



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE EXTRACTO TÁNICO DE
LA CORTEZA Y DE LA MADERA DE ENCINO (*Quercus tristis*
Liebm) PROVENIENTE DE UN BOSQUE NATURAL**

EDSON DANIEL GÓMEZ OROZCO

Asesorado por Inga. TELMA MARICELA CANO MORALES

Coasesorado por Ing. For. M. Sc. JOSÉ MARIO SARA VIA MOLINA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE EXTRACTO TÁNICO DE LA
CORTEZA Y MADERA DE ENCINO (*Quercus tristis* Liebm) PROVENIENTE
DE UN BOSQUE NATURAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDSON DANIEL GÓMEZ OROZCO

Asesorado por Inga. TELMA MARICELA CANO MORALES
Coasesorado por Ing. For. M. Sc. JOSÉ MARIO SARAVIA MOLINA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David García Celada
VOCAL IV	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
EXAMINADOR	Inga. Rosa María Girón
EXAMINADOR	Ing. José Manuel Tay Oroxom
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE EXTRACTO TÁNICO DE LA CORTEZA Y MADERA DE ENCINO (*Quercus tristis liebm*) PROVENIENTE DE UN BOSQUE NATURAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Química, con fecha 17 de septiembre de 2004

Edson Daniel Gómez Orozco

DEDICATORIA A

DIOS

Por ser el guía espiritual de mi vida y permitirme dar este paso tan importante en mi carrera como profesional, porque si no fuera por el no estuviera en el lugar que estoy en este momento.

MIS PADRES

Guillermo Gustavo Gómez Cardona y Oralia Elizabeth Orozco de Gómez, por el gran apoyo y amor que me brindan, porque todo lo que soy es gracias a ellos.

MIS HERMANOS

William, Omar y Deisy, con mucho cariño, y que este triunfo, sea también de ellos.

MIS ABUELOS

Por el amor que me han brindado durante toda la vida.

MIS TÍOS

Con mucho cariño y admiración, en especial a Neftaly Santos e Irma de Santos, por aceptarme dentro de su hogar y hacer que los considere mis segundos padres.

MIS PRIMOS

Que este logro sea un ejemplo para su superación personal.

MIS SOBRINAS

Con todo mi amor, las quiero mucho bebas hermosas.

A MIS AMIGOS

Por la ayuda que me brindan en las buenas y en las malas, que Dios los bendiga, y que mantengamos esa amistad durante mucho más tiempo, especialmente a Pedro, Otto, Mario, Antonio y Maynor.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme la sabiduría para alcanzar esta meta, y por darme la vida para llegar a compartirla con mi familia y amigos.

A MIS PADRES

Por el sacrificio realizado durante todo este tiempo y lograr que triunfe, y que me convierta en una persona de provecho para el país.

A NEFTALÍ SANTOS E IRMA DE SANTOS

Por todo lo que me ofrecieron dentro de su hogar y aceptarme en el.

A INGA. TELMA CANO

Por su asesoría, apoyo y buenos consejos durante la realización de este estudio.

A ING. JOSÉ MARIO SARAVIA

Por su asesoría y valiosa colaboración en este trabajo.

A ING. EDUARDO CALDERÓN

Por su gran colaboración y tiempo dedicado en la revisión de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
LISTA DE SÍMBOLOS	VI
GLOSARIO	VII
RESUMEN	X
OBJETIVOS	XI
HIPÓTESIS	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Taninos	4
2.1.1 Definición	4
2.1.2 Empleos	5
2.1.3 Clasificación	6
2.1.3.1 Taninos hidrosolubles o pirogálicos	6
2.1.3.2 Taninos no hidrosolubles o condensados	7
2.1.3.3 Leucoantocianidinas	8
2.2 Propiedades de los taninos	8
2.3 Formación del tanino y su rol en los vegetales	10
2.4 Extractos curtientes vegetales	11
2.5 Obtención del extracto curtiente	14
2.5.1 Reducción del tamaño de la partícula	14
2.5.2 Extracción	14
2.5.3 Clarificación	15

2.5.4	Concentración	15
2.5.5	Tratamientos químicos	15
2.5.6	Secado	15
2.6	Extractos curtientes comerciales	16
2.7	Producción de curtientes	17
2.7.1	Curtientes sintéticos	18
2.7.1.1	Curtientes sintéticos con poder curtiente propio, llamados de sustitución	19
2.7.1.2	Curtientes sintéticos con poco poder curtiente, llamados auxiliares	19
2.7.1.3	Clasificación y propiedades de los sintanes según su comportamiento	18
2.7.2	Extracción de curtientes vegetales	22
2.7.2.1	Molienda	22
2.7.2.2	Extracción	22
2.7.2.2.1	Procedimientos rurales	22
2.7.2.2.2	Procedimientos industriales	24
3.	METODOLOGÍA	29
3.1	Localización	29
3.2	Recursos	29
3.3	Metodología experimental	30
3.3.1	Diseño de tratamiento	30
3.3.2	Manejo experimental	31
3.3.3	Extracción del tanino	31
3.3.4	Análisis realizados	32
3.3.4.1	Análisis cualitativos	32
3.3.4.1.1	Reacción al cloruro férrico	33
3.3.4.1.2	Reacción al acetato de plomo	33

3.3.4.1.3	Reacción a la formalina	33
3.3.4.2	Análisis cuantitativos	33
3.3.4.2.1	Método de tara en vaina	34
3.3.4.2.2	Método de Stiasny	34
4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
5.	RESULTADOS	38
6.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
	CONCLUSIONES	42
	RECOMENDACIONES	43
	BIBLIOGRAFIA	44
	APÉNDICES	46

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Estructura ácido gálico y ácido elágico	7
2	Diagrama de bloques del proceso de extracción de tanino	46
3	Quercus tristis liebm	48

TABLAS

I	Datos requeridos para un experimento, con i tratamiento con muestra y n repeticiones	35
II	Porcentajes de extracto tánico obtenidos de la corteza y madera de encino.	38
III	Resultados de los análisis cualitativos en taninos	38
IV	Resultados obtenidos en el análisis cuantitativo de taninos por el método tara en vaina	39
V	Resultados obtenidos en el análisis cuantitativo de taninos por el método de Stiasny	39
VI	Análisis estadístico	50
VII	Datos originales extracciones en corteza de encino	55
VIII	Datos originales extracciones en madera de encino	55

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grados Celsius
H₀	Hipótesis nula
H_a	Hipótesis alternativa
μ	Promedio para la población de mediciones
m³	Metros cúbicos (unidad de volumen)
m	Metros (unidad de longitud)
%	Porcentaje
μm	Micrómetros (unidad de longitud)
ml	Mililitros (unidad de volumen)
S_i	Desviación estándar para el i-ésimo tratamiento
Y_i	I-ésima observación
n	Número de repeticiones
t	Valor estadístico de prueba
X	Media para la muestra de mediciones
P/P	Concentración presentada en magnitudes de peso/peso
°Bé	Grados Baumé
dap	Diámetro a la altura del pecho (1.3 m del suelo)

GLOSARIO

Astringente	Que en contacto con la lengua produce en esta una sensación mixta entre la sequedad intensa y de amargos, como, especialmente, ciertas sales metálicas.
Colágeno	Molécula que compone el córium o dermis, se compone de moléculas plipeptídicas torcidas entrelazadas en forma helicoidal.
Córium	Dermis de la piel.
Curtir	Aderezar las pieles por medio de un componente que les da características de imputrescibles.
Descortezar	Quitarle la corteza al árbol.
Especie	Conjunto de características comunes que establecen la semejanza, en este caso, entre plantas.
Extracción	Método de separación que puede ser líquido-líquido o sólido-sólido.

Extracto curtiente	Producto preparado por extracción acuosa de materiales tánicos, seguido por la concentración de las soluciones, ya sea como un extracto sólido o un extracto líquido.
Hipótesis	Es un enunciado (o un conjunto de enunciados) que precede a otros enunciados y constituye su fundamento.
Lixiviación	Extracción de un compuesto que forma parte de un sólido por medio de un solvente.
Maceración	Operación que consiste en sumergir un sólido vegetal en un líquido para extraer de él sus partes solubles.
Quebracho	Nombre genérico de varias especies botánicas de árboles americanos de madera muy dura. Árbol de gran porte, de la familia de las Anacardiáceas. Su corteza y madera es rica en tanino.
Resina	Sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua, soluble en el alcohol y en el aceite esencial y capaz de arder en contacto con el aire. Se obtiene naturalmente como producto que fluye de varias plantas.
Sustancia insoluble	Que no puede disolverse ni diluirse.

Tanino

Compuestos polifenólicos elaborados en el interior de las plantas principalmente herbáceas y leñosas, formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, al aplicarse en pieles las convierten en cueros, en que le confiere una función protectora.

RESUMEN

En la investigación realizada, se extrajeron taninos de la corteza y madera del encino (*Quercus tristis* Liebm), tomando para ello muestras de cuatro árboles diferentes de *Quercus tristis* Liebm, para realizar una comparación en los porcentajes de extracto tánico obtenido en cada extracción realizada, determinando si la concentración de taninos en esa especie es uniforme tanto en la corteza como en la madera.

A los extractos tánicos obtenidos de las diferentes extracciones realizadas, se le aplicaron pruebas cualitativas para determinar si el tanino obtenido es del tipo condensado o hidrosoluble, así como también pruebas cuantitativas para determinar la cantidad de tanino presente en la muestra de extracto tánico.

Se determinó que el porcentaje de rendimiento de extracto tánico para la corteza es de 12.95 y para la madera es de 1.95; así como también que los taninos extraídos tanto de la corteza como de la madera en su mayoría son del tipo condensado catéquico; también se llegó a determinar que el extracto tánico de la corteza tiene un 61.15% de tanino, mientras que el extracto tánico de la madera tiene un 16.15% de tanino.

Las extracciones de tanino se hicieron en el rango de temperatura de (25-70) °C y a presión atmosférica local.

OBJETIVOS

General

- ◆ Comparar el porcentaje de extracto tánico de la corteza y de la madera del encino (*Quercus tristis* Liebm), por medio de extracción a nivel laboratorio.

Específicos

1. Determinar el porcentaje de extracto tánico de la corteza y de la madera del encino (*Quercus tristis* Liebm) estableciendo si existe diferencia significativa entre ambos.
2. Determinar por medio de pruebas colorimétricas cualitativas si los taninos extraídos son del tipo condensado o hidrosoluble.
3. Determinar, a través de pruebas cuantitativas aplicadas al extracto tánico, la cantidad de taninos presentes en dichos extractos.

HIPÓTESIS

El porcentaje de extracto tánico es igual en la corteza y en la madera de encino (*Quercus tristis* Liebm).

Hipótesis estadística

Hipótesis nula: (H₀)

No existe diferencia significativa entre el porcentaje de extracto tánico en la corteza del árbol y la madera del mismo.

$$\mu_1 = \mu_2$$

Hipótesis alternativa: (H_a)

Si existe diferencia significativa entre el porcentaje de extracto tánico en la corteza del árbol y la madera del mismo.

$$\mu_1 \neq \mu_2$$

INTRODUCCIÓN

Los taninos antiguamente utilizados como colorantes de pieles y alimentos, son el resultado de la combinación de un fenol y un azúcar. Tienen gusto amargo y suelen acumularse en las raíces, cortezas y en menor medida en las hojas. Pueden tener varios usos: la precipitación de la gelatina a través de los taninos sirve para clarificar el vino, así como también la capacidad de precipitar proteínas sirve para el curtido de pieles. En ese sentido, los taninos se intercalan entre las fibras de colágeno, estableciendo uniones que permiten crear una gran resistencia frente al agua y el calor, haciendo que la piel se convierta en cuero.

Esta combinación de los taninos con proteínas de la piel, forman precipitados resistentes a la putrefacción, lo cual priva a las bacterias contaminantes de su sustrato nutritivo. Su poder astringente lo hace apto para la cicatrización de heridas, sobretodo administrado en forma de cataplasmas.

El curtido vegetal es tan antiguo como la historia misma del hombre y es el que emplea sustancias curtientes vegetales, llamadas "taninos".

El curtido vegetal surgió a partir de la observación que puso en evidencia que si una piel cruda se ponía en contacto con la corteza, madera u hojas de ciertas plantas se manchaba y esas zonas que en principio se creían dañadas, finalmente resultaban favorecidas al quedar indemnes a la putrefacción.

Los taninos son muy numerosos y están muy repartidos en la naturaleza (más de 400 variedades). Se encuentran en cortezas de troncos y ramas, frutos, vainas, hojas, raíces, jugos y madera de ciertos vegetales. La mayor riqueza en cuanto a sustancias curtientes se encuentra en la corteza que cubre las ramas; raramente se puede hallar en las hojas siendo una excepción por ejemplo el zumaque.

También la madera es rica en sustancias curtientes sólo en un corto número de árboles; en cambio, hay una serie de frutos que contienen gran cantidad de dichas sustancias. En general el tanino se encuentra localizado en una sola parte, pero en algunos casos se encuentra simultáneamente en varias partes de la planta.

Debido a la importancia de conocer el porcentaje de extracto tánico en las partes de un árbol determinado, siendo éstas la corteza y la madera, el objetivo general de la investigación realizada es, la comparación del porcentaje de extracto tánico de la corteza y madera en el encino (*Quercus tristis* Liebm).

Para llevar a cabo lo mencionado anteriormente, se recolectó y secó madera y corteza de encino (*Quercus tristis* Liebm) a 1.30 m de la altura del árbol realizando cuatro corridas para cada extracto distinto (corteza y madera) en el encino.

1. ANTECEDENTES

La fuente de taninos, al ser macerada en agua, da un principio astringente que forma con las pieles un cuerpo imputrescible. Esto se debe a que los taninos reaccionan con las proteínas precipitando de sus disoluciones: la albúmina, la gelatina, las sales metálicas y los álcalis vegetales, distribuyéndose en forma uniforme por todas las uniones peptídicas. Se logra así la transformación de la piel en cuero, que toman un color característico dependiendo del agente curtiente utilizado, lo dejan inmune contra el ataque de bacterias, hongos, etc., además de no hincharse o hidrolizarse al contacto con el agua.

El conocimiento de las propiedades curtientes de los taninos debe buscarse desde los albores de la humanidad. Pueblos muy primitivos sabían tratar las pieles con estos principios astringentes. Existen pruebas de que los sidonios en la antigua Fenicia, utilizaban vestimentas de pieles finamente tratadas. En la ciudad de Pérgamo, cuna de Galeno (283 a.c.), sobresalieron grandes artesanos en el arte de curtir pieles de cabras y ovejas, que recibieron el nombre de “pergaminos”, en alusión a la ciudad que los producía. Los pergaminos, al igual que las láminas sacadas del tallo del papiro, constituyeron algunos de los principales medios utilizados por los escritores de la época.

Según Howes (1953), el tratamiento de las pieles mediante los extractos de las plantas tampoco era desconocido en épocas precolombinas. Algunas tribus norteamericanas curtían pieles de búfalo.

Al respecto se ha dicho que del dominio del arte de curtir cuero que alcanzaron los indígenas de Norteamérica, los europeos tomaron algunos procedimientos que ahora son básicos en la industria moderna del curtido.

La técnica del curtido es conocida desde 1000 años a.c., pero no es hasta el período 1790-1800, en Francia, cuando se aíslan y descubren los químicos base para curtir pieles (Prance y Prance, 1993). Los taninos son ácidos muy astringentes, propiedad que los ha identificado como ingredientes en la medicina tradicional; también se utilizan en la preparación de alimentos, en la maduración de frutas, como ingredientes de bebidas como la cocoa, el té el vino tinto.

Como antecedentes en la curtición de pieles por medio de extractos vegetales se tiene:

1. Extracción de taninos a partir del Divi-divi; **según SPECH**, 1989. (3)
2. Optimización de producción de taninos; **según la corporación de fomento de la producción**, 1986. (4)
3. Extracción y caracterización de taninos en corteza de 3 especies forestales cultivadas en Guatemala, Pino Ocote (*pinus oocarpa schiede*), Encino Negro (*quercus brachistachis benth*) y Aliso Común (*alnus jorulensis hbk*). Una alternativa de desarrollo agroindustrial para el uso de taninos naturales, **según Proyecto DIGI, centro de investigaciones, Facultad de Ingeniería**, 2002. (2)

4. Evaluación del contenido tánico en la corteza de dos especies forestales guatemaltecas, mangle colorado (*rhizophora mangle*) y pino blanco (*pinus ayacahuite*), por medio de dos métodos de extracción; **según AKÙ RAMÌREZ**, 2000. (1)

5. Comparación de rendimientos de dos métodos de extracción de taninos (ácido pinutánico) a partir de la corteza del pino caribe (*pinus caríbaea*) a nivel del laboratorio; **según Suchini Leytán**, 2002. (5)

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Taninos

2.1.1 Definición

Tanino es el término común aplicado a varios productos vegetales, tanto amorfos como cristalinos, obtenidos de diversas plantas, y utilizados en la industria del curtido del cuero. Los distintos taninos tienen composiciones diferentes. Algunos, también llamados taninos condensados, son fenoles con una estructura moderadamente compleja, mientras que otros se componen de ésteres de glucosa, o de algún otro azúcar y ácidos trihidroxibenzoicos. La fórmula $C_{14}H_{14}O_{11}$, considerada por lo general como la del tanino común, es tan sólo una aproximación.

Los taninos tienen un ligero olor característico y un color que va desde el amarillo al castaño oscuro. La exposición a la luz oscurece su color. Todos los taninos tienen un sabor amargo y son astringentes. Se disuelven con facilidad en agua, acetona o alcohol, pero son insolubles en benceno, éter o cloroformo. Cuando se calientan a 210 °C, se descomponen, y producen pirogalol y dióxido de carbono. La propiedad química que determina la mayoría de sus aplicaciones es la rápida precipitación que se produce al mezclarlos con albúmina, con gelatina y con un buen número de sales alcaloideas y metálicas.

La capacidad de los taninos de transformar las proteínas en productos resistentes a la descomposición determina su uso como agentes curtidores.

Las sales férricas reaccionan con los taninos y dan lugar a productos negros azulados que se utilizan como tintas. Los taninos se emplean como mordientes para la aplicación de tintes en tejidos, aprestos para papeles o sedas y coagulantes de gomas. Las propiedades de precipitación de los taninos se utilizan para clarear o limpiar vinos y cerveza. Resultan muy útiles en medicina, porque pueden usarse como astringentes.

Asimismo la precipitación de los alcaloides tras un envenenamiento atenúa la toxicidad. Estas virtudes se deben a la propiedad que tienen de combinarse a otras sustancias (proteínas, fibras, alcaloides, gelatinas, etc.) para originar reacciones fenólicas. Las plantas que tienen taninos y esencias (salvia, menta) son muy útiles como antisépticos y antiinflamatorios en casos de bronquitis, hemorroides, sabañones, etc.

2.1.2 Empleos

- ◆ Antidiarreicos.
- ◆ Cicatrizantes - Hemostáticos.
- ◆ Antídotos de intoxicaciones por metales pesados y alcaloides.
- ◆ Antisépticos: bactericidas, bacteriostáticos y antifúngicos.
- ◆ Reepitelizantes (en uso externo impermeabilizan, protegen y reepitelizan pieles dañadas).
- ◆ Hipocolesterolemiantes.
- ◆ Antioxidantes.
- ◆ Protectores de la pared vascular
- ◆ Antinutrientes (por precipitar o inhibir enzimas digestivas).

La dosificación de las tisanas que contengan taninos debe ser muy precisa. Si se deja en cocción 10 a 15 minutos es lo ideal, en cambio si se deja más tiempo, se pierde el principio activo. En el caso del té común, si se infunde unos 10 minutos, se obtienen taninos, pero si se infunde por menos de 5 minutos, se obtiene más que nada cafeína. Entre las especies ricas en taninos tenemos: culantrillo, agrimonia, pie de león, aliso, doradilla, euphrasia, roble, castaño, encina, hamamelis, te común, arándano, zarzamora, calluna, bistorta, etc.

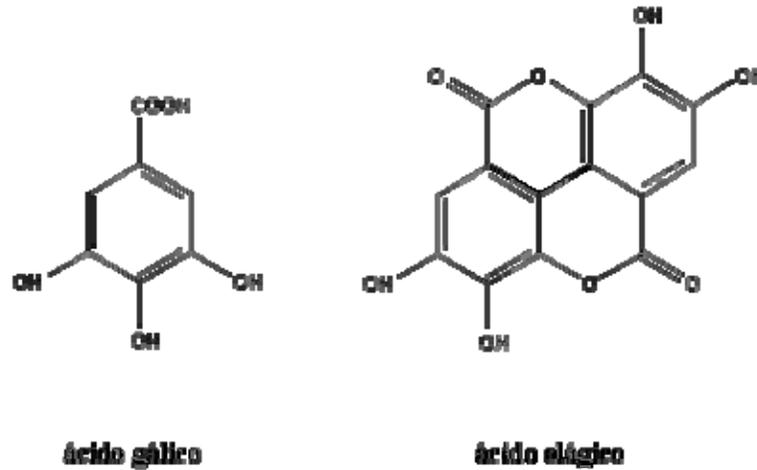
2.1.3 Clasificación

2.1.3.1 Taninos Hidrosolubles o Pirogálicos

Son ésteres fácilmente hidrolizables formados por una molécula de azúcar (en general glucosa) unida a un número variable de moléculas de ácidos fenólicos (ácido gálico o su dímero, el ácido elágico). Son comunes de observar en plantas Dicotiledóneas. Cuando se destilan en seco producen pirogalol. Como ejemplos de este grupo tenemos a:

- ◆ *Rosa gallica* (rosa roja). Empleada popularmente como colutorio.
- ◆ *Hamamelis virginiana* (hojas de hamamelis). Flebopatías. Astringente.
- ◆ *Lythrum salicaria* (salicaria). Empleada como antidiarréica y vulneraria.
- ◆ *Quercus infectoria* (agallas de roble). Antidiarreicos.

Figura 1 Estructura ácido gálico y ácido elágico



2.1.3.2 Taninos no hidrosolubles o condensados

Tienen una estructura química similar a la de los flavonoides. Por hidrólisis dan azúcar y ácido elágico. Se subdividen en:

- a) **Catéquicos:** Presentan catequiza en su estructura:
- ◆ *Krameria triandra* (raíz de ratania). Antidiarreico, astringente.
 - ◆ *Combretum micranthum* (combreto).
 - ◆ *Areca catechu* (nuez de betel).
 - ◆ *Camelia sinensis* (té común).

2.1.3.3 Leucoantocianidinas ó proantocianidina oligoméricas (pícnogenoles)

- ◆ *Pinus pinaster* (pino resinero). Corteza.
- ◆ *Vitis vinifera* (uva). Semillas.

Por lo general los taninos catéquicos actúan más que nada como astringentes (diarreas) y hemostáticos. Como antidiarreicos pueden generar por administración oral irritación gástrica. De ahí que se suelen administrar combinados con albúmina o gelatina. En cambio las leucoantocianidinas presentan actividad antioxidante y vásculo-protectoras. (7)

2.2 Propiedades de los taninos

A pesar de su constitución química muy variable, los taninos presentan un cierto número de propiedades comunes:

1. La mayor parte son compuestos incristalizables, de naturaleza coloidal y dotada de propiedades astringentes.
2. Son solubles en el agua y el alcohol; sus soluciones acuosas tienen carácter ligeramente ácido.
3. Forman con las proteínas combinaciones insolubles e imputrescibles, particularidad que es usada en la industria de curtidos.
4. Producen, en contacto con sales de hierro, combinaciones fuertemente coloreadas en azul o verde oscuros y más o menos solubles en agua.

5. Sus soluciones son precipitados por muchas sales metálicas (hierro, cobre, plomo, estaño, mercurio, etc.) y forman compuestos pardos con soluciones de bicromato de potasio y ácido crómico.
6. Sus soluciones son precipitados por diversas sustancias básicas tales como: colorantes orgánicos básicos, el agua de cal, el agua de barita, los alcaloides, etc.
7. Las soluciones de tanino expuestas al aire absorben el oxígeno oxidándose, tomando rápidamente tintes oscuros y perdiendo parcialmente sus cualidades curtientes. La tendencia a la oxidación de los taninos se manifiesta cuando el pH sube por encima de 6. Esta es la razón por la cual el curtido en licores básicos no ha respondido a las esperanzas que se habían fundado en ese proceso. La oxidación se manifiesta netamente sobre el cuero en el momento en que se expone al aire.

Después de poco tiempo de curtida la piel la oxidación es mayor. Esta aumenta con la concentración de los taninos y disminuye con la concentración de no taninos. Además es máxima con ciertos taninos como el castaño y mínima con otros como el quebracho y el zumaque. La oxidación es acelerada por los álcalis, excepción hecha de la mezcla bórax-sulfito. Es más lenta con los ácidos y ciertas sales neutras que precipitan los taninos como el sulfato de magnesio. En curticiones totalmente al tanino como cueros de suela por ejemplo, luego del curtido se exprimen para recuperar parte de los baños que son altamente concentrados en tanino y se lava hasta por dos horas para descurtir y eliminar todo el tanino suelto. De esta forma se evita la oxidación y la sobrecurtición.

Muchas veces en ese lavado con solución de borato de sodio también se le puede incorporar un aceite sulfitado porque las dos cosas blanquean y además impiden la oxidación en la capa superficial. Además este aceite sulfitado forma una barrera bloqueadora que impide la evaporación violenta del agua que cuando sucede arrastra consigo el tanino profundo depositándose en la superficie y oxidándose. Los taninos sintéticos actúan como ácidos y decolorantes disminuyendo la tendencia a la oxidación.

La diversidad de constitución de los taninos nos da una explicación de lo que constatamos en la práctica, es decir que no hay dos taninos que den resultados idénticos. También hay taninos sintéticos que evitan la formación de flobagenos que son unos depósitos que se forman por aglomeración de los coloides de taninos y mantienen todo el sistema en suspensión, evitan que se pudran y evitan la formación de lodos de taninos que dejan agrios los baños.

2.3 Formación del tanino y su rol en los vegetales

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 CO₂. Se constata en efecto que las partes del vegetal expuestas al sol son las más ricas en tanino. 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.

No se conoce a perfección la influencia que pueden ejercer los taninos sobre la vida de la célula y en cuanto a las transformaciones que ellos sufren después de su aparición. En ciertos vegetales los taninos sufrirían transformaciones que los llevarían a tomar parte en la elaboración de la lignina. En otros vegetales constituirían un producto intermediario en la elaboración de resinas vegetales y se ha constatado que en primavera cuando la formación de la resina se vuelve más activa, el tanino disminuye a medida que la resina aumenta.

El tanino, en ciertos vegetales, tendría funciones de protección contra insectos, caracoles y microorganismos de la putrefacción. En efecto en partes ricas en tanino de un vegetal son pocos o nada atacados. Los tubérculos y los troncos ricos en tanino resisten largo tiempo a los fenómenos de putrefacción. En los fenómenos de germinación el tanino parece ser una sustancia de reserva. Parece verdadero que el rol de un mismo tanino puede ser diferente según las condiciones en las cuales se encuentra la célula que lo contiene.

2.4 Extractos curtientes vegetales

Los extractos curtientes vegetales (líquidos, sólidos, polvo) se extraen con agua y posteriormente son concentrados. Es muy importante considerar la naturaleza del agua empleada, pues el contenido de sales puede influir en su calidad y propiedades. Sus características se pueden determinar mediante el análisis del tanino a utilizar que permitirá obtener los porcentajes de humedad, insolubles, no taninos, taninos y los valores de pH, acidez y sales.

Las soluciones de extractos curtientes en general tienen un porcentaje más o menos elevado de sustancias insolubles en agua que se pueden encontrar en forma de suspensión o precipitado, que pueden proceder de la materia vegetal misma, formarse en su proceso de extracción o durante la fabricación del cuero. Cuando provienen de la materia vegetal extraída son taninos de un grado de polimerización elevado y no pueden mantenerse en suspensión por el efecto peptizante de los otros componentes del extracto. Las gomas o resinas, por ejemplo, pueden influir en la formación de precipitados dificultando la difusión del tanino hacia el interior de la piel. Si se originan en la curtición, pueden provocar una precipitación, o una disolución de las moléculas del tanino.

El componente fundamental de los extractos curtientes es el tanino que es capaz de transformar las pieles en cuero. Los taninos son compuestos polifenólicos de gran complejidad que pueden tener composiciones y estructuras muy diferentes dependiendo de su procedencia.

En los extractos tánicos, junto a los taninos, se encuentran sustancias no curtientes las que se han separado de los vegetales durante el proceso de extracción. Estas materias, llamadas no taninos, están constituidas por hidratos de carbono de diverso tipo, ácidos orgánicos, fenoles simples que no alcanzaron la magnitud molecular de los taninos, sales contenidas en el tejido vegetal y las provenientes del agua que se utiliza para su extracción, proteínas y compuestos de lignina. Entre estos no taninos hay sustancias que no son absorbidas por la piel, pero que durante el proceso de curtición pueden evolucionar y transformarse por polimerización en verdaderos taninos. Los no taninos intervienen activamente en el curtido porque los azúcares por fermentación de los ácidos y su aumento modifican la relación de ácido a sal.

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 venden 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.

Las sustancias insolubles que poseen los taninos favorecen el curtido, porque si lo que se utiliza como sustancia curtiente fuera un 100% sustancia tánica, sustancia curtiente, se produciría (a pesar de que estos fueran condicionados al pH ideal de los taninos, alrededor de 4.5-5) una sobrecurtición superficial que impediría el pasaje de los taninos para adentro. Todas estas sustancias no taninos son las que favorecen la penetración del tanino y evitan la sobrecurtición.

También se utilizan como precurtientes los taninos sintéticos que por tener la molécula pequeña, penetran antes y con gran rapidez, antes que los taninos naturales que están formados por coloides de estructura mucho más grande. Estos taninos precurtientes abren el camino y favorecen la penetración. Por eso es frecuente utilizarlos con anterioridad como precurtientes y se pueden también poner juntos. (7)

2.5 OBTENCIÓN DEL EXTRACTO CURTIENTE

Para la obtención de un extracto curtiente se requieren numerosas operaciones:

2.5.1 Reducción del tamaño de su partícula

Se tritura para aumentar su superficie y que la extracción sea más eficaz.

2.5.2 Extracción

En las fábricas de extractos se utilizan tinajas para la extracción, las cuales son en general de madera, modernamente de acero inoxidable y de una forma tronco-cónica para facilitar la salida del material extraído. Para facilitar la extracción se utiliza agua de condensación templada o caliente dependiendo del tanino que se trate y un principio de contracorriente. La extracción puede realizarse en cubas abiertas o en autoclave donde se trabaja con una temperatura superior a los 100°C. En el primero de los casos se obtendrá un extracto de mejor calidad, color más claro e índice de pureza (relación tanino/no tanino) mayor pero con un rendimiento inferior al otro sistema que al trabajar con elevadas temperaturas disuelve no sólo los taninos sino otros elementos no curtientes que no se disuelven a temperaturas menores oscureciendo su color.

2.5.3 Clarificación

Saliendo de la extracción las soluciones tienen de 2 a 4° Bé y una temperatura de aproximadamente 80-90°C. Son soluciones límpidas pero durante el enfriamiento se enturbian y dejan decantar sustancias insolubles en frío. Si fueran enviadas directamente a la concentración, darían extractos ricos en materias insolubles y de color intenso, llamados extractos brutos.

2.5.4 Concentración

Las soluciones obtenidas en la extracción tienen alrededor de 10-15% de sólidos y es necesario concentrarlo en un 50%.

2.5.5 Tratamientos químicos

Modificándose el equilibrio entre la acidez y el contenido salido de un extracto vegetal curtiente se pueden obtener curtientes con propiedades diferentes. Por ejemplo, el extracto de castaño se dulcifica con sulfito sódico que tiene una acción reductora, amoníaco concentrado para modificar el pH del tanino y mejorar su poder de penetración y bisulfito sódico para disminuir el color del extracto. La dulcificación permite obtener un cuero mucho más claro que antes. La sulfitación del extracto de quebracho da soluciones solubles en agua fría, transparentes a temperatura ambiente y que son relativamente poco astringentes.

2.5.6 Secado

Después de los tratamientos químicos los licores tánicos pasan a concentradores de vacío dejándolos en una humedad del 15-20%. Otro sistema es a través de la atomización que permite lograr un extracto con una humedad de alrededor de 4-6%.

2.6 Extractos curtientes comerciales

Entre los extractos curtientes comerciales encontramos:

- ◆ **extracto de pino**, de gran astringencia, da al cuero un color rojizo
- ◆ **de encina**, da cueros firmes de color pardo amarillento.
- ◆ **de zumaque**, es un extracto suave que penetra rápidamente en la piel, da cuero de tacto suave y flexible y de color muy claro.
- ◆ **de valonea**, de gran astringencia da cueros de color amarillento bastante impermeables.
- ◆ **de castaño**, de astringencia elevada, da cueros firmes de color avellana. Este extracto es el más sólido a la luz.
- ◆ **de mimosa**, fácilmente soluble en agua, da cueros flexibles de color beige amarillento.
- ◆ **de quebracho**, natural da cueros firmes, solubles en frío por bisulfitación da cueros más flexibles y suaves.
- ◆ **extractos de lignina**, en el tratamiento de maderas con sulfitos y bisulfitos para la obtención de la pasta del papel se logran grandes cantidades de compuestos lignosulfónicos solubles que luego son purificadas con tratamientos químicos y desecadas por atomización. Los ácidos lignosulfónicos se fijan bien sobre el colágeno pero no tienen propiedades curtientes, se aplican como auxiliares retardando la fijación del tanino, facilitando la dispersión de los sedimentos y mejorando su difusión en los taninos.

2.7 Producción de curtientes

El primer material en tener propiedades curtientes casi idénticas con las de los naturales fue comercializado en 1930, un tanino sintético que curte en blanco y con un quimismo bastante complicado. Pero más tarde fue posible fabricar por caminos más sencillos otros curtientes sintéticos con excelentes propiedades curtientes, los que permiten sustituir gran cantidad de curtientes vegetales, sin que se noten diferencias en el cuero. Ha sido posible, inclusive el desarrollo de curtientes sintéticos con cualidades establecidas de antemano, con reacciones que pueden ser previstas y controladas, destinados a incorporar al cuero características específicas, como por ejemplo:

- ◆ Clarificación de la solución curtiembre vegetal
- ◆ Precurtido, para acelerar la penetración de los curtientes vegetales
- ◆ Aclarar el color del cuero curtido con extractos vegetales
- ◆ Aclarar el color del cuero curtido al cromo
- ◆ Suavidad, blando al tacto
- ◆ Producción de efecto de curtido suave y abierto
- ◆ Favorecer la penetración de los colorantes
- ◆ Facilitar el esmerilado
- ◆ Proporcionar mayor flexibilidad al cuero

Los curtientes sintéticos se obtienen al tratar sustancias aromáticas del tipo fenol, naftol, resorcina, pirocatequina, piragalol, ácidos lignosulfónicos, etc. con formaldehído para condensarlas y posteriormente hacerlas solubles al agua con ácido sulfúrico introduciéndoles grupos sulfónicos.

Entre las características de los curtientes sintéticos que influyen sobre su capacidad curtiente está el tamaño de las moléculas, siendo importante un peso molecular promedio. Cuando se condensa el fenol con el formaldehído se forma una resina termoestable, cuya dureza y peso molecular dependen de la relación con el agente condensador (formaldehído) ya que a mayor cantidad de formaldehído, mayor será el peso molecular.

Si la molécula es demasiado pequeña se obtiene una acción curtiente deficiente y si por el contrario, es demasiado grande hay una deficiente penetración en el cuero. Los sintéticos comerciales de base fenólica tienen un peso molecular de 400-800, los de mayor peso molecular se fijan poco sobre los grupos reactivos del colágeno, pero pueden tener un efecto rellenante cuando se aplican sobre la piel. (7)

2.7.1 Curtientes sintéticos

2.7.1.1 Curtientes sintéticos con poder curtiente propio, llamados de sustitución

Son taninos sintéticos cuya estructura química es semejante a la de los taninos naturales porque contienen grupos hidroxílicos fenólicos y por lo tanto tienen la capacidad de reaccionar con la proteína del cuero produciendo cuero curtido, es decir que se pueden utilizar como curtientes únicos. Tienen las siguientes características:

- ◆ Mayor solidez a la luz y a la oxidación también, mientras que los curtientes vegetales tienden a oscurecerse con la luz y a oxidarse con el oxígeno del aire.

- ◆ Aclaran más el color del cuero
- ◆ Aclaran más las pinturas posteriores porque al ser altamente aniónicos ocupan el lugar que ocuparían las anilinas al teñir.
- ◆ Sus agregados de moléculas y partículas son de menor tamaño, con un coloide menor que los taninos vegetales naturales por lo que dan un cuero menos relleno. Por ejemplo una acacia o un quebracho tienden a rellenar mucho más un cuero que los taninos sintéticos de sustitución, pero en contrapartida también se logran cueros mucho más blandos.
- ◆ Son menos sensibles al hierro y a los electrólitos.

2.7.1.2 Curtientes sintéticos sin o con poco poder curtiembre, llamados auxiliares

Se utilizan para facilitar el proceso de curtiembre a otros productos curtiembre o modificar el comportamiento de los extractos vegetales o de los sintéticos de sustitución.

2.7.1.3 Clasificación y propiedades de los sintanes según su comportamiento

- ◆ **Curtientes principales o completos.** Por su cualidad de curtir solos pueden sustituir completamente sin problemas o en parte a curtiembre vegetales y conceder a los cueros curtidos las propiedades deseadas.

- ◆ **Curtientes blancos.** Pueden también contarse, en la mayoría de los casos, como curtientes principales. Ellos poseen, la mayoría de las veces, un menor efecto de plenitud, a la vez de un alto efecto de blanco y alta solidez a la luz. Los curtientes para blanco pueden ser utilizados para recurtición blanca de cuero al cromo y como curtiente único en algunos casos, dependiendo de su fabricación. Existen en el mercado, sintéticos para blanco que curten por sí mismos. Curten dando color blanco, pigmentan muy bien, dan tacto suave, son especialmente sólidos a la luz y rellenantes.

- ◆ **Curtientes de crispados.** Son altamente astringentes y regulados ácidos, para un efecto de la flor unida y con ello lograr un alto crispado granular. Junto a los curtientes fenólicos se utiliza también, desde hace años, di aldehído glutárico para la línea de efectos crispados. Existen en el mercado, curtientes para crispar para todo tipo de cuero y que dan gran uniformidad en el grano.

- ◆ **Precurtientes.** Fueron desarrollados para un mejoramiento de la difusión de curtientes de partes grandes y altamente concentrados, para acelerar o reducir el tiempo de curtición. Dan colores de curtido más claros, flor más lisa y firme.

- ◆ **Recurtientes.** Son una gran cantidad productos. Principalmente usados para tratamientos posteriores de cueros al cromo, para conseguir efectos y propiedades especiales, como delicadeza de la flor, flor resistente y textura, blandura o solidez plenitud, teñido en tonos pasteles o igualización del teñido, aptitud al esmerilado, solidez a la luz o estabilidad al envejecimiento y para mejoramiento de las propiedades físicas.

- ◆ **Curtientes auxiliares.** Sirven para apoyar curticiones especiales, como la disolución de lodos en los baños de curtición vegetal, distribución de curtiente o regulaciones del valor de pH.
- ◆ **Curtientes de blanqueo.** Son utilizados para el aclarado o corregir el color de los cueros, curtido al vegetal al mismo tiempo, para una limpieza de la superficie de la flor.
- ◆ **Curtientes de dispersante.** Se utilizan con extractos vegetales no tratados, que curten lento y difícilmente, como por ejemplo quebracho. Con ello se evita la adición de grandes cantidades de sulfito.
- ◆ **Curtientes de plenitud.** Sirven como relleno de cueros pesados o para el acolchamiento de cueros planos en la recurtición. Junto a los sintanes y algunos curtientes poliméricos se deben citar los curtientes de resinas, con un selectivo efecto rellenante para las partes de la piel de estructura suelta.
- ◆ **Curtientes de neutralización.** Son productos, que por la fuerte tamponación enmascarada, ocasionan la disminución de la sensibilidad a ácidos y buena solidez a la luz, en la desacidulación, junto a un ligero efecto de recurtición ejecuta un efecto de neutralización. No se da el peligro de una neutralización excesiva.

Los curtientes sintéticos se utilizan poco como curtición única, sólo cuando se desea obtener un cuero blanco o un cuero con características muy particulares. Los curtientes sintéticos tienen un menor poder rellenante que los extractos vegetales y al curtir la piel dan un cuero de aspecto acartonado. Por lo general presentan poca solidez a la luz.

2.7.2 Extracción de curtientes vegetales

La obtención continua de curtientes vegetales comprende cinco fases básicas, a saber:

- ◆ Molienda
- ◆ Extracción
- ◆ Filtrado
- ◆ Decoloración
- ◆ Evaporación

2.7.2.1 Molienda

Las partes vegetales se machacan en molinos hasta la obtención de virutas o astillas de pequeñas dimensiones, en el caso de la madera se utilizan máquinas desmenuzadoras.

2.7.2.2 Extracción

Los procedimientos son de tipo rural e industriales.

2.7.2.2.1 Procedimientos rurales

Las pilas de curtición son cubas o barriles de madera, aunque también se emplean ollas grandes de barro cocido, con la siguiente secuela de operación:

- ◆ Se llenan con el material triturado o machacado seis recipientes, el primer día se vierte agua en la primera vasija cubriendo el material.

- ◆ Segundo día, el jugo producido en la primera vasija (A) se vacía en la segunda (B), adicionar agua caliente sobre el material desintegrado en la vasija (A), para su segunda lixiviación.
- ◆ Tercer día, el líquido de la vasija (B) se pasa a la tercera (C), la solución de la vasija (A) se vierte en la (B), enseguida se agrega agua en la vasija (A). El proceso se repite durante siete días, a razón de una vasija por día, al final el material de la primera vasija se habrá lixiviado seis veces; de tal manera que el contenido de la sexta vasija (F) presenta la máxima concentración. El séptimo día el líquido se integra al depósito de reserva.
- ◆ El material agotado de la primera vasija (A) se tira, después de haber vertido su contenido en la vasija (B), se le agrega material triturado nuevo y el líquido de la vasija (E), el cual fue previamente pasado por la cuba de reposición (E-ST). En la quinta vasija (E) se vierte el contenido de la vasija (C), en la sexta (F) el de la cuarta (D) y en ésta la de la segunda (B), a la que se le agrega agua.
- ◆ Durante el octavo día, el líquido de la vasija (A) se pasa filtrado al depósito de reserva y al material residual se le adiciona el jugo de la quinta vasija (E); a la quinta (E) el de la tercera (C) y a éste se le agrega agua. El líquido de la segunda (B) pasa a la cuarta vasija (D) y el material residual se vacía a la sexta vasija (F).
- ◆ El proceso continúa hasta el duodécimo día, de tal manera que el décimo tercer día se estarán realizando las mismas actividades del séptimo día.

En el proceso se observarán las siguientes reglas:

- ◆ El jugo curtiente no debe tener en ningún momento contacto con hierro o con cal; los instrumentos de trabajo y recipientes empleados sólo podrán ser de madera, barro, cobre, latón o cestería.
- ◆ El agua usada para la lixiviación es la de lluvia o de río, en general será blanda y limpia, de ser necesario hay que filtrarla.
- ◆ En la lixiviación el material vegetal se cubrirá completamente con el agua para evitar la oxidación.
- ◆ Nunca hay que utilizar agua hirviendo.

2.7.2.2 Procedimientos industriales

- ◆ **Difusión en tanque abierto.** Método adecuado para la extracción de jugos curtientes a partir de corteza, frutos y hojas; el material desmenuzado se coloca en una serie de grandes depósitos de madera o cobre con agua calentada con vapor. Los recipientes se llenan a diferentes tiempos, en rotación, de tal forma que se establezca una contracorriente, en la que el agua nueva entre en contacto con el material más lixiviado.

El agua circula a contracorriente con los sólidos, de manera que progresivamente se enriquece en el componente soluble de la sustancia tratada, hasta que al final rebosa del primer compartimiento más o menos concentrada. De forma análoga la sustancia por lixiviar al avanzar hacia el último compartimiento se pone en contacto con soluciones cada vez más débiles y su contenido de compuestos solubles va disminuyendo.

La temperatura del agua del depósito que contiene el material nuevo debe ser de 60°C, aunque en algunas factorías se calienta hasta 82°C; para la extracción de taninos de cortezas se recomienda conservar la temperatura por debajo del punto de ebullición, pues al hervir se propicia la precipitación de compuestos insolubles con la consecuente pérdida de taninos y el oscurecimiento del producto.

El proceso de difusión en tanque abierto tarda de tres a cuatro días.

- ◆ **Colado.** Recomendado para la obtención de jugos curtientes de cortezas y hojas; consiste en llenar un depósito con el material vegetal desmenuzado y someterlo a vapor; a continuación se rocía con agua caliente y el líquido resultante se retira a través del fondo del depósito. En comparación con el método de tanque abierto, el de colado se completa en la mitad del tiempo.
- ◆ **Cocción.** Método utilizado para extraer taninos de la madera; el material se reduce a partículas pequeñas en astilladoras parecidas a las que se emplean en la manufactura de pulpa para papel y combustible, aunque con mayor desmenuzamiento.

El proceso consiste en hervir la madera en depósitos dispuestos en serie o batería, un depósito se llena con líquido casi saturado y en él se sumerge la madera, se calienta hasta alcanzar la máxima concentración posible, se retira y el depósito se llena con el líquido del depósito precedente; de tal manera que el líquido (licor) del primer depósito pasa al segundo, de éste al tercero y así sucesivamente hasta el depósito final. El tiempo de extracción es de un día.

- ◆ **Autoclave.** El proceso utiliza temperaturas superiores al punto de ebullición del agua, en autoclaves de cobre que operan a presiones de 2 Kg. /cm² dispuestas en batería de ocho unidades, cada una de las cuales contiene 2.5 m³ de madera desmenuzada. Las autoclaves modernas están provistas de fondos caedizos operados por cilindros hidráulicos que reducen el ciclo de descarga y carga a tres minutos. El método es económico porque usa menos agua y el tiempo de difusión es de sólo 45 minutos.

En los dos últimos procedimientos los residuos pueden emplearse en la manufactura de papel, tableros aglomerados y combustible. Por otra parte, el calentamiento induce la formación de tanato de fierro (compuesto insoluble de color rojo), por lo que en la última etapa se agrega sulfito sódico o bisulfito sódico y se mantienen en agua fría.

- ◆ **Contra corriente o sistema de lixiviación.** La sustancia a tratar se introduce en el primer compartimiento, colocado en el extremo de rebosamiento del tanque, el residuo de la lixiviación se descarga en el último compartimiento, el disolvente se adiciona en éste y la solución concentrada que contiene el componente soluble sale por un vertedero colocado en el primer compartimiento. El disolvente circula a contracorriente de la sustancia tratada hasta que al final rebosa del primer compartimiento en forma más o menos concentrada.

El clasificador de plataformas múltiples es el principal aparato normalizado que aplica el principio de circulación continua a contracorriente; consiste en una serie de dos o más clasificadores unidos e impulsados por un mismo mecanismo; utiliza un solo tanque dividido en dos a seis compartimientos de lavado con sus correspondientes plataformas de escurrimiento. (7)

- ◆ **Filtrado.** Los diferentes métodos de extracción producen líquidos concentrados de color muy oscuro con pequeñas impurezas no tánicas, por lo que es indispensable filtrarlos, hasta que se tornen translúcidos; se usan filtros prensa con lonas finas, las lonas se colocan sobre los marcos de los filtros y se inicia la filtración mediante una bomba, conforme las lonas se tapan, se incrementa la presión por último se inyecta agua caliente para lavar los polvos que reciben el nombre genérico de cachaza.
- ◆ **Decoloración.** Los líquidos concentrados y filtrados que se reciben en los tanques de almacenamiento son de color rojo moreno, por lo que se deben someter a un proceso de evaporación directa, o bien a un tratamiento químico a base de dióxido de azufre para decolorarlos. La sulfitación de los extractos tánicos se realiza mediante dos sistemas, a saber: escalera, en el cual los líquidos van cayendo por gravedad y en sentido contrario asciende la concentración de SO_2 , es equivalente al obsoleto proceso de cascada. El otro sistema se lleva a cabo en una torre de 15 a 30 m de altura, llena de piedras calizas y silicosas entre las que desciende lentamente el líquido por sulfitar, y asciende también de forma lenta el SO_2 , mismo que es inyectado en la torre a través de una pequeña regaderas y una bomba a presión.
- ◆ **Evaporación.** Se realiza en tanques abiertos o cerrados y al vacío con calentamiento directo o mediante vapor, en el caso de líquidos decolorados está prohibido el uso de tanques abiertos porque se emite a la atmósfera CO_2 . Generalmente los tanques se evaporan a sequedad, están provistos de un agitador interior que de manera constante raspa el fondo para evitar que el tanino se pegue. Sí el calentamiento es directo se favorece la carbonización del extracto.

Con base en el tipo de presentación los taninos se clasifican de la siguiente manera:

- a. **Concentrados líquidos**, los cuales requieren de mayor evaporación, son de consistencia semejante al caramelo, para poder verterlos en sacos o cubas hasta quedar como un producto amorfo con un contenido de humedad del 20%; también se pasan por máquinas de presión para elaborar cubos de 2 a 3 cm. de arista.
- b. **Extracto en polvo**, se obtiene al concentrar hasta un 45% en vacío, a continuación el producto es secado al vacío para reducirlo a polvo con una humedad del 5%.

Las concentraciones más comunes son las siguientes:

- ◆ Presentación líquida 25 al 45% de tanino
- ◆ Presentación sólida 45-65% de tanino
- ◆ Presentación en polvo 55-70% de tanino (7)

3. METODOLOGÍA

3.1 Localización

- ◆ La corteza y madera del encino se obtuvo de la granja “La Ponderosa” ubicada en San Lucas Sacatepéquez Km. 28.5 carretera Interamericana, la cual está catalogada como zona de vida bosque húmedo subtropical Bh-s.
- ◆ El secado de la corteza y madera del encino se llevó a cabo en el Secador eléctrico ubicado en la planta piloto del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.
- ◆ La extracción del tanino se realizó en el laboratorio de la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

3.2 Recursos

Humanos:

- ◆ Investigador: Br. Edson Daniel Gómez Orozco
- ◆ Asesor: Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
- ◆ Co-Asesor: Ing. For. Msc. José Mario Saravia Molina

Físicos:

- ◆ Secador eléctrico
- ◆ Planta Piloto
- ◆ Instalaciones del laboratorio de la sección de Química Industrial del centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

3.3 Metodología experimental

3.3.1 Diseño de tratamiento

Se evaluó el porcentaje de extracto tánico en el encino (*Quercus tristis* Liebm), dicho extracto se obtuvo de la corteza y madera del mismo, utilizando para ello el método de extracción con maceración mecánica (de una etapa) utilizando agua como solvente, requiriéndose para ello 2 muestras diferentes (corteza y madera) tomando dichas muestras a una altura de 1.30 m (dap) en el árbol, para realizar 4 repeticiones (las 4 repeticiones indican que las muestras se tomaron de 4 árboles diferentes, para lograr confiabilidad en los resultados, el diámetro de los árboles estuvo entre 30-31 cm.), para cada muestra distinta, lo que da un total de 8 repeticiones.

Las unidades experimentales fueron como se detalla en la sección de datos originales. Se realizó un análisis estadístico de los datos que se obtuvieron. Este análisis se realizó con el objeto de comprobar la hipótesis experimental que se planteó. El análisis estadístico que se usó fue la prueba de hipótesis de dos medias de dos poblaciones independientes.

Para determinar la certeza de los resultados de porcentajes de tanino en las muestras de extracto tánico obtenidos utilizando los métodos cuantitativos de tara en vaina y de Stiasny que se detallan más adelante, se utilizó un extracto tánico de quebracho, el cual se utilizó como estándar, ya que el dato de porcentaje de tanino ya era conocido, y así poder comparar los resultados obtenidos con los métodos cuantitativos y los datos que ya se tenían del tanino de quebracho.

3.3.2 Manejo experimental

Debido a que la corteza y madera del encino se obtuvo en trozos grandes, se trituró en un molino para obtener materia que tuviere un tamaño de 250 μ ms. para lo cual se utilizó un tamiz No. 60 y así lograr el mayor aprovechamiento de sus propiedades curtientes.

3.3.3 Extracción de tanino

La extracción del tanino se realizó por medio del método de extracción con maceración mecánica (de una etapa) utilizando agua como solvente, ya que estudios realizados anteriormente de comparación de rendimientos entre el método de extracción sucesiva y el de extracción con maceración mecánica (de una etapa) utilizando agua han demostrado una mejor extracción con el segundo método, además por el tamaño de las cantidades de muestra requeridas para cada extracción, el método utilizando soxhlet no fue factible.

Al extracto tánico obtenido se le aplicaron análisis cualitativos para determinar los tipos de taninos en el extracto, así como también análisis cuantitativos para determinar el porcentaje de taninos en el mismo.

El procedimiento experimental fue el siguiente:

1. Pesar una muestra de corteza, madera, molida y seca, y colocarlos en un recipiente.
2. Adicionar agua buscando una relación muestra-solvente de 1:5.
3. Agitar para lograr una buena impregnación de la muestra.
4. Colocar el recipiente en una plancha de calentamiento manteniendo temperatura entre 70 y 80°C.
5. Realizar la extracción a la muestra por un tiempo de 45 minutos con constante agitación magnética.
6. Filtrar el extracto obtenido.
7. Evaporar al filtrado el solvente y secarlo a 70°C.
8. El producto residual es un extracto curtiente.

3.3.4 Análisis realizados

3.3.4.1 Análisis cualitativos

Se determinaron los tipos de taninos (taninos condensados o hidrosolubles) presentes en las muestras mediante reacciones colorimétricas y por formación de precipitado. (Ref. 2)

3.3.4.1.1 Reacción al cloruro férrico

Se colocaron 5 ml de solución al 25% de extracto obtenido en un tubo de ensayo, se añadió gota a gota, la solución de cloruro férrico al 10% e inmediatamente tomar nota de la reacción.

3.3.4.1.2 Reacción al acetato de plomo acético

Se colocaron 5 ml de solución tánica al 25% en un tubo de ensayo, en seguida añadir 10 ml de ácido acético al 10% y 5 ml de acetato de plomo tri-hidratado, y se tomó nota de la reacción.

3.3.4.1.3 Reacción a la solución de formalina

Se colocaron 50 ml de extracto tánico al 25%, agregar 5 ml de ácido clorhídrico concentrado (34.5%) y 10 ml de formaldehído al 35%, se llevó a reflujo por 30 minutos y se observó la reacción producida.

3.3.4.2 Análisis cuantitativos

Se determinó el porcentaje de taninos en el extracto tánico por medio de dos métodos, los cuales se describen a continuación:

3.3.4.2.1 Determinación de porcentaje de taninos por el método de tara en vaina

1. Se pesaron 2 gramos de la muestra de extracto tánico.
2. Se colocó la muestra en un erlenmeyer de 1000 ml con 200 ml de agua, agitando para disolver la muestra.
3. Se colocó la preparación en la estufa hasta ebullición por 4 horas. Luego entibiar la muestra.
4. Se filtró la muestra.
5. Se tomaron 25 ml de la solución líquida y se adicionaron 20 ml de indicador Índigo de carmín, y 750 ml de agua destilada.
6. Se tituló con permanganato de potasio hasta obtener color amarillo.

3.3.4.2.2 Determinación de porcentaje de taninos por método de Stiasny

1. Se diluyó una muestra de extracto tánico con agua destilada hasta alcanzar una concentración de 50%, se tomaron de ésta 25 ml y se colocaron en un erlenmeyer de 200 ml.
2. Se agregaron al erlenmeyer 6 ml de ácido clorhídrico al 34.5% y 12 ml de formalina al 35%, se calentó a reflujo por 30 minutos, después se filtró en Goch previamente tarado, y se secó a 105 °C por 24 horas, se enfrió y pesó, para los cálculos respectivos.

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó una prueba de hipótesis de dos medias de dos poblaciones independientes, debido a que solo se analizará un factor con dos tratamientos con dos corridas cada uno, para tener un arreglo matricial de ocho observaciones. (Tabla I)

Tabla I Datos requeridos para un experimento, con i tratamiento con muestra y n repeticiones

Tratamientos (muestra)	No. De observaciones				Desviación estándar	Promedio
1 = madera	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	$Y_{1,3}$	$Y_{1,4}$	S_1	\bar{Y}_1
2 = corteza	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$	$Y_{2,3}$	$Y_{2,4}$	S_2	\bar{Y}_2
					S_i	\bar{Y}

Donde

S_i = es la desviación estándar de las observaciones bajo i -ésimo tratamiento

X_i = es el promedio de las observaciones bajo i -ésimo tratamiento.

$Y_{i,n}$ = es el rendimiento que se obtuvo usando la i muestra en la n repetición.

La metodología que se llevó a cabo para realizar el análisis estadístico fue la siguiente:

Se realizó el proceso en que se tomaron en cuenta los datos de los tratamientos de corteza y madera.

Si en dicho proceso se acepta la hipótesis nula, entonces no hay diferencia significativa entre los rendimientos promedios, de lo contrario se aceptará la hipótesis alternativa, lo que indica que existe una diferencia significativa entre los rendimientos que se están tomando en cuenta en ese proceso.

El procedimiento que se siguió en dicho proceso fue el siguiente:

1. Se estableció la hipótesis nula y la alternativa.
2. Se determinó el estadístico de prueba, es decir, la t de student calculada; con la fórmula siguiente:

$$t = [(X_1 - X_2) - do] / [Sp * SQ\{(1/n_1) + (1/n_2)\}]$$

Donde:

$$Sp = \text{varianza combinada} = (SQ\{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2\} / [n_1 + n_2 - 2])$$

do = valor arbitrario

n = número de repeticiones

X = media

3. Se determinó el estadístico comparador, para ello se consideró que las varianzas poblaciones eran desconocidas pero iguales, por lo tanto:

- ◆ Grados de libertad = $n_1 + n_2 - 2$ = grados de libertad.
- ◆ Como es de dos colas y n_i menor que 30, la t de student tabulada se busca con los grados de libertad y $(s/2)$ obtenidos en una tabla de la misma.

4. Se tomó la decisión.

$t_{\text{calculada}} > t_{\text{tabulada}}$ se debe rechazar la hipótesis nula.

$t_{\text{calculada}} < t_{\text{tabulada}}$ se debe aceptar la hipótesis nula.

5. RESULTADOS

Tabla II. Porcentajes de extracto tánico obtenidos de la corteza y madera de encino (*quercus tristis liebm*)

Muestra	Porcentaje extracto tánico *
Corteza	12.95
Madera	1.95

* Los porcentajes están expresados en masa/masa.

Tabla III. Resultados de los análisis cualitativos en taninos para el encino (*quercus tristis liebm*).

Muestra	Pruebas realizadas		
	Cloruro férrico	Acetato de plomo	Formalina
Corteza	Verde musgo	No precipitó	<i>Precipitado café</i>
Madera	<i>Verde oscuro</i>	<i>No precipitó</i>	<i>Precipitado corinto</i>

Tabla IV. Resultados obtenidos en el análisis cuantitativo de taninos por el método tara en vaina.

Muestra	Porcentaje de taninos*
Corteza	61.15
Madera	16.15

*Porcentaje de taninos presentes en la muestra de extracto tánico, expresados en masa/masa.

Tabla V. Resultados obtenidos en el análisis cuantitativo de taninos por el método de Stiasny.

Muestra	Porcentaje de taninos*
Corteza	60.19
Madera	15.92

*Porcentaje de taninos presentes en la muestra de extracto tánico, expresados en masa/masa.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los porcentajes de extracto tánico obtenidos de la corteza y madera del encino se presentan en la tabla 2 (Pág. 36), al observarlos, se puede notar claramente una diferencia considerable entre los porcentajes de extracto tánico obtenidos de la corteza, respecto a los porcentajes de extracto tánico obtenidos de la madera, la cual es confirmada con el análisis estadístico realizado a dichos porcentajes, el cual se realizó con un 95% de confiabilidad (APÉNDICE D, Pág. 49), lo que indica que si existen diferencias significativas entre el porcentaje de extracto tánico de corteza del árbol y de la madera del mismo.

En los análisis cualitativos realizados, los resultados se muestran en la tabla 3, si se observa, tanto para la corteza y la madera, los resultados obtenidos, son las reacciones a las que responden los taninos condensados, por lo que se afirma que la composición principal es de tipo tanino condensado catéquico.

Para los análisis cuantitativos aplicados, en la tabla 4 (Pág. 37) se muestran los resultados obtenidos por el método de tara en vaina, tara en polvo de diversa granulometría, reflejan que en la corteza del encino (*Quercus tristis* Liebm) el extracto tánico tiene un 61.15 % de taninos en su composición, y en el extracto tánico de la madera el porcentaje de taninos en el extracto es de 16.15. Para el método de Stiasny, el extracto tánico de la corteza tiene un 60.19% de taninos en su composición, y en el extracto tánico de la madera el porcentaje de taninos en el extracto es de 15.92.

Al comparar los resultados obtenidos de rendimientos de extracto tánico, se puede observar que en la madera tiene un bajo rendimiento, al mismo tiempo que es baja la concentración de taninos en la misma, caso contrario con la corteza, ya que en este el rendimiento de extracto tánico fue mayor y a la vez, la concentración de taninos en éste fue mayor.

Los análisis cuantitativos que se aplicaron a los distintos extractos tánicos obtenidos, también se aplicaron a muestras de extracto tánico de quebracho, del cual ya se tenía valores estándar del porcentaje de taninos en su composición, con el objetivo de tener un parámetro de confiabilidad, respecto a los resultados obtenidos en los extractos tánicos de encino. Los resultados obtenidos en el extracto tánico de quebracho se compararon con los valores estándar (APENDICE E, Pág. 52), y se llegó a que el método de tara en vaina tiene un error experimental del 1.16% y el método de Stiasny un error experimental de 3.22%. Como lo demuestran los resultados la aplicación de los 2 métodos llevan a alcances diferentes, debido que el primero depende de una interpretación organoléptica en el caso de la titulación, como un posible efecto de la precipitación de no taninos en el método de Stiasny.

CONCLUSIONES

1. El porcentaje de extracto tánico de la corteza de *Quercus tristis* Liebm fue de 12.95 mientras que en la madera, 1.95. Con un 95% de confiabilidad tales valores presentan una diferencia significativa.
2. Los taninos extraídos tanto de la corteza como de la madera de encino (*Quercus tristis* Liebm), en su mayoría son del tipo condensado catéquico.
3. El extracto tánico de la corteza de encino (*Quercus tristis* Liebm), tiene un 61.15% de taninos, y el extracto tánico de la madera tiene 16.15% de taninos.

RECOMENDACIONES

1. Para un mejor rendimiento en las extracciones de taninos de la corteza, utilizar en el proceso de extracción como solvente una solución de bisulfito de sodio al 2% en masa, ya que se ha comprobado que con este solvente se obtienen mejores resultados.
2. Realizar extracciones de madera utilizando la solución de bisulfito de sodio al 2%, para determinar si con este solvente se obtienen mejores rendimientos como es el caso de las extracciones de corteza.
3. Evaluar con mayor precisión los métodos de cuantificación de taninos, para determinar las causas por las cuales se llega a resultados diferentes.

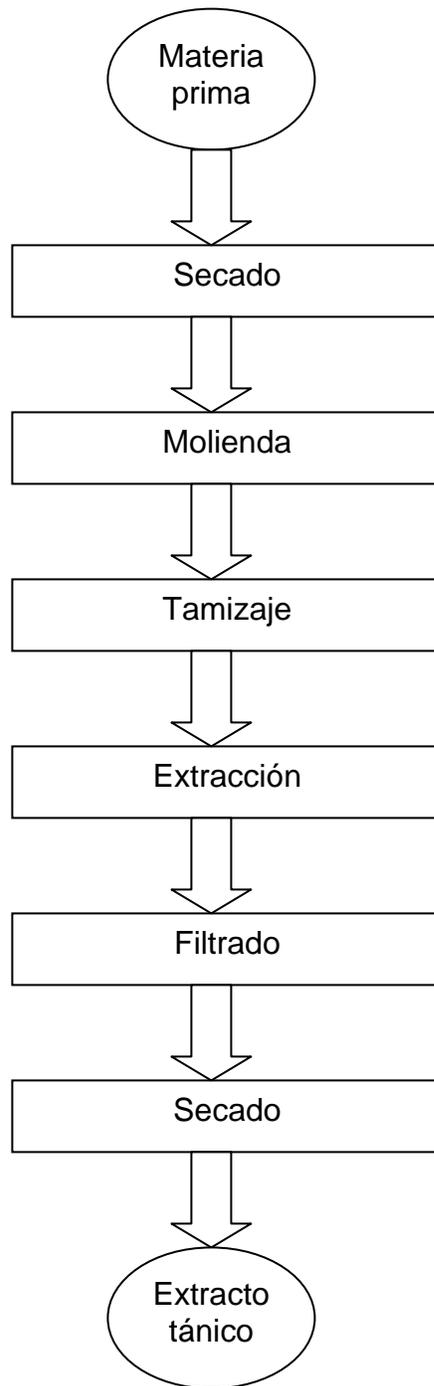
BIBLIOGRAFÍA

1. Akú Ramírez, Ingrid Liliana, Evaluación del contenido tánico en la corteza de dos especies forestales guatemaltecas, mangle colorado (*rhizophora mangle*) y pino blanco (*pinus ayacahuite*), por medio de dos métodos de extracción, (Tesis Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos), Guatemala: 2000.
2. Guerrero Marina, Jaime Guillermo, Polifenoles curtientes en corteza de tres especies forestales peruanas, (Tesis para optar el grado de Magíster en Ciencias Forestales –Mención Tecnológica de la Madera- Área Química de la madera, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Postgrado, Universidad de Chile), Santiago de Chile: 1997.
3. Spech, A., Extracción de taninos a partir de Divi-divi, (tesis Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos), Guatemala: 1989.
4. Standley, Paúl C. **Flora de Guatemala**, volumen 24 parte III. Chicago: National History Museum 1952.
5. Suchini, José Manuel, Comparación de rendimientos de dos métodos de extracción de taninos (ácido pinutánico) a partir de la corteza del Pino Caribe (*Pinus Caribaea*) a nivel de laboratorio, (Tesis Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos), Guatemala: 2002.

6. Walpole, Ronald E, **Probabilidad y estadística**, 3^a. edición en español.
México: Editorial Mc Graw Hill, 1992.
7. Cueronet, www.cueronet.com Fecha de consulta: 2003-11-18
8. Google, www.google.com Fecha de consulta: 2003-11-22

APÉNDICE A

Figura 2. Diagrama de bloques del proceso de extracción de tanino



APÉNDICE B

Encino (*quercus tristis liebm*)

En Guatemala, se le llama roble; encino; llamado también como Encino de la herradura, Machichi (Huehuetenango).

Húmedo o seco, por lo regular se da en las llanuras rocosas y laderas de las montañas, generalmente son bosques de roble o pino-roble, de 1,000 a 2,600 metros, se dan en Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos. Chiapas, El Salvador.

Este es uno de los más abundantes encinos en toda Guatemala. Este forma un gran porcentaje de robles forestales de centro y occidente. Árbol grande o tamaño medio, las ramas son de 1-2.5 mm de diámetro, café o café rojizo, con lenticelas prominentemente. Estelado tomentoso al principio luego glabrado o raramente pubescente, los brotes de 4 pulgadas de largo, ovoide a cónico, agudo, pubescente o glabrado, café claro u oscuro, hojas delgadas pero muy duras y coriáceas, 3-6 o a menudo de 12 centímetros de largo, mayormente 1-2.5 pero a veces de 5 cm. de ancho, oblongas o muy poco elíptico-abovado.

Casi siempre ancho de enmedio, agudo y ancho alrededor del ápice y usualmente apiculado o aristados, o subcuneado alrededor o usualmente cordado en la base, subentero y característicamente aristado o dentado bajo o dentado con dientes aristados, especialmente hacia el ápice, la superficie superior glabrada o algo pubescente cerca de la base de la costa, algo lustroso, venas marcadas, la superficie baja estelada-tomentosa llega a ser glabrada o algo flocosa por la costa y nervios con prominente venación reticulada, la superficie prominentemente granular-bulado.

Los nervios laterales de 0 a 12 pares, peciolo de 2-5 o hasta 15 mm de largo, glabrado; inflorescencias estaminadas de 5-6 cm de largo y sueltamente floreadas, la rachis corta estelada-pubescente, las antenas bien salidas, inflorescencias postiladas en cortos pedúnculos. 1-2 flores; frutas anuales, subseciles o sobre pedúnculos de 5 mm de largo, solitario o germinadas, copa de 10 a 15 mm de ancho, superficialmente en forma de globo o capa, las escamas ovadas a triangular, con ápices redondeados, muy cercanamente comprimidos puberulento a glabrado y lustroso, café claro, bellota de 12-15 mm de largo, 10-12 mm de ancho, ovoide-redondeada, muy obtuso, pocamente seriosa a glabrada, acerca de un tercio incluido en la copa o cubierta solamente en la base.

Figura 3. *Quercus tristis liebm*



Fuente: Herbario VIGUA Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC

APENDICE C

Quebracho argentino (*schinopsis lorensis*)

Nombre científico: *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlechtend) Barkley et Mayer.

Sinonimia: *Aspidosperma quebracho-colorado* Schlechtend; *Loxopterygium lorentzii* Grises; *Schinopsis lorentzii* (Grises) Engler.

Angiosperma dicotiledónea de la familia Anacardiaceae.

Nombres comunes: quebracho colorado, quebracho santiagueño, paag, paaj (Argentina), maasit, taining (Maskoy-Paraguay).

Claves para su reconocimiento:

1. Corteza oscura dividida en placas rectangulares, que al corte despiden una resina de color pardo.
2. Hojas compuestas imparipinadas con 9-31 folíolos lineales o lanceolados blanqueacinos en el envés.
3. El fruto es una sámara de color castaño.

Es un árbol de hasta 20 m de altura y tronco de 1.10 m de diámetro, de fuste más corto y sinuoso. Su copa es abierta y su follaje es ralo, aunque siempre verde. Presenta ramas jóvenes puberulentas y adultas glabras. Florece de febrero a mayo, fructificando de marzo a mayo.

Es muy dura. Su contenido en tanino rinde hasta un 24% de extracto por peso de madera, con un 62-70% de tanino puro.

Al igual que otras especies de la familia Anacardiáceas, al contacto con la piel pueden producir dermatitis alérgica. El principio que la origina sería un cuerpo volátil del grupo del cardol.

Hojas: Alternas, compuestas, imparipinnadas, de hasta 17 cm de largo; con 7 hasta 15 pares de folíolos, semicoriáceos, opuestos o superpuestos, sésiles, algo oblíquos en su base, de 7 a 30 mm de largo cada uno, color verde oscuro en el haz y grisáceos algo pubescentes en el envés.

Flores: Amarillas, pequeñas, pentámeras, con cáliz glabro, sépalos semiorbiculares, pétalos oblongo-ovados; estambres cinco, insertos bajo el borde del disco, anteras dorsifijas, de dehiscencia longitudinal. El ovario, en las flores femeninas y hermafroditas, es ovoide, unilocular, triestilado; en las flores masculinas es rudimentario. Las flores están agrupadas en panojas de 6 a 12 cm de largo.

Frutos: Son sámaras leñosas, uniseminados, de 23 a 30 mm de largo, lustrosos, de color castaño claro cuando maduros, con el cáliz persistente en la parte basal. El largo de la semilla es de unos 7 mm.

Corteza: Es parecida a la de su congénere chaqueño. De color pardo grisáceo, posee surcos que definen placas longitudinales, siendo menos pronunciados en el tronco y más marcados en las ramas principales.

APENDICE D

Análisis estadístico

Tabla VI. Datos requeridos para un experimento, con 3 tratamientos con muestra y 4 repeticiones.

Tratamientos (muestra)	No. De observaciones (rendimientos %)				Desviación estándar	Promedio
1 = madera	12.44	11.95	14.74	12.70	1.228	12.9575
2 = corteza	2.29	1.71	1.85	1.96	0.247	1.9525

El proceso a tratar es el siguiente:

1. Corteza-madera

Para el cual la formulación de las hipótesis fue la siguiente:

Ho = No existe diferencia significativa entre el porcentaje de extracto tánico en la corteza del árbol y la madera del mismo.

Ha = Si existe diferencia significativa entre el porcentaje de extracto tánico en la corteza del árbol y la madera del mismo.

El estadístico de prueba se calculó con la fórmula siguiente:

$$t = [(X_1 - X_2) - d_0] / [S_p \cdot \sqrt{\{1/n_1 + 1/n_2\}}]$$

Donde:

$$S_p = \text{varianza combinada} = \left(\frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} \right)$$

d_0 = valor arbitrario

n = número de repeticiones

X = media

Sustituyendo valores en la ecuación para el proceso 1:

1 = corteza; 2 = madera

$$X_1 = 12.9575; X_2 = 0.7844965; d_0 = 0; S_p = 0.885718; n_1 = 4; n_2 = 4;$$

$$t = [(12.9575 - 0.7844965) - 0] / 0.885718 \cdot 0.8164965$$

$$t = 19.436466$$

Los valores críticos de t , se calcularon con un 95% de confianza, de la siguiente manera:

$$\text{Grados de libertad} = n_1 + n_2 - 2 = 4 + 4 - 2 = 6$$

$$\alpha/2 = 0.05/2 = 0.025$$

$$t_{\text{crítico}} = -2.447 \text{ y } 2.447$$

Se puede observar que el valor estadístico de prueba calculado, no cae en el rango de aceptación de la hipótesis nula, o sea dentro del rango de $t_{\text{crítico}}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

APÉNDICE E

Comparación de métodos cuantitativos aplicados.

Los datos teóricos del quebracho que se le aplicaron los análisis cuantitativos fueron proporcionados por la Industria Tenedora “El Sol”, de Quetzaltenango, los cuales son los siguientes:

Taninos = 73 – 75 %

No taninos = 16 – 18 %

Los resultados que se obtuvieron al aplicar los métodos mencionados anteriormente al tanino de quebracho, son los siguientes:

Tara en vaina: Taninos = 72.15%

Stiasny = 70.65%

Para determinar el error experimental incurrido en los análisis realizados se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de error} = \frac{(\text{Dato teórico} - \text{Dato experimental})}{\text{Dato teórico}} * 100$$

Para el método de tara en vaina el error es:

$$\% \text{ de error} = (73 - 72.15) / 73 * 100 = 1.16\%$$

Y para el método de Stiasny el error es de 3.22%.

DATOS ORIGINALES

Tabla VII. Extracciones en corteza de encino

No. Árbol	Corteza (lb)	Solvente(ml)	Extracto tánico (lb)	Rendimiento (%)
1	5.34	9850	0.54	12.44
2	5.02	11400	0.60	11.95
3	5.02	11400	0.74	14.74
4	5.04	11500	0.62	12.70

Tabla VIII. Extracciones en madera de encino

No. Árbol	Madera (lb)	Solvente(ml)	Extracto tánico (lb)	Rendimiento (%)
1	4.50	8000	0.08	2.29
2	4.50	8000	0.06	1.71
3	4.50	8000	0.05	1.85
4	4.50	8000	0.04	1.96