

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Hace 2500 A.C. la capacidad de observación del hombre prehistórico puso en evidencia lo siguiente, si una piel de animal (cuero crudo) entraba en contacto con algún tipo de corteza, madera u hojas de ciertas plantas, ésta se manchaba y curiosamente, las partes afectadas resultaban resistentes a la putrefacción. A consecuencia de esto, el hombre inició el desarrollo de la industria del curtido de cuero en base a la utilización del tanino.

El curtido vegetal empezó cuando las pieles se introducían en un charco de agua rodeado de árboles. Trozos de madera, corteza y hojas flotaban en el charco que contenía “agentes” naturales o químicos que curtían la piel. Este tipo de tratamiento fue el primero en la industria de la piel hasta el siglo XIX cuando surgió el proceso de curtido con cromo.

Los taninos se presentan en especies de familias vegetales de todo el mundo, se han identificado aproximadamente 500 especies de plantas que contienen varias cantidades de taninos, son sustancias extraíbles que se producen en diversas partes de las plantas, como son: corteza, frutos, hojas, raíces y semillas, la especificidad de las plantas le da a los taninos diferencias en color, calidad y concentración, tienen un ligero olor característico a madera de Quebracho Colorado, sabor amargo y astringente y su color va desde el amarillo hasta el castaño oscuro.

Los taninos se utilizan en el curtido ya que al ser absorbidos por la piel forman combinaciones insolubles transformando estas pieles en cuero, de esta forma aumenta la resistencia del cuero al calor, putrefacción por agua y al ataque por microbios. El curtido con extractos vegetales se utiliza con la única finalidad porque proporciona un tipo de cuero con identidad propia, del cual no se conoce que produzca alergias, tiene esta propiedad por ser un producto vegetal.

La principal aplicación del cuero curtido vegetal, para suela de zapato, resulta insustituible ya que en tiempos lluviosos, las fibras del cuero al humedecerse con

agua aumentando el diámetro desde 60 a 100 micrómetros y se reducen los espacios interfibrilares proporcionando impermeabilidad al agua, mientras que en tiempos secos presenta una gran capacidad de absorción de sudor.

Las exportaciones de cuero y sus manufacturas pasaron de 22 millones de dólares en 2005 a 58 millones en 2013, registrando un crecimiento del 168% en dicho período destaca el balance del Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), destacándose las ventas externas de curtidos de cueros y pieles de bovinos.



Fuente: Cueronet.com (2014)

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Promueve Bolivia, los principales países destino son Italia con el 58% sobre el total del valor exportado, le sigue Paraguay 9% y China 9%. Asimismo se exporta manufacturas terminadas a España, Hong Kong y Chile. (Bolivia, 2014).

En Bolivia el índice de exportación de cuero es de 0.3 % a nivel mundial haciendo un total de 800000 unidades de cueros, anual.

1.1.1. Diagnóstico: Identificación, selección y caracterización del Problema

En la provincia Gran Chaco se tiene una elevada deforestación legal e ilegal donde en aprovechamiento de un árbol es de un 40 % en madera quedando como residuo en el campo un 60 % sin aprovechar.

El principal problema que se tiene en el departamento es la falta de cortinas vegetales.

Es necesario industrias que procesen la materia prima residual de los árboles deforestados por la actividad maderera.

Tabla I-2
Mercados proveedores de cortinas vegetales a Bolivia

Exportadores	2010	2011	2012	2013	2014
	Cantidad importada, Toneladas	Cantidad importada, Toneladas	Cantidad importada, Toneladas	Cantidad importada, Toneladas	Cantidad importada, Toneladas
Mundo	215	262	198	245	370
EE.UU	182	235	163	201	316
India	7	0	6	16	21
Perú	7	14	16	15	20
Brasil	7	6	7	5	6
Chile	4	4	3	3	5
Argentina	30	24	25	30	35
Alemania	0	0	0	1	1
España	0	0	0	1	1
Colombia	5	0	0	0	0
Francia	1	0	0	0	0

Fuentes: Cálculos del CCI basados en estadísticas de UN COMTRADE.

En la siguiente tabla se tiene la demanda por año de cortina vegetal de quebracho colorado que es importado a Tarija de la república Argentina.

Tabla I-3
Demanda por año de curtientes vegetal en Tarija

Curtiembres en Tarija	Demanda curtiente vegetal Ton/año	Precio Bs	Cantidad de cueros curtidos
San Lorenzo	45	1134000	40000
San Juan	37	932400	32888

Fuente: Elaboración propia

En este contexto, para dar la solución que exige el problema es necesario aprovechar las partes del Quebracho colorado que quedan como residuo en campo.

1.2. OBJETIVOS

Los objetivos que se persiguen durante la realización de la siguiente investigación son:

1.2.1. Objetivo General

Obtención de Tanino (curtiente vegetal) del Duramen residual de la explotación del Quebracho Colorado de Itau, Provincia Gran Chaco del departamento de Tarija.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima duramen residual de la explotación de quebracho colorado de Itau, Provincia Gran Chaco del departamento de Tarija.
- Formular la fase experimental del proceso tecnológico de obtención de Tanino (curtiente vegetal) del Duramen residual en la explotación del Quebracho Colorado de Itau, Provincia Gran Chaco del departamento de Tarija.
- Caracterizar el tipo del Tanino (curtiente vegetal), obtenido del Duramen residual de la explotación del Quebracho Colorado de Itau, Provincia Gran Chaco del departamento de Tarija.
- Analizar y valorar los resultados experimentales del Proceso Tecnológico de obtención de Tanino (curtiente vegetal) del Duramen residual de la explotación del Quebracho Colorado de Itau, Provincia Gran Chaco del Departamento de Tarija.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El quebracho colorado en Bolivia se encuentra en los departamentos de Tarija, Santa Cruz, La Paz y Chuquisaca como flora silvestre, su aprovechamiento es fundamentalmente maderable en tan solo un 40% y el 60 %, queda como residuo en campo, siendo una fuente potencial valiosa para la extracción de Taninos, requeridos por el mercado y la industria nacional del cuero que actualmente son importados del exterior con la consiguiente dependencia, fuga de divisas y un impacto negativo en la productividad de las industrias consumidoras del mismo lo que frena su crecimiento y expansión para procesar la importante cantidad de cuero que se obtiene del faenado de ganado en todo el Chaco, Santa Cruz y la Amazonia.

1.3.1. Justificación social

Se generará fuentes laborales para las personas que habitan en las zonas de donde haya la materia prima creciente expansión de la industria del cuero en Bolivia que demanda tanino.

1.3.2. Justificación tecnológica.

En el ámbito tecnológico existe la disponibilidad de tecnología, sin grandes inversiones para la producción de tanino y poder aprovechar la materia prima actualmente desechada como son los residuos de la explotación del quebracho colorado en el Gran Chaco.

1.3.3. Justificación económica.

La actividad generara desarrollo económico, sustituirá parte de las importaciones de taninos del exterior, cubrirá parte de la demanda con producto nacional de calidad y a menores precios, lo que potenciará la productividad del sector de producción de cueros y productos del mismo en Bolivia.

1.3.4. Justificación ambiental.

El desarrollo de la industria, olvidando las implicaciones que un adecuado manejo de las cargas contaminantes generadas por estas actividades pueden causar al ambiente

poniendo en riesgo su bienestar, debido a que los diferentes procesos industriales implican la transformación de materias primas y productos.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción

2.1. El duramen.

El duramen es la madera que se encuentra ocupando la parte central del tronco y ramas de un árbol. Está compuesto por células biológicamente muertas cuya función es proporcionar al tronco del árbol una estructura interna fuerte y resistente con la cual poder sostener el peso de ramas y copas.

Es rodeado por la albura y por lo general es de color más oscuro u otro color distinto al de la albura por estar saturado por ciertas sustancias preservantes que el mismo árbol produce, el duramen es mucho más pesado, duro y resistente que la albura y más resistente al ataque de hongos e insectos y también se lo conoce como el “corazón” de la madera.

Todos los árboles tienen duramen de color. Algunas son lisas y brillosas, otras son ásperas, gruesas y con salientes. También es diversa su coloración.

2.1.1. Composición química del duramen.

La composición varía de acuerdo al tipo de árbol

Tabla II-1
Composición Química del duramen del Quebracho colorado

Componentes	Porcentaje (%)	Duramen	
		Componentes	Porcentaje %
Carbono (C)	50	Tanino	20
Oxígeno (O)	42	No tanino	1.5
Hidrogeno (H)	6	Insolubles	59.5
Otros	2	Humedad	19.0

Fuente: Quebracho colorado Ernesto Mezey (1984)

Los componentes principales del duramen son la celulosa, un polisacárido que constituye alrededor de la mitad del material total, la lignina (aproximadamente un 25%) que es un polímero resultante de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropiólicos que proporcionan dureza y protección y la hemicelulosa

(aproximadamente un 25%) cuya función es actuar como unión de fibras. También existen otros componentes minoritarios como resinas, ceras y grasas, taninos y otras sustancias.

2.1.2. Fracción fibrosa

La fracción fibrosa consiste químicamente en polisacáridos (celulosa y hemicelulosas) y lignina.

- **Polisacáridos.** Predomina la celulosa, que se encuentra en más de un 30 %. Las hemicelulosas están contenidas en la corteza en menor cantidad que en la madera (4 - 15 %).

2.1.3. Minerales

Los minerales, expresados como cenizas, alcanzan hasta un 5 %. Los metales se presentan como sales que incluyen oxalatos, fosfatos, silicatos, etc. Algunos de ellos están enlazados a los grupos carboxilos de los ácidos. Predominan calcio y potasio. También contiene trazas de otros elementos como boro, cobre y manganeso.

2.2. Descripción del árbol quebracho colorado.

Nombre científico: *Schinopsis (Barkley.) T Meyer*

Familia: *Anacardiaceae.*

Nombres populares: Quebracho colorado.

Origen del nombre científico: Lleva el del botánico *Schinopsis Balansae.*

Características dendrológicas.- El quebracho colorado es un árbol de 10 a 20 m. de altura y 0.60 a 1.5 m. de diámetro. La corteza tiene color castaño-grisáceo las hojas son simples de color verde oscuro de 3 a 6 centímetros de largo y de 1 a 2 cm de ancho. El fruto de una sámara esclerificada, de color castaño verdoso de 2 a 4 centímetros de largo y de 7 a 12 milímetros de ancho, en corte transversal de la madera muestra una albura blanca dentro de la cual se encuentra la madera del corazón de color rojo oscuro.

Tabla II-2
Maderas fuentes de taninos

Parte Usada	Nombre Común	Tipo de Tanino
Madera	Catecú	Condensado
	Urunday	Condensado
	Castaño	Hidrolizable
	Algarrobo	Hidrolizable
	Roble	Hidrolizable
	Quebracho	Condensado
	Eucalipto	Condensado

Fuente: Revista de Química. (1992)

2.2. Descripción del extracto tánico

La extracción del tanino puro es extremadamente difícil debido a las numerosas sustancias que acompañan a los vegetales y a la facilidad con que se modifican por polimerización, oxidación en el curso de las operaciones de extracción.

El extracto tánico está compuesto por los siguientes componentes: No tanino, insolubles y tanino

2.3.1. No taninos

Los extractos tánicos contienen sustancias no curtientes las cuales se extraen juntamente con el tanino. A estas sustancias se denomina como no taninos, están constituidas por: hidratos de carbono de distintos tipos, ácidos orgánicos que en parte se encuentran en el vegetal, fenoles simples que no han alcanzado magnitud molecular del tanino.

En los análisis los no-taninos pueden diferenciarse en orgánicos e inorgánicos (minerales)

2.3.2. Insolubles

Las sustancias insolubles son sustancias que no se solubilizan en el agua, pero que por su tamaño pequeño no dañan sino que favorecen el curtido o dan peso. Algunos de los curtidos vegetales como el de suela pura se vende por kilo y es necesario tener entonces sustancias que le den peso. Las sales de magnesio forman tanatos insolubles

y no solo favorecen al curtido final dándole peso sino dan una menor permeabilidad al agua y una mayor fijación de los taninos.

2.3.3. Tanino

Los taninos son sustancias extractivas que se encuentran en hojas, frutos, cortezas y madera de algunas especies arbóreas.

La formación del tanino en el vegetal estaría ligada a la función clorofiliana: fenómenos de fotosíntesis dependientes de la luz solar, la clorofila y el dióxido de carbono, Se admite que los taninos se formarían por una transformación de los sacáridos que producirían derivados cíclicos, los que sufrirían enseguida condensaciones y oxidaciones variables, pero cuyos detalles no son aún bien conocidos.

Los taninos son polímeros polifenólicos producidos en las plantas que tienen habilidad de formar complejos con (proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos, etc.) y son solubles en agua, alcohol y en acetona

Los taninos tienen un ligero olor característico a madera de Quebracho Colorado, sabor amargo y astringente, y su color va desde el amarillo hasta el castaño oscuro. Expuestos al aire se tornan oscuros y pierden su efectividad para el curtido debido a la fermentación.

Los taninos se utilizan en el curtido porque reaccionan con las proteínas y colágeno presentes en las pieles de los animales, uniéndolas entre sí, de esta forma aumenta la resistencia del cuero al calor, a la putrefacción por agua, y al ataque por microorganismos.

El contenido tánico, dentro de una misma especie del Quebracho Colorado, depende de la edad, estación del año que se realiza la tala y del lugar geográfico donde se ha desarrollado.

2.3.3.1. Clasificación de taninos.

Los taninos se clasifican en dos grandes grupos

Taninos hidrolizables o pirogálicos

Taninos no hidrolizables (condensados o catequínicos)

Los taninos hidrolizables en medio ácido y a ebullición forman productos solubles en agua.

Los taninos no hidrolizables bajo las mismas condiciones forman precipitados.

2.3.3.1.1. Taninos hidrolizables o pirogálicos.

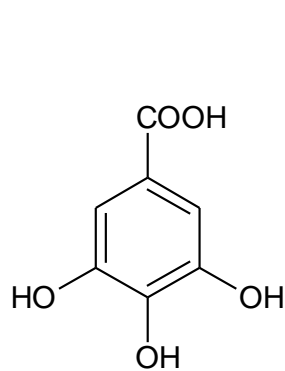
Los extractos tánicos hidrolizables o pirogálicos son aquellos que por hidrólisis en medio ácido y a ebullición forman productos solubles en agua.

Su constitución está caracterizada por el hecho de que el núcleo bencénico está unido al segundo compuesto por intermedio de átomos de oxígeno.

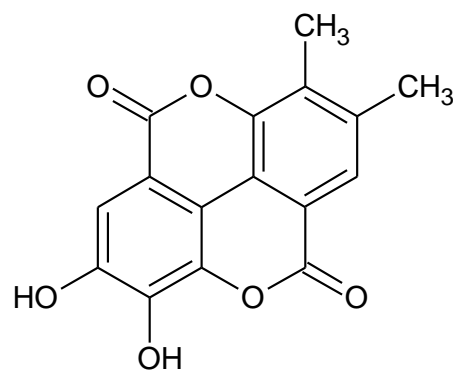
Depositán, habitualmente, ácido elágico (compuesto amarillento, cristalizado y poco soluble en agua) finamente dividido que forma en el fondo de las cubas y eflorescencias en el cuero. Con sales de hierro dan coloración negro-azulada.

Los extractos tánicos hidrolizables se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Aquellos que forman ácido gálico y glucosa a través de hidrólisis llamados extractos gálicos.
- Aquellos otros que dan ácido elágico y glucosa llamados extractos elágicos.



Ácido gálico



Ácido elágico

Las plantas contienen diversos tipos de moléculas fenólicas, las cuales para que puedan actuar de agentes curtientes deben alcanzar un tamaño mínimo de 7 Carbono para obtener una cierta reactividad.

Características de Taninos Hidrosolubles o Pirogálicos

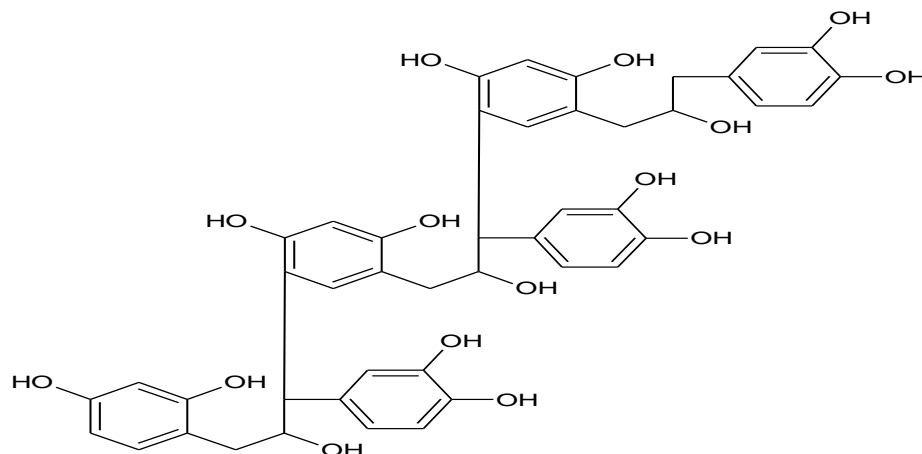
- Dan coloración azul con FeCl_3 .
- No precipitan con soluciones de Bromo.

2.3.3.1.2. Taninos no hidrolizables o condensados.

Los extractos condensados o catequínicos en condiciones temperatura forman precipitados. Sus núcleos constituyentes están reunidos entre sí con intervención de átomos de carbono. Se les llama catequínicos porque sometidos a destilación seca, casi todos, dan pirocatequina que es uno de los fenodíoles que se obtiene en la destilación seca de varias sustancias.

Es otro tipo de extracto tánico presente en las plantas, solo contienen pequeñas cantidades de hidratos de carbono, a cuales no se encuentran unidos químicamente a las sustancias fenólicas.

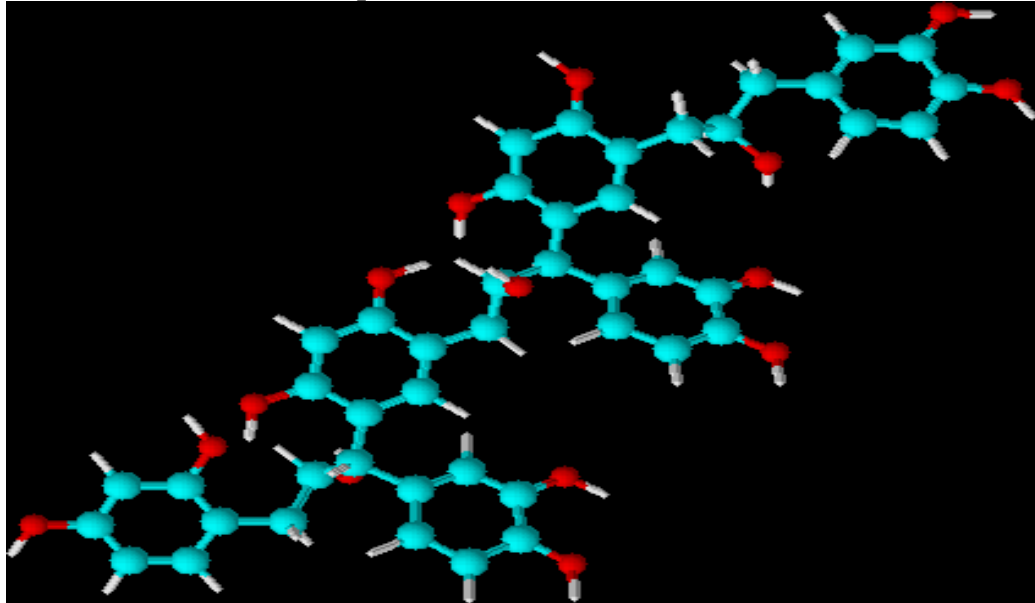
Fig. II-1
Catequina del Quebracho colorado



(2R,3S)-2-(3,4-dihydroxifenil)-3,4-dihidro-2H-cromeno-3,5,7-triol
CATEQUINA

Fuente: El quebracho colorado y su extracto tánico Ernesto Mezey (1945).

Fig. II-2
Catequina del Quebracho colorado



Fuente: Propia.

La representación en 3D se izó en software chemicat

Características de los Taninos condensados

- Al ser tratados con ácidos en caliente, se origina una polimerización progresiva hasta dar taninos amorfos, llamados flobafenos o taninos rojos.
- Dan coloración verde con FeCl_3
- Precipitan con soluciones de bromo.

2.4. Teoría de extracción sólido -líquido

2.4.1. Definición

Muchas sustancias biológicas, así como compuestos inorgánicos y orgánicos, se encuentran como mezclas de diferentes componentes en un sólido. Para separar el soluto deseado o eliminar un soluto indeseable de la fase sólida, ésta se pone en

contacto con una fase líquida. Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos se difunden desde el sólido a la fase líquida, lo que permite una separación de los componentes originales del sólido.

Este proceso se llama lixiviación sólido-líquido o simplemente lixiviación.

2.4.2. Factores que influyen sobre la velocidad de extracción.

2.4.2.1. El tamaño de la partícula

El tamaño de la partícula afecta a la velocidad de extracción de diversas maneras

Cuanto más pequeño es el tamaño, mayor es el área de contacto entre el sólido y el líquido, por lo tanto más elevada es la velocidad de transferencia de material.

Cualquiera que sea el método de extracción empleado, generalmente la materia prima (sólido) que contiene al soluto debe acondicionarse (corte, trituración, molienda) para propiciar el contacto con el solvente y facilitar su extracción.

Pero si el tamaño de partícula es demasiado pequeño, se forman conglomerados que impiden la circulación de solvente entre las partículas y dificultan su separación del solvente provocando que las partículas de sólido puedan ser arrastradas con el solvente.

El tamaño óptimo de la partícula para la extracción de tanino está entre 0.5 cm. a 4 cm. de largo, 0.3 cm. a 0.5 cm. de ancho y el espesor está entre 1 mm. a 5 mm.

2.4.2.2. El disolvente

Un disolvente o solvente es una sustancia en la que se diluye un soluto (un sólido, líquido o gas químicamente diferente), resultando en una solución; normalmente es el componente de una solución presente en mayor cantidad.

El líquido escogido debe ser un buen disolvente selectivo, con una viscosidad suficiente baja para que pueda circular con facilidad.

- El solvente empleado debe solubilizar al soluto
- El solvente ideal es el agua (bajo costo, no tóxica, no inflamable, no corrosiva)

- El solvente empleado debe tener el mayor coeficiente de transferencia de masa posible

2.4.2.3. Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como energía cinética, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más caliente; es decir, que su temperatura es mayor.

En la mayor parte de los casos, la solubilidad del material que se está extrayendo aumentará con la temperatura ocasionando una mayor velocidad de extracción.

- Aumenta la solubilidad del soluto en el solvente
- Aumenta el coeficiente de difusión del solvente en las partículas de sólido
- Lo que provoca una mayor velocidad de extracción
- Sin embargo, temperaturas muy elevadas pueden deteriorar el producto o provocar la evaporación del solvente
- Se debe encontrar la temperatura más adecuada para cada caso en particular para este caso de extracción de taninos la temperatura más adecuada es 90 °C

2.4.2.4. La agitación del fluido

La agitación mecánica de un líquido, efectuada por lo general mediante un aparato giratorio, es adecuada en especial para dispersar sólidos, líquidos o gases en líquidos, y se utiliza para muchas de las operaciones de transferencia de masa.

La agitación del disolvente es importante ya que aumenta la difusión de remolino, incrementando transferencia de material desde la superficie de las partículas hacia la masa de la disolución.

Además, la agitación evita la sedimentación, con las suspensiones de pequeñas partículas y hace que se utilice de una forma más eficaz la superficie de contacto.

2.4.3. Métodos de operación y equipos

Las operaciones de lixiviación se realizan por lotes o semilotes (estado no estacionario) y también en condiciones totalmente continuas (estado estacionario).

En cada categoría se encuentran equipos del tipo de etapas y de contacto continuo.

Se utilizan dos técnicas principales de manejo: la aspersion o goteo del líquido sobre el sólido y la completa inmersión del sólido en el líquido.

En cualquier caso, la elección del equipo que se va a utilizar depende bastante de la forma física de los sólidos y de las dificultades y costo de manejo.

2.4.3.1. Operaciones en estado no estacionario.

Este tipo de operaciones se aplican a aquellos procesos donde el líquido y el sólido se ponen en contacto únicamente en forma de lotes y también donde un lote de sólido se pone en contacto con una corriente que fluye continuamente del líquido.

Las partículas sólidas gruesas generalmente se tratan en lechos fijos mediante métodos de percolación, mientras que los sólidos finos pueden mantenerse más fácilmente en suspensión con alguna ayuda de agitación.

➤ Tanques de percolación abiertos.

La lixiviación de un lecho estacionario de sólido se realiza en un tanque con un falso perforado para soportar el sólido y permitir la salida del disolvente. Los sólidos se cargan en el tanque, se rocían con disolvente hasta reducir su contenido de soluto a un valor económicamente mínimo y luego se vacían.

Los sólidos de tamaño intermedio pueden lixivarse adecuadamente con métodos de percolación, en tanques abiertos; la construcción de estos tanques varía de acuerdo a la naturaleza del sólido y líquido que se va a manejar y del tamaño de la operación, pero son relativamente baratos.

Las partículas sólidas por lixiviar descansan sobre un fondo falso, que consiste en una rejilla de tiras de madera colocadas en forma paralela una con respecto a la otra y lo suficientemente cercanas para sostener el sólido.

Los tanques también pueden hacerse completamente de metal, con fondos falsos perforados, sobre los cuales se coloca una tela filtro, los tanques pequeños pueden tener puertas laterales cerca del fondo para extraer el sólido lixiviado, mientras que los tanques muy grandes generalmente se vacían excavando desde la parte superior.

Los tanques deben llenarse de sólido cuyo tamaño de partículas sean lo más uniformemente posible, de esta manera el porcentaje de huecos será mayor y menor la caída de presión requerida para el flujo del líquido de lixiviación. Esto también induce la uniformidad del grado de lixiviación de cada partícula sólida y una dificultad menor ocasionada por el acanalamiento del líquido que podría pasar a través de un número limitado de pasajes a través del lecho de sólidos.

➤ **Contacto múltiple a contracorriente.**

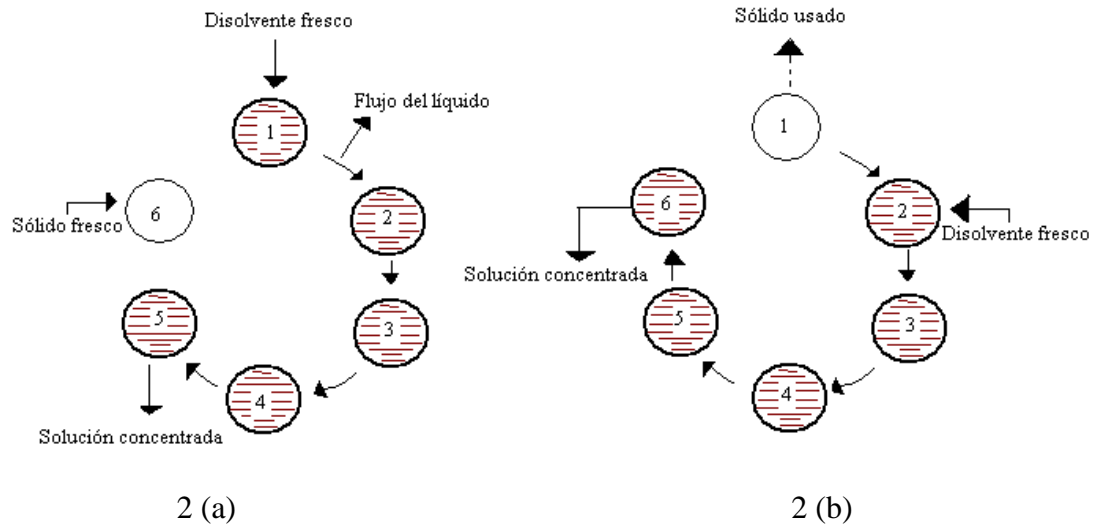
➤ **El sistema de Shanks**

La lixiviación y el lavado del soluto lixiviado de los tanques de percolación por métodos a corriente, inevitablemente darán soluciones diluidas del soluto. Se obtendrá una solución más concentrada si se emplea un esquema a contracorriente, en donde la solución final obtenida se logra por contacto con el sólido más fresco y en donde el disolvente más fresco se agrega al sólido del cual ya se ha lixiviado o lavado la mayoría del soluto.

Los demás tanques de la batería se mantienen en operación en contracorriente, avanzando los tanques de entrada y descarga a medida que se carga y retira el material.

En la siguiente figura se explica el sistema Shanks.

Fig.II-3 Contacto múltiple a contracorriente, sistema Shanks



Fuente: operaciones unitarias Robert Treybal 2Ed.

- Supóngase, que el sistema de la fig.2a ya tiene un cierto tiempo de operación, el tanque 6 está vacío, los tanques del 1-5 están llenos de sólido, el que se ha llenado más recientemente es el tanque 5 y el que lleva más tiempo, el tanque 1. Los tanques del 1-5 también están llenos del líquido de lixiviación, el más concentrado está en el tanque 5, porque está en contacto con el sólido más fresco. Se acaba de agregar disolvente al tanque 1.
- Sáquese la solución concentrada del tanque 5 y se transfiere el líquido del tanque 4 al 5, del 3 al 4, 2 al 3, del 1 al 2, y se agrega sólido fresco al tanque 6.
- Obsérvese, en la fig.2b, se descarga el sólido agotado del tanque 1 y se transfiere el líquido del tanque 5 al 6, del 4 al 5, del 3 al 4, y del 2 al 3. Se agrega disolvente fresco al tanque 2.

El sistema puede operar con cualquier número de tanques, por lo común se usan de 6-16 tanques. No es necesario colocarlos como muestra en la figura, sino que es mejor colocarlos en una hilera, llamada “batería de extracción” de esta manera, si se desea, se puede agregar más tanques al sistema. Los tanques pueden colocarse a niveles

progresivamente decrecientes, a fin de que el líquido pueda fluir de uno a otro por gravedad con un mínimo de bombeo.

- **Percolación en tanques cerrados**

Estos tipos de tanques cerrados de percolación según sus diseños varían considerablemente, de acuerdo a su aplicación. En el caso de la lixiviación de azúcar a partir de la remolacha, se utiliza un difusor.

Cuando la caída de presión para el flujo del líquido es demasiado grande para el flujo por gravedad, se deben utilizar tanques cerrados y bombear el líquido a través del lecho de sólidos. Algunas veces estos tanques reciben el nombre de “difusores”. Los tanques cerrados también son necesarios para evitar las pérdidas por evaporación cuando el disolvente es muy volátil o cuando se desean temperaturas superiores al punto normal de ebullición del disolvente.

- **Tanques con agitación.**

Los sólidos finamente divididos se pueden suspender en los disolventes de lixiviación por agitación; para la operación por lotes se utiliza una gran variedad de tanques con agitación, el acanalamiento del disolvente en la percolación, su lenta e incompleta extracción subsecuente, puede evitarse mediante la agitación del líquido y el sólido en el tanque de extracción. Para sólidos gruesos se han diseñado muchos tipos de tanque con agitación. En estos casos, los tanques cilíndricos cerrados se colocan en forma vertical, y se les ponen remos o agitadores sobre ejes verticales, lo mismo que fondos falsos para el drenado de la solución de lixiviación al final del proceso. En otros casos los tanques son horizontales, con el agitador colocado sobre un eje horizontal.

2.4.3.2. Operación en estado estacionario (continuo)

El equipo para las operaciones en estado estacionario continuo puede clasificarse en dos grandes categorías principales. Operando por etapas o en contacto continuo. Algunas veces, el equipo por etapas puede montarse en unidades múltiples, para producir efectos de varias etapas, el equipo de contacto continuo puede proporcionar el equivalente a muchas etapas en un único aparato.

Pueden utilizarse los tanques agitados mecánicamente, para los cuales es probable, que el agitador de tipo de turbina sea generalmente el más adecuado, los tanques Pachuca se utilizan frecuentemente en las industrias metalúrgicas. Es muy usado tanto en la industria metalúrgica como química para la lixiviación continua y el lavado de sólidos finamente divididos.

- **Tanques con agitación**

Los sólidos finamente molidos que son fáciles de suspender en líquidos por medio de la agitación, pueden lixiviarse continuamente en cualquiera de los muchos tipos de tanques con agitación. Estos pueden utilizarse para el flujo continuo del líquido y del sólido en y fuera del tanque y deben diseñarse con cuidado para que no haya acumulación del sólido. Debido al mezclado completo que se obtiene de ordinario,

estos aparatos funcionan en una sola etapa, además el líquido y el sólido tienden a alcanzar el equilibrio en el tanque.

- **Espesadores**

Los espesadores son aparatos mecánicos diseñados especialmente para aumentar en forma continua la relación de sólidos a líquido en una suspensión diluida de partículas muy finas mediante la sedimentación y la decantación, con lo cual se produce un líquido claro y un lodo espeso en forma de dos productos separados.

Los espesadores pueden utilizarse antes que cualquier filtro para reducir los costos de filtración. Dado que los dos efluentes se pueden bombear y, en consecuencia, ser transportados fácilmente, los espesadores se utilizan con frecuencia para lavar los sólidos lixiviados y los precipitados químicos, para eliminar la solución adherente en un arreglo continuo a contracorriente en varias etapas.

La suspensión fina de líquido y sólidos suspendidos entra en un gran tanque de sedimentación a través de un pozo de alimentación en la parte superior central, de tal forma que se evite el mezclado de la suspensión con el líquido claro en la parte superior del tanque. Los sólidos se sedimentan en el líquido que llena el tanque y el lodo sedimentado se dirige cuidadosamente hacia el cono de descarga en el fondo, mediante cuatro series de hojas de arado o rastrillos. Éstas giran lentamente, de modo que se perturbe poco el sólido sedimentado.

- **Hidrociclones**

Los hidrociclones pueden utilizarse también como separadores líquido-sólido, en lugar de los esperadores, en el lavado a contracorriente de los sólidos en una lechada.

- **Lixiviación continua de sólidos gruesos**

Se han utilizado muchos aparatos ingeniosos para mover a los sólidos en forma continua a través de un aparato de lixiviación, de forma que se pueda obtener la acción a contracorriente. A excepción de los clasificadores, que se utilizan principalmente en las industrias metalúrgicas, estas máquinas se construyeron

principalmente para los problemas especiales de manejo de sólidos, que se presentaban en la lixiviación de remolacha y de semillas vegetales como la semilla de algodón, soya y similares.

2.5. Algunos procesos de extracción de taninos

A continuación se explica los detalles de los procedimientos para luego hacer una valoración y poder seleccionar el proceso más adecuado para la obtención del tanino de Quebracho colorado.

2.5.1. Procedimientos de tipo industrial.

En el procedimiento de tipo industrial, encontramos el de "difusión en tanque abierto", el de "colado", el de "cocción", el de "autoclave", el de "Contra corriente o Sistema de lixiviación". Cada uno de ellos es útil para extraer los taninos de partes diferentes de la planta.

- **En el de "cocción"**, utilizado para la madera, primero el material se desmenuza bien en astilladoras (parecido a como se hace la pulpa para papel pero más desmenuzado), y ese material bien desmenuzado se vierte en depósitos donde se llena de agua y se hierve. Cuando el agua alcanza la mayor concentración posible de taninos se llama "licor",
- **En el de "autoclave"**, también utilizado para la madera bien desmenuzada, se utilizan las autoclaves donde se alcanzan temperaturas mayores al punto de ebullición del agua, y en las autoclaves modernas los ciclos de carga y descarga del agua en los depósitos son sólo de unos minutos, completándose el proceso en unos 45 minutos.
- **En el "Contra corriente o Sistema de lixiviación"**, recomendado para el uso de madera, cortezas y hojas, se utilizan unos compartimentos donde se pone el material, en éstas el disolvente circula a contracorriente en forma continua (en lugar de ser transvasado de tanque en tanque), hasta salir concentrado por un vertedero en el primer compartimento. El tiempo de extracción es aproximado de

2 a 3 horas.

Tabla II-3
Ventajas y desventajas de los equipos de lixiviación

EQUIPO	USOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Tanque abierto	Corteza, frutos y hojas.	El proceso resulta barato	El proceso tarda 3-4 días y las soluciones que se obtienen son más o menos concentradas.
Auto clave	Madera	El proceso dura 45 minutos.	Se producen otros componentes aparte del tanino, los cuales contaminan al producto.
Contra corriente	Madera, cortezas y hojas.	Se obtienen soluciones más concentradas en diferencia de los demás equipos.	El número de etapas depende de la cantidad de material que se utilice para la extracción.
Tanque con agitación	Sólidos finamente divididos	Con este equipo se extrae casi en su totalidad el soluto, utilizando una sola etapa. El tiempo es corto.	Se tiene que triturar el sólido hasta obtener partículas bien finas. Existe un gasto de energía en la agitación.
Tanques con percolación	Sólidos de tamaño intermedio	Este equipo es aconsejable utilizarlo cuando el producto de interés sea el sólido y no así la solución.	La solución que se obtiene es demasiado diluida.

Fuente: Elaboración propia

2.6. Selección del método

El método se elegirá de acuerdo a sus parámetros y características de operación que tienen los sistemas de lixiviación.

En el siguiente cuadro se muestra la calificación de los métodos de lixiviación.

Tabla II- 4
Selección del método de lixiviación



Fuente: Elaboración Propia

- **Recepción de la madera (duramen).**

El duramen es materia prima de naturaleza orgánica, susceptible al ataque de agentes que causan su destrucción como el agua, el sol, el viento para prevenir los efectos negativos el duramen.

La madera es recepcionada en galpón acondicionado con piso de cemento y techo para su conservación del duramen del quebracho colorado.

- **Triturado de la madera (duramen).**

El duramen es triturado hasta obtener la granulometría deseada. En esta etapa el duramen es reducido a viruta de 0.5 cm. a 5 cm. de largo, 0.3 cm. 0.5 cm. de ancho y 1mm. a 5 mm. de espesor para tener una extracción óptima del tanino.

- **Almacenamiento del Duramen.**

El duramen triturado es transportado a un depósito de viruta dispuesto para su recolección en donde se procede a dosificarla de acuerdo a las necesidades del proceso. Desde allí pasará a los equipos de lixiviación o extracción para la extracción del tanino.

- **Extracción.**

La extracción es realizada utilizando como solvente agua; es muy importante considerar la naturaleza del agua empleada pues el contenido de sales puede influir en su calidad y propiedades para evitar que los taninos se estropeen durante el proceso, el agua utilizada no debe contener cal ni hierro debe ser "agua blanda", normalmente es agua de lluvia o río limpia, si es necesario se filtra antes del proceso. a temperaturas entre 70 °C y 90°C.

La extracción se efectúa por el principio de contracorriente que consiste en hacer actuar el agua clara sobre los materiales más agotados y el jugo tánico más concentrado sobre el material que aún no ha sufrido ninguna extracción, para que se concentre al máximo.

El tanino dentro del lixiviador se difunde hacia el solvente. Una vez producida la extracción se incorpora nuevamente solvente, de modo que se extrae del duramen

hasta la más mínima partícula de tanino midiendo el pH y la concentración del extracto tánico. El duramen ya agotado se elimina, cargándose nuevamente duramen fresco.

- **Decantación.**

La decantación se realiza con el objeto de que decanten algunas impurezas.

La solución de taninos se enfría hasta 18 °C para luego dejarla reposar en decantadores por 1.5 horas dependiendo de los insolubles ya que algunos son de fácil decantación.

- **Evaporación.**

Terminada la decantación, el jugo tánico es enviado a las operaciones de evaporación en donde se hace pasar por evaporadores para eliminar el agua, hasta una cantidad aproximada de un 90 % del agua incorporada en el solvente.

La concentración debe efectuarse en ausencia de aire con ayuda de una bomba de vacío para evitar la oxidación de los taninos y a una temperatura de 75 °C.

Efectuando esta concentración se evita que durante el almacenamiento se produzcan fermentaciones que modifiquen las características del extracto.

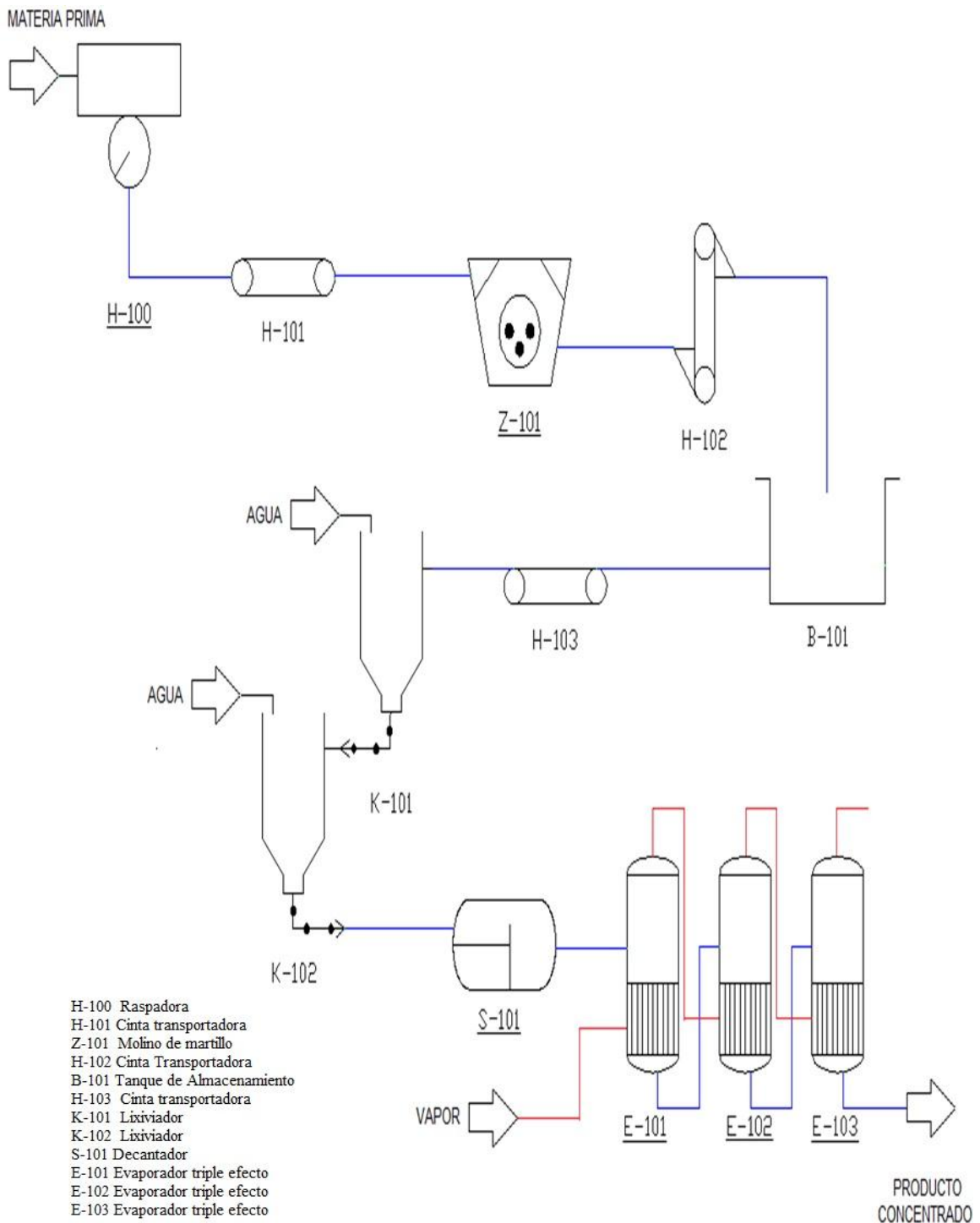
- **Secado.**

Una vez concentrado el licor, se lo puede envasar para su comercialización en forma líquida, o bien mediante la desecación se le puede convertir en polvo, eliminándose un 45 % de agua que efectivamente acarrea el extracto.

- **Envasado.**

El envasado del tanino en polvo se utiliza un sistema de empaquetado al vacío en bolsas de papel aluminio de 50 kg para evitar la descomposición por oxidación del tanino.

2.8. Diagrama de flujo proceso industrial de obtención de curtiente vegetal

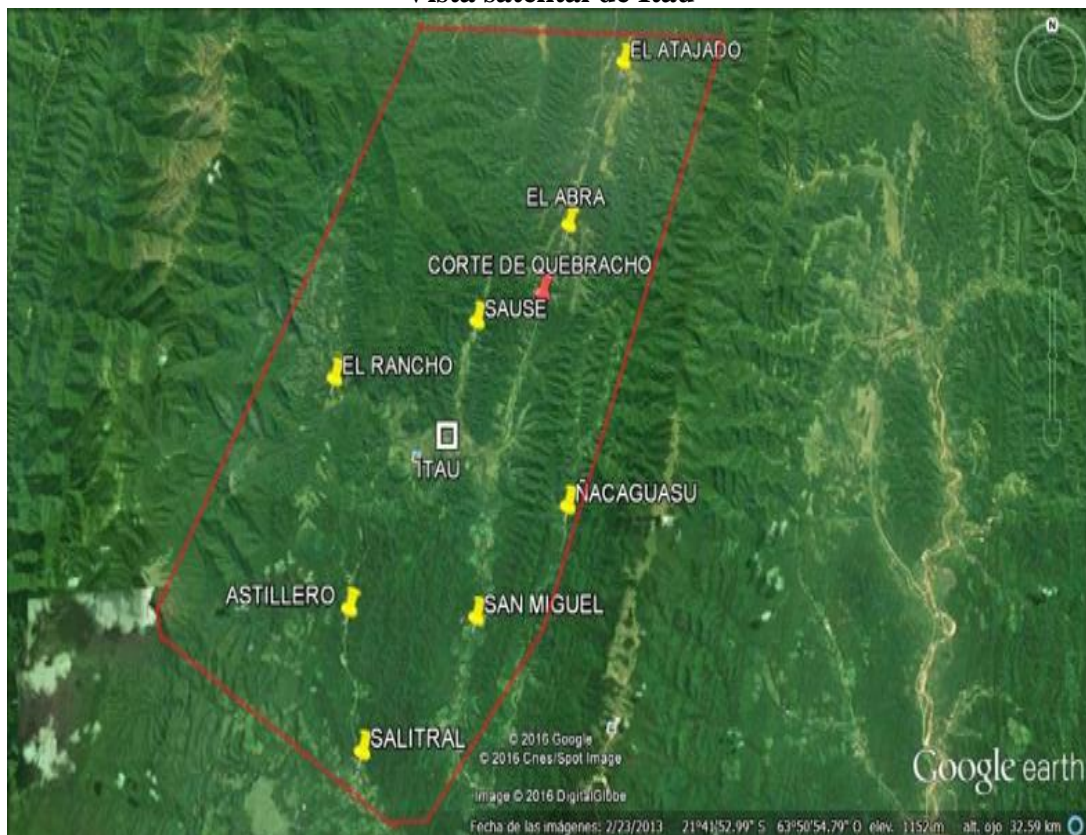


2.9. Disponibilidad de materia prima.

Datos del aprovechamiento anual de árboles en el departamento de Tarija, registran cien mil árboles que son talados por año, sin embargo, se presume que la cantidad es mucho mayor con las talas clandestinas. Según la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra (ABT).

La comunidad de Itau pertenece a Caraparí, provincia Gran Chaco del departamento de Tarija está situada al oeste de Caraparí a una distancia de 46 Km. colindando al norte con la comunidad de Zapatera y al sur con la comunidad de Aguas Blanca, Itau se encuentra ubicado en la latitud sur de $21^{\circ} 41'59.57''$ y longitud oeste $63^{\circ}52'48.57''$, con una altura S/N 980 metros una superficie aproximada 160 Km^2 (FDTA-Chaco PITA 2004).

Fig. II-5
Vista satelital de Itau



Fuente: Google Earth (2016).

Itau tiene un área aproximada 16000 hectáreas y tiene una cobertura vegetal diversa donde se encuentra el quebracho colorado aproximadamente 35 árboles de quebracho colorado por hectárea.

Tabla II-5
Promedio de la cantidad de árboles talados en Itau por año

Especie	Deforestación unidades de árboles año	Vol. Madera m³/año
Quebracho Colorado	2341	1852
Quebracho Blanco	2125	1342
Algarrobo	720	340

Fuente: Autoridad de Fiscalización y Control de Bosques y Tierra (ABT) 2014

2.10. Ley 1333 de medio ambiente

La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

ARTICULO 32°.- Es deber del Estado y la sociedad preservar, conservar, restaurar y promover el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, entendidos para los fines de esta Ley, como recursos bióticos, flora y fauna, y los abióticos como el agua, aire y suelo con una dinámica propia que les permite renovarse en el tiempo.

ARTICULO 46°.- Los bosques naturales y tierras forestales son de dominio originario del Estado, su manejo y uso debe ser sostenible. La autoridad competente establecida por Ley especial, en coordinación con sus organismos departamentales descentralizados, normará el manejo integral y el uso sostenible de los recursos del bosque para los fines de su conservación, producción, industrialización y comercialización, así como también y en coordinación con los organismos competentes, la preservación de otros recursos naturales que forman parte de su ecosistema y del medio ambiente en general.

ARTICULO 49°.- La industria forestal deberá estar orientada a favorecer los intereses nacionales, potenciando la capacidad de transformación, comercialización y

aprovechamiento adecuado de los recursos forestales, aumentando el valor agregado de las especies aprovechadas, diversificando la producción y garantizando el uso sostenible de los mismos.

ARTICULO 50°.- Las empresas madereras deberán reponer los recursos maderables extraídos del bosque natural mediante programas de forestación industrial, además del cumplimiento de las obligaciones contempladas en los planes de manejo. Para los programas de forestación industrial en lugares diferentes al del origen del recurso extraído, el Estado otorgará los mecanismos de incentivo necesarios.

ARTICULO 51°.- Declarase de necesidad pública la ejecución de los planes de forestación y agro forestación en el territorio nacional, con fines de recuperación de suelos, protección de cuencas, producción de leña, carbón vegetal, uso comercial e industrial y otras actividades específicas.

El compromiso social y legal de acuerdo a la ley la sociedad debe tener planes manejo y el uso debe ser sostenible con un aprovechamiento adecuado de los recursos forestales con programas de forestación y cumplir con la ley de medio ambiente.

CAPÍTULO III
PARTE EXPERIMENTAL

3. PARTE EXPERIMENTAL

En este capítulo se describen los puntos que se tomaron en cuenta para realizar la presente investigación.

En primer lugar se eligió el árbol del cual se va a obtener el extracto tánico, conociendo sus propiedades se buscó el método de extracción, y los reactivos para realizar los análisis necesarios para caracterizar el extracto tánico que fue extraído.

3.1 Pasos para alcanzar el proceso de extracción

3.1.1 Recolección de la materia prima

La materia prima viruta del Quebracho Colorado fue recolectada el 20 de agosto del año 2015, de la comunidad de Itau Provincia Gran Chaco,

La recolección del duramen se hizo en forma de viruta, en bolsas de cartón.

La tala y aserrado de estos árboles se realizó con motosierra.

3.1.2 Preparación de la materia prima

Para que exista una buena extracción, es necesario el tamaño de los trozos de la viruta.

El tamaño aproximado que se ha obtenido es de:

Largo: 0.5 a 5 cm.

Ancho: 0.3 a 0.5 cm.

Espesor: 1 a 5 mm.

(Ver foto 1).

3.1.3 Extracción

La extracción de tánico se realizó en un equipo que fue construido en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la carrera de Ing. Química.

El equipo construido fue en cuatro etapas, operando en contracorriente, por el método de percolación, en un lecho fijo, solo la corriente del extracto tánico se encontraba en movimiento.

Para la extracción se utilizó agua a temperaturas de 70 y 90 °C se fue sometiendo la viruta al líquido en forma sucesiva, hasta sumergirlos por completo, realizando las operaciones necesarias hasta lograr extraer hasta la más mínima cantidad de tanino.

Los parámetros a tomar en cuenta son:

Temperatura = 70 - 90 °C

Tiempo de extracción = 0.5 - 1 horas, por proceso.

Relación (s/l) = 1/5 – 1/6, utilizando 100 gramos de sólido, para 500 ml de agua por etapa.

Para el calentamiento se utilizó un termostato de inmersión ultraterm, el cual mantenía constante las temperaturas 70 y 90 °C del líquido (agua), para que esta no pueda exceder del límite definido.

El termostato lleva consigo una bomba, la cual ayuda para el transporte del agua, porque se tenía una diferencia de nivel entre el termostato y la primera etapa; el recorrido a la segunda etapa fue por el efecto de la gravedad, y de la segunda a la tercera etapa se utilizó otra bomba, y de la tercera y cuarta etapa, el extracto cayó por gravedad.

Las cantidades de extracto obtenidas se las recogen en recipiente de 16 litros, luego se almacena en recipientes plásticos de 2.5 litros.

Para todos los experimentos se utilizaron 400 gr. de viruta, 100 gr. por etapa, el agua utilizada fue de acuerdo al número de corridas

3.1.4 Decantación

La decantación se ha realizado en un recipiente abierto, donde se dejó enfriar el extracto y al mismo tiempo se precipitaron las impurezas que éste contenía, como ser partículas pequeñas de aserrín.

La decantación duró un tiempo de 1.5 hora, y luego se realizaron los análisis del extracto tánico.

Se midió la temperatura y el pH del jugo tánico obtenido; luego de haberlo analizado se pasó al sistema de concentración.

3.1.5 Concentración

La concentración del extracto tánico se realizó en un evaporador rotativo con bomba de vacío a una temperatura de 75 °C con presión de vacío.

Se llegó a concentrar hasta un 90 % donde se colocaron 250 ml del extracto, del cual se recuperó 25 ml de extracto, ya concentrado.

La concentración es necesaria para evitar la transformación del extracto tánico, ya que éste tiene la propiedad de cambiar con facilidad su estructura, por el efecto de fermentación.

3.2. Descripción de los equipos y materiales utilizados en la extracción del tanino.

3.2.1 Extractor.

El extractor se ha construido con hierro de 8 y 6 mm. de diámetro, haciendo un rectángulo de 1.5 m de alto y 1m. de ancho, dividido en 16 espacios para colocar los recipientes percoladores, los cuales sirven para colocar la viruta y extraer el tanino.

Los percoladores fueron construidos de recipientes de vidrio, con un diámetro aproximado de 20 cm. de las cuales se eliminó la base, por efectos térmico, haciendo calentar alrededor del recipiente con hilo empapado en diésel y luego llevando al

agua fría. Para la retención del sólido y partículas finas se colocó una malla de 1 mm de acero inoxidable en la parte interna de la boquilla del recipiente y en la boca se colaron tapones de goma, los cuales se perforaron con tubos de vidrio para colocar las mangueras que permita el recorrido del extracto. Los recipientes fueron revestidos con plastofomo, para evitar la pérdida de calor y poder mantener una temperatura constante por más tiempo. (Ver foto 2)

3.2.2 Ultra termostato de circulación “Ultraterm 200”.

- **Características.**

Volumen máximo a temperatura límite: 8 litros.

Bomba de circulación para agitación y temperación externa con entrada y salida de líquido por la parte lateral con rúcordes de conexión.

Serpentín refrigerador para poder regular a temperaturas ambientales.

Salida RS-232 para lectura e impresión de parámetros por ordenador.

Grifo de vaciado incorporado.

El Ultra termostato de circulación “Ultraterm 200” fue utilizado en el calentamiento del líquido de extracción (agua), consta de un calefactor, el cual calienta el líquido hasta la temperatura regulada que va desde +5 - 200 °C, con una estabilidad de ± 0.05 °C gracias a un termómetro de contacto eléctrico regulado mediante un circuito que regula la potencia de calefacción. (Ver foto 3)

Está equipado por una bomba para la agitación y circulación del líquido.

- **Especificaciones técnicas:**

Marca: Selecta

Modelo: Ultraterm 200/ 6000383

Rango de temperatura regulable: 5-200 °C

Estabilidad: ± 0.05 a 100 °C

Potencia: 2060 W

Bomba: Presión, 150 mbar.

Caudal, 12 l/min.

Volumen: 8 litros

Peso: 9.5 kg.

3.2.3 Evaporador Rotativo.

Este equipo fue utilizado en la concentración del extracto tánico, el cual consta de un baño caliente que sirve de calentamiento de la muestra a utilizar, una bomba para generar presión de vacío, un condensador que sirve para condensar y recuperar el vapor, frasco de seguridad para evitar el paso del vapor hacia la bomba de vacío, y de un balón para recuperar el vapor condensado. (Ver foto 4)

- **Especificaciones técnicas:**

Matraz de evaporación 1000 ml.

Matraz recolector 1000 ml.

Temperatura del baño caliente 20 - 180 °C

Potencia de calefacción 1300 W

Precisión del regulador de baño caliente ±1 °C

- **Características de la bomba de vacío:**

Modelo: RV10

Marca: IKA

Controlador de tiempo

Refrigeración: Vertical

Caudal nominal (50/60 Hz): 3 - 3.6 m³/h

Potencia del motor (50/60 Hz): 0.4 KW.

Velocidad de rotación: 5-280 rpm.

Volumen: 3 litros

Precisión: ± 1 °C

3.2.4 Materiales utilizados

- Recipiente de 20 litros

- Probeta de 1 litro

3.3 Descripción de equipos y materiales utilizados en la parte de análisis.

3.3.1 Humidímetro

El presente equipo fue utilizado para determinar el porcentaje de humedad de la viruta (duramen), que se utilizó para la extracción.

Es un medidor de humedad y peso hectolítrico totalmente portátil con balanza incorporada (Ver foto 5)

Mide Humedad

Pesa la Muestra

Toma la Temperatura de la muestra

La balanza incorporada y la compensación por temperatura eliminan el uso de tablas de corrección obteniendo lecturas directas.

Permite analizar más de 120 materiales y tantos cereales.

- **Especificaciones técnicas:**

Modelo: HD 1021 UBS

Marca: DELVER

Industria: Argentina

Tensión: 200V-240 V

Capacidad máxima: 500 g

Consumo de energía: 0.2 W

3.3.2 Estufa

Este equipo fue utilizado para desecar las muestras de análisis del producto obtenido (extracto tánico). Consta de un regulador de temperatura que va desde 40-250°C. La distribución del calor en su interior es por convección natural. (Ver foto 6)

- **Especificaciones técnicas:**

Marca: CONTERM

Rango de temperatura: 40-250 °C

Precisión: ± 4 °C

Consumo: 1200 W

3.3.3. Balanza

Esta balanza se utilizó en todo el trayecto del análisis del extracto tánico, la cual fue útil para pesar todas las muestras a analizar. La misma cuenta con una calibración automática y una pantalla digital. (Ver foto 7)

- **Especificaciones técnicas:**

Marca: EURO THERM

Tensión: 200 V CA

Potencia: 350 W

Capacidad máxima: 120 gr

Peso aproximado: 9.0 Kg

Legibilidad: 0,0001 gr

Precisión (\pm): 0.0002g

3.3.4 pH-Metro

Este instrumento se utilizó en la medición del pH de cada una de las muestras obtenidas del proceso (extracto Tánico).

El pH-metro, consta de un electrodo de vidrio, el cual se debe calibrar antes de realizar las respectivas mediciones. (Ver foto 8)

- **Especificaciones técnicas:**

Marca: PHS-3C

Intervalo de medición de pH: PH 0.00-14.00

MV: 0 ~ \pm 1400mV

Resolución: 0.01 pH, MV, 0.1 °C

Precisión: \pm 0.01PH, mV \pm 1% (F.S)

Dimensiones: 220x160x65mm

Auto rango de compensación de temperatura: 0-60 °C

Temperatura de trabajo: 5 - 50 °C

Potencia: 6 V

3.3.5 Materiales de laboratorio:

- Tubos de ensayo con tapa
- Gradilla
- Probeta
- Espátula
- Papel filtro
- Vaso precipitado
- Pipeta

3.3.6 Reactivos utilizados

- Cloruro férrico al 5%.- Se utilizó en la identificación del tipo de tanino.
- Acetato de plomo al 10%.- Se utilizó para la cuantificación del tanino en el extracto.

3.4 Diseño experimental

El diseño experimental tiene como objetivo, definir el arreglo de los tratamientos sobre las unidades experimentales, de tal modo que se obtengan estimaciones de las oposiciones de interés para el investigador, con la mayor precisión posible.

Cuando se desea examinar el efecto simultáneo de varios factores, sobre una característica de estudio, se presenta el problema del diseño de tratamientos, o la experimentación factorial. Se experimenta dos tipos fundamentales de experimentos factoriales:

- El factorial completo, el cual ensaya todas las posibles combinaciones de tratamientos que se generan con los distintos niveles de los factores de estudio. Dentro de estos factoriales, pueden distinguirse los factoriales simétricos y los asimétricos; los primeros comprenden el mismo número de niveles de cada factor, los restantes ensayan números distintos de niveles de los factores de estudio.

- El factorial incompleto, ensaya sólo algunas de las posibles combinaciones de tratamientos que pueden generarse.

El diseño factorial que se tomó en cuenta para realizar este trabajo de investigación, fue el de factoriales completos simétricos (2^3), 2 niveles y tres factores.

3.4.1 Diseño factorial a dos niveles

Este tipo de diseño tiene por objeto estudiar el efecto de la respuesta de “k” factores, cada uno en dos niveles, es por ello que se conocen como factoriales a 2 niveles o 2^k , con frecuencia se califican a los niveles como “alto” (+) y “bajo” (-).

El diseño factorial completo requiere que cada uno de los niveles de cada factor se dé en todos los niveles de todos los otros factores, lo que da un total de 2^k combinaciones de tratamientos. (15)

3.4.1.1 Pasos para realizar el análisis del diseño factorial 2^3

- **Planteamiento de hipótesis**

Hp: No hay diferencia entre los factores

Ha: Al menos una variable es diferente de las demás

- **Construcción de la matriz de diseño.-** La matriz de diseño para $2^3 = 8$ corridas o tratamientos se representa de la siguiente manera.

Tabla III-1
Matriz de diseño

CORRIDA O TRATAMIENTO	COMBINACIONES	FACTORES O VARIABLES			RESPUESTA (Y _i)
		A	B	C	
1	1	-	-	-	Y ₁
2	A	+	-	-	Y ₂
3	B	-	+	-	Y ₃
4	Ab	+	+	-	Y ₄
5	C	-	-	+	Y ₅
6	Ac	+	-	+	Y ₆
7	Bc	-	+	+	Y ₇
8	Abc	+	+	+	Y ₈

Fuente: Ángel Martínez Garza, 1994

Esta tabla nos ayuda para representar los datos experimentales con sus respectivos resultados.

- **Construcción del algoritmo de yates.**

Siendo este el método más rápido para calcular los efectos e interacciones, y proporciona seguridad el análisis de varianza posterior.

Las cuatro primeras entradas en la columna 1, son obtenidas por adición de los pares de valores (Y_i), las segundas cuatro entradas son obtenidas por la resta de los valores (Y_i), el inferior menos el superior, de la misma forma se obtiene la columna 2 de la columna 1 y finalmente la columna 3 de la columna 2.

Para afirmar el algoritmo de yates de un diseño 2³ se debe cumplir lo siguiente:

Tabla III-2
Matriz de algoritmo de yates

Combinaciones	Respuestas		Columna		Columna		Columna
	(Y _i)		1		2		3
1	$\sum Y_1$	$Y_1 + Y_2$	I_1	$I_1 + I_2$	II_1	$II_1 + II_2$	III_1
A	$\sum Y_2$	$Y_3 + Y_4$	I_2	$I_3 + I_4$	II_2	$II_3 + II_4$	III_2
B	$\sum Y_3$	$Y_5 + Y_6$	I_3	$I_5 + I_6$	II_3	$II_5 + II_6$	III_3
Ab	$\sum Y_4$	$Y_7 + Y_8$	I_4	$I_7 + I_8$	II_4	$II_7 + II_8$	III_4
C	$\sum Y_5$	$Y_2 - Y_1$	I_5	$I_2 - I_1$	II_5	$II_2 - II_1$	III_5
Ac	$\sum Y_6$	$Y_4 - Y_3$	I_6	$I_4 - I_3$	II_6	$II_4 - II_3$	III_6
Bc	$\sum Y_7$	$Y_6 - Y_5$	I_7	$I_6 - I_5$	II_7	$II_6 - II_5$	III_7
Abc	$\sum Y_8$	$Y_8 - Y_7$	I_8	$I_8 - I_7$	II_8	$II_8 - II_7$	III_8
	$\sum Y_{ij}$						

Fuente: Ángel Martínez Garza, 1994

La suma de la columna respuesta $\sum Y_{ij}$ de los factores de diseño debe ser igual al primer término de la columna 3.

- **Análisis de varianza.**-El análisis de varianza para los diseños 2^k se puede calcular a base de las siguientes formulas:

$n = \#$ de réplicas

- **Suma total de cuadrados:**

$$SCT = \sum_{i=1} Y_{ij}^2 - \frac{(\sum y_{ij})^2}{2^k \times n} \quad (1)$$

- **Suma de los tratamientos o efectos:**

$$SS = \frac{(\text{efecto})^2}{2^k \times n} \quad (2)$$

- **Suma total del error:**

$$SSE = SCT - SS(a) - SS(b) - SS(ab) - SS(c) - SS(ac) - SS(bc) - SS(abc) \quad (3)$$

Tabla III-3
Análisis de varianza (ANOVA)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F_{cal}
---------------------	-------------------	-------------------------	---------------------	-----------

(FV)	(SC)			
1	SC(T)	$2^k n - 1$		
A	SS(a)	n-1	CM(a)	$F = CM(a) / SS(E)$
B	SS(b)	n-1	CM(b)	$F = CM(b) / SS(E)$
Ab	SS(ab)	n-1	CM(ab)	$F = CM(ab) / SS(E)$
C	SS(c)	n-1	CM(c)	$F = CM(c) / SS(E)$
Ac	SS(ac)	n-1	CM(ac)	$F = CM(ac) / SS(E)$
Bc	SS(bc)	n-1	CM(bc)	$F = SS(bc) / SS(E)$
Abc	SS(abc)	n-1	CM(abc)	$F = CM(abc) / SS(E)$
	SS(E)	$2^{k-1} n$		

Fuente: Ángel Martínez Garza, 1994

3.4.2 Factores de estudio.- Los factores que se tomarán en cuenta son los siguientes:

Tabla III-4
Factores

Factor	Nivel	
	Alto (+)	Bajo (-)
A= Temperatura	90 °C	70°C
B= Tiempo	60 min.	30 min.
C= Relación S/L	1/6	1/5

Fuente: Elaboración Propia

3.5 Análisis del duramen y del tanino

3.5.1 Identificación del tipo de tanino presente en el duramen del quebracho colorado

Para la determinación del tipo de tanino que se presenta en duramen del quebracho colorado se utilizó Cloruro Férrico.

Se añadió unas cuantas gotas al duramen del quebracho colorado, el cual al reaccionar, presentó un color verde, lo que significa que el tanino presente en el duramen del quebracho colorado, es de tipo condensado. (Ver Foto 9)

3.5.2 Determinación de humedad, en el duramen del quebracho colorado utilizado en el proceso de extracción

Se pesó 200 gramos de muestra en una balanza analítica y luego se procedió a la lectura de la humedad en un humidímetro.

La lectura tardó en estabilizarse en un tiempo de aproximado 30 seg.

La humedad obtenida es de toda la muestra que se utilizó en el transcurso del trabajo, ya que se ha obtenido una muestra representativa.

Tabla III-5
Valores de humedad del duramen

Peso húmedo de la muestra	% Humedad del Duramen	Peso seco de la muestra
200gr.	6.2	187.6

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del peso seco:

P_H = Peso húmedo

P_S = Peso seco

%H = Porcentaje de humedad

$$\%H = \frac{P_H - P_S}{P_S} * 100 \quad (4)$$

$$P_S = P_h \left(1 - \frac{\%H}{100} \right) \quad (5)$$

Calculando el peso seco de la muestra (duramen) a utilizar en los ensayos:

200 gr. húmedo..... 187.6 gr. Secos

100 gr. húmedo..... X

$$X = 93.8 \text{ gr. Secos.}$$

Esta es la cantidad de muestra en peso seco que se ha utilizado para todos los ensayos o tratamientos. En la tabla III-6 se muestra las cantidades de extracto diluido que se obtuvo en todos los tratamientos.

Tabla III-6
Cantidad de solución (extracto diluido)

Tratamientos	Replicas		N° de lavados
	1 ^{ra}	2 ^{da}	
1	14 litros	14 litros	7
2	8 litros	8 litros	4
3	10 litros	10 litros	5
4	12 litros	12 litros	6
5	16.8 litros	16.8 litros	7
6	14.4 litros	14.4 litros	6
7	12 litros	12 litros	5
8	14.4 litros	14.4litros	6

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Medición del pH

El pH fue medido con un instrumento digital (pH-metro), el cual fue adquirido por el laboratorio de química.

El pH se utilizó como la variable respuesta en el momento de obtener el extracto líquido, fue medido después que el extracto se haya enfriado y decantado, para que no exista variación del resultado con la temperatura. (Ver foto 8)

El pH, varía de acuerdo al contenido de tanino que se tenga en el extracto, si se tiene mayor porcentaje de sustancias tánicas el pH es más ácido.

El tanino tiende a descomponerse con facilidad en ácidos volátiles (fermentación) al poseer azúcares en su estructura química, al estar en estado líquido no concentrado ni secado.

Por esta razón la medición del pH es un valor arbitrario que se mide en el momento de la extracción. Si después de varios días se vuelve a medir el pH de la misma muestra, esta presenta un pH más bajo que el anterior, pero no quiere decir que se haya aumentado la concentración en tanino, más bien se disminuye por la descomposición en ácidos volátiles.

Los valores obtenidos se muestran en la tabla III-7

Tabla III-7
Valores de pH de todos los tratamientos

Tratamiento	pH	
	1 ^{ra} Réplica	2 ^{da} Réplica
1	5.46	5,49
2	4.66	4.67
3	5.26	5.28
4	4.96	5.95
5	4.85	4.87
6	4.73	4.72
7	5.22	5.22
8	5.05	5.04

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Determinación del extracto (tanino +no-tanino) seco en la solución obtenida

Para determinar las cantidades de extracto, se tomaron 5 ml de cada una de las soluciones obtenidas, se colocó en un vaso precipitado de 50 ml previamente pesado y se llevó a estufa durante 3 horas a una temperatura de 75°C

Luego de este tiempo se sacaron las muestras dejando enfriar, para luego volverlos a pesar y sacar por diferencia el contenido de extracto.

Los datos obtenidos se muestran a continuación.

- **Determinación del extracto seco:**

P_{ES} = Peso del extracto seco

P_V = Peso del vaso

P_{VE} = Peso del vaso + extracto

$$P_{ES} = P_{VS} - P_V \quad (6)$$

$$P_{ES} = 47.199 - 46.964$$

$P_{ES} = 0.235$ gr de extracto seco en 5 ml.

De esta manera se procedió el cálculo para todos los tratamientos.

Valores para obtener la cantidad de extracto seco en 5 ml de solución

Tratamiento	P _V (gr)		P _{VE} (gr)		P _{ES} (gr)		Promedio PES (gr)
	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	
1	46.964	65.041	47.199	65.278	0.235	0.237	0.236
2	46.669	46.914	47.227	47.173	0.258	0.259	0.2585
3	64.816	46.959	65.049	47.191	5.458	0.232	0.2315
4	64.818	64.829	65.145	65.152	5.503	0.323	0.325
5	46.963	46.926	47.282	47.246	5.485	0.320	0.3195
6	64.829	64.827	65.208	65.199	5.658	0.372	0.3795
7	46.959	46.945	47.266	47.254	5.558	0.309	0.308
8	46.960	46.948	47.225	47.214	5.527	0.266	0.2655

Fuente: Elaboración propia

• **Determinación del extracto líquido:**

P_{VL} = Peso de vaso + líquido

P_V = Peso del vaso

P_{EL} = Peso de extracto líquido

$$P_{EL} = P_{VL} - P_V \quad (7)$$

$$P_{EL} = 52.469 - 46.694$$

$P_{EL} = 5.505$ gr de extracto líquido en 5 ml de solución.

De esta manera se procedió el cálculo para todos los tratamientos; todos los datos obtenidos se muestran en la tabla III-9

Tabla III-9

Valores para obtener la cantidad de extracto líquido en 5 ml de solución

Tratamiento	Pv (gr)		PVL (gr)		PEL (gr)		Promedio PES (gr)
	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	R ₁	R ₂	
1	46.964	65.041	52.469	70.633	5.505	5.592	5.485
2	46.669	46.914	52.491	52.420	5.522	5.506	5.514
3	64.816	46.959	70.274	52.998	5.458	6.039	5.748
4	64.818	64.829	70.321	70.311	5.503	5.482	5.492
5	46.963	46.926	52.448	52.444	5.485	5.518	5.502
6	64.829	64.827	70.487	70.530	5.658	5.703	5.681
7	46.959	46.945	52.517	52.481	5.558	5.536	5.547
8	46.960	46.948	52.487	52.481	5.527	5.533	5.530

Fuente: Elaboración propia

• **Determinación del porcentaje de extracto en la solución:**

P_{ES} = Peso del extracto seco

P_{EL} = Peso de extracto líquido

% E = Porcentaje de extracto en solución

$$\%E = \left(\frac{P_{ES}}{P_{EL}} \right) * 100 \quad (8)$$

$$\%E = (0.236/5.548) * 100$$

$$\%E = 4.253\%$$

De este modo se obtuvieron los porcentajes de todas las soluciones obtenidas en los tratamientos, Los datos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla III-10

Determinación del porcentaje de extracto en la solución obtenida

Tratamiento	Promedio de extracto líquido en 5 ml de solución (P _{EL}) (gr)	Promedio de extracto seco en 5 ml de solución (P _{ES}) (gr)	Porcentaje de extracto en la solución (% E)
1	5.485	0.236	4.253
2	5.514	0.2585	4.688
3	5.748	0.2315	4.027
4	5.492	0.325	5.917
5	5.502	0.3195	5.808
6	5.681	0.3795	6.610
7	5.547	0.308	5.553
8	5.530	0.2655	4.801

Fuente: Elaboración propia

3.5.5 Determinación de las sustancias tánicas en los extractos.

Para la determinación del contenido de taninos en los extractos obtenidos de los diferentes ensayos, se utilizó un método gravimétrico.

Con el empleo de acetato de plomo al 10%, utilizado para la precipitación de las sustancias tánicas.

Materiales:

- Papel filtro
- Pipeta graduada
- Tubos de ensayo con tapa
- Embudo
- Vaso precipitado
- Pinza
- Peseta
- Gradilla

- **Equipos:**

- Estufa
- Balanza analítica

- **Reactivos:**

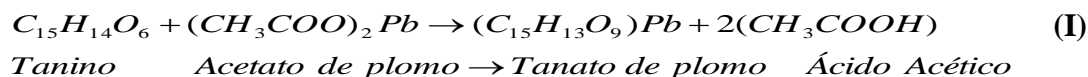
- Acetato de plomo al 10%
- Cloruro férrico al 5%

- **Descripción del método.**

Se toma una pequeña cantidad del extracto líquido, para luego ser precipitados con acetato de plomo, dando la siguiente reacción.



Formulando estequiométricamente se tiene:



Se colocaron 5 ml del extracto líquido en un tubo de ensayo, y luego se agregaron gota a gota de acetato de plomo, hasta ver la formación de precipitados, para que la reacción sea completa se adicionaron algunas gotas de acetato de plomo en exceso, dejando reposar unos 10 minutos.

Después de este tiempo se filtró el precipitado en papel filtro previamente pesado, introducido en un embudo y colocado en un vaso precipitado para recuperar el líquido.

Una vez filtrado el precipitado, se lavó con agua destilada y ácido acético, para eliminar el exceso de acetato de plomo que puede ser retenido en el filtrado.

El precipitado más el papel filtro fueron secados en estufa durante 1 hora a 70°C, para evitar cualquier alteración por efectos del calor; pasado el tiempo determinado se sacaron los papeles filtros con el precipitado y se dejaron enfriar a temperatura ambiente para luego ser pesados. (Ver fotos 10)

Determinación del tanato de plomo:

P_{TPb} = Peso de tanato de plomo

P_{PF} = Peso del papel filtro

P_{PF+P} = Peso del papel filtro + precipitado

$$P_{Pb} = P_{PF+P} - P_{PF} \quad (9)$$

$$P_{Pb} = 0.595 - 0.470$$

$P_{Pb} = 0.125$ gr de Tanato de plomo.

Este procedimiento se siguió para obtener las cantidades de Tanato de plomo de todos los tratamientos.

En la tabla III-11 se detallan los datos obtenidos de la primera réplica.

Tabla III-11
Datos para la obtención del precipitado (Tanato de plomo)

Tratamiento	P _{PF} (gr)	P _{PF+P} (gr)	P _{T-Pb} (gr)
1	0.470	0.595	0.125
2	0.420	0.723	0.303
3	0.564	0.695	0.131
4	0.399	0.569	0.170
5	0.477	0.628	0.148
6	0.368	0.549	0.181
7	0.597	0.756	0.159
8	0.595	0.744	0.159

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III -12 se detallan los datos de la segunda réplica.

Tabla III-12
Datos para la obtención del precipitado (tanato de plomo)

Tratamiento	P _{PF} (gr)	P _{FP+P} (gr)	P _{T-Pb} (gr)
1	0.562	0.689	0.127
2	0.469	0.774	0.305
3	0.551	0.680	0.129
4	0.493	0.665	0.172
5	0.471	0.618	0.147
6	0.533	0.713	0.180
7	0.453	0.614	0.161
8	0.578	0.726	0.148

Fuente: Elaboración propia

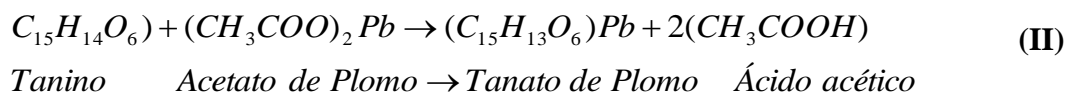
Tabla III-13
Promedio del precipitado (tanato de plomo)

Tratamiento	1 ^{ra} Réplica	2 ^{da} Réplica	Promedio del Tanato de plomo (gr)
1	0.125	0.127	0.126
2	0.303	0.305	0.304
3	0.131	0.129	0.130
4	0.170	0.172	0.171
5	0.148	0.147	0.148
6	0.181	0.180	0.181
7	0.159	0.161	0.166
8	0.159	0.148	0.1481

Fuente: Elaboración propia

- **Determinación de la cantidad de sustancias tánicas (tanino)**

Para la determinación del contenido de taninos se ha recurrido a la siguiente ecuación estequiométrica.



Conociendo la fórmula del tanino y realizando la reacción que se produce con el acetato de plomo, se puede calcular las cantidades de taninos que se presentan en los extractos obtenidos.

Realizando la siguiente relación estequiométrica se tiene:

$$\frac{\text{Masa de tanino}}{\text{PM. del tanino}} = \frac{\text{Masa de tanato de plomo}}{\text{PM. del tanato de plomo}} \quad (10)$$

PM tanino = 290 gr/mol

PM tanato de plomo = 496 gr/mol

$$Masa\ de\ Tanino = \frac{Masa\ Tan.Pb}{PM.Tan.Pb} \times PM.Tanino \quad (11)$$

$$Masa\ de\ Tanino = \frac{0.126\ gr.}{496\ gr / mol} \times 290\ gr / mol$$

$$Masa\ de\ tanino = 0.070367\ gr\ de\ taninos.$$

De esta manera se calcularon la cantidad de taninos para todos los tratamientos.

En la siguiente tabla se detallan los datos obtenidos de las cantidades de sustancias tánicas.

Tabla III-14
Cantidad de sustancias tánicas

Tratamiento	Promedio de Tanato de plomo (gr)	Sustancia Tánica (gr)
1	0.126	0.070366935
2	0.304	0.177894531
3	0.130	0.076008064
4	0.171	0.099979838
5	0.148	0.086239919
6	0.181	0.105534271
7	0.166	0.093548381
8	0.1481	0.086824596

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del porcentaje de sustancias tánicas (tanino) en el extracto

P_{ES} = Peso del extracto seco

P_{ST} = peso de sustancia tánica

%T = Porcentaje de sustancias tánicas.

$$\%T = \left(\frac{P_{ST}}{P_{ES}} \right) * 100 \quad (12)$$

$$\%T = (0.070366935/0.236) * 100$$

$$\%T = 29.817$$

Los datos obtenidos se detallan en la tabla III-15

Tabla III-15
Porcentaje de sustancias tánicas presente en los extractos secos.

Tratamiento	Promedio de extracto seco (gr)	Sustancia Tánica (gr)	Porcentaje de sustancia tánica en el extracto seco (%)
1	0.236	0.070366935	29.817
2	0.2585	0.177894531	68.758
3	0.2315	0.0760080645	32.833
4	0.325	0.0999798387	30.763
5	0.3195	0.086239919	26.992
6	0.3795	0.10553427	28.105
7	0.308	0.09354838	30.373
8	0.2655	0.086824596	32.702

Fuente: Elaboración propia

3.5.6 Variación del pH y la concentración durante cinco días

Para este análisis se tomó el 2^{do} tratamiento, por lo que se obtuvo los mejores resultados.

En la siguiente tabla se muestran los datos para determinar la cantidad de extracto de la muestra.

Tabla III-16
Determinación del extracto

Día	P _v (gr)	P _{VM} (gr)	P _{ES} (gr)
1	46.914	47.061957	0.147957
2	46.966	47.098841	0.133951
3	46.965	47.0865231	0.126447
4	46.967	47.078243	0.111243
5	46.969	47.069410	0.100410

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-17
Determinación de las sustancias tánicas.

Día	P _{PF} (gr)	P _{PF+M} (gr)	P _{TPb} (gr)	P _{ST} (gr)
1	0.578	0.752	0.174	0.1017338
2	0.459	0.602	0.143	0.0834300
3	0.543	0.665	0.122	0.0713548
4	0.564	0.6598	0.0958	0.0560153
5	0.493	0.5786	0.0856	0.0500252

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-18
Determinación del porcentaje de sustancias tánicas

Día	PES	PST	% ST
1	0.147957	0.117338	68.758
2	0.132841	0.083430	62.284
3	0.121523	0.071356	56.432
4	0.111243	0.056015	50.354
5	0.100410	0.050025	49.821

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-19
Variación del pH y la concentración

Día	P ^H	% ST
1	4.66	68.758
2	4.59	62.284
3	4.54	56.432
4	4.46	50.354
5	4.38	49.821

Fuente: Elaboración propia

3.5.7 Análisis del tanino de Quebracho Colorado

Para realizar este análisis, la muestra a tomar en cuenta fue el tratamiento número dos, el cual dio el mejor resultado para presentar como un producto industrial.

Se realizaron los siguientes análisis:

3.5.7.1 Porcentaje de humedad

Este análisis se realizó mediante el método estufa, el cual también valió para determinar la cantidad de extracto seco que se tenía en dicha muestra. Se tomaron 5 ml de muestra para el análisis.

Determinación del porcentaje de humedad:

P_{EL} = Peso del extracto líquido

P_{ES} = Peso del extracto seco

%H= Porcentaje de humedad.

% E = Porcentaje de extracto en solución

P_V = Peso del vaso

P_{VL} = Peso del vaso + líquido

P_{VS} = Peso del vaso + sólido

P_{EL} = Peso extracto líquido

P_{INS} = peso de insoluble

$$\%INS = \left(\frac{P_{INS}}{P_{EL}} \right) * 100 \quad (13)$$

$$\%E = \left(\frac{P_{ES}}{P_{EL}} \right) * 100 \quad (14)$$

Tabla III-20
Datos y resultados obtenidos del ensayo

P_V (gr)	P_{VL} (gr)	P_{EL} (gr)	P_{VS} (gr)	P_{ES} (gr)	P_{INS}	%E	%INS	%H
46.593	53.221	6.628	52.3456	5.26262	0.5236	79.399	7.9	12.6

Fuente: Elaboración propia

3.5.7.2 Determinación de sustancias tánicas

La guía para esta determinación se describió anteriormente.

P_{TPb} = Peso de tanato de plomo

P_{PF} = Peso del papel filtro

P_{PF+P} = Peso del papel filtro + precipitado

P_{ST} = Peso de sustancia tánica

Tabla III-21
Determinación de sustancias tánicas en el extracto

P_{PF} (gr)	P_{TPb} (gr)	P_{ST} (gr)
0.4761	7.96932	4.65948

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-22
Determinación del porcentaje de sustancias tánicas en el extracto

P_{ST} (gr)	P_{ES} (gr)	% $_{ST}$
4.65948	5.26263	88.54

Fuente: Elaboración propia

Determinación de sustancias No Tánicas en el extracto seco:

$$\text{Extracto} = \text{Tanino} + \text{No Tanino} \quad (15)$$

$$\text{No Tanino} = \text{Extracto} - \text{taninos} \quad (16)$$

$$\text{No Taninos} = 5.26263 - 4.65948$$

$$\text{No Taninos} = 0.60315$$

Tabla III-23
Porcentaje de sustancias no tánicas en el extracto seco

P_{SNT}	P_{ES}	$\%_{SNT}$
0.60315	5.26263	11.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-24
Determinación de tanino y no tanino presente en el producto.

P_{EL} (gr)	P_{ST} (gr)	P_{SNT} (gr)	$\%_{ST}$	$\%_{SNT}$
6.628	4.65948	0.60315	70.3	9.1

Fuente: Elaboración propia

$$100 = \%ST + \%SNT + \%INS + \%H$$

$$\%H = 12.6$$

El porcentaje de humedad fue comprobado con un humidímetro.

3.5.7.3 Características fisicoquímicas del producto

Las características fisicoquímicas ayudan a determinar el aspecto físico del producto. Estos análisis se realizaron en el laboratorio de química de la Facultad de Ciencias y Tecnología.

- **Color del extracto obtenido.**- El color se identificó mediante el método visual.

El color que presenta el producto es castaño oscuro (Ver foto 11).

- **Aspecto del extracto.**- El extracto obtenido tiene es de aspecto líquido viscoso.
- **Cantidad de agua.**- Esto se determinó mediante el método estufa, y se detalló anteriormente, la humedad del tanino 12.5 %.
- **Determinación del pH.**- Se utilizó un pH-metro para este análisis obteniendo un pH de 4.6.

3.6 Cálculo del diseño experimental

3.6.1 Planteamiento de hipótesis

Para desarrollar el diseño experimental, se tomaran en cuenta las siguientes hipótesis.

- Existe diferencia, en cuanto a sus niveles de variación en la temperatura de extracción.
- No existe diferencia, en cuanto a los niveles de variación, en el tiempo de residencia.
- No existe diferencia, en cuanto a los niveles de variación, en la relación sólido/líquido.
- Existe variación en la combinación o interacción entre todos los factores.
- Nivel de significación: 5% (0,05)

En la siguiente tabla se presenta los niveles de variación de los factores a tomar en cuenta.

Tabla III-25
Factores

Factor	Nivel	
	Alto (+)	Bajo (-)
A= Temperatura	90 °C	70°C
B= Tiempo	60 min.	30 min.
C= Relación S/L	1/6	1/5

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Matriz del diseño factorial

Es una matriz $2^3 = 8$ corridas o tratamientos realizando 2 réplicas

Tabla III-26
Matriz del diseño factorial

CORRIDA O TRATAMIENTO	COMBINACIONES	FACTORES O VARIABLES			FACTOR RESPUESTA		SUSTANCIAS TÁNICAS (%)
		T (°C)	t (min)	R (sol/liq)	pH ₁	pH ₂	
1	1	70	30	1/5	5.46	5.49	29.817
2	T	90	30	1/5	4.66	4.66	68.758
3	t	70	60	1/5	5.26	5.28	32.833
4	Tt	90	60	1/5	4.96	5.95	30.763
5	R	70	30	1/6	4.85	4.87	26.992
6	TR	90	30	1/6	4.73	4.72	28.105
7	tR	70	60	1/6	5.22	5.23	30.373
8	TtR	90	60	1/6	5.05	5.04	32.702

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos del trabajo realizado.

4.1 Resultados de los análisis

4.1.1 Características del tanino del quebracho colorado

En la siguiente tabla se muestran las características importantes del extracto.

Tabla IV- 1
Características principales del tanino obtenido

TANINO DE QUEBRACHO CPLORADO	
Tanino (%)	70.3
No- Tanino (%)	9.1
Insoluble (%)	7.9
Humedad (%)	12.5
pH	4.66
Estado	Solido

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Características fisicoquímicas del extracto tánico de quebracho colorado

En la tabla IV-2, se muestran las características fisicoquímicas del extracto.

Tabla IV-2
Características fisicoquímicas

EXTRACTO DE QUEBRACHO COLORADO	
Color	Castaño oscuro
Aspecto del extracto	Líquido viscoso
Tipo de tanino	Condensable

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Comparación del tanino de quebracho colorado y urunday

En la tabla IV-3 se muestran los valores comparables del extracto tánico de nuestro medio y los que se importan industrialmente.

Tabla IV-3
Comparación de los extractos

CARACTERISTICA	EXTRACTO DE QUEBRACHO COLORADO	EXTRACTO DE URUNDAY
Tanino (%)	70.3	69.00
No-Tanino (%)	9.1	7.03
Insolubles (%)	7.9	1.97
Humedad (%)	12.5	22.0
pH	4.66	4.88
Aspecto	Solido	Solido

Fuente: Elaboración propia

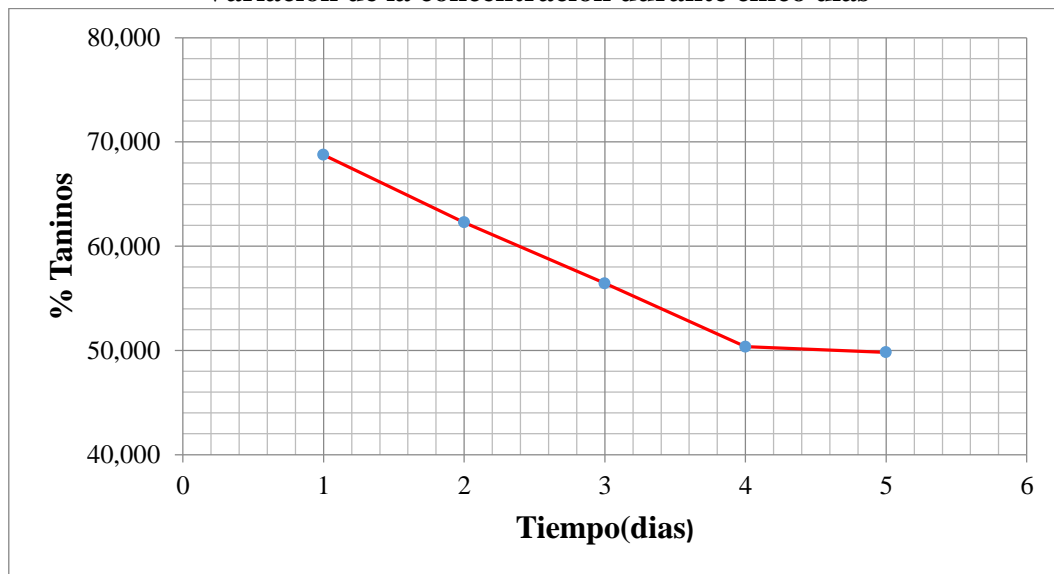
Se puede observar en la tabla IV-3, que el extracto de quebracho colorado tiene las propiedades de ser un excelente curtiente vegetal, ya que contiene una cantidad apreciable de taninos para curtir las pieles convirtiéndolos en cuero.

El extracto de quebracho colorado tiene un contenido similar de taninos en comparación al extracto de urunday, y esto nos demuestra que el duramen del quebracho colorado puede ser industrializado para la obtención de taninos para la transformación de pieles en cuero.

4.1.4 Representación gráfica de la descomposición del extracto tánico del quebracho colorado.

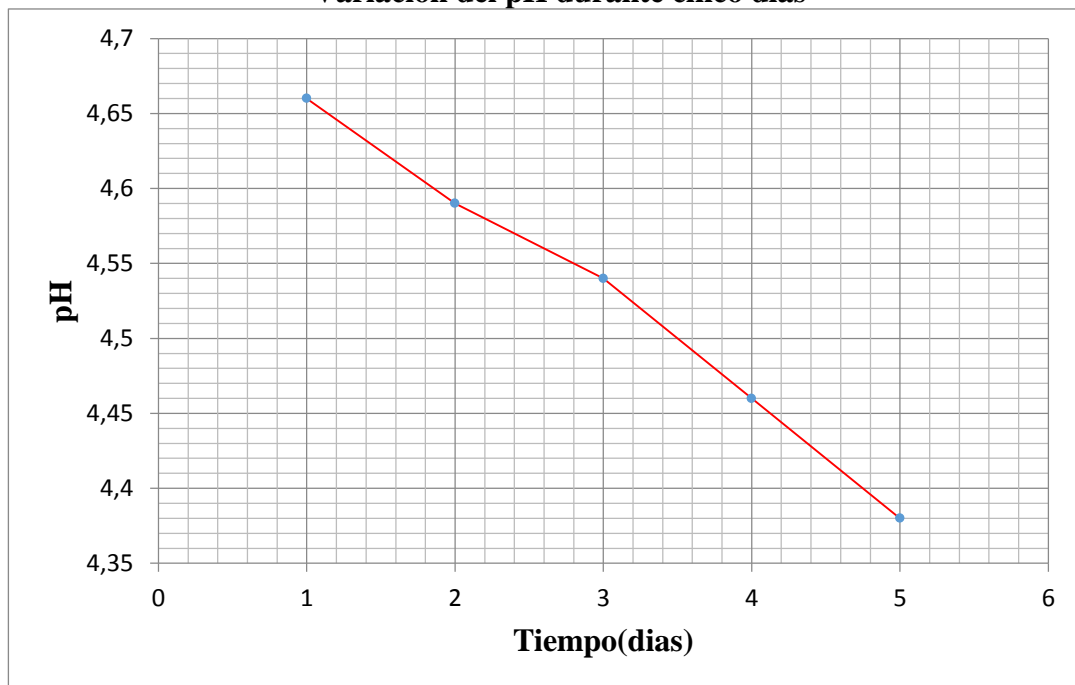
Graficaremos los datos obtenidos en la tabla III-19, la cual representa la variación de la concentración del extracto tánico durante cinco días.

Gráfica IV- 1
Variación de la concentración durante cinco días



Fuente: Elaboración propia

Gráfica IV- 2
Variación del pH durante cinco días



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las dos gráficas, el extracto en estado líquido tiene la propiedad de cambiar sus características, en pocos días.

Se observa también que a medida que se descompone el extracto, como se dijo anteriormente el extracto contiene azúcares los cuales mediante la fermentación produce ácidos, haciendo que el pH disminuya aumentando en acidez, también la concentración disminuye, lo cual quiere decir que el porcentaje de taninos desciende.

4.2 Resultados del diseño factorial:

El diseño factorial realizado, nos ayudó a encontrar las variables más significativas para llevar a cabo el proceso de extracción, y también nos muestra el tratamiento que dio mejores resultados. Para realizar el diseño de experimentos se tomó en cuenta el pH, que fue la variable respuesta de cada combinación (T, t, R sol/liq)

El pH fue la variable respuesta que se midió en el primer lugar, luego se procedió al cálculo del porcentaje de taninos para verificar los resultados de pH obtenidos, y así tener mayor confiabilidad en los datos obtenidos.

A continuación se muestra la matriz de resultados de las variables del proceso de extracción, tomando en cuenta como variable respuesta al pH y verificado por el % de taninos.

Tabla IV-4
Datos experimentales de (T, t, R sol/liq) con variación de pH y % de taninos

CORRIDA O TRATAMIENTO	COMBINACIONES	FACTORES O VARIABLES			FACTOR RESPUESTA		SUSTANCIAS TÁNICAS (%)
		T (°C)	t (min)	R (sol/liq)	pH ₁	pH ₂	
1	1	70	30	1/5	5.46	5.49	29.817
2	T	90	30	1/5	4.66	4.67	68.758
3	t	70	45	1/5	5.26	5.28	32.833
4	Tt	90	45	1/5	4.96	5.95	30.763
5	R	70	30	1/6	4.85	4.87	26.992
6	TR	90	30	1/6	4.73	4.72	28.105
7	tR	70	45	1/6	5.22	5.23	30.373
8	TtR	90	45	1/6	5.05	5.04	32.702

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza realizado, nos muestra las variables principales, la interacción de las variables y como así también la significancia de los mismos.

En la tabla IV-5 se muestran los datos con los cuales se ha realizado el cálculo del análisis de varianza (ANOVA) de un diseño 2³.

Tabla IV-5
Datos para el cálculo del análisis de varianza

Tiempo	Temperatura	Rel (S/l)	%Tanino	T-t	t-R
-1	-1	1	29.817	1	-1
1	-1	1	68.758	-1	-1
-1	1	1	32.833	-1	1
1	1	1	30.763	1	1
-1	-1	-1	26.992	1	1
1	-1	-1	28.105	-1	1
-1	1	-1	30.373	-1	-1
1	1	-1	32.702	1	-1
-1	-1	1	29.817	1	-1
1	-1	1	68.758	-1	-1
-1	1	1	32.833	-1	1
1	1	1	30.763	1	1
-1	-1	-1	26.992	1	1
1	-1	-1	28.105	-1	1
-1	1	-1	30.373	-1	-1
1	1	-1	32.702	1	-1

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-6

Factores inter-sujetos

		N
Temperatura	-1.000	8
	1.000	8
Tiempo	-1.000	8
	1.000	8
Relación s/l	-1.000	8
	1.000	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-7**Análisis de varianza (anova) para el proceso de extracción de tanino**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo	19022,790(a)	7	2717,541	126,815	0
T	408,424	1	408,424	19,059	,002*
t	0,999	1	0,999	0,047	0,834
R	219,499	1	219,499	10,243	,011*
T – t	230,569	1	230,569	10,76	,010*
T – R	105,114	1	105,114	4,905	0,054
t – R	259,291	1	259,291	12,1	,007*
Error	192,863	9	21,429		
Total	19215,653	16			

Fuente: Elaboración propia

Nota: (a) R cuadrado = ,990 (R cuadrado corregida = ,982) (*) Significativos
Variable dependiente: TANIC

Temperatura (T)

Tiempo (t)**Relación sólido-líquido (R)****TANIC (% de tanino)**

En la tabla III.5, se observa que la variable (T) “temperatura”, la variable (R) “relación sólido-líquido” y las interacciones (t-R), (T-t), son significativas para el proceso de extracción.

Análisis de la tabla ANOVA

- Para la variable “temperatura” se tiene que los valores de significancia son menor a 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada ya que se comprueba estadísticamente la variación en el factor para un límite de confianza del 95%
- Para la variable “relación sólido-líquido” se tiene que los valores de significancia son mayor a 0.05, por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada ya que se comprueba estadísticamente la variación en el factor para un límite de confianza del 95%
- Para la variable “tiempo de residencia” se tiene que los valores de significancia son mayor a 0.05, por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada ya que se comprueba estadísticamente la variación en el factor para un límite de confianza del 95%
- Para las combinaciones “T-t” “T-R” “t-R” se tiene los valores de significancia son mayor a 0.05, por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada para un límite de confianza del 95%

Del análisis realizado se puede decir que:

La variable que tiene mayor incidencia en el proceso de extracción, es la **temperatura** por lo que se debe tener en cuenta al manejar esta variable.

Las condiciones de operación más adecuadas en proceso de extracción del tanino se presentan en la siguiente tabla, ya que con ellos se ha obtenido la mayor cantidad de tanino, lo cual se puede observar en la tabla IV-4.

Tabla IV-8
Condiciones de operación apropiados

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Relación sólido-líquido
90	30	1/5

Fuente: Elaboración propia

4.3 ANÁLISIS DE GASTOS

Se realizará un pequeño análisis de costos, del cual se va a obtener un costo aproximado para la realización del proyecto.

Los costos para la extracción del extracto tánico serán a escala de laboratorio, ya que de esa manera se realizó el proceso de investigación.

Para la realización de los costos se tomarán en cuenta:

- Costos de materia prima
- Costos de materiales
- Costos de equipos
- Costos de energía eléctrica
- Gasto en material de escritorio

Tabla IV-9
Costos de materia prima

Costos de materia prima		
Ítem.	Descripción	Precio (Bs.)
1	Quebracho Colorado	Despreciable
2	Viaje y Refrigerio	300
		Total ₁ = 300

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-10
Costos de equipos

Equipos utilizados			
Ítem	Detalle	Precio (Bs)	Potencia (KW)
3	Termostato de inmersión	14000	2060
4	Evaporador rotativo	51800	1700
5	Estufa	10500	1200
6	Balanza analítica	4500	0.350
7	PH-metro	2000	0.600
8	Extractor	800	
9	Umidimetro	4000	0.200
		I ₂ = 87600	

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-11
Gastos en materiales

Materiales			
Ítem	Detalle	Descripción	Precio (Bs.)
10	Tapones	Para los percoladores del sistema de extracción	20
11	Mangueras	Para la unión de los percoladores	15
12	Plastoforno	Para revestir los percoladores	15

13	Isocola	Para el revestimiento de los percoladores	10
			$l_3 = 60Bs.$

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-12
Consumo eléctrico en equipos utilizados

Equipos utilizados			
Ítem	Detalle	Descripción	Potencia (KW)
14	Termostato de inmersión	Calentamiento de agua	2060
15	Evaporador rotativo	Concentración del extracto	1700
16	Estufa	Análisis de laboratorio	1200
17	Balanza analítica	Análisis de laboratorio	0.350
18	p ^H - metro	Control de P ^H del análisis	0.600
19	Humidimetro	Medir la humedad del duramen	0.200

Fuente: Elaboración propia

Para sacar los costos de estos equipos se tomaran en cuenta las horas de trabajo. Para cada tratamiento se trabajó de 2- 3 horas, y en total son 16 tratamientos, 8 se trabajó de 2 horas y 8 de 3 horas.

Entonces, el total de horas trabajadas son: 60 horas trabajadas.

Tabla IV-13
Costos energéticos

Energía eléctrica				
Ítem	Potencia (KW)	Tiempo (H)	Energía (KWH)	Costo (Bs.)
20	2060	60	123.6	75.40
21	1700	60	102	62.22
22	1200	60	72	43.92

23	0.350	60	21	12.81
24	0.600	60	36	21.96
25	0.200	60	12	7.32
				I₄= 223.63 Bs.

Fuente: Elaboración propia

Los costos calculados, están a base de 0,61Bs. /KWH que cobra SETAR.

Tabla IV-14
Gasto en material de escritorio

Material de escritorio			
Ítem	Detalle	Descripción	Precio (Bs.)
26	Internet	Información	150
27	Hojas y otros	Impresión.	1250
			I₅ = 1400Bs.

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-15
Costo Total

Sub total	Costo (Bs.)
I ₁	300
I ₂	87600
I ₃	60
I ₄	223.63
I ₅	1400
TOTAL	89583.63

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El quebracho colorado tiene una gran posibilidad de ser explotado para la obtención de su extracto curtiente, ya que esta cuenta en gran parte con la sustancia tánica (tanino), que es principal agente curtiente.
- La extracción de tanino, contenido en el duramen del quebracho colorado se realizó con agua a temperaturas de 90 °C, tiempo de 30 minutos y una relación sólido líquido de 1/5 con el método de percolación arreglado en un sistema de contracorriente de lecho fijo.
- El extracto tánico del quebracho colorado, llega a ser apto para ser presentado como un extracto comercial, ya que contiene un 70.3 % de taninos, el cual, se incorpora a los extractos tánicos que ya son comercializados.
- Del diseño factorial realizado se concluye, que los parámetros que dan mejores resultados en la extracción del tanino de quebracho colorado son los siguientes:

Temperatura de extracción 90 °C.

Tiempo de extracción 30 min.

Relación (s/l) solido líquido 1/5

Una característica importante que tiene el extracto de quebracho colorado, es que pertenece al grupo de taninos condensados, los cuales tienen la propiedad de cambiar con facilidad su estructura química por el efecto de fermentación ocasionando una disminución de sustancias tánicas. Por esta razón una vez extraído, el extracto tánico debe ser sometido a un proceso de concentración y secado, para tener un producto con mayor duración.

5.2 Recomendaciones

- Hacer una evaluación de impacto ambiental para identificar y valorar los aspectos ambientales de potencial ocurrencia e incidencia, con el fin de establecer medidas de prevención, mitigación y control de los impactos negativos de mayor significación y lograr un desarrollo sostenible
- Realizar un estudio de mercado, para determinar si el extracto tánico de nuestro medio puede ser rentable, comparado con los que actualmente se importan.
- Para presentar el extracto de quebracho colorado como un producto al mercado, se debe realizar antes un secado, para que tenga una mayor duración.
- El aporte social a la comunidad es económico ya que la actividad genera fuentes de empleo y mejora la calidad de vida.
- La localización de la planta se recomienda en la comunidad por estar cerca de la materia prima (Quebracho Colorado) y el solvente (agua) para la extracción del tanino.