UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA DE TRES ESPECIES TROPICALES DE JALISCO

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
ORIENTACION BOSQUES
PRESENTA

ROBERTO CASTAÑEDA HERNANDEZ

GUADALAJARA, JAL., 1986

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Facultad de Agricultura

Expediente .....
Número .....

Diciembre 2, 1985.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____
ROBERTO CASTAÑEDA HERNANDEZ titulada,-

"COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA DE TRES ESPECIES TROPICALES DE JALISCO."

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR.

ING. EZEQUIEL MONTES RUELAS.

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

ASESOR

ING. JORGE AVIÑA BERUMEN

ASESOR

ING. ARTURO CURIEL BALLESTEROS.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

LAS AGUJAS, MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JAL. APARTADO POSTAL Núm 139

COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA DE TRES ESPECIES TROPICALES DE JALISCO

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

INSTITUTO DE MADERA CELULOSA Y PAPEL

FACULTAD DE AGRICULTURA

El presente trabajo fué propuesto al Instituto de Madera, Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara, como una inquietud del autor, mismo que fué aceptado.

Para el desarrollo del mismo se contó con la asesoría del Ing. Químico Ezequiel Delgado Fornué, profesor e investigador del Departamento Química de la Madera del Instituto de Madera, Celulosa y Papel.

Los trabajos experimentales se llevaron a cabo con la colaboración del personal e instalaciones del Instituto de Madera, Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara, durante los meses de Marzo de 1984 a Abril de 1985; la redacción del mismo se realizó en los meses de Septiembre de 1985 a Abril de 1986.

El trabajo fué dirigido oficialmente por el Ingeniero Ezequiel Montes Ruelas.

Guadalajara, Jalisco Abril de 1986.

FACULTAD DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

A

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE ALGUNA U OTRA FORMA CONTRIBUYERON A LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA DE TRES ESPECIES TROPICALES DE JALISCO

INDICE

I. INTRODUCCION 1

1.1 Objetivos 3

1.2 Antecedentes 3

II. REVISION DE LITERATURA 5

2.1 Características químicas de la madera 5

2.1.1 Componentes primarios 5

2.1.2 Componentes secundarios 9

2.2 Descripción de las muestras en estudio 10

III. MATERIALES Y METODOS 17

3.1 Aspectos generales de las especies estudiadas 17

3.1.1 Ubicación 17

3.1.2 Clima 17

3.1.3 Geología 17

3.1.4 Suelos 19

3.1.5 Datos generales de las especies en estudio 19

3.2 Preparación de las muestras 21

3.3 Técnicas aplicadas para determinar la composición química 23

3.3.1 TAPPI 5 os-73. Para la obtención de solubles en etanol-benceno y alcohol etílico 23

3.3.2 TAPPI 1 os-59. Para determinar solubles en agua caliente 23

3.3.3 TAPPI 212 os-76. Para obtener solubles en sosa al 1% 23

3.3.4 TAPPI 15 os-58. Para evaluar el contenido de cenizas 23

3.3.5 TAPPI 223 m-48. Para obtener el contenido de pentosanos 23

3.3.6 TAPPI 9 m-54. Para determinar el contenido de alfa-celulosa Cross and Bevan 23

3.3.7 Para evaluar la holocelulosa se siguio el método según Wise et al., (1946) 23

3.3.8 La determinación de hidrólisis ácida según Saeman et al., (1954) 23

3.3.9 TAPPI 222 os-74. Para obtener el contenido de lignina 23

3.3.10 Para determinar los carbohidratos monomericos, se aplicó la Cromatografía líquida de alta presión 23

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES 26

4.1 Estudio de extraíbles 26

4.1.1 Solubles en estanol-benceno 26

4.1.2 Solubles en alcohol etilico 27

4.1.3 Solubles en agua caliente 28

4.1.4 Solubles en hidróxido de sodio al 1% 29

4.1.5 Contenido de cenizas 29

4.2 Preparación de material libre de extractos 31

4.3 Determinación de carbohidratos 32

4.3.1 Contenido de pentosanos 32

4.3.2 Contenido de holocelulosa 32

4.3.3 Obtención de alfa-celulosa 34

4.3.4 Determinación de hemicelulosas 36

4.3.5 Contenido de hemicelulosa en base a los componentes monoméricos 44

4.3.6 Contenido de hemicelulosa en base a los componentes polímericos 45

4.3.7 Determinación de lignina Klason 50

4.3.8 Composición química de las especies en estudio 52

V. CONCLUSIONES 54

VI. RECOMENDACIONES PARA NUEVOS ESTUDIOS 56

VII. BIBLIOGRAFIA 57

VIII. APENDICE 60

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

I. INTRODUCCION

México es un país cuya topografía, clima, suelo, así como usos de la tierra presenta una gran cantidad de formas por lo que hacen posible encontrar un gran número de habitat, donde podemos localizar todos los grandes tipos de vegetación existentes en el mundo, desde las especies microscópicas, hasta las especies arborescentes.

Según la Cámara Nacional de las Industrias Derivadas de la Silvicultura, en su Memoria Económica 1983-84, México poseé un patrimonio forestal constituido por 40'956,100 Has., arboladas. Esta característica sitúa a nuestro país en el 19º lugar mundial y el 8º entre los paises de América.

De la superficie forestal arbolada encontramos que 27,755,717 hectáreas corresponden a los bosques de clima templado formado fundamentalmente por especies coníferas 72.4% y por 27.6% de especies latifoliadas, siendo las coníferas en sí las más estudiadas y a la vez de las que mayor provecho se obtiene.

Por su parte, la evaluación de la superficie de clima tropical y subtropical es de 13'200,383 Has., de las que 82.3% corresponden a selvas medianas y el 17.7% a las selvas altas. En estas regiones encontramos una gran cantidad de especies de la clase dicotiledóneas conocidas como frondosas, de las cuales se aprovechan sólo las llamadas maderas preciosas, por lo que algunas de éstas especies se encuentran en peligro de extinción.

En la actualidad, el bosque está siendo explotado en una forma selectiva; las especies remanentes son derribadas y quemadas y los terrenos son dedicados a las labores agrícolas.

Dadas las características poco aptas del terreno para sustentar labores de éste tipo, son abandonadas por los agricultores después de pocas cosechas causando graves problemas del orden ecológico. La delgada capa de humus es lavada por las constantes lluvias y el terreno da lugar a la formación de áreas semidesérticas pobladas por algunas especies de arbustos y pastizales.

Al mismo tiempo con el uso cada vez mayor de las maderas tropicales en la industria de la celulosa y el papel, son necesarios estudios encaminados a conocer la composición química de estas maderas con el fin de obtener información sobre la calidad y rendimiento de las pulpas que pueden obtenerse al procesarlas.

Esto plantea la necesidad de un programa racional de aprovechamiento de nuestros recursos forestales tropicales, que comprenda investigaciones tendientes a encontrar usos adecuados para los más abundantes y empleo para las diversas mezclas de especies consideradas actualmente como inútiles o de poco valor comercial.

Teniendo en cuenta lo antes señalado, se desarrolló el presente trabajo que tiene como fin aportar información acerca de las características químicas de 3 especies de maderas tropicales, información que posteriormente pueda emplearse en estudios tendientes a evaluar el potencial de aprovechamiento de estas maderas en la manufactura de pulpa celulósica y otras aplicaciones.

Al mismo tiempo se invita a Ingenieros Agrónomos Forestales para que se interesen por éste tipo de estudios, para en un momento dado contar con una mayor información de especies forestales tanto de latifoliadas como de coníferas, por la importancia que representa para un país conocer la composición química de todas sus especies arboreas, sean explotadas a gran escala o no aprovechadas.

1.1 Objetivos

El principal objetivo de este estudio es el de informar acerca de la composición química de la madera de las especies tropicales: Pithecellobium dulce, Brosimum alicastrum y Cordia elaeagnoidea. Específicamente se pretende el estudio de los tres principales grupos de componentes de la madera: estraíbles, carbohidratos y ligninas.

Los resultados de la composición química de las especies estudiadas, se compararán con la composición de otras maderas similares reportadas en la literatura y se ubicarán dentro de la clasificación general de maderas. Que el presente trabajo sirva como un apoyo para que se realizen mayor número de estudios de éste tipo.

1.2 Antecedentes

Los estudios encaminados a conocer las propiedades de la madera para darle una mejor utilización, se iniciaron a principios del presente siglo, especialmente en especies de clima templado-frio de los Estados Unidos de Norteamérica y Europa. Más recientemente tales estudios se extendieron a maderas tropicales y aunque se han incrementado en los últimos años, no son aún todo lo completo que se quisiera. Entre los trabajos más notables se pueden citar los siguientes:

Laver (1958) proporcionó datos experimentales sobre maderas duras tropicales, dando caracteristicas químicas y morfológicas. Acosta (1964) dió las características anatómicas y composición química de 23 especies de maderas duras y blandas y propone el uso comercial de 4 especies cuyas características resultaron aceptables para ciertos propósitos. Kukashka et al. (1968), publicaron un trabajo relacionado con las propiedades seleccionadas de 52 especies del Departamento del Peten, en Guatemala, e incluyen su composición química. FAO en 1975 hizo un estudio sobre las propiedades de maderas de rápido crecimiento

para la fabricación de pulpa y papel. En 1977 Smith estudió las características químicas y morfologicas de algunas maderas duras tropicales.

En 1978 Petroff, proporcionó estudios sobre la obtención de pulpas a partir de maderas tropicales. Porres en 1979 presentó un estudio sobre la producción de pulpa con 17 maderas tropicales del Peten, Guatemala, incluyendo el Brosimum spp. También en 1980 Foelkel proporcionó un estudio sobre pulpa a partir de maderas duras del Brasil e incluye su composición química. Cáceres en 1981 proporcionó una evaluación de pulpas químicas al sulfato obtenidas a partir de algunas maderas procedentes de la zona forestal del Carare-Opon, en Colombia. Sucatte en 1981 estudió las características tecnológicas de especies forestales en la Región Tierra del Fuego. El mismo autor en 1982 realiza un trabajo sobre la composición química de algunas especies tropicales así como algunas características anatómicas. Jovan Miljkovic (1984) proporciona un estudio químico de 3 especies de maderas duras comparando albura y duramen.

De esta revisión de la literatura se puede observar que existen pocos estudios sobre las características de madera en México y sobre todo en el Estado de Jalisco, por lo que se pretende mediante este trabajo hacer una pequeña aportación en la gran tarea de conocer mejor nuestros bosques tropicales.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Características químicas de la madera

En general las maderas tropicales pertenecen al grupo de las maderas duras y en términos químicos, la madera es una mezcla compleja cuyos componentes se pueden clasificar según su porcentaje y distribución en primarios y secundarios.

Entre los componentes primarios se encuentran los carbohidratos (65-75% base madera seca) y lignina (20-30% base madera seca). La fracción de carbohidratos de la madera recibe el nombre de holocelulosa, la cual se compone de celulosa y hemicelulosa. La pared estructural de las células de la madera contiene aproximadamente el 70-80% en carbohidratos.

Desde el punto de vista morfológico, la celulosa, las hemicelulosas y la lignina pueden concebirse como el armazón, la matriz y la sustancia incrustante respectivamente.

Los componentes secundarios se refieren a aceites volátiles y resínicos, aceites fijos, colorantes naturales, taninos, cenizas, compuestos orgánicos nitrogenados y otros constituyentes menores.

2.1.1 Componentes primarios

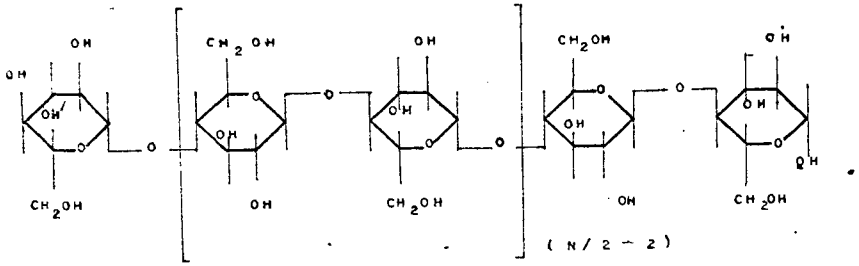
La celulosa. Es el principal componente de la pared celular, constituyendo las fibras celulósicas de la madera y representa la materia prima fundamental para la fabricación de papel y celulosa soluble. La celulosa es un polisacárido lineal y cristalino formado por unidades de

anhidro-glucopiranosa, unádas mediante enlaces Beta glicosídicos 1-4. El polímero en su estado nativo contiene aproximadamente 10,000 unidades de glucosa por molécula promedio. Dondequiera que se presente la celulosa en la naturaleza lo hace en forma de microfibrillas cuya morfología puede variar.

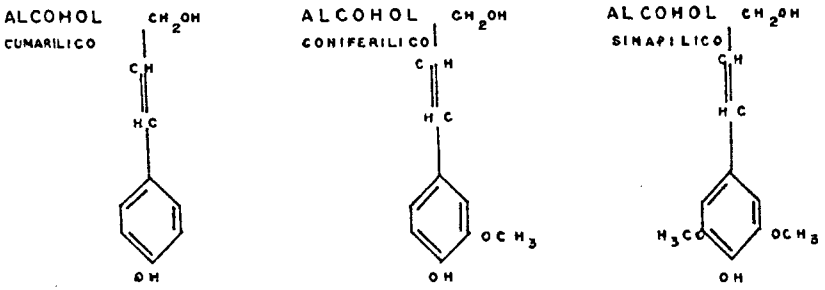
Desde el punto de vista analítico la celulosa se distingue de los demás componentes de la madera debido a su comportamiento ante diferentes tratamientos químicos, ya que es soluble en muy pocos disolventes, entre ellos el hidróxido de curpoamonio y la cuprietilendiamina. El contenido de celulosa en la madera normal es casi invariable siendo aproximadamente de 40-50%, Barbadillo (1969). Asimismo la estructura de la celulosa es invariable independientemente de la fuente de la cual proviene figura (1).

La lignina. Es un polímero polifenólico, tridimensional, amorfo, formado por unidades de fenil-propano. La lignina se localiza en la lámina media donde cumple el propósito de cementar las fibras. La lignina es considerada generalmente como material indeseable en la producción de celulosa. En la madera de latifoliadas, usualmente varía entre 18 y 25% Barbadillo (1969). Tratándose de la manufactura de papel, la importancia de la lignina en la madera radica en las propiedades físicas que pueda lograr una pulpa celulósica. Ya que la lignina posee la propiedad hidrofóbica que consiste en provocar una acción contraria a la unión de fibras entre sí, Annergren (1963), la mayor o menor remoción de éste componente en el proceso de pulpeo, determina muchas de las propiedades de las pulpas. Figura (1).

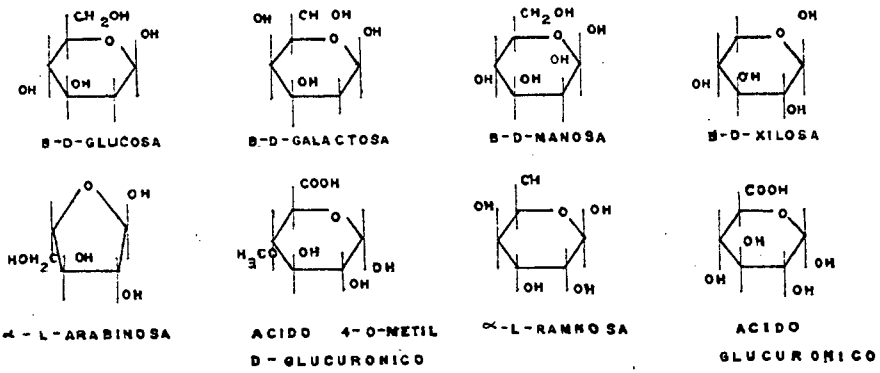
Las hemicelulosas. Son aquellos polisacáridos de bajo peso molecular asociado a la celulosa en la pared celular del tejido vegetal, y se caracterizan por ser fácilmente hidrólizables en presencia de ácidos y soluciones alcalinas. Mientras que para la celulosa se tiene como unidad fundamental un solo tipo de monoméro que es glucosa, para el caso de las hemicelulosas se tienen varias unidades monoméricas. Los más comunes son D-xilosa, D-manosa, D-galactosa, D-glucosa, L-arabinosa, y el ácido glucurónico. Las maderas latifoliadas contendrán siempre más xilosa, menos lignina y manosa que las maderas de coniferas. Figura (1).



Fórmula de la celulosa según Wenzl Hermann (1970)



Fórmula estructural de las ligninas



Fórmulas estructurales de los principales monómeros constituyentes de las hemicelulosas

FIGURA 1. Formulas estructurales de los componentes primarios de la madera

Las hemicelulosas más importantes para las maderas duras son: la 0-acetil-4-0-metil-glucuronoxilana y la glucomanana.

La 0-acetil-4-0-metil-glucuronoxilana, es una xilana de caracter ácida parcialmente acetilada. Este polisacárido está constituido por unidades de Beta-d-xilosa, unida mediante cadenas glicosídicas 1-4 en número aproximado de 200 por molécula promedio, algunas de las unidades de xilosa poseen una cadena simple lateral que consiste en un grupo ácido 4-0-metil-alfa-d-glucurónico, unido directamente al carbono 2 de la xilosa. La distribución de los grupos ácidos a lo largo de la estructura de la xilana no se conoce con certeza aunque resultados obtenidos por hidrólisis parcial enzimática parecen indicar un arreglo al azar, Timmell (1962).

Las xilosas de maderas duras son estables en soluciones alcalinas, y son, a excepción de que han sido desacetiladas completamente, similares al polisacárido nativo de la madera. Para obtener una xilosa que conserve los grupos acetilo, es necesario partir de la holocelulosa preparada por el método al clorito y extraerla sucesivamente con dimetil sulfóxido y agua. El rendimiento es generalmente del 50%.

La hemicelulosa glucomanana se encuentra entre un 3 y 5% en las maderas latifoliadas. Este polímero consta de una cadena lineal formada por unidades de glucosa-manosa cuya proporción se asume como 1:2, aunque hay especies que poseen una relación de 1:1. El tipo de enlace entre estas unidades es 1-4.

La importancia de las hemicelulosas en la madera, se basa en su propiedad de hinchamiento, lo que hace que las fibras sean más elásticas y eso ayuda a la formación de enlaces entre fibras, por lo que las propiedades físicas de la pulpa son más aceptables.

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

2.1.2 Componentes secundarios

Se incluyen numerosas sustancias presentes en algunas maderas y ausentes en otras, que son agrupadas bajo el nombre general de extraí - bles, ya que por su característica de solubilidad en diversos disolventes se cuantifica mediante extracciones; no se les considera como parte integral de la pared celular sino como sustancias incrustantes de la - misma.

Los taninos constituyen una parte importante de este grupo secundario, se encuentran principalmente en los rayos medulares y se pueden extraer con agua caliente.

Los colorantes naturales son materiales que se encuentran en todas las maderas, variando en cantidad y tono de una especie a otra.

Los aceites volátiles y resínicos presentan básicamente los hidrócarburos en los canales resiníferos.

Los compuestos orgánicos nitrogénados representados por el contenido de nitrógeno en la madera varía de 0.2 a 0.5%.

Los compuestos inorgánicos están representados por sales minerales, los cuales permanecen como residuos en la combustión completa de la madera; su contenido varía de una especie a otra.

A nivel industrial, los componentes secundarios de mayor interés en las maderas duras son los taninos. Actualmente, especies como la mimosa (Acacia negra) y el quebracho (Schinopsis balansae), son la materia prima base de la producción mundial de agentes curtientes.

2.2 Descripción de las muestras de estudio

Las maderas objeto de este estudio pertenecen a la subdivisión de las angiospermas, clase de las dicotiledóneas, ellas son:

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRES COMUNES
Pithecellobium dulce (Royb) Bent	"guamuchil", "huamuchil" (Jalisco) "guamuche" (Tamaulipas), "guaymachile" (Guerrero), "muchite" (Oaxaca), "guamuchil" (Durango), "espino de playa" (Nicaragua), "morhiguiste" (Costa Rica), "guachimole" (El Salvador), "jaguay" (Guatemala), "inga" (Cuba).
Cordia elaeagnoidea D. C.	"barcino" (Jalisco), "grisiño" (Chiapas), "bocote", "gueramo" (Michoacán y Guerrero), "ocotillo meco" (Oaxaca).
Brosimum alicastrum Swartz	"capomo" (Jalisco, Nayarit, Veracruz, Oaxaca), "ramon" (Yucatán y Oaxaca), "ox" (Tabasco), "ojite" (Tamaulipas), "nazareno" (Oaxaca), "oxotzín" (Veracruz), "mojote" (Jalisco, Nayarit), "oopomo" (Sinaloa), "juandiego" (Oaxaca), "ojoche" (Nicaragua), "maseco" (Guatemala y Honduras).

El guamuchil (P. dulce) pertenece a la familia de leguminosas, se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 2,000 msnm, en suelos preferentemente planos, profundos, de buen drenaje, con precipitaciones del orden de los 350 hasta los 1500mm y tiene adaptación a la temperatura media anual de 20-29°C. Arbol espinoso de 5 a 20 mts de altura, con diámetro de 60 a 80cm, la corteza comunmente fisurada de color café pardusco cuando viejas, cuando jovenes amarillento pardusco, con glándulas cericeas distribuidas a todo lo largo de las ramas. Hojas con un par de pinas, cada pina con un par de hojillas, éstas aovadas o abovadas de 1.4 a 5cm de largo X 6mm a 30mm de ancho, de pulverulentas o pubescentes, borde entero, apice obtuso, base ablicuo-redondeada.

Inflorescencias en largas panículas axilares o terminales de tamaño muy variable, flores de 4-5mm en cabezuelas esféricas más o menos - densas. Las cabezuelas cortamente pedunculadas cuando jovenes o largamente pedunculadas cuando maduras. Flores hermafroditas de amarillentas a blancas, caliz de 1.5 - 2mm gamosepala 5 - 7 dentado, dientes redondos a agudos pubescentes. Corola gamopetala de 2 - 3mm, amarillento verdusca o blanquecina 6 - 7 lobulada, lóbulos agudos de pulverulentos - a tomentosos.

Estambres numerosos, largamente exertas, filamentos delgados, largos y retorcidos, anteras dítecas, dorsifijas. Gineceo con el ovario - en forma de botella invertida pubescente, estilo filiforme y largo, estigma capitado. El fruto es una legumbre gruesa encorvada, dehiscente de tamaño variable, las semillas son negras cubiertas por arilo blanco o rojizo. Los follajes son siempre verdes, pues sus hojas se remudan paulatinamente todo el año. Figura (2).

Esta planta se encuentra muy bien representada en el Estado de Jalisco, ya que basicamente la encontramos distribuido en todos los Municipios del Estado. Es un elemento representativo del bosque espinoso, se encuentra asociado con: Caesalpinia coviavia, Amphipteringium glaucum, Haematoxilon brasileto, Prosopis loevigata Acacia farnesiana, Caesalpinia cacalaco, Crescentia alata, Pithecellobium lanceolatum entre otros.

Usos. La madera es moderadamente pesada, flexible, fuerte, algo - quebradiza y no fácil de trabajar por lo que se utiliza para la formación de cercas y como combustible. La corteza produce una tintura de - color amarillo que se aplica para curtir pieles. Las hojas son usadas en la medicina doméstica por tener propiedades astringentes y las semillas molidas calman dolores de muela y oidos. Su fruto es comestible.

El barcino (C. elaeagnoidea) pertenece a la familia de las boraginaceae, se desarrolla junto al mar o no muy retirado de él, en altitudes que van desde 0 hasta 300msnm; en suelos someros o profundos con -- precipitaciones que van de los 800 a los 1500mm. La temperatura media

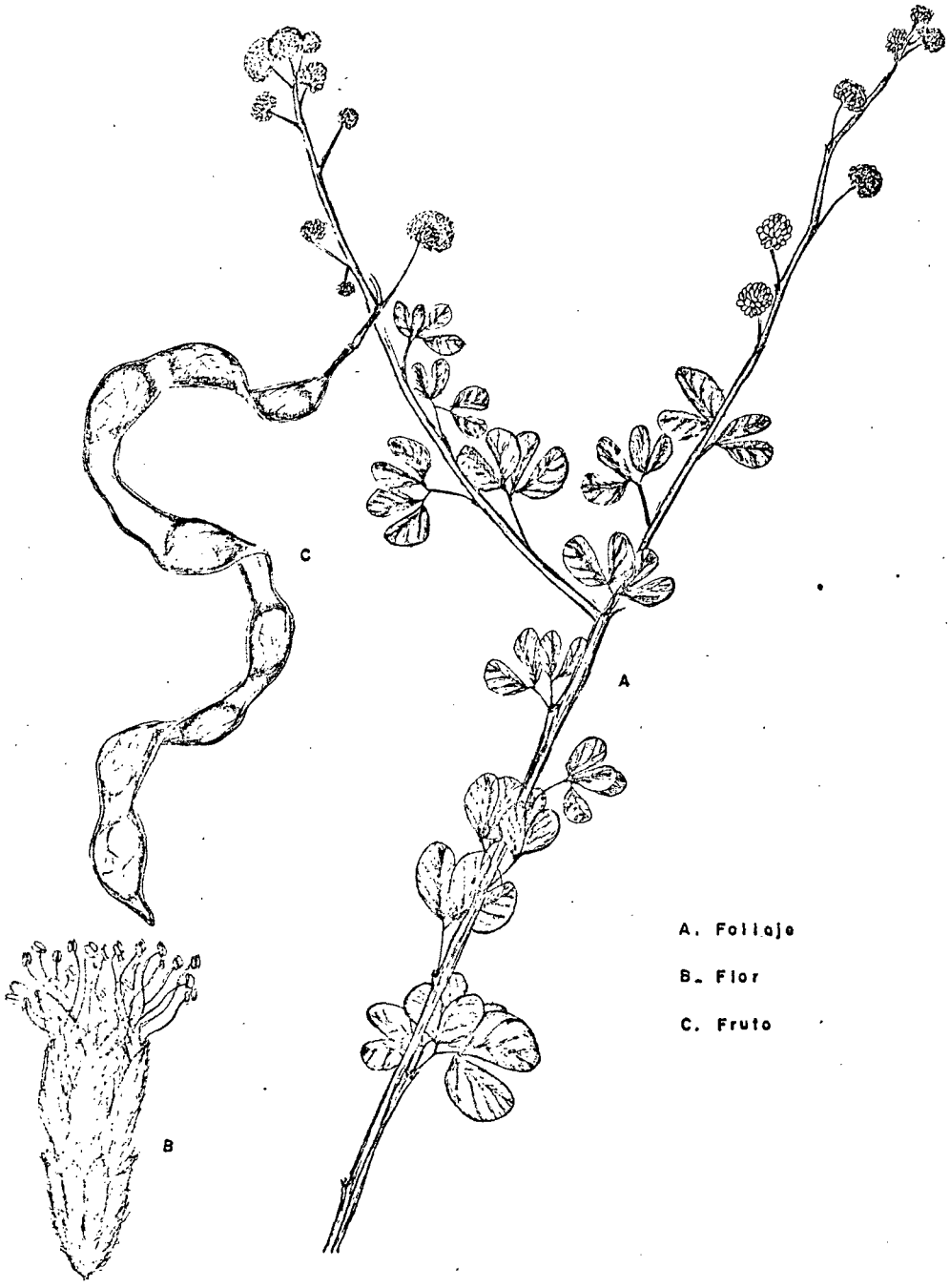


FIGURA 2. Pithecellobium dulce

anual donde se les localiza oscila entre los 20 y 28°C. Son arboles de 5 - 12 mts de altura, frondosos con las ramas puberulentas, hojas alternas, pecioladas, generalmente los peciolos de 2 - 5 cm de largo, con una o dos endiduras centrales en el dorso, ápice de agudo a acuminado, limbo de aorado a eliptico, generalmente pubescente en la parte superior y tomentoso en la inferior, de (7) 9 a 12 (14) cm de largo por 3 a 5 (9) cm de ancho, flores hermafroditas en racimos, caliz estriado de 5 - 7mm, casi por lo general terminado en 5 dientes agudos, corola gamopetala de 7 - 12 cm, de blanca a blanca amarillenta, con 5 lóbulos redondeados, estambres 5, soldados al tubo de la corola, filamentos cortos, anteras sub-basifijas de dehiscencia longitudinal, gineceo súpero, estilo doblemente bifido, estigmas terminales, fruto una drupa de 6-10 mm, terminado en una punta aguda, y otras veces doblado hacia abajo formando un anillo. Figura (3).

Esta especie es considerada netamente tropical, ya que se encuentra distribuida en los siguientes Municipios: Tomatlán, Cihuatlán, La Huerta, Cuautitlán, El Tuito y Puerto Vallarta. El barsino (C. elaeagnoidea) es uno de los elementos que encontramos en el bosque tropical sub-caducifolio, generalmente asociado con Hura polyandra, Enterolobium ciclocarpum, Humemaea courbaril, Brosimum alicastrum, Cordia alliodora, Tabelovia palmeri, etc.

Usos. La madera es de color café obscuro, dura y compacta por lo que tiene una aplicación muy difundida en la fabricación de muebles de alta calidad.

Capomo (B. alicastrum). De la familia de las moraceae, se le encuentra en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1 000mt de altura. En suelos someros y profundos y algunas veces en topografía muy accidentada. Soporta temperatura media anual de los 20 a 28°C, y precipitaciones del orden de los 800 a 1500mm. Es una especie que alcanza hasta 35 metros de altura, generalmente esbeltos hasta los 10-15 metros, tronco pardusco, fisurados de 50-80cm de diámetro. Las ramas cuando jóvenes presentan un color que va del verde al amarillento, cam-

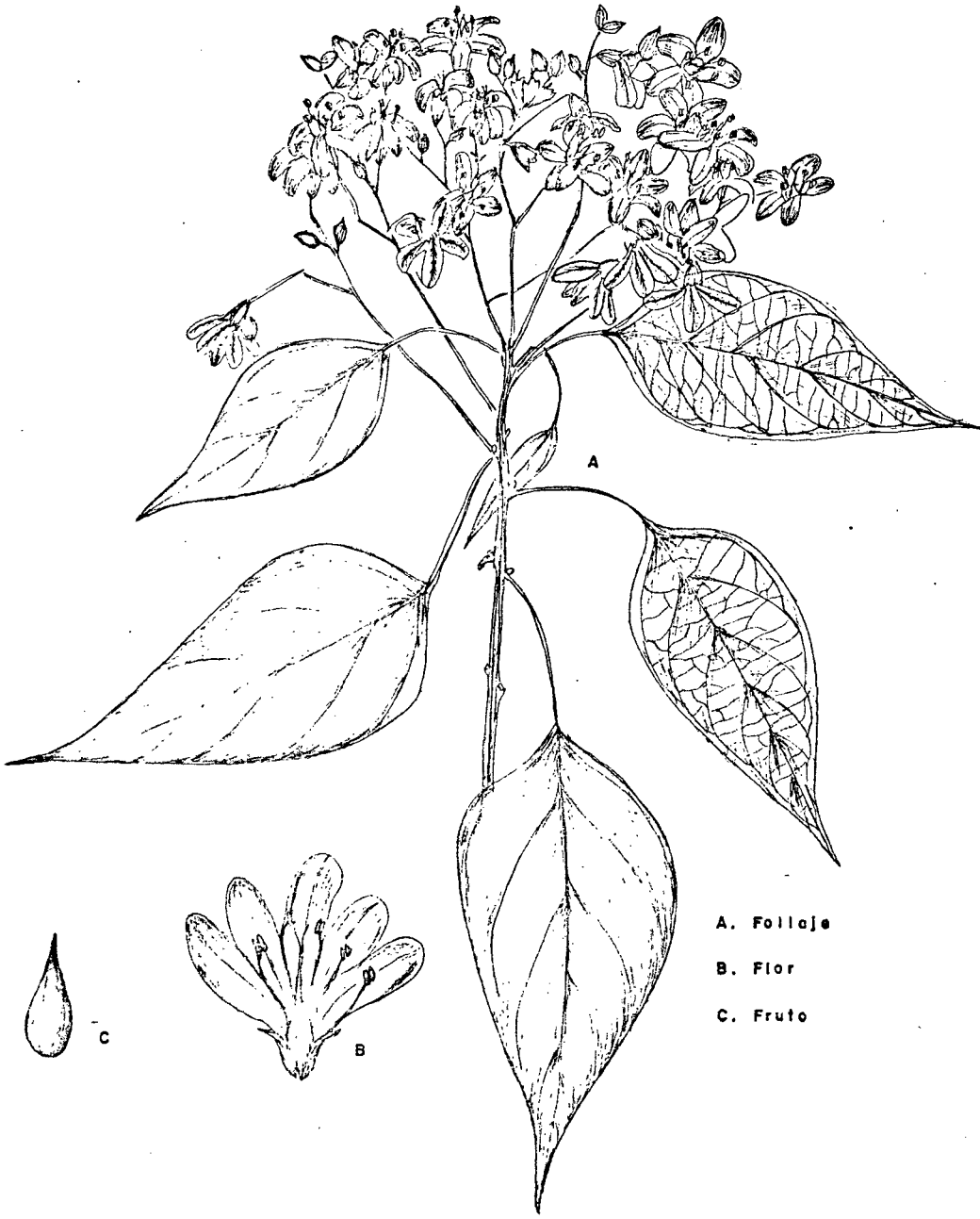


FIGURA 3. Cordia elaeagnoidea

piñas.

Las hojas son simples y alternas, cortamente pecioladas de 4 - 8mm, glabras de elípticas a oblongas con el borde entero o levemente ondulado, ápice agudo o cortamente acuminado, base redondeada, las nervaduras secundarias antes de llegar al margen se curvean para luego unirse a la nervadura siguiente, por lo que forman una especie de margen secundario.

El tamaño del limbo es muy variable, 8.5 a 19cm de largo. Flores - unisexuales, en densas cabezas globosas pedunculadas, fruto subgloboso, semillas de 1 - 2cm de diámetro cubiertas por dos membranas, la primera de ellas café amarillenta, y la siguiente café rojiza. Figura (4).

En el Estado de Jalisco lo encotramos distribuido en toda la zona - Occidental, principalmente en los Municipios de La Huerta, Cihuatlán, - Cuautitlán, Purificación, Casimiro Castillo, Autlán, El Tuito y Puerto Vallarta. Es considerado como uno de los elementos más representativos del bosque tropical sub-caducifolio. Se le encuetra asociado con Celtis monoica, Cordia alliodora, Cordia elaeagnoidea, Hura polyandra, Hymenaea courbaril, Orbignya cohune, Ficus spp, Pithecellobium lanceolatum, generalmente.

Usos. La madera es de color blanco amarillento a veces algo rosada dura, elástica y compacta, por lo que se utiliza en trabajos de carpintería. Las ramas son apreciadas como forraje para todo tipo de ganado, de el tronco se extrae un jugo lechoso que se emplea como calmante del asma. La semilla se usa para la fabricación de pan, café, atole y tortillas.

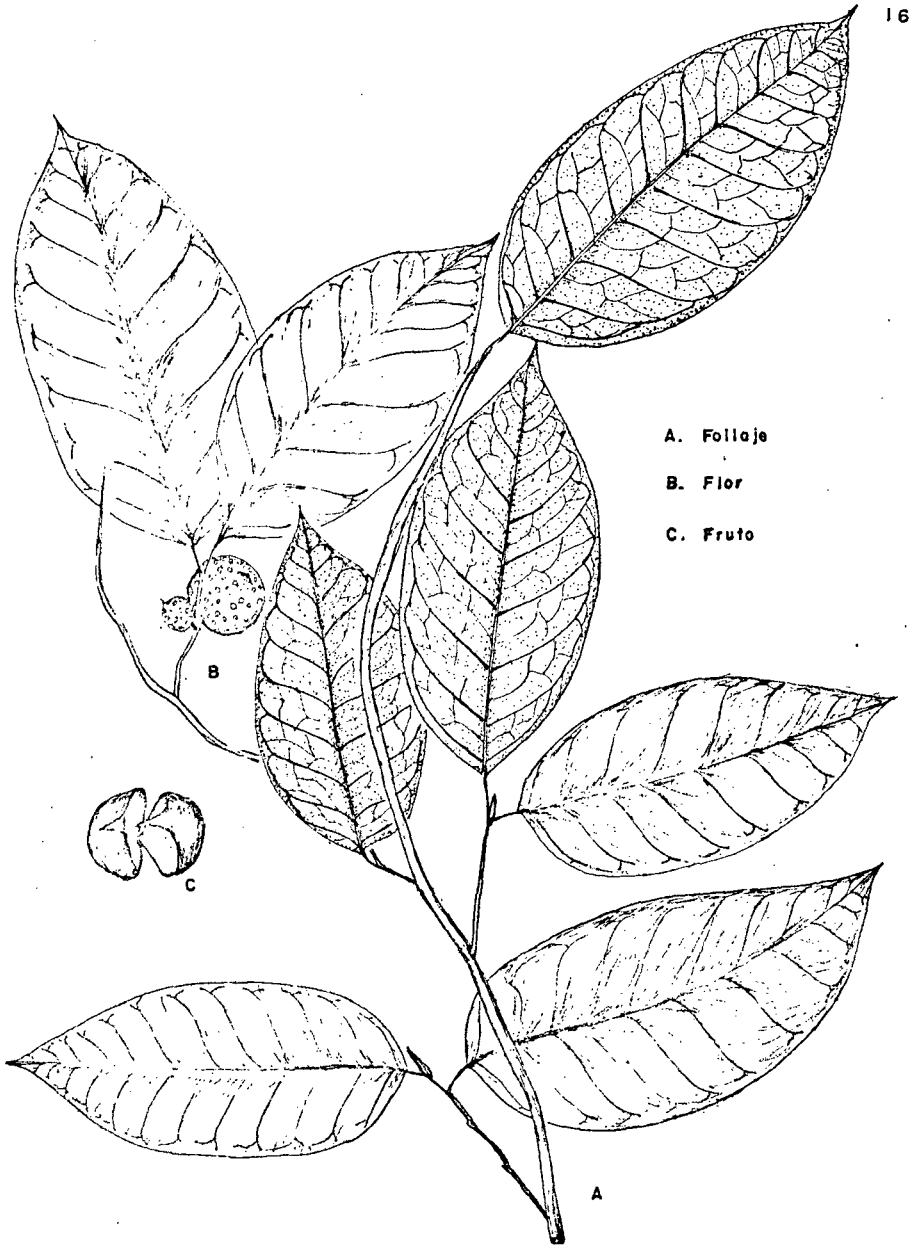


FIGURA 4. Brosimum alicastrum

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Aspectos generales de las especies estudiadas

3.1.1 Ubicación

El area donde se colectaron las especies en estudio comprende una extensión de 465km^2 aproximadamente, localizada en la parte oeste del Estado de Jalisco, y forma parte del Municipio de Purificación y la Huerta, ubicada entre los paralelos 19°18' - 19°45' latitud y 104°35' - 105°00' longitud. Figura (5).

3.1.2 Clima

El tipo de clima del lugar corresponde a la clasificación hecha por Koppen, modificada por Enriqueta García al cálido-húmedo, precipitación anual mayor a 1200mm. La temperatura media anual varía de 22°C a 26°C. S.P.P. (1981).

3.1.3 Geología

La geología del lugar pertenece a la provincia geológica Sierra Madre del Sur y abarca la parte occidental del Estado, limita al oeste con el Oceano Pacífico y al este y norte con el eje Neovolcanico. En esta zona afloran rocas metemorficas como equistos y gneiss, consideradas las más antiguas del Estado, que pertenecen al Jurásico. S.P.P. (1981).

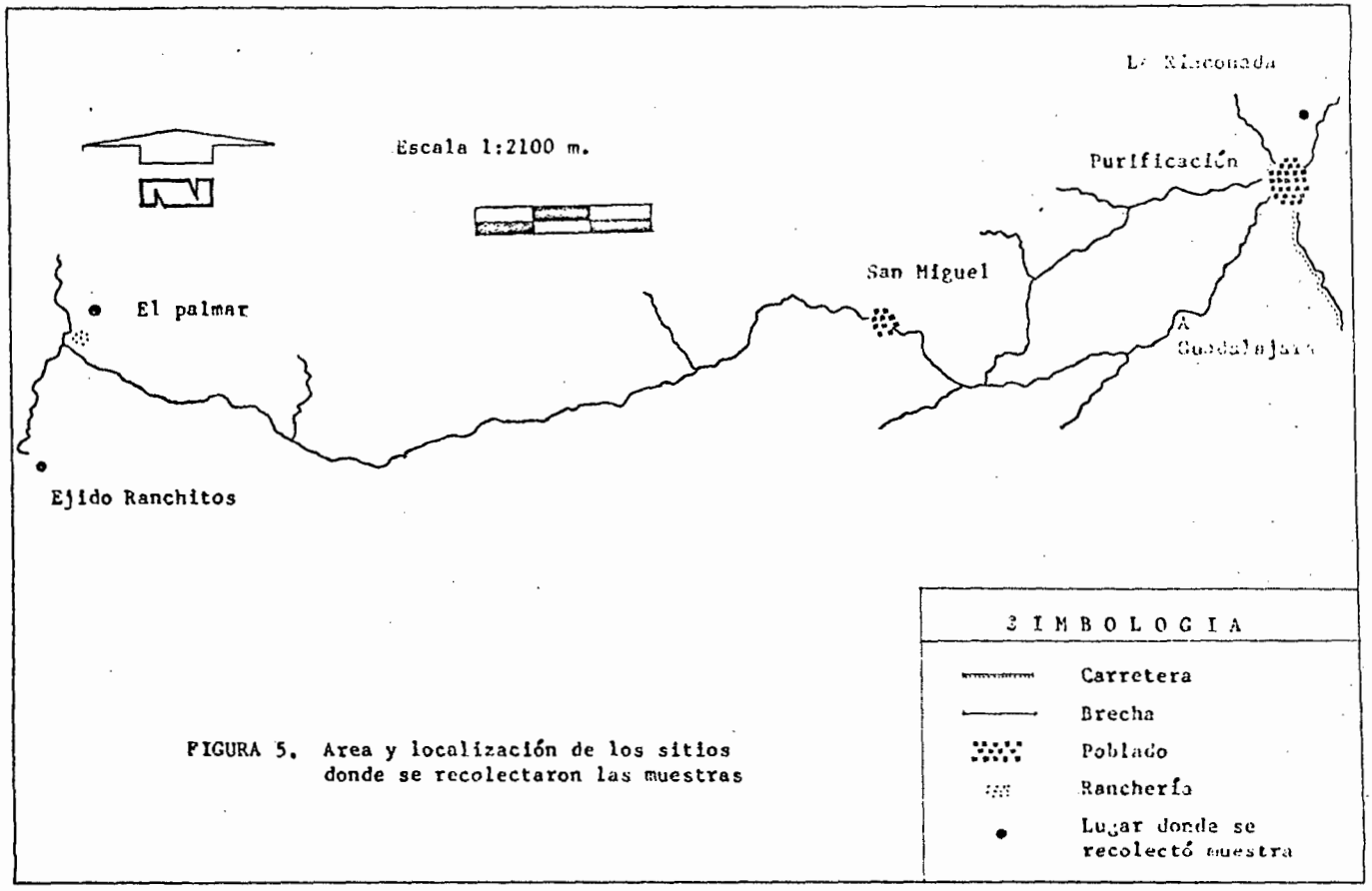


FIGURA 5. Area y localización de los sitios donde se recolectaron las muestras

3.1.4 Suelos

La complejidad fisiográfica de la subprovincia, determina el desarrollo de un complicado y diverso mosaico edafico. Así en la Sierra se encuentran luvisoles y cambisoles crómbicos, cambisoles y regosoles eúticos, faeozem háplico, litosoles, cambisoles dístricos y andosoles órticos. Ademas particularmente en la Gran Sierra compleja se encuentran otros tres tipos de suelo: regosol dístrico, acrisol órtico y fluvisol éutrico. Este último tipo de suelo es producto del acarreo de dichos materiales por inundaciones; puede ser profundo o somero, arenoso o arcilloso y fértil o infértil, dependiendo del clima y material parental.

Los tipos de suelos encontrados en las mesetas son: regosol éutrico y dístrico, cambisol crómico y éutrico, litosol, acrisol órtico y faeozem háplico.

En los valles ramificados aparece un suelo derivado de cenizas volcánicas, se trata del andosol húmico. Suelo muy ligero y con alta captación de agua y nutrientes; su origen es residual y se desarrolla sobre areniscas. Se fija fuertemente el fósforo, tiene en su superficie una capa oscura muy ácida y rica en materia orgánica.

3.1.5 Datos generales de las especies en estudio

Al momento en que se obtuvieron las muestras, se tomaron datos de campo, así como un muestreo de suelo para su análisis, mismos que se observan en la tabla (1).

FACULTAD DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

TABLA 1. DATOS GENERALES DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

CONCEPTO	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Localidad	La Rinconada	Los Ranchitos	El Palmar
Municipio	Purificación	La Huerta	La Huerta
Población cerca	V. Purificación	Chamela	Chamela
Aspecto gral del árbol	regular	bueno	bueno
Altura total del árbol	11 m	14 m	17 m
Tallo	bifurcado	recto	recto
D. A. P.	24.19cm	18.10cm	20.58cm
Copa del árbol	regular poco extendida	irregular extendida	irregular
Altitud	410 msnm	200 msnm	280 msnm
Pendiente	5%	40%	30%
Pedregosidad	5%	5%	30%
Cond. eléctrica	0.24 mhm	0.74 mhm	0.88 mhm
M. O.	2.69%	5.31%	4.47%
pH	5.8	7.2	6.8
Textura	franco-arenosa	franco-arenosa	franco-arcillo arenosa
Tipo de vegetación	tropical caducifolio	tropical sub-caducifolio	tropical caducifolio
Plantas o brinzales	no se observaron	no se observaron	no se observaron
Efectos bióticos	cultivos agric.	desmonte total	sobrepastoreo

3.2 Preparación de las muestras

Para la preparación de las muestras, se obtuvo una rodaja de cada especie de 4-7cm aproximadamente de ancho, a la altura del pecho (1.30mt). La rodaja se descorteza y se reduce a astillas para despues obtener aserrín. Esta fracción fué tamizada con el objeto de recuperar la fracción retenida en la malla 0.25mm; las fracciones retenidas en mallas de abertura mayor 0.40mm, fueron reducidas y tamizadas nuevamente; los finos obtenidos se desecharon.

Al aserrín logrado por el tamiz 0.25mm se le determinó su contenido de humedad para posteriormente cuantificar los extraíbles tanto en etanol-benceno, alcohol etílico y agua caliente, así como la solubilidad en sosa al 1% y obtención de cenizas.

Una porción considerable de aserrín se sometió a tratamiento con etanol-benceno, alcohol etílico y agua caliente para eliminar las sustancias extraíbles dejando secar el aserrín al medio ambiente; posteriormente se almacenó en bolsas de polietileno y se separo una fracción representativa para la determinación de humedad.

Este aserrín conocido como material libre de extractos fué la materia prima utilizada para las posteriores determinaciones, por lo que los resultados se expresan en porcentajes de madera libre de extractos.

En la figura(6), se aprecia el diagrama de flujo que contiene los detalles de la experimentación.

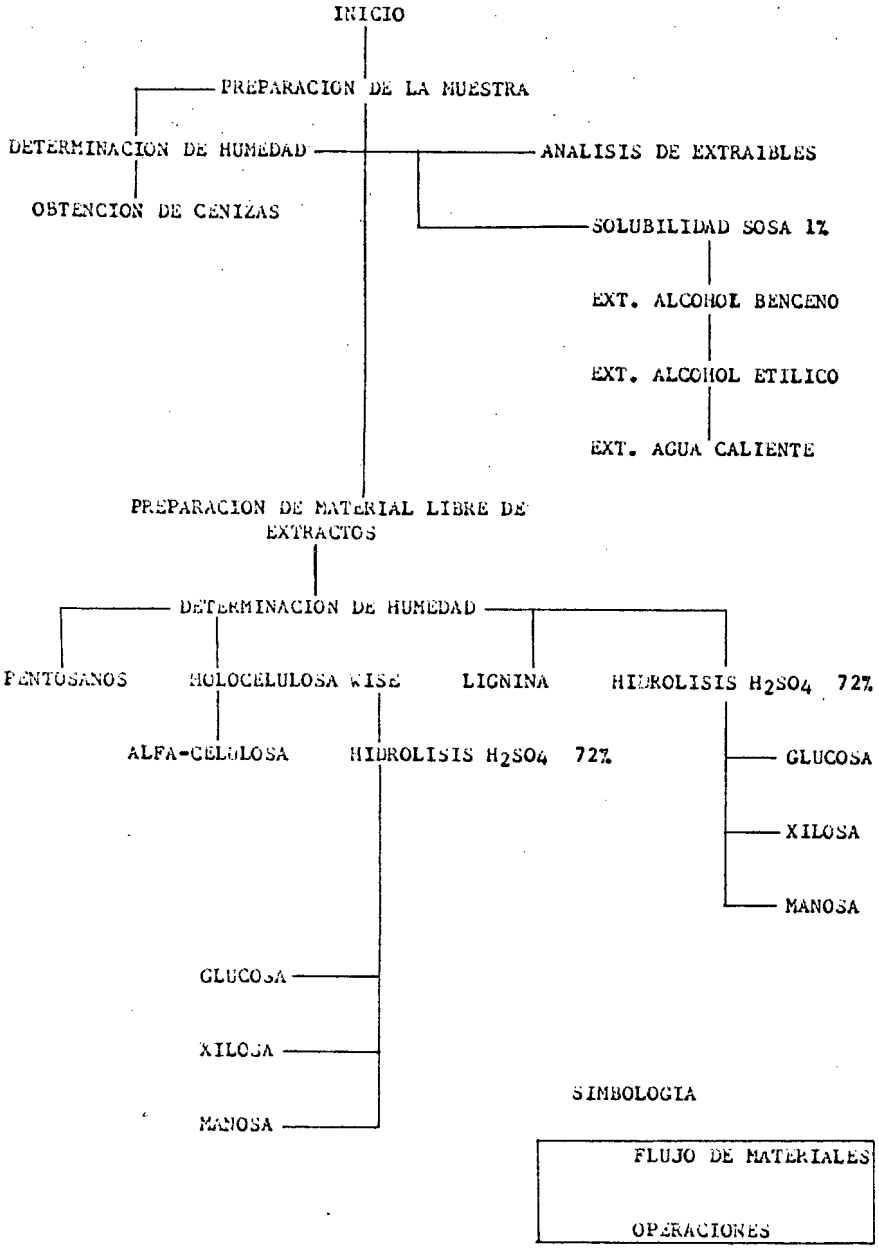


FIGURA 6. Diagrama de flujo de la experimentación química de la madera

3.3 Técnicas aplicadas para determinar la composición química

3.3.1 TAPPI 5 os-73. Para la obtención de solubles en etanol-benceno y alcohol etílico

3.3.2 TAPPI 1 Os-59. Para determinar solubles en agua caliente

3.3.3 TAPPI 212 os-76. Para obtener solubles en hidróxido de sodio al 1%

3.3.4 TAPPI 15 os-58. Para determinar contenido de cenizas

3.3.5 TAPPI 223 m-48. Para determinar contenido de pentosanos

3.3.6 Para determinar contenido de holocelulosa se utilizó el método expuesto por Wise et al., (1946).

3.3.7 TAPPI 9 m-54. Para determinar el contenido de alfa-celulosa Cross and Bevan

3.3.8 Hidrólisis ácida según Saeman et al., (1954)

3.3.9 TAPPI 222 os-74. Para la determinación de lignina Klason

3.3.10 Cromatografía líquida de alta presión para determinar los carbohidratos monoméricos

A continuación se presenta una explicación más detallada de esta técnica, ya que este trabajo constituye una herramienta importante para la aportación de información sobre los carbohidratos de la madera.

Cromatografía líquida de alta presión

La cromatografía líquida de alta presión es una de las técnicas más novedosas en lo que respecta a separación de carbohidratos, es rápida y proporciona resultados muy precisos, solo que se requiere la utilización de equipo sumamente especial.

El método se desarrolla en base a la cromatografía de intercambio iónico en el que los azúcares son retenidos selectivamente en su paso por la columna, por los iones que contiene el empaque. Por lo que respecta a la muestra no son necesarios trabajos preparativos de purificación o deionización, ya que solo se requiere que se encuentre en solución acuosa.

El principio con el que trabaja la técnica consiste en la capacidad de los azúcares para formar los iones Borato, complejos con carga negati cuya estructura química aún no ha sido completamente aclarada. Si una mezcla de complejos Borato, de azúcares en cuyo medio acuoso se pasa a través de una columna en la que se encuentra un intercambiador de iones alcalinos, se observará una permanencia diferente para cada uno de los componentes de la mezcla de azúcares, pueden ser detectados y medidos por métodos físicos (refractometría diferencial) o químicos.

Uno de los métodos más usados es el adicionador a la corriente que lleva a los complejos Borato, un reactivo de coloración. Cuando el reactivo tiene contacto con un azúcar o complejo Borato de azúcar, produce una coloración azul intenso que al hacerla pasar por un colorímetrico de flujo continuo, induce una corriente eléctrica la cual se transforma mediante un graficador de picos representativos de cada azúcar, de esta forma la intensidad de la coloración indica la proporción o concentración de cada azúcar presente en la mezcla, según Sinner y Puls (1978).

Las muestras se aplicaron a la columna directamente, manteniendo las siguientes condiciones de operación:

Temperatura de la columna	60°C
Temperatura del reactor	96°C
Molaridad del buffer	0.4 iones Borato
pH del buffer	9.4
Velocidad de la fase móvil	0.75ml/min
Velocidad del reactivo de coloración	0.75ml/min
Velocidad de la carta del graficador	12 y 6cm/hr
Volumen de inyección de la muestra	10-20 microlitros
Dimensiones de la columna	ø = 0.9cm L= 6cm
Dimensiones de la precolumna	ø = 0.4cm L=30cm
Resina de la columna	Durrum DA-X4
Resina de la precolumna	Durrum AG-IX4
Colorímetro	Cenco 34516-200
Filtro de interferencia	540 mm
Graficador	Kontron electronik modelo 1100

Mediante ésta técnica de separación, el análisis de un hidrolizado ocupa de 60 a 90 minutos, cuando contiene los cinco azúcares principaled de la madera. El orden en que aparecen los azúcares en el cromatograma es del siguiente: celobiosa, ramnosa, manosa, arabinosa, galactosa, xilosa y glucosa.

Para calcular el porciento de cada uno de los azúcares presentes en el cromatograma obtenido de las especies en estudio tanto del hidrolizado ácido de holocelulosa como del hidrólizado libre de extractos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de carbohidratos} = \frac{(c)\ (h)\ (f.c)}{w}$$

Donde (c) equivale al coeficiente de calibración del azúcar estandar, que se logra dividiendo el peso del azúcar en el estandar y la altura del azúcar en el cromatograma. (h) equivale a la altura del pico del azúcar en cuestión. (f.c) es el factor de corrección, basado entre la reacción existente con el peso inicial de un azúcar y el peso despues de una hidrólisis. (w) peso de la muestra que fué usado para la hidrólisis.

Cada determinación se calculó por duplicado para posteriormente obtener un medio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Estudio de extraíbles

Este ensayo se logra con material integral obtenido directamente de las muestras obtenidas en campo, previamente astillado y molido. El aserrín se pasa por una malla 0.25mm para eliminar las partículas muy finas, se usa el material retenido por esa malla.

4.1.1 Solubles en etanol-benceno

Este ensayo consiste en una extracción del aserrín con una mezcla de 33 volúmenes de alcohol etílico al 95% de pureza y 67 volumenes de benceno. De esta manera se determina el contenido de grasas, aceites, ceras, resinas, que tiene gran influencia en los procesos de fabricación de pulpas, máxime si estos son alcalinos ya que durante la etapa de digestión se formarían jabones dando lugar a la aparición de espumas. Además las resinas difíciles de descomponer, pueden permanecer en la pulpa y tapar las telas metálicas, impidiendo el drenado del agua ocacionando manchas.

Para el ensayo de solubles en etanol-benceno se logró un alto contenido para el barcino (C. elaeagnoidea) de 14.72% en comparación al guamuchil (P.dulce) de solo 6.27% y al capomo (B. alicastrum) que muestra un valor de 1.70%, figura (7).

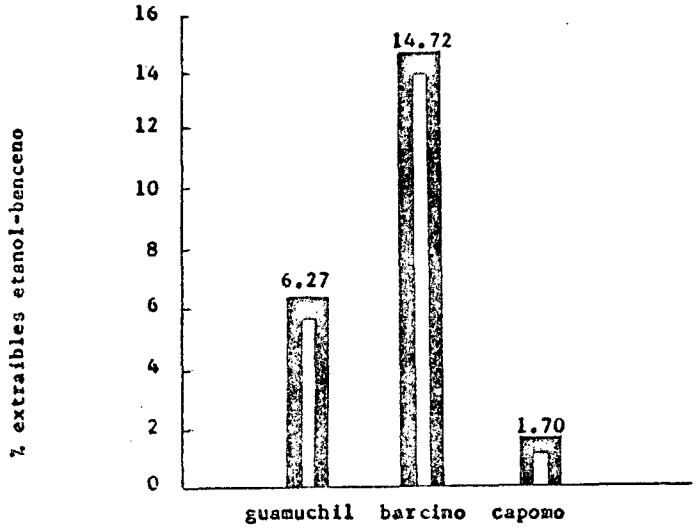


FIGURA 7. Comparación del contenido de extraíbles en alcohol benceno. Método TAPPI 5 os-73

4 .1.2 Solubles en alcohol etílico

El estudio consiste en una extracción de aserrín con alcohol etílico absoluto. El ensayo nos da un contenido mucho menor de grasas, aceites, ceras y resinas, mismos que no se solubilizaron en alcohol-benceno

En la extracción de solubles en alcohol etílico el valor más alto fué para el guamuchil (P. dulce) con 1.41%, un resultado intermedio para el capomo (B. alicastrum) de 0.93%, mientras que el barcino (C. elaeagnoidea) con 0.59% muestra el porcentaje más bajo, cuando en el ensayo anterior presentaba el valor más alto. Figura (8).

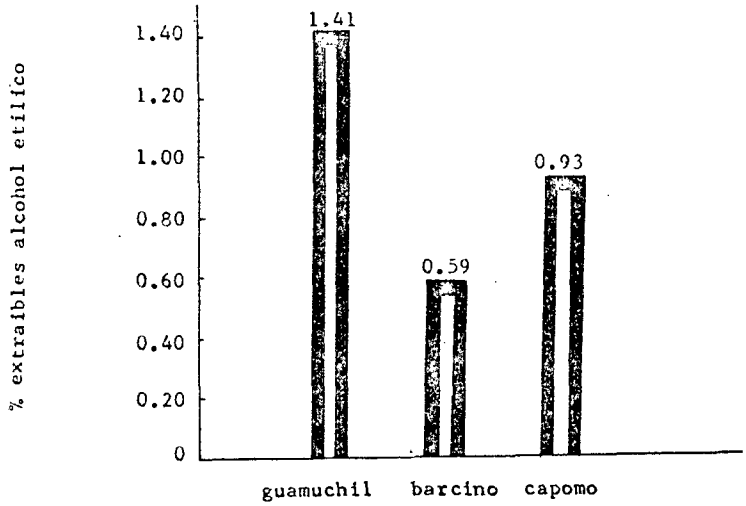


FIGURA 8. Comparación del contenido de extraíbles en alcohol etílico absoluto. Método TAPPI 5 os-73.

4.1.3 Solubles en agua caliente

El experimento se llevó a cabo colocando el aserrín a reflujo durante tres horas. El ensayo nos índica la cantidad de taninos, gomas, algunas grasas, resinas y carbohidratos de bajo peso molécular que afectan el rendimiento y el consumo de reactivos en la manufactura de pulpa celulósica.

En lo referente a solubles en agua caliente se presentó una notable diferencia entre el capomo (B. alicastrum) y el barcino (C.elaegnoidea) con resultados de 9.13% y el 1.04%, mientras que el guamuchil (P. dulce) toma un valor intermedio de 4.32%, figura (9).

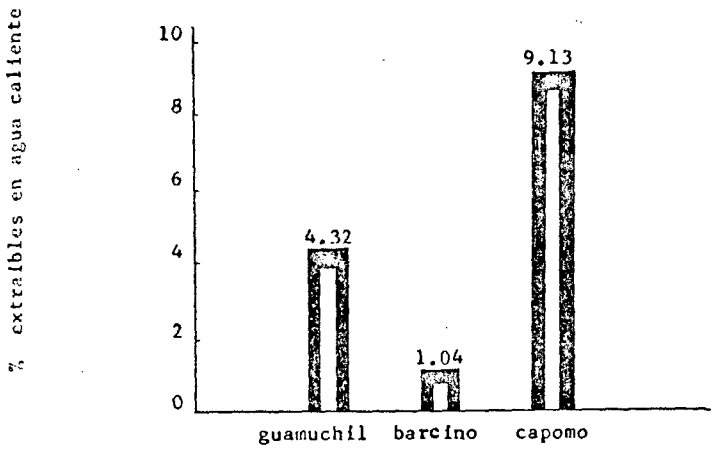


FIGURA 9. Comparación del contenido de extraíbles en agua caliente. Método TAPPI 1 os-59

4.1.4 Solubles en hidróxido de sodio al 1%

Este análisis nos da una idea de la cantidad de material de bajo peso molecular presente y en caso de madera almacenada señala el grado de deterioro causado por hongos. Ademas también se cuantifican algunos polifenoles (taninos) solubles en este medio. De los resultados obtenidos en éste análisis, el barcino (C. elaeagnoidea) con 24.16% y el guamuchil (P. dulce) con 23.38%, son las especies que presentan una mayor solubilidad en este medio, en comparación con el capomo (B. alicastrum) que alcanza solo 17.51%; sí los comparamos con los resultados obtenidos por Porres (1979), se puede observar que son valores aceptables para maderas tropicales. Figura (10).

4.1.5 Contenido de cenizas

Se considera ceniza al residuo obtenido despues de la ignición del aserrín a 575± 25°C, de esta manera se determina la cantidad de sales minerales presentes y se verifica sí el material mostrará durante el --

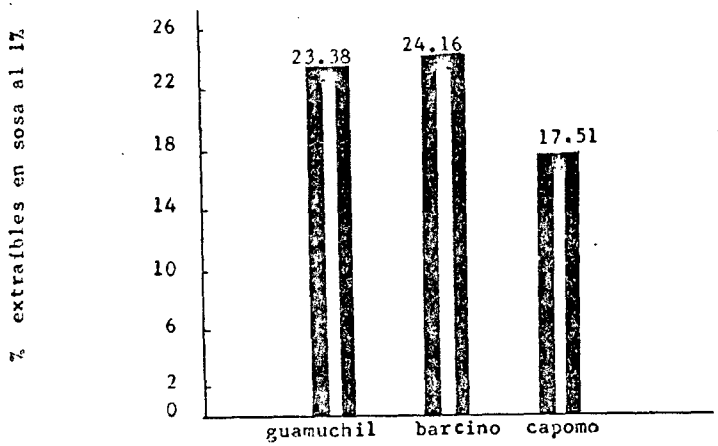
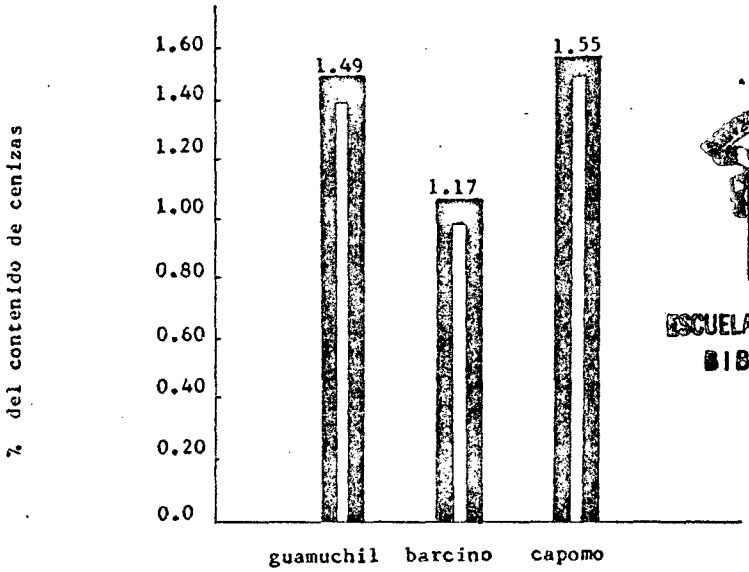


FIGURA 10. Comparación del contenido de extraíbles en sosa al 1%. Método TAPPI 212 os-76

proceso de obtención de pulpa, problemas de corrosión en el area de astillado o incrustaciones en el sistema de recuperación de reactivos.

La cantidad de cenizas encontradas despues del experimento muestra que las especies en estudio presentan alto contenido de sales minerales ya que el barcino (C. elaeagnoidea) alcanza 1.17% seguido del 1.49% del guamuchil (P. dulce) y el capomo (B. alicastrum) con 1.55% son resultados aparentemente altos, pero que al compararlos con los valores que reporta la literatura, están dentro del rango nominado para maderas duras, Porres (1979). Figura (11).

Al analizar los resultados totales de extraíbles y comparándolos con los valores que reporta la literatura, Cáceres (1981), se obaerva que los valores se ubican dentro del rango nominado para las maderas duras o latifoliadas, a excepción del barcino (C. elaeagnoidea) que pre-



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

FIGURA 11. Comparación del contenido de cenizas. Método TAPPI 15 os-58

senta una mayor solubilidad en alcohol benceno y un valor menor en el ensayo con agua caliente. En la figura (12), se pueden comparar los contenidos de extraíbles de etanol-benceno, alcohol etílico y agua caliente para cada una de las especies en estudio.

4.2 Preparación de material libre de extractos

Despues de eliminar los extraíbles, el aserrín se dejó secar al medio ambiente. Una fracción representativa se separó para la determinación de humedad. Este material es el usado para el estudio de los carbohidratos y la lignina.

4.3 Determinación de carbohidratos

4.3.1 Contenido de pentosanos

Esta prueba es un índice para evaluar la fracción de hemicelulosas constituída por aquellos polisacáridos que incluyen azúcares de cinco carbonos (xilosa y arabinosa). El carácter de esta prueba es cuantitativo y proporciona el total de pentosanos.

La determinación se basa en la formación de furfural cuando los azúcares de pentosas se destilan con ácido clorhídrico concentrado (13.5%). Los destilados se analizan para furfural por un procedimiento volumétrico rápido que no requiere aparatos complicados.

En investigaciones sobre la composición de la madera y aún en estudios técnicos sobre las hemicelulosas presentes en madera, se considera la determinación del contenido de pentosanos como una relación directa para el estimado de las hemicelulosas.

Los resultados en la determinación de pentosanos para las especies estudiadas fueron 13.32% para el guamuchil (P. dulce), 13.94% para el barcino (C. elaeagnoidea) y un valor un poco más alto para el capomo (B. alicastrum) con 13.96%, figura (13). Son porcentajes bajos para maderas duras, pero se ubican dentro del rango que presenta la literatura Porres (1979).

4.3.2 Contenido de Holocelulosa

La holocelulosa representa la suma total de celulosa y otros polisacáridos como es la hemicelulosa. El método más rápido y drástico, es el usado por Wise et al. (1946), ya que la muestra libre de extraíbles, se calienta con ácido acético y clorito de sodio, de esta manera el dióxido de cloro elimina la lignina, dejando un residuo blanco de holocelu

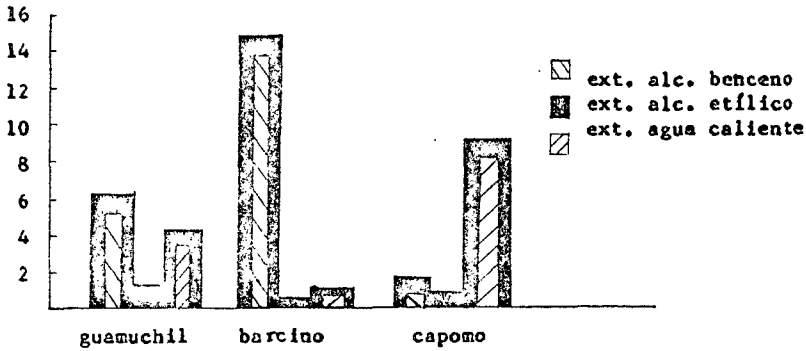


FIGURA 12. Comparación del contenido de extraibles para cada una de las especies por los métodos: etanol-benceno, alcohol etílico y agua caliente

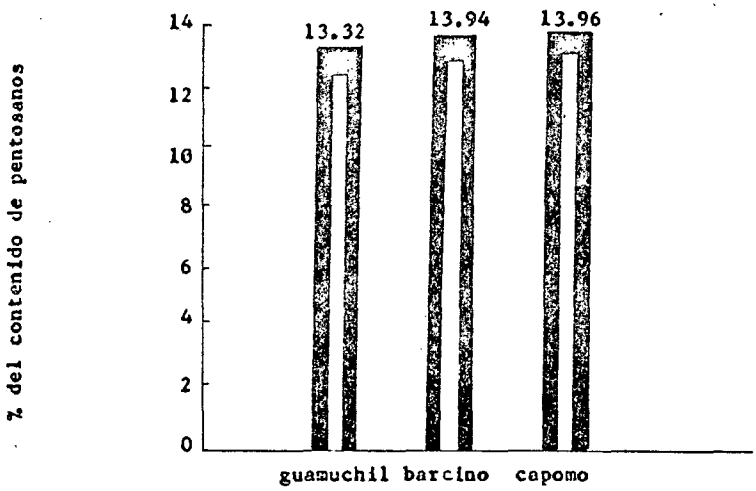
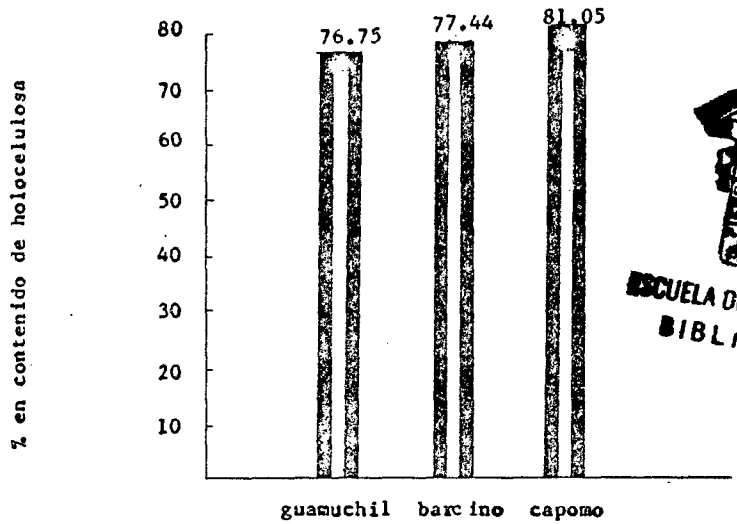


FIGURA 13. Comparación del contenido de pentosanos. Método TAPPI 223 m-48

losa. De hecho es necesario no eliminar toda la lignina, pues de lo contrario la pérdida de hemicelulosa sería apreciable. De los resultados obtenidos en el ensayo de holocelulosa se obtuvieron para el capomo (B. alicastrum) 81.05%, el barcino (C. elaeagnoidea) 77.45% y el guamuchil (P. dulce) con 76.76%. Figura (14). Estos valores se pueden considerar normales dentro del rango de las maderas duras reportada por otros autores. Cáceres (1981).



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

FIGURA 14. Comparación del contenido de holocelulosa. Método de Wise (1946). Valores sin incluir lignina residual

4.3.3 Obtención de alfa-celulosa

Este analisis cuantifica la alfa-celulosa directamente de la fracción de holocelulosa y sirve como una estimación indirecta del contenido de hemicelulosas. El material fibroso se trata con ácido sulfúrico al 1.3% a ebullición. Este tratamiento hidróliza las hemicelulosas convirtiéndolas en productos solubles fácilmente eliminables por filtra---

ción; al residuo insoluble se le conoce también como celulosa Cross and Bevan (1905), por ser comparable a la fracción obtenida cuando se aplica el método desarrollado por estos autores. Hay que hacer notar que este tratamiento hidroliza las hemicelulosas pero se sabe que esa remoción no es total, sino que alguna fracción permanece retenida en el residuo celulosíco de manera que no puede lograrse su separación sin causar cierta degradación de la celulosa.

Los resultados obtenidos en este ensayo fueron: el capomo (B. alicastrum) 59.47%, el barcino (C. elaeagnoidea) 57.72% y el guamuchil (P. dulce) 55.04%. Los porcentajes están referidos a madera libre de extractos. Para que el resultado de alfa-celulosa se aproxime más al valor real es conveniente corregirlo, tomando en cuenta la lignina y las hemicelulosas que queden retenidad en el material obtenido. En el presente trabajo no se efectuó ese tipo de correcciones. Los resultados se muestran en la figura (15).

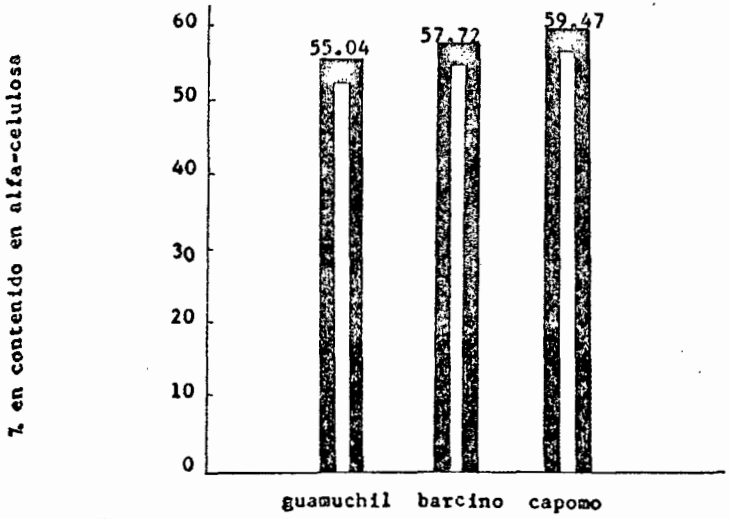


FIGURA 15. Comparación del contenido de alfa-celulosa, referida a madera libre de extractos

Los resultados en cuanto a la determinación de alfa-celulosa por el método TAPPI 9 m-54, son valores normales para este tipo de maderas, en base a los estudios que reporta la literatura. Barbadillo (1969).

4.3.4 Determinación de Hemicelulosas

Las hemicelulosas pueden determinarse a partir de los azúcares monoméricos que las forman mediante un tratamiento de hidrólisis y una cuantificación adecuada de los productos obtenidos. En esta sección se describe la determinación de hemicelulosas de las muestras en estudio, usando el procedimiento de hidrólisis ácida de Saeman et al., (1954) y la cuantificación de azúcares monoméricos mediante la cromatografía líquida de alta presión (intercambio iónico) según Sinner y Puls (1978).

Por considerarlo de interés, se aplicaron estos procedimientos a muestras tanto de holocelulosa como de material libre de extractos, de cada una de las especies consideradas.

Los resultados se reportan primeramente en base a los componentes monoméricos de las hemicelulosas y posteriormente, utilizando estos valores y datos de la literatura, se estima la composición en base a los polisacáridos como originalmente se considera que existen en la madera.

Adicionalmente este procedimiento de análisis permite estimar simultáneamente el contenido de alfa-celulosa a partir de los valores encontrados de glucosa (alfa celulosa=glucosa total-glucosa asociada a hemicelulosas). En este sentido se comparan los resultados obtenidos en esta parte, con los valores de alfa-celulosa obtenidos según el procedimiento de Cross and Bevan. (ver parte 4.3.3).

El tratamiento de hidrólisis en medio ácido, solubiliza los carbohidratos presentes en las muestras dejando un residuo de lignina. En la tabla (2), se presentan los porcentajes del residuo procedente de los hidrólizados de madera libre de extractos y de holocelulosa. En la tabla (3) se reporta el contenido de holocelulosa según Wise, reportado ante--

riormente en la parte 4.3.2, corregido de acuerdo al contenido de lignina remanente en la preparación.

TABLA 2. Lignina residual en el ensayo de hidrólisis ácida

CONCEPTO	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Lignina 1	2.00	2.00	2.00
Lignina 2	25.25	23.05	20.44

Valores reportados en porcientos

1 Del hidrólizado de holocelulosa

2 Del hidrólizado de madera libre de extractos

TABLA 3. Holocelulosa según Wise corregida por lignina residual

CONCEPTO	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Holocelulosa sin corregir	78.32	79.02	82.70
Lignina residual 1	1.57	1.58	1.65
Holocelulosa corregida 2	76.75	77.44	81.05

1 Estimación en base al residuo de la hidrólisis de holocelulosa

2 Holocelulosa sin lignina residual

Así mismo, utilizando los valores de los residuos de la hidrólisis de madera libre de extractos, se cálcula el material correspondiente solo al total de carbohidratos. Tabla (4).

TABLA 4. Madera libre de extractos menos el residuo de la hidrólisis

CONCEPTO	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Peso de la muestra	100	100	100
Residuo de la hidrolisis	25.25	23.05	20.44
Carbohidratos totales	74.74	76.95	79.71

* Los valores son porcentajes

Determinación de carbohidratos monoméricos por cromatografía líquida de alta presión

Los hidrolizados de las muestras en estudio fueron analizados según la técnica de cromatografía líquida de alta presión, para así poder identificar y cuantificar sus azúcares componentes.

El orden en que aparecen los azúcares en el cromatograma es el siguiente: manosa, arabinosa, galactosa, xilosa y glucosa.

En la sección apéndice aparece el cromatograma de una solución estandar de carbohidratos, usado para el cálculo de carbohidratos de los hidrolizados de holocelulosa y madera libre de extractos, (figura A); los cromatogramas correspondientes a hidrolizados tanto de holocelulosa (figuras B a D), como de madera libre de extractos (figuras E a G) para cada una de las especies en estudio.

Usando los tiempos de retención de cada azúcar, según el cromatograma de la mezcla estandar, se identificaron los azúcares registrados en

los cromatogramas de los hidrólizados de las especies estudiadas.

Para calcular la cantidad correspondiente de cada azúcar, debió primeramente obtenerse una curva de calibración del aparato, inyectando alícuotas de la mezcla estándar de azúcares, cuyas cantidades presentes fueron conocidas con la mayor aproximación posible; la altura de los picos desarrollados por cada azúcar se graficó contra la cantidad del mismo contenido en la alícuota inyectada.

A continuación se presentan los carbohidratos monoméricos calculados directamente del análisis de cromatografía líquida de alta presión de los hidrólizados de holocelulosa y de madera libre de extractos, tablas (5) y (6) respectivamente.

TABLA 5. Carbohidratos monoméricos totales calculados directamente de hidrólizados de holocelulosa

CARBOHIDRATOS	ESPECIES		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Glucosa	70.94	78.91	73.13
Xilosa	29.05	21.08	22.12
Manosa	-	-	4.74
Total	99.99	99.99	99.99

* Los valores representan porcentajes

TABLA 6. Carbohidratos monoméricos totales calculados directamente de hidrolizados de madera libre de extractos

CARBOHIDRATOS	ESPECIES		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Glucosa	77.86	78.74	74.35
Xilosa	22.14	21.26	21.74
Manosa	-	-	3.91
Total	100.00	100.00	100.00

Estimación del contenido de grupos acetilo

Los grupos acetilo se encuentran combinados como grupos O-acilo en la fracción de polisacáridos de la madera. Ellos son hidrólizados por ácidos minerales a ácido acético y son saponificados por álcalis formando sales de estos ácidos. Debido a la facilidad con que se saponifican, los grupos acilo se pierden cuando las hemicelulosas se aislan por extracción con soluciones alcalinas. Los grupos acetilo son los principales grupos acilo en la madera, y representan el 3 al 5% de ella en las especies latifoliadas; los grupos acetilo se encuentran combinados sobre todo con unidades de xilosa. Timell (1957).

Para estimar el contenido de grupos acetilo de nuestras especies se partió de relaciones que guardan estos grupos con el contenido de xilosa, tal y como se menciona en la caracterización de hemicelulosa de maderas duras que hace Timell (1967).

El procedimiento se basa en el análisis de la estructura del polisacárido de las maderas duras la O-acetil-4-O-metil-glucurono-xilana, el cuál al ser fraccionado mediante hidrólisis, libera en solución a los grupos acetilo bajo la formación de ácido acético. Delgado (1980).

Se sabe que dentro de la estructura de este polímero se tienen 7 unidades de grupos acetilo por cada diez unidades de xilosa existentes.

Si partimos de los pesos moleculares de estos componentes tendremos la siguiente relación:

Peso molecular de anhidroxilosa = 132
Peso molecular del grupo acetilo = 43

Por cada 10 unidades de anhidroxilosa tendremos:
(132) (10) = 1320 unidades de masa de anhidroxilosa
(43) (7) = 301 unidades de masa de acetilo

Ahora si 1320 unidades de masa de anhidroxilosa representan un 100%, 310 unidades de masa de acetilo representarán:

$$\frac{(301)\ (100)}{1320} = 22.803\%$$

Este porcentaje debe entenderse como la cantidad de peso de grupos acetilo que está presente por cada 100 unidades de peso de xilosa contenida en el polímero nativo.

Esto significa que si conocemos el contenido de xilosa en una madera de latifoliadas, podemos inferir con cierta aproximación, el contenido de grupos acetilo que se encuentra ligada a ella en el polisacárido original.

Bajo este principio se calculó el contenido de grupos acetilo para todas las especies; los resultados se incluyen junto con el contenido de ácidos urónicos en la siguiente sección.

Estimación del contenido de ácidos urónicos

El contenido total de unidades de ácido urónico (anhidro urónico) en la madera es de alrededor del 4 al 5%. Los únicos ácidos urónicos que comunmente se presentan en la madera son el ácido glucurónico y el ácido galactourónico. Timell. (1967).

Las unidades de ácido glucurónico predominan en las hemicelulosas de la albura de la madera, mientras que el ácido galactourónico está asociado a sustancias pécticas en la lámina media y en la pared primaria. Por esta razón el ácido galactourónico, es disuelto con la lignina y el material péctico durante un aislamiento de holocelulosa, mientras que el ácido glucuronico permanece en la preparación.

El contenido de ácido urónico se calcula usando la caracterización de hemicelulosas de maderas duras como lo refiere Timell (1967), en forma semejante a como se procedió para los grupos acetilo en la sección anterior.

Como ya se observó, el principal ácido urónico que es posible encontrar en un hidrólizado de holocelulosa y de madera libre de extracto es el ácido d-glucurónico, el cual proviene del polisacárido O-acetil-4-O-metil-d-glucurono-xilana; en el que se tiene una unidad de ácido-O-metil-d-glucurónico por cada 10 unidades de xilosa. Trabajando con los pesos moleculares de los compuestos, tendremos la siguiente relación:

Peso molecular del anhidro xilosa = 132
Peso molecular del ácido O-metil-d-glucuronico = 207

Por cada 10 unidades de anhidro xilosa se tienen:
(132) (10) = 1320 unidades de masa de anhidro xilosa
(207) (1) = 207 unidades de masa de ácido O-metil-d-glucuronico

Ahora si 1320 unidades de masa de anhidro xilosa representan el 100%, 207 unidades de masa de ácido representarán:

$$\frac{(207)\ (100)}{1320} = 15.681\%$$

Este porcentaje representa la cantidad de peso de ácido O-metil-d-glucurónico presente por cada 100 unidades de peso de la xilosa contenida en el polisacárido original.

De esta manera pertiendo del contenido de xilosa reportado por el análisis de cromatografía liquida de alta presión, tanto de la hidrólisis de la holocelulosa, como de madera libre de extractos, se calculó

el contenido de grupos acetilo y ácido urónico de las especies estudiadas.

A continuación se ilustra el cálculo para la especie capomo (B. alicastrum), con resultados de cromatografía líquida de alta presión de la hidrólisis de holocelulosa. Los valores de partida fuerón tomados de la tabla(5). La composición resultante del análisis de azúcares de esta especie fué la siguiente:

AZUCAR	%
Glucosa	73.13
Manosa	4.74
Xilosa	22.12

Del contenido de xilosa derivamos el contenido de acetilo y de ácido urónico (O-metil-d-glucuronico):

Acetilo (22.12) (22.803/100) = 5.04

Acido urónico (22.12) (15.681/100) = 3.47

Debido a la inclusión de estos dos componentes en la composición total de azúcares, la suma de los porcentajes anteriores no totaliza 100, por lo que se debe hacer un reajuste.

AZUCAR	% INICIAL	% AJUSTADO
Glucosa	67.46	62.17
Manosa	4.90	4.52
Xilosa	27.63	25.46
Acetilo	5.04	4.65
Acido O-metil-d-glucurónico	3.47	3.20
Total	108.50	100.00

El procedimiento anterior se aplicó para los valores de las demas especies, que fueron presentados con anterioridad en las tablas (5) y (6).

4.3.5 Contenido de hemicelulosas en base a los componentes monoméricos

A continuación en las tablas (7) y (8) se presenta la composición de los carbohidratos de los hidrólizados de holocelulosa y de los hidrólizados de madera libre de extractos incluyendo los valores del grupo acetilo y del ácido urónico (O-metil-d-glucurónico), ajustados al 100% de las tres especies estudiadas.

TABLA 7. Composición de carbohidratos del hidrólizado ácido de holocelulosa. Método Cromatografía líquida de alta presión

COMPONENTE	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Glucosa (%)	63.81	72.99	62.17
Manosa (%)	-	-	4.52
Xilosa (%)	26.13	19.50	25.46
Acetilo (%)	5.95	4.45	4.65
Acido O-metil-d-glucurónico (%)	4.10	3.06	3.20
Total	99.99	100.00	100.00

TABLA 8. Composición en carbohidratos del hidrólizado ácido de madera libre de extractos. Cromatografía líquida de alta presión

COMPONENTE	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Glucosa (%)	71.75	72.79	68.60
Manosa (%)	-	-	3.61
Xilosa (%)	20.39	19.65	20.06
Acetilo (%)	4.65	4.48	4.58
Acido O-metil-d-glucurónico (%)	3.20	3.08	3.15
Total	99.99	100.00	100.00

4.3.6 Contenido de hemicelulosas en base a los componentes poliméricos

En trabajos correspondientes a la composición química de diversas maderas publicados en la literatura, es común reportar el análisis en base a los polisacáridos originales tal y como se presentan en las maderas para las latifoliadas ésto significa reportar alfa-celulosa, glucomanana y O-acetil-4-O-metil-glucurono-xilana. El contenido de alfa-celulosa se deduce a partir de las unidades totales de glucosa presente, menos las unidades de glucosa que pertenecen a la glucomanana. Ahora bien, de acuerdo con Timell (1967), la glucomanana es un polisacárido compuesto por unidades de glucosa y manosa en la proporción glucosal, manosa 2.

Esta proporción varía para algunas especies llegando a ser hasta de 1:1. Para fines de nuestro cálculo se utilizó la relación 1:1.5 como media entre los extremos mencionados, Delgado (1980).

De acuerdo al contenido de manosa y usando la relación anterior se calcula el porcentaje correspondiente de unidades de glucosa que deben sumarse a la manosa para la formación de la glucomanana: éstas mismas deben restarse del contenido total de glucosa para constituir la alfa-celulosa. Por otra parte el contenido del polisacárido O-metil-4-O-metil-glucurono-xilana se obtiene de sumar los porcentajes correspondiente a la xilana, grupos acetilo, y el ácido O-metil-d-glucuronico.

A continuación se reporta la composición de carbohidratos de las maderas estudiadas, referidas tanto a material total hidrolizado como a madera libre de extractos.

Primeramente se mencionan los resultados de la hidrólisis practicada a la holocelulosa; estos resultados se presentan en primer término en base al total de material hidrolizado, tabla (9) , y en segundo término, en base al material libre de extractos del cual provienen, tabla (10).

TABLA 9. Composición en carbohidratos poliméricos del hidrolizado ácido de holocelulosa. Método cromatografía líquida de alta presión

COMPONENTE	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Alfa-celulosa (%)	63.81	72.99	59.15
Glucomanana (%)	-	-	7.53
O-acetil-4-O-metil-d-glucurono xilana (%)	36.18	27.01	33.31
Total	99.99	100.00	99.99

* Los resultados están reportados respecto al material total hidrólizado

TABLA 10. Composición en carbohidratos poliméricos del hidrólizado ácido de holocelulosa. Método cromatografía líquida de alta presión

COMPONENTE	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Alfa-celulosa (%)	48.98	56.52	47.94
Glucomanana (%)	-	-	6.11
O-acetil-4-O-metil-d-glucurono xilana (%)	27.77	20.92	27.00
Total	76.75 *	77.44 *	81.05 *

* Estos valores provienen a su vez de la tabla(3), proyectados a madera libre de extractos usando el valor de la holocelulosa libre de lignina residual para cada especie

Por otro lado se incluyen los resultados de la composición de carbohidratos derivada de la hidrólisis practicada directamente a la madera libre de extractos. La tabla (11) muestra los resultados reportados a material total hidrólizado, y en la tabla (12) se presentan los

resultados proyectados a madera libre de extractos menos el residuo de la hidrólisis.

TABLA 11. Composición en carbohidratos del hidrolizado ácido de madera libre de extractos. Método Cromatografía líquida de alta presión

COMPONENTE	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Alfa-celulosa (%)	71.75	72.79	66.19
Glucomanana (%)	-	-	6.02
O-acetil-4-O-metil-d-glucurono xilana (%)	28.24	27.21	27.79
Total	99.99	100.00	100.00

* Los resultados están reportados respecto al material total hidrólizado

TABLA 12. Composición en carbohidratos del hidrolizado ácido de madera libre de extractos. Método Cromatografía líquida de alta presión

COMPONENTE	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Alfa-celulosa (%)	53.63	56.01	52.76
Glucomanana (%)	-	-	4.80
O-acetil-4-O-metil-d-glucurono xilana (%)	21.11	20.94	22.15
Total	74.74 *	76.95 *	79.71 *

* Los resultados provienen a su vez de la tabla (4) a madera libre de extractos usando el material original sometido a hidrólisis menos el residuo

A continuación se presenta la tabla (13), donde se compara la composición de carbohidratos, reportados como polisacáridos, de las especies estudiadas en base a la hidrólisis ácida de holocelulosa y de madera libre de extractos.

TABLA 13. Comparación de la composición de polisacáridos

POLISACARIDOS (%)	ESPECIE					
	P. dulce		C. elaeagnoidea		B. alicastrum	
	1	2	1	2	1	2
Alfa-celulosa	48.98	53.63	56.52	56.01	47.94	52.76
Glucomanana	-	-	-	-	6.11	4.80
4-O-metil-glucurono-xilana	27.77	21.11	20.92	20.94	27.0	22.15
Total	76.75	74.74	77.44	76.95	81.85	79.71

1 Composición obtenida a partir del hidrólizado ácido de holocelulosa

2 Composición obtenida a partir del hidrólizado ácido de madera

* Los resultados están reportados en base al material libre de extractos

Al comparar los valores de alfa-celulosa dentro de cada especie entre los obtenidos a partir del hidrolizado de holocelulosa y del material libre de extractos tabla (13), el guamuchil (P. dulce) y el capomo (B. alicastrum), presentan resultados bajos a partir del hidrolizado de holocelulosa y valores más altos en base al material libre de extractos. Para el caso del barcino (C. elaeagnoidea) los resultados son similares entre sí.

En lo referente a la glucomanana, solo el capomo (B. alicastrum) presenta este tipo de polisacárido; el valor más alto se presenta en base al hidrolizado de holocelulosa. Los valores altos del polisacárido 4-O-metil-glucurono-xilana, se observan a partir del hidrolizado de holocelulosa en las muestras de guamuchil (P. dulce) y capomo (B. alicastrum), ya que el barcino (C. elaeagnoidea) presenta ambos valores con mucha similitud.

Si comparamos la alfa-celulosa de la tabla (13), con la obtenida por el método TAPPI 9 m-54, se pueden observar valores más altos por el método TAPPI para las tres especies; esto es debido a la retención de lignina y de hemicelulosas en la preparación según TAPPI.

En la tabla (14) se comparan los resultados de las muestras propias con las de algunas maderas reportadas en la literatura. Los valores de las muestras propias corresponden a los resultados del hidrolizado de madera de la tabla (13).

Del analisis de la tabla (14), se observa que los contenidos de alfa-celulosa del guamuchil (P. dulce) y del capomo (B. alicastrum) son comparables a los presentados por las maderas de referencia, mientras que el barcino (C. elaeagnoidea) exhibe un valor notablemente más alto.

TABLA 14. Composición química de la madera de algunas maderas duras, comparada con la composición obtenida para las especies de éste estudio.

ESPECIE		CARBOHIDRATOS		
		Alfa-celulosa	Glucomanana	O-acetil-4-O-metil-glucurono-xilana
Ulmus americana	*	51	4	19
Populus tremoloides	*	48	3	24
Fagus grandifolia	*	45	3	26
Quercus resinosa	**	52.71	2.17	20.64
Quercus laurina	**	53.25	1.53	21.87
Quercus obtusata	**	48.11	-	26.11
P. dulce		53.63	-	21.11
C. elaeagnoidea		56.01	-	20.94
B. alicastrum		52.76	4.80	22.15

* Resumen del trabajo realizado por Timell (1967)

** Resumen del trabajo realizado por Delgado (1980)

Es interesante señalar que de las especies estudiadas solo el capomo (B. alicastrum) presentó el polisacárido glucomanana. En el estudio de Delgado (1980), en adición a los componentes presentados, se reporta tambien la galactosa, carbohidrato que no se encontró en las especies investigadas, por lo que se suprimió la comparación correspondiente en la tabla (14).

En lo que respecta a los porcentajes del polisacárido O-acetil-4-O metil-glucurono-xilana, para cada una de las especies en cuestión, se observa que estan dentro del rango normal presentado por la literatura, haciendo notar la similitud del contenido entre las especies estudia -- das.

Utilizando los datos del análisis cromatográfico líquido de alta presión, puede calcularse el contenido de hemicelulosas para cada especie, sumando los contenidos de glucomanana, galactosa y O-acetil-4-O-metil-glucurono-xilana referidos a madera libre de extractos. La composición de hemicelulosas para maderas latifoliadas varía dentro del rango del 15 al 35%, Barbadillo (1969), de madera libre de extractos. En los resultados mostrados en la tabla, se observa que los contenidos de hemicelulosas de las maderas estudiadas, fluctuan del 20 al 27% por lo que se ubican dentro del intervalo esperado.

4.3.7 Determinación de Lignina Klason.

En la madera, la lignina existe como un polímero de cadena ramificada que puede constituir una red casi infinita y a la vez estar entretejida o combinada químicamente con las hemicelulosas y otros compuestos.

Actualmente no se conoce un método por el cual la lignina se pueda aislar de la madera sin cambio químico. En términos generales, la lignina puede ser separada de los componentes con los que se encuentra asociada en la madera disolviendo los compuestos diferentes a ella. El método a seguir fué el reportado por Klason, donde el aserrín se agita a temperatura ambiente con ácido sulfúrico al 72% y se somete al reflujo

con ácido diluido, despues la lignina Klason se filtra, se lava, se seca y se pesa.

En lo referente a los ensayos de lignina, el guamuchil (P. dulce) presenta un porcentaje de 34.70%, valor alto en relación a los resultados reportados en la literatura para este tipo de maderas, siendo más semejante a los contenidos de lignina de coníferas. El barcino (C. elaeagnoidea) con 31.58%, se puede considerar normal en el rango de las maderas duras, aunque también es un porcentaje ligeramente alto. Respecto al capomo (B. alicastrum) el valor de 24.48% base madera seca, se sitúa en el rango de las maderas latifoliadas reportadas en la literatura, FAO (1975). Figura (16).

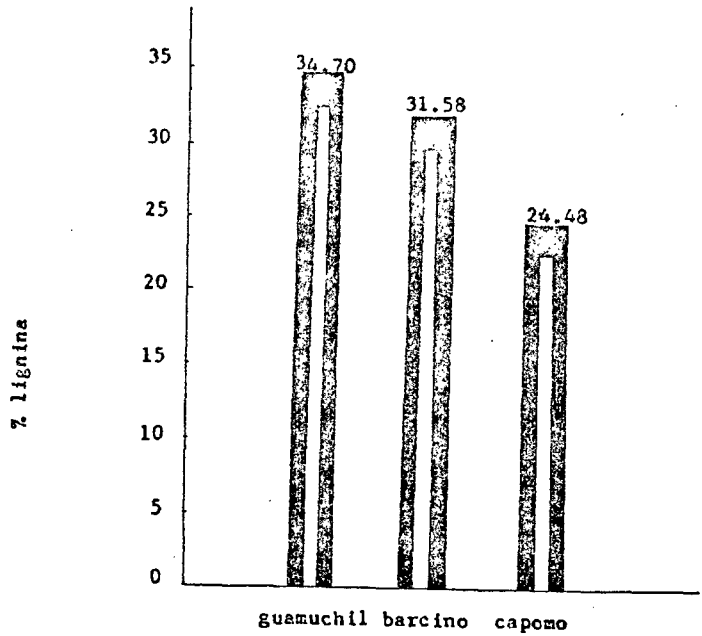


FIGURA 16. Comparativa del contenido de lignina. Método TAPPI 222 os-74

4.3.8 Composición química de las especies estudiadas

En la tabla (15) como punto final en el presente trabajo, se presenta la composición química resumida de cada una de las especies estudiadas. Misma que servirá para compararla con las caracteristicas de algunas maderas latifoliadas presentadas en la tabla (16). Se puede observar en términos generales que la composición química de las especies estudiadas se ubican dentro del rango reportado para maderas latifoliadas. Dentro de esta observación cabe señalar algunas desviaciones como el alto contenido de extraíbles en alcohol-benceno del barcino (C. elaeagnoidea), los valores altos de alfa-celulosa para las tres especies consideradas y los valores altos de lignina Klason para el guamuchil (P. dulce) y el barcino (C. elaeagnoidea).

TABLA 15. Resumen de las características químicas de las especies en estudio

CONCEPTO	ESPECIE		
	P. dulce	C. elaeagnoidea	B. alicastrum
Alcohol-benceno	6.27	14.72	1.70
Alcohol etílico	1.41	0.59	0.93
Agua caliente	4.32	1.04	9.13
Hidroxido de sodio al 1%	23.38	24.16	17.51
Cenizas	1.49	1.17	1.55
Pentosanos	13.32	13.94	13.96
Holocelulosa Wise	76.75	77.44	81.05
Alfa-celulosa C.B.	55.04	57.72	59.47
Lignina Klason	34.70	31.58	24.48

TABLA 16. Resumen de características químicas de latifoliadas

	NOMBRE CIENTIFICO	ALCOHOL BENCENO	AGUA CALIENTE	SOSA 1%	CENIZAS	LIGNINA	CELULOSA CROSS Y B.	PENTOSANOS	HOLOCELULOSA
*	Eucaliptus saligna	1.8	1.67	18.4	0.45	29.5	45.0	18.5	-
*	Hevea brasiliensis	4.01	2.72	18.3	0.86	24.4	-	23.5	-
*	Acacia albida	4.22	8.66	14.8	2.92	33.0	-	15.6	-
*	Albizzia procera	2.17	5.21	16.8	1.0	23.6	60.6	-	-
&	Brosimum sp.	2.28	0.87	19.71	2.28	27.33	40.88	20.14	-
&	Manilkara zapota	10.23	3.06	20.05	1.31	24.22	47.53	18.19	-
&	Alseis yucatanensis	3.94	1.05	12.70	0.98	32.62	45.35	14.70	-
&	Terminalia amazonia	5.96	10.78	24.83	0.48	25.90	52.74	15.96	-
&	Ampelocera hottlei	2.63	2.13	12.56	3.66	30.61	54.34	13.22	-
**	Brosimum potabile	1.5	2.2	13.4	0.8	25.1	-	-	80.1
**	Brosimum utile	1.7	1.9	11.6	0.6	27.7	-	-	80.4
**	Hura crepitans l.	7.9	2.6	11.7	1.1	25.8	-	-	79.0
**	Aniba sp.	8.7	5.6	15.7	0.1	30.4	-	-	75.0

* Correspondiente a la composicion química del estudio hecho por la FAO (1975)

& Correspondiente a la composición química del estudio hecho por Porres (1979)

** Correspondiente a la composición química del estudio hecho por Cáceres (1981)

V. CONCLUSIONES

1. Se encontró que la composición química de las especies guamuchil (P. dulce), barcino (C. elaeagnoidea) y capomo (B. alicastrum) muestran en general concordancia con la composición química de maderas latifoliadas.

2. Se observó que las especies barcino (C. elaeagnoidea) y guamuchil (P. dulce) poseen altos contenidos de extraíbles del tipo solubles en alcohol etanol-benceno (p. e. ceras, grasas, recinas, etc.). Especialmente en el caso del barcino este contenido es notablemente alto.

3. El capomo (B. alicastrum) es una especie rica en material soluble en agua caliente, lo que es indicio de la presencia de cantidades apreciables de taninos, gomas y carbohidratos de bajo peso molecular.

4. Las tres especies estudiadas mostraron valores de alfa-celulosa ligeramente superiores al promedio observado en latifoliadas. En este sentido, se destaca el contenido mayor del capomo (B. alicastrum).

5. Las hemicelulosas predominantes en las especies estudiadas corresponden al tipo pentosanos. Los analisis por cromatografía líquida de alta presión, mostraron que estas hemicelulosas se encuentran constituidas casi exclusivamente a partir de xilosa.

6. La especie capomo (B. alicastrum), es la única en este estudio que presentó pequeñas cantidades de manosa (azúcar de seis carbonos). Este carbohidrato se encuentra posiblemente asociado con unidades de glucosa, formando la hemicelulosa glucomanana.

7. Se encontró que el contenido de lignina para las especies capo-

mo (B. alicastrum) y barcino (C. elaeagnoidea) son normales respecto al reportado para maderas latifoliadas. Se observó en este sentido que el guamuchil (P. dulce) rinde un contenido de lignina más semejante a los presentados en las maderas de coníferas.

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

VI. RECOMENDACIONES PARA NUEVOS ESTUDIOS

En base a los resultados obtenidos del presente estudio, se observa la conveniencia de plantear estudios orientados a la investigación de los siguientes aspectos, con el fin de proporcionar mayor información sobre las especies consideradas:

1. Aislar y caracterizar las sustancias solubles en sistemas orgánicos de las especies barcino (C. elaeagnoidea) y guamuchil (P. dulce).

2. Aislar y caracterizar las sustancias solubles en agua caliente del capomo (B. alicastrum). Evaluar el potencial curtiente de los extractos.

3. Evaluar el potencial alimenticio (forrajes) de material celulósico de la especie capomo (B. alicastrum).

4. Caracterización química de preparaciones de lignina del guamuchil (P. dulce).

5. Observar el comportamiento de las tres especies estudiadas bajo diversos sistemas de cocción y evaluación de las propiedades de las pulpas obtenidas.

VII. BIBLIOGRAFIA

ACOSTA C., M. del C. 1964. Analisis químico y estudio de algunas de las características anatomicas de 23 especies de madera. Tesis Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. IMIT. - 94 p.

ANNERGREN, G. E., RYDHOLM, S. VADHEIM. 1963. Influence of raw material and pulping phisical properties of paper pulp. Svensk pappers tid. 66, 196-216.

BARBADILLO G., P. 1969. Las hemicelulosas y su influencia en el proceso de fabricación del papel. A.T.C.P. Vol. IX. No.5.

CACERES R., H. 1981. Evaluación de pulpas químicas al Sulfato obtenidas a partir de algunas maderas procedentes de la zona forestal - del Carare-Opon. Santander, Colombia.

CAMARA NACIONAL DE LAS INDUSTRIAS DERIVADAS DE LA SILVICULTURA. 1984. - Memoria económica 1983-1984. SARH. México.

CROSS C., F. and BEVAN E., J. 1905. Researches on cellulose III (1905 - 1910), London, Longmans, Green, (1912). En Browning. (1967), p 416.

DELGADO F., E. 1980. Estudio analitico de los carbohidratos de cuatro - especies de encino. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Guadalajara. México. 104p.

FAO. 1975. Pulping and papermaking properties of fast-growing planta--- tion wood species. FAO. Roma. 466p.

FOELKEL C., E. B. 1980. Hard wood pulping in Brazil. Tappi. Vol. 63. - No. 3, p 39 - 41.

KUKASHKA, B. F., T. A. MECLAY y M. BELTRANENA. 1968. Propiedades seleccionadas de 52 especies del departamento Del Peten, Guatemala. Proyecto de evaluación forestal. FAO-FYDEP. Boletín 2 Guatemala.

LAVER, K. 1958. A study of tropical woods. I Chemical and fiber characteristics of some tropical wood. TAPPI - vol 41. No. 7. p. 334-335.

MARTINEZ, M. 1959. Plantas medicinales de México. Ed. Botas. México. - 656p.

MARTINEZ, M. 1959. Plantas utiles de la flora mexicana. Ed. Botas. México. 621p.

MILJKOVIC, J. 1984. Chemical composition of sapwood and coloured heartwood of somepoplar species. Celulose chemistry and tegnology. Vol. 12. No. 1. p. 49-53.

PETROFF, G. 1978. Tropical hardwood pulps. Proceedings of conference forests. Ed. Forest products laboratory. US. Dep. of Agriculture. Wisconsin USA.p. 427-450.

PORRES, C., J. VALLADARES. 1979. Producción de pulpa y papel con materias primas autoctonas Centroamericanas. I. Producción de pulpa con 17 maderas tropicales Del Petén, Guatemala, empleando el proceso "KRAFT" o al "SULFATO". ICAITI.

RZEDOWSKI, J., Mc VAUGH, R. 1966. La vegetación de Nueva Galicia. University herbarium, University of Michigan. 123p.

SECRETARIA DE PROGAMACION Y PRESUPUESTO. 1981. Síntesis Geografica de Jalisco. México, D. F. 306p.

SAEMAN, J.F., MOORE, W. E., MICTCHELL, R. L. and MILLETT, M. A. 1954. Techniques for the determination of pulp constituents by cuantitative paper chromatography. TAPPI 37. 336

SMITH, J. B., PRIMAKOV, S. F. 1977. Chemical and morphological characteristics of some tropical hardwoods. APPITA. Vol. 30. No. 5. - p. 405-406.

SINNER, M. and PULS, J. 1978. A non-corrosive dye reagent for detection of reducing sugars in borate complex ion exchange chromatography. 1978 en impresión. En curso química y tecnología de los carbohidratos de la madera. IMCP. Universidad de Guadalajara. México.

STANDLEY, P. C. 1920-1926. Trees and shrubs of México. Ed. J. Cramer. - Washington, USA. p 1721.

SUCATTE R., B. S. 1981. Aptitud celulosico-papelera del bosque de Tierra Del Fuego. 17º Congreso Técnico sobre celulosa y papel. Tomo - II. Trabajos técnicos ATIPCA. Buenos Aires, Argentina. p. rfll rf 49.

SUCATTE R., R. B., R. REPETTI. 1982. Estudio de pastas de alto rendimiento de las Salicaceas del Delta del Paraná y de los sauces híbridos desarrollados en Argentina. Ciencia Interamericana. - Vol.22. No. 3-4. OEA. USA. p. 7-9.

TIMELL, T. E. 1957. Carbohydrate composition of ten North American species of wood. TAPPI. Vol. 4. No. 7. p. 568-572.

TIMELL, T. E. 1962. Svensk papperstid. Vol. 65. p. 435. En Timell (1967) p. 51.

TIMELL, T. E. 1967. Recent progress in the Chemistry Technology. Vol. I. Syracuse, N. Y. p. 45-70.

WISE, L. E., MURPHY M. and DA' ADDIECO. 1946. Paper trade j. Vol. 122. - No. 2. p 35. En Timell (1967). p. 49.

VIII. APENDICE

En esta sección se presentan los cromatogramas obtenidos de las especies en estudio; primeramente el cromatograma de una solución estandar de azúcares, usado para calibrar el aparato, figura (A). Las figuras (B), (C) y (D), corresponden a cromatogramas de cada una de las especies estudiadas, obtenidas a partir de hidrolizados de holocelulosa.

Y en las figuras (E), (F) y (G), los cromatogramas correspondientes a cada especie, a partir de hidrólizados de material libre de extractos.

El aparato se inyectó por duplicado para cada especie, tanto del hidrólizado de holocelulosa como de madera libre de extractos; para posteriormente promediar.

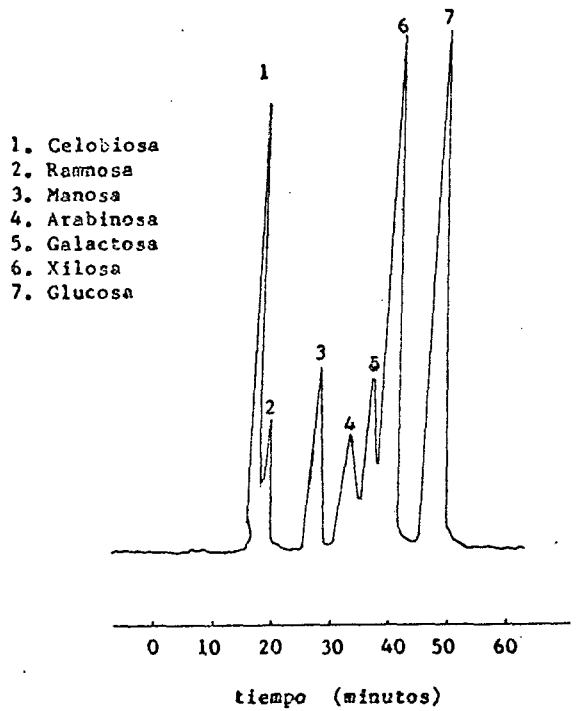


FIGURA A. Cromatograma de una solución estandar de azúcares de la madera. Usado para calcular los carbohidratos de un hidrolizado de holocelulosa

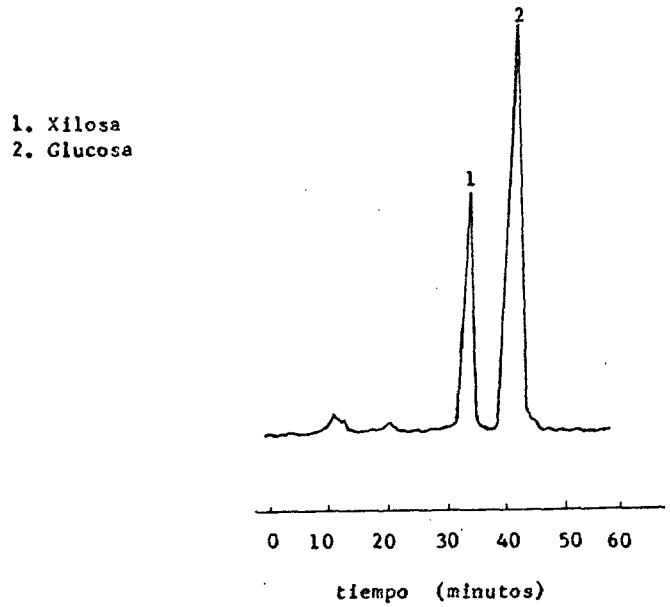


FIGURA 8. Analisis de los azucares componentes de un hidrolizado de holocelulosa del guamuchil (P. dulce)

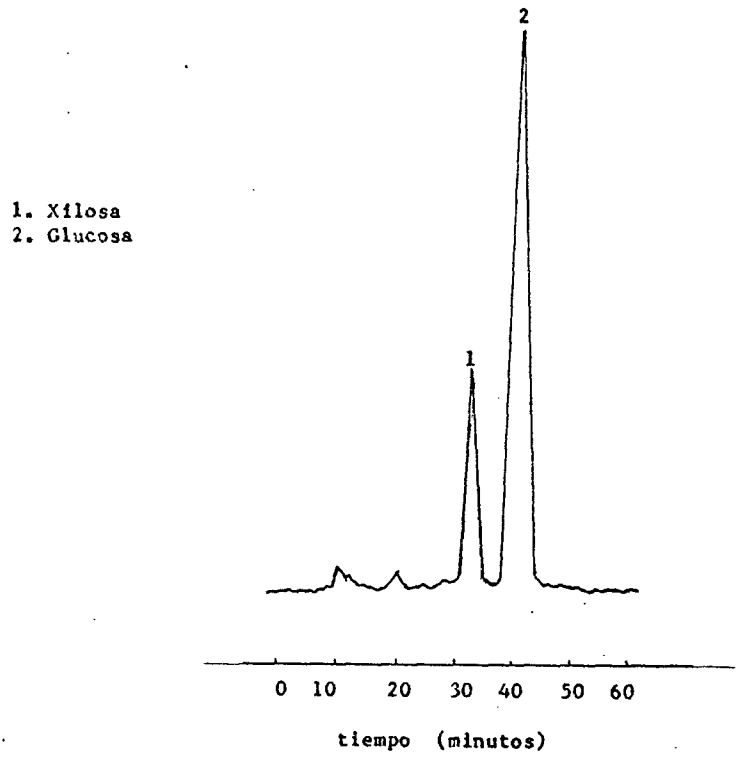


FIGURA C. Analisis de los azúcares componentes de un hidrolizado de holocelulosa del barsino (C. elaeagnoidea)

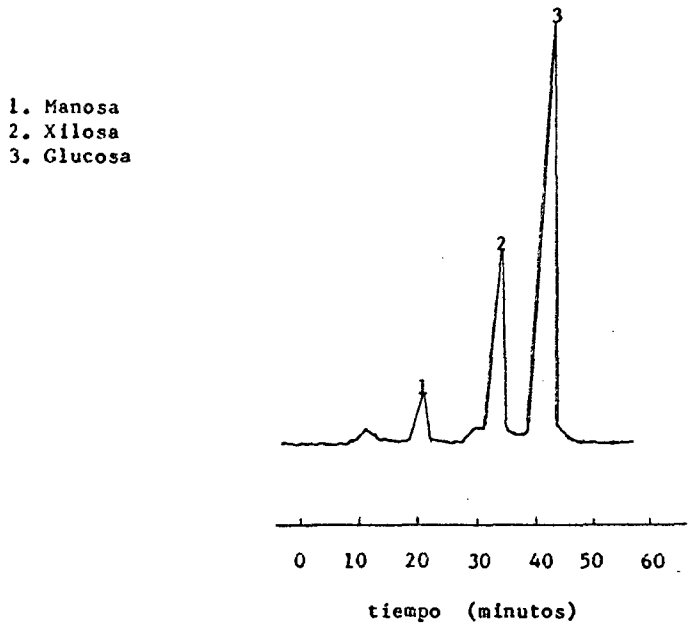


FIGURA D. Analisis de los azucares componentes de un hidrolizado de holocelulosa del capomo (B. alicastrum)

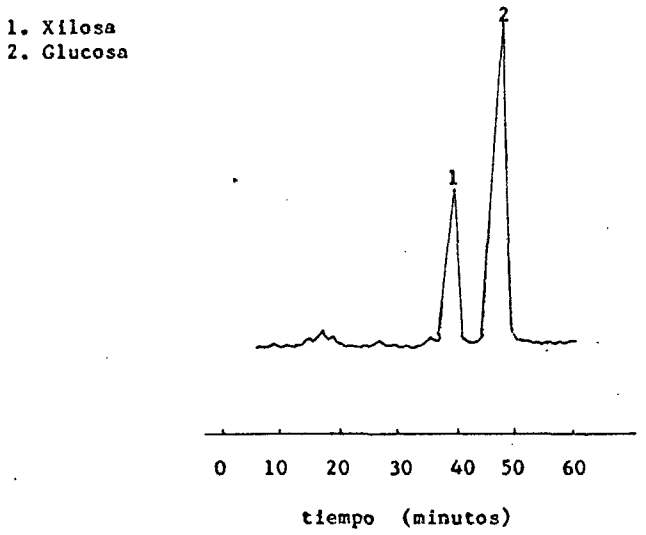


FIGURA 5. Analisis de los azúcares componentes de un hidrolizado de madera libre de extractos del guamuchil (P. dulce)

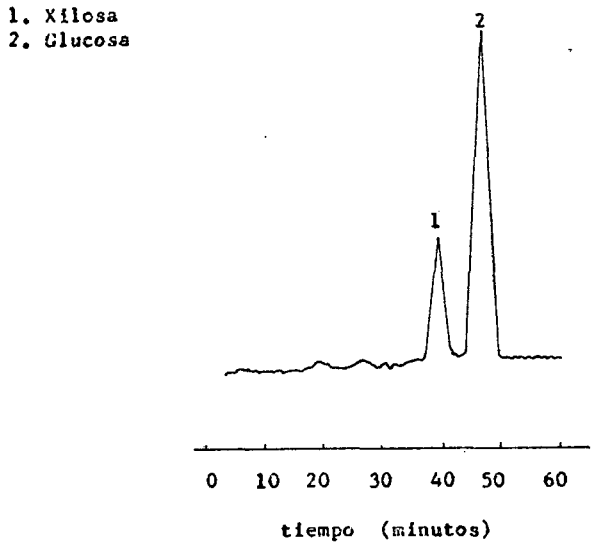


FIGURA F.. Analisis de los azúcares componentes de un hidrolizado de madera libre de extractos del barsino (C. elaeagnoidea)

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

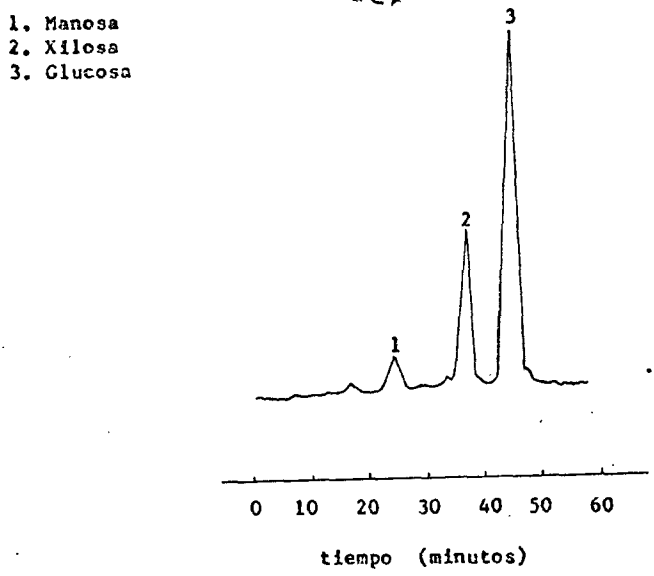


FIGURA G. Analisis de los azúcares componentes de un hidrolizado de madera libre de extractos del capomo (B. alicastrum)