



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Química

DESTILACION DE LA RESINA DE PINO OCOTE (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*) EXTRAIDA EN EL MUNICIPIO DE GRANADOS, BAJA VERAPAZ PARA LA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACION DE COLOFONIA (*Rosyn*) A NIVEL LABORATORIO.

RODERICO ANIBAL AJA MORATAYA

Asesor: Inga. Telma Maricela Cano Morales

Coasesor: Ing. For. Msc. José Mario Saravia Molina

Guatemala, marzo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DESTILACION DE LA RESINA DE PINO OCOTE (*Pinus ocarpa Schiede ex Schltdl*) EXTRAIDA EN EL MUNICIPIO DE GRANADOS, BAJA VERAPAZ PARA LA OBTENCION Y CARACTERIZACION DE COLOFONIA (*Rosyn*) A NIVEL LABORATORIO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RODERICO ANIBAL AJA MORATAYA
ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
COASESORADO POR EL ING. FOR. JOSE MARIO SARAVIA MOLINA

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, MARZO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herberth De León Morales
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**Destilación de la resina de Pino Ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*)
extraída en el municipio de Granados, Baja Verapaz para la obtención y
caracterización de colofonia (*Rosyn*) a nivel laboratorio,**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Química, con fecha 29 de noviembre de 2005.

Roderico Aníbal Aja Morataya

DEDICATORIA A:

DIOS

Por ser mi protector, por darme la sabiduría para no perderme en el camino, por haber hecho más suaves mi caídas y, sobre todo, por haberme dado la fuerza necesaria para ponerme de pie nuevamente. Gracias papá Dios.

MI MADRE

Por cada noche y madrugada de trabajo, por cada carga llevada y traída, por cada consejo, por haber sido mi madre y mi padre y, sobre todo, por haber creído siempre mí. Gracias Amanda Te amo.

MI PADRE

Dr. Enrique Aja, por no dudar de ninguna de mis capacidades, gracias. Un olivo sobre su tumba (Q.E.P.D.). Los héroes son recordados, pero las leyendas nunca mueren.

MI HERMANO

Lic. Enrique Aja, por ser un verdadero hermano, un amigo y un excelente ejemplo de hombre a imitar.

A LAS FUTURAS

GENERACIONES

DE LA FAMILIA AJA Para que este logro les sirva de ejemplo y lo superen.

AGRADECIMIENTOS A:

Inga. Telma Cano

Gracias por creer en mí, por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo, por su apoyo y por haberme brindado sus conocimientos sin celo alguno.

Ing. Mario Santos

Por el cariño, la amistad y los consejos brindados desde la infancia. Gracias Tato.

Mis amigos

Víctor Hugo Chang, Ing. Erickson Escobar, Claudia Morales, Nora Deulofeu, Mario Fonseca, Luis Arriola, Carlos Argueta, Diego Telles, Arturo Echeverria, Cristóbal García, Edwynn Raxón, Etel Miranda, Fernando Mérida, Mario Santos, Brian Borrayo, Juan Andrés Santos, Oscar Girón, Karina Gaitan, Susana Aroche, Renato Muñoz, Cam Lim Chang, Gustavo Hidalgo, Jacobo Lou, Marco Antonio Velásquez, Francisco Granados, Magda Juarez, Adrián Soberanis, Krista Aguilar, Alejandra Villatoro, Dario Barraza, Adela Marroquin, por su ayuda y, sobre todo, por brindarme el tesoro mas grande que existe SU AMISTAD.

Mis compañeros de Química Industrial

Francisco Paz, Mario Mérida y Manolo Muralles por su apoyo y amistad brindada durante este proyecto.

Ing. Cesar García

Por su apoyo y confianza en la revisión de este trabajo.

Ing. José Mario

Saravia

Por su apoyo y respaldo en el trabajo realizado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
HIPÓTESIS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Especie forestal de donde se extrajo la resina	1
1.1.1 Sinonimias	1
1.1.2 Nombre(s) comun(es)	1
1.1.3 Descripción	2
1.1.4 Usos	3
1.1.4.1 Combustible	3
1.1.4.2 Industrial	3
1.1.4.3 Medicinal	4
1.1.5 Hábitat	4
1.1.6 Manejo	4
1.1.7 Aprovechamiento	5
1.2 Resina de pino	6
1.2.1 Sistemas de resinación	8
1.2.1.1 Sistema de cajete o americano primitivo	8
1.2.1.2 Sistema de resinación de cajete con apertura	9
1.2.1.3 Sistema de Crott	10

1.2.1.4 Sistema espina de pescado, mazek o alemán-americano	11
1.2.1.5 Sistema de resinación francés o de Hughes	12
1.2.1.6 Labores de método	13
1.2.1.7 Operaciones de resinación	17
1.3 Colofonia de trementina	18
1.4 Colofonia de madera	19
1.5 Colofonia de aceite de resina	20
1.6 Grados de colofonia	20
1.7 Usos de las colofonias no modificadas	21
1.8 Composición de colofonias de resina y madera	21
1.8.1 Reacciones en el grupo carboxilo	23
1.8.1.1 Formación de sales	24
1.8.1.2 Esterificación	25
1.9 Colofonias modificadas	26
1.9.1 Ligamiento	26
1.10 Destilación	27
2. METODOLOGÍA	29
2.1 Metodología de Investigación	29
2.1.1 Localización	29
2.1.2 Recursos	31
2.2 Metodología Experimental	33
2.2.1 Preparación de Muestras	33
2.3 Diseño de Tratamientos	35
2.4 Análisis Estadístico	36
3. RESULTADOS	39
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45

CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	53
BIBLIOGRAFÍA	55
APÉNDICE	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Pino ocote, <i>Pinus oocarpa Schiede ex Schtdl</i>	01
2.	Sistema de resinación de cajete o americano primitivo	08
3.	Sistema de resinación de cajete con apertura de cara	10
4.	Sistema de resinación de Crott	11
5.	Sistema de resinación francés o de Hughes	13
6.	Dimensiones del área derroñada en un árbol que se va abrir a la resinación	14
7.	Árbol derroñado con apertura de entalladura; dimensiones de la entalladura	15
8.	Árbol abierto a la resinación que muestra el inicio de una cara, entalladura, visera y envase apoyado en el suelo	16
9.	Fase de la rebana en la resinación del método francés	17
10.	Estructura del ácido abiótico	22
11.	Gravedad específica promedio de la colofonia, <i>Rosyn</i> , obtenida para las mezclas 1 y 2	45
12.	Equipo utilizado en la obtención de colofonia, <i>Rosyn</i> , a nivel laboratorio	70
13.	Muestras de colofonia, <i>Rosyn</i> , obtenidas utilizando mezcla 1 (20%-5.71%-74.29%) y tiempo de destilación de 6 horas a nivel laboratorio	71

14.	Muestras de colofonia, <i>Rosyn</i> , obtenidas utilizando mezcla 2, 15.15%-8.57%-74.28% y tiempo de destilación de 6 horas a nivel laboratorio	72
15.	Muestras de colofonia, <i>Rosyn</i> , obtenidas utilizando mezcla 2, 15.15%-8.57%-74.28% a nivel laboratorio	73
16.	Muestras de colofonia, <i>Rosyn</i> , obtenidas utilizando mezcla 1, 20%-5.71%-74.29%	74
17.	Muestras de colofonia, <i>Rosyn</i> , obtenidas para las diferentes Mezclas y Muestra Comercial	75

TABLAS

I.	Composición de las fracciones neutras de la colofonia	22
II.	Datos típicos para el diseño de bloques al azar	35
III.	Análisis de varianza para el experimento de bloque aleatorio	37
IV.	Resultados obtenidos de gravedad especifica utilizando mezcla 1 (20%-5.71%-74.29%)	38
V.	Resultados obtenidos de gravedad especifica utilizando mezcla 2 (15.15%-8.57%-74.28%)	38
VI.	Resultados obtenidos de punto de fusión utilizando mezcla 1 (20%-5.71%-74.29%)	39
VII.	Resultados obtenidos de punto de fusión utilizando mezcla 2 (15.15%-8.57%-74.28%)	39
VIII.	Resultados obtenidos de dureza utilizando mezcla 1 (20%-5.71%-74.29%)	40
IX.	Resultados obtenidos de dureza utilizando mezcla 2 (15.15%-8.57%-74.28%)	40
X.	Resultados obtenidos de rendimiento de colofonia, <i>Rosyn</i> , utilizando mezcla 1 (20%-5.71%-74.29%)	41
XI.	Resultados obtenidos de rendimiento de colofonia, <i>Rosyn</i> , utilizando mezcla 2 (15.15%-8.57%-74.28%)	41
XII.	Resultados obtenidos de rendimiento de aguarrás utilizando mezcla 1 (20%-5.71%-74.29%)	42
XIII.	Resultados obtenidos de rendimiento de aguarrás utilizando mezcla 2 (15.15%-8.57%-74.28%)	42
XIV.	Datos calculados para gravedad especifica	57
XV.	Datos calculados para punto de fusión	58
XVI.	Datos calculados para dureza	59
XVII.	Datos calculados para rendimiento de colofonia, <i>Rosyn</i> ,	60

XVIII. Datos calculados para rendimiento de aguarrás	61
XIX. Resultados de Análisis de Varianza para gravedad específica	62
XX. Resultados de Análisis de Varianza para punto de fusión	63
XXI. Resultados de Análisis de Varianza para dureza	64
XXII. Resultados de Análisis de Varianza para rendimiento de colofonia, <i>Rosyn</i> .	65
XXIII. Resultados de Análisis de Varianza para rendimiento de aguarrás	66
XXIV. Datos de muestra comercial	67
XXV. Resultados promedio de la caracterización de colofonia, <i>Rosyn</i> , utilizando mezcla 1 (20%-5.71%-74.29%)	68
XXVI. Resultados promedio de la caracterización de colofonia, <i>Rosyn</i> , utilizando mezcla 2 (15.15%-8.57%-74.28%)	69

LISTA DE SÍMBOLOS

F_o	Fisher observada.
F	Fisher tabulada.
SSA	Suma de cuadrados para tratamientos o regiones.
SSE	Suma de cuadrados para el error.
SST	Suma de cuadrados total.
n	Repeticiones u observaciones
N	Total de observaciones.
H_o	Hipótesis nula.
H_a	Hipótesis alternativa.
μ_i	Media para cada parámetro.
g	Gramos.
ml	Mililitros.

°C	Grado Celsius.
Σ	Sumatoria.
Msnm	Metros sobre el nivel del mar.
Yi	Sumatoria de los totales de observaciones.
y	Sumatoria de los promedios de las observaciones.

GLOSARIO

Aceite esencial	Constituyen una mezcla de sustancias volátiles, en donde predominan los terpenos y terpenoides oxigenados, alcoholes y ácidos.
Ácidos grasos	Compuestos orgánicos pertenecientes a los ácidos carboxílicos. Presentes en aceites y grasas como mezclas de ésteres grasos y glicerina.
Adhesivo	Sustancia capaz de mantener materiales juntos por medio de una unión superficial.
Aguarrás	Es uno de los compuestos que se obtienen al destilar la goma de trementina, conocido como esencia de trementina.
Albura	Capa de color blancuzco, blanda que se halla bajo la corteza en los troncos o tallos leñosos de los vegetales gimnospermos y angiospermos dicotiledonios, formada de anillos anuales más jóvenes.
Cohesión	Estado en el cual, las partículas de un adhesivo se mantienen unidas.

Colofonia	Es un producto que se obtiene de la resina de pino o de la madera de tocones de los pinos y contiene, principalmente, ácidos resínicos con pequeñas cantidades de compuestos no ácidos. Su color varía de amarillo pálido a rojo más o menos oscuro, según la fuente y el método de recogerla y tratarla; es translúcida y frágil a temperaturas ordinarias.
Corteza	Parte exterior dura de árboles, de cientos de frutos y algunos alimentos.
Destilación	Es la separación de los constituyentes de una mezcla líquida por vaporización parcial de la misma, y la recuperación separada del vapor y residuo. Los constituyentes más volátiles de la mezcla inicial se obtienen en creciente concentración en el vapor; los menos volátiles, en concentración mayor en el residuo.
Fuste	Parte sólida de los árboles, conjunto del tallo y las hojas.
Goma de trementina	Es la oleoresina que fluye de la corteza del pino y que puede separarse, por destilación, en esencia de trementina y colofonia.
Ligamiento	La propiedad de un adhesivo de ser capaz de formar una unión de fuerza medible, inmediatamente, después de que el adhesivo es puesto en contacto,

bajo ligera presión; es conocida como ligamiento o pegajosidad.

Lignina

Compuesto de naturaleza aromática de alto peso molecular, con una probable asociación con los polisacáridos de la madera.

Médula

Conocida como duramen, en el interior de las raíces y tallos de las plantas fenerógamas. Parte compacta y seca, de color oscuro, de las ramas gruesas y del tronco del árbol.

Oleoresina

Líquido procedente de varias plantas, en donde en un aceite volátil se disuelve en la resina.

Polimerización

Reacción química en la cual las moléculas de un monómero son enlazadas en sí mismas para formar grandes moléculas. Cuando están envueltos dos monómeros es llamada copolimerización.

Terpenos

Son hidrocarburos de composición $C_{10}H_{16}$ derivados del isopreno C_5H_{10} . En los aceites esenciales aparecen monoterpenos,

RESUMEN

Se obtuvo y caracterizó colofonia, *Rosyn*, a nivel laboratorio a partir de la destilación de la resina de pino ocote, *Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*, extraída en el municipio de Granados, Baja Verapaz.

Las muestras de resina utilizadas fueron preparadas, en el laboratorio de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería; limpiándolas de impurezas como hojas de pino, insectos y pedazos de corteza, a través de un leve calentamiento con el propósito de disminuir su viscosidad y, así, drenarlas a través de un tamiz y coleccionarlas posteriormente en un recipiente plástico, para evitar la oxidación de las mismas.

Los ensayos físico-mecánicos realizados son los siguientes: gravedad específica, punto de fusión y rendimiento, reportado como % en peso, así como la dureza, según norma ASTM D2240.

Se analizaron 2 mezclas de resina-agua-aguarrás mezcla 1: 74.28% - 20% - 5.71% y la mezcla 2: 74.28% - 17.14% - 8.57% a 3 diferentes tiempos (tiempo 1 = 2 horas, tiempo 2 = 4 horas y tiempo 3 = 6 horas) y 3 repeticiones.

En las tablas IV - XIII se muestran los resultados obtenidos mediante la experimentación, esto permite comparar las propiedades de las mezclas 1 y 2 mostrando que existe diferencia significativa entre ambas al variar el tiempo; en la gravedad específica, punto de fusión y dureza, no así en el rendimiento.

Finalmente, se afirma también que para la mezcla 1 (74.28% - 20% - 5.71%) y en tiempo de 6 horas se obtuvo una reproducción similar en densidad, punto de fusión, rendimiento y dureza a la muestra comercial.

OBJETIVOS

- **General**

Obtener y caracterizar Colofonia, *Rosyn*, a nivel laboratorio a partir de la destilación de la resina de Pino Ocote, *Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl.*

- **Específicos**

1. Obtener colofonia, *Rosyn*, a partir de la resina de pino ocote, *Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*, con el fin de obtener los parámetros necesarios para el escalonamiento a nivel planta piloto y posterior aplicación industrial.
2. Evaluar el efecto del tiempo en el proceso de destilación de la resina de pino ocote, *Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*, para la obtención de colofonia, *Rosyn*.
3. Evaluar el porcentaje de rendimiento de colofonia, *Rosyn*, y aguarrás obtenido en el proceso de destilación de la resina de pino ocote, *Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*.
4. Utilizar diferentes mezclas de agua - aguarrás y resina para la obtención de colofonia, *Rosyn*, a partir de la destilación de la resina de pino ocote, *Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*.

HIPÓTESIS

El rendimiento y la propiedades físico-mecánicas de la colofonia, *Rosyn*, obtenida a través de la destilación de la resina de pino ocote, *Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*, pueden ser afectadas significativamente por el tiempo y la proporción de la mezcla, agua-aguarrás-resina, utilizada en la destilación.

Hipótesis estadística

Hipótesis nula (H_0)

No existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento de colofonia, *Rosyn*, a diferentes proporciones de mezcla, agua-aguarrás-resina, en la destilación de la misma.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Hipótesis alternativa (H_a)

Si existe diferencia significativa entre el porcentaje de rendimiento de colofonia, *Rosyn*, a diferentes proporciones de mezcla, agua-aguarrás-resina, en la destilación de la misma.

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Hipótesis nula (H₀)

No existe diferencia significativa en las propiedades físico-mecánicas de la colofonia, *Rosyn*, a diferentes tiempos de destilación.

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta_3$$

Hipótesis alternativa (H_a)

Si existe diferencia significativa en las propiedades físico-mecánicas de la colofonia, *Rosyn*, a diferentes tiempos de destilación.

$$\beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$$

INTRODUCCIÓN

La colofonia, *Rosyn*, es una resina que se obtiene de la destilación de la trementina o goma del pino. Contiene, principalmente ácidos resínicos con pequeñas cantidades de compuestos no ácidos. Es translúcida, frágil a temperaturas ordinarias y tiene ligero olor y sabor parecido a la trementina. Es insoluble en agua, pero se disuelve bien en la mayoría de las grasas y disolventes orgánicos, entre ellos los alcoholes, éter, benceno y disulfuro de carbono.

Esta resina, a veces, se utiliza tal como es y, en otras ocasiones, recibe un tratamiento químico. La colofonia, *Rosyn*, sin modificar se utilizó extensamente en la industrias de tintas tipográficas, linóleo, barnices, aislamiento eléctrico, fósforos y, otras muchas, pero ha sido desplazada en gran parte por materiales sintéticos, aunque todavía se emplea en muchas áreas, pero, en la mayoría de los casos, como colofonia modificada, es decir que recibe algún tratamiento antes de ser empleada.

El desplazamiento se ha debido a que, en varios casos, no era adecuada para las aplicaciones mencionadas por tres propiedades: la tendencia a cristalizar de los disolventes empleados, la oxidación por el oxígeno atmosférico a causa de su insaturación y la reacción con sales de metales pesados como los barnices. En la mayoría de los casos, las pérdidas por cristalización y reacción con las sales de metales pesados y la coloración causada por oxidación se toleraban por dos motivos: no se conocían los métodos para evitarlas y la colofonia, *Rosyn*, ofrecía otras propiedades, cuya ventaja deseaba el consumidor.

En Guatemala, se sigue llevando el proceso de resinación o extracción de trementina y existe una fuente sustancial de colofonia, *Rosyn*, en el

departamento de Baja Verapaz 189 564 toneles de resina de Pino ocote, *Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl* donde 1 tonel = 280 libras de resina pero no se le ha dado un uso apreciable a nivel industrial.

En el presente trabajo, se utilizó una muestra de resina, para la obtención de colofonia, *Rosyn*, la cual para su adecuada utilización cumplió con ciertas características o parámetros como escala de color y su equivalente en la misma, así, también, sus propiedades físico-mecánicas como densidad, punto de fusión y dureza, siendo estas últimas las cuales se lograron fijar como punto de partida para el escalamiento a nivel planta piloto, y su posterior aplicación en la mejora del proceso artesanal que se lleva a cabo en el municipio de Granados, Baja Verapaz.

1. MARCO TEÓRICO

La colofonia, *Rosyn*, es el producto que se obtiene de pino o de la madera de tocones de los pinos y contiene, principalmente, ácidos resínicos con pequeñas cantidades de compuestos no ácidos. Es translúcida, frágil a temperaturas ordinarias y tiene ligeros olor y sabor parecidos a la trementina. Es insoluble en agua, pero se disuelve bien en la mayoría de las grasas y disolventes orgánicos, entre ellos: los alcoholes, éter, benceno y disulfuro de carbono.

1.1 Especie forestal de donde se extrajo la resina

Pino ocote, *Pinus oocarpa Schiede ex Schlttdl.*

1.1.1 Sinonimias

Pinus oocarpoides Lindley ex Laudon.

1.1.2 Nombre(s) común(es)

Ocote, Ocote chino, Ocote macho, Pino cerdón, Pino colorado, Pino prieto, Pino resinoso, Pino trompillo, Planta de ocote, Tuusha, mixteco.

Figura 1. Pino Ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl)



Foto: CIDE- Colegio de Postgrad.

Fuente: <http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/PinusOocarpa.html>

1.1.3 Descripción

Árbol de 12-18 (25) m de altura por 40-75 cm de diámetro, con la copa por lo común redondeada y frecuentemente compacta; ramas fuertes y extendidas; corteza agrietada, obscura o grisácea, con placas delgadas, largas y casi rectangulares de color amarillento interiormente. Ramillas morenas, ásperas al principio y después escamosas, desapareciendo la aspereza debido a la caducidad de la base de las brácteas. Hojas en grupos de 5 pocas veces de 3-4 en algunos fascículos, de 17-30 cm, aglomeradas, anchamente triangulares de color verde claro, brillantes, tiesas y ásperas, rara vez suaves y flexibles, bordes finamente aserrados. Vainas persistentes de color castaño obscuro, de 20-30 mm y con escamas acuminadas. Yemas ovoides cónicas u oblongas de color castaño brillante. Conillos son subterminales, subglobosos, algo ensanchados en la parte media, sobre pedúnculos escamosos de unos 3 cm de largo, comúnmente solitarios, con escamas anchas, casi triangulares con

pequeñas puntas gruesas y casi romas. Conos anchamente ovoides u ovoide-cónico, cortamente atenuados, a veces casi globulosos; fuertes y pesados, algo reflejados y en ocasiones ligeramente oblicuos, colgantes, de 5.5-8 cm de largo. El cono abierto suele medir hasta 10 cm de diámetro y afecta la forma de una roseta regular y simétrica; su color es ocre con tintes verdosos, brillante; se presentan solitarios, por pares o en grupos de tres; persistentes, sobre pedúnculos débiles, de 2-3 cm; a veces se ven algo resinosos cerca de la base y al caer llevan consigo el pedúnculo. Las escamas son gruesas, moreno oscuras interiormente y abajo del umbo; aplastadas destacándose claramente las huellas de las alas; algo ensanchadas en su parte media, afectando una forma casi lirada; ápice recto, anguloso o algo redondeado; umbos de cortorno irregular, pero uniforme, con quilla transversal baja y bien marcada y algunas costillas convergentes; apófisis aplastadas en las escamas cercanas a la punta, poco levantadas en la región media y prominentes. Semillas pequeñas, alargadas y oscuras de 7 mm, con alas de 10-15 mm, oscuras también, engrosada en su base. Madera suave y algo ligera de textura uniforme y de color claro con tinte amarillento.

1.1.4 Usos

1.1.4.1 Combustible

El tallo y ramas se usan como combustible o para la elaboración de carbón.

1.1.4.2 Industrial

Su abundante resina se usa para producir aguarrás y brea.

1.1.4.3 Medicinal

Su corteza se utiliza para el tratamiento de ansias, asma bronquial y en sahumero para curar el mal de aire. La resina hervida con hojas de eucalipto se usa en el tratamiento de la tos. La resina aplicada en forma directa se usa para el tratamiento de torceduras. La resina en píldoras se usa para tratar la temperatura alta. Las hojas en agua de tiempo se usan para el tratamiento contra disentería roja y disentería amarilla. El tallo se usa para cerrar el cordón umbilical al quemarse con ocote en aceite de oliva y parafina.

1.1.5 Hábitat

Crece en bosques de pino en altitudes de 1500 a 2400 msnm. Cuando frecuenta bosques de pino–encino su rango altitudinal es ligeramente más amplio, de 1400 a 2500 msnm. Ocasionalmente se encuentra en bosques de *Juniperus* entre los 1600 y 2000 msnm y en bosques de encino y otras coníferas entre los 1700 y 2200 msnm.

1.1.6 Manejo

Esta especie se usa comúnmente para la producción de madera. Se estima que su rendimiento varía entre 3-6 m³/ha/año, con turnos (bajo reproducción natural) entre 40-60 años. La especie es tolerante y responde favorablemente a aclareos. El manejo de este pino para producción de resina, principal producto no maderable que de él se obtiene no es muy específico. Generalmente se restringe a cortar caras de forma tal que cause la menor perturbación al árbol, aplicación de estimulantes y fomentar la buena sanidad de las caras. La sección sobre resina presenta un resumen del manejo específico del arbolado para la obtención de este producto.

1.1.7 Aprovechamiento

El principal producto no maderable de esta especie es la resina. Esta se extrae de la corteza de los árboles siguiendo alguno de los procedimientos más comunes. Algunos estudios estiman que la producción de resina de esta especie varía entre 4.0–4.6 Kg por cara por año, siendo una de las especies de mayor importancia por su producción resinera.

1.2 Resina de pino

Se da el nombre de resinas a diversas sustancias orgánicas que se caracterizan por su estabilidad química, sólidas o semisólidas, principalmente de origen vegetal, generalmente amorfas, de color amarillo o rojo pardo, transparentes o translucidas que no son atacadas fácilmente por bases o ácidos, insolubles en agua y en solventes inorgánicos y mas o menos solubles en diversos solventes orgánicos como el éter y el alcohol. Con moderado calor las resinas se ablandan y se funden: arden con llama fuliginosa y son malas conductoras del calor y la electricidad.

Las resinas naturales son exudaciones brillantes de granos finos que se producen en forma natural como resultado de condiciones patológicas o bien que se inducen artificialmente; son productos de secreción orgánica vegetal que llegan hasta las superficies subcorticales por la formación de canales que atravesando la madera conducen las resinas hasta dichas superficies.

Los canales resiníferos se forman por absorción celular y las células reabsorbidas vacían su contenido sobre dichos canales encargados de hacer el transporte de la resina hasta la superficie, como un mecanismo de defensa ante agrietamientos o heridas naturales o artificiales.

Los canales resiníferos se distribuyen vertical y horizontalmente en el árbol; se entrelazan unos a otros mediante rayos también de naturaleza parenquimatosa formando un sistema que se interconecta con los tejidos parenquimatosos de la

corteza interna, por el que se transportan los diferentes compuestos del metabolismo de las hojas.

En investigaciones microscópicas llevadas a cabo en *Pinus caribae* se encontró que existe un promedio de 450 canales horizontales por pulgada cuadrada de corte tangencial a la superficie del árbol y que este número puede variar desde 250 a 800 por pulgada cuadrada. Los canales resiníferos verticales son mayores que los horizontales por lo que su número es más reducido. Se han encontrado alrededor de 200 por pulgada cuadrada de sección transversal en madera normal, con una variación de 70 a 400 por pulgada cuadrada, el cual puede aumentar hasta 10 veces más que el número normal en la madera que se regenera arriba de la cara de la herida de resinación.

Las resinas de los pinos fluyen en forma de oleorresina, con olor especial y sabor agrio, como una solución de la resina llamada brea, disuelto en un aceite esencial llamado aguarrás o esencia de trementina. A esta solución de brea y aguarrás se le llama trementina o miera, la cual en contacto con el aire se vuelve viscosa, opaca y deja en el tronco, al evaporarse el aguarrás, un depósito de sustancia amarillenta.

Las familias vegetales que contienen cantidades apreciables de resinas son:

TROPICAL *Palmae, Myrothamnaceae, Zygophyllaceae, Burceraceae, Anacardiaceae, Sapindaceae, Guttiferae, Dipterocarpaceae, Myrtaceae, Convolvulaceae, Rubiaceae, Moraceae y Araliaceae.*

SUBTROPICAL *Hamamelidaceae*

TEMPLADA *Caprifoliaceae, Junglandaceae, Betulaceae, Cistaceae, Umbelliferae y Pinaceae.*

1.2.1 Sistemas de resinación

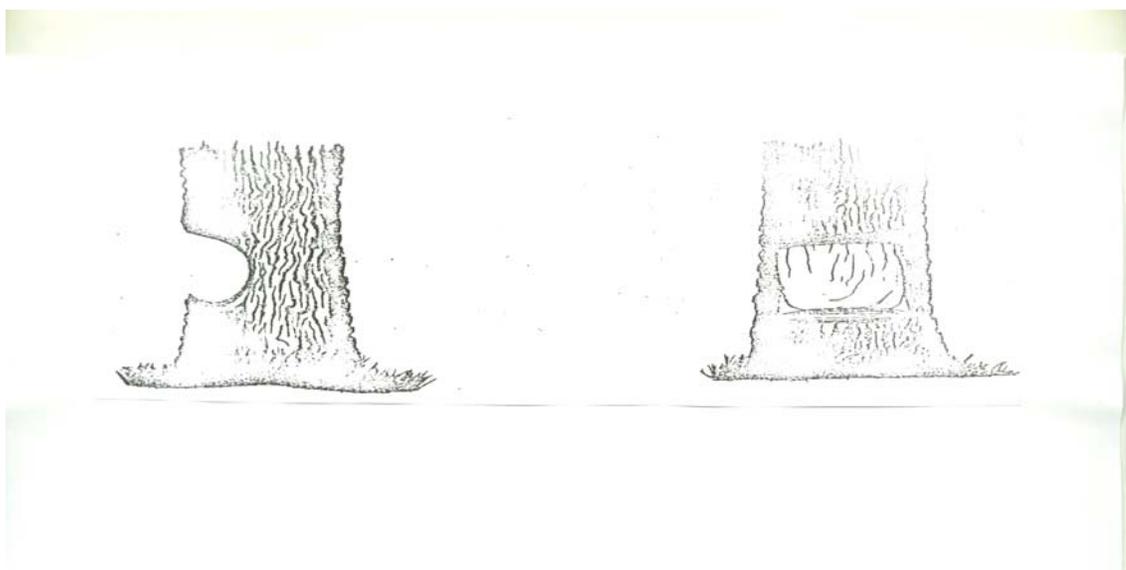
Se conoce como “sistema de resinación” el conjunto de operaciones practicadas, principalmente en las especies del genero *Pinus*, para hacer que fluya hacia el exterior la oleoresina que se condensa en las células de parénquima situadas en la región más intensa de la corteza, en cantidad suficiente para un aprovechamiento comercial.

Los sistemas de resinación más aplicados son:

1.2.1.1 Sistema de cajete o americano primitivo

También conocido como “box sistem” este método de extracción de resina originalmente consistía en abrir una oquedad o cajete en la parte inferior del fuste, que alcanzaba más de la mitad del diámetro, el cual servía para recolectar la resina que fluía de las paredes de la cavidad.

Figura 2. Sistema de resinación de cajete o americano primitivo



Fuente: (C. Remahn, 6)

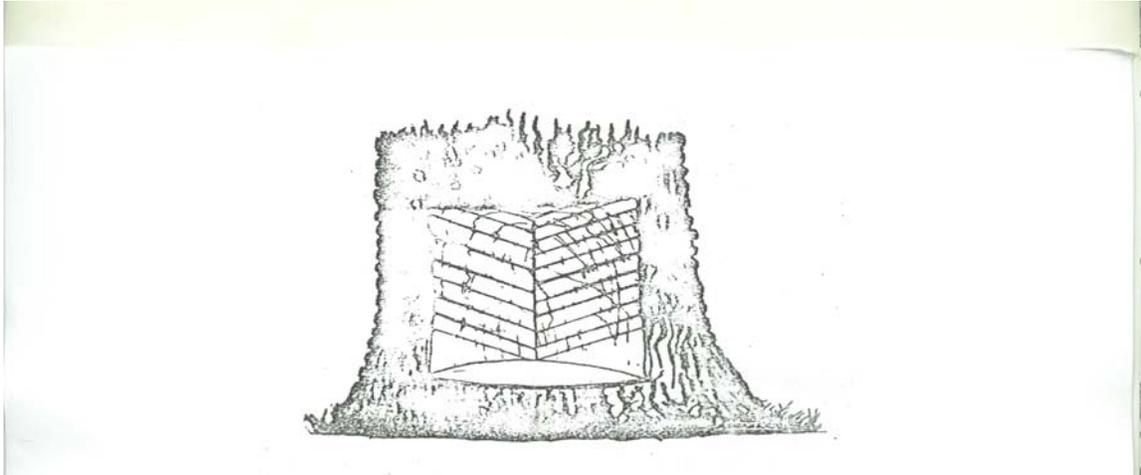
Posteriormente a este sistema se le añadió la apertura de caras o entalladuras de 50 cm de ancho y más de 5 cm de profundidad en el que para las “picas o rebanas” periódicas, utilizando hacha plana se hacían sangrías de corte oblicuo, innecesariamente profundas por donde se canalizaba la resina hasta el cajete.

1.2.1.2 Sistema de resinación de cajete con apertura de cara

Este método, carente de aspectos positivos tiene las siguientes características negativas:

- La apertura del cajete debilita excesivamente al árbol tanto desde el punto de vista fisiológico como del mecánico.
- Desperdicio de resina y aguarrás por la distancia tan larga que tiene que recorrer la primera hasta el cajete, lo cual propicia la volatilización del aguarrás.
- Es un método de resinación “a muerte” ya que irremediabilmente mata al árbol.
- Elevado peligro potencial de incendio por la gran cantidad de materias sumamente ignitivas y la mayor superficie cubierta de resina seca.
- Pérdida de madera.

Figura 3. Sistema de resinación de cajete con apertura de cara.

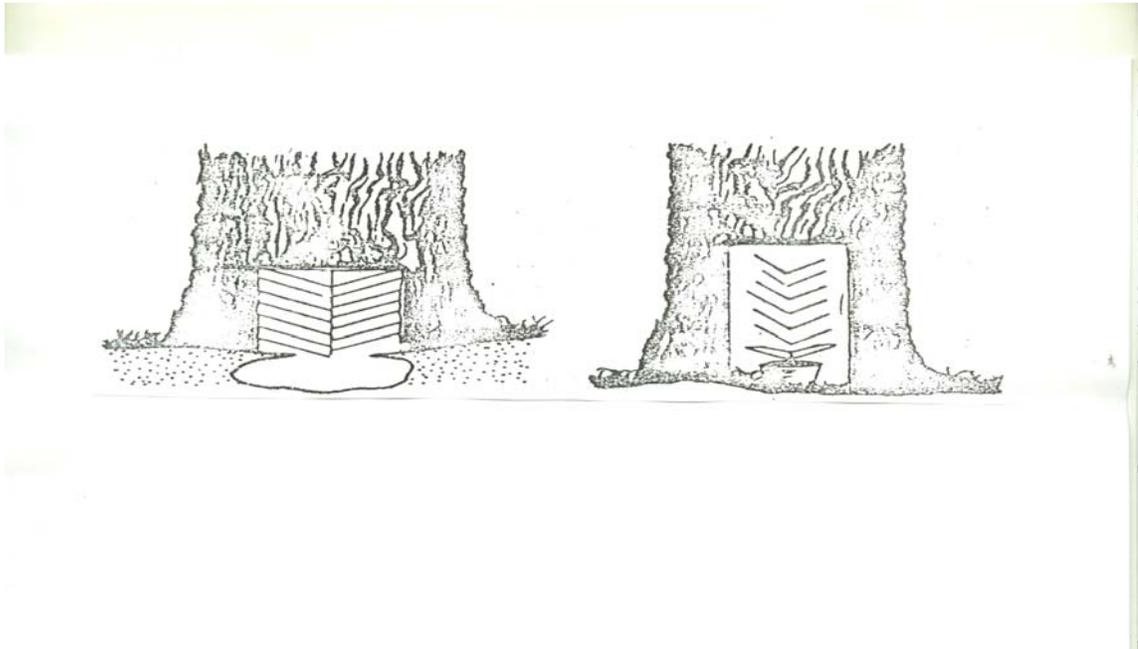


Fuente: (C. Remahn, 7)

1.2.1.3 Sistema de crott

Este sistema fue una modificación al sistema americano primitivo en el que el arbolado se debilitaba menos al no abrirse el cajete en el fuste sino que este se abría en la tierra al pie del árbol. Una desventaja adicional de este sistema fue la mala calidad de los productos por la gran cantidad de impurezas propiciadas por la apertura del cajete en la tierra y las pérdidas inherentes a la misma. Era un sistema de resinación “a muerte”.

Figura 4. Sistema de resinación de Crott



Fuente: (C. Remahn, 9)

1.2.1.4 Sistema espina de pescado, mazek o alemán-americano

Muy utilizado en Estados Unidos de Norteamérica, este sistema es similar al americano primitivo con la sustitución de la cavidad que se hacía en el fuste para recolectar la resina, por un recipiente metálico o de barro que se colocaba en la parte inferior de la cara y en el que se depositaba la oleoresina que fluía de la parte escarificada conducida a dicho recipiente, por una o dos viseras, según la variante del sistema y que sustituyeron los cortes transversales o sangrías del sistema primitivo, al mismo tiempo que se sustituyó el hacha plana por el racle para efectuar las picas, pero conservando las caras el mismo ancho.

Las caras se abrían mediante picas sucesivas en forma de “V” ascendente, principiando a una altura de 18-30 cm del suelo. La cara incrementaba en el sentido longitudinal del árbol de 28 a 60 cm anuales trabajándose cada sujeto de 2 a 8 años con caras de anchos variables de 15 a 35 cm. Los americanos abrían caras a continuación de las otras mientras que los alemanes dejaban una costilla o entrecara entre una y otra cara.

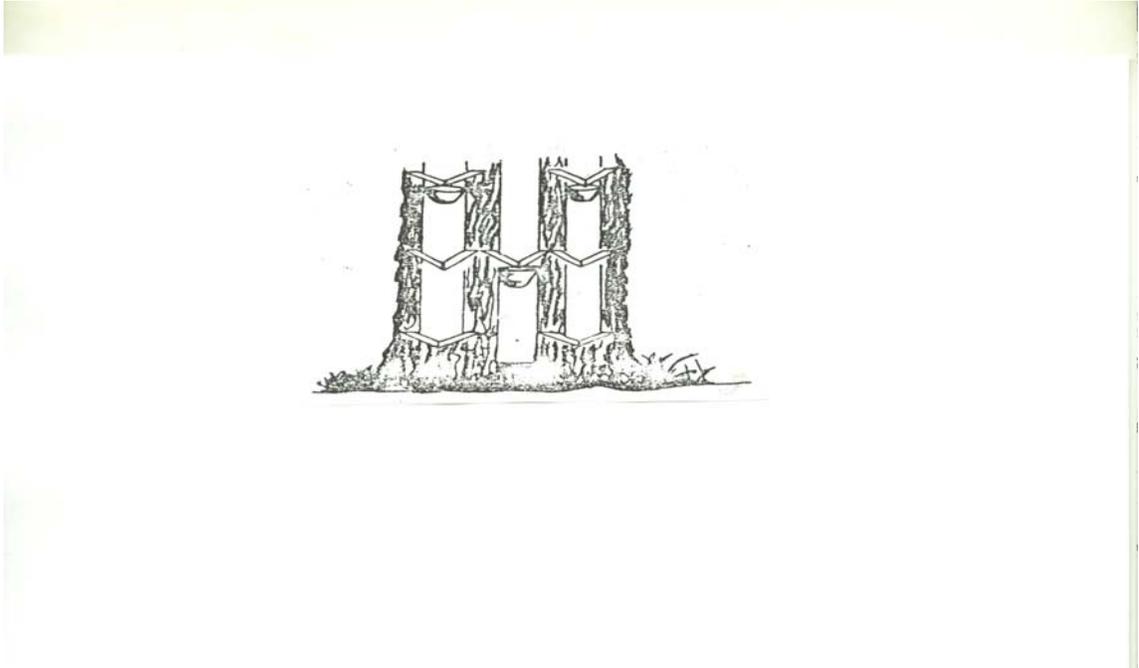
1.2.1.5 Sistema de resinación francés o de hughes

Ideado en la región de las Landas en Francia, en plantaciones de “Pino marítimo” y “Pino alepo” establecidos para el control de dunas, este sistema, con algunas modificaciones es el que en la actualidad se utiliza en forma predominante.

Las especificaciones generales del sistema francés o de hughes son las siguientes:

- El diámetro mínimo resinable originalmente este se implantó de 30 cm modificándose posteriormente a 35 cm para los bosques y arbolado que se iba a abrir a la resinación.
- Originalmente se autorizaba un ancho variable de acuerdo a la conicidad del fuste que iba de 12 cm en la parte inferior y de 10 cm en la parte superior con un máximo tolerable de 15 y 13 cm respectivamente. La anchura máxima tolerable de la cara a cualquier altura de fuste se fijó en 10 cm.
- La profundidad máxima tolerable de la pica, una vez que la zona ha sido derroñada fue fijada en 15 cm.
- Este sistema tiene establecido que se debe dejar una faja vertical de la superficie del árbol o costilla entre las caras en resinación con una anchura mínima de 10 cm que deberá ser constante c cualquiera que sea el alto que alcance la cara.

Figura 5. Sistema de resinación francés o de hughes



Fuente: (C. Remahn, 13)

1.2.1.6 Labores de método

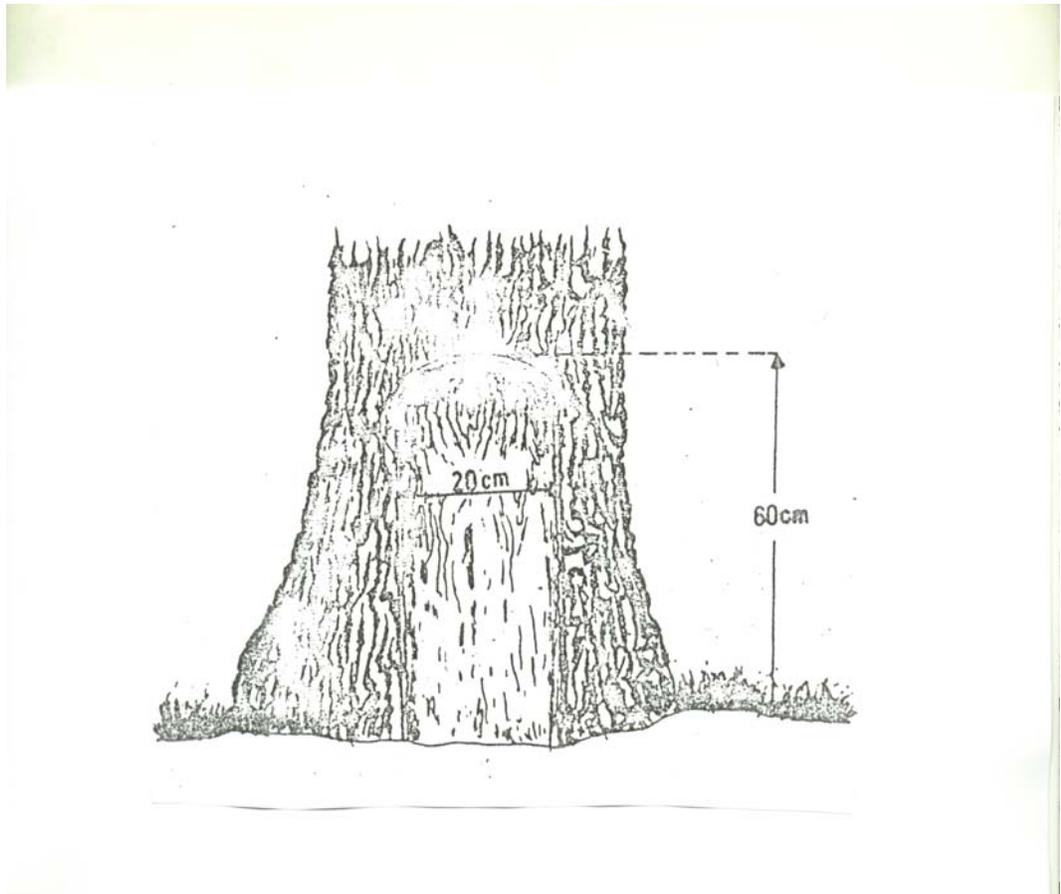
a) Derroñe o Desarroñe

Consiste en la eliminación de la parte más rugosa de la corteza sin llegar a liber o floema (descortezamiento parcial) en una superficie un poco mayor que la que ocupará la entalladura o cara de resinación a partir del nivel del suelo. En el primer año el derroñe se hace con hacha plana y en los subsecuentes de la campaña, con una herramienta especial llamada derroñador, procurando que el escarificado no afecte la zona generatriz

formando una superficie más o menos lisa y más delgada que el resto de la corteza.

El derroñe tiene como objetivo facilitar las picas y aumentar el período de fluidez de los canales resiníferos por la acción más directa que el calor de los rayos solares ejercen sobre la albura.

Figura 6. Dimensiones del área derroñada en un árbol que se va abrir a la resinación

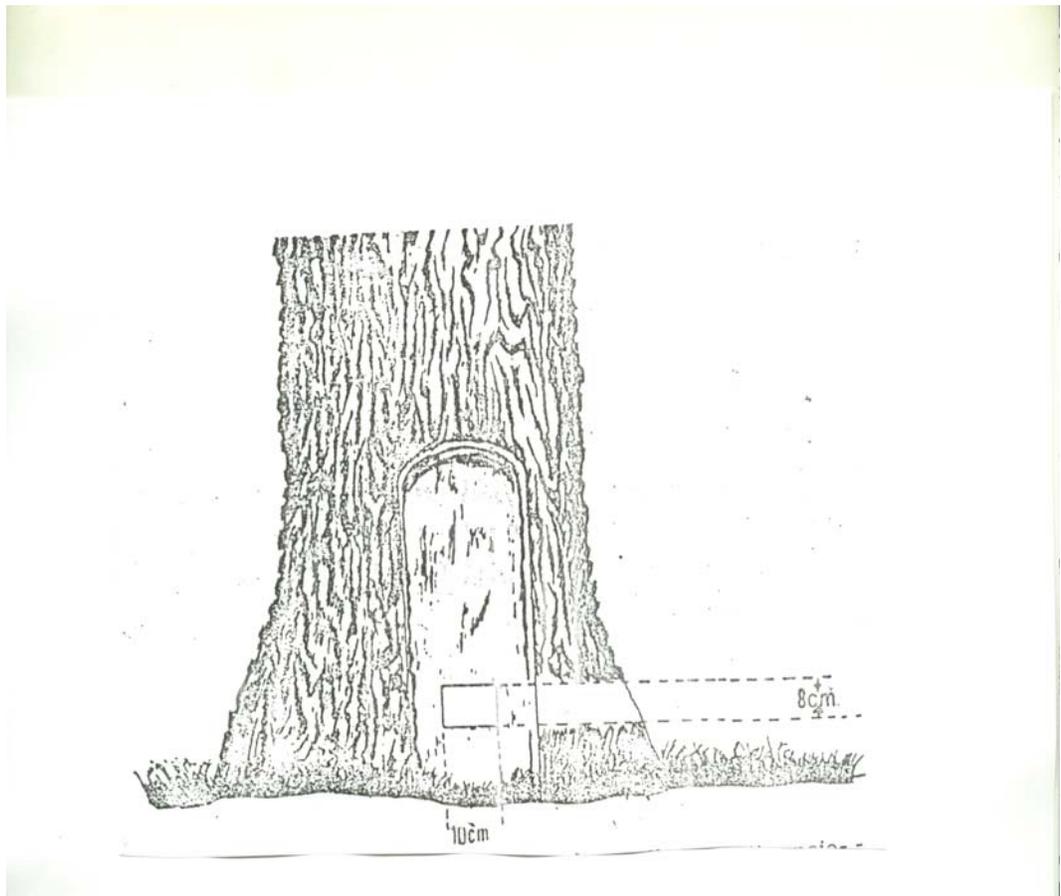


Fuente: (C. Remahn, 19)

b) Apertura de la cara

Consiste en hacer un corte en la base del fuste y a una altura del suelo que solo permita la colocación del envase (aproximadamente 11 cm). Este corte o entalladura inicial debe tener las siguientes dimensiones: 10 cm en sentido horizontal, 8 cm en el vertical y 1.5 cm de profundidad, pudiendo realizarse estos cortes con hacha curva o con hacha plana.

Figura 7. Árbol derroñado con apertura de entalladura; dimensiones de la entalladura.

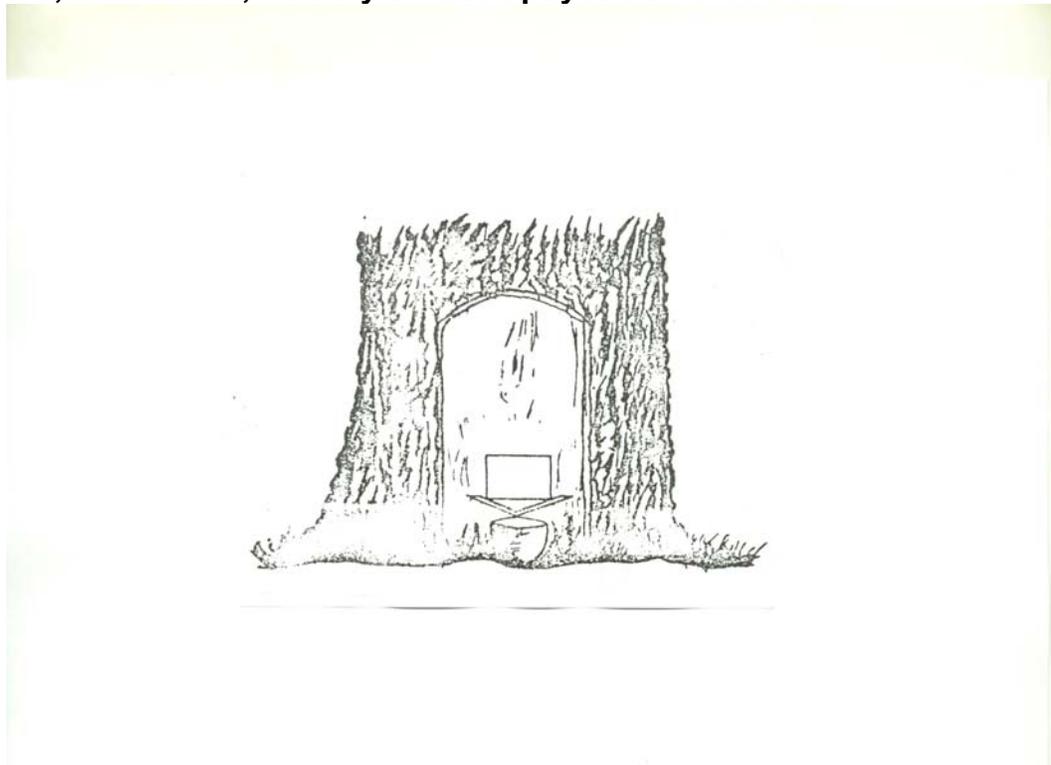


Fuente: (C. Remahn, 20)

c) Engrapado

Una vez que se abre la cara, se inserta en su parte inferior una lamina galvanizada, conocida como grapa o visera que tiene 12 cm de largo por 3.5 cm de ancho, la cual se introduce en el fuste, en la incisión realizada por medio de una herramienta especial llamada “gubia” o “media luna” y un mazo de madera que forman un ángulo obtuso con el vértice hacia abajo y que tiene por objeto recibir y conducir la resina que escurre de la cara, al envase que se coloca en la parte inferior el cual, en el primer año se asienta en el suelo y se sostiene en su parte superior con la visera la cual no se inserta perpendicularmente al eje del árbol sino que forma un ángulo agudo en el punto central de inserción.

Figura 8. Árbol abierto a la resinación que muestra el inicio de una cara, entalladura, visera y envase apoyado en el suelo.



Fuente: (C. Remahn, 21)

1.2.1.7 Operaciones de resinación

a) Picas o rebanas

Una vez que se ha abierto la cara y después de un lapso de tiempo que varía entre 15 y 30 días, se inicia el picado o rebane con un hacha curva, el cual consiste en un corte de 1.5 cm de profundidad, un centímetro aproximadamente, arriba de la pica anterior y 3 ó 4 cm hacia abajo. Esta operación que es permanente tiene como finalidad contar con los canales resiníferos horizontales y verticales, provocando fluya al exterior la trementina, que de inmediato aparece en forma de gotas transparentes y brillantes. Como los canales se obstruyen por la solidificación de la resina al oxidarse por contacto con el aire, es necesario efectuar nuevas picas para destapar los canales de las dos o tres picas anteriores y al mismo tiempo para cortar nuevos canales y lograr una fluidez continua. La periodicidad de las picas varía entre 5 y 8 días, dependiendo del clima y de la estación del año.

Figura 9. Fase de la rebana en la resinación del método francés.



Fuente: (C. Remahn, 23)

b) Remasa o recolección

Después de 2 a 4 picas, los envases se llenan de resina, la cual se junta vaciándola en tambos de lamina con una capacidad de 40-45 Kg de resina los cuales tienen una boca abierta en un costado.

Las picas provocan que la cara vaya creciendo en altura por lo que a la resina se le dificulta llegar al envase debido a que el aguarrás se evapora y la parte sólida se queda adherida a todo lo largo y ancho de dicha cara. A esta resina endurecida se le llama “barrasco”, la cual se recolecta cada 6 meses.

c) Preparación anual del arbolado

Terminados los trabajos de resinación de una año, cuando la cara alcanza una altura aproximada de 50 cm, si la cara se continuara trabajando en la misma forma, llegaría un momento en el cual la resina no escurriría hasta el envase y la producción bajaría sustancialmente por las pérdidas provocadas por la evaporación. Para evitar esto se recurre a la preparación anual del arbolado la cual consiste en lo siguiente: Se realiza la segunda raspa anual para recoger el barrasco que se adhirió en los últimos seis meses y se derroña otra faja del fuste en forma ascendente a partir de la cara trabajada subiéndose la visera hasta unos 12 cm abajo del nivel que alcanzó la entalladura.

1.3 Colofonia de trementina

La oleorresina obtenida por incisión del pino vivo fue en un tiempo la única fuente industrial de colofonia. Su extracción es sencilla; requiere solamente herir el árbol y recoger el exudado o trementina. Las incisiones

superficiales, en forma de “V” se hacen frecuentemente durante la época de formación de la trementina.

La oleoresina recogida, formada principalmente por colofonia (*Rosyn*) y esencia de trementina, se diluye con más esencia de trementina, se deja sedimentar y se filtra y calienta en un destilador para evaporar la esencia de trementina o aguarrás. El color del residuo, (la colofonia (*Rosyn*) fundida) depende mucho de la época en que fue sangrado el árbol y el cuidado que se ponga al recoger y tratar la oleoresina.

1.4 Colofonia de madera

Los tocones envejecidos del pino de hoja larga son una gran fuente de colofonia (*Rosyn*). Después de dejarlos en el suelo durante unos 10 años, la corteza y la albura han desaparecido y ha quedado el duramen, rico en resina. Un análisis típico de un tocón de madera de pino de hoja larga es: 19% colofonia, 4% de esencia de trementina, 4% de una resina insoluble en gasolina (los tres componentes forman la resina mencionada), 23% de agua y 50% de celulosa y lignina.

Cuando se obtuvo por primera vez colofonia (*Rosyn*) de madera, solo se alcanzó un mercado limitado, principalmente a causa de tener un color rojo oscuro en vez de los grados de color amarillo a pardo usuales de la colofonia de trementina. La destilación en vacío del extracto crudo da una colofonia de color más claro, pero este producto no es satisfactorio para su uso en la producción de jabón o de apresto para papel. Esta fue la primera indicación de la existencia de dos tipos de componentes coloreados en la colofonia: el visible y el latente; éste se transforma en el tipo visible por contacto con álcalis. Ahora ya se ha conseguido eliminar los componentes de color indeseables. Esto hace industrialmente por el uso de adsorbente, como la tierra de batán, o con disolventes selectivos, como el furfural. El segundo método es una extracción

liquido-liquido en que se usa un hidrocarburo alifático como disolvente de la colofonia (*Rosyn*) clara refinada y el furfural como disolvente de los componentes de color fuerte. En esta forma, se obtienen colofonias de madera refinadas más uniformes, en general equivalentes a los grados coloreados correspondientes de la colofonia de trementina.

1.5 Colofonia de aceite de resina

El aceite de resina contiene aproximadamente 90% de materia ácida que se compone esencialmente de partes iguales de ácidos grasos y resínicos. En los procesos alcalinos de obtención de pulpa de madera, los ácidos se disuelven en el líquido, flotan y se obtienen por desespumado del líquido. Esta espumadura jabonosa se cuece con ácido mineral para obtener aceite de resina con rendimiento de 35-45 Kg por tonelada de pulpa. Este proceso de recuperación fue descubierto en Suecia, desde entonces se ha, aumentado aproximadamente unas veinte veces la cantidad de aceite de pino obtenido.

Las dificultades en su recogida, la falta de equipo adecuado en muchas fábricas de papel y el refinado necesario para muchos usos obstaculizaron en un tiempo la explotación industrial del aceite de resina. Sin embargo, la mayoría de estas dificultades han sido solventadas y este subproducto ha llegado a ser una fuente en gran volumen de la sustancia resinosa de la madera de pino.

Por este método, se obtiene una colofonia de aceite de resina que puede competir con las de trementina y de madera.

1.6 Grados de colofonia (*Rosyn*)

Los colores normalizados oficialmente en los Estados Unidos para clasificar los grados de colofonia (*Rosyn*) , se especifican con arreglo al sistema de coordenadas colorimétricas I.C.I 1931. Los grados de colofonia (*Rosyn*) son,

X, WW (water-white, clara como el agua), WC (color de vidrio soluble) N, M, K, I, H, G, F, E, D, por orden de color creciente.

1.7 Usos de las colofonias no modificadas

La colofonia (*Rosyn*) sin modificar se usó extensamente en las industrias de tintas tipográficas, linóleo, barnices, aislamiento eléctrico, cuero, fósforos, adhesivos, construcción, fundentes y papel cazamoscas. En varios casos, no era muy adecuada para estas aplicaciones por tres propiedades: la tendencia a cristalizar de los disolventes empleados, la oxidación por el oxígeno atmosférico a causa de su insaturación y la reacción con sales de metales pesados como en los barnices. En la mayoría de los casos las pérdidas por cristalización y reacción con las sales de metales pesados, conocidas en la industria como “higadización” o “hepatización” y la coloración causada por oxidación se toleraban por dos motivos: no se conocían los métodos para evitarlas y la colofonia (*Rosyn*) ofrecía otras propiedades cuya ventaja deseaba el consumidor.

Sin embargo, en las aplicaciones actuales se han eliminado muchas dificultades por el desarrollo de procesos que producen colofonias modificadas y sus derivados. Estos últimos son hoy la fuente principal del consumo en gran volumen de colofonia (*Rosyn*), sin modificar en la manufactura de aprestos para papel, resinas sintéticas y barnices. Por esta razón, los usos actuales de la colofonia (*Rosyn*) sin modificar son pocos y en volumen relativamente sin importancia.

1.8 Composición de colofonias de resina y de madera

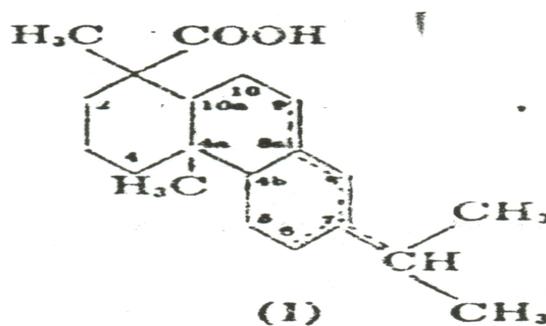
Así como la trementina de que se obtiene la colofonia (*Rosyn*) da también cantidad sustancial de aceite volátil (esencia de trementina), la madera

de tocones de que se obtiene colofonia (*Rosyn*) da el mismo aceite y otros productos líquidos. La fracción no resinosa de la madera de tocones está compuesta de: 1) hidrocarburos terpénicos: monocíclicos (dipenteno, terpineno, terpinoleno, *p*-mentano y cimeno) y bicíclicos (α -pineno, el componente principal de la esencia de trementina); 2) terpenos oxigenados, aceite volátil de pino, que es una mezcla de terpineol, terpina, borneol y alcohol fenquílico. Las colofonias de ambas procedencias están compuestas aproximadamente de un 90% de ácidos resínicos y de un 10% de materia no ácida.

Los ácidos resínicos son ácidos monocarboxílicos de alquilhidrofenantrenos. Los ácidos, con dos dobles enlaces tienen la fórmula empírica $C_{19}H_{29}COOH$, y los ácidos del tipo abiético tienen la fórmula general (I) en que las líneas de trazos representan las diferentes posiciones de los dobles enlaces.

El grupo carboxílico está unido a un átomo de carbono terciario, que se halla rodeado tan de cerca por otros grupos que tienen gran impedimento estereónico. Por ello son tan difíciles las reacciones del grupo carboxilo. No se han determinado las constantes de disociación de los ácidos resínicos por su falta de solubilidad en agua. Las indicaciones en cuanto a su fuerza como ácidos son: 1) precipitan de soluciones alcalinas por el dióxido de carbono, y 2) sus sales de aminas se descomponen fácilmente por el ácido bórico.

Figura 10. Estructura del ácido abiético



Fuente: (R. Kirk, 56)

La composición de las fracciones neutras de la colofonia está menos entendida. En la siguiente tabla se establece la composición aproximada de la colofonia:

Tabla I. Composición aproximada de la colofonia

COMPONENTES	%
Neutra	10
Ácidos con dos dobles enlaces tipo abiético	53
Ácidos dihidro tipo abiético y pimárico	13
Ácidos tetrahidro tipo pimárico	16
Ácidos dehidroabiético	2
Soluble en bicarbonato (ácidos oxidados)	6

Fuente: Ref 2.

El carácter común es que una y otra están compuestas aproximadamente de un 60% de ésteres de ácidos resínicos y grasos. La porción ácida es esencialmente la misma en cada caso; los ácidos resínicos son los que se encuentran en la fracción ácida de cada tipo colofonia (*Rosyn*) y los ácidos grasos son los que se encuentran en otros productos naturales; esto es: predominantemente los ácidos C₁₈, oleico, linoleico, linolénico y esteárico. La porción alcohólica de los ésteres es muy diferente en cada tipo de colofonia (*Rosyn*) y en su mayor parte están sin identificar.

De la fracción insaponificable de la colofonia (*Rosyn*) de trementina numerosos investigadores han aislado las siguientes sustancias: un hidrocarburo, C₂₇H₅₆; un diterpeno tricíclico, C₂₀H₃₂; un alcohol diterpénico, C₂₀H₃₂O; un hidrocarburo cristalino, C₃₁H₆₄; un alcohol sesquiterpénico, C₁₅H₂₄O.

De la fracción insaponificable de la colofonia de madera se ha aislado 3-5-dimetoxiestilbeno y el aldehído del ácido isodextropimárico e indicios de

hidrato de terpina. Es razonable suponer que algunos de estos componentes son alcoholes del aceite de pino y ácidos resínicos descarboxilados, resenos e hidrocarburos C_{19} de diferentes grados de insaturación. A causa de su extremada insolubilidad, se puede cristalizar de la colofonia (*Rosyn*) de madera y de la fracción neutra aislada, una cera de alto peso molecular, de un ácido C_{16} - C_{18} con el alcohol correspondiente.

La molécula de ácido resínico tiene dos centros de actividad química: los dobles enlaces y el grupo carboxilo. Gracias a ellos se obtienen muchas modificaciones en la estructura y numerosos derivados. Como la colofonia (*Rosyn*) esta compuesta por numerosos ácidos resínicos, la química de sus derivados es compleja. Las reacciones en los dobles enlaces tienen por finalidad alterar la configuración del doble enlace de los ácidos abiético. Por eso, para mayor claridad, a la descripción de las reacciones de la colofonia (*Rosyn*) para preparar derivados, es necesario proceder a una descripción en las mismas reacciones en los ácidos con dos dobles enlaces del tipo abiético.

Además de las reacciones de doble enlace, los ácidos resínicos experimentan las reacciones típicas del grupo carboxilo. Sales y ésteres de colofonia (*Rosyn*) se fabrican en volumen. Otras reacciones son la reducción del grupo carboxilo a alcohol y la conversión en nitrilo, que a su vez se reduce en amina. Sin embargo, en las condiciones necesarias para algunas de estas reacciones, se produce cierta descarboxilación. Esta última reacción es la base para la formación de los aceites de colofonia (*Rosyn*) que es de importancia industrial.

1.8.1 Reacciones en el grupo carboxilo

El grupo carboxilo de los ácidos resínicos está enlazado en un átomo de carbono terciario y tiene gran impedimento estereónico. También contribuye a este impedimento el grupo metileno en el carbono 10, cuyo efecto es

comparable al de cualquiera de los grupos metilos del ácido 2,6-dimetilbenzoico. Otro carácter estructural de los ácidos resínicos, que sólo se aprecia examinando modelos moleculares, es que el grupo carboxilo está realmente muy cerca del grupo metilo angular sobre el carbono 4a, lo que también es un impedimento estereónico.

1.8.1.1 Formación de sales

Las sales de un ácido resínico típico, $C_{19}H_{29}COOH$, como $C_{19}H_{29}COONa$, $(C_{19}H_{29}COO)_2Ca$ ó Zn , y $(C_{19}H_{29}COO)_3Al$, son normales.

Aunque el ácido abiético es necesario para formar la sal ácida, otros ácidos resínicos en mezcla pueden reemplazarlo en parte. Las sales sódicas de los ácidos resínicos varían mucho en su solubilidad en agua. Las de los ácidos abiético, neoabiético e isodextropimárico son muy solubles, pero las de los ácidos levo y dextropimárico son insolubles en agua. Por este medio se aislaron e identificaron estos dos ácidos en la trementina, pero no se demostró por este método la existencia de los tres primeros.

El resinato sódico, sal sódica de la colofonia, ha sido muy importante industrialmente y se usa mucho en jabones, colas para papel y emulsiones del tipo “aceite en agua”, (frecuentemente en el comercio se usa el nombre de abietato en lugar de resinato; este uso no indica necesariamente un alto contenido de ácido abiético). La presencia de colofonia en los jabones aumenta la solubilidad y mejora las propiedades jabonosas y la acción detergente.

El resinato cálcico, o colofonia cálcica, se usa mucho en la industria de recubrimientos protectores como resina de barniz, en donde su papel es espesar el barniz y aumentar la dureza de la película seca mucho más de lo que podría conseguirse con la colofonia sola. Si se disuelve el resinato cálcico en nafta, tal vez con pequeña cantidad de un aceite petrolico más denso, la solución es un aceite de brillo. Por su bajo costo, los aceites de brillo se usan en

pinturas blancas lisas, como capa de imprimación en paredes de yeso o de cemento y como componentes de pinturas y barnices baratos. El tipo de cal usado en la preparación del resinato cálcico es de mucha importancia: deberá usarse cal hidratada de buena calidad con una pequeña cantidad de acetato cálcico. La cal hidratada deberá estar tan extenta como sea posible de hierro, manganeso y silicatos. El resinato cálcico se usa hace muchos años en la preparación de aceites para núcleos y aglutinantes secos para núcleos en las fundiciones. La colofonia cálcica sólida, particularmente la obtenida con colofonia polimerizada, se usa mucho en las tintas de imprenta que se endurecen por el calor, en barnices y en fórmulas de moldeo termoplásticas.

1.8.1.2 Esterificación

El carácter estructural con impedimento estereónico del grupo carboxilo del ácido resínico, exige temperaturas más altas o condiciones más enérgicas para conseguir la esterificación. Este impedimento es, a su vez, la causa de la gran estabilidad del enlace éster a su escisión por el agua, los ácidos o los álcalis. Tenemos, pues, otro método de neutralizar la acidez de la colofonia para su uso en barnices y otras fórmulas de recubrimientos de protección. Se usan alcoholes mono y polivalentes para obtener productos en una amplia gama de propiedades físicas. Originalmente, se usaba exclusivamente el éster de glicerol para recubrimientos protectivos. La introducción del pentaeritritol ha permitido obtener ésteres con dos propiedades notablemente mejoradas: aumento sustancial del punto de reblandecimiento y mayor resistencia al calor y a la saponificación.

1.9 Colofonias modificadas

En general, estas tienen puntos de reblandecimiento más altos y mayor viscosidad, en proporción con la cantidad de modificador usado. Las colofonias con modificación maleica son las mejores, cuando se desean acabados duros de color claro y secado rápido. Las de modificación fenólica son notables por su duración y resistencia química. Estas son las colofonias modificadas que más se utilizan en la industria de adhesivos, específicamente para el adhesivo llamado cemento de contacto, al cual le da mayor dureza y mayor resistencia al calor. Este adhesivo es el que generalmente se usa en la industria de calzado, y en la fabricación de muebles.

1.9.1 Ligamiento

el ligamiento o pegajosidad es un fenómeno complejo de gran importancia, que se observa sólo en los materiales viscoelásticos; los líquidos newtonianos, ya sea agua o mercurio, no son pegajosos.

La pegajosidad es un caso especial de unión adhesiva; por eso puede separarse en dos partes: formación de una unión y su rotura.

La pegajosidad se observa presionando ligeramente un material entre dos "placas paralelas"; esto puede ser pulgar e índice. Cuando el material no solamente se pega a la superficie, sino se requiere también una fuerza para efectuar la separación, se dice que es pegajoso. Por lo tanto, la falta de pegajosidad puede tener dos causas completamente diferentes y no relacionadas entre sí: el material no puede pegarse fácilmente o puede no ser capaz de soportar un esfuerzo ligero.

1.10 Destilación

Proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación.

El objetivo principal de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, o bien separar los materiales volátiles de los no volátiles.

En la evaporación y en el secado, normalmente el objetivo es obtener el componente menos volátil; el componente más volátil, casi siempre agua, se desecha; sin embargo, la finalidad principal de la destilación es obtener el componente más volátil en forma pura.

Por ejemplo, la eliminación del agua de la glicerina evaporando el agua, se llama evaporación, pero la eliminación del agua del alcohol evaporando el alcohol se llama destilación, aunque se usan mecanismos similares en ambos casos.

Si la diferencia en volatilidad (y por tanto en punto de ebullición) entre los dos componentes es grande, puede realizarse fácilmente la separación completa en una destilación individual.

El agua del mar, por ejemplo, que contiene un 4% de sólidos disueltos (principalmente sal común), puede purificarse fácilmente evaporando el agua, y condensando después el vapor para recoger el producto: agua destilada.

2. METODOLOGÍA

2.1 Metodología de investigación

2.1.1 Localización

La recolección de muestra (resina de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schtdl*) se llevó a cabo en el municipio de Granados, Baja Verapaz. Dicho municipio según el Atlas del Ministerio de Comunicaciones y Obras públicas se encuentra en una zona con las siguientes características:

- **Ubicación**

Granados, Baja Verapaz; Latitud 14°54'50", longitud 90°31'20", altura sobre el nivel del mar: 954 m. (1966).

- **Clima**

Según la codificación ubicada en la región de Baja Verapaz, el mapa climático de la República de Guatemala, B'b'Ci se muestra su interpretación a continuación:

Jerarquía de temperatura

Símbolo

B'

Carácter del clima

Semi-cálido (18.7°C – 23.9°C)

Tipo de variación de la temperatura

%	Símbolo	Carácter del clima
35 a 49	b'	Con invierno benigno

Jerarquía de humedad

Símbolo	Carácter del clima	Vegetación natural característica
C	Húmedo	Pastizal

Tipos de distribución de la lluvia

Símbolo	Carácter de la lluvia
i	Con invierno seco

Fuente: Instituto Geográfico Nacional 1966.

- **Génesis de los suelos**

Son suelos desarrollados sobre esquistos a elevaciones medianas. Son suelos francos y de poca profundidad efectiva. La vegetación predominante es el pino y el encino. Esta área ha recibido muchos depósitos de ceniza volcánica, especialmente al pie de los cerros y en valles o terrazas aluviales a lo largo de los ríos. La mayoría de las tierras cultivadas están situadas sobre esta ceniza volcánica y constituye menos del 15% del área. En muchas de estas terrazas aluviales los suelos son arcillas de color gris muy oscuro, de reacción neutra hasta 30 cm de profundidad, los subsuelos son arcillas gris a café, en algunos sitios el calcio se

encuentra en hilos o concreciones a profundidades de 50 cm o más.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional 1966.

2.1.2 Recursos

- La investigación se realizó en la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Humanos

- Investigador: Roderico Aníbal Aja Morataya
- Asesora: Inga. Química Telma Maricela Cano Morales
- Coasesor: Ing. For. M. Sc. José Mario Saravia

Físicos

Reactivos

- Agua desmineralizada Salvavidas
- Aguarrás. Envase de 1 galón.
- Resina de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*)

Físicos (Equipo y Cristalería):

- Computadora Celeron
- Impresora Canon BJC-1000
- Hojas bond tamaño carta, blancas

- Fotocopias, Internet y Equipo de Oficina
- Balanza Adventurer OHAUS con capacidad máxima de 150 g y exactitud de 3 decimales.
- Horno Cole Parmer de 120 V y 800 W. 50/60 Hz.
- Planchas de calentamiento con agitación (marca Corning, modelo Pc-400, 120V/100V, rango 0-480° C, 0-1100 rpm)
- Agitadores magnéticos
- Pinza larga
- Pinza corta
- Beakers de 100 ml, de 250 ml, de 1000 ml, marca PYREX
- Matraces de 125 ml, marca PYREX
- Balone de destilación de 500 ml, marca PYREX.
- Condensador de tubo recto para balón de 500 ml, 24/40
- Varillas de agitación
- Termómetros de 0 a 400° C (de inmersión total)
- Probeta de 10 ml, marca KIMAX
- Codo de 90°, con justas 24/40 , marca PYREX
- 8 perlas de ebullición
- Papel aluminio Diamond (aluminium foil)
- 1 rejilla de asbesto
- Mechero, marca FISHER
- Mangueras de hule
- Filtro de porcelana

2.2 Metodología experimental

2.2.1 Preparación de las muestras

La recolección de muestra (resina de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*) se llevó a cabo en el municipio de Granados, Baja Verapaz.

La muestra de resina de pino de ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*) se limpió de impurezas, calentándola levemente en una plancha de calentamiento con agitación (marca Corning, modelo Pc-400, 120V/100V, rango 0-480° C, 0-1100 rpm) y haciéndola pasar a través de un tamiz, para luego colocarla ya libre de impurezas en una cubeta plástica de 5 galones.

Manejo experimental

Equipo

Balón de destilación de 500 ml, condensador de tubo recto, codo de 90°, balanza analítica sensible a 0.1 mg, mechero, rejilla de asbesto, termómetros de 0 - 400°C, beakers de 100 y 250 ml, matraz de 125 ml, perlas de ebullición, varillas de agitación, probeta de 10 ml y desecadora. También pinzas de metal largas, y grasa para cristalería.

Reactivos

Agua desmineralizada, aguarrás, resina de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*).

Muestra

Mezclas homogéneas de agua-aguarrás-resina en las siguientes proporciones:

1. 14 ml – 4 ml – 52 ml (20% - 5.71% - 74.29%) v/v
2. 12 ml – 6 ml – 52 ml (15.15% - 8.57% - 74.28%) v/v

Procedimiento

1. Armar el equipo según figura 11.
2. Colocar en un beacker de 250 ml, una muestra (libre de impurezas) de 52 ml de resina de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schldtl*).
3. Tomar una muestra de agua desmineralizada de 14 ml y colocarla dentro del beacker que contiene la resina de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schldtl*).
4. Tomar una muestra de 4 ml de aguarrás y colocarla en el beacker que contiene las muestras del paso 1 y 2.
5. Agitar vigorosamente hasta obtener una solución homogénea.
6. Colocar perlas de ebullición dentro del balón de destilación (8 – 10 aproximadamente).
7. Colocar la solución del paso 5 dentro del balón de destilación y selle el equipo.

8. Encender el mechero y colocarlo por debajo del balón para dar paso a la destilación (el tiempo de duración de la destilación va a depender del tratamiento que se este realizando (2 – 4 – 6 horas)).
9. Apagar el mechero y colocar la muestra en las probetas para realizar los ensayos.
10. Tomar la temperatura de la probeta hasta que se produzca la primera capa de endurecimiento (esta va a ser la temperatura del punto de fusión).
11. Las probetas previamente taradas, péseles nuevamente cuando estén llenas y completamente frías (las probetas se hicieron con un volumen de 1 pulgada cúbica) para obtener la densidad posteriormente.
12. Colocar el durómetro sobre la superficie de la probeta para poder realizar la prueba de dureza.

NOTA: este procedimiento se realizó para la destilación de las 2 mezclas.

2.3 Diseño de Tratamientos

Para la evaluación estadística se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con un arreglo combinatorio de 2 niveles, para cada nivel 3 tratamientos con 3 repeticiones, resultando 18 tratamientos con 4 variables de respuesta.

2.4 Análisis estadístico

Para cada componente químico a determinar se utilizó un análisis de varianza por medio de un diseño de bloques aleatorio con la distribución de Fisher, esto debido a que se tratan más de dos niveles.

Los datos se arreglaron como sigue:

Tabla II. Datos típicos para el diseño de bloques al azar

Componente Cn	Observaciones o Series							
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	Total a	Promedio a
1	Y _{1,1}	Y _{1,2}	Y _{1,3}	Y _{1,4}	Y _{1,5}	Y _{1,6}	Y _{1,a}	y _{1,a}
2	Y _{2,1}	Y _{2,2}	Y _{2,3}	Y _{2,4}	Y _{2,5}	Y _{2,6}	Y _{2,a}	y _{2,a}
3	Y _{3,1}	Y _{3,2}	Y _{3,3}	Y _{3,4}	Y _{3,5}	Y _{3,6}	Y _{3,a}	y _{3,a}
Total b	Y _{1,b}	Y _{2,b}	Y _{3,b}	Y _{4,b}	Y _{5,b}	Y _{6,b}	Y _{i,j}	
Promedio b	Y _{1,b}	y _{2,b}	y _{3,b}	y _{4,b}	y _{5,b}	y _{6,b}		y

Fuente: Ref. 3

Donde:

Y_{i,j} = total de las observaciones bajo el i,j-ésimo tratamiento

y = promedio total de las observaciones bajo el i,j-ésimo tratamiento

Y_{a,b} = datos obtenidos para cada observación bajo cada tratamiento

Generalmente el procedimiento para un diseño de bloque aleatorio consiste en seleccionar *b* bloques y en ejecutar una repetición completa del experimento en cada bloque, con un solo factor con *a* niveles. Las observaciones pueden representarse por medio de un modelo estadístico lineal.

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

Donde:

y_{ij} = observación

μ = media general

τ_i = efecto del tratamiento *i*ésimo

β_j = efecto del bloque *j*ésimo

ε_{ij} = error aleatorio

Los efectos de bloque y tratamiento se definen como desviaciones respecto a la media general. Como el interés es probar la igualdad de los efectos del tratamiento, siendo

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1: \tau_i \neq 0 \text{ al menos una } i$$

Las operaciones para el análisis de varianza se resumen en la siguiente tabla, así como las fórmulas para el cálculo de suma de cuadrados.

Tabla III. Análisis de varianza para el experimento de bloque aleatorio.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Fo
Tratamientos	a $\sum_{i=1} y_i^2 ./b - y^2 ./ab$	$a - 1$	$(SS_{\text{tratamientos}}) / (a - 1)$	$(MS_{\text{tratamientos}}) / MS_E$
Bloques	b $\sum_{j=1} y_j^2 ./a - y^2 ./ab$	$b - 1$	$(SS_{\text{bloques}}) / (b - 1)$	
Error	SS_E (por sustracción)	$(a - 1)(b - 1)$	$(SS_E) / [(a - 1)(b - 1)]$	
Total	$A \ b$ $\sum_{i=1} \sum_{j=1} y_{ij}^2 - y^2 ./ab$	$ab - 1$		

Fuente: Ref. 3.

La hipótesis nula de ningún efecto de tratamiento se prueba mediante la razón de Fisher, que se define como: $F = \frac{MS_{\text{tratamientos}}}{MS_E}$ donde $MS_{\text{tratamientos}}$ es la media cuadrática de los tratamientos y MS_E es la media cuadrática del error; y que para un nivel de confianza $\alpha = 0.05$ y con 2 grados de libertad para tratamientos y 5 para bloques reportó un valor de 4.1.

3. RESULTADOS

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CARACTERIZACION DE COLOFONIA (Rosyn)

Tabla IV . Resultados obtenidos en Densidad utilizando mezcla 1
(20% - 5.71% - 74.29%)

ρ	MEZCLA 1				
PERIODO	R1	R2	R3	X	S
2	0.9433	0.8140	0.9107	0.8893	0.0678
4	0.9937	0.9730	0.9102	0.9589	0.0434
6	0.9796	0.9903	0.9904	0.9867	0.0061

Fuente: Datos Calculados

ρ = Densidad en g/cm^3 Periodo en horas
X = Dato promedio (Media)
S = Desviación estándar

Tabla V. Resultados obtenidos en Densidad utilizando mezcla 2
(15.15% - 8.57% - 74.28%)

ρ	MEZCLA 2				
PERIODO	R1	R2	R3	X	S
2	0.8859	0.9359	0.8815	0.9011	0.0302
4	0.8609	0.9569	0.9475	0.9217	0.0529
6	0.9585	0.9100	0.9571	0.9418	0.0276

Fuente: Datos Calculados

ρ = Densidad en g/cm^3 Periodo en horas
X = Dato promedio (Media)
S = Desviación estándar

**Tabla VI. Resultados obtenidos de punto de fusión utilizando mezcla 1
(20% - 5.71% - 74.29%)**

Pto. DE FUSION	MEZCLA 1				
PERIODO	R1	R2	R3	X	S
2	81	80	81	81	1
4	85	84	83	84	1
6	90	94	96	93	3

Fuente: Datos Calculados

Pto. De fusión en °C Periodo en horas
 X = Dato promedio (Media)
 S = Desviación estándar

**Tabla VII. Resultados obtenidos de punto de fusión utilizando mezcla 2
(15.15% - 8.57% - 74.28%)**

Pto. DE FUSION	MEZCLA 2				
PERIODO	R1	R2	R3	X	S
2	74	78	73	75	3
4	76	87	80	81	6
6	88	83	87	86	3

Fuente: Datos Calculados

Pto. De fusión en °C Periodo en horas
 X = Dato promedio (Media)
 S = Desviación estándar

Tabla VIII . Resultados obtenidos de dureza utilizando mezcla 1 (20% - 5.71% - 74.29%)

DUREZA	MEZCLA 1				
PERIODO	R1	R2	R3	X	S
2	37.5	40.5	37.5	38.5	1.7
4	50	60	60	56.7	5.8
6	80	80	80	80.0	0

Fuente: Datos Calculados

Dureza: unidades de dureza Shore A (ASTM D2240) Periodo en horas
 X = Dato promedio (Media)
 S = Desviación estándar

Tabla IX. Resultados obtenidos de dureza utilizando mezcla 2 (15.15% - 8.57% - 74.28%)

DUREZA	MEZCLA 2				
PERIODO	R1	R2	R3	X	S
2	11.5	15	14	13.5	1.8
4	18	20	21	19.7	1.5
6	40	41	41	40.7	0.6

Fuente: Datos Calculados

Dureza: unidades de dureza Shore A (ASTM D2240) Periodo en horas
 X = Dato promedio (Media)
 S = Desviación estándar

Tabla X. Resultados obtenidos de rendimiento de colofonia utilizando mezcla 1 (20% - 5.71% - 74.29%)

RENDIMIENTO	MEZCLA 1				
PERIODO	R1	R2	R3	X	S
2	77.28	77	77.28	77.18	0.16
4	75	75.48	75.48	75.32	0.28
6	73.68	73.68	73.68	73.69	0.00

Fuente: Datos Calculados

Rendimiento: % en peso Periodo en horas
 X = Dato promedio (Media)
 S = Desviación estándar

Tabla XI. Resultados obtenidos de rendimiento de colofonia utilizando mezcla 2 (15.15% - 8.57% - 74.28%)

RENDIMIENTO	MEZCLA 2				
PERIODO	R1	R2	R3	X	S
2	80.87	79.07	80.87	80.27	1.04
4	77	77.28	77.28	77.19	0.16
6	71.89	70	73.68	71.86	1.84

Fuente: Datos Calculados

Rendimiento: % en peso Periodo en horas
 X = Dato promedio (Media)
 S = Desviación estándar

Tabla XII. Resultados obtenidos de rendimiento de aguarrás utilizando mezcla 1 (20% - 5.71% - 74.29%)

RENDIMIENTO	MEZCLA 1				
PERIODO	R1	R2	R3	X	S
2	16	16.50	16	16.17	0.28
4	17	17.97	17.97	17.65	0.56
6	19.79	19.79	19.79	19.80	0.00

Fuente: Datos Calculados

Rendimiento: % en peso Periodo en horas
 X = Dato promedio (Media)
 S = Desviación estándar

Tabla XIII. Resultados obtenidos de rendimiento de aguarrás utilizando mezcla 2 (15.15% - 8.57% - 74.28%)

RENDIMIENTO	MEZCLA 2				
PERIODO	R1	R2	R3	X	S
2	12.58	14.37	12.58	13.18	1.03
4	16	16.17	16.17	16.11	0.10
6	21.56	23.36	19.79	21.57	1.78

Fuente: Datos Calculados

Rendimiento: % en peso Periodo en horas
 X = Dato promedio (Media)
 S = Desviación estándar

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de graduación trata sobre la destilación de la resina de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*) para la obtención y caracterización de colofonia (*Rosyn*) en donde se determinaron las propiedades físico-mecánicas y el rendimiento de la misma.

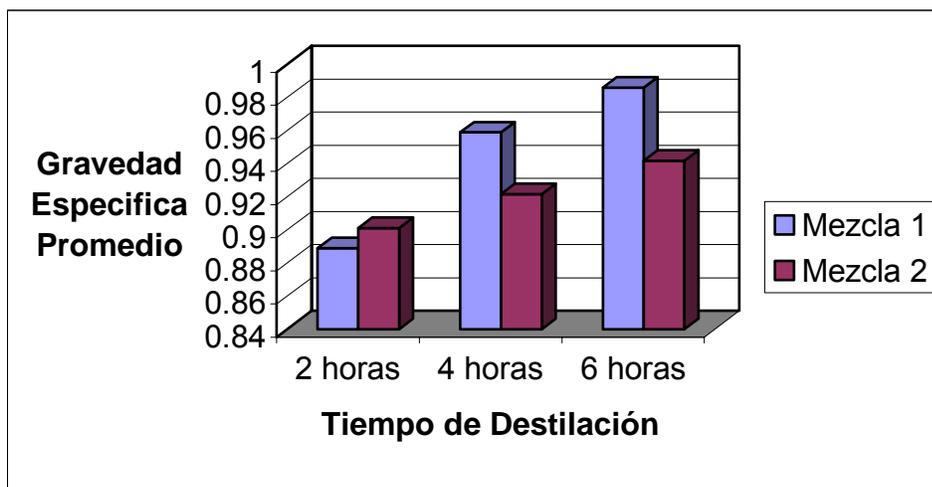
La destilación de la resina de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*) da como productos primarios colofonia (*Rosyn*) y aguarrás los cuales poseen un punto de ebullición de 160 °C y 140 °C cada uno respectivamente, siendo esta la razón por la cual en la experimentación se trabajó la mezcla de agua-aguarrás-resina, ya que con esta el punto de ebullición se logró disminuir a un rango aproximado de 110 °C – 120 °C.

Las tablas IV - XIII de la sección de resultados presentan los datos generales para las propiedades físico-mecánicas determinadas y el rendimiento (reportado como % en peso) de la colofonia obtenida. Se trabajaron 2 mezclas de agua-aguarrás-resina siendo la mezcla 1 20% - 5.71% - 74.29% y la mezcla 2 15.15% - 8.57% - 74.28% respectivamente, ambas mezclas se trabajaron con 3 tiempos de destilación siendo tiempo 1 = 2 horas, tiempo 2 = 4 horas y tiempo 3 = 6 horas; haciendo énfasis en la observación y medición de la variación de las propiedades físico-mecánicas en función del tiempo de destilación y mezcla utilizada.

Los datos obtenidos para la densidad en promedio para las mezclas 1 y 2 fueron 0.8893 g/cm³ y 0.9011 g/cm³ para un tiempo de destilación de 2 horas;

0.9589 g/cm³ y 0.9217 g/cm³ para 4 horas; 0.9858 g/cm³ y 0.9418 g/cm³ para 6 horas. El comportamiento de estos datos se puede apreciar en la figura 11.

Figura 11. Gravedad especifica promedio de la colofonia obtenida para las mezclas 1 y 2.



Fuente: Análisis Estadístico

Estos datos fueron sometidos a un análisis estadístico de varianza para obtener un sistema de bloques al azar por medio de una distribución de Fisher (Ref. 3). El valor observado para gravedad especifica en la prueba de Fisher es de 37.47, siendo mayor al valor tabulado de 4.1, confirmando así que la variación si es significativa, como lo fue en el punto de fusión y dureza; donde se obtuvo para el punto de fusión un valor observado de 20.4312 y de 81.9538 para la dureza, siendo ambos mayores que el valor tabulado.

Estos resultados eran esperados ya que durante la experimentación en los tiempos de 2 y 4 horas de destilación, la misma no había llegado a su final y por lo tanto las mediciones realizadas a las probetas de colofonia (*Rosyn*) de 2 y 4 horas de destilación se vieron afectadas por los residuos de aguarrás que

todavía se encontraban en ellas, siendo así entonces que las mediciones realizadas no fueron a colofonia (*Rosyn*) sino a una mezcla de colofonia (en mayor parte) y aguarrás; no así en las probetas de 6 horas en las cuales ya la destilación había llegado al final y por lo tanto las mediciones realizadas se hicieron a colofonia (*Rosyn*) aproximadamente en un 100%.

Para las probetas de la mezcla 1 y tiempo 3 se puede apreciar al comparar con los datos de una muestra comercial (ver tabla XXIV del apéndice C) que son bastante similares, no así con los de la mezcla 2 y tiempo 3, esto debido a que en esta mezcla se utilizó más aguarrás y con ello al final del tiempo estipulado todavía se encontraba en ella una cantidad de aguarrás significativa en las propiedades físico-mecánicas de la colofonia (*Rosyn*).

Con los resultados obtenidos en el rendimiento de colofonia (*Rosyn*) y aguarrás y respaldados por el análisis de varianza efectuado, se obtuvo un valor observado en la prueba de Fisher de 0.286765 para la colofonia (*Rosyn*) y 0.218 para el aguarrás, siendo estos menores al valor tabulado el cual era de 238.9, con lo cual se confirma que la variación de la mezcla no es significativa en el rendimiento, lo cual era de esperada ya que los resultados obtenidos se mantienen dentro del rango que indica la literatura que son para colofonia (*Rosyn*) de 72% - 75% y para aguarrás de 18% - 19%. Estos porcentajes de rendimiento indican que la resina de Granados, Baja Verapaz posee un contenido normal de colofonia (*Rosyn*).

Con respecto al porcentaje (en promedio) de aguarrás se obtuvo un rendimiento menor al rango establecido que reporta la literatura, lo cual indica que la resina al estar almacenada durante muchos meses disminuye el contenido de aguarrás. (*Ref 2.*).

CONCLUSIONES

1. Sí existe diferencia significativa entre las propiedades físico-mecánicas, gravedad específica, punto de fusión, dureza de la colofonia, *Rosyn*, en función del tiempo de destilación.
2. No existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento de colofonia, *Rosyn*, y aguarrás al utilizar diferentes mezclas de agua – aguarrás-resina.
3. La resina de Granados, Baja Verapaz posee un contenido normal de colofonia, *Rosyn*, ya que, se encuentra dentro del rango establecido que es de 72% - 75%.
4. Respaldado por el análisis estadístico realizado, se puede decir que la relación óptima para obtener colofonia, *Rosyn*, de características similares a la comercial es utilizando la mezcla 1 (20% - 5.71% - 74.29%) y tiempo de 6 horas.
5. El porcentaje promedio de aguarrás obtenido en la experimentación fue menor al rango establecido por la literatura (17% – 19%) debido a que la resina, al estar almacenada durante muchos meses, disminuye su contenido.

RECOMENDACIONES

1. Promover la investigación para realizar la caracterización de resina de otras especies de pino, para comparar el rendimiento y las propiedades físico-mecánicas; así, también, para árboles de la misma especie, a partir de diferentes regiones.
2. Hacer un estudio de variedad de componentes como viscosidad, contenido de ésteres de ácidos resínicos y grasos, con el fin de cuantificarlos e incrementar la información sobre el tema tratado en el presente trabajo de graduación.
3. Realizar estudios a escala piloto, con el fin de promover posteriormente el proceso a nivel industrial.
4. La colofonia, *Rosyn*, obtenida de la resina de pino es un producto altamente rentable (*Ref. 2*) por ello debería promoverse un estudio de obtención de colofonia, *Rosyn*, de madera, tocones, y tratar de obtener un parámetro de rentabilidad, para poder tener un aprovechamiento completo del árbol.
5. Investigar los diversos tipos de métodos para la obtención de colofonia, *Rosyn*, con el objeto de optimizar tiempo, recursos y rendimiento para futuras investigaciones.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial -ICAITI- **“Estudio tecnico evaluacion y mejoras al sistema de procesamiento de resina en el municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz.** Proyecto de desarrollo forestal comunal. 1979
2. Kirk, R. **Enciclopedia de tecnología química.** Edición en Español. México: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. 1961.
3. Meltzer, Robert L. **1979 Annual Book of ASTM Standards.** Parte 22- Madera y Adhesivos . Estados Unidos de América: Sociedad Americana de Ensayos y Materiales, 1979. 400 pp.
4. Montgomery, Douglas C. y William W. Hines. **Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración.** 3ra Edición. México: Editorial Continental. 1994. 834 pp.
5. Remahn, Carlos. **Resina de Pino.** Departamento de bosques de la Universidad Autonoma de Chapingo. 1979.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Nacional de Bosques –INAB-. “Ficha Técnica de Especies: Pino ocote” **Revista del INAB**. (Guatemala) (2): 2. 1999.
2. McCabe, Warren L., Julian Smith C. y Harriot Meter. **Operaciones unitarias en Ingeniería Química**. 4ta Edición. México: Editorial McGraw Hill. 2000. 1114 pp.
3. Perry, Robert H. Green Don W. **Manual del Ingeniero Químico**. 7ma Edición. México: Editorial McGraw Hill. 1999.
4. Treybal, Robert E. **Operaciones de transferencia de masa**. 2da Edición. México: Editorial McGraw Hill. 2000. 862 pp.
5. Suchini, José Manuel. Comparación de rendimientos de dos métodos de extracción de taninos (ácido pinutánico) a partir de la corteza de Pino Caribe (*Pinus Caribaea*) a nivel laboratorio. Tesis Ing. Química. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002.
6. Rosales Castro, Martha y Rubén F. González Laredo. “Comparación del contenido de compuestos fenólicos en la corteza de ocho especies de pino” **Revista Madera y Bosques**. (Guatemala) (2): 41-49. 2003.

REFERENCIAS ELECTRONICAS

7 . Componentes químicos de la madera.

<http://www.comaco.com.mx/boletines/ImportanconocerCH2.pdf#search='humedad%20en%20madera'>
junio de 2005.

8. Composición química de la madera.

<<http://www1.monografias.com/trabajos15/composicion-madera/composicion-madera.shtml>>
junio de 2005.

9. Madera y sus componentes.

<<http://es.wikipedia.org/wiki/Lignina>>
abril de 2005.

10. Propiedades químicas y fisicoquímicas de la madera.

< <http://www.monografias.com/trabajos15/transformacion-madera/transformacion-madera.shtml>>
mayo de 2005.

11. Pino Oocarpa.

< <http://www.inforpressca.com/santacruzchol/economia.php#9> >
octubre de 2005.

APENDICE A

DATOS CALCULADOS

Tabla XIV. Datos calculados para gravedad específica.

Tiempo de destilación	Mezcla 1			Mezcla 2			Totales	Promedio
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6		
2	0.9433	0.8140	0.9107	0.8859	0.9359	0.8815	5.3713	0.8952
4	0.9937	0.9730	0.9102	0.8609	0.9569	0.9475	5.6422	0.9403
6	0.9768	0.9903	0.9904	0.9585	0.9100	0.9571	5.7831	0.9638
Totales	2.9138	2.7773	2.8113	2.7053	2.8028	2.7861	16.7966	0.9331
Promedios	0.9712	0.9257	0.9371	0.9017	0.9342	0.9287	5.5986	0.9331

Fuente: Datos originales

Tabla XV. Datos calculados para punto de fusión.

Tiempo de destilación	Mezcla 1			Mezcla 2			Totales	Promedio
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6		
2	81	80	81	74	78	73	467	77.8333
4	85	84	83	76	87	80	495	82.5
6	90	94	96	88	83	87	538	89.6667
Totales	256	258	260	238	248	240	1500	83.3333
Promedios	85.3333	86	86.6667	79.3333	82.6667	80	500	83.3333

Fuente: Datos originales

Tabla XVI. Datos calculados para dureza.

Tiempo de destilación	Mezcla 1			Mezcla 2			Totales	Promedio
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6		
2	37.5	40.5	37.5	11.5	15	14	156	26
4	50	60	60	18	20	21	229	38.1667
6	80	80	80	40	41	41	362	60.3333
Totales	167.5	180.5	177.5	69.5	76	76	747	41.5
Promedios	55.8333	60.1667	59.1667	23.1667	25.3333	25.3333	249	41.5

Fuente: Datos originales

Tabla XVII. Datos calculados para rendimiento de colofonia, Rosyn.

Mezcla	Observaciones									Totales	Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	77.28	77	77.28	75	75.48	75.48	73.68	73.68	73.68	678.56	75.3956
2	80.87	79.07	80.87	77	77.28	77.28	71.89	70	73.68	687.94	76.4378
										1366.5	75.9167

Fuente: Datos originales

Tabla XVIII. Datos calculados para rendimiento de aguarás.

Mezcla	Observaciones									Totales	Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	16	16.5	16	17	17.97	17.97	19.79	19.79	19.79	160.81	17.8678
2	12.58	14.37	12.58	16	16.17	16.17	21.56	23.36	19.79	152.58	16.9533
										313.39	17.4106

Fuente: Datos originales

APENDICE B

ANALISIS ESTADISTICO

Tabla XIX. Resultados de Análisis de Varianza para gravedad específica.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrática	Fo
Tratamientos	0.014601	2	0.007301	37.47
Bloques	0.007587	5	0.001517	
Error	0.019496	10	0.000195	
Total	0.041684	17		

Fuente: Análisis Estadístico

$$F_t = 4.10$$

$$F_o > F_t$$

$$37.47 > 4.10$$

SE RECHAZA H_0 Y SE ACEPTA H_i

Tabla XX. Resultados de Análisis de Varianza para punto de fusión.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrática	Fo
Tratamientos	426.333	2	213.167	20.431
Bloques	149.333	5	29.866	
Error	104.334	10	10.433	
Total	680	17		

Fuente: Análisis Estadístico

$$F_t = 4.10$$

$$F_o > F_t$$

$$20.431 > 4.10$$

SE RECHAZA H_0 Y SE ACEPTA H_i

Tabla XXI. Resultados de Análisis de Varianza para dureza.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrática	Fo
Tratamientos	3633.33	2	1816.67	81.1538
Bloques	5174.5	5	1034.90	
Error	221.67	10	22.167	
Total	9032.5	17		

Fuente: Análisis Estadístico

$$F_t = 4.10$$

$$F_o > F_t$$

$$20.431 > 4.10$$

SE RECHAZA H_0 Y SE ACEPTA H_i

Tabla XXII. Resultados de Análisis de Varianza para rendimiento de colofonia (*Rosyn*).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrática	Fo
Tratamientos	4.888	1	4.888	0.286765
Error	136.362	8	17.0453	
Total	141.25	9		

Fuente: Análisis Estadístico

$$F_t = 238.9$$

$$F_o > F_t$$

0.286765 > 238.9 COMO NO ES CIERTO SE ACEPTA H_0 .

Tabla XXIII. Resultados de Análisis de Varianza para rendimiento de aguarrás.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrática	Fo
Tratamientos	3.7629	1	3.7629	0.2180
Error	138.082	8	17.2603	
Total	141.845	9		

Fuente: Análisis Estadístico

$$F_t = 238.9$$

$$F_o > F_t$$

0.218 > 238.9 COMO NO ES CIERTO SE ACEPTA H_0 .

APÉNDICE C

DATOS DE MUESTRA COMERCIAL

Tabla XXIV. Datos de muestra comercial.

Densidad	0.9885
Pto. Fusión	100 - 150
Dureza	83
Rendimiento	Colofonia 72 Aguarrás 18

Fuente: Datos originales

ρ = Densidad en g/cm³

Pto. De fusión en °C

Dureza: unidades de dureza Shore A (ASTM D2240)

Rendimiento: % en peso

APENDICE D
DATOS ORIGINALES

Tabla XXV. Resultados obtenidos en la caracterización de colofonia (*Rosyn*).

		Mezcla 1					
		R1	R2	R3	X	S	
PERIODO 1	ρ	0.9433	0.814	0.9107	0.8893	0.0678	
	Pto. de Fusión	81	80	81	81	1	
	Dureza	37.5	40.5	37.5	38.5	1.8	
	Rendimiento	Colofonia	77.28	77	77.28	77.18	0.16
		Aguarrás	16	16.5	16	16.1	1.0
PERIODO 2	ρ	0.9937	0.973	0.9102	0.9589	0.0434	
	Pto. de Fusión	85	84	83	84	1	
	Dureza	50	60	60	57	6	
	Rendimiento	Colofonia	75	75.48	75.48	75.32	0.28
		Aguarrás	17	17.97	17.97	17.64	0.57
PERIODO 3	ρ	0.9768	0.9903	0.9904	0.9867	0.0061	
	Pto. de Fusión	90	94	96	93	3	
	Dureza	80	80	80	80	0	
	Rendimiento	Colofonia	73.68	73.68	73.68	73.68	0.00
		Aguarrás	19.79	19.79	19.79	19.80	0.00

Periodo 1 = 2 Horas
Periodo 2 = 4 Horas

Pto. De Fusión en °C
 ρ = Densidad en g/cm³

Rendimiento: Porcentaje en peso
Dureza: unidades de dureza Shore A (ASTM)

Periodo 3 = 6 Horas

X = Dato promedio (Media)

S = desviación estándar

Tabla XXVI. Resultados obtenidos en al caracterización de colofonia (Rosyn).

		Mezcla 1				
		R1	R2	R3	X	S
PERIODO 1	ρ	0.8859	0.9359	0.8815	0.9011	0.0302
	Pto. de Fusión	74	78	73	75	3
	Dureza	11.5	15	14	13.5	1.8
	Rendimiento	80.87	79.07	80.87	77.28	80.27
12.58		14.37	12.58	16	13.17	1.04
PERIODO 2	ρ	0.8609	0.9569	0.9475	0.9217	0.0529
	Pto. de Fusión	76	87	80	81	6
	Dureza	18	20	21	20	2
	Rendimiento	77	77.28	77.28	75.48	77.18
16		16.17	16.17	17.97	16.11	0.1
PERIODO 3	ρ	0.9585	0.91	0.9571	0.9418	0.0276
	Pto. de Fusión	88	83	87	86	3
	Dureza	40	41	41	41	1
	Rendimiento	71.89	70	73.68	73.68	71.85
21.56		23.36	19.79	19.79	21.57	1.78

Periodo 1 = 2 Horas

Periodo 2 = 4 Horas

Periodo 3 = 6 Horas

Pto. De Fusión en °C

ρ = Densidad en g/cm³

X = Dato promedio (Media)

Rendimiento: Porcentaje en peso

Dureza: unidades de dureza Shore A (ASTM)

S = desviación estándar

APÉNDICE E

FIGURAS DE COLOFONIA (*Rosyn*) OBTENIDA

Figura 12. Equipo utilizado en la obtención de colofonia, *Rosyn*, a nivel laboratorio.



Fuente: Roderico Aníbal Aja Morataya

Figura 13. Muestras de colofonia, *Rosyn*, obtenida utilizando mezcla 1 (20%-5.71%-74.29%) y tiempo de destilación de 6 horas a nivel laboratorio.



Fuente: Roderico Aníbal Aja Morataya

Figura 14. Muestras de colofonia, *Rosyn*, obtenida utilizando mezcla 2 (15.15%-8.57%-74.28%) y tiempo de destilación de 6 horas a nivel laboratorio.



Fuente: Roderico Aníbal Aja Morataya

Figura 15. Muestras de colofonia, Rosyn, obtenida utilizando mezcla 2 (15.15%-8.57%-74.28%).



Fuente: Roderico Aníbal Aja Morataya

NOTA: las muestra se encuentran en orden ascendente de tiempo; las tres primeras corresponden a un tiempo de 2 horas de destilación, las siguientes tres a un tiempo de 4 horas de destilación y, finalmente, las ultimas muestras corresponden a un tiempo de destilación de 6 horas.

Figura 16. Muestras de colofonia, *Rosyn*, obtenida utilizando mezcla 1 (20%-5.71%-74.29%).



Fuente: Roderico Aníbal Aja Morataya

NOTA: las muestra se encuentran en orden ascendente de tiempo; las tres primeras corresponden a un tiempo de 2 horas de destilación, las siguientes tres a un tiempo de 4 horas de destilación y, finalmente, las ultimas muestras corresponden a un tiempo de destilación de 6 horas.

Figura 17. Muestras de colofonia, *Rosyn*, obtenidas para las diferentes Mezclas y Mezcla Comercial.



Fuente: Roderico Aníbal Aja Morataya

NOTA

Izquierda: Mezcla 2 (15.15%-8.57%-74.28%)

Centro: Mezcla 1 (20%-5.71%-74.29%)

Derecha: Muestra Comercial