azul
 Contenido declarado: 50mL
 No. de Lote o código: ND
 Fecha de elaboración: ND Fecha de caducidad: ND

Muestreo: Por el cliente Fecha de toma de muestra: ND
 Fecha de recepción: 24-ago-2015
 Fecha de ensayo: 25-ago-2015
 Fecha de reporte: 26-ago-2015

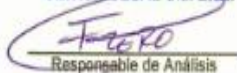
Resultados analíticos:

Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	1305.88

→ 13%


Ing. Juan Pablo Rosero
CENTROCESAL Cía. Ltda.


Responsable de Análisis



CENTROCESAL Cía. Ltda.

BQ.F. Raquel Rosas R.
CENTROCESAL Cía. Ltda.


Responsable de Supervisión

Notas:
ND: No declara
NA: No aplica



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.**

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16377-02-23-10-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES

Nombre de representante: Claudia Reyes

Dirección: Granda Centeno

Teléfono: 2275720 **FAX:**

Identificación de la muestra: HIDRÓLISIS #1 M6

Descripción de la muestra: Líquido incoloro transparente

Contenido declarado: 10mL

No. de Lote o código: ND

Fecha de elaboración: ND **Fecha de caducidad:** ND

Muestreo: Por el cliente **Fecha de toma de muestra:** ND

Fecha de recepción: 23-oct-2015

Fecha de ensayo: 29-oct-2015

Fecha de reporte: 30-oct-2015

Resultados analíticos:

Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	<0.05*

* Límite de cuantificación



Dr. Carlos López M.
Director de Calidad
CENTROCESAL Cia. Ltda.
Responsable de Análisis

Q.F Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cia. Ltda.
Andrea Cumba
Responsable de Supervisión

Notas:
ND: No declara



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16246-01-07-10-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
Nombre de representante: Claudia Reyes
Dirección: Granda Centeno
Teléfono: 2275720 **FAX:**
Identificación de la muestra: HIDRÓLISIS #6 M4
Descripción de la muestra: Líquido incoloro transparente
Contenido declarado: 10mL
No. de Lote o código: ND
Fecha de elaboración: ND **Fecha de caducidad:** ND

Muestreo: Por el cliente **Fecha de toma de muestra:** ND
Fecha de recepción: 7-oct-2015
Fecha de ensayo: 19-oct-2015
Fecha de reporte: 21-oct-2015

Resultados analíticos:

Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	<0.05*

* Límite de cuantificación



Dr. Carlos López M.
Director de Calidad
CENTROCESAL Cia. Ltda.

Responsable de Análisis

Q.F Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cia. Ltda.

Responsable de Supervisión

Notas:
ND: No declara
NA: No aplica



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.**

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16377-01-23-10-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
Nombre de representante: Claudia Reyes
Dirección: Granda Centeno
Teléfono: 2275720 **FAX:**
Identificación de la muestra: HIDRÓLISIS #1 M5
Descripción de la muestra: Líquido incoloro transparente
Contenido declarado: 10mL
No. de Lote o código: ND
Fecha de elaboración: ND **Fecha de caducidad:** ND

Muestreo: Por el cliente **Fecha de toma de muestra:** ND
Fecha de recepción: 23-oct-2015
Fecha de ensayo: 29-oct-2015
Fecha de reporte: 30-oct-2015

Resultados analíticos: Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	0.14



Dr. Carlos López M.
 Director de Calidad
 CENTROCESAL Cia. Ltda.
 Responsable de Análisis

Q.F. Andrea Cumba A.
 CENTROCESAL Cia. Ltda.
 Responsable de Supervisión

Notas:
 ND: No declara
 NA: No aplica



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cía. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16211-02-02-10-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
Nombre de representante: Claudia Reyes
Dirección: Granda Centeno
Teléfono: 2275720 **FAX:**
Identificación de la muestra: HIDRÓLISIS #3 MUESTRA 4
Descripción de la muestra: Líquido incoloro transparente
Contenido declarado: 10mL
No. de Lote o código: ND
Fecha de elaboración: ND **Fecha de caducidad:** ND
Muestreo: Por el cliente **Fecha de toma de muestra:** ND
Fecha de recepción: 2-oct-2015
Fecha de ensayo: 19-oct-2015
Fecha de reporte: 21-oct-2015

Resultados analíticos:

Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	0.18



Dr. Carlos López M.
Director de Calidad
CENTROCESAL Cía. Ltda.

Responsable de Análisis

Q.F Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cía. Ltda.

Responsable de Supervisión

Notas:



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cía. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16377-05-23-10-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
Nombre de representante: Claudia Reyes
Dirección: Granda Centeno
Teléfono: 2275720 **FAX:**
Identificación de la muestra: HIDRÓLISIS #3 M3
Descripción de la muestra: Líquido incoloro transparente
Contenido declarado: 10mL
No. de Lote o código: ND
Fecha de elaboración: ND **Fecha de caducidad:** ND

Muestreo: Por el cliente **Fecha de toma de muestra:** ND
Fecha de recepción: 23-oct-2015
Fecha de ensayo: 29-oct-2015
Fecha de reporte: 30-oct-2015

Resultados analíticos:

Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	0.45

Dr. Carlos López M.
Director de Calidad
CENTROCESAL Cía. Ltda.

Responsable de Análisis



Q.F Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cía. Ltda.

Responsable de Supervisión

Notas:
 ND: No declara
 NA: No aplica



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.**

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16211-01-02-10-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES

Nombre de representante: Claudia Reyes

Dirección: Granda Centeno

Teléfono: 2275720 **FAX:**

Identificación de la muestra: HIDRÓLISIS #3 MUESTRA 3

Descripción de la muestra: Líquido incoloro transparente

Contenido declarado: 10mL

No. de Lote o código: ND

Fecha de elaboración: ND **Fecha de caducidad:** ND

Muestreo: Por el cliente **Fecha de toma de muestra:** ND

Fecha de recepción: 2-oct-2015

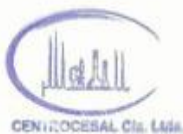
Fecha de ensayo: 19-oct-2015

Fecha de reporte: 21-oct-2015

Resultados analíticos: Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	<0.05*

* Límite de cuantificación



Dr. Carlos López M.
Director de Calidad
CENTROCESAL Cia. Ltda.

Responsable de Análisis

Q.F. Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cia. Ltda.

Responsable de Supervisión

Notas:
ND: No declara
NA: No aplica



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cía. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16377-03-23-10-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
Nombre de representante: Claudia Reyes
Dirección: Granda Centeno
Teléfono: 2275720 **FAX:**
Identificación de la muestra: HIDRÓLISIS #2 M1
Descripción de la muestra: Líquido incoloro transparente
Contenido declarado: 10mL
No. de Lote o código: ND
Fecha de elaboración: ND **Fecha de caducidad:** ND

Muestreo: Por el cliente **Fecha de toma de muestra:** ND
Fecha de recepción: 23-oct-2015
Fecha de ensayo: 29-oct-2015
Fecha de reporte: 30-oct-2015

Resultados analíticos: Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	<0.05*

* Límite de cuantificación

Dr. Carlos López M.
Director de Calidad
CENTROCESAL Cía. Ltda.
Responsable de Análisis



Q.F. Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cía. Ltda.
Responsable de Supervisión

Notas:
ND: No declara



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16246-02-07-10-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
 Nombre de representante: Claudia Reyes
 Dirección: Granda Centeno
 Teléfono: 2275720 FAX:
 Identificación de la muestra: HIDRÓLISIS #6 M3
 Descripción de la muestra: Líquido incoloro transparente
 Contenido declarado: 10mL
 No. de Lote o código: ND
 Fecha de elaboración: ND Fecha de caducidad: ND
 Muestreo: Por el cliente Fecha de toma de muestra: ND
 Fecha de recepción: 7-oct-2015
 Fecha de ensayo: 19-oct-2015
 Fecha de reporte: 21-oct-2015

Resultados analíticos:

Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	<0.05*

* Límite de cuantificación

Dr. Carlos López M.
Director de Calidad
CENTROCESAL Cia. Ltda.
Responsable de Análisis



Q.F Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cia. Ltda.
Responsable de Supervisión

Notas:
ND: No declara
NA: No aplica



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16377-04-23-10-15-Q

Empresa:	REYES MENA NICOLAS ANDRES	
Nombre de representante:	Claudia Reyes	
Dirección:	Granda Centeno	
Teléfono:	2275720	FAX:
Identificación de la muestra:	HIDRÓLISIS #2 M2	
Descripción de la muestra:	Líquido incoloro transparente	
Contenido declarado:	10mL	
No. de Lote o código:	ND	
Fecha de elaboración:	ND	Fecha de caducidad: ND
Muestreo:	Por el cliente	Fecha de toma de muestra: ND
		Fecha de recepción: 23-oct-2015
		Fecha de ensayo: 29-oct-2015
		Fecha de reporte: 30-oct-2015

Resultados analíticos:

Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	0.08



Dr. Carlos López M.
Directo de Calidad
CENTROCESAL Cia. Ltda.
Responsable de Análisis

Q.F Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cia. Ltda.
Andrea Cumba
Responsable de Supervisión

Notas:
ND: No declara
NA: No aplica



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.**

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16377-06-23-10-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
Nombre de representante: Claudia Reyes
Dirección: Granda Centeno
Teléfono: 2275720 **FAX:**
Identificación de la muestra: HIDRÓLISIS #3 M4
Descripción de la muestra: Líquido incoloro transparente
Contenido declarado: 10mL
No. de Lote o código: ND
Fecha de elaboración: ND

Fecha de caducidad: ND

Muestreo: Por el cliente

Fecha de toma de muestra: ND

Fecha de recepción: 23-oct-2015

Fecha de ensayo: 29-oct-2015

Fecha de reporte: 30-oct-2015

Resultados analíticos:

Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	0.16

Dr. Carolina López M.
 Directora de Calidad
 CENTROCESAL CIA. LTDA.

Responsable de Análisis



CENTROCESAL Cia. Ltda.

Q.F Andrea Cumba A.
 CENTROCESAL Cia. Ltda.

Andrea Cumba
 Responsable de Supervisión

Notas:

ND: No declara

NA: No aplica



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cia. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 16302-04-14-10-15-Q

Empresa: REYES MENA NICOLAS ANDRES
Nombre de representante: Claudia Reyes
Dirección: Granda Centeno
Teléfono: 2275720 **FAX:**
Identificación de la muestra: HIDRÓLISIS #7 M5
Descripción de la muestra: Líquido incoloro transparente
Contenido declarado: 10mL
No. de Lote o código: ND
Fecha de elaboración: ND **Fecha de caducidad:** ND

Muestreo: Por el cliente **Fecha de toma de muestra:** ND
Fecha de recepción: 14-oct-2015
Fecha de ensayo: 19-oct-2015
Fecha de reporte: 21-oct-2015

Resultados analíticos: Pág.: 1 de 1

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Cromo (Cr)	Interno absorción atómica	mg/L	0.20

Dr. Carlos López M.
Director de Calidad
CENTROCESAL Cia. Ltda.

Responsable de Análisis



Q.F Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cia. Ltda.

Responsable de Supervisión