



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

“Evaluación química de la madera de dos especies de encino (*Quercus* sp.) de la sierra de Álvarez S. L. P. para la maduración del mezcal potosino”

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el título de:

LICENCIATURA EN QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

Presenta:

ROSALVA RÍOS VILLA

ASESORA:

Dra. Bertha Irene Juárez Flores

San Luis Potosí, S.L.P. México

NOVIEMBRE DE 2006



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida y por permitirme seguir adelante a pesar de todos los obstáculos y terminar este ciclo de mi vida y empezar otros.

A mis padres, por su apoyo incondicional, por hacerme saber que están detrás de mí para apoyarme en todos los momentos y decisiones de mi vida.

A mi familia y en especial a mis tías que siempre tuvieron una palabra de aliento para seguir adelante y hacerme sentir protegida y apoyada.

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional de la que me siento muy orgullosa.

Al Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas, especialmente al Dr. J. Rogelio Aguirre Rivera, por su apoyo durante la realización de este trabajo y por sus aportaciones al mismo.

A la Dra. Bertha Irene Juárez Flores, por creer en mí, por su incondicional apoyo, por su tiempo, dedicación y paciencia, por que sin su ayuda y consejos este trabajo no hubiera sido posible, pero sobre todo por su cariño y amistad.

A la M.C. Guadalupe Bárcenas Pazos, por permitirme ser parte de esta experiencia, por compartir conmigo las angustias, problemas y éxitos que viví en esta investigación, por ser mi compañera y amiga, y por todo su tiempo y aportaciones a este trabajo.

A mis amigos y compañeros de laboratorio, por los momentos inolvidables que vivimos y por permitirme conocerlos y ser su amiga.

A Alejandro Montalvo, por todo su apoyo y cariño.

A todas aquellas personas que fueron parte de esta importante etapa en mi vida.

Este proyecto se realizó gracias al Fondo de Apoyo a la Investigación (CO5-FAI-10-24.45), y al apoyo económico otorgado como becario, durante la realización del mismo.

DEDICATORIAS

Esta tesis la quiero dedicar a las cuatro personas que más amo en el mundo y que sin ellas no podría seguir adelante.

A mis HERMANOS, Alberto y Katia, espero se sientan orgullosos de su hermana mayor, y ser un ejemplo de superación, de luchar contra todas las adversidades para alcanzar sus objetivos.

A mis PADRES, Rosalba y Alberto, este trabajo se los dedico y entrego como resultado de todos sus esfuerzos y sacrificios para lograr de mí la profesionista que soy, y solo puedo decirles: gracias.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
II.1 Género <i>Quercus</i>	2
II.2 Uso de la madera de encino	3
II.2.1 Madera de encino en la industria de las bebidas destiladas	3
II.3 Características generales de la madera	6
II.4 Química de la madera	8
II.5 Composición química de la madera de encinos mexicanos	12
II.6 El mezcal	13
II.6.1 Proceso de elaboración del mezcal.	14
II.7 Evaluación sensorial	20
III. OBJETIVOS	21
III.1 Objetivo general	21
III.2 Objetivos particulares	21
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	22
IV.1 Zona de estudio	22
IV.1.1 Encinar arbustivo de San Luis Potosí	24
IV.1.2 Bosque de encino – pino de San Luis Potosí	25
IV.2 Descripción de las especies	26
IV.2.1 <i>Quercus tinkhami</i> C.H. Muller.	26
IV.2.2 <i>Quercus sebifera</i> Trel.	28
IV.3 Recolección y preparación del material vegetal	30
IV.4 Análisis químicos	31
IV.4.1 Componentes estructurales	31
IV.4.1.1 Preparación de la madera para análisis químicos	31
IV.4.1.2 Determinación de humedad	32
IV.4.1.3 Determinación de lignina	32

IV.4.1.4 Determinación de celulosa	33
IV.4.1.5 Determinación de cenizas	34
IV.4.2 Componentes no estructurales.	35
IV.4.2.1 Determinación de humedad	35
IV.4.2.2 Determinación de porcentaje de extractivos en etanol-benceno	35
IV.4.2.3 Determinación de porcentaje de extractivos en agua caliente.	36
IV.5 Evaluación de la madera para la maduración del mezcal potosino.	37
IV.5.1 Preparación de madera para la maduración de mezcal potosino.	37
IV.5.2 Maduración del mezcal	37
IV.5.3 Evaluación sensorial del mezcal madurado con madera de <i>Quercus</i> .	38
IV.6 Análisis químicos de maderas tostadas.	41
IV.6.1 Determinación de extractivos en etanol-benceno	41
IV.6.2 Determinación de extractivos en agua caliente	41
IV.6.3 Determinación de extractivos en etanol.	41
IV.7 Determinación de sólidos totales en mezcal madurado y sin madurar.	43
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
VI. CONCLUSIONES	54
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
VIII. ANEXO I	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diseño experimental para la maduración del mezcal.	38
Cuadro 2. Organización de unidades experimentales en la maduración del mezcal.	38
Cuadro 3. Análisis químicos de la madera de dos especies de encino que crecen en la sierra de Álvarez, S.L.P.	44
	48
Cuadro 4. Análisis químicos de la madera tostada de dos especies de encino que crecen en la sierra de Álvarez, S.L.P y para una madera testigo (<i>Q. alba</i>).	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Nuevas opciones en la maduración del mezcal	5
Figura 2.	Características de la madera	8
Figura 3.	Estructura de la celulosa	10
Figura 4.	Estructura de la hemicelulosa	10
Figura 5.	Estructura del fenilpropano	10
Figura 6.	Estructura de la lignina	11
Figura 7.	Horno de piso	15
Figura 8.	Cocción del agave	16
Figura 9.	Molino romano	17
Figura 10.	Pileta de multiplicación de levadura.	18
Figura 11.	Alambique de destilación	19
Figura 12.	Zona de estudio, sierra de Álvarez, S.L.P.	23
Figura 13.	Encinar arbustivo	25
Figura 14.	<i>Q. tinkhami</i> C.H. Muller.	27
Figura 15.	<i>Q. sebifera</i> Trel.	29
Figura 16.	Escalas correspondientes a aroma, sabor y color.	41
Figura 17.	Mezcal, filtrado y sin filtrar, después de dos meses en contacto con las astillas secadas y tostadas de la madera <i>Q. tinkhami</i> , <i>Q. sebifera</i> y <i>Q. alba</i> .	47
Figura 18.	Comparación de extractivos en etanol en madera de dos encinos que crecen en la sierra de Álvarez, antes y después del tostado.	50
Figura 19.	Cuantificación de sólidos totales en mezcal filtrado madurado con dos maderas de encinos arbustivos de la sierra de Álvarez y una madera comercial y sin madurar	51
Figura 20.	Cuantificación de sólidos totales en mezcal no filtrado madurado con dos maderas de encinos arbustivos de la sierra de Álvarez y una madera comercial.	52

RESUMEN

En la sierra de Álvarez, San Luis Potosí, se han identificado 16 especies arbóreas y dos arbustivas del género *Quercus* con un aprovechamiento limitado. A nivel de género, los encinos son considerados como el segundo recurso forestal maderable más importante del país después del género *Pinus*. La madera de los encinos arbóreas posee un valor muy alto como materia prima cuando es procesada adecuadamente; sin embargo, debido a su dureza, su presencia menos homogénea que la de los pinos y su mayor variabilidad en características tecnológicas, su uso en México no es tan común y elaborado, pues sólo destaca como combustible, carbón y leña. Fuera de México, entre los productos de más valor y mayor tradición de madera de encino están las barricas y otros productos alternos para añejamiento y maduración de vinos y aguardientes: tablillas, astillas y partículas, actualmente estos materiales se importan de Estados Unidos. Se determinó la composición química de la madera específicamente los volúmenes de lignina, extractivos y cenizas de acuerdo con lo establecido en las normas de Technical Association for the Pulp and Paper Industries (TAPPI); para obtener el volumen de celulosa se usó el método del ácido nítrico. Para cada determinación se realizaron dos réplicas con cinco repeticiones cada una. Los resultados obtenidos se presentan en porcentaje como la media: celulosa 49.66 y 52.67, lignina 21.15 y 21.32, cenizas 2.67 y 3.38, extractivos en etanol benceno 4.61 y 6.06, extractivos en agua caliente 7.50 y 8.86 y extractivos en etanol 5.79 y 6.61 para *Q. tinkhami* y *Q. sebifera* respectivamente. Siguiendo las mismas normas anteriormente citadas se determinó la cantidad de extractivos de las maderas tostadas de las especies en estudio y de la madera usada como testigo encontrando los siguientes porcentajes: 2.46, 3.60 y 2.20 de extractivos en etanol benceno, 7.06, 6.12 y 5.51 de extractivos en agua caliente, 4.00, 4.54 y 3.68 de extractivos en etanol, para *Q. tinkhami*, *Q. sebifera* y *Q. alba* respectivamente.

Además se evaluó el potencial de los arbustos *Q. sebifera* y *Q. tinkhamii* en la maduración de mezcal potosino, agregando partículas de madera seca y tostada a mezcal homogéneo; se realizó una cata mediante la evaluación sensorial para determinar las características resultantes en el aguardiente al cabo de 2 meses. Se estableció un experimento con 6 tratamientos en bloques completos al azar resultante de la combinación de los factores especie (dos nativos y un importado como referencia) y tipo de mezcal (filtrado y sin filtrar), cada uno con tres repeticiones. Se usó como testigo a *Q. alba* que se utiliza actualmente por la industria mezcalera del estado de SLP. El mezcal madurado con astillas secadas y tostadas de madera de *Q. tinkhami* presenta características sensoriales comparables con las obtenidas con la madera usada como testigo no así *Q. sebifera*. De la evaluación sensorial no se encontraron diferencias entre el mezcal filtrado y sin filtrar. Este trabajo contribuye de manera substancial al conocimiento químico de dos especies nativas del estado de San Luis Potosí, así como proponer un importante uso de estas en la maduración del mezcal.

I. INTRODUCCIÓN

Los encinos, a nivel de género, son considerados como el segundo recurso forestal maderable más importante del país después del género *Pinus*. La madera de los encinos arbóreos posee un valor muy alto como materia prima cuando es procesada adecuadamente: sin embargo, debido a su dureza, presencia menos homogénea que la de los pinos y mayor variabilidad de características tecnológicas, su uso no es tan común y elaborado, pues sólo destaca como combustible (carbón y leña). Los encinos arbustivos carecen totalmente de aprovechamiento. Entre los productos de más valor y de mayor tradición para la madera de encino, está la fabricación de barricas y de otros productos alternos (tablillas, astillas y partículas) para añejamiento y maduración de vinos y aguardientes; debido principalmente a la presencia de tilosis (formación de depósitos de proteína) que tapan los huecos intercelulares, proporcionándole cierta impermeabilidad (Anónimo, 1999). Esta característica se complementa con la presencia de taninos elágicos, los cuales proporcionan a los vinos y aguardientes sabores y texturas deseables (Hueso, 2002). En México, estos materiales actualmente se importan de Estados Unidos, pero podrían obtenerse de los encinos arbustivos locales.

En México, no se conoce con exactitud el número de especies de *Quercus*, sin embargo se calcula que existen alrededor de 160 estando representadas entre 32.2 y 40.2 % del total de especies del género *Quercus* que crecen en el mundo con alrededor de 81 especies de la sección *Quercus* (encinos blancos), 76 de *Lobatae* (encinos rojos) y cuatro de *Protobalanus* (encinos intermedios) (Valencia 2004).

El estado de San Luis Potosí los encinares arbustivos ocupan aproximadamente un 3 % de la superficie y en la sierra de Álvarez, se han identificado 16 especies arbóreas y dos especies arbustivas del género *Quercus* con un aprovechamiento limitado (García y cols., 1999). A la sección *Lobatae*, encinos rojos, pertenecen ocho especies, las restantes 10 corresponden a la sección *Quercus* o encinos blancos o robles y dos de ellos presentan hábito arbustivo.

II. ANTECEDENTES

II.1 Género *Quercus*.

Botánicamente, los encinos, pertenecen al género *Quercus* de la familia Fagaceae y se encuentran en casi todos los bosques templados del hemisferio norte, así como en algunas regiones tropicales y subtropicales del mismo. También existen algunas especies en hábitats más secos, como el sureste de Asia y el nororiente de África (Zavala, 1990).

En México, no se conoce con exactitud el número de especies de *Quercus*, sin embargo se calcula que existen alrededor de 160. Por otro lado, datos recientes indican que el número estimado de especies de encinos para todo el mundo está entre 400 y 600 (Valencia, 2004); en México estarían representadas entre 32.2 y 40.2 % del total de especies del género *Quercus* que crecen en el mundo con alrededor de 81 especies de la sección *Quercus* (encinos blancos), 76 de *Lobatae* (encinos rojos) y cuatro de *Protobalanus* (encinos intermedios) (Valencia 2004).

El estado de San Luis Potosí, por su diversidad en aspectos fisiográficos, climáticos y de vegetación, representa una interesante zona desde el punto de vista florístico, tanto en sus zonas planas y áridas, como en sus zonas montañosas y sub-húmedas. Los encinares arbustivos ocupan aproximadamente un 3 % de la superficie y a semejanza del piñonar y de muchos tipos de zacatal, son característicos de un clima intermedio entre el árido de los matorrales y el sub-húmedo de los encinares y de los pinares. Estos encinares se presentan casi siempre a altitudes superiores a 1 500 m y en mayor proporción en la región del Altiplano (Rzedowski, 1961).

En la zona templada seca y en las partes altas de las sierras de San Luis Potosí, los encinares son las comunidades vegetales dominantes con alrededor de 32 200 hectáreas, presentando 11 especies de la sección *Lobatae*, 17 de la sección *Quercus*, mientras que no se han encontrado *Protobalanus* (Valencia, 2004).

11.2 Uso de la madera de encino.

En México, el tipo de vegetación identificada como bosque de encino-pino es una de las más abundantes; sin embargo, permanece desaprovechada. En particular, los encinos, forman un grupo taxonómico muy numeroso e importante, tanto por su distribución como por el número de especies que crecen en el país. Es común que el uso más frecuente de la madera de los encinos sea como combustible (carbón o leña), por el cual se les explota, ya sea para autoconsumo o para fines comerciales; otros usos menos frecuentes son la elaboración de cercas o de mangos de herramientas (Zavala, 1990).

La madera de los encinos blancos ha sido utilizada tradicionalmente para la fabricación de barricas para maduración y añejamiento de vinos y aguardientes, debido principalmente a la presencia de tilosis (formación de depósitos de proteína) que tapan los huecos intercelulares, proporcionándole cierta impermeabilidad (Anónimo, 1999). Esta característica se complementa con la presencia de taninos elágicos, los cuales proporcionan a los vinos y aguardientes sabores y texturas deseables (Hueso, 2002).

11.2.1 Madera de encino en la industria de las bebidas destiladas.

La madera más ampliamente usada para fabricar barricas para madurar bebidas destiladas tradicionalmente ha sido la de encinos blancos debido a la combinación de su estructura anatómica, resistencia mecánica, resiliencia, trabajabilidad y aspecto. La presencia de tilosis taponando los vasos de estas maderas, el tamaño y abundancia de radios que le dan una mayor tenacidad y flexibilidad para dar forma a las barricas, son características apreciadas para la fabricación de éstas. Además, se debe destacar el sabor característico que le transmiten a los vinos y aguardientes que se maduran en ellas. Durante el proceso de fabricación de las barricas, la madera es sometida a un proceso de tostado o quemado en diferentes grados, mismo que también contribuye a brindar las características deseables al producto por madurar (*worldcooperage.com, 2005*).

En Europa, las especies más ampliamente utilizadas son *Q. robur* (encino pedunculado) y *Q. sessilis* (*Q. petraea*), mientras que en Estados Unidos *Q. alba* es la especie más utilizada para este fin. Las tres especies corresponden al grupo de los encinos blancos (Sección *Quercus*) (Stevenson, 1997).

Los componentes de la madera de encino que le brindan las características deseables a las bebidas en maduración son los taninos elágicos, los cuales son polímeros de ácido elágico y glucosa. De ellos, los más importantes presentes en la madera de encinos blancos, son dos monómeros, que a su vez son isómeros entre sí, la vescalagina y la castalagina y sus dímeros denominados roburinas A, B, C, D y E (Hueso, 2002).

En los últimos años se han diseñado algunas opciones para que la madera de encino contribuya a la maduración de vinos y aguardientes sin necesidad de reemplazar barricas. Algunos ejemplos son las tablillas unidas entre sí y las tablillas individuales que se colocan en ranuras en la superficie interior de las barricas o en redes de material inerte que se suspenden en el interior de las barricas. Con estos materiales se proporcionan los taninos necesarios para que el contenido adquiera las propiedades esperadas del proceso de maduración. También se puede usar aserrín, astillas y partículas de madera de encino secadas y tostadas para emular en lo posible las condiciones originales de las barricas, pero a un menor costo (worldcooperage.com; Rogers, 2002).

En México, lo requerido por las industrias de vinos y aguardientes (en particular en el estado de San Luis Potosí para la maduración de mezcal) se importa de Estados Unidos, tanto barricas nuevas y usadas, como también diversos tipos de partículas de madera de encino (Fig.1).

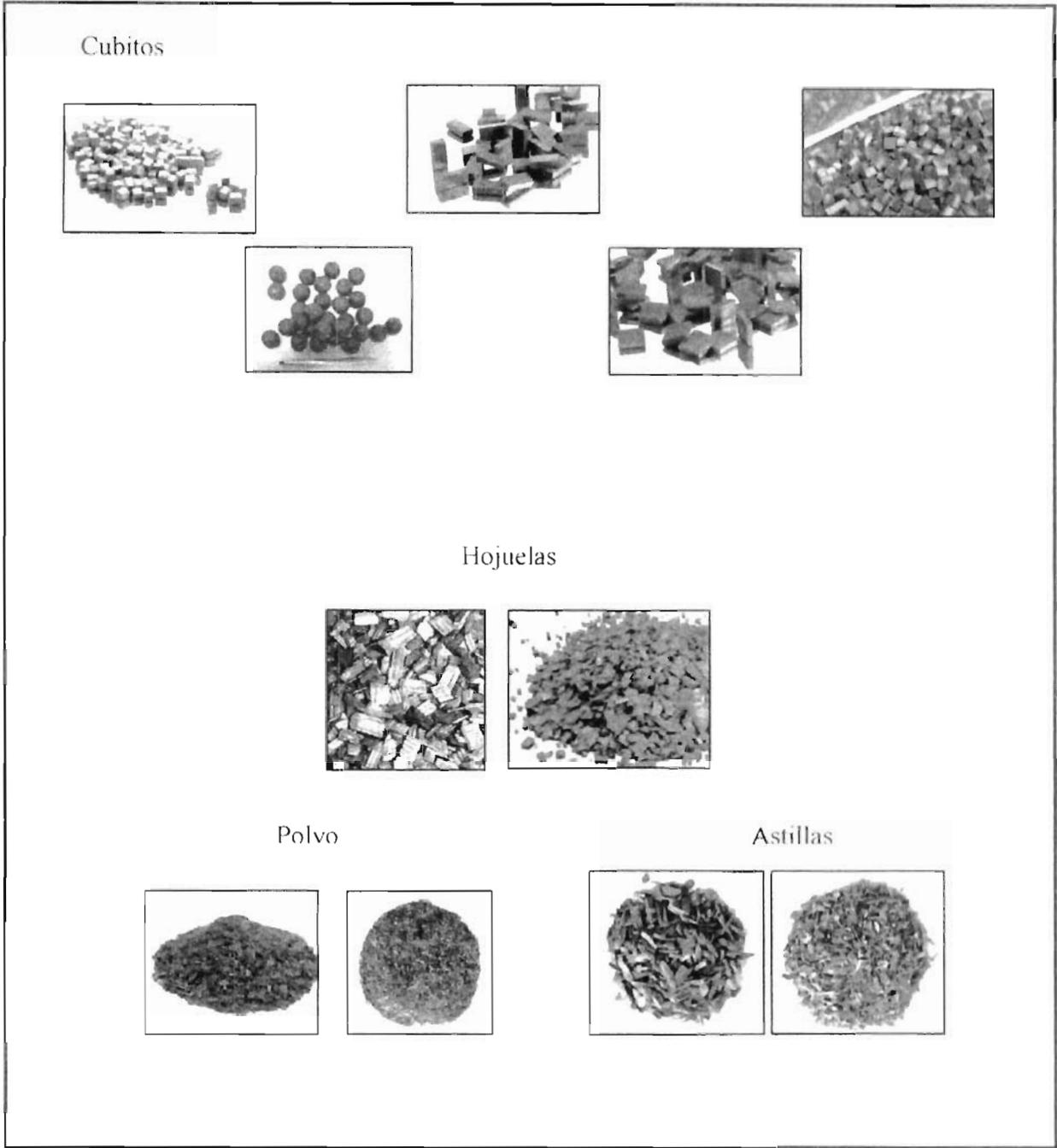


Figura 1. Nuevas opciones en la maduración del mezcal.

En países de tradición vitivinícola como España y Portugal, se han realizado trabajos de investigación para determinar si las especies de encino locales pueden ser comparables con los encinos de Estados Unidos o de Francia. (Canas y cols., 2000; Rogers, 2002). En Brasil se realizó un estudio donde se midió el efecto de diferentes maderas sobre la composición de aguardiente de caña cuando es envejecido en barricas fabricadas con estas maderas, llegando a la conclusión que las maderas estudiadas incorporan compuestos fenólicos al aguardiente lo cual favorece al sabor (Dias, 1998). Por otro lado, se evaluó la influencia de la madera de encino en la composición aromática y la calidad sensorial de vino, para ello utilizaron barricas de encino americano y francés, demostrando que cada tipo de madera aporta características diferentes a los vinos, siendo mucho más aceptable que el que obtienen cuando son abocados con otros productos pero no son madurados en contacto con la madera (Díaz, 2002).

II.3 Características generales de la madera.

- a. La madera es una sustancia fibrosa, organizada, esencialmente heterogénea, obtenida de los fustes y las ramas de los árboles, en los que su finalidad es el crecimiento y supervivencia del árbol. La madera posee propiedades y características dependientes tanto de su constitución (forma en se encuentran orientados los elementos que la conforman) como de su composición (Panshin y De Zeew, 1980).

En un corte transversal del tronco se pueden observar las siguientes partes (Fig. 2):

1. *Médula*: Es la parte central del árbol, de diámetro pequeño y constituida por tejido suave y poroso, madera juvenil.
2. *Duramen*: Es la madera de la parte más interior del tronco. Está constituido por tejido que ha llegado a su máximo desarrollo y posee una gran resistencia mecánica y al biodeterioro, además de ser impermeable.
3. *Albura*: Es la madera de la parte externa del tronco, constituida por tejidos jóvenes, por lo que suele llamarse zona viva, puede contener savia y materia orgánica.

4. *Cambium*: Es la capa que existe entre la albura y la corteza, constituye la única capa del crecimiento del árbol. genera dos tipos de células: madera hacia el interior y liber hacia el exterior.
 - a. Liber, Es la parte interna de la corteza, se caracteriza por ser filamentososa y poco resistente.
5. *Corteza*: Es la capa exterior del tronco, constituido por tejido impermeable que recubre el liber y cuya función es la protección del árbol.
6. *Radios*: Son estructuras celulares que se desarrollan en dirección radial, su función es proporcionar rigidez al tejido leñoso en dirección perpendicular al eje del tronco. almacenan y transportan nutrientes que aporta la savia descendente.
7. *Anillos anuales*: Son zonas de crecimiento indicativas del desarrollo del árbol. En zonas con cambios estacionales marcados, cada anillo corresponde al crecimiento anual, en zonas tropicales puede representar las épocas de lluvias y sequía. Cuando son conspicuos, se identifican dos zonas claramente:
 - b. Madera temprana: en la cual predominan elementos celulares con paredes delgadas y lúmenes grandes.
 - c. Zona formada en verano: constituida por elementos celulares de paredes gruesas y lúmenes pequeños, que a simple vista es la porción más oscura (Panshin y De Zeew, 1980).

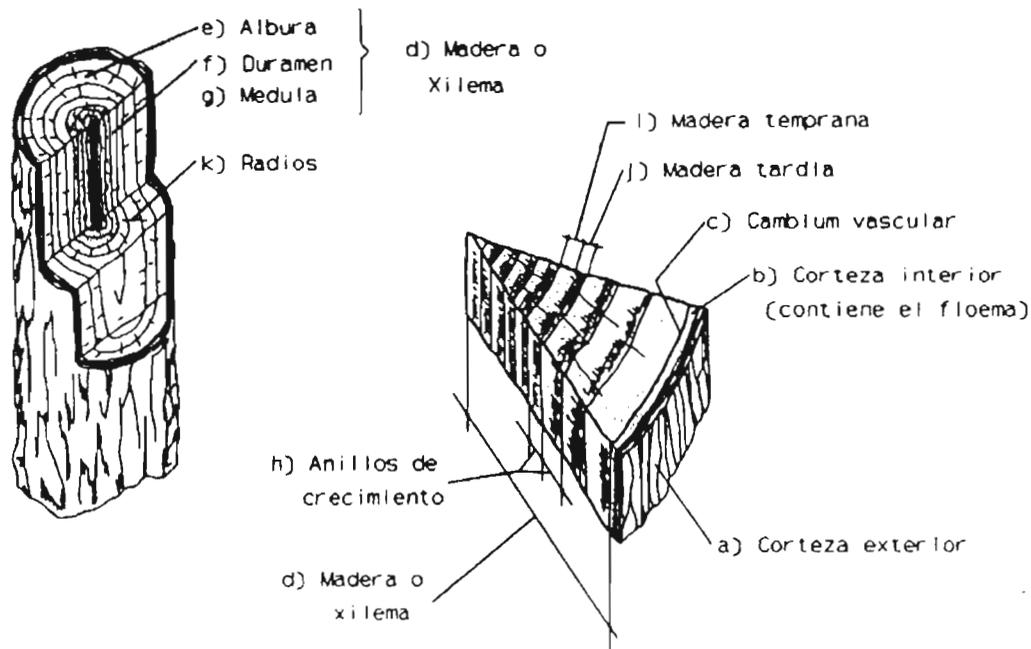


Figura 2. Características de la madera. Bárcenas (inédito).

II.4 Química de la madera.

Los estudios sobre los componentes químicos de la madera representan un gran avance en el conocimiento básico y para su uso posterior en diversos procesos industriales, ya que pueden proporcionar factores decisivos para su aplicación y rentabilidad económica en varios procesos que involucran la madera (Honorato, 2002).

Los componentes estructurales de la madera son tres: celulosa (alfa, beta y gamma), hemicelulosas y lignina, los cuales se combinan para formar el bloque fundamental de la pared celular: las microfibrillas son de gran importancia ya que influyen en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de la madera (Mark 1979).

Existe otro grupo formado por extractivos que contribuyen poco a la resistencia de la madera, pero pueden ser de importancia en su procesamiento y usos. Los extractivos o metabolitos secundarios son compuestos químicos no estructurales de la madera y de la corteza, que pueden ser removidos por arrastres de vapor y por medio de disolventes.

Funcionan como intermediarios en el metabolismo del árbol, reservas de energía o mecanismos de defensa, además de contribuir al color, olor y durabilidad de la madera (Saka 2000). Químicamente pueden ser: compuestos aromáticos o fenólicos, terpenos, terpenoides, grasas, ceras y aceites, sales de ácidos orgánicos, compuestos nitrogenados, monosacáridos y polisacáridos, entre otros; todos ellos aportan color, olor y sabor a la madera, además de la durabilidad natural contra agentes degradadores (Umezawa, 2000).

Componentes estructurales.

a. La celulosa es el principal componente de la pared celular, es un polímero formado por unidades de glucosa unidos por enlaces glucosídicos β 1-4. El intervalo de polimerización es variable y va de 700 a 10 000 residuos de glucosa (Baeza, 2000)(Figura 3).

b. La hemicelulosa está relacionada con la celulosa en la pared celular, está constituida de polímeros cortos de glucosa o de otros azúcares, ramificados. Las más importantes son la glucosa, manosa y galactosa. La hidrólisis de las hemicelulosas es fácil, resultando azúcares monoméricos, ácido urónico y ácido acético (Saka, 2000) (Figura 4).

c. La lignina es un polímero orgánico amorfo, casi imposible de aislar en estado natural. El peso molecular de este compuesto oscila en un intervalo de 1 000 a 50 000 umas. Su estructura básica es el fenilpropano, (Figura 5) unido entre sí por de diferentes tipos de enlace a través de los carbonos de la cadena lateral, del oxígeno en la posición cuatro del anillo bencénico y de las posiciones vacantes dos, cinco y seis del mismo anillo (Sakakibara, 2000) (Figura 6).

d. Las cenizas son sustancias inorgánicas como; sales de calcio, potasio, magnesio y sílice en forma de carbonato, fosfatos, sulfatos y silicatos (Saka, 2000).

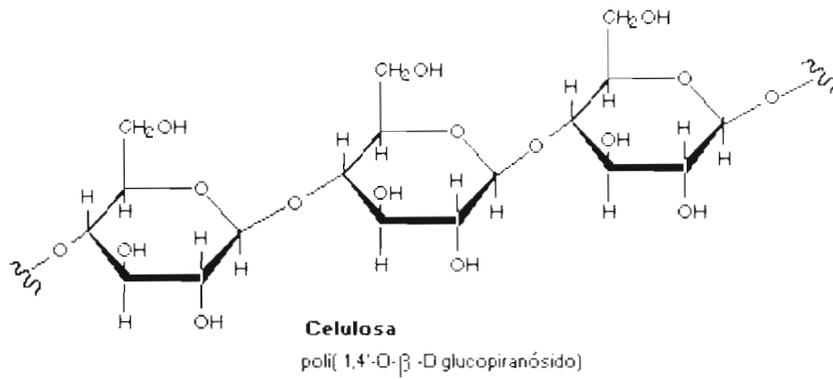


Figura. 3 Estructura de la celulosa (Saka, 2000).

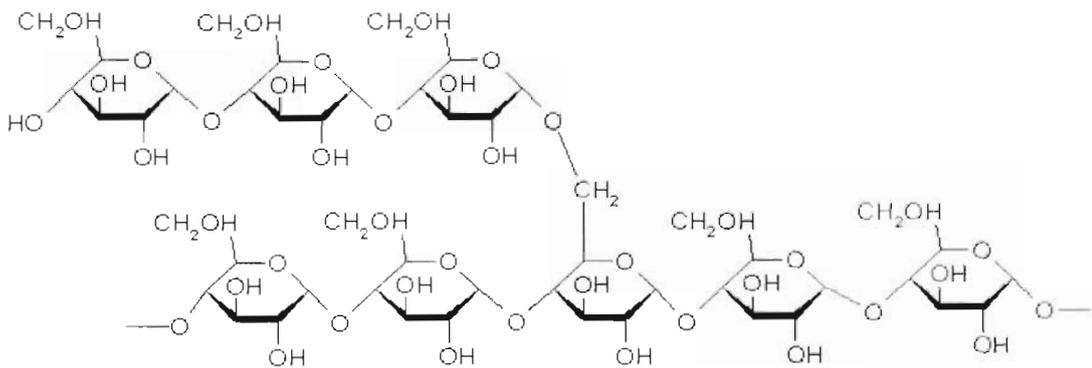


Figura. 4 Estructura de las hemicelulosas (Saka, 2000)

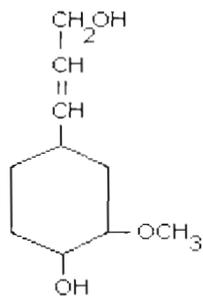


Figura. 5 Estructura de fenilpropano (Saka, 2000).

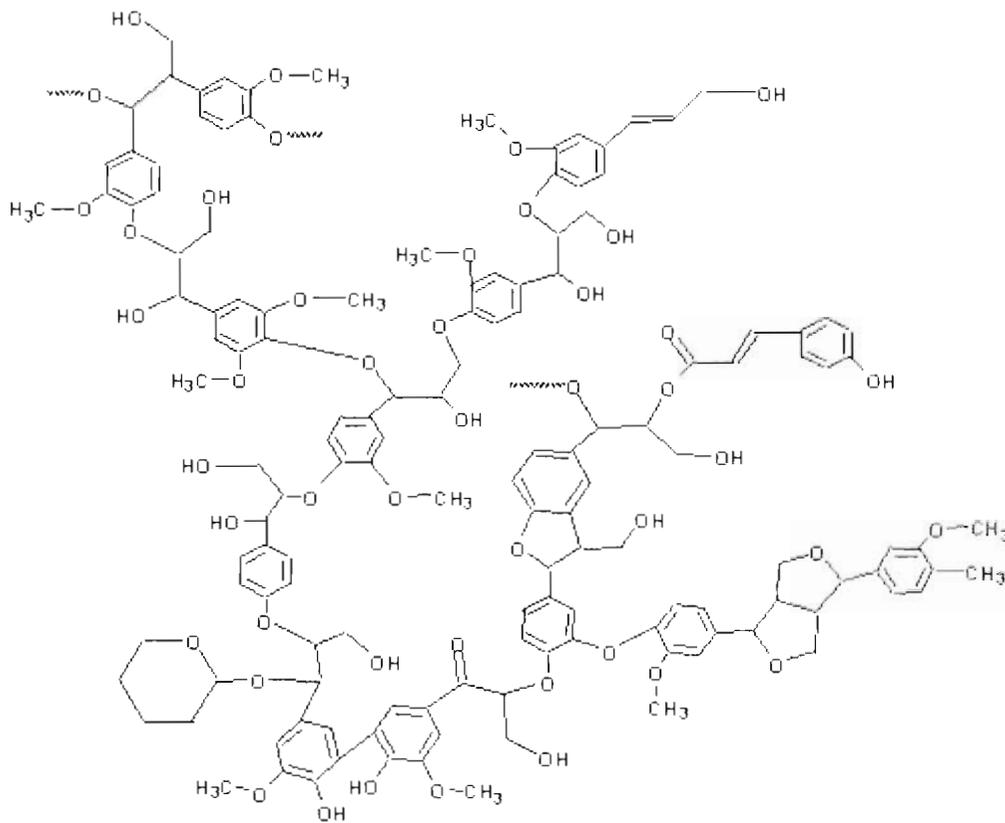


Figura. 6 Estructura de lignina (Saka, 2000).

Componentes no estructurales.

Los extractivos son sustancias químicas de naturaleza diversa, pueden ser terpenos o compuestos semejantes, ácidos grasos, compuestos aromáticos, aceites volátiles, carbohidratos, compuestos de nitrógeno, alcaloides, flavonoides, taninos, gomas y otros. La composición y volumen de estas sustancias varían entre las diferentes maderas y entre árboles de una misma especie. En general, pueden llegar a significar hasta el 10% del volumen total de la madera, sin embargo en algunas especies de angiospermas tropicales de los géneros como *Dalbergia* o *Diospyros* se han aislado extractivos que representan entre el 18% y el 35% de su volumen total en condición anhidra (Saka, 2000). Los extractivos se localizan principalmente en los lúmenes celulares, llenando los espacios vacíos de la madera, otro tipo de extractivos son las inclusiones minerales donde se clasifican los cristales y

cuerpos de sílice. A pesar de la pequeña cantidad en que se encuentran, su contribución en la madera es significativa y como consecuencia disminuye su porosidad e incrementa la densidad relativa. Al no formar parte de la estructura de la pared celular pueden ser removidos por disolventes de diferentes polaridades como etanol, benceno, hexano, tolueno, hidróxido de sodio, agua, acetona, entre otros (Browning, 1967).

Los taninos son compuestos fenólicos del tipo de las proantocianidinas (Zavala, 1995). De los hidrolizables, para la madera de encino, se han identificado ácidos gálico y elágico además de vescalina, castelagina y hamamelitanino, mientras que, de los taninos condensados se han identificado leucopelargonidina, leucocianidina, procianidina, prodelfinidina y prorobinetidina (Sakai, 2000).

11.5 Composición química de la madera de encinos mexicanos.

Los análisis químicos que existen para la madera de los encinos mexicanos sólo se han realizado para pocas especies, abarcando aspectos generales y específicos que van desde la determinación de pH hasta la caracterización específica de algunos compuestos químicos de la madera y de la corteza (Honorato, 2002).

En general, los valores publicados para la madera de encinos mexicanos son: para alfa celulosa de 37% a 56%, las hemicelulosas de 22% a 30% y la lignina de 8% a 22%. Para las holocelulosas se registran valores de 60% a 82% formadas por celulosa y hemicelulosas, éstas formadas básicamente por pentosanos, presentan un intervalo entre 18% y 23% (Honorato, 2002).

De los componentes menores, la cantidad de cenizas en la madera de los encinos mexicanos oscila entre 0.32% y 1.38 %; el contenido de sílice se encuentra de 0.0025% a 0.0093 %; la cantidad de extractivos en agua caliente varía de 4.61% a 10 %; la de extractivos en etanol-benceno va de 1.14% a 7.21 %; los extractivos en hidróxido de sodio al 1 % están en un intervalo de 20.89% a 26 % y el contenido de taninos se ha determinado entre 0.59% y 33.4 % (Honorato, 2002).

La cantidad de celulosa presente en la madera de los encinos que se han estudiado es mayor con respecto a la de otros países, mientras que los otros compuestos están en intervalos similares. Probablemente estas diferencias y similitudes se deban a las diferentes condiciones de crecimiento (Honorato, 2002).

El valor promedio de pH de la solución acuosa de la madera húmeda varía de 3.90 a 5.01. Este valor es importante ya que permite la clasificación de las especies como ligeramente ácidas a fuertemente ácidas (Honorato, 2002).

II.6 El mezcal.

Los españoles aprendieron el proceso de destilación de los árabes y luego lo introdujeron en México en el siglo XVI y fue divulgado en el siglo XVII y conocido ampliamente en el siglo XVIII. Cuando se comenzaron a producir y a consumir bebidas destiladas como aguardiente, tequila y mezcal, aunque durante la época colonial estaban destinadas a ciertos grupos privilegiados como los grandes terratenientes, la aristocracia y los mineros, mientras que la gente común, el pueblo, sólo tenían acceso al pulque (Blomberg, 2000).

El mezcal es una bebida alcohólica destilada del jugo fermentado extraído de maguey, la cual se elabora, según la NOM-070-SFCI-1994, en los municipios autorizados de los estados de Durango, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas, a partir del los magueyes existentes en forma silvestre y cultivados. Tienen denominación de origen reconocida por la unión Europea (Anónimo, 2004).

La Norma Oficial Mexicana (NOM-070-SCFI-1994), establece las características y especificaciones que deben cumplir los productores autorizados para producir o comercializar la bebida alcohólica destilada denominada mezcal. Dicha norma describe al mezcal como un líquido de olor y sabor *sui generis*, puede ser incoloro o ligeramente

amarillento cuando es reposado o añejado en recipientes de madera de encino blanco o cuando se aboque sin reposarlo o añejarlo.

El organismo encargado de supervisar la aplicación de la Norma Oficial y de certificar a las empresas y marcas es el Consejo Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM) creado en 1997 y acreditado en 2003 (Anónimo, 2004).

La NOM reconoce dos tipos y tres categorías de mezcal:

TIPO I. Mezcal destilado a partir de mostos fermentados compuestos de azúcares de maguey.

TIPO II. Mezcal destilado de mostos fermentados compuestos al menos de 80 % de azúcares de maguey y el resto de otros azúcares.

Para cualquiera de los dos tipos se reconocen las categorías joven, reposado y añejo; en las tres está permitido que el producto sea abocado. Algunos fabricantes llaman blanco al mezcal joven, el cual puede ser reposado en recipientes de madera de roble o encino blanco u otros recipientes, dos meses. A partir de dos meses y hasta un año, se le considera reposado, y cuando es almacenado en barricas de roble o encino blanco durante un año o más, será añejo (Anónimo, 2004).

II.6.1 Proceso de elaboración del mezcal

Cosecha.

El maguey crece en forma completamente natural, sin usar pesticidas ni fertilizantes. Al tener la planta una edad promedio entre diez y doce años, se elimina lo más cercano a la base la yema floral, impidiendo la floración, este proceso se denomina castración. El período durante el cual las plantas permanecen castradas antes de su cosecha varía entre 6 y 18 meses. La recolección es realizada por los "tumbadores" (personas que cortan la planta), cortan la planta utilizando una barreta como palanca para voltearla y luego cortar las pencas y raíces con un machete. Después se trasladan los corazones del maguey en camiones o mulas a la fábrica (Pérez, 2002).



Figura 7. Horno de piso.

Cocción del maguey.

Se parten las piñas con un hacha y se cuecen en un horno elevado de mampostería (Fig. 7). Este horno se precalienta con leña de encino o mezquite, sobre la cual se calientan piedras durante unas seis horas. Se llena con el maguey y se sella al horno; el horneado tiene una duración de más o menos tres días completos, con lo que la inulina (polímero de fructosa, usado por la planta como reserva) contenida en las piñas se hidroliza en fructosa. Este proceso tradicional es un horneado en seco, pero en la actualidad es más común cocer con vapor en los mismos hornos (Figura 8) (Bloomberg, 2000; Aguirre, 2006).



Figura 8. Cocción del maguey.

Molienda.

Los corazones o cabezas de maguey ya fríos, se colocan sobre el piso de un molino de piedra, (Fig. 9) para machacarlo y extraer o exprimir los jugos o mostos, los cuales drenan hacia las pilas de fermentación para evitar que las fibras reabsorban el líquido (Anónimo, 1997; Aguirre, 2006).



Figura 9. Molino romano

Fermentación.

Los jugos extraídos se canalizan por gravedad a las piletas de fermentación. Al llegar a las pilas de fermentación sus niveles de azúcares son de 6 a 7 °Brix, se incuban (Fig. 10) y se inicia la fermentación. El tiempo de fermentación es variable, depende del volumen, del tipo de fermentación e incluso de la temperatura ambiente, por lo general este tiempo va de 12 a 24 horas. Se dice que el producto está listo cuando casi no se observa espuma formada por la liberación de CO₂ durante la fermentación, además cuando al medir su graduación con el refractómetro marca menos de un grado °Brix (Pérez; Aguirre 2006).



Figura 10. Pileta de multiplicación de levadura.

Destilación.

La destilación del vino se hace en un alambique de cobre (Fig.11) calentado con vapor a través de un serpentín interno. Generalmente las tres fracciones de la operación del destilado se conocen por orden de obtención: 1) fracción de cabezas, 2) fracción de corazón y 3) fracción de cola (Pérez, 1997;Blomberg, 2000; Aguirre, 2006).



Figura 11. Alambique de destilación.

Envasado.

Si el contenido alcohólico del producto es muy elevado, su potencial comercial será menor, porque una bebida con muy alto contenido alcohólico no es apreciada por muchos consumidores. El contenido de alcohol se diluye con agua desmineralizada, no daña al mezcal y en cambio, lo vuelve más accesible. Hay muchas marcas de mezcal que se embotellan con 38-40 °GL. Durante el proceso de envasado se realiza una homogenización, cuando es pertinente y una o dos filtraciones, según los recursos del empresario y/o las especificaciones de sus clientes (Anónimo, 2004; Aguirre, 2006).

II.7. Evaluación sensorial

Es la descripción y medición de características de los alimentos, así como los efectos que esas características producen en el consumidor. Sirve para obtener la lista de los caracteres organolépticos de los alimentos, aquellas percibidas por los sentidos. Estas características (olor, color) se estudian junto con las propiedades físicas (textura, aspecto, color) y las químicas (materia grasa, azúcares, compuestos volátiles). Las propiedades organolépticas son independientes del observador y así se deben identificar, pues son propias del objeto y no del sujeto (Ibáñez, 2001).

La práctica de una evaluación sensorial con esas características debe establecer claramente los objetivos, disponer de los medios materiales adecuados (local, útiles para evaluación, ambiente adecuado) y grupo de evaluadores adecuadamente diseñado para alcanzar el objetivo (Sancho *y cols.*, 2002).

En la evaluación sensorial se requiere de la participación de la vista (forma y color), del gusto (sabor), del olfato (olor) del tacto (textura) e incluso del oído (sonido), para que la respuesta de los sentidos y su traducción por el cerebro tenga interés y validez científica es necesario que sean cuantificables. La asignación de un valor numérico a una respuesta sensorial es la forma para que la evaluación sensorial sea considerada una disciplina científica cuantitativa (Ibáñez, 2001).

III. OBJETIVOS.

III.1 Objetivo general

En el presente trabajo se planteó evaluar la eficiencia de la madera de *Quercus tinkhamii* CH. Muller y *Quercus sebifera* Trel como recurso aprovechable para la maduración de mezcal potosino.

III. 2 Objetivos particulares

- Realizar un análisis cuantitativo de los diferentes compuestos presentes en la madera de dos especies arbustivas de *Quercus* (*Q. tinkhamii* y *Q. sebifera*) que crecen en la sierra de Álvarez, S.L.P.
- Evaluar la aportación de madera seca y tostada de estas especies en la maduración de mezcal potosino evaluando sensorialmente las características organolépticas del mezcal madurado.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS.

IV.1 Zona de estudio

Las especies se recolectaron en la sierra de Álvarez, sistema orográfico localizado al sureste de la capital del estado de San Luis Potosí, que se extiende en dirección NO-SE (Figura 12). Este sistema y las serranías que le suceden hacia el norte forman un límite que separa la cuenca del valle de San Luis Potosí de las llanuras que forman la cuenca de Río Verde (García y cols., 1999).

En la sierra de Álvarez predomina un clima semiseco templado con lluvias en verano, su precipitación media anual es de 366 a 571 mm y presenta un porcentaje de lluvia invernal entre el 5% y 10.2 %, la cantidad de lluvia del mes más húmedo de la mitad caliente del año es por lo menos 10 veces mayor que la del mes más seco. La temperatura media es de 17 a 18 °C, oscilando de -3 °C a 18 °C en el mes más frío (García y cols., 1999). Se registran dos temporadas al año, la seca de noviembre a abril y la lluviosa, de mayo a octubre; los meses de precipitación abundante coinciden con los meses de temperaturas más elevadas (Ramírez, 2000).

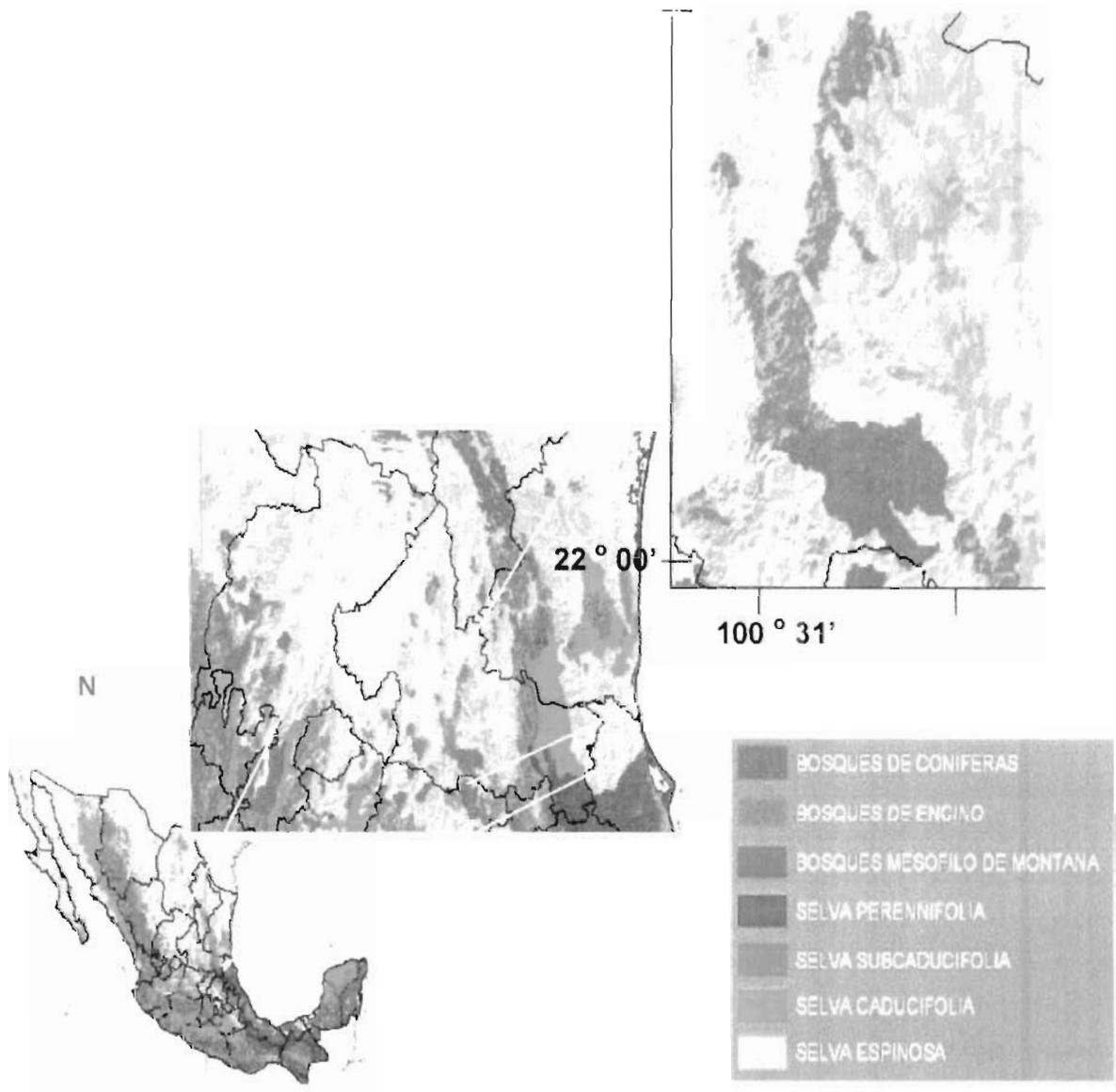


Figura 12. Zona de estudio sierra de Alvarez, S.L.P.

Las dos especies en estudio crecen, predominantemente, en tipos de vegetación diferentes, mientras que *Q. thinkamii* crece en el encinar arbustivo, *Q. sebifera* lo hace en bosque de encino pino. A continuación se describen las características generales de ambos tipos de vegetación.

IV.1.1 El encinar arbustivo de S. L. P.

Este tipo de vegetación es caracterizado por la predominancia de especies arbustivas del género *Quercus*. Los encinares arbustivos ocupan en el estado de San Luis Potosí aproximadamente 3 % de la superficie, son característicos de un clima intermedio entre el francamente árido de los matorrales desérticos y el semi-húmedo de los encinares y de los pinares (Figura 13). Parecen necesitar temperaturas relativamente bajas, dado que se desarrollan casi siempre a altitudes superiores a 1 500 m y casi exclusivamente en la región del Altiplano. Su hábitat más frecuente lo constituyen las laderas de los cerros; sobre terrenos planos son ordinariamente substituidos por el zacatal (Rzedowski, 1961).

El mismo autor describe a este tipo de vegetación como un matorral de 0,3 a 3 m de alto (generalmente de 1 a 2.5 m), casi siempre denso o muy denso. Las copas de las plantas del estrato dominante suelen tocarse y entrelazarse entre sí y constituyen a menudo una maraña difícilmente penetrable. Los encinos que lo componen se reproducen vegetativamente a través de sus partes subterráneas. Las especies dominantes de *Quercus* son caducifolias, aunque en algunos casos, sólo pierden las hojas por un lapso muy breve (una a tres semanas). Prevalecen en general los arbustos de hojas coriáceas, leptófilas a nanófilas en cuanto a su tamaño (Rzedowski, 1961).

Los suelos son típicamente someros, pedregosos y bien drenados. Su color, textura y reacción dependen en gran parte de la roca madre, pues son característicos de un clima intermedio entre el francamente árido de los matorrales desérticos y el semi-húmedo de los encinares y de los pinares (Rzedowski, 1961).



Figura 13 Encinar arbustivo.

IV.1.2 Bosque de encino-pino

Este tipo de vegetación ocupa en el estado de San Luis Potosí aproximadamente el 6.5 % del territorio, localizándose en las vertientes orientales de la Sierra Madre Oriental, las serranías del extremo sur del estado, la sierra de Álvarez y sus prolongaciones, al este de la capital del estado, en altitudes superiores a 1 600 m, la porción SE de la sierra de Catorce, algunas sierras o cerros aislados (Rzedowski, 1961).

Las condiciones climáticas propicias para el desarrollo de este tipo de vegetación se caracterizan por una precipitación entre 700 y 1 600 mm anuales, con un máximo de seis meses secos; no se pudo determinar el límite inferior, pero probablemente sea de dos o tres meses. Las temperaturas medias anuales varían entre 8 y 21 °C; las heladas son poco frecuentes en los lugares más bajos (600 - 1 000 m), pero ocurren con regularidad a altitudes superiores. Estos tipos de clima corresponden a las categorías Cwag y Cwbg (Rzedowski, 1961).

El suelo es generalmente ácido, cubierto, en condiciones naturales, durante todo o casi todo el año por una gruesa capa de hojarasca y con un horizonte A₀ oscuro y rico en materia orgánica. Su profundidad y textura dependen de la topografía y de la roca madre (Rzedowski, 1961).

IV.2 Descripción de las especies Q. tinkhami y Q. sebifera

Los encinares de San Luis Potosí, en su gran mayoría, están compuestos por especies del género *Quercus* caracterizadas por hoja dura y decidua de tipo xero-tropofítico. Casi todos estos árboles pierden sus hojas en los meses de febrero a abril, por un lapso relativamente breve, que no pasa de dos meses (Rzedowski, 1961). Las especies recolectadas pertenecen a la sección *Quercus*.

IV.2.1 Quercus tinkhamii C.H. Muller.

Pertenece a la familia Fagaceae y a la sección *Quercus* (encinos blancos), conocido comúnmente como encino chaparro, con un tamaño aproximado de ± 3.0 m de alto, diámetro 8.0 cm, caducifolio, tronco recto a torcido y una corteza en placas más o menos cuadrangulares, y color gris. Sus hojas poseen una textura coriácea, haz y envés verde claro, algo lustrosas, con pubescencia estrellada cerca de la nervadura central, glabras con la edad, un peciolo de 0.3 a 0.5 cm de largo. Su lamina foliar posee una forma elíptica, oblonga, tamaño de 2.0 a 4.0 cm de largo por 1.5 a 2.0 cm de ancho, un borde engrosado o cartilaginoso, entero ligeramente ondulado o dentado, dientes mucronados, en ocasiones dan la apariencia de ser cortamente aristados, con un ápice agudo, de base cuneada o redondeada, la venación está constituida por una vena central evidente de color más claro, las venas secundarias visibles a simple vista, de seis a ocho pares. Sus flores consisten en amentos masculinos de 2.0 cm de largo y un fruto anual, subsésil, solitario, más frecuente en pares o en grupos de tres, cúpula de 1.5 cm de diámetro de color grisáceo, bellota de 1.5 cm de largo, castaño claro. Se ha registrado en bosque de galería y bosque subhúmedo de encino, en sustrato de origen sedimentario e ígneo (Figura 14) (García, inédito).

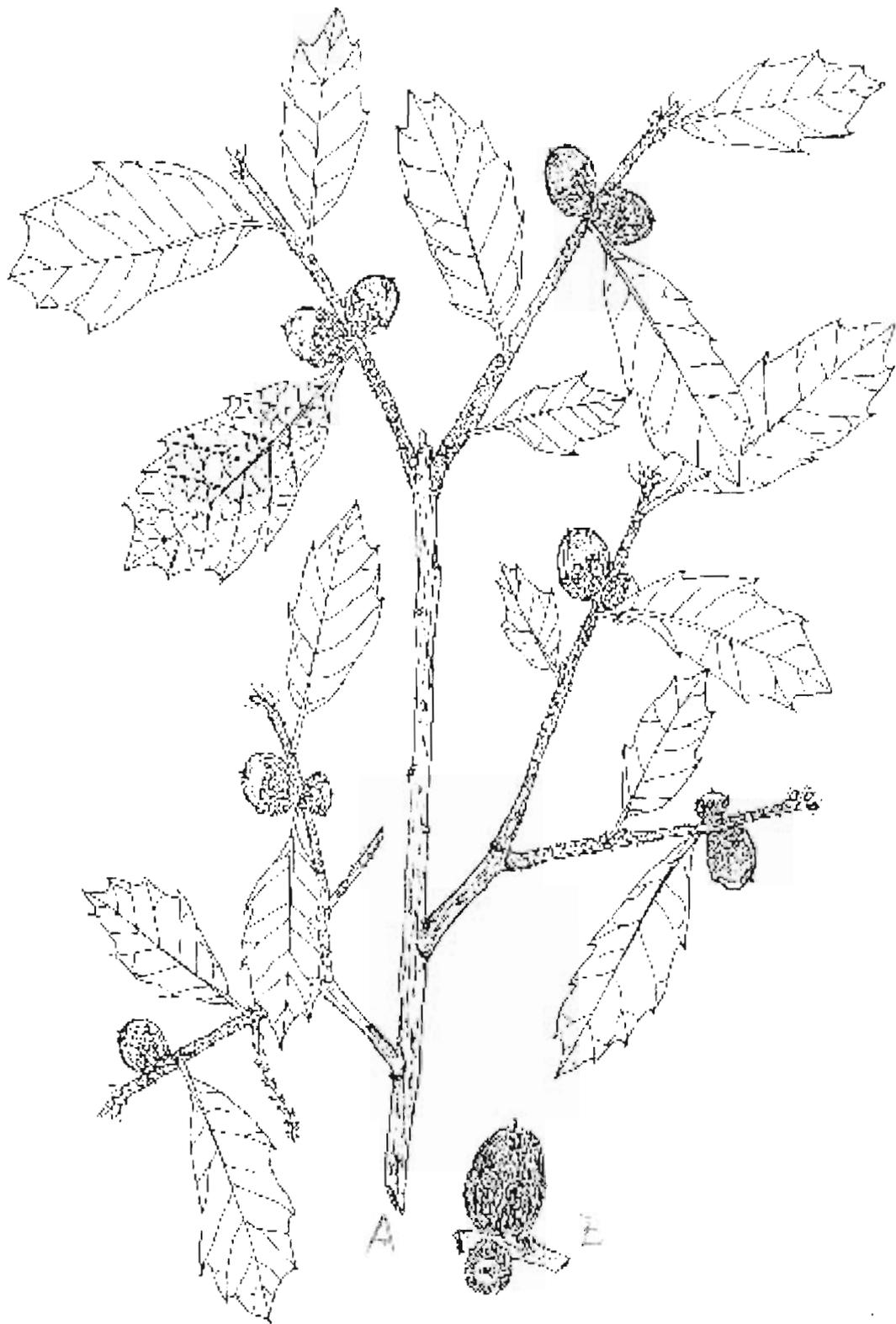


Figura 14. *Quercus tinkhami* C.H. Muller. (García, inédito).

IV.2.2 *Quercus sebifera* Trel.

Pertenece a la familia Fagaceae y a la sección *Quercus* (encinos blancos). Su nombre común es encino. Posee un tamaño aproximado de ± 3.0 m de alto, diámetro 15.0 cm; caducifolio; tronco recto a ligeramente torcido presenta una corteza en placas más o menos cuadrangulare, de color gris. Sus hojas presentan la siguiente textura: gruesas y duras, subcoriáceas, haz y envés opacos, con un pecíolo de 0.2 a 0.7 cm de largo. Su lámina foliar presenta forma oblonga a elíptica o anchamente ovada, planas, tamaño de 0.2 a 6 cm de largo por 1.0 a 3.0 cm de ancho, borde entero o ligeramente ondulado, ápice redondeado o agudo, base cordada o redondeada y venación penninervada, vena central conspicua, prominente, las secundarias escasamente visibles a simple vista, de seis a nueve pares. Sus flores son amentos masculinos de 2.0 a 5.0 cm de largo, cuyo fruto es solitario o en pares, anual, sobre un pedúnculo de 0 a 5.0 cm de largo, cúpula de 1.0 a 3.0 cm de diámetro de color grisáceo, bellota de 1.4 cm de largo. Se presenta en un hábitat de bosque de encino, en sustrato de origen sedimentario (Figura 15) (García, inedito).

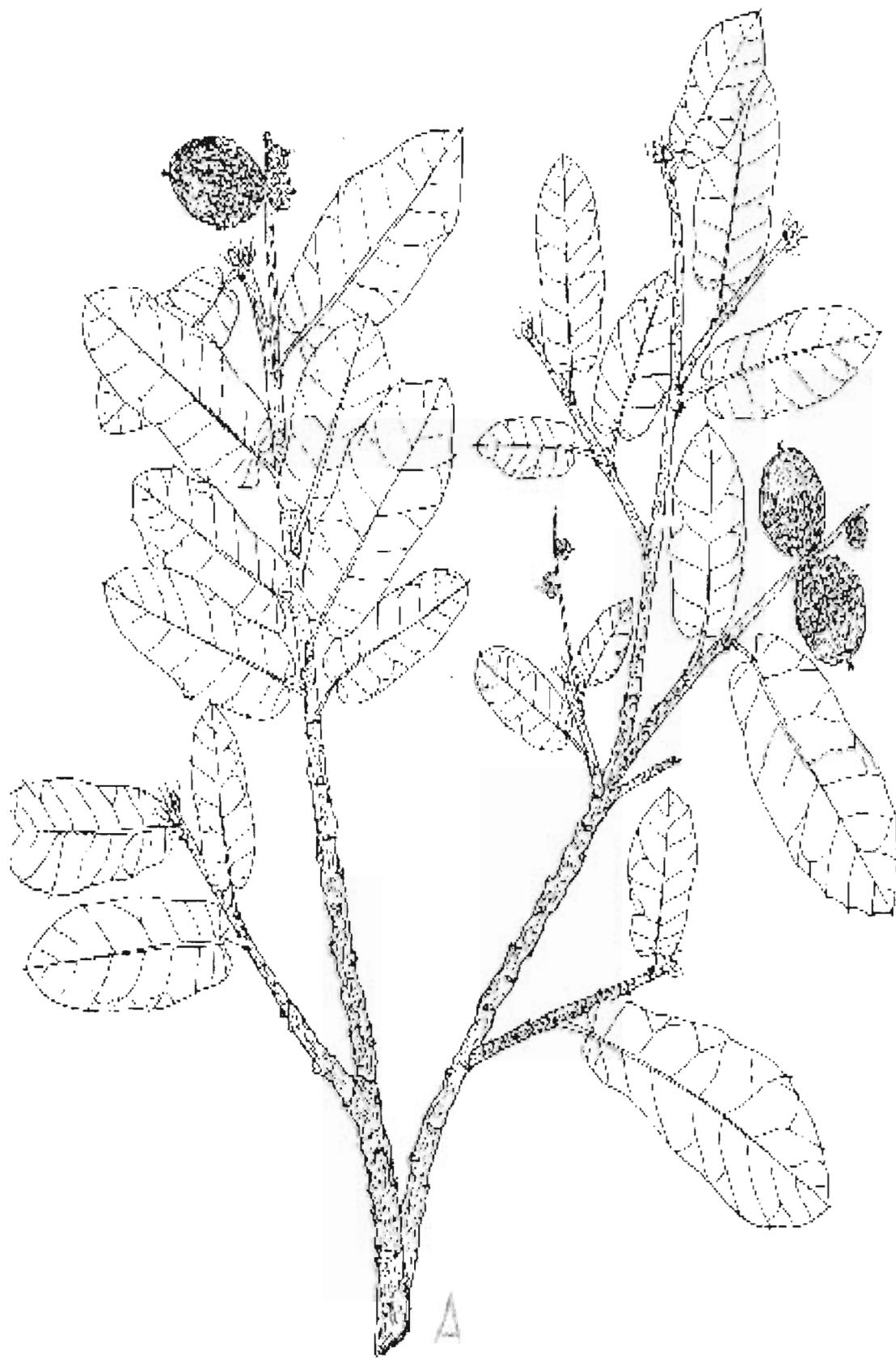


Figura 15. *Quercus sebifera* Trel. (García, inédito).

IV.3 Recolección y preparación del material vegetal

Se recolectaron tallos de tres individuos de *Q. sebifera*, a un lado del camino hacia la comunidad de El Pato y dos individuos de *Q. tinkhamii* en la comunidad de San José de Magaña, ambos pertenecientes al municipio de Armadillo de los Infante en la sierra de Álvarez, S.L.P. De cada uno se tomó una rama con hojas y frutos como material botánico para ejemplares de herbario de respaldo para la identificación del material recolectado. Están depositados en el Herbario Isidro Palacios del Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas de la UASLP.

Se registraron los datos fisiogeográficos de los sitios de recolecta: tipo de vegetación, sustrato ecológico, latitud, altitud, clima y pendiente del sitio así como morfología, forma altura total y número de tallos del individuo.

Los tallos recolectados se identificaron con un número consecutivo. El material recolectado fue descortezado y fragmentado en astillas, las cuales fueron secadas hasta que alcanzaron un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente, verificándolo mediante el registro de una muestra, hasta que no hubo variación en el peso de dos registros consecutivos. Se separó el material para la maduración de mezcal y otra porción fue pulverizada en un molino Wiley para obtener material homogéneo tamizado en una malla no. 60 y que se retuviera en un tamiz malla No. 40. El material seco y tamizado se mantuvo en bolsas selladas para minimizar los cambios en el contenido de humedad. Con este material se realizaron los ensayos químicos.

IV.4 Análisis químicos.

IV.4.1 Componentes estructurales.

IV.4.1.1 Preparación de madera para los análisis químicos.

La remoción de los extractivos tiene por objeto eliminar compuestos que no forman parte de la estructura de la madera. Esta remoción se llevó a cabo cumpliendo con lo establecido por la norma Technical Association for the Pulp and Paper Industries. Preparation of extractive free-wood. TAPPI Test Method T 257 cm-85 (TAPPI. 1991).

Se colocaron 4 g de madera en un cartucho de extracción en un equipo tipo Soxhlet. Se realizó una extracción con 200 mL de disolvente (etanol 95% -benceno puro, 1:2 v/v) por seis a ocho horas a una temperatura tal que se obtuvieron cuatro sifoneos por hora. Al finalizar la extracción, se eliminó el exceso de disolvente y se lavó el material con etanol al 95%; la madera se regresó al equipo extractor, se continuó la extracción con alcohol al 95 % por cuatro horas hasta que el disolvente resultó transparente. Posteriormente se eliminó el disolvente mediante una filtración al vacío, se lavó el cartucho con agua destilada para eliminar el exceso de etanol, y se transfirió el material a un matraz Erlenmeyer de 1 000 mL. Se adicionaron 500 mL de agua destilada hirviendo y se mantuvo en un baño María en ebullición durante una hora con reflujo para mantener el volumen constante. Al cabo de este proceso, se filtró con vacío y se lavó la madera con 500 mL de agua destilada caliente. Se dejó secar el material al aire libre hasta obtener el equilibrio con la humedad ambiental; posteriormente se guardó en un recipiente sellado para minimizar cambios de humedad, hasta realizar las determinaciones de porcentajes de lignina y celulosa.

IV.4.1.2 Determinación de humedad

Previo a cada determinación, se determinó el contenido de humedad, mediante lo establecido en la norma TAPPI 1991 Preparation of extractive free-wood. TAPPI Test Method T 257 cm-85.

Se pesaron $2 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ de madera ($W1_{CH}$) en un crisol de peso conocido. La madera se secó en estufa por dos horas a $105 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, se enfrió en un desecador (aproximadamente 20 minutos) y se registró su peso. Se secó una hora más en la estufa hasta obtener peso constante ($W2_{CH}$).

Cálculos

$$CH (\%) = \frac{(W1_{CH} - W2_{CH})}{W2_{CH}} * 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad (%)

$W1_{CH}$ = Peso inicial (con humedad), g

$W2_{CH}$ = Peso final (anhidra), g

IV.4.1.3 Determinación de lignina

Se realizó de acuerdo con lo establecido en la norma TAPPI Acid-insoluble lignin in wood and pulp. TAPPI Test Method T 222 om-88. (TAPPI, 1991).

Se pesó $1.0 \pm 0.1 \text{ g}$ de madera ($W1_L$) libre de extractivos y se colocó en un vaso de precipitados de 100 mL, se adicionaron gradualmente y agitando 15 mL de ácido sulfúrico al 72 %, se maceró el material con agitación por 30 minutos en baño María a $2 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. Después de lograrse la dispersión del material, se cubrió el vaso con un vidrio de reloj y se colocó en baño María a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ por dos horas, agitando frecuentemente, hasta completar la digestión. Posteriormente, se pasó el material a un matríz Erlenmeyer de 1 000 mL de capacidad y se

agregó agua destilada caliente hasta diluir la mezcla de ácido al 3 %, obteniendo un volumen final de 575 mL. La solución se colocó en baño María en ebullición durante cuatro horas. Al concluir la digestión, los matraces se colocaron en una posición inclinada para asentar el material insoluble, por un periodo de doce horas. Sin agitar el matraz, se extrajo el sobrenadante; posteriormente el resto se filtró con vacío en un crisol filtrante, lavando con agua caliente. El residuo se secó en estufa a una temperatura de 105 ± 3 °C hasta obtener peso constante, para lo cual se hicieron pesadas consecutivas con intervalos de una hora en el horno (W_{2L}).

Cálculos

$$\text{Lignina (\%)} = \frac{W_{2L}}{W_{1L}} * 100$$

Donde:

W_{1L} = peso inicial del espécimen con 0 % de CH, g

W_{2L} = peso de residuo seco, g

IV.4.1.4 Determinación de celulosa.

El método que se utilizó es el del ácido nítrico, que fue desarrollado por Kuschener y Hoffer en 1929 (Browning, 1961).

Se pesó 1.0 ± 0.1 g de madera anhidra libre de extractos (W_{1C1}), se colocó en un matraz Erlenmeyer; se le agregaron 20 mL de alcohol etílico y 5.0 mL de ácido nítrico concentrado. Se colocó en baño María a reflujo durante 30 minutos. Posteriormente, se decantó la solución en un crisol de capa filtrante, porosidad media y de peso conocido, cuidando que pasara la menor cantidad de madera al filtro. Se desechó el filtrado y la madera se regresó al matraz para repetir de la misma manera la digestión. Se filtró y nuevamente se desechó el filtrado, se realizó una tercera digestión con 100 mL de agua destilada en baño María en ebullición por dos horas. Posteriormente se filtró con vacío, el residuo se lavó varias veces con agua destilada caliente y después con una solución saturada de acetato de

sodio, y finalmente con agua destilada caliente hasta obtener una reacción neutra. El residuo se secó a 105 ± 3 °C hasta obtener peso constante (W_{2Cl}).

Cálculos:

$$\text{Celulosa (\%)} = \frac{W_{2Cl}}{W_{1Cl}} * 100$$

Donde:

W_{1Cl} = Peso inicial de la muestra, anhidro, g

W_{2Cl} = Peso del residuo seco, g

IV.4.1.5 Determinación de cenizas

Este procedimiento se llevó a cabo mediante lo establecido en la norma Ash in wood. TAPPI Test Method T211om-85 (TAPPI, 1991).

Se pesó 1.0 ± 0.1 g de madera libre de humedad (W_{1Ce}) y se colocó en un crisol de peso conocido, se introdujo en una mufla (Furnace 62700) a una temperatura de 575 ± 25 °C hasta que las cenizas se tornaron blancas, se dejó enfriar en la mufla hasta una temperatura cercana a 100 °C, el residuo se extrajo y se continuo enfriando en un desecador hasta que alcanzó la temperatura ambiente. El residuo se pesó hasta obtener peso constante. (W_{2Ce}).

Cálculos:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{W_{2Ce}}{W_{1Ce}} * 100$$

Donde:

W_{1Ce} = peso inicial de la muestra, anhidro, g

W_{2Ce} = peso de las cenizas, g

IV.4.2 Componentes no estructurales

IV.4.2.1. Determinación de humedad

Este procedimiento se llevó a cabo mediante lo establecido en la norma TAPPI 1991 Preparation of extractive free-wood. TAPPI Test Method T 257 cm-85. El método se describió en el apartado IV.4.1.2

IV.4.2.2 Determinación de porcentaje de extractivos en etanol - benceno.

Este procedimiento se llevó a cabo siguiendo lo establecido en la norma Solvent extractives of wood and pulp. TAPPI Test Method T 204 om-88 (TAPPI 1991).

Se pesaron 2 ± 0.1 g de madera anhidra ($W_{1_{eb}}$) y se colocaron en el cartucho de extracción, éste se colocó en un extractor tipo Soxhlet. La extracción se realizó utilizando 150 mL de una mezcla de etanol-benceno 1:2 v/v por cuatro a cinco horas, a no menos de seis sifoneos por hora (24 extracciones en total). Se evaporó el disolvente del matraz hasta reducir su volumen a 20 ó 25 mL y el residuo se transfirió a una cápsula de peso conocido para permitir la evaporación total del disolvente. El residuo se secó en estufa por una hora a 105 ± 5 °C, posteriormente se enfrió a temperatura ambiente en un desecador y se pesó, registrado el peso ($W_{2_{eb}}$).

Para corregir el peso del extracto, se efectuó una extracción con 150 mL de mezcla etanol-benceno 1:2 v/v siguiendo el mismo procedimiento que con las muestras, registrando el peso final del residuo (W_b).

Cálculos

$$\text{Extractivos}_{\text{eb}} (\%) = \frac{W2_{\text{eb}} - W_{\text{b}}}{W1_{\text{eb}}} * 100$$

Donde:

$W1_{\text{eb}}$ = peso de la madera, seca, g

$W2_{\text{eb}}$ = peso del extracto seco, g

W_{b} = peso final del residuo de la extracción en blanco, g

IV.4.2.3 Determinación de extractivos en agua caliente.

Este procedimiento se llevó a cabo mediante lo establecido en la norma Water solubility of wood and pulp. TAPPI Test Method T 207 om-88 (TAPPI 1991).

Se pesaron $2.0 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ de madera ($W1_{\text{ac}}$). Se colocaron las muestras en un matraz Erlenmeyer con 100 mL de agua destilada y se le conectó un tubo de reflujo. El matraz se colocó en un baño de agua hirviendo por tres horas con agitación frecuente. Se lavó la madera con 200 mL de agua destilada caliente y se filtró al vacío en un crisol de peso conocido, se secó en la estufa a $105 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$; se enfrió a temperatura ambiente y se registró el peso hasta obtener peso constante ($W2_{\text{ac}}$).

Cálculos

$$\text{Extractivos}_{\text{ac}} (\%) = \frac{W2_{\text{ac}}}{W1_{\text{ac}}} * 100$$

Donde

$W1_{\text{ac}}$ = peso inicial de la madera libre de humedad, g

$W2_{\text{ac}}$ = peso del residuo, g

El diseño experimental para el análisis químico fue completamente al azar, se realizaron cinco repeticiones y dos replicas para cada ensayo. Se hizo estadística descriptiva, normalidad de los datos, análisis de varianza y comparación múltiple de medias, utilizando el Software Statistica versión 6.0.

IV. 5 Evaluación de la madera para la maduración del mezcal potosino

IV. 5.1 Preparación de madera para la maduración del mezcal potosino

Se procesó el material seco de los tallos de cada una de las especies recolectadas para obtener astillas. Un lote de 200 g de astillas de cada especie se secó al aire libre y fue sometido a un tostado en una estufa a 140 °C por dos horas más una hora a 160 °C.

IV. 5.2 Maduración del mezcal

Con un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial de tratamientos, se evaluaron seis tratamientos, resultantes del factor especie de encino (dos nativos y un importado de E.U.A., *Q. alba*) y del factor tipo de mezcal (filtrado y sin filtrar) (Cuadro 1).

Se colocaron 2 g de madera tostada de las dos especies en estudio y *Q. alba*, como testigo en contacto con 750 mL de mezcal en botellas de vidrio de un litro de capacidad, con base en la información proporcionada por trabajadores de la mezcalera de Laguna Seca. Esta cantidad es la recomendada por las casas productoras de mezcal.

Las unidades experimentales se enumeraron del 1 al 18. De estos, del 1 al 6 corresponden a *Q. tinkhami*, del 7 al 12 corresponden a *Q. sebifera* y del 13 al 18 a la madera importada (*Q. alba*). De los seis de *Q. tinkhami* los primeros tres fueron con mezcal sin filtrar y los tres restantes con mezcal filtrado. El mismo esquema se aplicó para *Q. sebifera* y *Q. alba* (Cuadro 2).

Se trasladaron al cuarto de maduración donde se dejaron reposar por dos meses. periodo que la NOM-070-SCFI-1994 (Especificaciones para bebidas alcohólicas-Mezcal) establece para mezcal reposado. Al final del periodo de maduración del mezcal, se filtraron las unidades experimentales con papel filtro de porosidad media para detener el proceso de maduración. En recipientes independientes se guardó el material para determinar los sólidos totales de cada tratamiento y para la evaluación sensorial.

Cuadro 1. Diseño experimental para la maduración del mezcal.

Tres tipos de madera (i): <i>Q. tinkhami</i> <i>Q. sebifera</i> Madera importada comercial (<i>Q. alba</i>)	Dos tipos de mezcal homogéneo (j): Filtrado Sin filtrar	Tres repeticiones (k)
TOTAL: 18 UNIDADES ($i*j*k$)		

Cuadro 2. Organización de unidades experimentales en la maduración del mezcal (Qt *Q. tinkhami*, Qs *Q. sebifera*, T, *Q. alba* (testigo)).

Dos meses						
<i>Q. tinkhami</i>	Qt 1	Qt 2	Qt 3	Qt 4	Qt 5	Qt 6
	Mezcal sin filtrar			Mezcal filtrado		
<i>Q. sebifera</i>	Qs 7	Qs 8	Qs 9	Qs 10	Qs 11	Qs 12
	Mezcal sin filtrar			Mezcal filtrado		
Testigo	T 13	T 14	T 15	T 16	T 17	T 18
	Mezcal sin filtrar			Mezcal filtrado		

IV.5.3 Evaluación sensorial del mezcal madurado con *Quercus*.

Se estableció un experimento con 6 tratamientos en bloques completos al azar resultante de la combinación de los factores especie (dos nativos y un importado como referencia) y tipo de mezcal (filtrado y sin filtrar), cada uno con tres repeticiones.

La evaluación sensorial se llevó a cabo mediante una cata, para calificar color, aroma y sabor. Fue una cata ciega en la que los evaluadores estuvieron ante seis tratamientos (T₁...T₆) Se hicieron tres repeticiones (catadores, E₁... E_n) para evaluar cada tratamiento.

Se realizó una cata entre el personal académico del Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas de la UASLP, en las instalaciones del mismo Instituto.

Se evaluaron los siguientes puntos:

- a. Fase visual:
 1. Color: Debe realizarse sobre un fondo blanco, con la copa inclinada.
 - a. Intensidad
 - b. Matiz
- b. Fase olfativa
 1. Vía nasal 1ª. Fase: El degustador procederá inicialmente a oler el mezcal manteniendo la copa en reposo.
 2. Vía nasal 2ª. Fase: Se procederá a la agitación, imprimiendo movimientos circulares a la copa.
 3. Vía retronasal: El degustador toma un sorbo de mezcal, y mediante pequeños movimientos de lengua y mejillas así como una ligera aspiración de aire.
- c. Fase gustativa
 1. Ataque o primera fase: Conjunto de sensaciones iniciales, que se perciben en la punta de la lengua, con duración aproximada de 2 segundos.
 2. Segunda fase o evolución.
 - a. astringencia
 3. Impresión final. Percepción de sabores amargos (Sancho 2002).

El material a degustar se colocó e identificó en un salón, sin que los evaluadores estuvieran presentes. Los parámetros a calificar fueron: aroma, sabor y color. Las muestras, fueron de 30 mL en un vaso de cristal transparente, colocados sobre una cartulina con la identificación correspondiente, frente a los catadores se colocó el formato para el registro de la calificación así como un recipiente con agua para el enjuague de boca. Después de hecha la degustación, la muestra se retiró junto con la hoja de registro, antes de presentar la siguiente muestra.

Al inicio de la cata se explicó a los evaluadores cuál sería la dinámica a seguir y cómo se esperaba que realizaran la calificación en cada etapa (anexo I).

Se presentó el primer tratamiento para calificar el aroma; los catadores hicieron la evaluación sensorial y registraron su calificación en el formato correspondiente (anexo a). Los responsables retiraron los registros llenos y entregaron a cada catador el formato correspondiente a la evaluación gustativa, realizándola según las instrucciones dadas. Al final registraron sus calificaciones y se les retiraron, la muestra y el registro.

Al concluir la evaluación del primer tratamiento, debieron enjuagarse la boca, comer un bocadillo y volver a enjuagar su boca antes de iniciar la cata del segundo tratamiento. La degustación del segundo tratamiento se hizo de la manera ya descrita para el primero y así se evaluaron los cuatro restantes.

Al término de las correspondientes evaluaciones de aroma y sabor de cada uno de los seis tratamientos, los responsables colocaron frente a los degustadores las muestras de los seis tratamientos, para que calificarán el color. Una vez lleno el registro para cada tratamiento, los responsables recogieron los registros y se dio por concluida la cata.

Para cada tratamiento se obtuvieron los estadísticos básicos por parámetro a evaluar y se realizó un análisis de varianza para estimar las diferencias entre tratamientos. Para traducir las calificaciones hedónicas en una escala numérica para su análisis, se midió la distancia en milímetros desde el origen y sobre la línea inclinada hasta donde apareciera la marca del catador. La escala de calificación, consistió en un cuadrado, por el cual atraviesa una línea inclinada a 45°C que inicia en la esquina inferior izquierda (Juicios negativos = no agradable) y termina en la esquina superior derecha (Juicios positivos = agradable). El valor numérico correspondiente se registró en forma tabular, para cada determinación, se calcularon los estadísticos básicos, prueba de normalidad, análisis de varianza y una comparación de medias (Fig. 16).

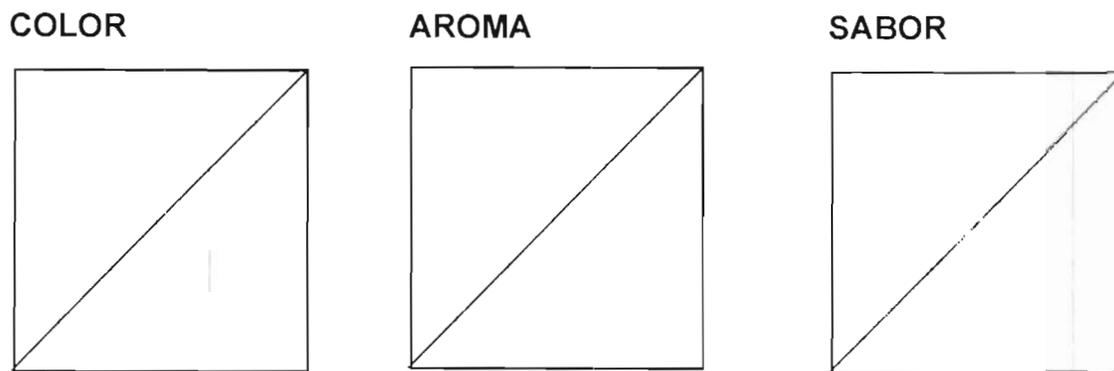


Fig. 16. Escalas de calificación.

IV. 6 Análisis químicos de maderas tostadas.

Con fines de comparación y para evaluar la aportación del tostado en la composición química de las maderas, se determinaron los volúmenes de extractivos de la madera tostada de las tres especies. Se utilizaron el método de etanol:benceno, de agua caliente y se realizó una extracción adicional con etanol al 95 %. Utilizando este disolvente, también se determinaron los porcentajes de extractivos para la madera sin tostar. Para cada determinación se realizaron tres repeticiones, debido al volumen de material con que se contaba.

Se determinó el contenido de humedad, la cantidad de extractivos en etanol benceno y en agua caliente, según los procedimientos descritos en los apartados, III.4.1.2, III.4.2.2 y III.4.2.3 respectivamente.

IV.6.1 Determinación de extractivos en etanol

Con el propósito de evaluar aportación de cada tipo de madera durante el periodo de maduración del mezcal, es decir la remoción de compuestos que se llevaría a cabo una vez puesta la madera tostada de las tres especies en contacto con el mezcal, se realizó una extracción con etanol al 95 % con astillas de madera tostada y sin tostar, con el fin de comparar la cantidad de extractivos presentes antes y después del tostado.

Este procedimiento se llevó a cabo siguiendo, en lo general, lo establecido en la norma Solvent extractives of wood and pulp. TAPPI Test Method T 204 om-88 (TAPPI,1991).

Se pesaron 2 g de madera ($W_{1_{ee}}$) de cada especie (*Q.tinkhamii*, *Q. schifera* y *Q. alba*); se pusieron en los cartuchos de extracción y se colocaron en un extractor tipo Soxhlet, en donde se sometió a extracción con 150 mL de etanol 96 % entre cuatro y cinco horas a no menos de seis sifoneos por hora (24 extracciones en total). Se evaporó el disolvente del matraz hasta que quedaron entre 20-25 mL y el residuo se transfirió a una cápsula de peso conocido, hasta que se evaporó completamente el disolvente. La cápsula con el residuo se seco en estufa por una hora a 105 ± 5 °C, posteriormente se enfrió en un desecador y se registró el peso ($W_{2_{ee}}$).

A la par del procedimiento anterior se efectuó un blanco con el disolvente usado. Para la cual se evaporaron 150 mL del disolvente hasta secado total y se registró el peso del residuo. Con el peso encontrado del blanco se corrigió el peso del extracto seco (W_{be}).

Cálculos

$$\text{Extractivos}_{ee} (\%) = \frac{W_{2_{ee}} - W_{be}}{W_{1_{ee}}} * 100$$

$W_{1_{ee}}$ = peso inicial de la madera, anhidra, g

$W_{2_{ee}}$ = peso del extracto seco, g

W_{be} = peso del residuo del blanco seco, g

El diseño experimental para el análisis químico fue completamente al azar y se realizó por triplicado. Se hizo estadística descriptiva, normalidad de los datos, análisis de varianza y comparación múltiple de medias, utilizando el Software Statistica versión 6.0.

IV.7 Determinación de sólidos totales en mezcal madurado y sin madurar.

Una vez terminado el periodo de maduración del mezcal, del filtrado obtenido, se realizó la estimación de los residuos sólidos totales de cada uno de los seis tratamientos de mezcal madurado. Para estimar la aportación de cada una de las tres maderas (*Q. tikhami*, *Q. sebifera*, *Q. alba*), se estimaron también los sólidos totales en sendos testigos el mezcal filtrado y mezcal sin filtrar para compararlos con los obtenidos del mezcal madurado.

Por cada uno de los seis tratamientos se hicieron cinco repeticiones, vertiendo 100 mL de producto en una cápsula de peso conocido, hasta lograr la evaporación total, posteriormente, la cápsula y el residuo se secaron en la estufa por una hora a una temperatura de 100 ± 5 °C, se colocaron en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y se registró su peso. Para el mezcal sin madurar, filtrado y sin filtrado, se siguió el mismo procedimiento, con cinco repeticiones.

Cálculos:

$$\text{Sólidos totales (\%)} = (\text{WCR} - \text{WC}) * 100$$

WCR = Peso cápsula más residuo, g

WC = Peso cápsula, g

El diseño experimental para la determinación de sólidos totales fue completamente al azar, se realizaron cinco repeticiones, se hizo estadística descriptiva, normalidad de los datos, análisis de varianza y comparación múltiple de medias, utilizando el Software Statistica versión 6.0.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias significativas, entre réplicas, por lo que se agruparon resultando un total de 10 repeticiones para cada tratamiento. Por cada determinación se presentan los valores de la media y la desviación estándar (Cuadro 1).

Cuadro 3. Análisis químicos de la madera de dos especies de encino que crecen en la Sierra de Álvarez, S.L.P. (Media \pm desviación estándar)

	Celulosa (%)	Lignina (%)	Cenizas (%)	Extractivos etanol-benceno (%)	Extractivos agua caliente (%)
<i>Q. tinkhami</i>	49.66 \pm 4.70	21.15 \pm 0.51	2.76 \pm 0.07	4.61 \pm 0.30	7.50 \pm 0.52
<i>Q. sebifera</i>	52.67 \pm 5.96	21.32 \pm 0.87	3.38 \pm 0.18	6.06 \pm 0.33	8.86 \pm 0.56

V. 1 Componentes estructurales.

V.1.1 Lignina y celulosa.

El contenido de humedad de la madera libre de extractivos, para la determinación de celulosa fue de 9 % y 10 % para *Q. sebifera* y *Q. tinkahmi* respectivamente

No se encontraron diferencias significativas entre ambas especies en los contenidos de lignina y de celulosa. Las cantidades de lignina y celulosa encontradas para las especies estudiadas coinciden con lo presentado por Honorato (2002) quien cita que, para encinos

mexicanos el intervalo de celulosa va de 37% a 56 % y el de lignina de 18% a 22 %. El mismo autor refiere que la cantidad de celulosa en los encinos mexicanos es mayor que para encinos de otros países, mientras que la de lignina está en intervalos similares. En comparación con los volúmenes de celulosa y lignina para *Q. alba*, 42 % y 25 %, respectivamente, los valores encontrados para los dos tipos de madera, presenta valores mayores para celulosa y semejantes para lignina (Pettersen, 1984).

V.1.2 Cenizas.

Se presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los volúmenes encontrados para cada una de las especies en estudio (Cuadro 1). Los valores son mayores a las que presentan Fegel y Wegener (Honorato, 2002), para especies del mismo género. Hon y Shirishi (2001) mencionan que, para especies tropicales, como las estudiadas en el presente trabajo, la cantidad de cenizas puede llegar a ser hasta de 5 %. La cantidad relativamente alta de cenizas puede explicarse debido al clima intermedio entre el francamente árido de los matorrales desérticos y el semi-húmedo donde se desarrollan. Para la madera de *Q. alba*, Pettersen (1984) presenta valores de 0.2 %, que es más parecido a los que se encuentran en la literatura para la madera en general, que son valores menores al 1 % (Panshin y De Zeew, 1984).

V.2 Componentes no estructurales.

V. 2. 1 Extractivos en alcohol benceno.

La composición química de los extractos en encinos ha sido poco estudiada, sobre todo por los problemas que existen durante la purificación y aislamiento de las sustancias químicas presentes. Con la mezcla de etanol-benceno, los extractivos que se removieron fueron grasas, resinas, ceras, hidrocarburos no volátiles, carbohidratos de bajo peso molecular y algunas sales. Los resultados para ambas especies se muestran en el Cuadro 1. Se encontró diferencia significativa entre las especies ($P>0.05$). Con respecto a otras especies del género *Quercus*, *Q. tinkhamii* se encuentra dentro del intervalo de valores encontrados por algunos autores citados por Honorato 2002, refieren un porcentaje del 2.79% a 5.24 % para madera de encinos mexicanos. *Q. sebifera*, contiene una cantidad superior de

extractivos, con referencia a lo publicado para otras especies, esto puede deberse a las condiciones geográficas de crecimiento. Para la madera de *Q. alba*, los valores totales de extractivos determinados es de 5.3 %, esto es, que se incluye la suma de los obtenidos a través de la extracción secuencial (worldcooperage.com, 2005).

V. 2.2 Extractivos en agua caliente.

Los extractivos que se removieron con este disolvente son: taninos, gomas, azúcares y algunos colorantes presentes en la madera (Cuadro 1). El contenido de extractivos solubles en agua caliente es estadísticamente diferente entre las dos especies ($P < 0.05$), siendo la madera de *Q. tinkhami* la que presentó los valores más altos. Los resultados obtenidos concuerdan con lo publicado por Honorato (2002), que presenta para madera de encinos blancos mexicanos un intervalo de 4.61% a 10 %. Para la madera de encino blanco de Estados Unidos (*Q. alba*) se han encontrado valores de 5.3% a 5.4%.

V. 3 Evaluación de la madera para la maduración del mezcal potosino.

Para este apartado, se utilizó la madera de *Q. alba* como testigo debido a que es la madera utilizada comercialmente para la maduración de mezcal potosino. La evaluación del mezcal madurado, filtrado y sin filtrar, después de dos meses en contacto con las astillas secadas y tostadas de la madera de las dos especies de la sierra de Álvarez y de la madera comercial usada como testigo (*Q. alba*), se encontró que no hubo diferencia significativa atribuible ($P > 0.05$) al factor filtrado y sin filtrar, para ninguna de las tres características evaluadas: aroma, sabor y color. El factor especie resultó significativo ($P > 0.05$) para el sabor y el color, pero no así para el aroma, en donde las diferencias parecen ser atribuibles a la interacción de los dos factores, filtrado/no filtrado y especie. La especie mejor calificada siempre fue *Q. alba* seguida de *Q. tinkhami* y *Q. sebifera* (Figura 17).



Figura 17. Mezcal, filtrado y sin filtrar, después de dos meses en contacto con las astillas secadas y tostadas de la madera *Q. tinkhami*, *Q. sebifera* y *Q. alba*.

V.4 Análisis químicos de maderas tostadas.

Tanto a la madera del testigo como a la madera tostada de ambas especies en estudio se les determinó el contenido de humedad (5.9 %) para posteriormente realizar la cuantificación de extractivos, los análisis se realizaron por triplicado.

V.4.1 Extractivos en etanol – benceno.

Se encontró diferencia una significativa entre los tres tipos de madera ($P > 0.05$), adicionalmente se encontró diferencia en los valores de extractivos en etanol-benceno entre la madera sin tostar y tostada, siendo mayores en la madera natural (Cuadro 2).

Cuadro 4. Análisis químicos para la madera tostada de dos especies de encino que crecen en la Sierra de Álvarez, S. L. P. y del tratamiento testigo (Media \pm Desviación estándar)

	Extractivos (%)		
	Etanol-benceno	Agua caliente	Etanol
<i>Q. tinkhami</i>	2.46 ± 0.17	7.06 ± 0.29	4.00 ± 0.04
<i>Q. sebifera</i>	3.60 ± 0.13	6.12 ± 0.39	4.54 ± 0.16
<i>Q. alba</i>	2.20 ± 0.01	5.51 ± 0.32	3.68 ± 0.07

V.4. 2 Extractivos en agua caliente.

Se presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tres tipos de madera; comparando los valores entre madera sin tostar y tostada, siendo mayor el porcentaje de extractivos en agua caliente en la madera sin tostar.

V.5 Extractivos en etanol.

En la comparación de extractivos en etanol para la madera de *Q. tinkhami* y *Q. sebifera* antes y después del tostado, se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos (tostar y sin tostar) así como entre especies (Fig. 17). Lo anterior indica que durante el proceso de tostado se pierden o transforman compuestos, que son solubles en alcohol (Cuadro 2).

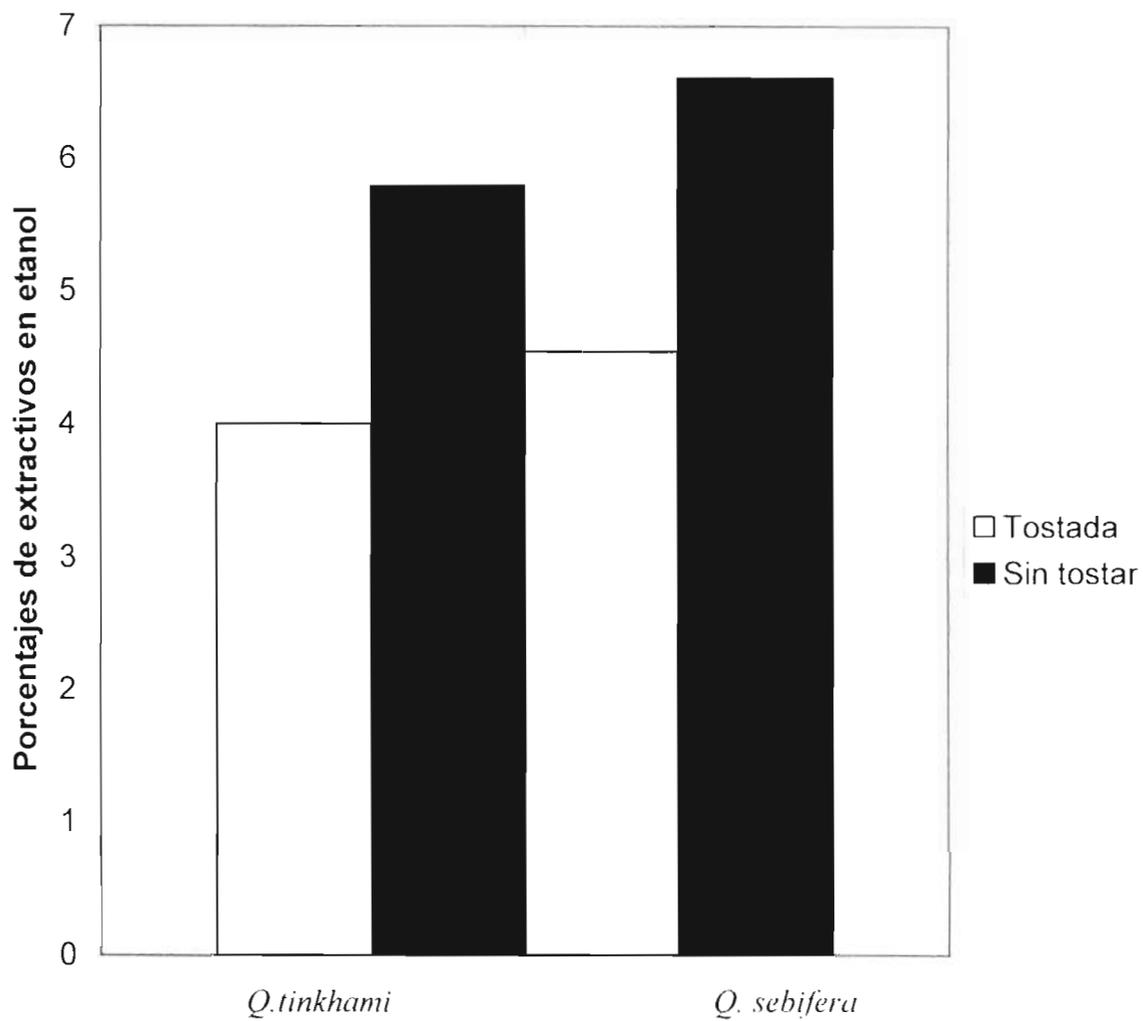


Fig. 17 Extractivos en etanol de madera de dos encinos que crecen en la sierra de Álvarez, antes y después del tostado.

V. 5.1 Sólidos totales en mezcal madurado y sin madurar.

Los valores obtenidos para sólidos totales a partir del extracto seco del mezcal madurado y sin madurar con los dos tipos de mezcal (filtrado y sin filtrar), se presentan en las figuras 18 y 19.

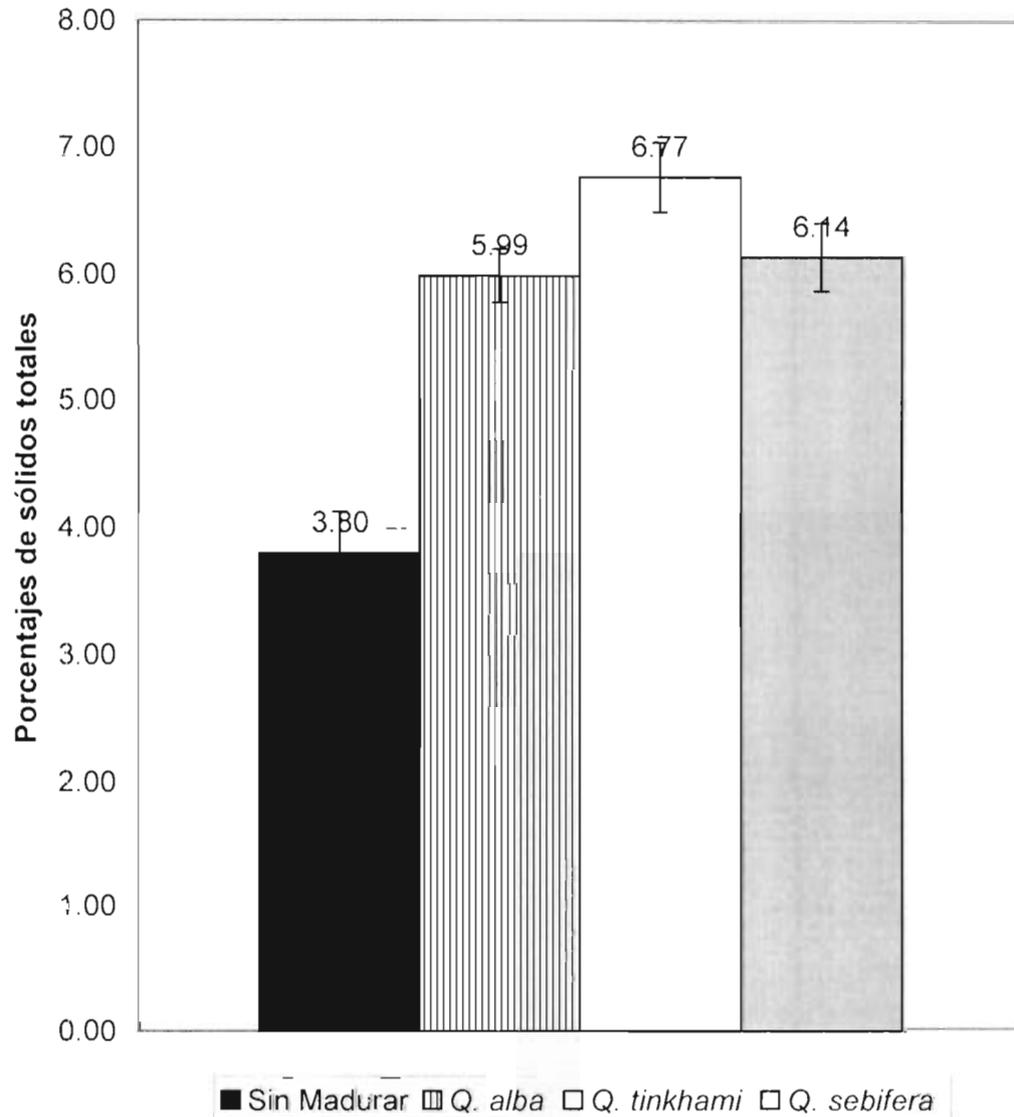


Fig. 18. Sólidos totales en mezcal filtrado madurado con dos maderas de encinos arbustivos de la sierra de Álvarez y una madera comercial.

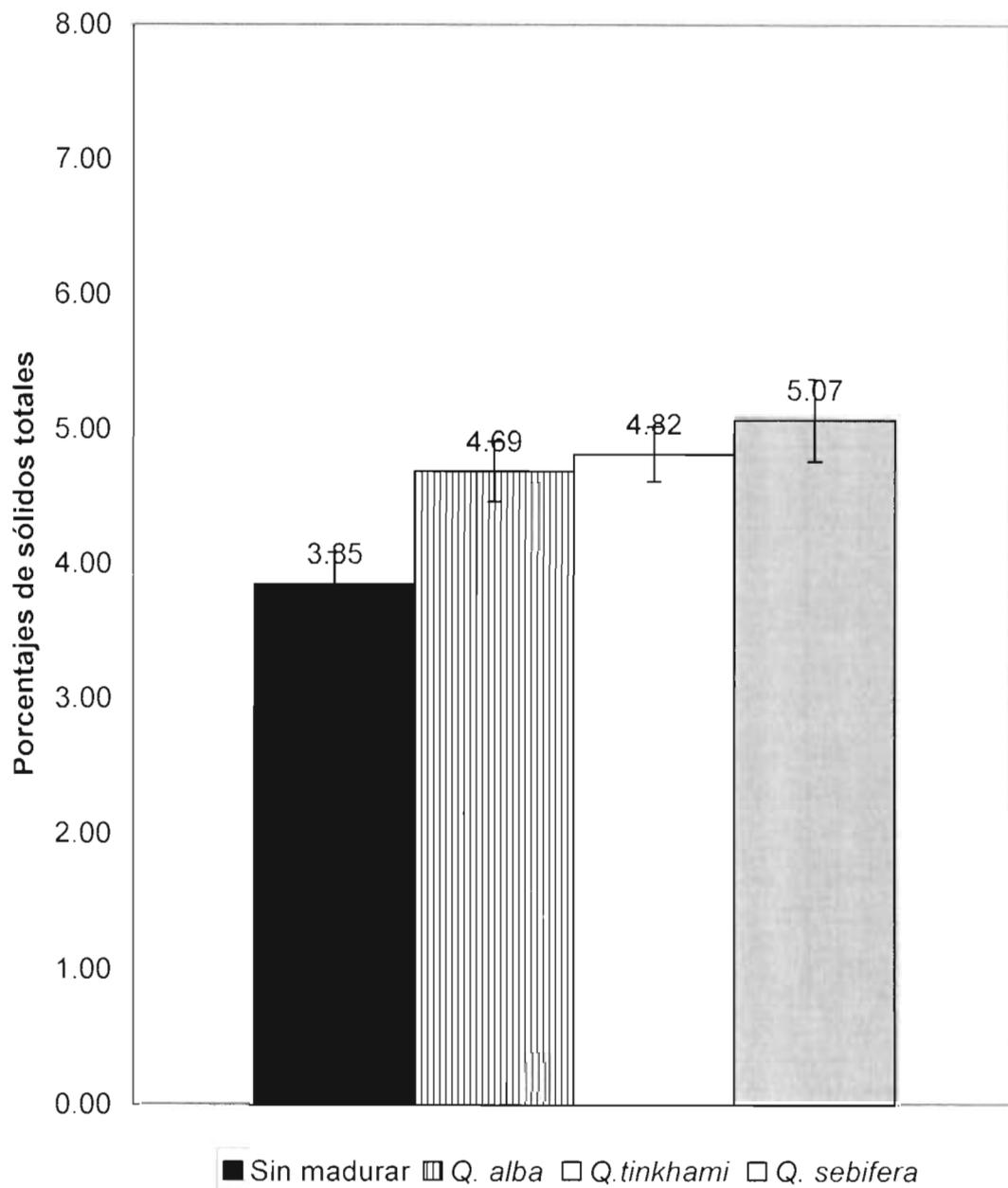


Fig. 19. Sólidos totales en mezcal no filtrado madurado con dos maderas de encinos arbustivos de la sierra de Álvarez y una madera comercial.

Como se observa en los gráficos, no existen diferencias en la cantidad de sólidos totales en el mezcal filtrado y sin filtrar, sin embargo al someter al proceso de maduración se observa que el mezcal filtrado logra arrastrar mayor cantidad de compuestos que el mezcal sin filtrar, esto se explica debido a que el mezcal filtrado al tener menor cantidad de sólidos suspendidos antes del proceso de maduración logra la remoción de más compuestos, mientras que el mezcal sin filtrar llega a una saturación con menor cantidad de elementos aportados por la madera.

En la actualidad no existen reportes en cuanto a la composición química de *Q. tinkhami* y *Q. sebifera* por lo que la discusión solo se realizó en base a encinos de la misma sección ya sean mexicanos o extranjeros, por lo que el presente trabajo representa un aporte significativo al conocimiento de estas especies.

VI. CONCLUSIONES.

No se encontraron diferencias significativas en la cantidad de celulosa y lignina entre especies (*Q. tinkhami* y *Q. sebifera*), los valores obtenidos coinciden con los presentados por otros autores para encinos mexicanos.

La cantidad de cenizas fue mayor a lo referido para especies mexicanas del mismo género.

La cantidad de extractivos en la mezcla etanol-benceno fue mayor a lo presentado por otros autores para encinos mexicanos, no así en los extractivos en agua caliente coincidiendo con otros informes. Encontrando que las especies en estudio son estadísticamente diferentes.

Las maderas tostadas en comparación con las maderas naturales presentaron una menor cantidad de extractivos en los diferentes disolventes que se evaluaron.

La cantidad de sólidos totales es significativamente mayor en el mezcal filtrado sometido al proceso de maduración.

El mezcal madurado con astillas secadas y tostadas de madera de *Q. tinkhami* presenta características comparables con las obtenidas con la madera usada como testigo. De la evaluación sensorial no se encontraron diferencias entre el mezcal filtrado y sin filtrar.

Este trabajo contribuye de manera substancial al conocimiento químico de dos especies nativas del estado de San Luis Potosí, ya que se carecía totalmente de información técnica sobre sus características, además se propuso un importante uso de estas maderas en la industria mezcalera potosina, lo cual podrá ayudar a economizar el proceso de maduración del producto al no tener que importar material y dar un valor agregado a este subestimado recurso.

El aporte significativo de este trabajo es el diseño y la implantación de una metodología, que es repetible y reproducible, para evaluar otros tipos de madera para la maduración del mezcal potosino determinando su potencial para este uso.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Aguirre J.R.; C.S Hilario, F.F José Luis.2001. El maguey mezcalero potosino. Gobierno del Estado de San Luis Potosí, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. pp 57-63.

Anónimo. 1997. Mezcal. elixir de larga vida. Gobierno del Estado de Oaxaca. Cámara Nacional de la Industria del mescal, BANCOMEXT y CVS. México. pp 12-56.

Anónimo. 2004. Tequila, tradición y destino. México. pp 165-181.

Anónimo. 1999. Wood as engineering material. Agricultural Handbook 72. Cap. 4. Forest Service. US Department of Agriculture. FPL (Forest Products Laboratory).Madison, WI.

Baeza, J. y Juanita Freer. 2000. Chemical characterization of Wood and its components. In: Hon, D.N.S; Shiraishi, N.Wood and cellulosic chemistry. Marcel Dekker, Inc. New York. 2ª ed. pp 275-384.

Barcenas, G. P. Inédito.

Blomberg, L. 2000. Tequila, mezcal y pulque, lo autentico mexicano.1ª ed. Ed. Diana. pp 225-237.

Browning .B.L. 1967. Methods of wood chemistry. Vol I. Interscience publishers. Nueva York. pp 384.

Canas, S.; M.C. Leandro; M.I. Spranger y A.P. Belchir. 2000. Influence of botanical species and geographical origin on the content of low molecular weight phenolic compounds of woods used in Portuguese cooperage. Holzforshung 54 (3) pp 255-261.

Dias, S.; A. Maia; D. Nelson. 1998. Efeito de diferentes madeiras sobre a composicao da aguardente de cana envelhecida. Cienc. Tecnol. Aliment. 18(3) pp 622-2626.

Díaz, P.E.; J.R Reyeroy; F.Pardo;A. Gonzalo; R. Salinas. 2002. Influence of oak wood on the aromatic composition and quality of wines with different tannin contents. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50 pp 2622-2626.

Encyclopedia of Chemical Technology, 2004.Fourth Edition, Volume 25.

García, S, F y J.R. Aguirre; J. Villanueva; J. Gteía P. 1999. Contribución al conocimiento florístico de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. POLIBOTÁNICA. 10 pp 73-103.

García, S.F. Inedito.

Honorato, S.J. 2002. Química de la madera de encinos. In: Quintanar, J. Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. INIFAR. CIRCE. Campo experimental Sn. Martinito, Tlahuapan. Puebla. Mex. Libro técnico No. 2. pp. 86-106.

Hueso, J.A. 2002. Prontuario de la barrica. Documento interno. toneleriavictoria.com.es. Consultado 19 de abril de 2005. pp 31.

Ibáñez, F.C ; Barcina, Y. 2001. Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones. España, Ed. Springer. pp. 260.

Mark, E.R. 1979. Molecular and cell wall structure of Wood. In: Wangaard, F.F. Wood: Its structure and properties. The Pennsylvania State University. pp 51-100.

NOM-070-SCFI-1994. Bebidas alcohólicas- Mezcal-Especificaciones.

Panshin, A.J; De Zeeuw, C. 1980. Textbook of Wood technology, structure, identification, properties, and uses of the commercial wood of the United States and Canada. 4^a.ed, Ed. Mc Graw Hill series in forest resources. pp 11-54.

Pérez, M.D. 1997. El mezcal en el Altiplano Potosino-Zacatecano. Centro de Investigación y Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Químicas de la U.A.S.L.P. pp 41-44.

Pettersen. 1984. Química de la madera de encinos. En: Quintanar, J. Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. INIFAR. CIRCE. Campo experimental Sn. Martinito, Tlahuapan. Puebla. Mex. Libro técnico No. 2. pp. 86-106.

Ramírez, P. 2000. La industria e la tontería en Montilla. Evolución histórica y perspectivas de futuro. España. pp. 149.

Rogers, B. 2002. Renewing oak flavors with inserts, oak chips and remanufacturing. The Australian & New Zealand grapegrower & winemaker. Issue of july. www.grapeandwine.com.au/allissues.htm. Consultado 18 de abril de 2005.

Rosales, C., M. y R.F. González L. 2003. Comparación del contenido de compuestos fenólicos en la corteza de ocho especies de pino. Madera y Bosques 9(2) pp 41-49.

Rzedowski, J. 1961. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Actividad Científica Potosina, México DF. Pp 57,58.

Saka, S. 2000. Chemical composition and distribution of wood. En: Hon,D.N.S; Shiraishi, N. Wood and cellulosic chemistry. Marcel Dekker, Inc. New Cork. 2^a ed. pp 51-81.

Sakakibara, T y Yoshihiro, S. 2000. Chemistry of extractives. En: Hon,D.N.S; Shiraishi, N.Wood and cellulosic chemistry. Marcel Dekker, Inc. New Cork. 2ª ed. pp 109-173.

Sancho, J. 2002. Introducción al análisis sensorial de los alimentos, 1ª Ed., Editorial Alfaomega, México

Stevenson, T. 1997. The new Sotheby's wine encyclopedia. Dorling Kindersley. Londres. pp 600.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries (TAPPI). 1998. Solvent extractives in wood and pulp. TAPPI Test Method T 204 om-88. TAPPI Press. Atlanta.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries (TAPPI). 1998. Water solubility of wood and pulp. TAPPI Test Method T 207 om-88. TAPPI Press. Atlanta.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries (TAPPI). 1998. Ash in wood and pulp. TAPPI Test Method T 211 om-85. TAPPI Press. Atlanta.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries (TAPPI). 1998. Acid-insoluble lignin in wood and pulp. TAPPI Test Method T 222 om-88. TAPPI Press. Atlanta.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries (TAPPI). 1998. Sampling and preparing wood for analysis. TAPPI Test Method T 204 om-88. TAPPI Press. Atlanta.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries (TAPPI). 1998. Preparation of extractive free-wood. TAPPI Test Method T 204 om-88. TAPPI Press. Atlanta.

Thomas, J.R. 1979. Wood anatomy and ultrastructure. In Wangaard, F.F.Wood: Its structure and properties. The Pennsylvania State University. pp 109-119.

Umezawa T. 2000. Chemistry of extractives. En: Hon, D.N.S; Shiraishi, N.Wood and cellulosic chemistry. Marcel Dekker, Inc. New Cork. 2ª ed. pp. 213-242.

Valencia, S. 2004, Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Bol. Soc. Bot Méx. 75 pp 33-53.

www.worldcooperage.com/pages/product_barrels_octave.html. Consultada 10 de abril de 2005.

Zavala, F.1990. Los encinos mexicanos: un recurso desaprovechado, Ciencia y desarrollo. (16)95:43-51.

Zavala, F, 1995. Botánica Funcional, metabolitos secundarios en encinos, Archivo TEMFIT.001.

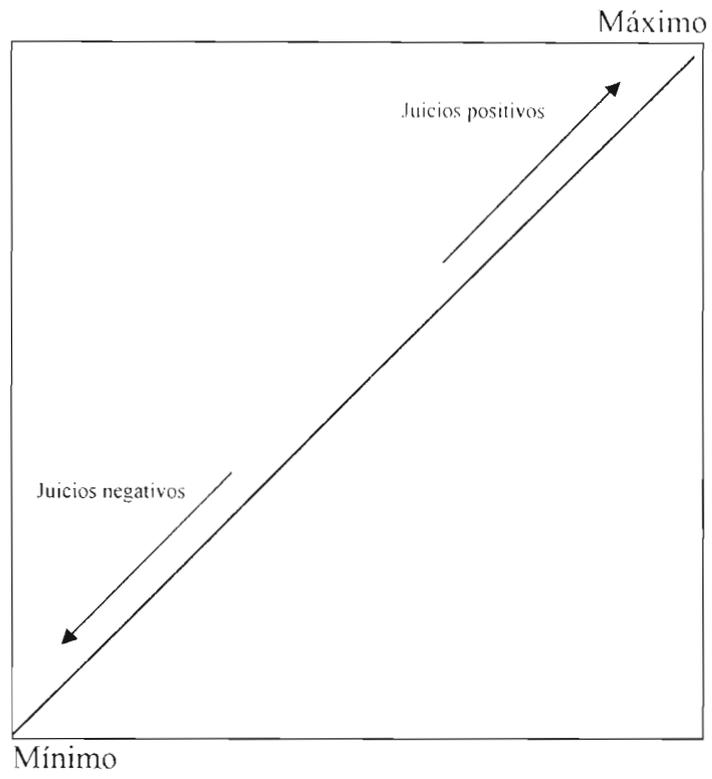
VIII. ANEXO I

INSTRUCCIONES PARA LOS EVALUADORES

- Durante todo el proceso de cata, no debe haber comunicación entre los catadores.
- Recuerde que un gesto o cualquier otra actitud de aprobación o desaprobación, puede influir en la opinión de los otros participantes. Su opinión, sea cual fuere, debe ser reflejada en su hoja de registro. Si tuviera opiniones o comentarios extra-calificación, es importante que utilice el reverso de la misma, correspondiente a la muestra que está evaluando.
- No está permitido fumar en el salón de la cata y es deseable que no se fume previo a la realización de ésta.
- Se recomienda que el día del catado se evite el uso de lociones o perfumes.
- De preferencia el día de la cata se debe tomar un desayuno o comida ligeros sin demasiados condimentos o picante.
- Recuerde que es su percepción y opinión, sobre la muestra en turno, la que vale y no el qué o cómo pudiere parecerle a otra persona.
- No intente hacer comparaciones; no tiene que conectar la muestra en turno con alguna marca en particular; realice su evaluación como si cada una de las muestras fuera única. Cada una de las muestras tendrá sus propias características, positivas o negativas, sus cualidades, atributos y esos son los que deben contar para usted, de acuerdo con su gusto y preferencias, ya que esto es finalmente lo que se busca.
- Es importante que al pasar de una a otra muestra, elimine el sabor de la anterior con un poco de galleta sin sal y agua.
- Las muestras para la evaluación de aroma y sabor, se irán presentado una a una. Las muestras para el color se presentarán simultáneamente.
- Recuerde que su evaluación será un aporte significativo para este trabajo.
- Considere que su evaluación de cada muestra es en extremo valiosa y que con sus calificaciones estará afectando positiva o negativamente a esa muestra, por lo que se debe realizar con extrema imparcialidad y absoluta honestidad.
- Es importante que las calificaciones las anote correctamente en la hoja de registro correspondiente,
- Asegúrese de llenar todos los datos en cada una de las hojas de evaluación, de manera clara y legible. Si lo requiere solicite hojas de repuesto.

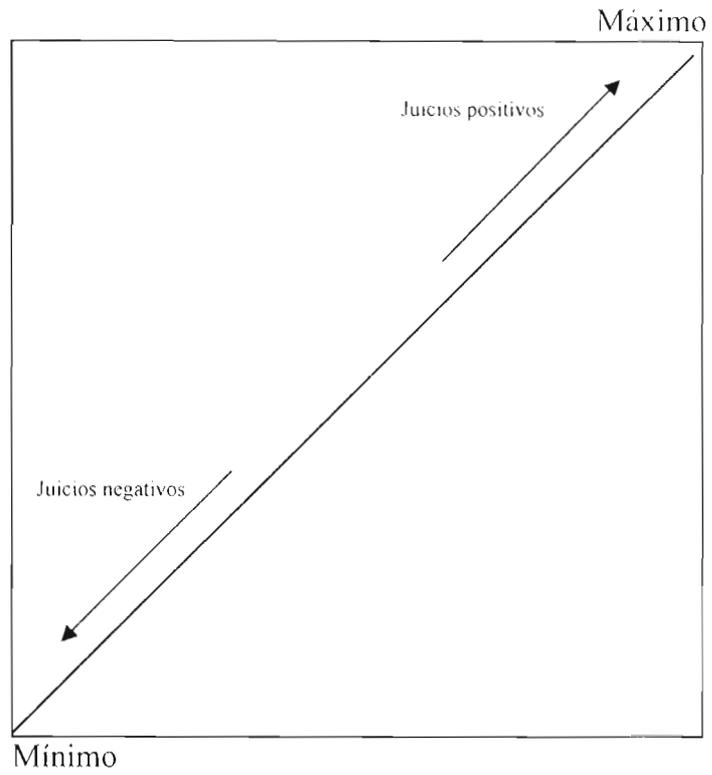
Evaluador _____ Fecha: _____ Tratamiento: _____

AROMA



Evaluador _____ Fecha: _____ Tratamiento: _____

SABOR



Evaluador : _____ Fecha: _____

