



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química**

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE TANINOS EN EL EXTRACTO  
TÁNICO DE LA CORTEZA DE MELINA (*Gmelina arborea* Roxb.),  
UTILIZANDO DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN A NIVEL LABORATORIO.**

**MADELEINE WALLESKA EQUITÉ DE LEÓN**

Asesorada por: Inga. Telma M. Cano Morales  
Ing. José Mario Saravia Molina

**Guatemala, mayo de 2004**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE TANINOS EN EL  
EXTRACTO TÁNICO DE LA CORTEZA DE MELINA (*Gmelina  
arborea* Roxb.), UTILIZANDO DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN  
A NIVEL LABORATORIO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MADELEINE WALLESKA EQUITÉ DE LEÓN**

ASESORADA POR: INGA. TELMA M. CANO MORALES  
ING. JOSÉ MARIO SARAVIA MOLINA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERA QUÍMICO**

GUATEMALA, MAYO 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 Galicia Celada
VOCAL IV	Br. 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. Jaime Domingo Carranza Gonzáles
EXAMINADOR	Ing. Estuardo Edmundo Monroy Benitez
EXAMINADOR	Ing. Edwin Manuel Ortiz Castillo
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:

### **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE TANINOS EN EL EXTRACTO TÁNICO DE LA CORTEZA DE MELINA (*Gmelina arborea* Roxb.), UTILIZANDO DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN A NIVEL LABORATORIO.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 22 de septiembre de 2003.

Madeleine Walleska Equité de León

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	III
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	VI
<b>GLOSARIO</b>	VII
<b>RESUMEN</b>	XI
<b>OBJETIVOS</b>	XII
<b>HIPÓTESIS</b>	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XV
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	1
1.1 Antecedentes	1
<b>2. TANINOS</b>	5
2.1 Taninos hidrolizables o pirogálicos	7
2.2 Taninos condensados	9
2.3 Funciones atribuidas en la planta	11
2.4 Aplicaciones	12
2.5 Extractos curtientes vegetales	13
2.6 Extractos curtientes comerciales	15
<b>3. METODOLOGÍA</b>	17
3.1 Localización	17
3.2 Recursos humanos	17
3.3 Recursos materiales	17
3.4 Equipo y cristalería	18
3.5 Procedimiento	18
3.5.1 Extracción con agua	18

3.5.2	Extracción con solución acuosa de sulfito de sodio al 2%	20
3.6	Análisis cualitativos	21
3.6.1	Reacción al cloruro férrico	21
3.6.2	Reacción al acetato de plomo	22
3.7	Diseño del estudio	23
3.8	Diseño experimental	23
3.9	Análisis estadístico	23
3.10	Análisis de varianza	24
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>27</b>
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>33</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>37</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>39</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>41</b>
	<b>APÉNDICES</b>	<b>45</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Extracción del contenido tánico de la corteza de melina ( <i>Gmelina arborea</i> Roxb.) utilizando agua como solvente.	19
2	Extracción del contenido tánico de la corteza de melina ( <i>Gmelina arborea</i> Roxb.) utilizando solución acuosa de sulfito de sodio al 2% como solvente.	21
3	Reacción del extracto tánico al cloruro férrico.	22
4	Reacción del extracto tánico al acetato de plomo trihidratado.	22
5	Descripción del extracto tánico en función de la altura de corteza colectada y comparada con base a los métodos de extracción.	27
6	Descripción del rendimiento de extracto tánico en función de la altura de corteza colectada y comparada con base a los métodos de extracción.	28
7	Descripción del porcentaje de ácido tánico extraídos en función de la altura de corteza colectada y comparada con base a los métodos de extracción.	29
8	Curva de calibración.	55

## TABLAS

I	Experimento de dos factores con n réplicas.	24
II	Análisis de varianza para el extracto tánico de melina.	25
III	Análisis de varianza para el porcentaje de ácido tánico en el extracto tánico de melina.	25
IV	Análisis cualitativo para determinar la presencia de taninos en el extracto tánico de melina, utilizando agua y solución acuosa de sulfito de sodio al 2% como solventes.	30
V	Porcentajes de ácido tánico de melina y otros valores reportados por la bibliografía de especies forestales guatemaltecas.	31
VI	Extractos curtientes obtenidos a diferentes alturas, a partir de dos métodos de extracción.	52
VII	Promedio de alturas y % de rendimiento del extracto curtiende obtenido a diferentes alturas a partir de dos métodos de extracción.	54
VIII	Datos obtenidos a partir del espectrofotómetro para determinar el porcentaje de taninos en el extracto tánico.	54
IX	Extractos tánicos de melina ( <i>Gmelina arborea</i> Roxb).	56

X	Extractos tánicos totales de melina ( <i>Gmelina arborea</i> Roxb).	56
XI	Porcentajes de ácido tánico.	57
XII	Porcentajes de ácido tánico totales.	57

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>A</b>	Altura
<b>B</b>	Solvente
<b>cm</b>	Centímetros
<b>g</b>	Gramos
<b>H<sub>1</sub></b>	Hipótesis alternativa
<b>Hg</b>	Mercurio
<b>H<sub>0</sub></b>	Hipótesis nula
<b>ml</b>	Mililitros
<b>mm</b>	Milímetros
<b>n</b>	Repeticiones

## GLOSARIO

<b>Acuminado</b>	Terminado en una punta o saliente fino especial.
<b>Ademe</b>	Cubierta de madera con que se aseguran obras en los trabajos subterráneos.
<b>Agalla</b>	Tumor con aspecto variado (esférico, haces de filamentos, etc.) que presentan algunas plantas tras ser picadas por insectos.
<b>Antisepsia</b>	Método que consiste en combatir o prevenir las enfermedades infecciosas, destruyendo los microbios que las causan.
<b>Astringente</b>	Propiedad que seca la piel y las mucosas.
<b>Bacteriostático</b>	Agente químico capaz de detener el crecimiento de las bacterias.
<b>Caducifolia</b>	Que pierde todas las hojas durante la estación desfavorable.
<b>Curtiente</b>	Producto preparado por extracción acuosa de materiales tánicos, seguido por la concentración de las soluciones, ya sea como un extracto líquido o un extracto sólido.
<b>Difusión</b>	Es la diseminación de una sustancia en un espacio, o en una segunda sustancia.

<b>Drupa</b>	Fruto carnoso provisto de una sola semilla que se ve protegida por una envoltura interior leñosa.
<b>Endocarpo</b>	Capa interna de las tres que forman el pericarpio de los frutos.
<b>Envés</b>	Cara inferior de las hojas.
<b>Équido</b>	Familia de mamíferos perisodáctilos a la que pertenecen los asnos, caballos y cebras.
<b>Escoria</b>	También excoriar, gastar o arrancar el cutis o el epitelio, quedando la carne descubierta.
<b>Extracción</b>	Método de separación que puede ser líquido-líquido y/o sólido-líquido.
<b>Extracto filtrado</b>	Operación que consiste en separar partículas sólidas de un líquido por medios mecánicos.
<b>Funguicida</b>	Producto químico que destruye los hongos.
<b>Fuste</b>	Parte aérea de las plantas, generalmente cilíndrica y de naturaleza xilemática o leñosa que sostiene a las ramas, hojas, flores y frutos. Parte comercialmente aprovechable del eje principal del árbol.
<b>Glabro</b>	Planta o estructura completamente desprovista de pelos.

<b>Gramíneas</b>	Plantas monocotiledonas que tienen tallos cilíndricos, flores dispuestas en espigas y grano cubierto por las escamas de la flor.
<b>Hermafroditas</b>	Planta o flor que dispone de androceo y gineceo.
<b>Humus</b>	Materia orgánica del suelo procedente de la descomposición, por fermentación o putrefacción, de los restos vegetales y animales.
<b>Ignición</b>	Estado de un cuerpo que arde o está incandescente.
<b>Inmersión</b>	Introducir alguna materia en un líquido.
<b>Lixiviación</b>	Operación mediante la cual, haciendo que un líquido atraviese una sustancia pulverizada, se logra extraer de ésta todos los principios que sean solubles en dicho líquido.
<b>Maceración</b>	Operación que consiste en sumergir un sólido vegetal en un líquido para extraer de él sus partes solubles.
<b>Monoica</b>	Planta con flores unisexuales, disponiéndose las masculinas y femeninas en el mismo individuo.
<b>Panícula</b>	Racimo de racimos.
<b>Peptización</b>	Disgregación de un gel en el medio dispersante para dar una dispersión coloidal o sol.
<b>Pubescente</b>	Cubierto de pelosidad corta y suave.

<b>Súber</b>	Tejido secundario que sustituye la exodermis de las plantas que crecen en grosor.
<b>Taninos</b>	Son polímeros polifenólicos producidos en las plantas como compuestos secundarios, se oxidan al contacto con el aire, inodoro y de sabor agrio, soluble en agua, alcohol y acetona; reaccionan con el cloruro férrico y otras sales, se usan industrialmente por sus propiedades curtientes en la industria del cuero, tintorería, tintas, medicina, etc.
<b>Termofraguante</b>	También termoestable, que no se altera fácilmente por la acción del calor.

## RESUMEN

Se determinó el contenido de taninos en el extracto tánico de corteza de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), partiendo de tres diferentes alturas del árbol, por medio de dos métodos de extracción, utilizando agua como solvente para el primer método y solución acuosa de sulfito de sodio al 2% para el segundo.

Para obtener el extracto tánico se utilizaron muestras de corteza previamente molida y tamizada de 10 gramos proveniente de las alturas promedio de 1.30 m, 4.83 m y 11.16 m. La corteza fue sometida a tres extracciones para cada método utilizando una temperatura no mayor de 70°C y a una presión atmosférica de 640 mm Hg. El extracto tánico obtenido fue evaporado y secado bajo las mismas condiciones.

Los extractos tánicos fueron analizados cualitativamente con cloruro férrico y acetato de plomo, obteniendo resultados positivos que consisten en la coloración de la solución a verde oscuro y la formación de precipitado. La mayor recuperación de extracto tánico se observó en las extracciones con solución acuosa de sulfito de sodio al 2% con un 53.39% para 1.3 m, 46.87% para 4.83 m y 29.78% para 11.16 m, y el mayor porcentaje de ácido tánico se dio al utilizar el agua como solvente con un 6.3927% para 1.3 m de altura del árbol. Concluyendo que existe diferencia significativa en el rendimiento de extractos tánicos obtenidos a diferentes alturas del árbol y que el porcentaje de taninos según la altura del árbol a las que fueron tomadas las muestras, es distinto en cada uno de los métodos de extracción utilizados, pero no presenta diferencia significativa.

# OBJETIVOS

## General

Determinar el contenido de taninos en el extracto tánico mediante dos métodos, a partir de la corteza de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), en función de diferentes alturas del árbol.

## Específicos

1. Obtener el extracto tánico de la corteza de melina utilizando agua y solución acuosa de sulfito de sodio al 2%.
2. Determinar el porcentaje de taninos en el extracto tánico para ambos métodos.
3. Realizar pruebas cualitativas colorimétricas a los extractos tánicos para verificar la presencia de taninos.
4. Comparar el rendimiento de taninos extraídos de la especie forestal melina utilizando dos tipos de solventes.
5. Determinar si existe alguna diferencia significativa en el porcentaje de taninos extraídos a las diferentes alturas del árbol.

# HIPÓTESIS

## Hipótesis general

El porcentaje de rendimiento del contenido de taninos en la corteza de melina estará influenciado por el método de extracción y las alturas a las que fueron tomadas las muestras.

## Hipótesis estadística

Hipótesis nula:  $H_0$

$H_{0.1}$ : No existe diferencia significativa en el rendimiento de extractos tánicos, obtenidos a diferentes alturas del árbol.

$H_{0.2}$ : El porcentaje de taninos según la altura del árbol a las que fueron tomadas las muestras, es igual en cada uno de los métodos de extracción utilizados.

$H_{0.3}$ : No existe interacción entre las diferentes alturas y los diferentes métodos.

Hipótesis alternativa:  $H_1$

$H_{1.1}$ : Existe diferencia significativa en el rendimiento de extractos tánicos, obtenidos a diferentes alturas del árbol.

$H_{1.2}$ : El porcentaje de taninos según la altura del árbol a las que fueron tomadas las muestras, es distinto en cada uno de los métodos de extracción utilizados.

$H_{1.3}$ : Si existe interacción entre las diferentes alturas y los diferentes métodos.

## INTRODUCCIÓN

En América Latina, las investigaciones con la especie de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) se han iniciado recientemente, y debido a sus ventajas silviculturales y de utilización, ha sido objeto de numerosos estudios genéticos a nivel internacional.

La melina es una especie forestal originaria del continente asiático, debido a que se adapta mejor a las zonas de vida del bosque seco tropical, bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo tropical y subtropical.

En Guatemala, la melina es una especie muy utilizada para madera y leña, y se tiene visualizada su potencialidad para la producción de papel; lamentablemente, no se han hecho estudios en los que se pueda aprovechar al máximo, tanto la madera como otras partes de la especie para su comercio en diferentes áreas. Según Sandoval (2001), las plantaciones de melina se encuentran en: la región III (Izabal), la región V (Escuintla) y la región VI (Suchitepequez).

Desde hace muchos años, a partir de la corteza de árboles de especies forestales se obtienen extractos curtientes, los cuales son utilizados por las tenerías para curtir cueros. Estos extractos son llamados comúnmente taninos. Éstos son polímeros polifenólicos producidos por las plantas como compuestos secundarios, que tienen la propiedad de formar complejos, creando enlaces que se colocan entre las fibras de colágeno de la piel de los animales, dándoles flexibilidad y resistencia.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Antecedentes

Los taninos se emplean en la industria de los cueros, por su gran poder curtiente, éstos permiten obtener una amplia variedad de cueros, que se diferencian en flexibilidad y resistencia.

Con el fin de aprovechar la corteza que se pierde anualmente en Guatemala, se han hecho varios estudios para evaluar el contenido tánico en la corteza de algunas especies forestales, dichos estudios fueron realizados en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En 1990, la Universidad de Concepción, Chile, realizó un estudio sobre la optimización de producción de taninos, comparando las edades de los árboles (18, 30, y 39 años) y variando la concentración del solvente extractor utilizado (sulfito de sodio), para la obtención de componentes polifenólicos a partir de la corteza de *Pinus radiata* D. Don. La conclusión a la que llegaron, es que los componentes polifenólicos son dependientes de la edad del árbol, observando mayor contenido de polifenoles en la corteza de árbol de 30 años y a una concentración óptima del 2% de sulfito de sodio; trabajando con un tiempo de extracción de 45 minutos a 70°C.

Lemus Lucas, M. L., 1992, realizó una investigación sobre la recuperación de taninos a partir de la corteza de encino, utilizando dos métodos de extracción a nivel de planta piloto, concluyendo con que la extracción de taninos a partir de la corteza de encino es factible a través de la operación del método de extracción, si se utiliza agua como solvente con agitación y destilación usando vapor directo, que utilizando como solvente alcohol etílico con agitación, aplicando vapor indirecto.

Ortiz Albuera, S. W., 1992, llevó a cabo la investigación obtención y caracterización de extractos crudos de las hojas de guayaba a nivel de planta piloto, utilizando tres métodos de extracción, concluyendo con que el método más efectivo es la trituración de la hoja, hasta un tamaño de 1/10 del tamaño original, con agitación, filtración con reflujo usando agua como solvente, en una relación de peso de materia prima / volumen de 1:5 y destilación al vacío, y para la obtención de los extractos blandos, el mejor método es utilizando una concentración de alcohol etílico al 70% en volumen, extracción sólido – líquido en caliente, agitación y filtración para obtener un extracto fluido.

Guerra Marina, J. G., 1997 de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, de la Universidad de Chile, realizó un estudio en polifenoles curtientes en corteza de tres especies forestales peruanas, concluyendo que, existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos, respecto a la especie, al tipo de solvente utilizado y a la ubicación de la muestra tomada, del mismo modo los rendimientos mayores se dan en las especies *Byrsonima spicata* y *Sclerolobium chrysophilla*.

Akú Ramírez, I. L., 2000, evaluó el 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. Concluyó que es factible la obtención de extractos curtientes, a nivel laboratorio, a través de la utilización de agua desmineralizada y sulfito de sodio como solventes, obteniendo mayores rendimientos al utilizar como solvente, solución acuosa de sulfito de sodio al 1%.

Un equipo de investigación coordinado por el Ing. Saravia Molina y otros, 2002, de la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Agronomía y la Dirección General de Investigación -DIGI- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizaron un estudio sobre la extracción y caracterización de taninos en corteza de tres especies forestales cultivadas en Guatemala, pino ocote (*Pinus oocarpa* Schiede), encino negro (*Quercus brachystachys* Benth) y aliso común (*Alnus jorulensis* HBK). Una alternativa de desarrollo agroindustrial para el uso de taninos naturales. Se concluyó que el rendimiento promedio porcentual de extracto tánico a nivel laboratorio con el método de extracción en etapas sucesivas con agua y solución acuosa de sulfito de sodio al 2% fueron de 51.27% para pino ocote, 45.07% para encino negro y 42.36% para aliso común, para las tres especies con un 95% de probabilidad de acierto, no se encontró diferencia significativa del rendimiento promedio porcentual de extracto tánico de la corteza en función de la clase diamétrica. Se observó que dicho rendimiento no se ve influenciado por la altura de extracción en aliso común y encino negro, y que para el pino ocote la altura de extracción al dap es la que muestra significativamente mayor rendimiento porcentual de extracto tánico.

Suchinni Lieytan, M, 2002, realizó la comparación de los rendimientos de dos métodos de extracción de taninos (ácido pinutánico) a partir de la corteza de *Pinus caribaea* a nivel laboratorio, concluyendo que, sí existe diferencia significativa en rendimientos de extracto tánico entre el método I de extracción sucesiva (varias etapas, utilizando soxhlet) y el método II de extracción con maceración mecánica (de una etapa, a distintas concentraciones de sulfito de sodio al 2%), siendo del 5.63 y del 15.77 %, respectivamente; mostrando que con el método I, se logra obtener un rendimiento superior pero no significativo con respecto al método II, siendo de 1.55 y 1.52%, respectivamente; pero sus tiempos de extracción son diferentes, siendo aproximadamente de 8 horas para el método I y de 45 minutos para el método II.

Orozco Escobar, M. P., 2003, realizó el estudio: determinación del contenido tánico de la corteza de pino de cumbre (*Pinus rudis* E.) y pino triste (*Pinus pseudostrobus* L.), mediante extracciones alcalinas con sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), a nivel laboratorio, concluyendo que el mayor porcentaje de taninos, observado en la corteza de pino triste fue de 48.71%, y para el pino de cumbre de 24.46%, no existe diferencia significativa en el rendimiento de extractos curtientes en ambas especies de pinos en función de la altura a la cual se tome la muestra, pero sí existe diferencia significativa en el rendimiento de extractos curtientes en ambas especies de pinos en función del diámetro del árbol, y se determinó una relación directamente proporcional entre el extracto–curtiente y los porcentajes de taninos en las especies.

## 2. TANINOS

Según Alnicolsa (2003), los taninos son polímeros polifenólicos producidos en las plantas como compuestos secundarios y que tienen la habilidad de formar complejos con proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos, esteroides, alcaloides y saponinas desempeñando en las plantas una acción defensiva frente a los insectos. Son una mezcla variable y compleja de compuestos químicos, de sabor amargo y astringente, pero en general son ésteres de una azúcar con un número variable de ácidos fenólicos. El azúcar es generalmente glucosa y el ácido fenólico es ácido gálico o ácido hexahidroxifenoico. Uno de los componentes más comunes de los taninos es el pentagalolilglucosa. A estas mezclas de ésteres fenólicos se les conoce como ácido tánico. La especificidad de las plantas le da a los taninos diferencias en color, calidad y concentración.

Los taninos tienen la propiedad de formar complejos con macromoléculas, particularmente con las proteínas; así forman enlaces colocándose entre las fibras de colágeno de la piel de los animales, por lo que se usan para “curtir la piel”, dándole flexibilidad y resistencia. Esta propiedad explica también su astringencia, al precipitar las glicoproteínas contenidas en la saliva, haciendo que ella pierda su poder lubricante.

El tanino es un compuesto que se oxida al contacto con el aire, es inodoro y de sabor agrio, soluble en agua, alcohol y acetona; reacciona con el cloruro férrico y otras sales; es combustible con un punto de inflamación de 199°C, una temperatura de autoignición de 528.5°C; poco tóxico por ingestión o inhalación.

Son un grupo de sustancias complejas que están ampliamente distribuidas en el reino vegetal, en casi todas las familias. Pueden encontrarse en todos los órganos o partes de la planta: tallos, madera, hojas, semillas y cúpulas, pero con particular abundancia en las excreciones patológicas provocadas por ciertos insectos, conocidas comúnmente con el nombre de agallas, este tanino en particular es una mezcla de ésteres de glucosa del ácido gálico; cuando se presentan en cantidades considerables, suelen localizarse en determinadas partes, como las hojas, frutos, corteza o tallos. Es común que en las plantas herbáceas se presenten localizados en una cantidad considerable en las raíces disminuyendo mucho la concentración cuando se trata de plantas anuales. En las plantas leñosas, tanto la localización como la abundancia son variadas.

Los enlaces de éster fenólico se llaman *enlaces de despido* (del griego *depsein*, curtir).

Químicamente los taninos se clasifican en: a) taninos hidrolizables o hidrosolubles (pirogálicos: se hidrolizan en ácidos fenólicos y azúcares) y b) taninos condensados no hidrosolubles (taninos catéquicos y los leucoantocianos; son polímeros muy difíciles de hidrolizar; los más ampliamente distribuidos en las plantas).

Los taninos hidrolizables son los que mayor interés toxicológico encierran. Entre los ácidos fenólicos más frecuentes en su composición destacan el ácido gálico, tánico, cafeico, hexohidrofénico y elágico. El ganado vacuno tolera plantas con taninos como el *Sorghum halepense* (L.) Pers. en cantidades de 500 gr./cabeza y día, pero mayores cantidades provocan gastroenteritis, glomerulonefritis, edema en el aparato digestivo con mucosas congestionadas y hemorrágicas, aumento del tamaño de los riñones, presencia de sangre hemolítica y edema en pulmón, disminución de las proteínas, aumento del nitrógeno uréico, creatinina, potasio y fósforo. La mortalidad alcanza el 80%. Los équidos manifiestan en intoxicaciones crónicas, ictericia y anemia hemolítica. Los taninos se consideran sustancias hemoglobinizantes.

Los pollos manifiestan anormalidades en las patas. El diagnóstico se realiza por los síntomas y lesiones, determinando en orina las concentraciones de ácido cafeico y pirogalol y determinando taninos en dieta.

Freudenberg, citado por Alnicolsa (2003), tiene su fundamento en el tipo de estructura base del tanino, y los agrupa en dos grandes clases: taninos hidrolizables y taninos condensados, con las siguientes características:

## **2.1 Taninos hidrolizables o pirogálicos**

- a. 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)
- b. Son comunes de observar en plantas Dicotiledóneas
- c. Cuando se destilan en seco producen pirogalol

- d. Se hidrolizan con facilidad por la acción de los ácidos, bases o enzimas, en un azúcar, un polialcohol y un ácido fenolcarboxílico. Dependiendo del tipo de ácido que produce por la reacción se subdividen en: galotaninos (ácido gálico) y elagitaninos (ácido elágico o dilactona estable del ácido hexahidroxidifénico)
- e. Los núcleos bencénicos están unidos por medio de átomos de oxígeno
- f. Dan coloración azul con  $\text{FeCl}_3$
- g. No precipitan con soluciones de bromo

Como ejemplos de taninos hidrolizables, del subgrupo de galotaninos se pueden mencionar: al que se obtiene de los frutos de *Caesalpinia Spinosa*. Este tanino es fácilmente hidrolizable por la acción de la enzima tanasa. Esto permitió asignar la estructura de un éster poligaloílico del ácido químico a dicho tanino, con un peso molecular aproximado de 800. Es común, también en las agallas del encino y en la raíz del zumaque.

Dentro de los elagitaninos, un ejemplo es: el corilagin, primer tanino aislado de este tipo, de *Caesalpinia coriarea* (nombre común: divi-divi) y *Terminalia chebula* (nombre común: mirabolano) y el *isorugosin B*, aislado de Liquidambar.

## 2.2 Taninos condensados

Los taninos condensados son polímeros de flavan-3,4-dioles. Los taninos condensados presentes en leguminosas tropicales se encuentran en tres formas principales: (a) **extractables** (reactivos con proteína), (b) **ligados a proteína**, y (c) **ligados a fibra**. Existen leguminosas donde todos los taninos son extractables (e.g. *Acacia boliviana*) y en otras donde todos son ligados (e.g. *Gliricidia sepium*). Por otra parte, se ha demostrado que el secado de una muestra puede afectar la distribución de taninos en el tejido de una planta. Por ejemplo, se ha observado que en varias leguminosas secadas al horno (60 °C) hubo una reducción de taninos extractables y un aumento de taninos ligados en comparación con muestras liofilizadas.

- a. Son derivados de unidades de flavan-3,4-dioles (leucoantocianidinas o proantocianidinas monómeras), conocidos actualmente también como proantocianidinas condensadas.
- b. Al ser tratados con ácidos en caliente, se origina una polimerización progresiva hasta dar taninos amorfos, llamados flobafenos o taninos rojos.
- c. En ellos, los núcleos bencénicos están unidos por átomos de carbono (por ejemplo C-4 a C-8, C-4 a C-6).
- d. Dan coloración verde con  $\text{FeCl}_3$
- e. Precipitan con soluciones de bromo

Ejemplo de este tipo de taninos se encuentran en la corteza de mimosa (*Acacia mollissima Willd*), en la madera de quebracho (*Schinopsis lorenzii*, Engl.), en la corteza de mangle (*Rhizophora mangle*), en las hojas de lentisco (*Pistacia lentiscus*), en la madera del castaño (*Castanea sativa*), entre otros.

Desde el punto de vista biológico los taninos son sustancias complejas producidas por las especies vegetales que cumplen funciones antisépticas o de conservación.

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, entre las principales familias botánicas con importancia en la obtención de taninos se pueden citar a las siguientes: *Leguminosae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*, *Fagaceae*, *Rhizophoraceae* y *Myrtaceae*. Algunos géneros como las acacias (*Acacia* spp.), los encinos (*Quercus* spp.) y algunos pinos (*Pinus* spp.) que habitan bosques de pino-encino o zonas de transición son importantes en la producción de estos productos.

En el proceso del curtido se aprovecha su capacidad de precipitar proteínas; ésta propiedad fue también aplicada en los tejidos vivos, constituyendo la base para su acción terapéutica, empleándolos en medicina en tratamientos del tracto gastrointestinal y para las escoriaciones y quemaduras de la piel. En este último caso las proteínas forman una capa protectora antiséptica bajo la cuál se regeneran los tejidos.

En los últimos años, en los que ha sido posible el aislamiento y determinación estructural de muchos de estos taninos, ha aumentado la investigación de sus actividades biológicas en base a las diferencias estructurales presentes. Dichas actividades, dependen en muchos casos de los tipos de taninos y concentraciones empleadas; esto indica la necesidad de su identificación de análisis estructural, como paso previo a la investigación de sus posibles aplicaciones.

Los principales Taninos vegetales son extractos acuosos de tipos especiales de fruto, madera y corteza, especialmente *Caesalpinia spinosa*, quebracho y acacia. El principal constituyente activo es el **ácido tánico**.

Los taninos penetran en el cuero o la piel después de largos períodos de inmersión, durante los cuales los agregados moleculares de tanino forman entrecruzados entre las cadenas polipeptídicas de las proteínas de la piel. La formación de puentes de hidrógeno es un factor importante.

### **2.3 Funciones atribuidas en la planta**

Dentro de las funciones que desempeñan en la planta, se les atribuye, entre otras:

- a. Contribuyen a la formación del súber.
- b. Son imprescindibles en la formación de sustancias vegetales, como aceites esenciales, resinas, lignina, etc.
- c. Juegan un papel protector, evitando el ataque de insectos y hongos, de allí que se le atribuya propiedades fungicidas y bacteriostáticas.
- d. Cumplen un papel moderador de los procesos de oxidación y de acciones antifermentos.
- e. Se les considera sustancias de reserva, y por otro lado, materiales de desecho; en este último caso, luego de proteger a la planta en ciertas etapas del crecimiento, finalmente se destruyen o depositan como producto del metabolismo en ciertos tejidos muertos de la planta madura, como el súber externo, el leño y las agallas.

## 2.4 Aplicaciones

Ambos tipos de taninos, hidrolizables y condensados, se emplean en la industria del cuero, por su gran poder curtiente, permitiendo obtener una amplia variedad de cueros, que se diferencian en flexibilidad y resistencia.

Los taninos condensados se usan principalmente en la fabricación de adhesivos y resinas. Por ejemplo, aquellos que han sido aislados de especies de acacia, han servido para desarrollar adhesivos en frío y termofraguados, por tratamiento con urea-formaldehído, o con copolímeros fenol-formaldehído, estos últimos usados en la fabricación de enchapes de madera a prueba de agua. También se emplean como precipitante para suspensión de arcilla.

Los taninos hidrolizables encuentran amplia aplicación debido a sus propiedades antioxidantes y su habilidad para formar complejos solubles e insolubles con las proteínas. Por ello se emplea en la industria de alimentos, farmacéutica y en cervecería. En este último campo, por ejemplo, se usan como estabilizadores de la cerveza: en el producto que no ha sido recientemente preparado, las proteínas se combinan con los polifenoles para formar complejos que son responsables de la presencia de turbidez. Al agregar los taninos, el nivel de proteínas es disminuido a un valor apropiado y se aumenta así el tiempo de almacenamiento de la cerveza. En la industria farmacéutica, se emplean para contraatacar el efecto de los alcaloides y el envenenamiento por sales de metales, inactivándose éstos por precipitación.

En la industria de alimentos se puede por ejemplo, remover impurezas proteínicas por precipitación con taninos; emplearlo en la preservación y maduración de alimentos, aprovechando sus propiedades antisépticas y antioxidantes; así como en la clarificación del vino. Su aplicación en otros campos está orientada, por ejemplo, a la extracción de Pb, Fe, Ca, Ba, y Ra presentes en soluciones, por coprecipitación con gelatina y taninos; al efecto anticorrosivo en superficies de Fe, expuestas al medio ambiente; al empleo en la elaboración de tintas; como recubrimiento protector de Cinc y aleaciones del mismo metal.

## **2.5 Extractos curtientes vegetales**

Para la extracción de los taninos se utiliza una mezcla de agua y alcohol, o simplemente agua; posteriormente se decanta y evapora a baja temperatura para obtener el producto final.

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 tánico 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* y 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 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.

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 grandes. 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.

## **2.6 Extractos curtientes comerciales**

Entre los extractos curtientes comerciales están:

- a. extracto de pino, de gran astringencia, da al cuero un color rojizo
- b. de encino, da cueros firmes de color pardo amarillento.
- c. de zumaque, es un extracto suave que penetra rápidamente en la piel, da cuero de tacto suave y flexible y de color muy claro.
- d. de valonea, de gran astringencia da cueros de color amarillento bastante impermeables.
- e. de castaño, de astringencia elevada, da cueros firmes de color avellana. Este extracto es el más sólido a la luz.

- f. de mimosa, fácilmente soluble en agua, da cueros flexibles de color beige amarillento.
- g. de quebracho natural da cueros firmes, solubles en frío por bisulfitación da cueros más flexibles y suaves.
- h. 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.

### 3. METODOLOGÍA

#### Localización

La parte experimental de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Química y Laboratorio de Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### Recursos humanos

Investigadora: Madeleine Walleska Equité de León

Asesores: Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Ing. José Mario Saravia Molina

#### Recursos materiales

1. Corteza de *Gmelina arborea* Roxb.
2. Agua desmineralizada Salvavidas
3. Solución acuosa de sulfito de sodio al 2%
4. Cloruro férrico, J. T. BAKER analyzed A. C. S. reagent
5. Acetato de plomo trihidratado pro análisis, MERCK, art. 7375 G. A.
6. Ácido acético (glacial) 100%, droguería PROFAQUIN.

## **Equipo y cristalería**

1. plancha de calentamiento con agitación del laboratorio de Química Industrial, marca *Sybron Thermolyne, model NUOVA II*
2. secador eléctrico de bandejas de contacto directo con flujo transversal, marca PREMLAB
3. balanza analítica del laboratorio de Química Industrial, marca *Adventurer*, con precisión de cuatro cifras significativa
4. guantes desechables
5. tubos de ensayo de 1.6 cm de diámetro y 13 cm de largo
6. balones aforados de 25, 100 y 250 ml
7. probetas graduadas de 25 ml
8. *beakers* de 150 y 250 ml
9. termómetro de mercurio
10. pinzas para tubos de ensayo
11. tamiz marca VWR *Scientific*, A. S. T. M. E-11 especification, de 300 micrómetros No. 50 y 250 micrómetro No. 60
12. varilla de agitación
13. vidrio de reloj de 8 cm diámetro

## **Procedimiento**

### **3.5.1 Extracción con agua**

1. Pesar una muestra de 10 g de corteza seca y agregarla al reactor (*beaker*), que contendrá 70 mililitros de agua desmineralizada a 70°C, para obtener una relación de corteza – solvente de 1:5.
2. Realizar la extracción durante 45 minutos a 70°C, colocando el reactor en la plancha de calentamiento con agitación.

3. Filtrar el producto de la extracción.
4. Someter la corteza residual a dos extracciones más con el mismo solvente cada una, en iguales condiciones.
5. Evaporar el solvente del filtrado a 70°C, utilizando la plancha de calentamiento con agitación.
6. Secar el producto final a temperaturas no mayores de 70°C en el secador eléctrico.

**Figura 1. Extracción del contenido tánico de la corteza de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) utilizando agua como solvente**



### 3.5.2 Extracción con solución acuosa de sulfito de sodio al 2%

1. Pesar una muestra de 10 g de corteza seca y agregarla al reactor (*beaker*), que contendrá 70 mililitros de solución acuosa de sulfito de sodio al 2% a 70°C, para obtener una relación de corteza – solvente de 1:5.
2. Realizar la extracción durante 45 minutos a 70°C, aplicando calentamiento mediante la utilización de la plancha de calentamiento con agitación.
3. Filtrar el producto de la extracción.
4. Someter la corteza residual a dos extracciones más con el mismo solvente para cada una, en iguales condiciones.
5. Evaporar el solvente del filtrado a 70°C, utilizando la plancha de calentamiento con agitación.
6. Secar el residuo a 70°C en el secador eléctrico.

**Figura 2. Extracción del contenido tánico de la corteza de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), utilizando solución acuosa de sulfito de sodio al 2% como solvente**

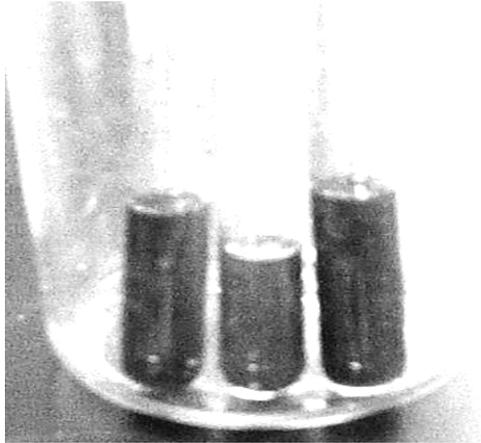


### **3.6 Análisis cualitativos**

#### **3.6.1 Reacción al cloruro férrico**

Colocar 5 ml de solución tánica al 25%, en un tubo de ensayo, añadir gota a gota solución de cloruro férrico al 10%, hasta la aparición de color verde oscuro en la solución.

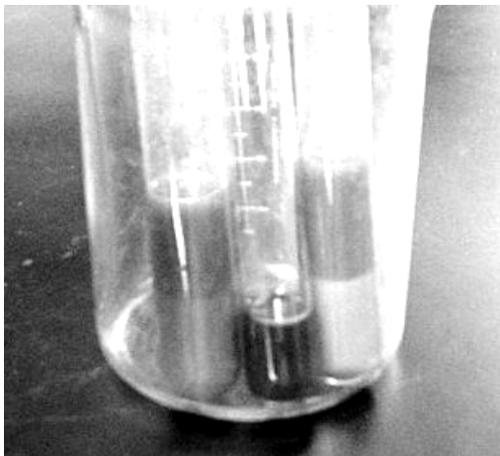
**Figura 3. Reacción del extracto tánico al cloruro férrico**



### **3.6.2 Reacción al acetato de plomo**

Colocar 5 ml de solución tánica al 25% en un tubo de ensayo, añadir 10 ml de ácido acético al 10% y 5 ml de acetato de plomo trihidratado, hasta la formación de precipitado.

**Figura 4. Reacción del extracto tánico al acetato de plomo trihidratado**



### **3.7 Diseño del estudio**

Los porcentajes de rendimiento de extracción de taninos de la corteza de melina, fueron evaluados usando como solventes agua desmineralizada y solución acuosa de sulfito de sodio al 2% a nivel laboratorio.

### **3.8 Diseño experimental**

Las unidades experimentales correspondieron a 10 g de corteza seca de melina en tres diferentes alturas de toma de muestra ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ).

El efecto del solvente fue evaluado en el momento de aplicarle a las muestras los dos métodos de extracción ( $B_1$ ,  $B_2$ ).

De esta forma se tiene: 3 alturas x 2 métodos = 6 tratamientos, cada tratamiento tiene 5 repeticiones, dando un total de  $3 \times 2 \times 5 = 30$  unidades experimentales.

Se utilizó un arreglo combinatorio al azar, que permitió que el efecto de los factores tenga la misma importancia, sin prevalecer uno sobre el otro.

### **3.9 Análisis estadístico**

Las variables con las cuales se trabajó son:

Altura de toma de muestra (variable A)

Solventes utilizados en la extracción (variable B)

### 3.10 Análisis de varianza

Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:  $i = 1, 2;$   $j = 1, 2, 3;$   $k = 1, 2, 3$

$Y_{ijk}$  = variable respuesta ij-ésima

$\mu$  = efecto de la media general

$\alpha_i$  = efecto del i-ésimo método de extracción

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo tiempo de extracción

$(\tau\beta)_{ij}$  = efecto de la interacción método – altura

$\varepsilon_{ijk}$  = efecto del error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

**Tabla I. Experimento de dos factores con n réplicas**

A	B		Total	Media
	1	... b		
1	$y_{111}$	$y_{1b1}$	$T_{1...}$	$\bar{y}_{1...}$
.	...	...	.	.
.	$y_{11n}$	$y_{1bn}$	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
A	$y_{a11}$	$y_{ab1}$	$T_{a...}$	$\bar{y}_{a...}$
	....	....		
	$Y_{a1n}$	$Y_{abn}$		
Total	$T_{.1.}$	$T_{.b.}$	$T_{...}$	
Media	$\bar{y}_{.1.}$	$\bar{y}_{.b.}$		$\bar{y}_{...}$

Fuente: Ronald E. Walpole, **Probabilidad y estadística**. Pag. 565

**Tabla II. Análisis de varianza para el extracto tánico de melina**

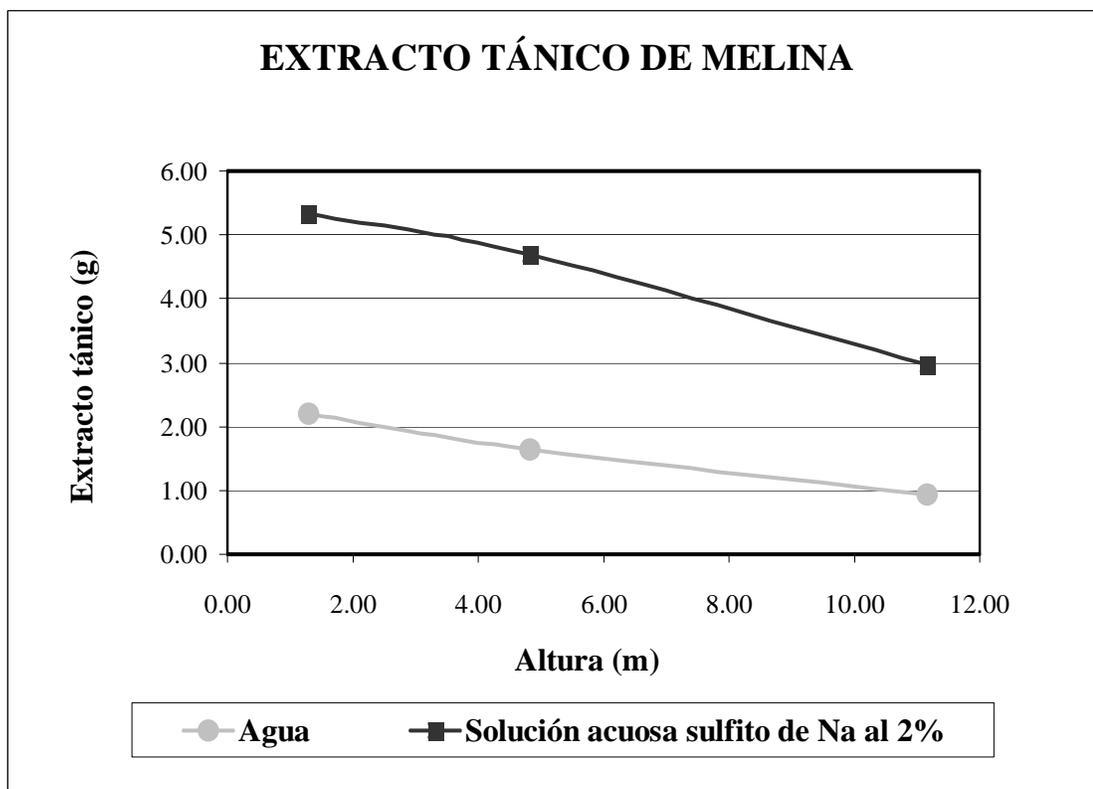
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$f$ calculada	$f_{\alpha}$ valor crítico
Alturas	17.0842	2	8.5421	131.4357	$f_{\alpha 1} = 3.4$
tipo de solvente	56.7064	1	56.7064	872.5313	$f_{\alpha 2} = 4.26$
interacción	1.8396	2	0.9198	14.15253	$f_{\alpha 3} = 3.4$
Error	1.5598	24	0.0650		
Total	77.1899	29			

**Tabla III. Análisis de varianza para el porcentaje de ácido tánico en el extracto tánico de melina**

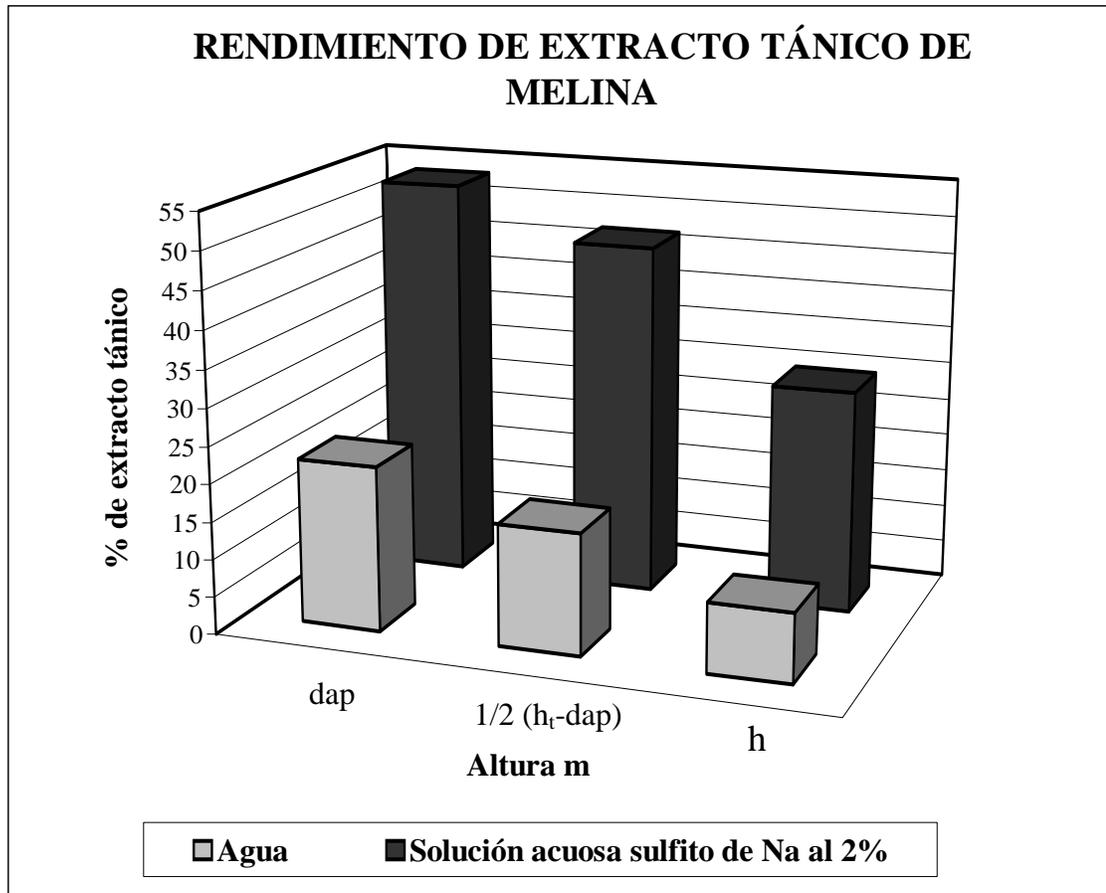
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$f$ calculada	$f_{\alpha}$ valor crítico
alturas	20.37008	2	10.18504	0.4882	$f_{\alpha 1, (2,6)} = 5.14$
tipo de solvente	2.7594	1	2.7594	0.1323	$f_{\alpha 2, (1,6)} = 5.99$
interacción	4.1792	2	2.0896	0.1002	$f_{\alpha 3, (2,6)} = 5.14$
error	202.1872	6	33.6979	1.6152	
total	229.4959	11	20.8633		

## 4. RESULTADOS

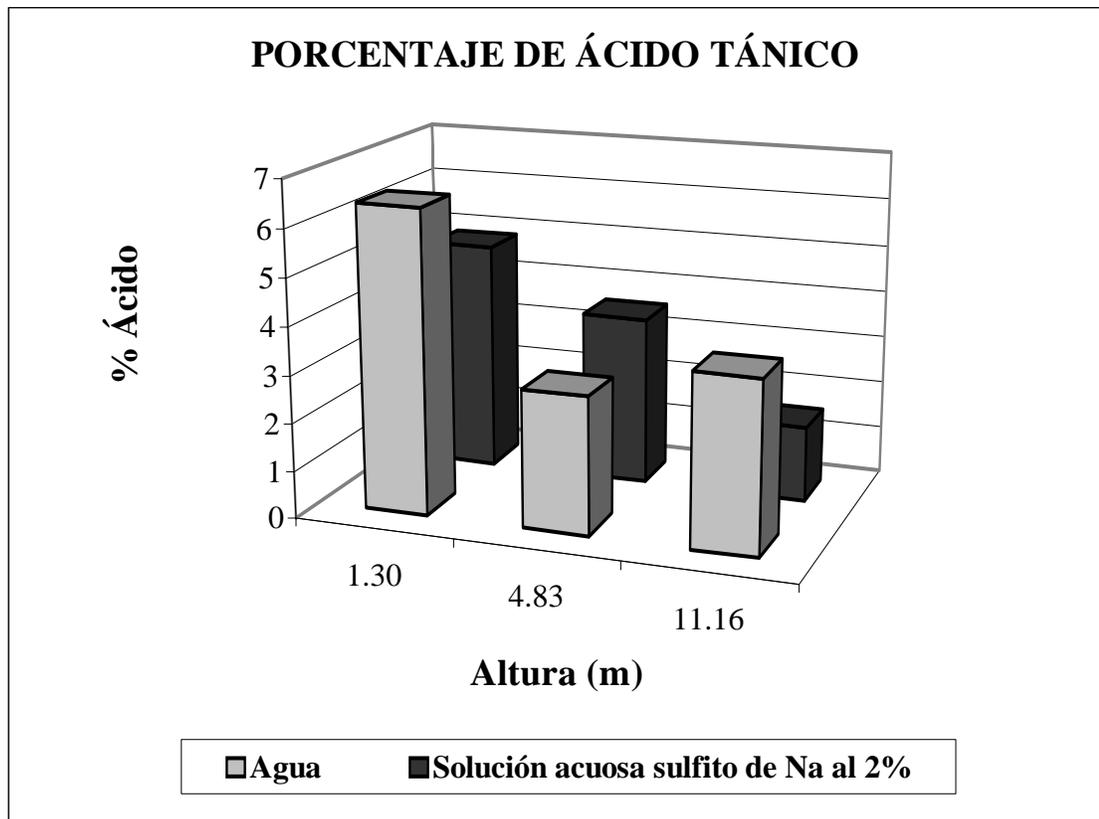
Figura 5. Descripción del extracto tánico en función de la altura de corteza colectada y comparada con base a los métodos de extracción



**Figura 6. Descripción del rendimiento de extracto tánico en función de la altura de corteza colectada y comparada con base a los métodos de extracción**



**Figura 7. Descripción del porcentaje de ácido tánico en el extracto tánico en función de la altura de corteza colectada y comparada con base a los métodos de extracción**



Los datos de extracto tánico obtenidos a partir de la utilización de la solución acuosa de sulfito de sodio al 2% como solvente, se ajustan a un modelo matemático polinomial de orden dos.

$$\text{Extracto tánico} = 0.0086 * \text{altura}^2 - 0.1319 * \text{altura} + 5.5258$$

$$\text{Factor de correlación} = 0.99999$$

Los datos de extracto tánico obtenidos a partir de la utilización del agua desmineralizada como solvente, se ajustan a un modelo matemático polinomial de orden dos.

$$\% \text{ extracto tánico} = 0.0051 * \text{altura}^2 - 0.192 * \text{altura} + 2.4396$$

$$\text{Factor de correlación} = 0.99999$$

**Tabla IV. Análisis cualitativo para determinar la presencia de taninos en el extracto tánico de melina, utilizando agua y solución acuosa de sulfito de sodio al 2% como solventes**

Solvente	Reacción al cloruro férrico	Reacción al acetato de plomo	Tipo de tanino presente
Agua	Verde oscuro	Precipita	Condensable prevaleciente
Solución acuosa de sulfito de sodio al 2%	Verde oscuro	Precipita	Condensable prevaleciente

**Tabla V. Porcentajes de ácido tánico de melina y otros valores reportados por la bibliografía de especies forestales guatemaltecas**

Especies	Porcentaje de ácido tánico	Rendimiento de extracto tánico total de corteza
<i>Gmelina arborea</i> (extracción con solución acuosa de sulfito de sodio al 2%)	4.86	53.40
<i>Gmelina arborea</i> (extracción con agua desmineralizada)	6.39	21.99
<i>Pinus Oocarpa</i>	No se reportó	51.27 <sup>1</sup>
<i>Pinus ayacahuite</i> (pino blanco)	No se reportó	50.94 <sup>2</sup>
<i>Quercus Brachistachis</i>	No se reportó	45.07 <sup>3</sup>
<i>Alnus Jorulensis</i>	No se reportó	42.36 <sup>4</sup>
<i>Rhizophora Mangle</i> (mangle colorado)	No se reportó	33.04 <sup>5</sup>
<i>Pinus Pseudostrobus</i> L	48.71	57.88 <sup>6</sup>
<i>Pinus rudis</i> E	24.46	27.46 <sup>7</sup>
<i>Pinus Caribaea</i>	1.55	15.77 <sup>8</sup>

<sup>1</sup>Método de extracciones sucesivas con agua y solución acuosa de sulfito de sodio al 2%, para las alturas de toma de muestra de 1.30 m. Saravia Molina, José Mario y otros. 2002.

<sup>2</sup>Método de extracción con maceración mecánica con solución acuosa de sulfito de sodio al 1%, para las alturas de toma de muestra de 1.30 m. Akú Ramírez, Ingrid Liliana. 2000.

<sup>3</sup>Método de extracciones sucesivas con agua y solución acuosa de sulfito de sodio al 2%, para las alturas de toma de muestra de 1.30 m. Saravia Molina, José Mario y otros. 2002.

<sup>4</sup>Método de extracciones sucesivas con agua y solución acuosa de sulfito de sodio al 2%, para las alturas de toma de muestra de 1.30 m. Saravia Molina, José Mario y otros. 2002.

<sup>5</sup>Método de extracción con maceración mecánica con solución acuosa de sulfito de sodio al 1%, para las alturas de toma de muestra de 1.30 m. Akú Ramírez, Ingrid Liliana. 2000.

<sup>6</sup>Método con maceración mecánica (una etapa), para las alturas de toma de muestra de 1.30 m. Orozco Escobar, Mary Patricia. 2003.

<sup>7</sup>Método con maceración mecánica (una etapa), para las alturas de toma de muestra de 1.30 m. Orozco Escobar, Mary Patricia. 2003.

<sup>8</sup>Método con maceración mecánica (de una etapa) con solución acuosa de sulfito de sodio al 2%, para la altura de muestra de 1.30 m. Suchini Lieytan, Manuel. 2002.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el contenido de taninos en el extracto tánico obtenido de la corteza de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), utilizando dos métodos de extracción y evaluando los mismos a tres diferentes alturas en cinco árboles de similar edad.

Las muestras de corteza de melina se obtuvieron de una de las plantaciones ubicadas en la región de Izabal, de una edad de 12 años, éstas fueron limpiadas y reducidas a trozos de aproximadamente 40 x 40 cm, para ser secadas en el secador eléctrico a una temperatura no mayor de 70° C. La corteza ya seca fue triturada hasta llegar a un tamaño de partícula que pasó por un tamiz de 300 micrones (No. 50) y retenida en uno de 250 micrones (No. 60). Las muestras entraron en contacto con cada uno de los solventes utilizados para dar paso a la extracción.

Los extractos tánicos obtenidos fueron sometidos a dos pruebas cualitativas, una con cloruro férrico y la otra con acetato de plomo, para determinar la presencia de taninos en los mismos, estas pruebas dieron resultados, para la primera una coloración verde oscura y para la segunda una precipitación, concluyendo que sí hay presencia de taninos en los extractos tánicos al utilizar agua y solución acuosa de sulfito de sodio al 2% como solventes, y de acuerdo con Guerrero Marina, (1997), se confirma que los taninos presentes en el extracto tánico de la corteza de melina son de tipo condensables.

En la figura 5 (Pág. No. 27), se muestra los extractos tánicos en función de la altura, utilizando ambos métodos de extracción, se observa que la mayor cantidad de extracto se da al utilizar una solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % como solvente, con 5.3398 g para 1.3 m, 4.6874 g para 4.83 m y 2.9785 g para 11.16 m de altura; mientras que al hacer la extracción con agua desmineralizada se obtuvieron cantidades de 2.1986 g para 1.3 m, 1.6305 g para 4.83 m y 0.9275 g para 11.16 m de altura, dando porcentajes de extracto tánico de 53.3978%, 46.8736% y 29.7850% y de 21.9860%, 16.3046% y 9.2750% respectivamente. Se observa también que a mayor altura, menor cantidad de extracto tánico, lo que corrobora lo encontrado en estudios similares. Estos datos se ajustan muy bien a un modelo matemático polinomial de grado dos, utilizando ambos solventes, que demuestran que existe diferencia significativa entre ellos y las alturas de toma de muestra.

La figura 6 (Pág. No. 28), muestra los rendimientos de extracto tánico en función de la altura a la que fueron extraídos y comparada con base a los dos métodos de extracción, observándose que el mayor rendimiento se da al utilizar solución acuosa de sulfito de sodio al 2% a la altura del pecho -DAP- (1.3 m), obteniendo un 53.3978%, mientras que al utilizar agua desmineralizada es de un 21.986% a la misma altura. A los resultados obtenidos se les hizo un análisis de varianza, el cual muestra que existe diferencia significativa a un 95% de probabilidad de certeza entre el rendimiento obtenido con solución acuosa de sulfito de sodio a las alturas de toma de muestra y el rendimiento obtenido al utilizar agua desmineralizada a las mismas alturas.

La figura 7 (Pág. No. 29), muestra los porcentajes de ácido tánico presentes en el extracto tánico en función de la altura y comparada con base a los dos métodos de extracción, observándose que el mayor porcentaje de ácido tánico se obtuvo al utilizar agua desmineralizada y a la menor altura de toma de muestra, siendo éste de un 6.3927% para 1.3 m, mientras que para la solución acuosa de sulfito de sodio al 2% es de un 4.8555% a la misma altura. De tal modo que si se da el mejor rendimiento de extracto tánico al utilizar solución acuosa de sulfito de sodio al 2%, no necesariamente da el mejor rendimiento de ácido tánico con el mismo solvente, de acuerdo a los datos obtenidos en la investigación. A estos resultados también se les hizo un análisis de varianza, el cual muestra que no existe diferencia significativa con un 95% de probabilidad de certeza entre el porcentaje de ácido tánico obtenido con solución acuosa de sulfito de sodio a las diferentes alturas de toma de muestra y el obtenido al utilizar agua desmineralizada a las mismas alturas.

Al comparar los resultados obtenidos en los dos métodos de extracción, se observa que es posible obtener un buen rendimiento de extracto tánico para ambos, pero no así, un alto porcentaje de ácido tánico, para la especie forestal melina (*Gmelina arborea* Roxb.), y comparando el contenido de taninos en el extracto tánico con los obtenidos en estudios posteriores en otras especies forestales guatemaltecas, se concluye que en la especie forestal melina se encuentran taninos en un porcentaje mayor a los contenidos en la especie *Pinus Caribaea* y menor a los contenidos en las especies *Pinus Pseudostrobus* L y *Pinus rudis* E.

## CONCLUSIONES

1. Los mayores rendimientos de extracto tánico obtenidos de la corteza de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), se obtuvieron al utilizar una solución acuosa de sulfito de sodio al 2% como solvente, siendo éstos: 53.3978%, 46.8736% y 29.7850% para las alturas de 1.3 m, 4.83 m y 11.16 m respectivamente.
2. El mayor porcentaje de taninos en corteza de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), es de 6.3927% para 1.3 m de altura al utilizar agua desmineralizada como solvente, mientras que para la solución acuosa de sulfito de sodio es de 4.8564% para la misma altura.
3. Los extractos tánicos de la corteza de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), según las pruebas cualitativas, presentan taninos de tipo condensables.
4. La obtención del extracto tánico de la corteza de melina está determinada por la altura del árbol a la que se extrae la misma y del solvente utilizado.
5. Con un 5 % de probabilidad de error, la obtención de ácido tánico es igual si se usa como solvente solución acuosa de sulfito de sodio al 2% y agua desmineralizada.
6. Con un 5 % de probabilidad de error, la obtención de ácido tánico en el extracto tánico de la corteza de melina no varía en función de la altura.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar el contenido de taninos en la especie de *Gmelina arborea* Roxb, utilizando distintas edades del árbol.
2. Evaluar el contenido de taninos en la especie de *Gmelina arborea* Roxb, de acuerdo a la región de procedencia de la muestra de corteza.
3. Evaluar y comparar el contenido de taninos en otras especies forestales nativas de Guatemala, utilizando agua desmineralizada y solución acuosa de sulfito de sodio al 2% como solventes.

## 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 de Ingeniería Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.
2. Alnicolsa. [http://www.gratisweb.com/lorenzo\\_basurto/](http://www.gratisweb.com/lorenzo_basurto/). Junio 2003
3. Briscoe, Charles. "Melina" **Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote**. Serie técnica. Informe Técnico No. 270. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica, 1995.
4. Cámara Costarricense Forestal. **Oportunidades de mercadeo y comercialización internacional de las maderas tropicales y de sus manufacturas**: La experiencia del caso de la melina en Costa Rica y de la Unidad de Comercialización de la CCF.
5. Diccionario Botánica. <http://www.diccionariobotanica-TDV.NET.htm>. Enero 2004
6. GI Modifiers: Tannins. <http://www.ibismedical.com/ibis.html>. Junio 2003
7. *Gmelina arborea* Roxb. [http://www.7\\_arborea\\_sur.com/arborea.html](http://www.7_arborea_sur.com/arborea.html). Junio 2003
8. Guerrero Marina, Jaime Guillermo. Polifenoles curtientes en corteza de tres especies forestales peruanas. Tesis de Magíster en Ciencias Forestales Santiago de Chile, área de Química de la madera, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Postgrado, 1997.
9. Instituto Nacional de Bosques -INAB- **Programa de Incentivos Forestales** -PINFOR- Listado de proyectos con la especie *Gmelina arborea* Roxb. Guatemala, 2003
10. Lamprecht, Hans. **Silvicultura en los trópicos**. Editorial GTZ. México, 1990

11. Lemus Lucas, María Lisette. Recuperación de taninos a partir de la corteza de encino (*Quercus conspersa* benth), por medio de dos métodos de extracción a nivel de planta piloto. Tesis de Ingeniería Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992.
12. Murillo Olman y Juvenal Valerio. **Melina. *Gmelina arborea* Roxb., especie de árbol de uso múltiple en América Central.** Serie técnica. Informe Técnico No. 181. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza CATIE. Programa de producción y desarrollo agropecuario sostenido. Área de producción forestal y agroforestal. Turrialba , Costa Rica, 1991.
13. Orozco Escobar, Mary Patricia. Determinación del contenido tánico de la corteza de pino de cumbre (*Pinus rudis* E.) y pino triste (*Pinus pseudostrobus* L.), mediante extracciones alcalinas con sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), a nivel de laboratorio. Tesis de Ingeniería Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2,003.
14. Ortiz Albures, Sergio Waldemar. Obtención y caracterización de los extractos crudos de "*psidium guayava*" a nivel de planta piloto de la extracción destilación por medio de tres métodos de extracción. Tesis de Ingeniería Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992.
15. Sandoval, César. **Estudio de casos sobre combustibles forestales en Guatemala.** <http://www.rlc.fao.org/proyecto/rla133ec/ME-pdf/ME%20Gua.PDF>.
16. Saravia Molina, José Mario y otros. Extracción y caracterización de taninos en corteza de tres especies forestales cultivadas en Guatemala, pino ocote (*Pinus oocarpa* Schiede), encino negro (*Quercus brachystachys* Benth) y aliso común (*Alnus jorulensis* HBK). Una alternativa de desarrollo agroindustrial para el uso de taninos naturales. Proyecto DIGI-CII-FAUSAC. 6-27, 2002.
17. Semarnap. **Colorantes y taninos.** <http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/Taninos.html>. Junio 2003

18. Suchini Lieytan, Manuel. Evaluación de los rendimientos de extracción del contenido de taninos (ácido pinutánico) de la corteza de *Pinus caribae* a nivel laboratorio. Tesis de Ingeniería Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería
19. Taninos. <http://www.tubilladellago.com/taninos.html>. Junio 2003
20. Tannins. <http://www.aciar.gov.au/publications/proceedings/92/index.htm>. Junio 2003
21. Walpole, Ronald E. **Probabilidad y estadística**. 4<sup>a</sup> ed. México: Editorial. McGraw-Hill. 1992.

## APÉNDICE A

### MELINA

(*Gmelina arborea* Roxb.)

Nombre botánico: *Gmelina arborea* Roxb.

Nombre común: Melina, yemane, gmelina, teca blanca, gomari y gumbar

Reino: Vegetal

Familia: Verbenaceae

Ubicación geográfica: de acuerdo con los informes del PINFOR (2003), las plantaciones de melina se encuentran en: Cahabón y Chisec en Alta Verapaz, El Estor, Livingston y Morales en Izabal, San Luis, Flores, La Libertad, Santa Ana, Dolores, Poptún, Sayaxché y San Francisco en El Peten, Patulul y Cuyotenango en Suchitepéquez y en el municipio de Escuintla.

Hábitat natural: según Murillo (1991), es nativa de la India, Burma y Sri Lanka; introducida en el trópico mundial y plantada en muchos países con fines comerciales, principalmente en áreas con una estación seca marcada y una precipitación superior a los 800 mm.

La especie se distribuye en forma natural en una vasta región geográfica del continente asiático, se extiende desde las zonas bajas del Himalaya, a los 30 grados de latitud norte, en el curso del río Chenab (al oeste de Pakistán), hacia el sureste y sur a través de la India, Nepal, Sikkim, Asma, el este de Paquistán y Sri Lanka. Continúa su distribución a lo largo de Birmania, casi toda la Península de Indochina y las provincias sureñas de China (Yunnan y Kwangsi Chuang). Se le encuentra en Malasia, Filipinas e Indonesia, pero no se conoce con certeza si sea también nativa de estas zonas.

Las variedades reconocidas han sido asociadas con las condiciones de humedad del tipo de bosque en el que se han desarrollado. Se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1000 msnm, en su ámbito natural.

Es sinónimo de *Gmelina argorea* Linn.y junto con *G. Mollucana*, son las únicas dos especies del género que se desarrollan como árboles, su rango de distribución natural es amplio. El género *Gmelina*, fue descrito por Linneo en 1742 y la especie en 1814 por Roxburg. (Jackson, 1946).

Han sido identificadas dos variedades de la especie: *G. Arborea* var. *Glaucescens* y *G. Arborea* var. *Canescens*, la mayor diferencia entre las dos está en su distribución natural.

## Descripción y usos

Es una especie caducifolia que puede alcanzar alturas entre 12 y 30 m y un diámetro máximo entre 60 y 100 cm. Cuando crece aislada, desarrolla una copa amplia, ramas gruesas, bajas y tronco muy cónico. En plantaciones densas desarrolla un fuste limpio de ramas bajas y es menos cónico. El tronco es de base recta, corteza externa lisa, gris blanquecina; corteza interna amarillenta, moteada que pardea al aire rápidamente.

El sistema radicular es profundo, con una raíz principal pivotante, cuando se desarrolla en suelos arenosos profundos. En suelos con impedimentos desarrolla un sistema radicular superficial. Las hojas son simples, opuestas, grandes, ovalacuminadas y con la base cordada. El haz es normalmente glabro o con muy poca velloidad. El envés presenta pubescencia estrellada de color amarillo-oscuro. Sus flores son numerosas y se presentan en panículas terminales, ramificadas y densamente pubescentes. Las flores son monoicas perfectas o hermafroditas. Sus frutos (drupas) son abundantes, ovaliformes, de color amarillo cuando están maduros, de 2 a 2.5 cm de longitud, con un endocarpo endurecido, que contiene de una a cuatro semillas en sus cavidades. Normalmente, sólo germinan de una a tres semillas por fruto. Es la única especie sin espinas en su género.

Según Briscoe (1995), su madera es cremosa y blanda, y se puede utilizar para producir pulpa para papel, en turnos de 6 a 8 años, y para madera aserrada y chapa, en turnos de hasta 18 años; tiene otros usos tales como: ademes para minas, construcciones rurales, artesanías, leña y carbón, postes o cercos vivos, entre otros.

La madera es utilizada en la construcción de entarimados, paneles, muebles, cajas, carpintería, instrumentos musicales, remos, vagones de tren, aglomerados, entre otros. Es madera de fácil aserrío, se puede cepillar, taladrar, torneear y clavar sin agrietarse. La madera seca lentamente pero con pocos defectos y poco encogimiento. No es duradera, produce pulpa de calidad, tiene un contenido alto de celulosa de 40 a 47% y holocelulosa desde un 65.1% hasta 71.7%, contiene más extractivos de alcohol benceno soluble, que la mayoría de las latifoliadas tropicales (desde un 2.9% hasta un 5.7%).

Varias ligninas han sido extraídas de la madera de esta especie, entre ellas están: furofuran, gmelofuran, bromina, arboreol, cluytil forulate, el contenido total de ligninas es de un 29.7%. Lo lento del proceso de secado y el alto contenido de extractivos y resinas, hacen difícil el uso de preservantes.

La madera es sobresaliente para la elaboración de papeles finos, debido a que las delgadas paredes de las células se pliegan para formar una red opaca tejida fuertemente de alta resistencia.

La gravedad específica de la madera varía con la edad: 0.35 de joven y alrededor de 0.4 a los 10 años; algunos árboles individuales alcanzan 0.64. Se puede usar la madera para ciertos tipos de tablas, muebles y en la fabricación de lápices, como árbol de uso múltiple, también produce néctar y polen en abundancia.

La madera es utilizada como leña, que quema fácilmente y sin humo y para postes de cerca. Además produce gran cantidad de humus para cultivos anuales, es un buen extractor del calcio del suelo. Mejora la calidad del forraje e incrementa la producción de pastizales donde la cobertura de copas alcanza un 15%.

La madera de esta especie puede ser convertida en pulpa mediante el proceso de sulfato, usando 15% de álcali activo, con una temperatura máxima de 170°C la cual se logra después de una hora y se deja luego por dos horas más. Con el proceso de “Soda Caliente” se produce también buen papel, pero de inferior calidad en cuanto a ruptura de las láminas en relación con el material producido con el proceso de sulfato.

En exteriores la especie ha dado muy buenos resultados, resistiendo a la humedad debido a que contiene en sus tejidos ceras, grasas y resinas naturales.

Las hojas, frutos, flores, raíces y corteza son utilizadas en el sureste asiático como medicina para diferentes enfermedades.

### **Condiciones medioambientales y rango de distribución en América Central**

Según Murillo (1991), la especie se adapta mejor a las zonas de vida del bosque seco tropical, bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo tropical con variaciones en su desarrollo, lo cual parece depender del tipo de suelo. En la zona de vida de bosque muy húmedo tropical, bajo condiciones de lluvia uniforme, durante todo el año y suelos poco profundos en colinas bajas, ha mostrado resultados muy pobres. Asimismo, cuando ha sido plantada en la zona de vida de bosque muy húmedo premontano presenta un fuste torcido, poca altura, muy ramificado y aspecto arbustivo. Estas características indeseables son típicas y observables en cualquier zona de vida, si los suelos son erosionados, compactados y muy superficiales.

En su ambiente natural, las temperaturas máximas absolutas varían entre los 38°C y los 48 °C y las mínimas entre los –1 y los 16°C. Las heladas pueden dañar las plantaciones en forma severa. La especie muestra un mejor desarrollo cuando se le planta en sitios con rangos de temperatura de 18°C, como mínimo y 38°C como máximo. En América Central se le ha plantado con éxito en sitios con temperatura media anual entre 24 y 29°C.

En la mayor parte de la zona de distribución natural, la especie se encuentra entre los 90 y 900 m de latitud. En América Central se le planta desde el nivel del mar hasta 1000 m, con mejores crecimientos por debajo de los 500 msnm.

La especie presenta un mejor desarrollo en suelos profundos húmedos, bien drenados y con un buen suministro de nutrientes. Puede crecer en suelos desde ácidos o calcáreos, hasta lateríticos; sin embargo, el crecimiento se ve afectado en suelos superficiales con capas endurecidas, impermeables, pedregosos, o en suelos ácidos muy lixiviados o de arenas secas. No crece bien en suelos arcillosos, pesados o de mal drenaje. En suelos vertisoles los pocos árboles que sobreviven presentan un fuste poco definido. Se le ha plantado con buenos resultados en suelos inceptisoles, entisoles y alfisoles.

La melina es una especie esencialmente heliódica, que no tolera la sombra. Como principales factores limitantes para el establecimiento de plantaciones de melina están los suelos. Es imprescindible que sean bien drenados, profundos y que permitan el desarrollo radical. La especie es también susceptible a la competencia de malezas, principalmente gramíneas.

## **Genética**

Según Briscoe (1995), las investigaciones con la especie se han iniciado recientemente en Costa Rica, y varias organizaciones han establecido pruebas de parentesco y viveros clonales de semillas.

Fructifica temprana y abundantemente (entre 3 a 5 años), fácil de reproducir en forma vegetativa y crece rápidamente en buenos sitios.

Debido a sus ventajas silviculturales y de utilización, ha sido objeto, y lo es todavía de una buena cantidad de estudios genéticos en el ámbito internacional.

Según la CCF, la empresa forestal Simpson Company, en Guatemala, tenía como objetivo la producción de materia prima para la producción de papel a partir de madera de melina. Inició operaciones forestales en el año 1988 y para 1997 tenía establecidas 8,700 hectáreas con plantaciones de melina.

## APÉNDICE B

### DATOS ORIGINALES

**Tabla VI. Extractos tánicos obtenidos a diferentes alturas, a partir de dos métodos de extracción**

Altura (m)	Muestra	Extracto tánico (g)		Muestra	Corteza utilizada (g)
		Agua	Solución acuosa de sulfito de sodio		
1.30	A <sub>1a</sub> B <sub>1</sub>	2.2427	5.3110	A <sub>1a</sub> B <sub>2</sub>	10
1.30	A <sub>1b</sub> B <sub>1</sub>	2.1971	4.7657	A <sub>1b</sub> B <sub>2</sub>	10
1.30	A <sub>1c</sub> B <sub>1</sub>	2.2742	5.1937	A <sub>1c</sub> B <sub>2</sub>	10
1.30	A <sub>1d</sub> B <sub>1</sub>	2.0804	5.6432	A <sub>1d</sub> B <sub>2</sub>	10
1.30	A <sub>1e</sub> B <sub>1</sub>	2.1986	5.7853	A <sub>1e</sub> B <sub>2</sub>	10
4.85	A <sub>2a</sub> B <sub>1</sub>	1.7861	4.8522	A <sub>2a</sub> B <sub>2</sub>	10
5.00	A <sub>2b</sub> B <sub>1</sub>	1.6408	4.5357	A <sub>2b</sub> B <sub>2</sub>	10
5.20	A <sub>2c</sub> B <sub>1</sub>	2.0370	4.9954	A <sub>2c</sub> B <sub>2</sub>	10
4.50	A <sub>2d</sub> B <sub>1</sub>	1.1719	4.2313	A <sub>2d</sub> B <sub>2</sub>	10
4.60	A <sub>2e</sub> B <sub>1</sub>	1.5165	4.8222	A <sub>2e</sub> B <sub>2</sub>	10
11.00	A <sub>3a</sub> B <sub>1</sub>	0.9729	2.8981	A <sub>3a</sub> B <sub>2</sub>	10
11.50	A <sub>3b</sub> B <sub>1</sub>	0.7585	2.9216	A <sub>3b</sub> B <sub>2</sub>	10
11.80	A <sub>3c</sub> B <sub>1</sub>	1.0593	2.8917	A <sub>3c</sub> B <sub>2</sub>	10
11.00	A <sub>3d</sub> B <sub>1</sub>	0.8327	3.0409	A <sub>3d</sub> B <sub>2</sub>	10
10.50	A <sub>3e</sub> B <sub>1</sub>	1.0141	3.1402	A <sub>3e</sub> B <sub>2</sub>	10

Para obtener los porcentajes de ácido tánico se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de ácido tánico} = \frac{C \cdot 1280}{(M - H)} \frac{m_e}{m_o} \cdot 100$$

Donde:

C: concentración de ácido tánico en mg/ml de las soluciones de ensayo a partir de la curva de calibración.

M: masa en mg de la porción de extracto.

H: humedad de la muestra

$m_e$ : masa de extracto tánico en la muestra analizada en gramos.

$m_o$ : masa de corteza utilizada en gramos.

1280: factor obtenido a partir de las diluciones en ml

Esta fórmula se obtiene a partir de los cálculos estequiométricos realizados en el proceso experimental.

## APÉNDICE C

### DATOS CALCULADOS

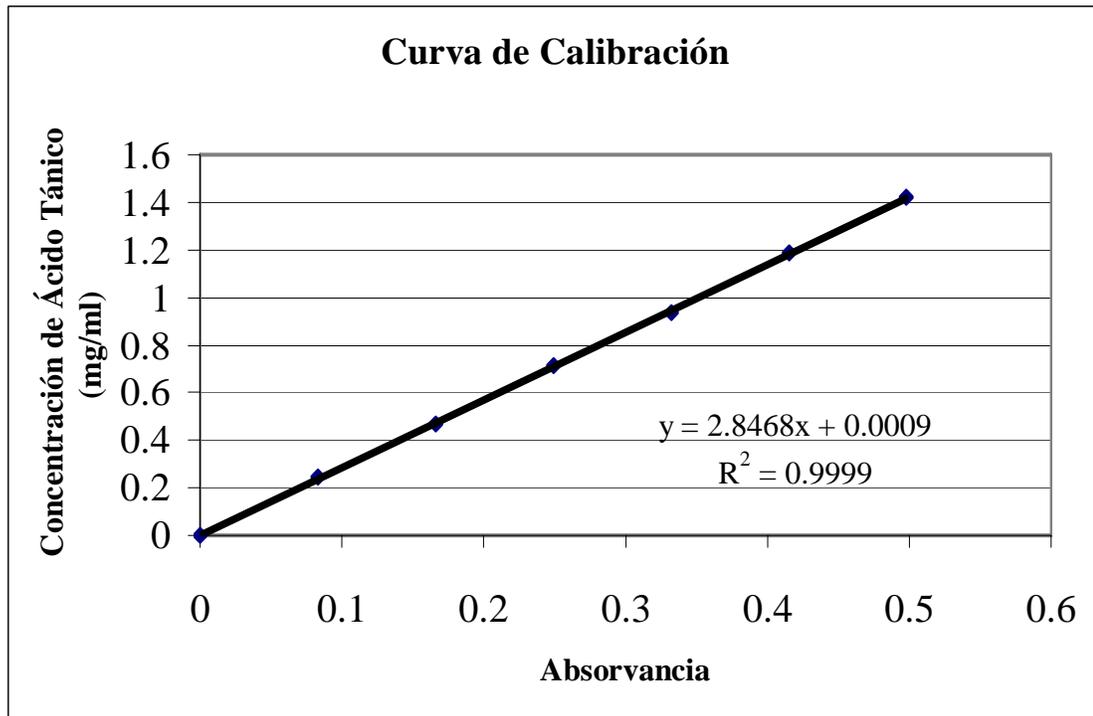
**Tabla VII. Promedio de alturas y % de rendimiento del extracto curtiente obtenido a diferentes alturas a partir de dos métodos de extracción**

Altura (m)	Extracto tánico (g)		Rendimiento (%)	
	Agua	Solución acuosa de sulfito de sodio al 2%	Agua	Solución acuosa de sulfito de sodio al 2%
1.30	2.1986	5.3398	21.9860	53.3978
4.83	1.6305	4.6874	16.3046	46.8736
11.16	0.9275	2.9785	9.2750	29.7850

**Tabla VIII. Datos obtenidos a partir del espectrofotómetro para determinar el porcentaje de taninos en el extracto tánico**

Muestra	Absorbancia	Concentración (mg/ml)	Peso analizado (mg)	% Humedad	Extracto tánico (g)	% Ácido Tánico
A <sub>1c</sub> B <sub>1</sub>	0.3250	0.1138	507.6000	6.6300	2.1986	6.3927
A <sub>1b</sub> B <sub>2</sub>	0.1120	0.0390	554.4000	5.4100	5.3398	4.8555
A <sub>2b</sub> B <sub>1</sub>	0.1990	0.0696	509.5000	6.4700	1.6305	2.8876
A <sub>2d</sub> B <sub>2</sub>	0.0870	0.0302	512.8000	5.4400	4.6874	3.5713
A <sub>3b</sub> B <sub>1</sub>	0.4550	0.1595	530.6000	6.2900	0.9275	3.6116
A <sub>3b</sub> B <sub>2</sub>	0.0600	0.0208	504.1000	5.6500	2.9785	1.5879

Figura 8. Curva de calibración



## APÉNDICE D

### DATOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA

**Tabla IX. Extractos tánicos de melina**

Altura	Solvente	
	Agua desmineralizada.	Solución acuosa de sulfito de sodio al 2%.
1.30	2.2427	5.3111
1.30	2.1971	4.7657
1.30	2.2742	5.1937
1.30	2.0804	5.6432
1.30	2.1986	5.7853
4.85	1.7861	4.8522
5.00	1.6408	4.5357
5.20	2.037	4.9954
4.50	1.1719	4.2313
4.60	1.5165	4.8222
11.00	0.9729	2.8981
11.50	0.7585	2.9216
11.80	1.0593	2.8917
11.00	0.8327	3.0409
10.50	1.0141	3.1402

**Tabla X. Extractos tánicos totales de melina**

	B1	B2	TOTAL
A1	10.993	26.699	37.692
A2	8.1523	23.4368	31.5891
A3	4.6375	14.8925	19.53
TOTAL	23.7828	65.0283	88.8111

**Tabla XI. Porcentajes de ácido tánico.**

ALTURA	SOLVENTE	
	Agua desmineralizada	Solución acuosa de sulfito de sodio al 2%
1.30	6.3927	4.8555
4.83	2.8876	3.5713
11.16	3.6116	1.5879

**Tabla XII. Porcentajes de ácido tánico totales**

ALTURA	SOLVENTE		TOTAL
	B1	B2	
A1	12.7854	9.711	22.4964
A2	5.7752	7.1426	12.9178
A3	7.2232	3.1758	10.399
TOTAL	25.7838	20.0294	45.8132