

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



Escuela Profesional de Ingeniería Química

“EFECTO DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN Y TIPO DE SOLVENTE EN EL RENDIMIENTO DE TANINOS DE LA SEMILLA DE MANGO CRIOLLO (*Mangifera indica* L.) Y SU APLICACIÓN EN EL CURTIDO DE PIELES”

Tesis

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

AUTOR: Bach. Doris Elizabeth Correa Ramirez

Asesora: Dra. Blanca Margarita Romero Guzmán

Lambayeque

2019

“EFECTO DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN Y TIPO DE SOLVENTE EN EL RENDIMIENTO DE TANINOS DE LA SEMILLA DE MANGO CRIOLLO (Mangifera indica L.) Y SU APLICACIÓN EN EL CURTIDO DE PIELES”

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

POR

DORIS ELIZABETH CORREA RAMIREZ

**Sustentado y aprobado ante
el siguiente jurado**

**M.Sc. Juan Carlos Díaz Visitación
Presidente**

**M.Sc. Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno
Secretario**

**M.Sc. Miguel Ángel Arriaga Delgado
Vocal**

**Dra. Blanca Margarita Romero Guzmán
Asesora**

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios que en todo momento estuvo acompañándome en el desarrollo de esta investigación, por la sabiduría, la fe, el compromiso y así tener la satisfacción de ver realizado mis objetivos.

A mis padres que me han dado todo su esfuerzo y apoyo para poder culminar esta etapa de mi vida; a mi novio por apoyarme en todos los momentos difíciles y poder ser una gran profesional.

A la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la UNPRG y al técnico Sr. Floriano que durante el período de esta investigación tuvo la disposición y el apoyo en facilitarme el uso de instrumentos y equipos del laboratorio de fisicoquímica.

A mi Asesora DOCTORA BLANCA MARGARITA ROMERO GUZMÁN por la orientación técnica y profesional que me brindó para realizar esta tesis y que me permitió aprender mucho más de lo estudiado.

Finalmente, a todas aquellas personas que siempre me brindaron su apoyo incondicional para que se haga realidad esta tesis.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. El mango en el Perú	5
2.2. Mango criollo.....	6
2.2.1. Descripción botánica	7
2.3. Compuestos fenólicos	8
2.4. Taninos	9
2.4.1. Propiedades	9
2.4.2. Clasificación.....	10
2.4.2.1. Taninos Hidrolizables.....	10
2.4.2.2. Taninos Condensados.....	11
2.4.3. Ácido tánico	11
2.4.4. Aplicación de los taninos	12
2.5. Proceso de curtiembre	13
2.5.1. Curtido de pieles.....	13
2.5.1.1. Curtido mineral y sintético	13
2.5.1.2. Curtido vegetal	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Población y muestra	15
3.2. Materiales, equipos y reactivos	15
3.3. Métodos.....	17
3.4. Análisis físico.....	17
3.4.1. Preparación de la muestra	17
3.4.2. Análisis químico proximal de la semilla (endocarpio y almendra)	17
3.4.3. Identificación de taninos	17
3.4.4. Cuantificación de taninos	17
3.4.5. Curtido de piel de ganado vacuno.....	19

IV. RESULTADOS	23
4.1. Análisis físico	23
4.2. Análisis químico de la semilla de mango criollo de Chulucanas	23
4.3. Taninos: Identificación cualitativa	24
4.4. Taninos: Cuantificación	24
4.5. Análisis Estadístico	27
4.6. Proceso de curtido	30
4.6.1. Taninos para curtiembre	30
4.6.2. Etapas	31
V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIONES.....	34
VII. RECOMENDACIONES	35
VIII. BIBLIOGRAFÍA	36
IX. ANEXOS	39
9.1. Determinación de los pesos del mango criollo	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mango criollo de Chulucanas (Piura)	6
Figura 2. Residuos del mango criollo (cáscara y semilla).....	7
Figura 3. Partes de la semilla. A: endocarpio y B: almendra	7
Figura 4. Moléculas de los taninos hidrolizables A: Ácido Gálico y B: Elágico.....	10
Figura 5. Tanino condensado (Flavan-3,4-diol).....	11
Figura 6. Proceso de curtido de piel de ganado vacuno	22
Figura 7. Calibración de ácido gálico a 700nm.....	25
Figura 8. (A) Contenido de polifenoles totales expresados en mg de ácido gálico/L de solución de extracto (B) Contenido de polifenoles residuales tratada con gelatina, cloruro de sodio y alumbre expresados en mg de ácido gálico/L de solución de extracto, (C) Contenido de taninos expresado en mg de ácido tánico/L de solución de extracto, (D) Taninos expresados en porcentaje de ácido tánico.....	30
Figura 9. Solución tánica (almendra de mango criollo) para el curtido (pH=5)	31
Figura 10. Muestras para sustracción de taninos protegidas de la luz.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los polifenoles y ejemplo de ellos	8
Tabla 2. Requerimiento de solventes para la extracción de polifenoles totales	18
Tabla 3. Análisis químico proximal de la semilla del mango criollo	23
Tabla 4. Identificación de taninos en los extractos de la semilla de mango.....	24
Tabla 5. Curva de calibración del ácido gálico a 700nm de longitud de onda.....	24
Tabla 6. Cuantificación de los taninos en la almendra del mango criollo – parámetros estadísticos	25
Tabla 7. Datos para el análisis de varianza (ANOVA) para los extractos alcohólicos	27
Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA)	28
Tabla 9. Etapa del pelambre	31
Tabla 10. Curtido a pH=5.....	32

RESUMEN

El consumo del mango (*Mangifera Indica L.*) genera residuos como semilla, endocarpio y cáscara que representan un 33% del total de la fruta y que encierran productos valiosos como proteínas, carbohidratos y compuestos fenólicos, los cuales se desechan sin la adecuada disposición constituyendo un foco de contaminación debido a su rápida degradación.

La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto del tiempo de extracción y tipo de solvente en el rendimiento de taninos de la semilla de mango criollo de Chulucanas, Piura y su aplicación en el curtido de piel de ganado vacuno, para lo cual se caracterizó la semilla de mango (almendra y endocarpio) mediante los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC), se prepararon extractos de la almendra y endocarpio con diferentes solventes para identificar el tipo de tanino, se cuantificó utilizando el método espectrofotométrico obteniendo en el extracto metanólico en 72 hr. (0,6164%) expresado en ácido tánico seguido del extracto acuoso en 60 min. (0,5339%) y se diseñó un proceso de curtido amigable con el ambiente eliminando el uso de sulfuro de sodio en la etapa del pelambre, se concluye, que la almendra contiene mayor porcentaje de carbohidratos (69,78%) y proteína (11,17%) con respecto al endocarpio, solo los extractos de la almendra dieron positivo con presencia de tanino hidrolizable, un mayor tiempo de contacto de la muestra (almendra de mango criollo) con el tipo de solvente influyen en el rendimiento de extracción de taninos tal como se observó con el extracto metanólico (72 horas) y la mayor fijación de los taninos en la piel del ganado vacuno se logró a un pH de 5, obteniendo un cuero con buena apariencia.

Palabras Clave: Almendra, curtido, extracto, solvente, tanino hidrolizable

ABSTRACT

The consumption of mango (*Mangifera Indica L.*) generate waste such as seed, endocarp and rind that represent 33% of the total fruit and contain valuable products such as proteins, carbohydrates and phenolic compounds, which are discarded without the proper provision constituting a source of contamination due to its rapid degradation.

The present research has as aim to determine the effect of extraction time and type of solvent in the yield of tannins from the creole mango seed of Chulucanas, Piura and its application in the tanning of cattle skin, for which the mango seed (almond and endocarp) was characterized by the methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC), extracts of the almond and endocarp with different solvents were prepared to identify the type of tannin, quantified using the spectrophotometric method obtaining in the methanolic extract in 72 hr. (0.6164%) expressed as tannic acid followed by the aqueous extract in 60 min. (0.5339%) and an environmentally friendly tanning process was designed eliminating the use of sodium sulphide in the peeling stage, it is concluded that the almond contains a higher percentage of carbohydrates (69.78%) and protein (11.17%) with respect to the endocarp, only the extracts of the almond were positive with presence of hydrolysable tannin, a longer contact time of the sample (Creole mango almond) with the type of solvent influences the extraction performance of tannins as observed with the methanolic extract (72 hours) and the greater fixation of the tannins in the skin of cattle was achieved at a pH of 5, obtaining a leather with good appearance.

Keywords: Almond, tanning, extract, solvent, hydrolysable tannin

I. INTRODUCCIÓN

El curtido se practica desde tiempos prehistóricos, por el cual las pieles de los animales cazados para comer eran secadas y ablandadas golpeándolas o mordiéndolas, como hasta hacen muy poco hacían los esquimales, para utilizarlas como mantas y en la confección de prendas toscas. Hacia el año 700 a. C., en Siria y Asia Menor, ya se curtían las pieles de cordero. En el año 700 d. C., las técnicas de curtido habían progresado y las pieles se consideraban un signo de prestigio, reservado para unos pocos, y se utilizaban únicamente en capas, cuellos o adornos (Cervantes, 2014). El proceso de curtición mundial, se basa en el tanino de cromo como producto principal en un 90% de la industria del cuero, debido a su eficiencia y versatilidad como agente curtiente disponible relativamente barato. En la actualidad la industria de curtiembre está sufriendo grandes cambios en cuanto a tecnología y busca reemplazar el cromo, aplicando extractos de taninos extraídos de las hojas, semillas, tallos y corteza de plantas, tal es el caso de la semilla de mango criollo (*Mangifera indica* L.) como portador de taninos, y aplicarlo en el proceso de curtido. Al respecto muchas investigaciones se han realizado:

Obiero (2014) evalúa la planta *Plectranthus barbatus* como un agente potencial vegetal de curtido, por el contenido de taninos hidrolizables (basado en glucosa) que varía entre 8 – 20% dependiendo de la parte de la planta.

García y Jarquin (2015), extraen los taninos de las semillas de mango de las variedades criolla rosa y lisa, preparando un tinte para curtiembre a partir de los taninos extraídos.

Condori (2017), evalúa la calidad del cuero de alpaca curtido con vegetal de extracto tánico de tola y sábila; concluyendo que una concentración de 40% de taninos presenta mejores resultados, debido a que los taninos que poseen los vegetales se fijan mejor sobre el colágeno; llenando los espacios interfibrilares de la piel.

La presente investigación se ha realizado con los siguientes objetivos: 1) Caracterizar la semilla del mango criollo (*Mangifera indica* L.) compuesta por el endocarpio y almendra, 2) Identificar el tipo de tanino, si es hidrolizable o condensado, 3) Determinar el efecto del tiempo de extracción y tipo de solvente en el rendimiento de taninos de la semilla de mango criollo (*Mangifera indica* L.) y 4) Aplicar la solución tánica preparada a partir de la almendra de mango criollo en la curtición de pieles.

Esta investigación contribuirá a aprovechar las potencialidades de los residuos del mango criollo dándole un valor agregado y contribuyendo a minimizar la contaminación de los suelos, de los cuerpos de agua con procesos amigables con el ambiente.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. El mango en el Perú

En el Perú existe diversidad de variedades que se distinguen por su forma, tamaño, textura y sabor, sin embargo las más conocidas comercialmente se pueden agrupar en tres categorías.

- **Variedad Roja:** Edward, Haden (380-700g), Kent (500-800g), Tommy Atkins (600g).
- **Variedad Verde:** Keitt (600g), Amelie.
- **Variedad Amarilla:** Criollo de Chulucanas, Chato de Ica, Ataulfo y Manila. (Agrobanco, 2007)

Los frutos de estas plantas por sus características son de color amarillo, fibrosidad y sabor agradable, son empleados para el consumo local en la elaboración de pulpas, jugos simples y concentrados, los cuales son exportados al mercado europeo.

Criollo de Chulucanas: Es una de las variedades más comercializadas en el Perú, de sabor agradable, es utilizado mayormente para la elaboración de pulpa y jugo.

Chato de Ica: Muy comercializada en el Perú, pulpa fibrosa y agradable sabor.

Ataulfo: De tamaño mediano a pequeño, bajo en fibra y producida en México.

Manila: De tamaño pequeño (10 onzas) y forma alargada y aplanada, de sabor fuerte, producida principalmente en Filipinas. (Estrella & Hidalgo, 2015)

2.2. Mango criollo

El mango (*Mangifera indica* L.) es nativo de Asia, especialmente en noroeste de la India y el norte de Burma en las laderas de Himalaya; es una de las frutas más populares y de mayor producción en países tropicales. (Torres, Talens, Escriche, & Chiralt, 2006)

El mango se produce ampliamente en el mundo por su atractivo color, buen sabor y alto nivel de compuestos beneficiosos para la salud; se ha informado que contiene cantidades significativas de pigmentos, como clorofilas y carotenoides. (Rumainum, Worarad, Srilaong, & Yamane, 2018). Así como en otras áreas climáticas subtropicales costeras; existen alrededor de 160 variedades de mangos en el mundo, que se cultivan en más de 90 países. (Perea, Perea, Dorado, & Manzano, 2018)

Nombre científico: *Mangifera indica* L.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Sapindales

Familia: Anacardiaceae

Género: *Mangifera*

Especie: *Mangifera indica* L. (Santiago, 2005)



Figura 1. Mango criollo de Chulucanas (Piura)

2.2.1. Descripción botánica

El mango criollo es un gran árbol de hoja perenne que crece a una altura de 10-45 m, cúpula en forma de follaje denso, típicamente ramificada pesada de un tronco grueso. Las hojas están dispuestas en espiral en las ramas, linear-oblonga, lanceolada - elíptica, puntiaguda en ambos extremos, a veces mucho más grandes, rojizas y flácidas cuando se formaron y liberan un olor aromático cuando está aplastado.

La inflorescencia se produce en panículas que constan de alrededor de 3000 pequeñas flores de color rojo blanquecino o verde amarillento. La fruta es una drupa grande bien conocida, pero muestra una gran variación en forma y tamaño. (Shah, Patel, Patel, & Parmar, 2010)

El mango criollo (*Mangifera indica* L.) de Chulucanas es un tipo de mango de plantas francas (no injertadas y poliembriónicas) son frutos pequeños, color amarillo, fibrosos, de pulpa dulce se usa mayormente para extractos y concentrados cuyo período de cosecha es de enero a marzo, esta variedad está orientado solo al consumo interno (Minagri, 2017).

El mango criollo contiene pulpa amarilla gruesa, semilla y una piel gruesa de color amarillento cuando está madura (Figura 2) y las características de la semilla es ovoide u oblonga, el endocarpio es grueso y leñoso que recubre a la almendra del mango criollo que tiene una forma aplanada (Figura 3).

El peso del mango criollo varía entre 100 a 190 g. generando residuos: 19,01% de cáscara (piel), endocarpio fibroso 5,47% y almendra 8,57%.



Figura 2. Residuos del mango criollo (cáscara y semilla). Elaboración propia.



Figura 3. Partes de la semilla. A: endocarpio y B: almendra. Elaboración propia.

2.3. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son moléculas que tienen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático. Junto con las vitaminas, los compuestos fenólicos se consideran importantes antioxidantes en la dieta, por ejemplo, se encuentran presentes en frutas, hortalizas, raíces y cereales.

Los compuestos fenólicos son responsables del color y las características sensoriales de las plantas y alimentos, por ejemplo, la astringencia de frutas y hortalizas (Peñarrieta, Tejada, Mollinedo, Vila y Bravo, 2014).

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los polifenoles:

Tabla 1
Clasificación de los polifenoles y ejemplo de ellos

Estructura química	Tipo	Ejemplo de polifenol
C6	Fenol	Eugenol
C6-C1	Ácido fenólico Ácido benzoico	Ácido gálico Ácido elágico
(C6-C1) _n	Taninos hidrolizables	
C6-C2	Ácido fenil acético	
C6-C3	Ácido hidroxicinámico Cumarinas	Ácido cafeico Ácido ferúlico
(C6-C3) ₂	Lignanos	
C6-C1-C6	Benzofenonas Xantonas	
C6-C2-C6	Estilbenos	Resveratrol
C6-C3-C6	Flavonoides	Antocianinas Flavonoles Flavonas Flavanonas Isoflavonas Flavanoles
	Chalconas	
(C6-C3-C6) _n	Proantocianinas (taninos $4 \leq n \leq 11$)	

Nota. Adaptado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia%20Mart%C3%ADnez%20et%20al.pdf?sequence=1>

2.4. Taninos

El nombre tanino se deriva del francés “tanin” (sustancia de bronceado) y se utiliza para una variedad de polifenoles naturales. Desde la antigüedad se sabe que ciertas sustancias orgánicas como el tanino tienen propiedades bronceadoras y son capaces de broncear las pieles de animales para formar el cuero. (Khanbabaee & Van, 2001)

Los taninos son metabolitos secundarios polifenólicos de origen vegetal, masa molecular relativamente elevada, con sabor astringente familiar que pueden unir a las proteínas salivales, también pueden ser inhibidores enzimáticos efectivos. Pueden encontrarse en todas las partes de la planta, por ejemplo en tallos, cortezas, hojas, semilla, frutos y cúpulas. Dentro de los vegetales los taninos suelen encontrarse en las vacuolas celulares, combinados con alcaloides, proteínas u otros. (Colina, 2016)

2.4.1. Propiedades

Curtido de la piel: Los taninos se intercalan entre las fibras de colágeno, estableciendo uniones reversibles (interacciones hidrófobas, enlaces de hidrógeno, etc.) e irreversibles (enlaces covalentes). Dichas fibras adquieren así una gran resistencia frente al agua y calor, forman sólidos amorfos. (Isaza, 2007)

Solubilidad: Son solubles en agua, forman soluciones coloidales y en disolventes orgánicos polares (acetona, alcohol, glicerina) pero son insolubles en disolventes orgánicos no polares. (Isaza, 2007)

Capacidad de precipitar:

- Con agua de cal (solución de hidróxido cálcico).
- Con agua de barita (solución de hidróxido bórico).
- Con wolframato o molibdato amónico.
- Con alcaloides, proteínas, celulosa y otras macromoléculas (éter etílico, cloroformo).

Otras propiedades:

- Compuestos químicos no cristalizables cuyas soluciones acuosas son coloidales, de reacción ácida y sabor astringente.

- Precipitan con gelatina, albúmina y alcaloides en solución.
- Con las sales férricas dan coloraciones negro azuladas o verdosas.
- Producen un color rojo intenso con ferricianuro de potasio y amoníaco. (Angaspilco & Cardenas, 2017)

2.4.2. Clasificación

De acuerdo a su estructura molecular los taninos se clasifican en dos tipos: hidrolizables y condensados.

2.4.2.1. Taninos Hidrolizables

Están formados por varias moléculas de ácido gálico unidos por un enlace éster y un residuo de glucosa. Se conoce con el nombre de taninos pirogálicos porque cuando se destila se produce en ácido gálico, pueden ser hidrolizados fácilmente por ácido minerales y usualmente están presentes en las plantas en bajas cantidades. (Angaspilco & Cardenas, 2017)

Los taninos hidrolizables son generalmente amorfos, higroscópicos, de color amarillo parduzco, se disuelven en agua (especialmente caliente), para formar soluciones coloidales. A mayor estado de pureza son menos solubles en agua y más fácilmente se pueden obtener en forma cristalina. También son solubles en solventes orgánicos polares. De sus soluciones acuosas pueden ser precipitados por ácidos minerales o sales. (Galicia & Nolasco, 2006)

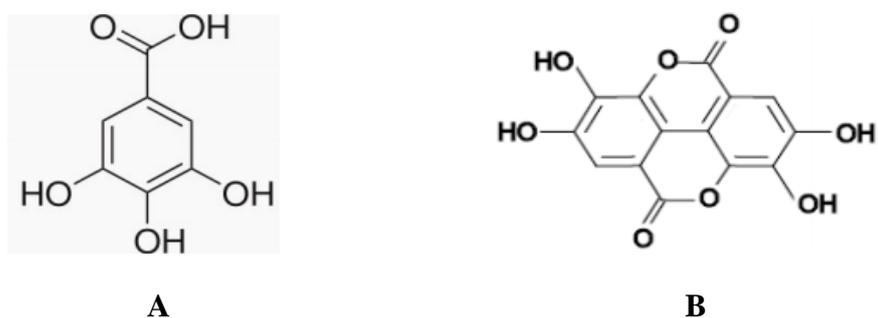


Figura 4. Moléculas de los taninos hidrolizables A: Ácido Gálico y B: Elágico. Recuperado de Análisis fitoquímico, determinación cualitativa y cuantitativa de flavonoides y taninos, actividad antioxidante, antimicrobiana de las hojas de “Muehlenbeckia hastulata (J.E.Sm) I.M. Johnst” de la zona de Yucay (Cusco) por Colina, 2016.

2.4.2.2. Taninos Condensados

Los taninos condensados, son derivados de unidades de flavan-3,4-dioles, conocidos como proantocianidinas condensadas, al ser tratados con ácidos en caliente se origina una polimerización progresiva hasta dar taninos amorfos o taninos rojos. Al reaccionar con FeCl_3 se produce una coloración verde y precipita con soluciones de bromo. (Colina, 2016)

Estos comprenden todos los restantes taninos verdaderos. Sus moléculas son más resistentes a la ruptura que las de los taninos hidrolizables y parecen ser intermediarios en su biosíntesis, las catequinas y los flavan-3,4-dioles, están constituidos por unidades flavonoides, las cuales soportan diversos grados de condensación, carbohidratos y restos de aminoácidos. (Galicía & Nolasco, 2006)

Por su actividad antioxidante tiene la capacidad de evitar la oxidación de lipoproteínas de baja densidad y por ello inhibe la formación de trombosis en personas con padecimientos cardíacos como la aterosclerosis.

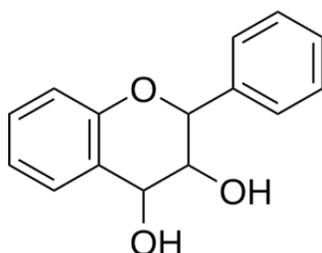


Figura 5. Tanino condensado (Flavan-3,4-diol). Recuperado de Evaluación del efecto del presecado y tiempo de fermentación, en los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y ácidos volátiles en dos genotipos de cacao por Recalde, 2007.

2.4.3. Ácido tánico

El ácido tánico se trata de un ácido compuesto de glucosa y ácidos fenólicos cuya fórmula exacta es $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$. Este compuesto se puede elaborar artificialmente, en la antigüedad se extraía de la naturaleza acumulada en las cortezas, raíces y frutos de las plantas; y pueden detectarse también en sus hojas, aunque en menor proporción. (Venegas, 2012)

2.4.4. Aplicación de los taninos

Los taninos se aplican ampliamente, con usos que van desde el curtido, usos medicinales y en la industria alimentaria.

2.4.4.1.Curtido de la piel: Los taninos vegetales son importantes como agente recurtiente en la producción de cuero y han sido reconocidos como un importante agente de curtido en el proceso de curtiembre sin uso de cromo. (Musa & Gasmelseed, 2012)

2.4.4.2.En medicina: Los extractos de plantas que contienen taninos se usan como astringentes, contra la diarrea, como diuréticos, como antiinflamatorio, antiséptico, y productos farmacéuticos hemostáticos. (Khanbabaee & Van, 2001)

2.4.4.3.Industria alimentaria: Los taninos se utilizan para aclarar el vino, la cerveza y los zumos de frutas. Como antioxidantes en la fruta las industrias del jugo, la cerveza y el vino. (Khanbabaee & Van, 2001)

2.4.4.4.Industria del colorante: Para tintes catiónicos (tintes de taninos), en la producción de tintas y también en el uso industrial de taninos incluyen tintes textiles. (Khanbabaee & Van, 2001)

2.4.4.5.Precipitación metales pesados y alcaloides: los taninos pueden precipitar metales pesados y alcaloides (excepto morfina), se pueden usar en casos envenenamientos con estas sustancias. (Khanbabaee & Van, 2001)

2.4.4.6.Tratamiento de aguas: La utilización de taninos vegetales como coagulantes en el tratamiento de las aguas residuales de lácteos, ayuda a optimizar las condiciones de coagulación-floculación con respecto a la dosificación, pH, gradiente de velocidad y el tiempo de mezcla lenta. (Dela, Rodrigues, Mattge, & Valdeci, 2018)

2.5. Proceso de curtiembre

La curtición es el proceso mediante el cual se convierte las pieles de los animales en cuero, tales como bovinos, ovinos, porcinos, caprinos y reptiles. Este proceso permite dar color, elasticidad y resistencia al cuero a través de extractos de sustancias químicas (cromo en estado trivalente, azufre, aluminio, etc.) y vegetales (taninos). Las operaciones necesarias y básicas para la conservación previa de los cueros son las siguientes:

- a. Limpieza
- b. Escurrimiento
- c. Salado
- d. Secado
- e. Almacenamiento

Una visión esquemática del proceso de un cuero abarca las siguientes fases: remojo, lavado, pelambre (encalado), desencalado, piquelado, curtido, engrase, teñido y terminación. (Iade, Casanova, Losada, & Larrosa, 2012)

El curtido es la impregnación de la piel con el material, lo que evitará su putrefacción sin afectar negativamente su resistencia y flexibilidad. Hay una variedad de materiales que pueden servir para este propósito, pero se pueden subdividir convenientemente en tres categorías: minerales, vegetales y otros. Hay tres agentes minerales de curtido a saber, alumbre, sales de cromo y ciertos compuestos de hierro. (Chávez, 2015)

2.5.1. Curtido de pieles

El curtido mineral y vegetal son los más métodos comunes utilizados.

2.5.1.1. Curtido mineral y sintético

Curtido mineral: Se basa en la reacción entre la fibra de colágeno en la piel cruda y una sal de cromo trivalente (Abdelsalam, Nasr, & Azzam, 2013). Se usa en la producción de cueros para la fabricación de calzados, guantes, ropa, bolsos, etc.

El cuero curtido al cromo tiende a ser más suave, más responsable, tiene mayor estabilidad térmica, es muy estable en agua y tarda menos tiempo en producirse

que el cuero curtido en vegetales. El curtido mineral es particularmente popular porque es efectivo y eficiente. (Abdelsalam, Nasr, & Azzam, 2013)

Curtido sintético: se usan curtientes orgánicos sobre la base del formol, quinona y otros productos. Estos curtientes proporcionan un curtido más uniforme y aumentan la penetración de los taninos. Debido a sus costos elevados, son poco usados.

2.5.1.2.Curtido vegetal

El curtido vegetal es un proceso que permite dar color, elasticidad y resistencia al cuero a través de extractos vegetales como el tanino, que es extraído con diferentes tipos de solventes (agua, alcohol etílico al 95% y metanol) como también se puede extraer de manera natural. Antiguamente, las pieles eran curtidas en pozas, proceso que tomaba varias semanas. Las curtiembres modernas curten las pieles en tambores rotativos durante 12 horas con una solución al 12% de concentración de tanino. (Suárez, Amaya, Soto, & Costa, 2006)

La elaboración del extracto de tanino vegetal está basado en la extracción de taninos utilizando un solvente adecuado, generalmente agua, seguido de concentración y secado por aspersión para obtener polvo o un extracto sólido. (Musa & Gasmelseed, 2012)

Los taninos se obtienen por extracción acuosa de distintas cortezas de árboles (quebracho, mimosa o castaño). El curtidor los utiliza en forma de extracto en polvo o líquido, para curtir es necesario hacer penetrar la solución curtiente en el interior de la piel, por lo que se pone ésta en remojo para que se hinche y sea más fácil la absorción. La fijación del tanino en la piel dependerá del ácido utilizado, siendo superior cuando se utilizan ácidos orgánicos (fórmico o acético). Una vez el cuero ya curtido, es importante dejarlo reposar durante dos o tres días para dar tiempo a que los taninos se fijen.

Posteriormente los cueros se lavan, escurren y recorren con sulfato de manganeso o cloruro básico, se dejan secar colgados a la sombra. (Melgar, 2005)

El curtido vegetal disminuye la demanda biológica de Oxígeno (DBO), en las aguas residuales (Chávez ,2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Población y muestra

3.1.1. Población

- Mango criollo (*Mangifera indica L.*) procedentes de la ciudad de Chulucanas, Piura.
- Piel de ganado vacuno procedente del camal de la Ciudad de Chiclayo.

3.1.2. Muestra

Mango: 40 frutos maduros (aproximadamente 6 kg de mango criollo (*Mangifera indica L.*), de los que obtuvo 40 semillas.

Piel de ganado vacuno: Se tomaron tres (3) muestras de 15 x 20 cm.

3.2. Materiales, equipos y reactivos

3.2.1. Materiales

Bomba de vacío

Bureta de 25, 50 ml

Cuchillos

Desecador

Matraz de Erlenmeyer de 250 ml

Mortero de porcelana

Pipetas de 1, 5 y 10 ml

Probeta 100, 1000 ml

Tamices N°14

Vasos precipitados de 50, 100 y 500 ml.

3.2.2. Equipos

Balanza analítica

Baño maría (PS THELCO Model 82)

Cocina eléctrica

Espectrofotómetro UV/VIS de Helew Packard modelo 8452 A

Estufa (Marca MEMMERT)

Molino (Marca CORONA)

Mufla (THERMO SCIENTIFIC THERMOLYNE)

3.2.3. Reactivos

Ácido sulfúrico (12M)

Ácido oxálico HOOC-COOH

Ácido clorhídrico concentrado

Agua destilada

Agua potable

Alcohol etílico al 96%

Alumbre

Cal (CaO)

Ca(OH)₂

Cloruro de sodio (NaCl)

FeCl₃

Acetato de plomo

Solución de formaldehido

Indicador verde de bromocresol

Metanol QP

Reactivo en solución de Folin Ciocalteau

Sulfato de Amonio SO₄(NH₄)₂

Solución de gelatina

Solución de NaCl saturada acidificada (30 g. de NaCl se disuelven con 150ml de agua y una 5 gotas de HCl concentrado)

Solución de Na₂CO₃ al 20%

Solución estándar de ácido gálico: 0,10 g de ácido gálico disueltos en agua, almacenados rápidamente en recipiente de color ámbar

Vinagre

3.3. Métodos

3.4. Análisis físico

Se determinaron los pesos de 40 frutos del mango criollo y sus partes: cáscara, pulpa y semilla, de ésta última se separó el endocarpio y la almendra, expresándose en porcentajes

3.4.1. Preparación de la muestra

El endocarpio y la almendra; se llevó a la estufa para ser secadas a 40°C durante 48 horas, luego cortadas en pequeños trozos y molidas (se guardó parte de la muestra para posteriores análisis).

3.4.2. Análisis químico proximal de la semilla (endocarpio y almendra)

Se usó los Métodos recomendados por la **AOAC INTERNATIONAL 20th Edición, 2016:**

Determinación de humedad: Método de la estufa a 105°C. (Método AOAC.925.10)

Determinación de cenizas: Método directo (Método AOAC.923.03)

Determinación de grasas: (Método: AOAC. 930.09)

Determinación de fibra: Determinación de fibra cruda (Método: AOAC. 962.09)

Determinación de proteína: (Método, AOAC.920.87)

Determinación de carbohidratos: Se determinó por diferencia.

3.4.3. Identificación de taninos

Extracto acuoso: 10 g. de muestra seca molida (endocarpio y almendra) se colocaron por separado en 2 fioles por separado con 200ml de agua, llevándose a ebullición en los tiempos indicados en la tabla1, luego se enfrió, se filtró constituyendo el extracto.

Extractos alcohólicos: 10 g. de muestra seca molida (endocarpio y almendra) se colocaron por separado en 2 fioles y fueron maceradas durante 48 y 72 horas con 200ml de solvente etanol de 96° y posteriormente con metanol QP en el mismo lapso de tiempo, luego se filtró; constituyendo el extracto.

Método cualitativo de identificación de taninos: A 1ml de los extractos, se agregan unas gotas de solución de FeCl₃, la aparición de color negro azulado indica positivo para taninos, la reacción con acetato de plomo, formó un pequeño precipitado de color pardo y la reacción con solución de

formaldehído, no dio ningún precipitado, confirmando la presencia de tanino hidrolizable.

3.4.4. Cuantificación de taninos

Los extractos acuosos y alcohólicos del endocarpio, no dieron positivo para taninos hidrolizable, se procedió a trabajar solo con la almendra.

Método espectrofotométrico para la cuantificación de taninos

Este método se basa en la reacción de los compuestos fenólicos con el reactivo de Folin (tungstato - fosfomolibdico; carbonato de sodio al 20%), el cual produce un complejo de color azul, cuya extinción es medida a 700 nm, determinando el contenido total de fenoles. Posteriormente se utilizó solución de gelatina al 25 % para garantizar el secuestro de los taninos, obteniéndose de la diferencia de ambas determinaciones el porcentaje de taninos presente en la almendra de mango, reportados como ácido tánico (g de ácido tánico / 100 g de muestra).

Se llevó a cabo en dos etapas: la etapa (A) donde se cuantificaron los polifenoles totales en los extractos y la etapa (B) donde se cuantificaron los polifenoles residuales después del secuestro de los taninos con gelatina.

La cantidad de taninos presentes en la almendra se expresa en porcentaje de ácido tánico (g. de ácido tánico/100g. de muestra).

Etapas A: Extracción de polifenoles totales

(a) Polifenoles totales: Para la extracción o maceración se pesaron 10,0g. de almendra molida, seca y se trataron con 200 ml de agua, etanol y metanol, lejos de la luz (usar recipientes opacos y con tapa para evitar que se oxiden) de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2
Requerimiento de solventes para la extracción de polifenoles totales

Solventes					
Agua en ebullición		Etanol de 96°		Metanol QP	
30 minutos	60 minutos	48 horas	72 horas	48 horas	72 horas

(b) Muestras para extraer taninos: Se midió 4ml de los extractos obtenidos y se colocaron en una fiola de color ámbar de 50 ml, se añadió 5ml de agua destilada y 1 ml de reactivo de Folin Ciocalteau. Se agitó por 5 minutos, se dejó reposar y se filtró; para la cuantificación se midió 1ml del filtrado y se llevó al espectrofotómetro a 700 nm para la lectura correspondiente.

Etapa B: Determinación de polifenoles y taninos

A 5ml de los extractos se le adicionó 5ml de gelatina al 25%, 5ml solución saturada de NaCl y alumbre para separar el ácido tánico, más 6ml de agua. De esta solución se tomó 1,0 ml y se colocó en un tubo de ensayo de 15 ml. se les adicionó 1 ml de reactivo de Folin Ciocalteau más 1 ml de solución de carbonato de sodio, se agitó y se completó a 12 ml con agua destilada. Posteriormente fue necesario centrifugarlo debido a que se forma un precipitado. Se tomó 1ml y se llevó al espectrofotómetro a 700 nm.

Cabe indicar que los polifenoles se expresan en términos de ácido gálico.

Método de la curva de calibración

Solución patrón: ácido gálico 0,1 g/L, Solución de carbonato de sodio al 20% (w/v). Reactivo Folin-Ciocalteau 1N.

A partir de la solución patrón de ácido gálico de 0,1 g/L, se procedió a realizar una serie de diluciones con agua destilada para obtener concentraciones de 5, 10, 20, y 30 mg/L. Para ello se colocó en distintos viales protegidos de la luz la solución patrón antes descrita. A cada vial se le adicionó reactivo de Folin-Ciocalteau 1N, se agitó y luego se agregó carbonato de sodio al 20%. La mezcla se llevó a volumen final usando agua destilada y se dejó reposar por 2 h. Finalmente, se tomó la lectura en el espectrofotómetro UV a 700 nm.

Luego se midió la absorbancia de las muestras de la etapa A-b, y B.

3.4.5. Curtido de piel de ganado vacuno

Se seleccionó las muestras de piel de ganado vacuno (468g), para luego someterlo al proceso de curtido (Figura 6), resultado de una combinación de los métodos utilizados por Iade, Casanova, Losada y Larrosa (2012) y Kuria (2015) en cuanto a las proporciones de reactivos a utilizar, con algunas modificaciones realizados por mi persona.

3.4.5.1.Salado: Se procedió a salar la piel y posteriormente fue necesario colocarlo en agua durante 48 horas, con el objetivo de quitarle la sal y ablandarlo. Se lavó varias veces para eliminar la sal en su totalidad y la suciedad acumulada.

3.4.5.2.Pelambre (encalado): Se eliminó la epidermis y el pelo de la piel, utilizando $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y cal para lograr la apertura de las fibras de colágeno de la piel preparándola para la posterior curtición.

En esta etapa la cantidad de agua es de 936ml (200%), $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 9,36g (2%) y cal 14,04 (3%) referido a peso de la piel y la agitación fue constante durante 1 hora y se dejó la piel en el baño por espacio de 8 horas a 24 horas (Iade, Casanova, Losada y Larrosa, 2012).

3.4.5.3.Desencalado: Se lavó la piel para remover la cal. En un baño de: 936ml de agua, luego se adiciono se adicionó sulfato de amonio (11,70g) y ácido oxálico HOOC-COOH (2,43g) en proporciones de 200%, 2,5% y 0,5% respectivamente referido al peso de la piel, la agitación fue constante durante 40 minutos y se dejó la piel en el baño por espacio de 8 horas (Kuria, 2015).

3.4.5.4.Piquelado: Se realizó un baño de acidulación con vinagre de las pieles hasta un pH 5 por un espacio de 24 horas, con el objetivo de evitar el hinchamiento y buscar la fijación de los taninos. Las cantidades del baño que se utilizó fue: 468ml de agua (100%), vinagre 23,40ml (5%) referido al peso de la piel.

Una vez que el baño de piquelado alcanzó el pH 5, se verificó que el interior de las pieles esté al mismo pH, aproximadamente. Para esto, se realizó un corte en la piel y se añadió una gota de verde de bromocresol, que cambio a un color verde azulado, indicando que el pH era el adecuado (Kuria, 2015).

3.4.5.5.Curtido: Se estabilizó el colágeno de la piel mediante el agente curtiente vegetal a base de la almendra del mango criollo.

La piel se sumergió en un recipiente con una solución curtiente vegetal compuesto por 2 litros de agua, 30 almendras de mango (12.55g x 30 x 0,5339 = 201,01g de ácido tánico) y 1g de alumbre; durante 2 semanas, tiempo necesario para que se impregne totalmente el agente curtiente y con agitación constante.

El agua utilizada para la extracción de taninos no debe contener cal ni hierro (debe ser "agua blanda, si es necesario se filtra antes del proceso. Los instrumentos empleados deben ser de barro, madera, cobre, latón, nunca de hierro pues el hierro reacciona con los taninos formando ácido ferroxálico interfiriendo el proceso del curtido.

Como el proceso de curtido se lleva a cabo en un medio ácido, es importante controlar el pH de la solución, el cual debe mantenerse en 5. Para corregir las desviación del pH= 7 de la solución de taninos de la almendra de mango criollo, se agregó el alumbre que es una sal ácida (la cantidad de alumbre depende de la cantidad de solución tánica) y se midió el pH hasta verificar que este en el valor recomendado para los licores de curtido (pH de 4-6) para todas las especies de plantas. En esos valores de pH el cuero está en su punto isoeléctrico, los taninos pueden penetrar bien en la piel y la fijación tiene lugar en etapas posteriores. (Kuria, 2015)

Para comprobar la finalización del curtido, se realizó un pequeño corte en la piel observándose que la solución curtiente había penetrado hasta la dermis.

3.4.5.6.Escurrido: Finalizado el tiempo del curtido, se descartó el baño y se dejó reposar los cueros en un caballete por espacio de 12 a 15 horas (sin exponer a los rayos del sol), para quitar gran parte de la humedad.

3.4.5.7.Secado: Se realizó de manera natural por 48 horas, las pieles se extendieron de forma que el aire circule de manera natural entre ellas; consiguiendo el secado. Después de ese tiempo se verificó la adherencia del tanino a las pieles.

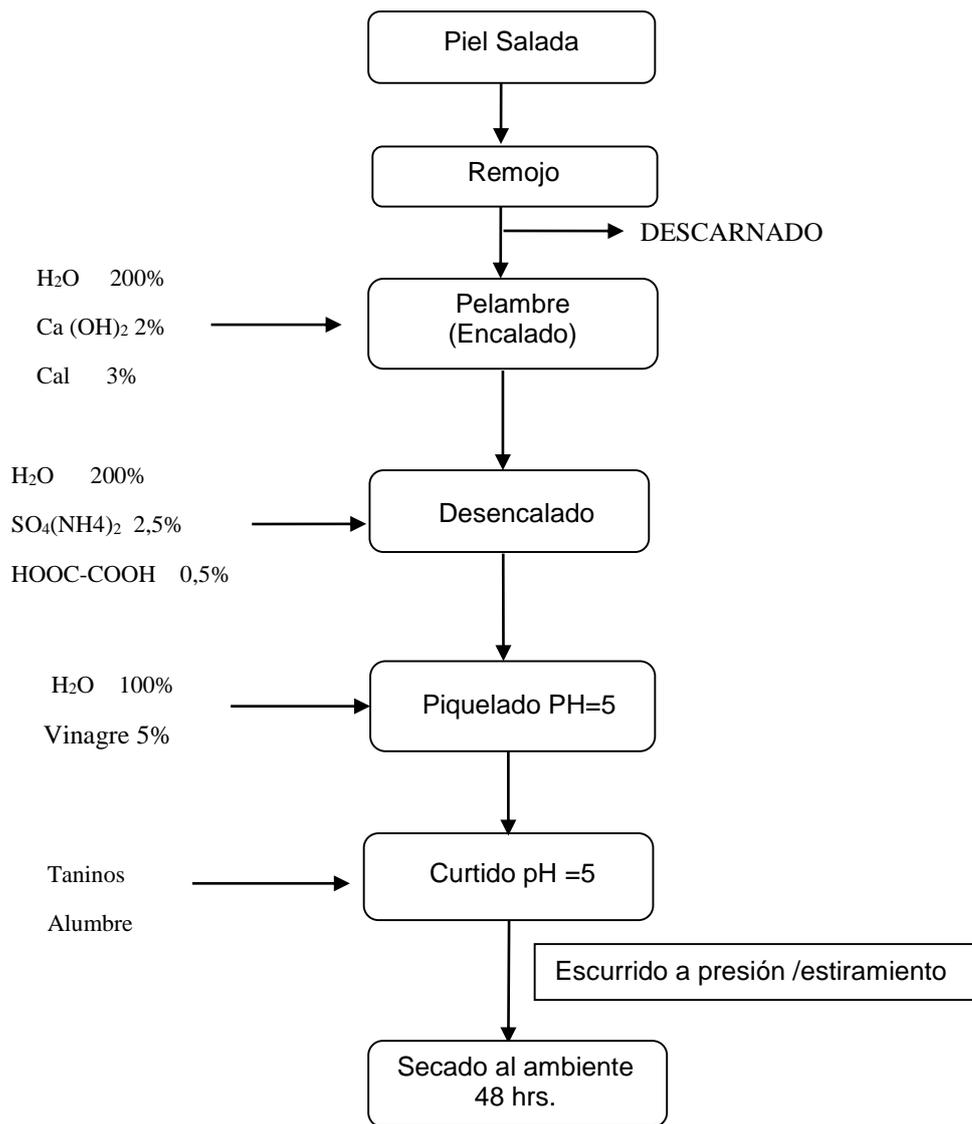


Figura 6. Proceso de curtido de piel de ganado vacuno. Elaboración propia

IV. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación. (Ver anexo 9.1)

4.1. Análisis físico

Peso promedio del mango a analizar: 146,45 g., de los cuales se generan:

19.01% de cascara (piel) del peso total del fruto = 27,90 g. en promedio

Endocarpio : 5.47% del peso total del fruto = 8,01 g. en promedio

Almendra : 8.57% del peso total del fruto = 12,55 g. en promedio

48,46 g. de residuo/mango

1 kilo de mango = 7 unidades.

Endocarpio : $(8.01 \text{ g} \times 7) = 56,07 \text{ g.}$

Almendra : $(12.55 \text{ g} \times 7) = 87,85 \text{ g.}$

4.2. Análisis químico de la semilla de mango criollo de Chulucanas

Tabla 3
Análisis químico proximal de la semilla de mango criollo

Porcentaje (%)	Semilla	
	Endocarpio	Almendra
Humedad	10,00	9,75
Ceniza	1,40	1,60
grasa	2,90	3,20
Fibra	9,25	4,50
Proteína	7,18	11,17
Carbohidratos	69,27	69,78

Nota. Reporte del laboratorio de Bromatología, UNPRG-2019

4.3. Taninos: Identificación cualitativa

Tabla 4

Identificación de taninos en los extractos de la semilla de mango

	Extractos					
	Acuoso en ebullición		Etanólico		Metanólico	
	30 minutos	60 minutos	48 horas	72 horas	48 horas	72 horas
Endocarpio + FeCl ₃						
	-	-	-	-	-	-
Almendra + FeCl ₃						
	++	+++	++	+++	++	+++

Nota. Coloración negro azulado: Positivo para tanino hidrolizable.

Intensidad: ++: Moderada; +++: Alta.

4.4. Taninos: Cuantificación

Tabla 5

Curva de calibración del ácido gálico a 700nm de longitud de onda

Solución	ppm(mg/l)	Absorbancia
1	5	0,17512
2	10	0,35452
3	20	0,73306
4	30	1,06290

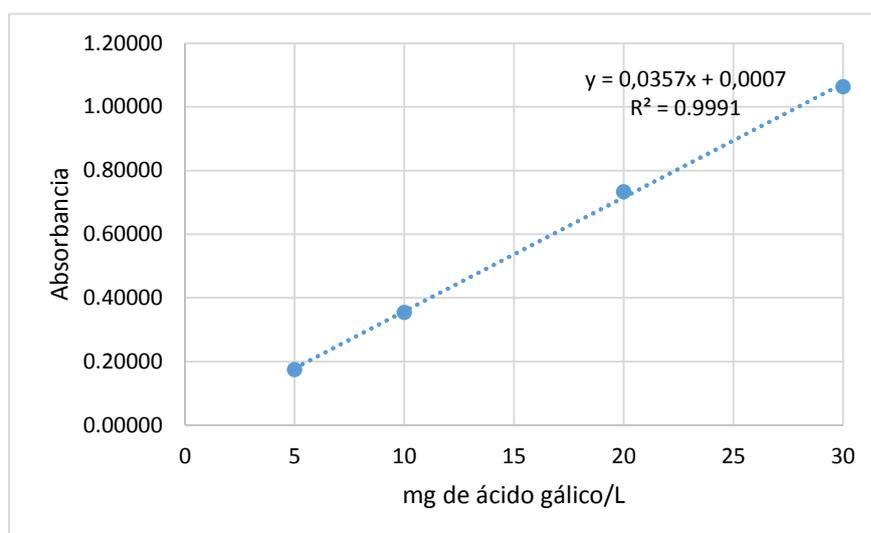


Figura 7. Calibración de ácido gálico a 700nm.

Luego de hacer la regresión lineal, se determinó la función matemática:

$$Y = 0,0357X + 0,0007$$

Donde:

Y = absorbancia.

X = concentración de taninos en (mg/l).

Tabla 6

Cuantificación de los taninos en la almendra del mango criollo – parámetros estadísticos.

Fenoles	Observc.	Extractos					
		Acuoso En ebullición		Etanólico		Metanólico	
		30min.	60 min.	48 horas	72horas	48horas	72horas
Polif. Total como ácido gálico, mg/l	1	718,6279	889,2341	271,3456	277,5689	641,2341	963,2671
	2	718,6022	890,0123	269,9245	278,0012	640,0912	963,2345
	3	718,6353	893,4260	271,5031	279,6701	641,3975	964,4901
	Prom.	718,6218	890,8908	270,9244	278,4134	640,9076	963,6639
	σ	0,017373	2,229760	0,869512	1,109591	0,711728	0,715696
	σ^2	0,000302	4,971828	0,756052	1,231192	0,506557	0,512221

Polif. (X) como ácido gálico, mg/l	1	555,3492	624,1211	191,9176	199,1231	468,2193	656,1291
	2	556,3891	623,6789	193,0001	197,9962	468,2561	655,9981
	3	556,4633	623,9984	191,2839	197,3346	468,0289	654,2594
	Prom.	556,0672	623,9328	192,0672	198,1513	468,1681	655,4622
	σ	0,622912	0,22828	0,86783	0,90428	0,12195	1,04371
	σ^2	0,388019	0,05211	0,75312	0,81773	0,01487	1,08934
Taninos (ácido tánico, mg/l)	1	163,2787	265,1130	79,4280	78,4458	173,0148	307,1380
	2	162,2131	266,3334	76,9244	80,0050	171,8351	307,2364
	3	162,1720	269,4276	80,2192	82,3355	173,3686	310,2307
	Prom.	162,5546	266,9580	78,8572	80,2621	172,7395	308,2017
	σ	0,627426	2,224081	1,719967	1,957554	0,802962	1,757854
	σ^2	0,393663	4,946537	2,958286	3,832017	0,644748	3,090051
% (w/w)de ácido tánico	1	0,3265	0,5302	0,1588	0,1568	0,3460	0,6142
	2	0,3244	0,5326	0,1538	0,1600	0,3436	0,6144
	3	0,3243	0,5388	0,1604	0,1646	0,3467	0,6204
	Prom.	0,3251	0,5339	0,1577	0,1605	0,3454	0,6164
	σ	0,00124	0,00444	0,00344	0,00392	0,00163	0,00352
	σ^2	0,0000015	0,000019	0,000012	0,000015	0,000002	0,000012

Nota. (X) Polifenoles en la muestra tratada con gelatina, cloruro de sodio y alumbre, σ : desviación estándar, σ^2 : varianza. Elaboración Propia.

Cálculos para el contenido de ácido tánico: la diferencia en términos de polifenoles totales y polifenoles (X), por ejemplo 162,5546mg de ácido tánico/l solución de extracto.

$$\text{mg de ácido tánico} = (162,5546 \text{ mg/l}) \times 0,200 \text{ L} = 32,51092 \text{ mg} = 0,03251 \text{ g}$$

$$\% \text{ ácido tánico} = 0,03251 \text{ g} \times 100 / 10,0 \text{ g.} = 0,325$$

4.5. Análisis Estadístico

Para los extractos acuosos se utilizó los datos de desviación estándar y varianza. Para los extractos alcohólicos se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar la diferencia significativa entre los tratamientos: T1 (extracto etanólico a 48 horas), T2 (extracto etanólico a 72 horas), T3 (extracto metanólico a 48 horas) y T4 (extracto metanólico a 72 horas), con las variables polifenoles totales, polifenoles residuales y taninos (ácido tánico).

Para establecer diferencias estadísticas se utilizó el software IBM SPSS Statistics versión 25.

De la tabla 6 se obtuvo los datos para el análisis de varianza, con 3 repeticiones (12 muestras para los extractos alcohólicos) y se trabajó con las 3 variables dependientes polifenoles totales, polifenoles residuales y taninos (ácido tánico) como se indica:

Tabla 7

Datos para el análisis de varianza (ANOVA) para los extractos alcohólicos

	1	1,00	271,3456	191,9176	79,4280
T1	2	1,00	269,9245	193,0001	76,9244
	3	1,00	271,5031	191,2839	80,2192
	4	2,00	277,5689	199,1231	78,4458
T2	5	2,00	278,0012	197,9962	80,0050
	6	2,00	279,6701	197,3346	82,3355
	7	3,00	641,2341	468,2193	173,0148
T3	8	3,00	640,0912	468,2561	171,8351
	9	3,00	641,3975	468,0289	173,3686
	10	4,00	963,2671	656,1291	307,1380
T4	11	4,00	963,2345	655,9981	307,2364
	12	4,00	964,4901	654,2594	310,2307

Nota. Elaboración propia

Tabla 8
Análisis de varianza (ANOVA)

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Polifenoles_totales	Entre grupos	1319613,075	5	263922,615	198484,056	,000
	Dentro de grupos	15,956	12	1,330		
	Total	1319629,032	17			
Polifenoles_X	Entre grupos	641995,368	5	128399,074	247302,942	,000
	Dentro de grupos	6,230	12	,519		
	Total	642001,599	17			
Taninos_hidrol. (ácido tánico)	Entre grupos	133541,463	5	26708,293	10100,643	,000
	Dentro de grupos	31,731	12	2,644		
	Total	133573,194	17			

Polifenoles_totales

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T1	3	270,9244			
T2	3		278,4134		
T3	3			640,9076	
T4	3				963,6639
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Polifenoles residuales (X)

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T1	3	192,0672			
T2	3		198,1513		
T3	3			468,1681	
T4	3				655,4622
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Taninos_hidrolizados

		Subconjunto para alfa = 0.05			
Tratamientos	N	1	2	3	4
T1	3	78,8572			
T2	3		80,2621		
HSD Tukey^a	T3	3		172,7395	
	T4	3			308,2017
	Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Del análisis de varianza (ANOVA) para 4 Tratamientos con 3 repeticiones (12 muestras) para las variables polifenoles totales, polifenoles residuales y para taninos se observa una significancia estadística ($p < 0,05$), donde podemos decir que para la variable polifenoles totales hubo diferencia significativa entre los tratamientos mostrando mayor diferencia en T4 que corresponde al extracto metanólico a 72 horas de maceración, seguido del extracto acuoso en ebullición a un tiempo de 60 minutos. Así mismo, con respecto a la variable polifenoles residuales y taninos hidrolizables (ácido tánico) también hubo diferencia significativa entre los tratamientos mostrando mayor diferencia en T4 seguido del extracto acuoso en ebullición a un tiempo de 60 minutos.

Para el análisis gráfico se utilizó GraphPad Prism versión 5.00 para Windows., en la cual se ha considerado:

1: extracto acuoso a 30' de ebullición, 2: extracto acuoso a 60' de ebullición; 3: extracto etanólico en 24 horas de maceración; 4: extracto metanólico en 72 horas de maceración; 5: extracto metanólico en 24 horas de maceración y 6: extracto metanólico en 72 horas de maceración.

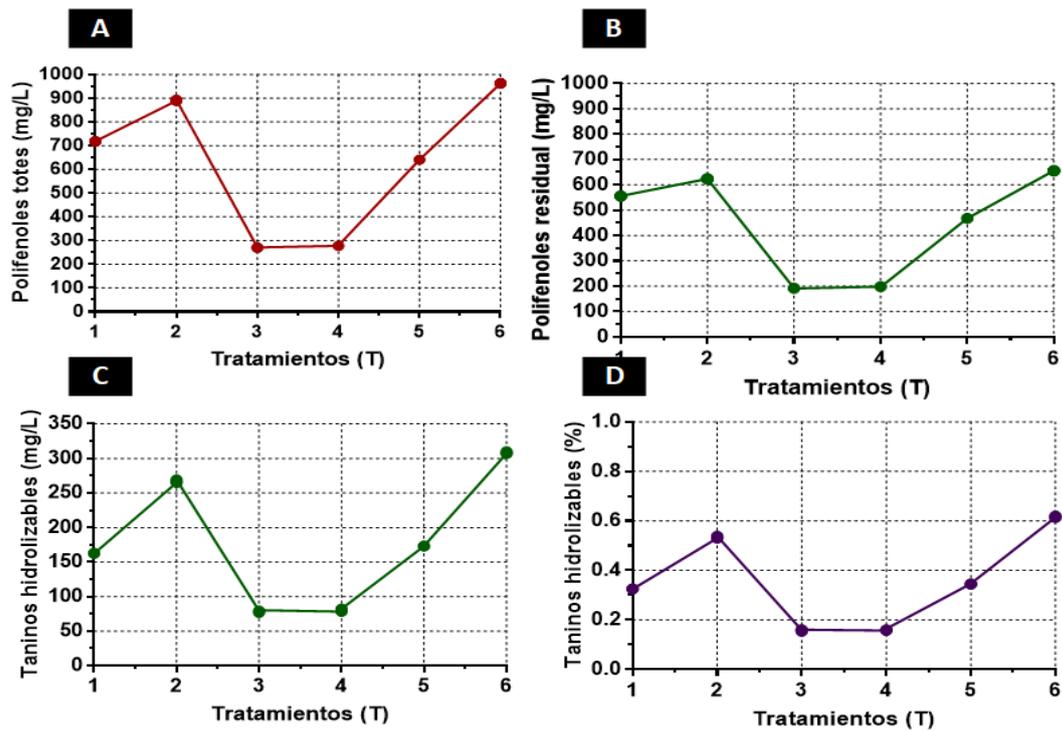


Figura 8. (A) Contenido de polifenoles totes expresados en mg de ácido gálico/L de solución de extracto (B) Contenido de polifenoles residuales tratada con gelatina, cloruro de sodio y alumbre expresados en mg de ácido gálico/L de solución de extracto, (C) Contenido de taninos expresado en mg de ácido tánico/L de solución de extracto, (D) Taninos expresados en porcentaje de ácido tánico.

4.6. Proceso de curtido

4.6.1. Taninos para curtiembre

En la extracción de los taninos de la almendra para cada solvente utilizado, dio como resultado un líquido concentrado oscuro (Figura 9).



Figura 9. Solución tánica (almendra de mango criollo) para el curtido (pH=5).Elaboración propia

A continuación se presentan las muestras M₁, M₂ y M₃ de pieles de ganado vacuno sometidas al proceso de curtido.

4.6.2. Etapas

Tabla 9
Etapa del pelambre

Muestras		
M ₁	M ₂	M ₃
		

Tabla 10
 Curtido a pH=5

	Muestras		
	M ₁	M ₂	M ₃
1^{er} día			
4^{to} día			
8^{vo} día			
16^{vo} día			

Nota. M₁, M₂, M₃ en diferentes tiempos.

V. DISCUSIÓN

En la tabla 3 se muestra la composición química del endocarpio y la almendra del mango criollo de Chulucanas, en donde el contenido de carbohidratos de la almendra es de 69,78% y proteínas 11,17% constituyendo un potencial de valorización de residuos. Estudios realizados por (Saleem Dar et al., 2016) reporta la composición respecto a la humedad, proteína, lípidos, carbohidratos, fibra y ceniza de diversas variedades de mango respecto a la pulpa del fruto, no se ha encontrado estudios de la composición en el endocarpio y almendra del fruto del mango criollo (*Mangifera Indica L*), por lo que la presente investigación constituye la base para futuras investigaciones .

En la tabla 4 se muestra los extractos del endocarpio y de la almendra del mango criollo para la identificación de taninos en diferentes solventes aplicados en 6 tratamientos respecto al tiempo de maceración en los solventes. En donde se puede apreciar que los extractos del endocarpio para todos los tratamientos dieron negativo, esto indica que no presenta taninos hidrolizables, sin embargo, los extractos de la almendra presentaron positivo para todos los tratamientos presentando una coloración negro azulado como se observa en las imágenes de los tubos de ensayo.

De acuerdo a los resultados presentados en la tabla 6, se realiza la cuantificación de los polifenoles totales y de los taninos hidrolizables de la almendra del mango obteniéndose una mayor concentración de taninos en el extracto metanólico en comparación con el acuoso, pero la manipulación del metanol representa riesgo por ser inflamable y tener un punto de ebullición bajo de 64,7° C, por lo que se utilizó el concentrado obtenido de la extracción con agua hervida, luego enfriada, filtrada dos veces y obtenida la solución tánica, que sirvió para el proceso de curtido.

La presente investigación se llevó a cabo en temporada de verano en la ciudad de Chiclayo con temperaturas de 32°C, factor que influyó de manera negativa en la solución tánica, por lo que el proceso de curtido se llevó a refrigeración; culminando de manera óptima y evitando así la putrefacción por agua y al ataque por microbio.

En la figura 7 de la curva de calibración de absorbancia vs mg ácido gálico/l se observa un r^2 (coeficiente de determinación) = 0,9991 lo que indica una linealidad aceptable, el cual permitirá obtener los datos de polifenoles y taninos con mínimas desviaciones estándar (σ) tal como se muestra en la Tabla 6.

VI. CONCLUSIONES

- Al caracterizar la semilla de mango criollo se obtuvo que la almendra contiene mayor porcentaje de carbohidratos (69,78%) y proteínas (11,17%) constituyendo un gran potencial de recurso.
- En la identificación de taninos, solo la almendra dio positivo para taninos en los diferentes extractos identificando la presencia de tanino hidrolizable.
- El tipo de solvente y tiempo de maceración influyen en el rendimiento de extracción de taninos de la almendra de mango criollo; obteniendo una mayor concentración de taninos en el extracto metanólico (72 hr.) (0,6164%) expresado en ácido tánico en comparación con el acuoso (60 min.) (0,5339%); en donde en el análisis de varianza (ANOVA) resultó significativo para el extracto metanólico: polifenoles totales, polifenoles residuales y taninos (ácido tánico).
- la mayor fijación de los taninos en la piel del ganado vacuno se logró a un pH de 5 ,obteniendo un cuero con buena apariencia

VII. RECOMENDACIONES

- Considerar a los residuos orgánicos como recursos económicos, fuente de compuestos valiosos para su aprovechamiento.
- Debido a que los taninos se encuentran en plantas, cortezas, semillas, hojas y las pieles de las frutas, se debe impulsar investigaciones para su extracción y posterior aplicación en la línea alimentaria con múltiples beneficios para la salud.
- Continuar con investigaciones en curtido vegetal, pues la región Lambayeque cuenta con una riqueza de flora con gran potencial de taninos.
- Es fundamental contar con una campaña de educación ambiental y llevar a cabo una evaluación de la misma, para involucrar a la ciudadanía y considerarla como protagonista principal de los sistemas de gestión de residuos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abdelsalam, M., Nasr, A., & Azzam, A. (2013). Effect of tanning method and region on physical and chemical properties of barki sheep leather. *Egyptian Journal of Sheep and Goat Sciences*, 123-130. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/312988363_Effect_of_Tanning_Method_and_Region_on_Physical_and_Chemical_Properties_of_Barki_Sheep_Leath
- Agrobanco. (2007). *Cultivo de Mango*. Lima: Área de desarrollo.
- Angaspilco, F., & Cardenas, W. (2017). *Determinación de taninos y flavonoides del extracto acuoso de vainas de Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze "Taya" procedentes de las provincias de Jaén, Contumazá y Cajamarca*. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrel. Cajamarca.
- Ávalos, G., & Pérez, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Rev. Reducta* 2 (3):, 45 - 119. Recuperado de http://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo_secundario_de_plantas.pdf.
- Chávez, A. (2015). *Evaluación de las características físicas del cuero de llama (Lama glama) raza q'ara de dos dientes de edad curtido con cuatro niveles de tara (Caesalpinia spinosa)*. Huancavelica. Recuperado de: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/770/TP%20-%20UNH%20ZOOT.%200040.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Colina, A. (2016). *Análisis fitoquímico, determinación cualitativa y cuantitativa de flavonoides y taninos, actividad antioxidante, antimicrobiana de las hojas de "Muehlenbeckia hastulata (J.E.Sm) I.M. Johnst" de la zona de Yucaj (Cusco)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Condori, R. (2017). *Curtición vegetal de piel de alpaca (Vicugna pacos wedd) con extracto tánico de Tola (Parastrephia lepidophylla) y Sábila (Aloe vera)*. Puno. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5079/Condori_Valencia_Rosa.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Dela, M., Rodrigues, B., Mattge, M., & Valdeci, J. (2018). Using vegetable tannin and polyaluminium chloride as coagulants for dairy wastewater treatment: A comparative study. *Journal of Water Process Engineering*, 173 - 181.
- Estrella, S., & Hidalgo, S. (2015). *Alternativas de Mercado para la Exportacion del Mango Fresco (Mangifera indica. L)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Galicia, V., & Nolasco, D. (2006). *Determinación de Taninos en Corteza y Hojas de Tamarindus indica (Tamarindo), Terminalia catappa (Almendro), Spondias purpurea (Jocote)*. Universidad de el Salvador, San Salvador.

- García, T., & Jarquín, A. (2015). *Estudio de la extracción de los taninos de la semilla de mango de las variedades criollas, para la elaboración de un complemento alimenticio para aves de engorde y preparación de un tinte de curtiembre a partir de los taninos extraídos*. (Monografía).Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua.
- Iade, J., Casanova, S., Losada, L.y Larrosa, A. (2012). Aprovechamiento de subproductos de la faena de aves. Curtido de pieles de pata de gallina. *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay*. N°7, Recuperado de file: ///C:/Users/USUARIO/Downloads/178.
- Isaza, J. (2007). Taninos o polifenoles vegetales. *Rev. Scientia et Technica 1 (33)*., 8 - 13. Recuperado de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/5817/3399>.
- Khanbabaee, K., & Van, T. (2001). Tannins: Classification and Definition. *The Royal Society of Chemistry*, 641-648.
- Kuria, A. (2015). *Evaluation of tanning strength and quality of leathers produced by selected vegetable tanning materials from Laikipia County, Kenya*. (Master's Thesis), University of Nairobi. Recuperado de <http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/hand>.
- Lamiter, G. (2016). *Official Methods of analysis of AOAC International, 20th Edition*.
- Lastra, H., Rodríguez, E., Ponce de León, H., & González, M. (2000). Método analítico para la cuantificación de taninos en el extracto acuoso de romerillo. *Rev. Cubana Plant Med*, 5(1), 17-22.
- Melgar, O. (2005). *Tecnología del Cuero tomo 1 procesos de curtición control de calidad y Maquinarias*. Hualhuas Huancayo, 215.
- Minagri. (2017). Dirección General de Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura y Riego. Boletín Perfil Técnico N°4. Mayo del 2017. <http://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2017?download=11210:boletin-de-mango-crecen-exportaciones-peruanas>.
- Musa, A., & Gasmelseed, G. (2012). Characterization of Lawsonia inermis (Henna) as Vegetable Tanning Material. *Journal of Forest Products & Industries*, 35 - 40.
- Mwinyihija, M., Strachan, J., Dawson, J., Meharg, A., & Kilham, k. (2006). *An eco toxicological approach to assessing the impacts of tanning industries effluent on river health*. Arch Environ Contam Toxicol 50.
- Nzikou, J., Kimbonguila, A., Matos, L., Loumouamou, B., Pambou-tobi, G., Ndangui, C., . . . Desobry, S. (2010). Extraction and Characteristics of Seed Kernel Oil from Mango. *Research Journal of Environmental and Earth Science*, 31-35.
- Peñarrieta, M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. y Bravo, J.(2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos .*Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68-81. Universidad Mayor de San Andrés ,La Paz, Bolivia.

- Perea, A., Perea, M., Dorado, P., & Manzano, F. (2018). Mango stone properties as biofuel and its potential for reducing CO₂ emissions. *Journal of Cleaner Production*, 53-62.
- Obiero, D.; (2014). *Evaluation of Plectranthus Barbatus as a potential vegetable tanning agent in Nyamira County, Kenya*. (Master's Thesis). University of Nairobi. Recuperado de <http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/97463/Award%20Thesis%20marked%20for%20lib.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Recalde, A. (2007). *Evaluacion del efecto del presecado y tiempo de fermentacion, en los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y ácidos volatiles en dos genotipos de cacao*. Universidad Central, Ecuador.
- Rumainum, I., Worarad, K., Srilaong, V., & Yamane, K. (2018). Fruit quality and antioxidant capacity of six Thai mango cultivars. *Agriculture and Natural Resources*.
- Santiago, L. S. (2005). *Análisis de la producción y comercialización del mango (Mangifera indica L.) en México*. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/200/T15078%20SEGUNDO%20SANTIAGO%2C%20LEONEL%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Saleem, M., Oak, P., Chidley, H., Deshpande, A., Giri, A., & Gupta, V. (2016). Chapter 19 - *Nutrient and Flavor Content of Mango (Mangifera indica L.) Cultivars: An Appurtenance to the List of Staple Foods*. Nutritional Composition of Fruit Cultivars.445-467. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124081178000192>
- Shah, K., Patel, M., Patel, R., & Parmar, P. (2010). Mangifera Indica (Mango). *Pharmacognosy Review*, 42 - 48.
- Suárez, S., Amaya, O., Soto, L., & Costa, C. (2006). *Guía ambiental para la industria del curtido y preparado de cueros*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia.
- Torres, J., Talens, P., Escriche, I., & Chiralt, A. (2006). Influence of process conditions on mechanical properties of osmotically dehydrated mango. *Journal of Food Engineering*, 74(2), 240 - 246: Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877405001494>.
- Venegas, E. (2012). Cuantificación de flavonoides totales y taninos presentes en el extracto acuoso de hojas de Thea sinensis L. y su capacidad antioxidante. *Rev. Scientia* 4(2), 75 - 161.

IX. ANEXOS

9.1. Determinación de los pesos del mango criollo.

Nº de Muestra	Peso de la fruta	Piel	Pulpa	Peso de la semilla	Almendra	Endocarpio Fibroso
1	142,80	26,10	96,40	20,30	11,30	9,00
2	150,30	26,30	97,80	26,20	15,60	10,60
3	129,50	25,80	80,70	23,00	13,30	9,70
4	131,50	29,30	77,30	24,90	15,00	9,90
5	140,80	33,00	85,10	22,70	12,30	10,40
6	113,20	31,60	63,50	18,10	11,10	7,00
7	121,20	24,20	77,20	19,80	12,50	7,30
8	147,10	33,20	92,40	21,50	13,30	8,20
9	139,00	26,00	91,70	21,30	14,10	7,20
10	125,10	26,60	81,30	17,20	10,10	7,10
11	164,50	33,70	107,70	23,10	13,20	9,90
12	190,20	47,20	119,10	23,90	12,40	11,50
13	166,80	44,20	98,20	24,40	15,00	9,40
14	131,20	32,50	78,80	19,90	11,90	8,00
15	145,80	35,40	85,40	25,00	15,50	9,50
16	161,11	22,21	118,38	20,52	13,12	7,40
17	115,61	19,32	80,52	15,77	9,63	6,14
18	120,80	20,48	85,84	14,48	9,18	5,30
19	148,54	21,91	109,75	16,88	9,90	6,98
20	141,85	20,83	108,21	12,81	5,08	7,73
21	168,15	27,79	119,09	21,27	14,94	6,33
22	119,10	21,05	81,48	16,57	10,61	5,96
23	155,40	19,67	118,77	16,96	10,53	6,43
24	130,00	21,87	90,04	18,09	9,74	8,35
25	154,95	26,78	108,81	19,36	11,44	7,92
26	144,44	22,59	104,76	17,09	12,09	5,00
27	137,55	23,66	93,22	20,67	13,12	7,55
28	116,39	25,83	75,32	15,24	10,61	4,63

29	162,16	25,56	113,46	23,14	15,29	7,85
30	146,66	26,41	103,06	17,19	11,96	5,23
31	174,19	30,86	118,11	25,22	16,41	8,81
32	165,11	31,34	110,01	23,76	13,04	10,72
33	137,06	26,25	92,93	17,88	10,42	7,46
34	165,79	30,33	114,04	21,42	13,47	7,95
35	158,38	27,78	106,87	23,73	14,58	9,15
36	163,73	27,90	109,79	26,04	16,78	9,26
37	159,86	33,16	103,15	23,55	14,59	8,96
38	143,12	26,69	95,61	20,82	13,62	7,20
39	179,98	32,88	123,32	23,78	14,91	8,87
40	148,96	27,77	102,27	18,92	10,49	8,43
TOTAL	5857,9 g.	1116,02 g.	3919,41 g.	822,46 g.	502,15 g.	320,31 g.
Promedio	146,45 g.	27,90 g.	97,99 g.	20,56 g.	12,55 g.	8,01 g.

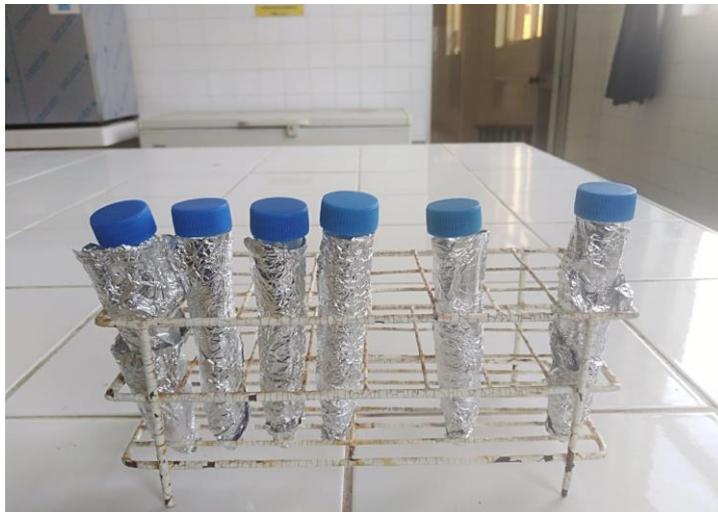


Figura 10. Muestras para sustracción de taninos protegidas de la luz.