

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
TUXTLA GUTIÉRREZ**



2013

**FACTIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE AGUARRÁS DE LA
RESINA DE PINO (PINO OOCARPA)**



ASESOR:

DR. ARNULFO ROSALES QUINTERO

TUXTLA GUTIERRÉZ CHIAPAS

INGENIERÍA QUÍMICA

Jesús Erick Lira Teco

11/12/2013

Tabla de contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS	4
RESUMEN	5
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	8
2.1 <i>Producción de resina</i>	8
2.1.1 <i>Producción Mundial</i>	8
2.1.2 <i>Producción Nacional</i>	11
2.1.3 <i>Producción estatal</i>	12
2.2 <i>Composición de la resina</i>	12
2.2.1 <i>Composición química de la fracción volátil</i>	15
2.2.2 <i>Usos de la fracción volátil</i>	17
2.3 <i>Ácidos Resínicos</i>	17
2.4 <i>Usos de los Ácidos Resínicos</i>	19
2.5 <i>Ácidos Grasos</i>	20
2.6 <i>Componentes Neutros</i>	20
CAPITULO III OBJETIVOS	22
3.1 <i>Objetivo General</i>	22
3.2 <i>Objetivo Específico</i>	22
CAPITULO IV ÁREA DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO	23
4.1 <i>Municipio de la Concordia</i>	23
4.2 <i>Medio físico del municipio</i>	23
4.2.1 <i>Localización</i>	23
4.2.2 <i>Extensión</i>	25
4.2.3 <i>Orografía</i>	25
4.2.4 <i>Hidrografía</i>	25
4.2.5 <i>Clima</i>	25
4.2.6 <i>Principales Ecosistemas</i>	25
4.2.6.1 <i>Flora</i>	25
4.2.6.2 <i>Fauna</i>	26
4.2.7 <i>Recursos Naturales</i>	26
4.2.8 <i>Características y usos de suelo</i>	26
4.3 <i>Localización del área del laboratorio</i>	26
CAPITULO V METODOLOGÍA	28

<i>5.1 Extracción de la resina</i>	28
<i>5.2 Equipo</i>	29
<i>5.3 Reactivos</i>	29
<i>5.4 Metodología experimental</i>	29
<i>5.5 Determinación de la viscosidad</i>	33
<i>5.6 Determinación de la densidad</i>	34
<i>5.7 Curva Temperatura vs. Volumen</i>	34
<i>5.8 Cromatografía de gases</i>	35
CAPITULO VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
<i>6.1 Extracción de aguarrás</i>	36
<i>6.2 Viscosidad</i>	38
<i>6.3 Densidad</i>	38
<i>6.4 Curva Temperatura contra Volumen</i>	38
<i>6.5 Cromatografía de gases</i>	39
<i>6.6 Porcentaje de rendimiento</i>	48
CAPITULO VII CONCLUSIONES	50
CAPITULO VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPITULO IX ANEXOS	53

Índice de figuras

Figura 2.1. Producción mundial de colofonia	8
Figura 2.2. Producción mundial de colofonia de todos los orígenes por regiones.	9
Figura 2.3. Producción mundial de colofonia por regiones de 1990 al 2008.	10
Figura 2.4. Producción mundial de trementina por regiones de 1990 al 2008.	10
Figura 2.5. Corte transversal del tronco de un árbol.	13
Figura 2.6. Secciones transversales de la corteza	14
Figura 2.7. Estructura de los principales compuestos de la esencia de trementina.	15
Figura 2.8. Estructura de los principales Ácidos Resínicos.	18
Figura 2.9. Estructura de los principales Ácidos Grasos.	20
Figura 2.10. Estructuras del Isopimaral y Pimarinal.	21
Figura 2.11. Estructura del β -Sitosterol.	21
Figura 4.1. Ubicación del municipio La Concordia.	24
Figura 4.2. Limitaciones del municipio La Concordia.	24
Figura 4.3. Ubicación del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.	27
Figura 4.4. a) Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, b) Laboratorio de Ingeniería Ambiental.	27
Figura 5.1. a) Aspecto del bosque, b) Aspecto de la recolección de resina.	28
Figura 5.2. a) Balanza, b) Muestra de Resina de Pino para pesar, c) Resina de Pino.	30
Figura 5.3. a) Peso de los reactivos en la balanza digital, b) Reactivos pesados.	30
Figura 5.4. a) Muestra de resina, b) Agregando reactivos a la resina, c) Mezclado.	30
Figura 5.5. a) Resina con impurezas, b) Resina libre de impurezas, c) Impurezas sólidas.	31
Figura 5.6. Sistema de Destilación por arrastre de vapor.	31
Figura 5.7. Producción de vapor y recipiente de calentamiento.	32
Figura 5.8. Aguarrás extraído.	32
Figura 5.9. Colofonia.	32
Figura 5.10. a) Aguarrás con residuos de agua, b) Embudo de filtración, c) Aguarrás purificado.	33
Figura 5.11. Viscosímetro SVM 3000.	34

Figura 5.12. Densímetro DMA 4500 ME.	34
Figura 5.13. Sistema de destilación.	35
Figura 5.14. a) Cromatógrafo de gases, b) Muestras de aguarrás.	35
Figura 6.1. Cromatograma de aguarrás “Muestra Pino”.	40
Figura 6.2. Reporte de Porcentaje de Área “Muestra Pino”.	41
Figura 6.3. Cromatograma de aguarrás “Muestra Pino 2a Destilada”.	43
Figura 6.4. Reporte de Porcentaje de Área “Muestra Pino 2a Destilada”.	44
Figura 6.5. Cromatograma de aguarrás “Muestra Pino Residuo”.	46
Figura 6.6. Reporte de Porcentaje de Área “Muestra Pino Residuo”.	47
Figura 9.1. a) Sistema de destilación con producción de vapor en matraz.	53
Figura 9.2. a) Destilado de aguarrás, b) Muestra y destilado de aguarrás.	53

Índice de tablas

Tabla 2.1. Producción anual de resina en México (marzo de 1954).	11
Tabla 2.2. Composición de la trementina para diferentes especies de pinos.	15
Tabla 2.3. Composición de las fracciones neutras y aguarrás.	16
Tabla 2.4. Propiedades de los compuestos.	17
Tabla 2.5. Principales ácidos resínicos en la colofonia de diferentes especies.	18
Tabla 6.1. Resultados de la extracción de aguarrás y residuos de colofonia.	37
Tabla 6.2. Resultados de la densidad del aguarrás.	38
Tabla 6.3. Resultados de la prueba temperatura contra volumen.	39
Tabla 6.4. Resultados de la prueba temperatura contra volumen (2).	39
Tabla 6.5. Compuestos en mayor cantidad de la “Muestra Pino”.	42
Tabla 6.6. Compuestos en mayor cantidad de la “Muestra Pino 2a Destilada”.	45
Tabla 6.7. Compuestos en mayor cantidad de la “Muestra Pino Residuo”.	48
Tabla 6.8. Resultados del porcentaje de rendimiento de cada experimento.	49

RESUMEN

En este proyecto se caracterizó esencia de trementina o aguarrás, a nivel laboratorio a partir de la destilación de la resina de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*) del municipio de La Concordia, Chiapas.

Se llevó a cabo una extracción con arrastre de vapor de la resina de pino, obteniéndose entre un promedio de $12.58 \pm 2.4\%$ de esencia de trementina que es un rendimiento 77.28%. Esta esencia se llevó a cromatografía de gases masas teniendo como los resultados que los compuestos que se encuentran en mayor proporción en las diferentes muestras del aguarrás son el α -Pino (57.623 %), β -Pino (11.169 %), Canfeno (2.959 %), 3-Careno (2.525 %), D-Limoneno (1.373 %), β -Felandreno (2.964 %) y Estragol (2.732 %).

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los bosques, las selvas y la vegetación forestal de las zonas áridas de México constituyen sistemas de vida que brindan importantes beneficios sociales, económicos y ambientales a nivel local, nacional e incluso mundial. El uso sustentable de los bienes y servicios que se obtienen de los recursos forestales es una alternativa que permite a muchos seres humanos tener un ingreso fijo.

En particular, la resina de pino es una sustancia pegajosa similar a la savia que excretan los pinos en las zonas dañadas de sus troncos como un mecanismo de defensa contra las enfermedades y los insectos. Puedes extraer la resina de pino de las áreas dañadas o punzando el árbol. Lo mejor es extraer la resina de los pinos a finales de primavera o principios del otoño.

Las resinas u oleorresinas son secreciones producidas por plantas superiores lignificadas del género *Pinus*, constituidas por ácidos resinosos disueltos en una mezcla de compuestos terpénicos. Se producen en células vivas del parénquima¹ de la albura² de los árboles y permanecen en estructuras anatómicas especializadas (canales resiníferos). La función biológica de la resina es de reserva y de cicatrización. Normalmente permanece sometida a altas presiones en el interior de los canales, la ruptura de estos provoca que fluya al exterior.

Se denomina resina a este exudado arbóreo mientras permanece en el árbol. Cuando es obtenida en su estado bruto se le denomina miera. Una vez purificada recibe el nombre de oleorresina. De la oleorresina se le separan sus componentes sólido (colofonia) y líquido (aguarrás), que tienen diferentes usos en el mercado.

La esencia de trementina o aguarrás es de amplio uso en la industria química, como fuente de aromas, fragancias, sabor, insecticidas y disolventes (Tejedo, 1994). Esta variedad de usos de la colofonia y la trementina, ilustran su importancia económica.

¹ Término histológico que tiene diferente significado según los tejidos estudiados sean animales o vegetales.

² Es la parte joven de la madera, corresponde a los últimos anillos de crecimientos del árbol.

La resina de pináceas, incluyendo la colofonia, es un producto natural de extraordinaria importancia por su versatilidad y variación composicional que permite obtener derivados con elevado valor agregado y extensa aplicabilidad. Compuesta aproximadamente por un 90 % de ácidos resínicos (abiético y pimárico) y un 10 % de sustancias no resinosas, es un material de partida ecológicamente sustentable que puede utilizarse en la generación de intermediarios avanzados para procesos de química fina y farmacéutica.

El empleo de la resina de pino y colofonia como potenciales precursores de materias primas estructuralmente interesantes y factibles de transformaciones sintéticas, es una variante que merece la atención, orientada hacia la transformación y obtención de genéricos denominados **modificados de colofonia y resina**, que por su naturaleza "típicamente ecológica" no contaminante y biodegradable, constituyen precursores sustentables de novedosos agentes útiles en la industria agroquímica y farmacéutica.

Es por esto que en este proyecto se propone la caracterización física y química de la resina de pino para la obtención de aguarrás o trementina.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Producción de resina

La trementina, término aplicado a numerosas oleorresinas semifluidas, amarillas o de color pardo, que se obtienen de determinadas especies de coníferas en Asia, Europa y América. Las principales fuentes de obtención de la trementina en América son el pino amarillo (*Pinus Palustris*) y el pino del incienso (*Pinus caribaea*). En Europa la sustancia conocida como trementina de Burdeos se obtiene del llamado pino marítimo (*Pinus pinaster*).

2.1.1 Producción mundial

La producción mundial de productos derivados de la resina incluyendo todos los orígenes alcanzó su máximo en 2007 (Figura 2.2), en el que la producción de colofonia fue de 1050000 toneladas y la de aguarrás unas 170000 toneladas aproximadamente (Fuente: areldorado.com). En los últimos años la tendencia general de la producción de colofonia de miera ha sido creciente, y de un modo menos acentuado también lo ha hecho la proveniente de tall-oil (*aceite de pino*), frente a la que tiene su origen en la madera que tiende a desaparecer (Figura 2.1).

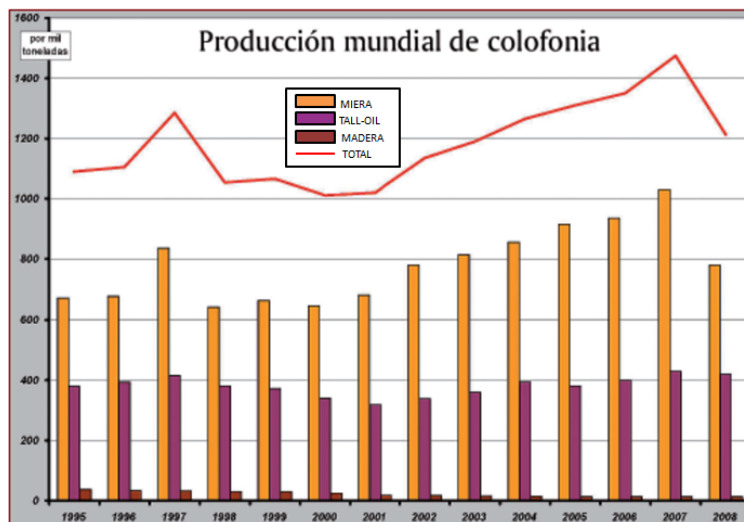


Figura 2.1. Producción mundial de colofonia

En el caso de la colofonia el porcentaje por procedencias en 2008 se sitúa en torno al 65% para la miera, 34% 'tall-oil' y 1% de madera de tocones. En la zona asiática se consume exclusivamente colofonia de miera; China dedica a su auto abastecimiento un 40% de su producción, con tendencia creciente en su consumo interno. En 'tall-oil', los grandes productores son América del Norte y Europa. América del Norte utiliza casi exclusivamente colofonia precedente de la obtención de pasta de papel, de la que es importante productor. Un 30% del consumo europeo procede de 'tall-oil' que proceden de los países del norte de Europa; el resto se cubre principalmente con importaciones de Colofonia, aunque también se importa miera; en la primera mitad de 2009 Portugal ha importado 3600 toneladas de miera de Brasil.

En cuanto a las zonas productoras de colofonia hay que destacar que China que es el mayor productor con el 55% del total mundial, seguida a distancia por USA que produce el 18%, mayoritariamente proveniente del tall-oil, seguido de Europa con el 8%.

La distribución de países productores de colofonia teniendo en cuenta a todos los orígenes es como se refleja en gráfico siguiente:

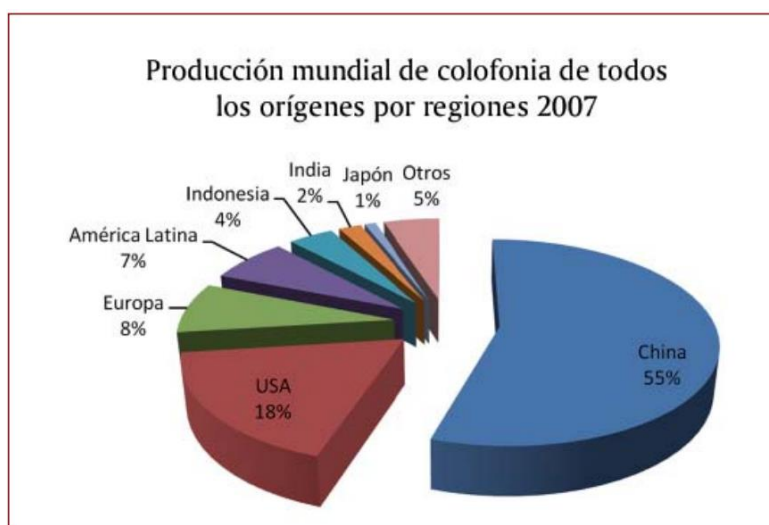


Figura 2.2. Producción mundial de colofonia de todos los orígenes por regiones.

La producción de colofonia se ha mantenido bastante estable desde los años 60, originándose un cambio en las áreas de producción hacia países con menor nivel de desarrollo. Así, China produce más del 70% de la colofonia mundial, seguida por América Latina con un 10% (destaca Brasil) y de Indonesia con un 7%. (Producción estimada, Fuente areldorado.com).

En el siguiente gráfico podemos observar la mayor producción que alcanza China del año 1990 al 2008.

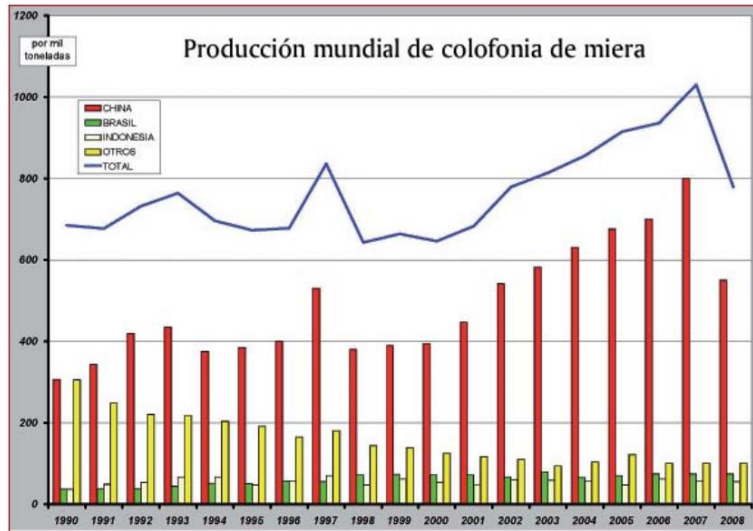


Figura 2.3. Producción mundial de colofonia por regiones de 1990 al 2008.

En el caso del agarrás de miera o esencia de trementina, conviene indicar que esta sustancia se procesa en la industria para obtener productos intermedios, como el α -pineno, β -pineno y limoneno, que sometidos a diversos tratamientos dan lugar a otras sustancias de aplicación en la industria. La producción mundial ha mantenido en general una tendencia ascendente hasta alcanzar su máximo en 2007 con 170000 toneladas, cifra que descendió hasta las 130000 toneladas en 2008. China produjo 75% de la trementina mundial en 2007 y el 70% en 2008, el resto de zonas productoras han mantenido las producciones en esos dos años.

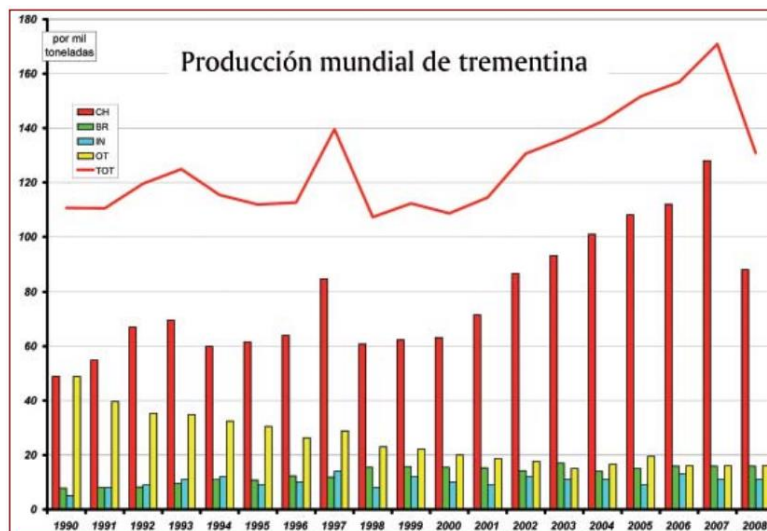


Figura 2.4. Producción mundial de trementina por regiones de 1990 al 2008.

2.1.2 Producción nacional

La producción anual de resina se eleva a 30.000 toneladas métricas. El principal productor es Morelia, Michoacán, con un valor cercano a los 310 millones de pesos en brea y aguarrás, Michoacán sigue siendo el primer productor de resina del país, produciendo alrededor de un 90 por ciento del total nacional, seguido por Jalisco, México, Puebla y Oaxaca (Lemus, 2010).

La resinación ya no se practica en los Estados septentrionales de Durango y Nuevo León. Las cifras correspondientes a la producción de oleoresina en México, facilitadas amablemente en marzo de 1954 por el Sr. Ramón Martín del Campo, Vicepresidente de la Unión de Resineros, son las siguientes:

Tabla 2.1. Producción anual de resina en México (marzo de 1954).

<i>Localidad</i>	<i>Producción de oleoresina en toneladas métricas</i>
<i>Uruapan, Michoacán</i>	<i>8 000</i>
<i>Morelia, Michoacán</i>	<i>5 000</i>
<i>Ciudad Hidalgo, Michoacán</i>	<i>8 000</i>
<i>Jalisco (Guadalajara principalmente)</i>	<i>4 500</i>
<i>Estado de México</i>	<i>2 500</i>
<i>Puebla</i>	<i>1 000</i>
<i>Oaxaca</i>	<i>1 000</i>
TOTAL	30 000

Como puede observarse en el cuadro anterior, las operaciones resineras no están obligatoriamente situadas en las zonas de mayores bosques de México, sino más bien en las partes más templadas del país, en las que el rendimiento de resina es más elevado que en el norte. (Los pinares de Chiapas no están explotados todavía por lo que se refiere a la resinación, debido a su lejanía de los centros industriales).

De las 30.000 toneladas métricas de oleoresina producidas, los industriales destilan alrededor de 5,1 millones de kilogramos de trementina, es decir, aproximadamente el 17 por ciento del peso de la oleoresina natural. De esta cantidad se consume en el país el 25 por ciento y el 75 por ciento restante se exporta a los Estados Unidos, principalmente a Los Ángeles, San Francisco y algunas otras ciudades de Texas.

2.1.3 Producción estatal

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) financiará estudios de factibilidad para la extracción y el aprovechamiento de la resina del pino de la especie oocarpa, sin el derribo de árboles. El director de la Reserva de la Biosfera “La Sepultura” de la Conanp, Alexer Vázquez, informó que existen experiencias de éxito en el aprovechamiento de esta resina, una goma con característica blanca y líquida que es comercializada en Nuevo León. Expuso que es un producto forestal no maderable que puede convertirse en una opción económica para las comunidades indígenas y campesinas, el cual tiene grandes perspectivas de producción, por la disponibilidad de pinos en Chiapas.

Ejidatarios de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera de La Sepultura ingresan al mercado de los productos de limpieza y esperan obtener ganancias superiores a los 877 mil pesos anuales, por la venta de resina de pino.

Con la venta de resina que en promedio les dejará un ingreso en el orden de los 6 mil 500 pesos por tonelada y al año se espera generar 135 toneladas. la conservación y aprovechamiento de mil 230 hectáreas, los ejidatarios de Nueva Esperanza, California y Tres Picos, del municipio de Villaflores enviaron el primer cargamento de resina de pino a una empresa fabricante de productos de limpieza, cosméticos y solventes ubicada en Monterrey Nuevo León.

2.2 Composición de la resina

Las sustancias obtenidas de estos y otros árboles contienen de un 75 a un 90% de resina y entre un 10 y un 25% de aceite. La trementina, sometida a un proceso de destilación, produce aceite o esencia de trementina, $C_{10}H_{16}$, dejando como residuo la colofonia. Tiene una densidad relativa de 0.86 a 0.88 y un punto de ebullición de 155 °C. Consiste en un líquido aceitoso incoloro, compuesto de una mezcla de terpenos y de aceites esenciales. En estado líquido es insoluble en agua, ligeramente soluble en alcohol diluido, e insoluble en éter y alcohol absolutos. El producto principal que se obtiene en su destilación es la esencia de trementina o aguarrás, empleada a gran escala como disolvente y diluyente para pinturas y barnices, a los que aporta consistencia y propiedades secantes.

Las resinas u oleorresinas son secreciones producidas por plantas superiores lignificadas del género *Pinus*, constituidas por ácidos resinosos disueltos en una mezcla de compuestos terpénicos. Se producen en células vivas del parénquima de la albura de los Árboles y permanecen en estructuras anatómicas especializadas (canales resiníferos).

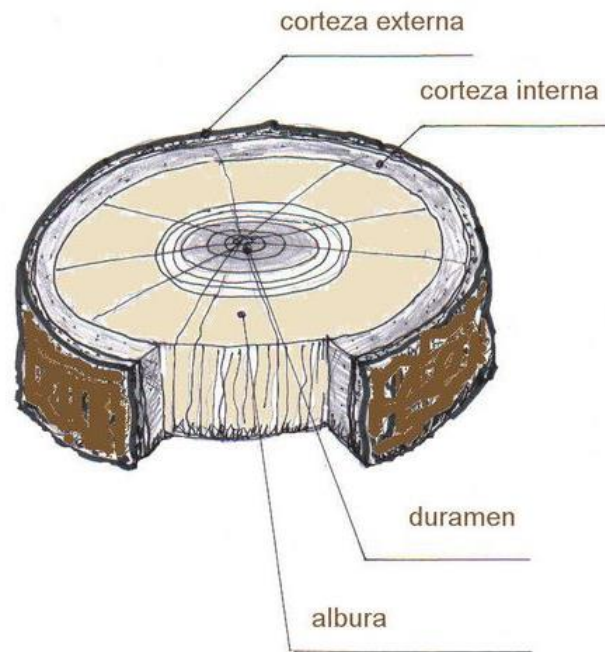


Figura 2.5. Corte transversal del tronco de un árbol.

La función biológica de la resina es de reserva y de cicatrización. Normalmente permanece sometida a altas presiones en el interior de los canales. La ruptura de estos provoca que fluya al exterior.

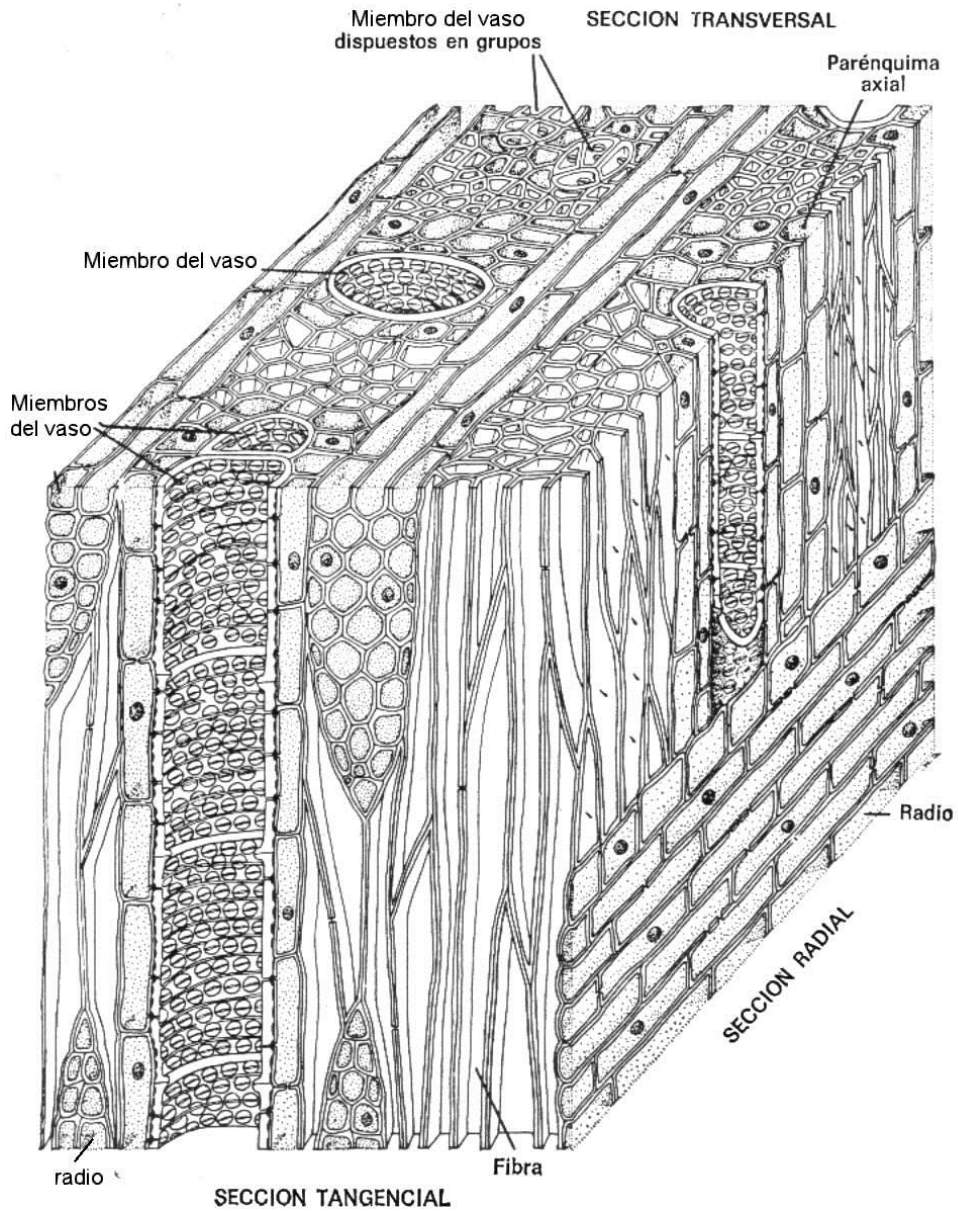


Figura 2.6. Secciones transversales de la corteza.

Se denomina resina a este exudado arbóreo mientras permanece en el árbol. Cuando es obtenida en su estado bruto se le denomina miera. Una vez purificada recibe el nombre de oleorresina. De la oleorresina se le separan sus componentes sólido (colofonia) y líquido (aguarrás), que tienen diferentes usos en el mercado. En general, la oleorresina es una mezcla compleja de terpenos, ácidos resínicos y componentes neutros. Está constituida alrededor del 60-75 % de ácidos resínicos, 10-15 % de trementina y agua y de 5-10 % de sustancias neutras.

2.2.1 Composición química de la fracción volátil

La fracción volátil, esencia de trementina o aguarrás, consiste en una mezcla de terpenos con fórmula general $C_{10}H_{16}$, destacándose α -pineno, 3-careno, canfeno, felandreno y p-cimeno, en la figura 2.7 se muestran sus estructuras, en la tabla 2.2 se muestra la composición química para diferentes especies de pino.

El α -pineno es el isómero predominante siendo similares las cantidades porcentuales de otros terpenos y solamente para la especie *Pinus caribaea* el β -felandreno aparece en cantidades significantes.

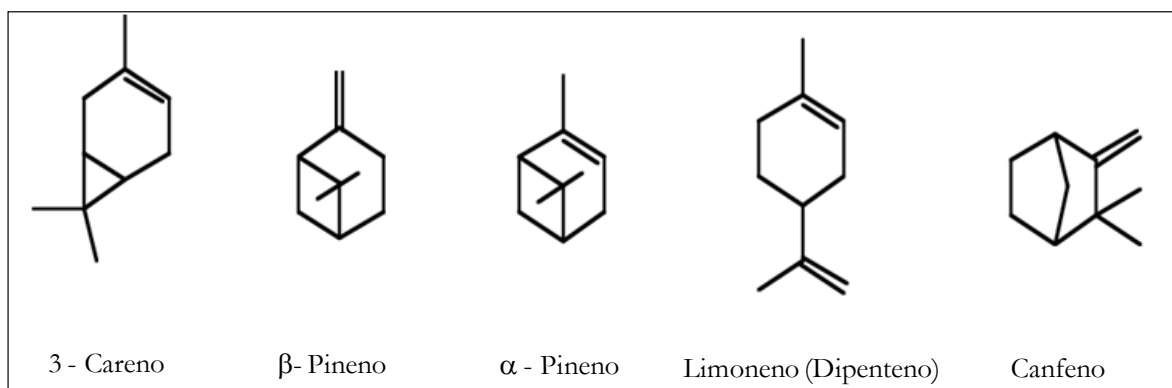


Figura 2.7. Estructura de los principales compuestos de la esencia de trementina. (Gscheidmeier y Fleig, 1996).

Tabla 2.2. Composición de la trementina para diferentes especies de pinos.

<i>Pinus</i>	α - pineno	β - pineno	limoneno	β -felandreno	Canfeno
	56-65	15-20	4 - 14	3 - 5	1 - 2
<i>tropicalis</i>	96	1.4	0.5	0.15	0.85
<i>tropicalis*</i>	91	3.7	1.5	-	1.0
<i>Cubensis</i>	85	2.1	10.2	-	0.9
<i>Caribbaea</i>	69	4.2	1.7	21.2	1.2
<i>France</i>	72	23.8	1.6	-	1.2
<i>USA</i>	65	28.1	3.2	-	1.7
<i>Rusia</i>	60	4.1	3.7	-	1.4

En la tabla 2.3 podemos observar las composiciones de las fracciones neutras y las composiciones de aguarrás de algunas partes de la provincia de Java³. Estos resultados pueden ser atribuidos para ver cómo la búsqueda de la muestra fue obtenida. Las muestras fueron tomadas de un rango amplio de boques de pinos de varias edades y diferentes climas.

Tabla 2.3. Composición de las fracciones neutras y aguarrás.

<i>Porcentaje</i>								
<i>Constituyentes</i>	<i>NF1</i>	<i>NF2</i>	<i>NF3</i>	<i>NF4</i>	<i>TPT1</i>	<i>TPT2</i>	<i>TPT3</i>	<i>RI</i>
<i>α - Pineno</i>	57.7	73.1	74.3	71.8	86.4	82.9	82.4	945
<i>d - Canfeno</i>	1.0	0.8	0.7	0.9	0.9	0.9	0.8	954
<i>Sabineno</i>	0.1	0.0	0.0	-	-	-	-	973
<i>β - Pineno</i>	4.8	1.8	0.8	0.1	2.2	2.2	2.4	981
<i>Mirceno</i>	1.0	0.7	0.7	8.8	0.3	0.4	0.6	993
<i>α - Felandreno</i>	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	1003
<i>D - 3 - Carene</i>	26.0	16.0	22.0	15.0	8.8	11.0	12.0	1016
<i>P - Cimeno</i>	0.6	0.8	0.0	0.4	0.2	1.1	0.3	1021
<i>D - Limoneno</i>	2.8	1.0	0.9	1.7	0.9	1.3	1.4	1028
<i>α - Terpinol</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1174
<i>β - Cariofileno</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1411

NF1: Fracción Neutra del Este de Java.

NF2: Fracción Neutra del Oeste de Java

NF3: Fracción Neutra del Norte de Sumatra

NF4: Fracción Neutra del Este de Java

TPT1: Esencia de trementina del Este de Java

TPT2: Esencia de trementina del Oeste de Java

TPT3: Esencia de trementina del Norte de Sumatra

RI: Índices de Retención en elución en la columna TC-1 (igual para DB1 y columna OV1)

³ Es la isla más densamente poblada de Indonesia.

Tabla 2.4. Propiedades de los compuestos.

<i>Nombre</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Peso molecular</i>	<i>Punto de ebullición</i>	<i>Punto de fusión</i>	<i>Numero CAS</i>
<i>3-Careno</i>	$C_{10}H_{16}$	136.2340	168-169 °C	23°C	13466-78-9
<i>α-Pinene</i>	$C_{10}H_{16}$	136.2340	155°C	-64°C	80-56-8
<i>β-Pinene</i>	$C_{10}H_{16}$	136.2340	166°C	-61.54°C	127-91-3
<i>Limoneno</i>	$C_{10}H_{16}$	136.2340	178°C	106.85°C	171-172°C
<i>Canfeno</i>	$C_{10}H_{16}$	136.2340	-75°C	46°C	-
<i>Felandreno</i>	$C_{10}H_{16}$	136.2340	5989-27-5	79-92-5	555-10-2

2.2.2 Usos de la fracción volátil

El principal uso del aguarrás ha sido siempre como disolvente de pinturas o como materia prima para la fabricación de pinturas y barnices. En la actualidad está siendo sustituido por mezclas de hidrocarburos más baratas, tales como el thinner. Sin embargo, debido a las escasas fuentes de petróleo está resurgiendo como una nueva fuente de ingresos para satisfacer necesidades en distintos sectores industriales. Se ha ido incrementando en los últimos años teniendo en cuenta los diferentes productos que se pueden obtener de ella de forma sostenible.

2.3 Ácidos resínicos

La colofonia se obtiene como residuo sólido de la destilación de la resina es una mezcla de ácidos diterpenoicos como: ácido abiético, ácido neoabiético, ácido dehidroabiético, ácido pimárico, dextropimárico, levopimárico y ácido palústrico de fórmula general $C_{20}H_{30}O_2$. Se clasifican de acuerdo a su estructura: en abietano y pimarano.

Los ácidos resínicos de la serie abietano tienen un sistema de dobles enlaces y un grupo isopropílico como sustituyente en el tercer anillo, mientras que en el caso de los ácidos resínicos de la serie pimarano tienen un grupo vinílico y un grupo metilo en la misma posición.

Los ácidos de la serie abietano representan alrededor del 80 %, sin embargo durante el procesamiento de la resina pueden ocurrir algunas reacciones tales como isomerización y oxidación. (Puzanova 1988, Dunaev 1986).

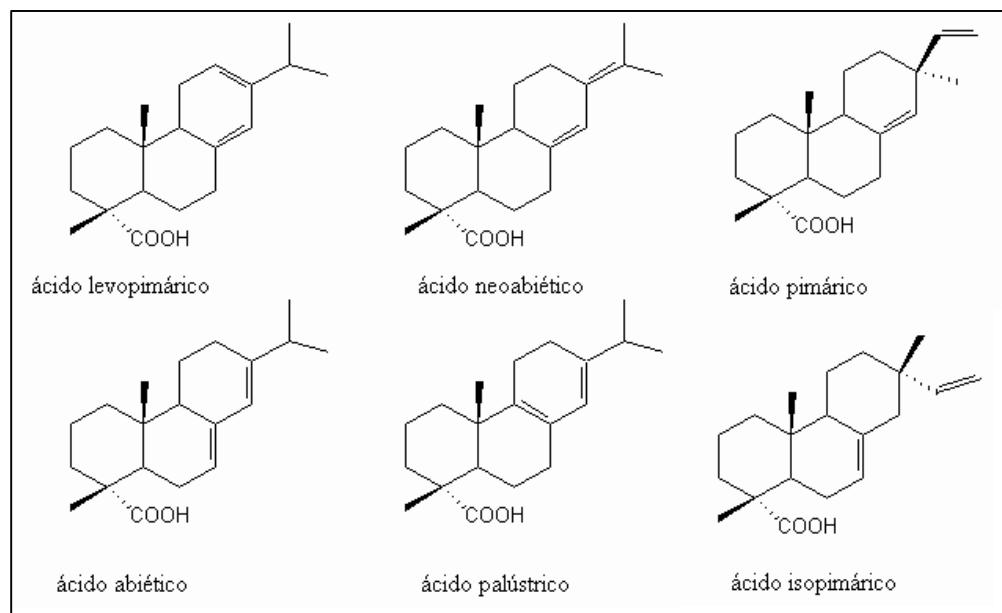


Figura 2.8. Estructura de los principales Ácidos Resínicos.

La colofonia contiene ácido abiético (15 – 20%), ácido neoabiético (15 – 20%) ácido levopimárico (30 – 35%) y ácido pimárico (16%). La composición varía en dependencia del método de separación o sea si se destila la resina o se obtienen los ácidos a partir de licor negro de los procesos de pulpeo. En la siguiente tabla mostramos la composición de ácidos resínicos de algunas especies.

Tabla 2.5. Principales ácidos resínicos en la colofonia de diferentes especies.

Muestra	<i>Pinus elliotti</i>	<i>Pinus palustis</i>	<i>Pinus caribaea Cuba</i>	<i>Pinus tropicalis Cuba</i>	<i>Pinus caribaea</i>	Colofonia comercial		
	Colofonia	Colofonia	Colofonia	Colofonia	Colofonia	América	China	Española
Pimárico	5.5	4.8	5.0	5.0	6.2	6.2	8.5	8.7
Sandarocopimárico	1.8	1.6	2.0	2.0	2.3	2.3	1.5	1.5
Palústrico + Levopimárico	25.0	35.0	46.0	54.0	27.0	20.1	26.7	27.0
Isopimárico	23.8	16.0	-	-	18.0	14.3	-	-
Abiético	19.0	1.0	18.0	15.0	19.0	30.6	42.6	36.0
Dehidroabiético	7.2	8.6	22.0	14.0	9.0	6.9	3.2	1.9
Neoabiético	16.0	15.0	2.0	4.0	17.0	16.5	17.0	24.0

2.4 Usos de los ácidos resínicos

La resina y sus derivados se utilizan ampliamente en pinturas, barnices, mezclas impermeabilizantes, tintas para impresión, y para la generación de materiales poliméricos y películas con propiedades reológicas y químicas específicas (Soltes, 1989). Han sido utilizados como base en la obtención de gomas de mascar, pastas dentales y cosméticos. Los derivados de la resina y colofonia y sus sales han sido extensivamente evaluados por sus propiedades y aplicaciones farmacéuticas (Pathak, 1987) incluyendo bases para materiales de micro-encapsulación (Sheorey, 1991; Pathak, 1985).

Derivados del ácido abiético, principal componente de la resina y la colofonia, han sido utilizados en sistemas de liberación sostenida de fármacos (Ramani, 1996; Puranik, 1991), demostrándose su gran utilidad (Mandaogade, 2002). Obtenidos vía sintética han manifestado interesantes propiedades y eficacia terapéutica anti-virales en la lucha contra el virus de la gripe (Patent USA 6180815-2001).

A partir de ácidos resínicos y sus ésteres, que constituyen magníficos materiales de partida, se han ideado vías sintéticas para la obtención de watburganal, un potente agente anti-alimentario e insecticida en el control de plagas (Okawara, 1982). En este contexto, a partir del ácido abiético y sus ésteres, mediante reacciones regioselectivas, se han sintetizado compuestos con potencial acción insecticida y hormonal (Escudero, 1983; Abad, 1985).

Una eficiente conversión del ácido abiético en deoxiafidicolin, un potente inhibidor de ADN-polimerasa, fármaco útil en el tratamiento de patología cancerosa (Koyama, 1985). A partir de ácidos resínicos, sus sales y sus ésteres se han diseñado y sintetizado derivados con efecto herbicida similar a fitoalexinas, inhibidores de crecimiento vegetal, útiles en el control de plagas que atacan cultivos de importancia económica (Gary, 1995). El ácido abiético y otros ácidos resínicos constituyen materias primas avanzadas para la obtención de ambrenólidos y sustancias odorantes ampliamente utilizadas en perfumería y cosmética. Se han sintetizado derivados de ácidos resínicos que han manifestado, interesantes efectos antivirales y propiedades de reverso-transcriptasa, potencialmente útiles en el tratamiento de VIH-SIDA (Gigante, 2003; Fonseca, 2004).

2.5 Ácidos grasos

Los ácidos grasos están presentes en algunos extractivos de pinos y en la fracción tall oil. Estos consisten primariamente en ácidos de 18 átomos de carbono (C18), siendo predominantes el oleico y el linoleico y en menor proporción el palmítico y el esteárico.

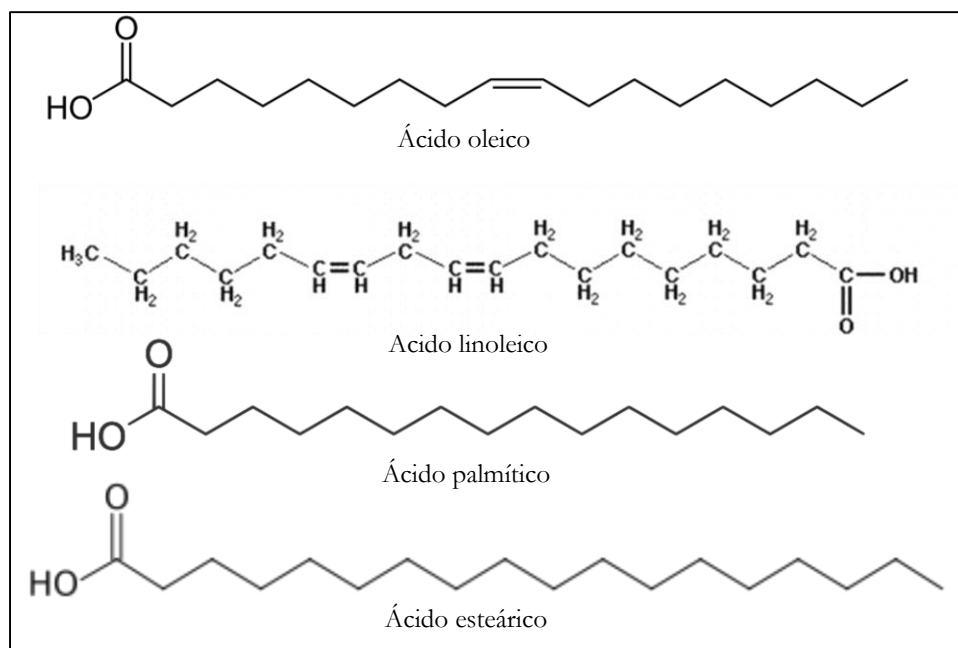


Figura 2.9. Estructura de los principales Ácidos Grasos.

2.6 Componentes neutros

La fracción de compuestos neutros está constituida por una mezcla compleja de alcoholes de alto peso molecular, anhídridos de ácidos, aldehídos, ésteres, esteroides, terpenos, algunos hidrocarburos y resenos amorfos. Estos materiales neutros tienen un fuerte efecto sobre las propiedades de las colofonias, (Johanssen, 1982).

De la fracción neutra los ésteres de resinas y ácidos grasos constituyen el 60 % (Johanssen, A. 1982). Los ácidos resínicos corresponden a los encontrados en la fracción ácida y los ácidos

grasos en los compuestos neutros, predominando los de C_{18} (Kirk, 1968). Sin embargo la porción de alcoholes provenientes de los ésteres es ligeramente diferente en cada colofonia.

En pequeñas cantidades están presentes el Isopimaral, Pimarinal y Eliotimol (Lange, 1987). Se han publicado altos contenidos porcentuales, alrededor del 20 %, de compuestos neutros en colofonias Rusas (Kosikova 1987).

Se ha encontrado algunos esteroides, fundamentalmente el β -sitosterol (figura 2.11) y puede ser separado probablemente como compuesto epimérico de C_{20-22} (Conner, 1975).

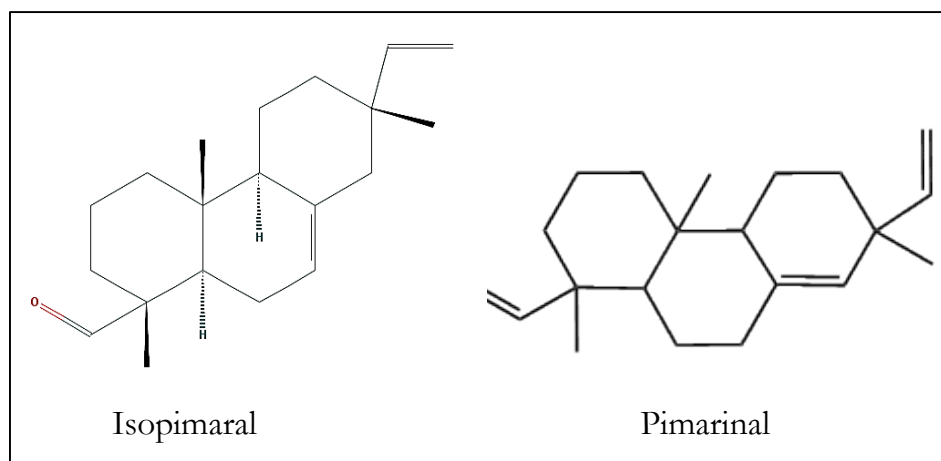


Figura 2.10. Estructuras del Isopimaral y Pimarinal.

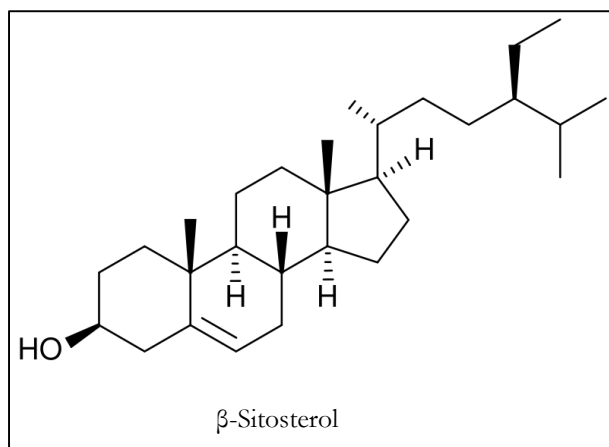


Figura 2.11. Estructura del β -Sitosterol.

CAPITULO III

OBJETIVOS

3.1 General

- Obtener y caracterizar aguarrás a nivel laboratorio a partir de la destilación de la resina de Pino Ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl.*).

3.2 Específico

- Estudiar el potencial de producción de aguarrás de la resina de pino
- Determinar el tiempo de proceso de la destilación por arrastre de vapor de la resina, para la obtención de aguarrás y para la obtención de colofonia.
- Calcular el porcentaje de rendimiento de aguarrás obtenido del proceso de destilación de la resina de Pino Ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl.*).

CAPITULO IV

ÁREA DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO

4.1 Municipio de la concordia

En este Municipio, por haberse establecido en el siglo pasado, no se encontraron restos de anteriores culturas. El pueblo fue fundado el 14 de febrero de 1849, con 11 calles, 5 secciones y 27 manzanas, de 8 solares cada una; una para la plaza con 129 varas, media manzana para la iglesia y 50 varas para los edificios municipales, siendo Gobernador del Estado Fernando Nicolás Maldonado. En 1870, se formó el municipio, señalándose al pueblo de La Concordia como su cabecera. Cuando la revuelta armada en Chiapas, este pueblo fue abandonado por varios años y reconstruido en 1920. Al verificarse el embalse de la presa Dr. Belisario Domínguez, se le cambió asiento hacia una parte más alta, sobre la serranía del Canto o Monte Grande, para lo que se construyeron casas en el nuevo poblado. El actual poblado, como el anterior, se encuentra asentado en la depresión central de Chiapas.

4.2 Medio físico del municipio

4.2.1 Localización

Se localiza en la Depresión Central, siendo montañosa aproximadamente la mitad del territorio y semiplano el resto, sus coordenadas geográficas son $16^{\circ} 07''\text{N}$ y $92^{\circ} 41''\text{W}$, su altitud es de 550 msnm. (Figura 4.1)

Limita al norte con los municipios de Venustiano Carranza y Villa Corzo, al este con Venustiano Carranza y Socoltenango, al sur con Chicomuselo, Ángel Albino Corzo Pijjiapan y Mapastepec, al oeste con Villa Corzo. (Figura 4.2)



Figura 4.1. Ubicación del municipio La Concordia.



Figura 4.2. Limitaciones del municipio La Concordia.

4.2.2 Extensión

Su extensión territorial es de 1,112.90 km² que representa el 13.38% de la superficie de la región frailesca y el 1.47% de la superficie estatal.

4.2.3 Orografía

Aproximadamente la mitad del territorio es montañoso y el resto de la superficie es semiplano, correspondiendo la zona montañosa al sur del municipio y los lomeríos con llanuras se localizan al centro y al norte del municipio.

4.2.4 Hidrografía

En el municipio la hidrografía la componen principalmente el río Grijalva que forma al norte del municipio el embalse de la presa la Angostura. Otros cursos de agua son sus afluentes: Cuxtepeques, Socoltenango, Aguacate, Morelia, la Puerta y varios arroyos. El río Cuxtepeques forma el embalse de la presa El Portillo, cuyas aguas se utilizan para riego.

4.2.5 Clima

El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano y semicálido húmedo, con una precipitación pluvial de 1,450 milímetros anuales.

4.2.6 Principales Ecosistemas

4.2.6.1 Flora

La vegetación es de bosque de encino - pino y de selva alta, en donde se encuentran una gran variedad de especies de las cuales destacan las siguientes: cedro, encino, ciprés, pino, romerillo, sabino, manzanilla, roble, casoiro, carnero, entre otras.

4.2.6.2 Fauna

La fauna del municipio es abundante y abarca una gran variedad de especies, siendo algunas de las más importantes las siguientes: boa, falsa nauyaca, iguana de roca, iguana de rivera, correccaminos y venado, entre otras.

4.2.7 Recursos Naturales

Chiapas posee una gran variedad de recursos naturales, desafortunadamente su explotación irracional ha devastado extensas áreas de bosques y Selvas, provocando la pérdida de especies de flora y fauna silvestre. Dentro de su territorio se encuentra el Área Natural y Típica La Concordia Zaragoza, y también abarca parte de la Zona de Protección Forestal la Frailescana y de la Reserva de la Biósfera El Triunfo (Cuadro 1)

4.2.8 Características y usos del suelo

El municipio está constituido geológicamente, por terrenos paleozoicos, los tipos de suelo predominantes son: litosol, regosol, acrisol y cambisol, su uso es principalmente agrícola, bosque y algo de selva, correspondiendo el 70% a terrenos ejidales y el resto a propiedad privada y terrenos nacionales.

4.3 Localización del área del laboratorio

Las pruebas físicas y químicas se realizaron en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, ubicado en: Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal: 599, en los laboratorios de Ingeniería Ambiental y el laboratorio de biología molecular y analítica en el edificio Z. El material y equipo que nos proporcionaron los laboratorios para cubrir las actividades antes mencionadas incluye los siguientes sistemas de medición: la extracción del aguarrás de la resina pino por arrastre de vapor, determinar la densidad y viscosidad de la esencia de trementina e identificar los compuestos de la esencia de trementina por medio de la cromatografía de gases.

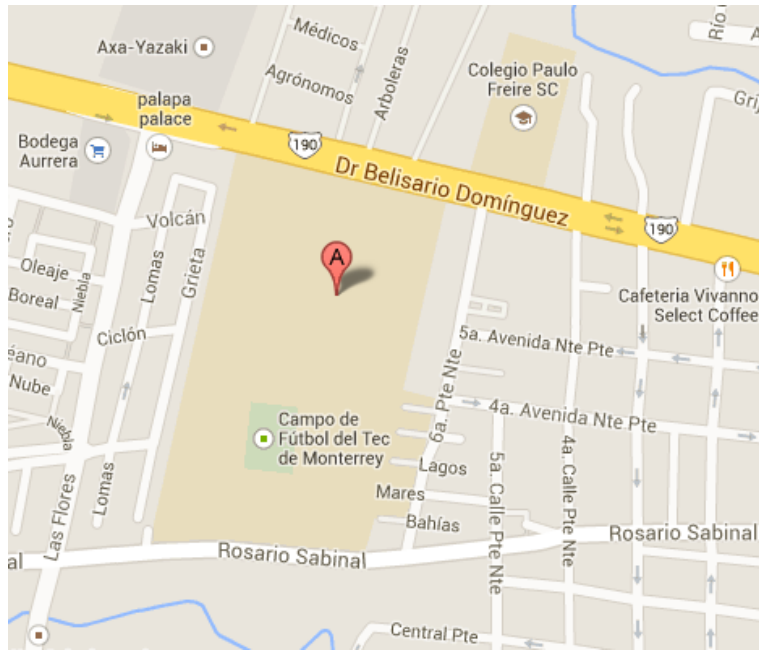


Figura 4.3. Ubicación del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



Figura 4.4. a) Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, b) Laboratorio de Ingeniería Ambiental.

CAPITULO V

METODOLOGÍA

5.1 Extracción de la resina

La muestra fue tomada al azar extraída del Pino Oocarpa de la región de la Concordia (municipio de Chiapas), se obtiene mediante el raspado (quitar corteza) de unos diez centímetros de ancho por unos quince centímetros de largo. Iniciándose desde la base del árbol. Para que el área del árbol que ha sido raspada comience a expulsar resina, deben de transcurrir unos dos meses aproximadamente.

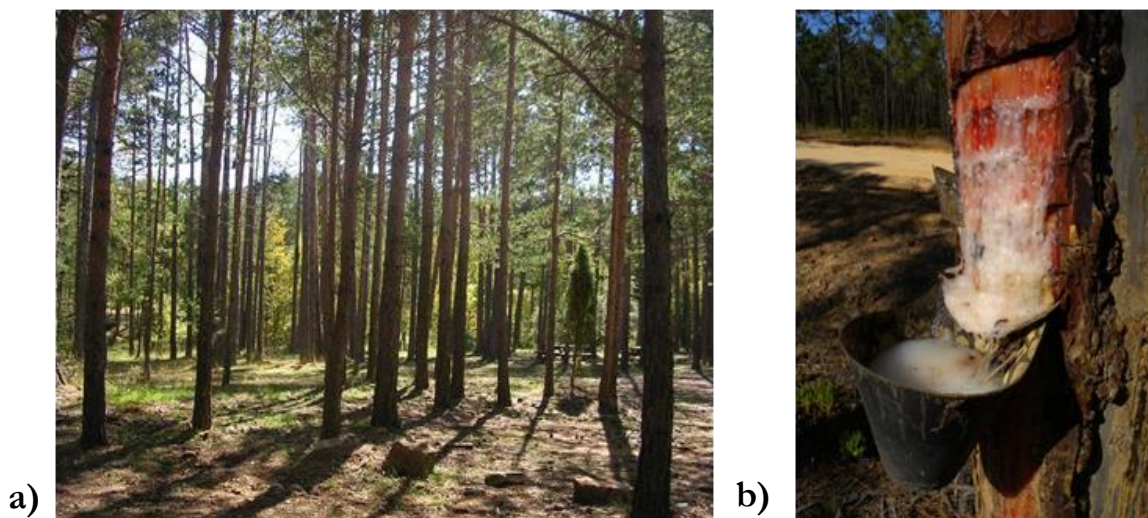


Figura 5.1. a) Aspecto del bosque, b) Aspecto de la recolección de resina.

La resina se recoge en unos pequeños botes que se ajustan al raspado o cara a fin de recolectar adecuadamente la resina. Dependiendo del diámetro del árbol, es el número de caras que se realizarán (hasta tres posiblemente) y de ello depende la rendición por árbol. Ordinariamente haciendo un cálculo moderado puede decirse que un árbol produce entre “setecientos gramos – un kilogramo” de resina por mes. El mayor rendimiento se obtiene en época de secas. En temporada de lluvias la resina se escurre, probablemente por el pequeño golpeteo de la lluvia.

5.2 Equipo

- Una olla exprés, con capacidad aproximadamente de 5 lts.
- Un recipiente de plástico para agua de enfriamiento.
- Una bomba de pecera para recircular el agua.
- Un matraz balón de fondo plano de 2 bocas.
- Varillas de vidrio para formar conexiones.
- Dos vasos de precipitados de 50 ml.
- Un vaso de precipitados de 600 ml.
- Un intercambiador con serpentín.
- Una pipeta graduada de 10 ml.
- Un matraz balón de 250 ml.
- Un embudo de separación.
- Una balanza granataria.
- Dos parrillas eléctricas.
- Una probeta de 50 ml.
- Dos termómetros.
- Dos Mangueras.
- Un soplete.

5.3 Reactivos

- Bisulfito de sodio
- Cloruro de sodio
- Cal viva

5.4 Metodología experimental

La resina nos fue proporcionada en un recipiente de plástico cerrado de aproximadamente 20 lts. La metodología que seguimos fue propuesta en el laboratorio y adaptada de acuerdo al material y al método de extracción del aguarrás que fue por arrastre de vapor.

1. Preparación de la muestra.

Tomamos una muestra de 500 gr de resina de pino, y la depositamos en un vaso de precipitados para pesarla en la balanza.

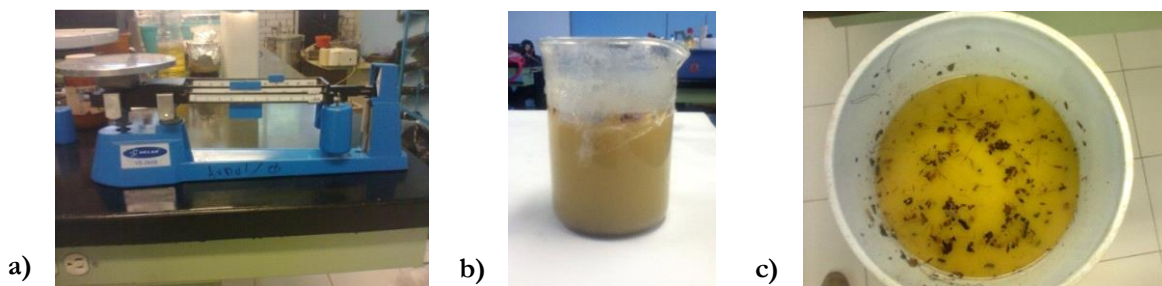


Figura 5.2. a) Balanza, b) Muestra de Resina de Pino para pesar, c) Resina de Pino.

En seguida pesamos 0.75 gr de cloruro de sodio (NaCl) y 0.75 gr de bisulfito de sodio (NaHSO_3).

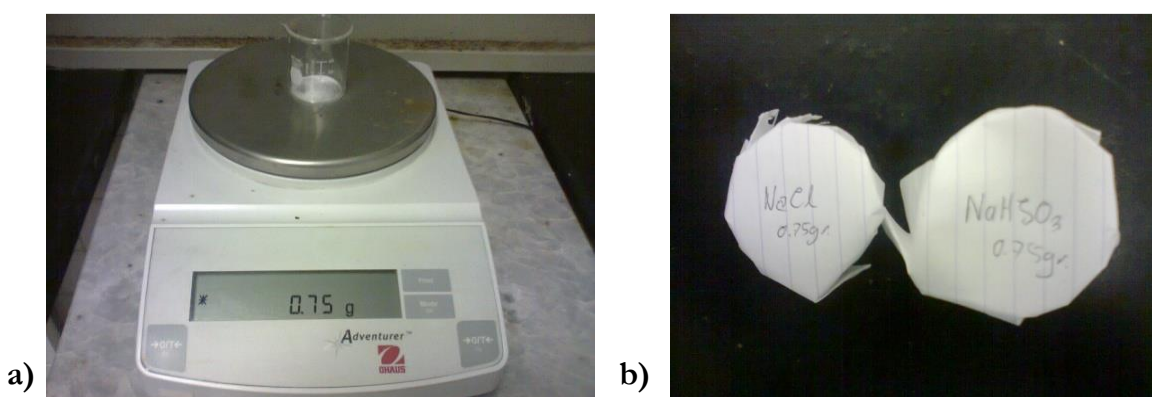


Figura 5.3. a) Peso de los reactivos en la balanza digital, b) Reactivos pesados.

Después de haber pesado los reactivos y la muestra, se mezclaron en el vaso de precipitados de 600 ml y a esta mezcla se le agregaron 30 ml de aguarrás.



Figura 5.4. a) Muestra de resina, b) Agregando reactivos a la resina, c) Mezclado.

Una vez mezclados todos los componentes, agitamos durante 10 o 15 min con el fin de acelerar la disolución y después dejamos un tiempo en reposo la mezcla aproximadamente 10 min, para que las impurezas sólidas como cortezas, virutas, hojas, insectos con el fin de que estas brotaran a la superficie y fueran removidas.

2. Remoción de Impurezas

Ya removidas las impurezas de la mezcla, lo siguiente fue depositarla dentro del recipiente de destilación, en este caso un matraz balón y comenzamos el proceso de destilación.

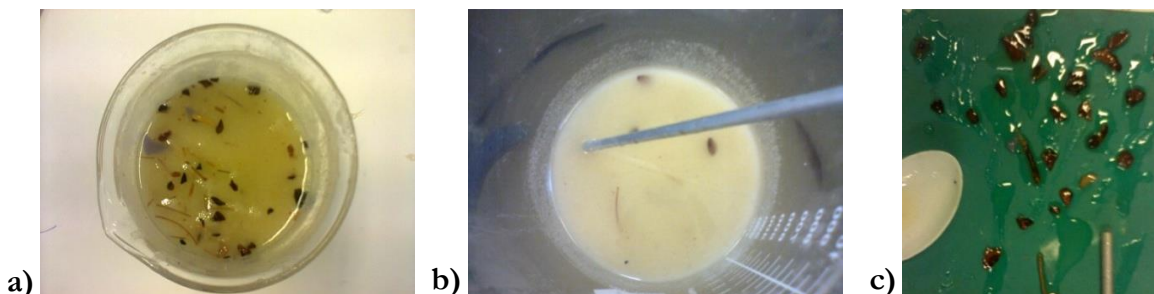


Figura 5.5. a) Resina con impurezas, b) Resina libre de impurezas, c) Impurezas sólidas.

3. Destilación por arrastre de vapor.

El recipiente de destilación debe estar vacío y limpio para el proceso; a continuación introducimos la resina previamente limpiada dentro del recipiente de destilación. Una vez depositada la mezcla, cubrimos el matraz con papel aluminio para evitar su enfriamiento. Utilizamos dos parrillas; una donde calentamos la olla que contenía el agua para la producción de vapor y la segunda para mantener la temperatura en el matraz y los vapores mantuvieran su temperatura. En la primera parrilla mantuvimos una temperatura de 260°C y en la segunda una temperatura de 300°C . El procedimiento de destilación se mantuvo durante una hora aproximadamente.

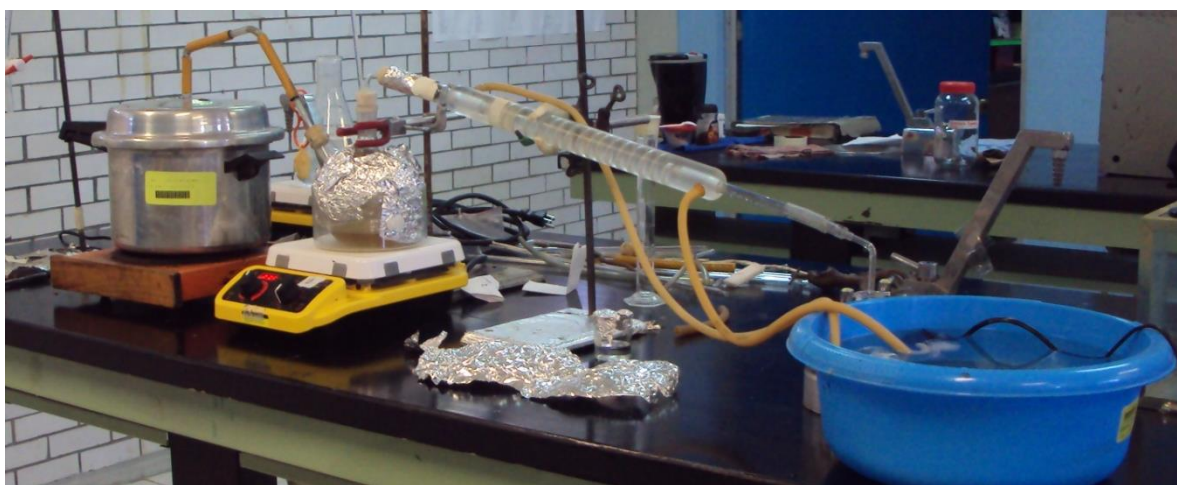


Figura 5.6. Sistema de Destilación por arrastre de vapor.



Figura 5.7. Producción de vapor y recipiente de calentamiento.

4. Separar el aguarrás del agua.

Una vez que obtuvimos el destilado en un matraz, proseguimos a ponerlo en un embudo de separación, para retirar el agua que se encontraba en el aguarrás. La fracción gris que se observa en la parte de arriba es la del aguarrás y la que es más clara es el agua.

El residuo sobrante (colofonia) en el matraz de calentamiento, la depositamos en un recipiente para su almacenamiento.

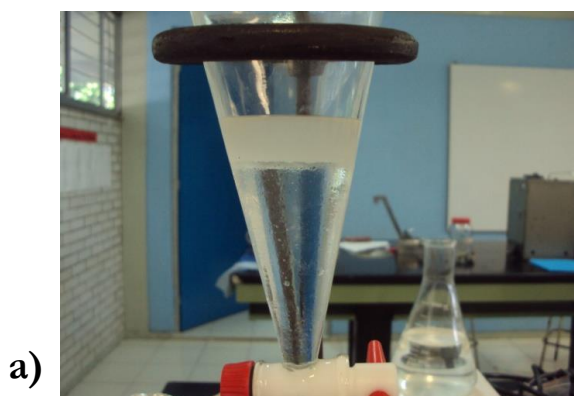


Figura 5.8. Aguarrás extraído



Figura 5.9. Colofonia.

5. Purificación del aguarrás.

En caso de que el aguarrás contenga ciertos residuos de agua, utilizamos un método muy sencillo para limpiarlo. El aguarrás contaminado lo filtramos por cal viva, el agua quedó en la cal y el aguarrás pasó a través de la cal.

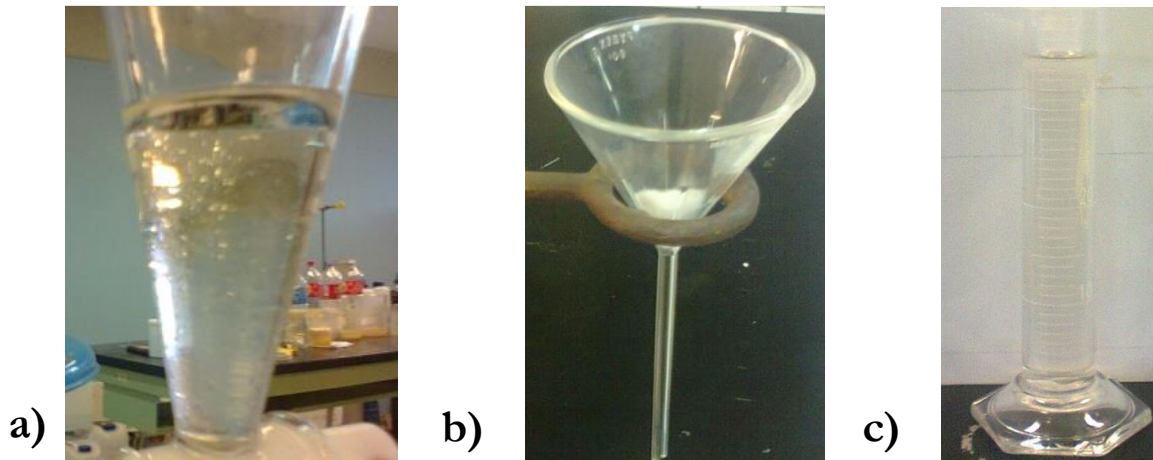


Figura 5.10. a) Aguarrás con residuos de agua, b) Embudo de filtración, c) Aguarrás purificado.

5.5 Determinación de la viscosidad

El viscosímetro SVM 3000 mide la viscosidad dinámica y la densidad de aceites y combustibles según la norma ASTM D7042. Con esos datos, el viscosímetro calcula automáticamente la viscosidad cinemática y suministra resultados absolutamente reproducibles según las normas ISO 3104 o ASTM D445. Mediante el principio de medición Stabinger con el termostato Peltier, es posible medir con un único sistema de medición un rango incomparablemente amplio de viscosidad y de temperatura. Compacto y de bajo consumo de energía, versátil, rápido, con bajo consumo de muestras y de disolventes — el SVM 3000 es sin duda el viscosímetro cinemático más eficiente.



Figura 5.11. Viscosímetro SVM 3000.

5.6 Determinación de la densidad

Realizamos una prueba al aguarrás para determinar la densidad, mediante un densímetro. El módulo de medición de densidad DMA 4500 ME determina la concentración o densidad de un líquido. La medición se basa en el comprobado principio de oscilación del tubo en forma de «U» que garantiza valores de densidad de alta precisión. EL DMA 4500 ME.



Figura 5.12. Densímetro DMA 4500 ME.

5.7 Curva de temperatura contra volumen

En este experimento intentamos realizar una curva de temperatura contra volumen, colocamos 100 ml de aguarrás en un matraz balón de fondo plano de 250 ml, y lo calentamos hasta el

punto de ebullición. Desarrollamos la práctica como una destilación, manejamos una temperatura de 160°C en la parrilla, agua de enfriamiento a 20 grados, con la ayuda de una bomba recirculamos el agua. Recibimos los condensados en una probeta de 50 ml.



Figura 5.13. Sistema de destilación para realizar una curva de temperatura contra volumen.

5.8 Cromatografía de gases

Tomamos una muestra de la esencia de trementina que extrajimos de la resina e inyectamos en el cromatógrafo de gases a esta la nombramos “Muestra Pino”. Después inyectamos una muestra de la que se calentó en el experimento de curva de temperatura a esta la nombramos “Muestra Pino 2da Destilada” e inyectamos una tercer muestra de los condensados de ese experimento y a esta la nombramos “Muestra Pino Residuo”. Utilizamos una columna DB – WAXTER 122 – 7362, Length (meters): 60, I. D. (mm): 0.250, Film (um): 0.25.

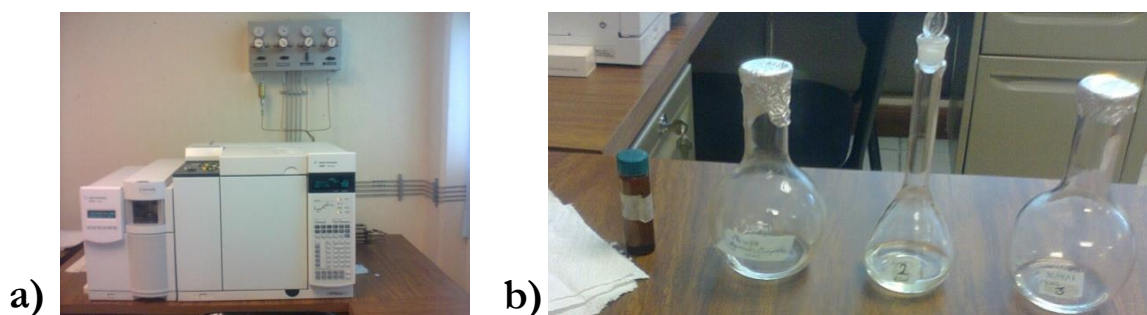


Figura 5.14. a) Cromatógrafo de gases, b) Muestras de aguarrás.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Extracción de aguarrás

- *Primer Experimento*

Para este experimento, tomamos una muestra de resina, una cantidad de 100 gr, utilizamos esta cantidad como base, ya que la teoría dice que contiene entre 10 – 15% de trementina, por lo tanto la extracción de aguarrás supusimos que debería estar alrededor de 10 y 15 ml.

También utilizamos un volumen de agua de 900 ml en el matraz para la producción de vapor, los reactivos que usamos fueron; 1 gr de cloruro de sodio, 1 gr de bisulfito de sodio y 10 ml aguarrás. Comenzamos a calentar a una temperatura de 200°C para cada una de las parrillas, durante un tiempo de 57 min. Como la literatura nos menciona que el aguarrás y el agua no son miscibles, obtuvimos un condensado en dos fases. Para la fase de arriba el color era gris y un volumen de 18.5 ml y la fase de abajo un color transparente con 11 ml de volumen.

- *Segundo Experimento*

En esta ocasión, utilizamos una olla exprés para producir vapor. La olla se llenó con 4.5 lts de agua y preparamos una mezcla de resina de 100 gr más 1 gr de bisulfito de sodio y 1 gr de cloruro de sodio. A esta mezcla se le agregó 10 ml de aguarrás para diluirla. Anotamos la hora en que empezamos el calentamiento y fue a las 11:49 am y aproximadamente 48 min después empezó a ebulir la resina. Desconectamos las parrillas a las 13:01pm. Obtuvimos 46 ml de agua y 23 ml de aguarrás, pero si descontamos los 10 ml que se agregaron, en total fueron 13ml de aguarrás que se extrajeron. El tiempo que tardó el proceso fue aproximadamente de 1 hora y 10 min.

- *Tercer Experimento*

Este experimento fue muy sencillo, ya que solo agregamos 100 gr de resina puros, esto quiere decir que no agregamos cloruro de sodio, bisulfito de sodio y aguarrás. De igual manera utilizamos la misma cantidad de agua 4.5 lts. Empezamos a calentar a las 13:21 pm a 200°C y terminamos a las 14:20 pm. De esto obtuvimos 41 ml de agua y 15 ml de aguarrás. El tiempo que tardó el proceso fue aproximadamente 1 hora.

- *Cuarto Experimento*

Para este caso seguimos el procedimiento de 100 gr de resina, 1 gr de cloruro de sodio, 1 gr de bisulfito de sodio, más 10 ml de aguarrás para diluir la mezcla y una cantidad de 4.5 lts de agua en la olla para la producción de vapor. Empezamos a calentar a las 14:05 pm y terminamos a las 15:10 pm. Obtuvimos 20 ml de agua y 23.4 ml de aguarrás, pero descontando los 10 agregados, en total fueron 13.4 ml. El tiempo que tardó el proceso fue de 1 hora y 5 min.

- *Quinto Experimento*

Para este último experimento utilizamos 100 gr de resina, 2 gr de bisulfito de sodio, 2 gr de cloruro de sodio y 20 ml de aguarrás con 4.5 lts de agua en la olla. Comenzamos a las 12:23 pm y terminamos de destilar a las 13:15 pm. Obtuvimos 82.5 ml de agua y 23 ml de aguarrás, descontando los 20 ml agregados, solo obtuvimos 3 ml. Dudo que este resultado sea del todo correcto, pero podemos deducir que obtuvimos 13.3 ml de aguarrás. El tiempo que tardó el proceso fue de 52 min.

Tabla 6.1. Resultados de la extracción de aguarrás y residuos de colofonia.

<i>Experimento</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>Aguarrás (ml)</i>	<i>Colofonía (gr)</i>
<i>Uno</i>	57	8.5	90.85
<i>Dos</i>	70	13	91.2
<i>Tres</i>	60	15	93.6
<i>Cuatro</i>	65	13.4	91.4
<i>Cinco</i>	52	13	96.6
<i>Promedio</i>	60.8	12.58	92.73

Podemos destacar que el promedio de tiempo que toma el proceso de extracción de aguarrás es de una hora. Sumamos los tiempos de cada uno de los experimentos, esto nos da un total de 304 minutos y lo dividimos entre el número de veces que fueron 5, esto nos da un valor de 60.8 min. Para el aguarrás y la colofonía hicimos el mismo procedimiento y el promedio de extracción de aguarrás fue de 12.58 ml y de colofonía 92.73 gr.

6.2 Viscosímetro

El resultado no está disponible debido a que el equipo no pudo medir la viscosidad del aguarrás.

6.3 Densímetro

En el laboratorio realizamos una prueba para determinar la densidad del aguarrás mediante un picnómetro. Los resultados de las densidades varían entre sí, debido a que están tomadas a diferentes temperaturas.

Tabla 6.2. Resultados de la densidad del aguarrás.

<i>Experimento</i>	<i>Temperatura en (°C)</i>	<i>Densidad (g/ cm³)</i>
<i>Viscosímetro</i>	15	0.866
<i>Prueba de laboratorio</i>	26	0.768

Cuando metimos una muestra de aguarrás en el viscosímetro, el equipo no solo mide la viscosidad de una sustancia, también tiene la capacidad de medir la densidad de la sustancia y el resultado de la densidad fue de 0.852 g/cm³ a una temperatura de 15°C que es aproximada a la que calculó el densímetro.

6.4 Curva de temperatura contra volumen

Cuando empezamos el procedimiento de destilación del aguarrás, tomó aproximadamente una hora para que comenzara a ebulir, con una temperatura en la parrilla de 156°C. Pasando cuatro minutos después de la hora cayó la primera gota a una temperatura de 157°C, y se mantuvo de esa manera. Al cabo de una hora con doce minutos, se acumuló el aguarrás en el intercambiador y salió todo el condensado de golpe. Obtuvimos solo 35 ml de la destilación. El destilado era color transparente, mientras que el aguarrás que quedó de residuo en el matraz se tornó color ámbar. El experimento se realizó 3 veces y tuvo un comportamiento similar en las tres experiencias. En la siguiente tabla se muestran los resultados del comportamiento de la destilación del aguarrás, el tiempo del proceso, la temperatura y el destilado de los primeros dos experimentos.

Tabla 6.3. Resultados de la prueba temperatura contra volumen.

<i>Tiempo (min)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Destilado (ml)</i>	<i>Residuo (ml)</i>
0	26	0	-
12	68	0	-
22	104	0	-
28	120	0	-
49	156	0	-
60	156	0	-
64	157	1	-
71	158	2	-
72	158	35	60

Tabla 6.4. Resultados de la prueba temperatura contra volumen (2).

<i>Tiempo (min)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Destilado (ml)</i>	<i>Residuo (ml)</i>
0	24	0	-
10	34	0	-
15	44	0	-
25	94	0	-
35	112	0	-
45	128	0	-
55	147	0	-
65	158	2	-
70	158	34.3	62.7

6.5 Cromatografía de gases

En la primera inyección no tuvimos problemas, el procedimiento tardo aproximadamente una hora con veinticinco minutos. Los resultados se reflejan en los siguientes cromatogramas. Los compuestos que salieron en mayor cantidad se muestran en la siguiente tabla:

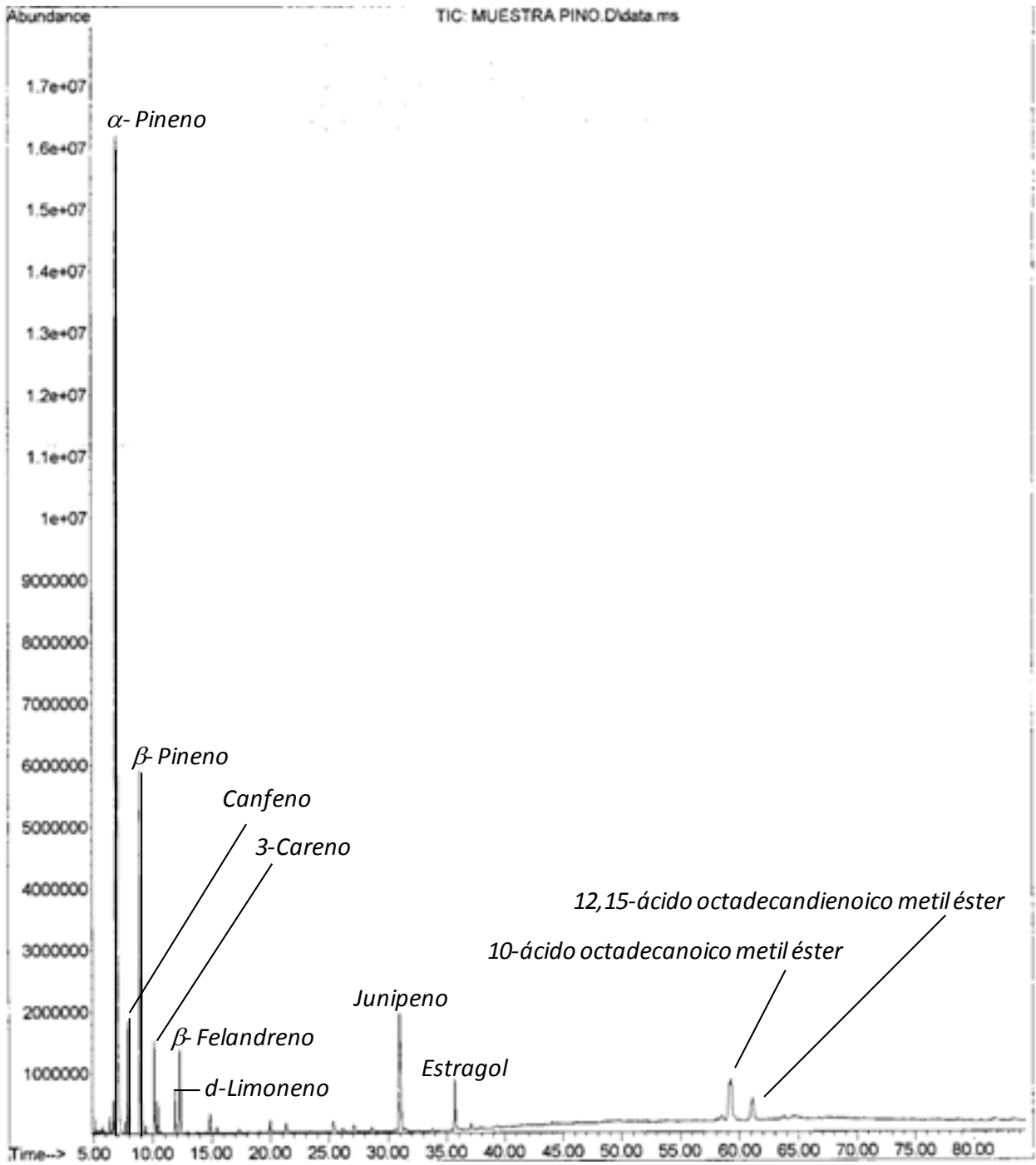


Figura 6.1. Cromatograma de aguarrás “Muestra Pino”.

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	4.832	3	12	35	rVB7	87728	314400	0.26%	0.139%
2	5.090	70	81	101	rBV2	242635	591467	0.49%	0.262%
3	5.315	130	141	159	rVV2	75969	186704	0.15%	0.083%
4	5.499	179	190	215	rVB3	79769	250007	0.21%	0.111%
5	5.716	233	248	274	rVV4	136696	494403	0.41%	0.219%
6	5.878	274	291	316	rVB4	65698	236221	0.19%	0.105%
7	6.354	403	418	447	rBV	283356	870444	0.72%	0.385%
8	6.669	486	502	536	rBV2	537353	2009784	1.66%	0.889%
9	6.991	546	588	689	rBV4	16164743	121383384	100.00%	53.703%
10	7.684	755	773	797	rBV5	200806	637549	0.53%	0.282%
11	7.891	807	828	891	rBV2	1817540	6137899	5.06%	2.716%
12	8.959	1087	1113	1180	rBV	5911763	23570100	19.42%	10.428%
13	9.386	1213	1227	1261	rVB2	134469	480625	0.40%	0.213%
14	10.125	1401	1424	1482	rBV2	1510009	6582474	5.42%	2.912%
15	10.410	1482	1500	1539	rVB2	530035	2106388	1.74%	0.932%
16	11.879	1868	1892	1957	rVB3	725627	3536609	2.91%	1.565%
17	12.292	1974	2002	2069	rBV2	1365877	6691193	5.51%	2.960%
18	14.852	2661	2685	2723	rBV3	329478	1641948	1.35%	0.726%
19	15.433	2817	2840	2869	rBV6	108217	563907	0.46%	0.249%
20	17.318	3322	3343	3369	rBV6	59615	319210	0.26%	0.141%
21	19.969	4024	4050	4094	rBV7	194738	1113011	0.92%	0.492%
22	21.307	4378	4407	4457	rBV5	161317	1092986	0.90%	0.484%
23	25.303	5433	5473	5532	rBV9	182638	1879563	1.55%	0.832%
24	26.113	5677	5689	5717	rVB9	42692	266809	0.22%	0.118%
25	27.061	5936	5942	5992	rVB9	104052	650941	0.54%	0.288%
26	28.553	6320	6340	6382	rVB9	71200	594855	0.49%	0.263%
27	30.945	6928	6978	7064	rBV10	1920279	19169758	15.79%	8.481%
28	33.711	7699	7716	7746	rBV10	43823	252755	0.21%	0.112%
29	35.679	8200	8241	8321	rBV3	847348	5093679	4.20%	2.254%
30	37.059	8593	8609	8610	rBV5	85445	174234	0.14%	0.077%
31	37.066	8610	8611	8649	rVB8	95131	377988	0.31%	0.167%
32	41.981	9907	9922	9968	rVB4	36722	223074	0.18%	0.099%
33	43.435	10220	10310	10324	rBV4	29788	201592	0.17%	0.01
34	52.177	12634	12642	12674	rVB6	39577	172762	0.14%	0.076%
35	59.311	14443	14545	14687	rVB8	679766	13843036	11.40%	6.125%
36	60.998	14969	14995	14997	rBV4	197460	644541	0.53%	0.285%
37	72.600	18088	18090	18204	rVB4	17837	231673	0.19%	0.102%
38	76.929	19244	19245	19489	rVB4	24686	618665	0.51%	0.274%
39	78.710	19704	19720	19920	rVB4	17557	361568	0.30%	0.160%
40	83.579	21017	21019	21174	rVB4	30715	458546	0.38%	0.203%

Figura 6.2. Reporte de Porcentaje de Área “Muestra Pino”.

Tabla 6.5. Compuestos en mayor cantidad de la “Muestra Pino”.

<i>Muestra Pino</i>				
<i>Pico</i>	<i>Compuesto</i>	<i>R.T.</i>	<i>Corr. Área</i>	<i>% del total</i>
9	<i>α- Pineno</i>	6.991	121383384	53.703
11	<i>Canfeno</i>	7.891	6137899	2.716
12	<i>β-Pineno</i>	8.959	23570100	10.428
14	<i>3-Careno</i>	10.125	6582474	2.192
15	<i>β-Mirceno</i>	10.41	2106388	0.932
16	<i>D-Limoneno</i>	11.879	3536609	1.565
17	<i>β-Felandreno</i>	12.292	6691193	2.96
27	<i>Junipen</i>	30.945	19169758	8.481
29	<i>Estragol</i>	35.679	5093679	2.254
35	<i>10-ácido octadecanoico metil ester</i>	59.311	13843036	6.125

La suma total de los porcentajes de las áreas es 91.22%, no suma un 100% debido a que hay compuestos que se identificaron pero en una concentración muy baja, en pocas palabras solo pusimos a los compuestos con mayor concentración y a los de menor concentración no. El porcentaje de la composición se saca con la suma de todas las áreas, el área de cada compuesto se divide entre el área total, haremos para el caso del α- Pineno. La suma total de las áreas es 226026752 y la correlación de área que tiene el α- Pineno es: 121383384, por lo tanto dividimos 121383384/226026752 y esto nos da un resultado de 0.53703 multiplicamos por 100 y no da un porcentaje de 53.703 %, este porcentaje es con respecto a los picos que identifique el cromatógrafo de gases.

Cuando inyectamos la segunda muestra en el cromatógrafo de gases (muestra que fue tomada del aguarrás que destilamos del experimento de la curva de temperatura contra volumen), la concentración de algunos compuestos disminuyeron, esto pudo haber sido a causa de que solo se destilo una parte del aguarrás, ya que solo destilamos 35 ml de 100 que debimos haber destilado.

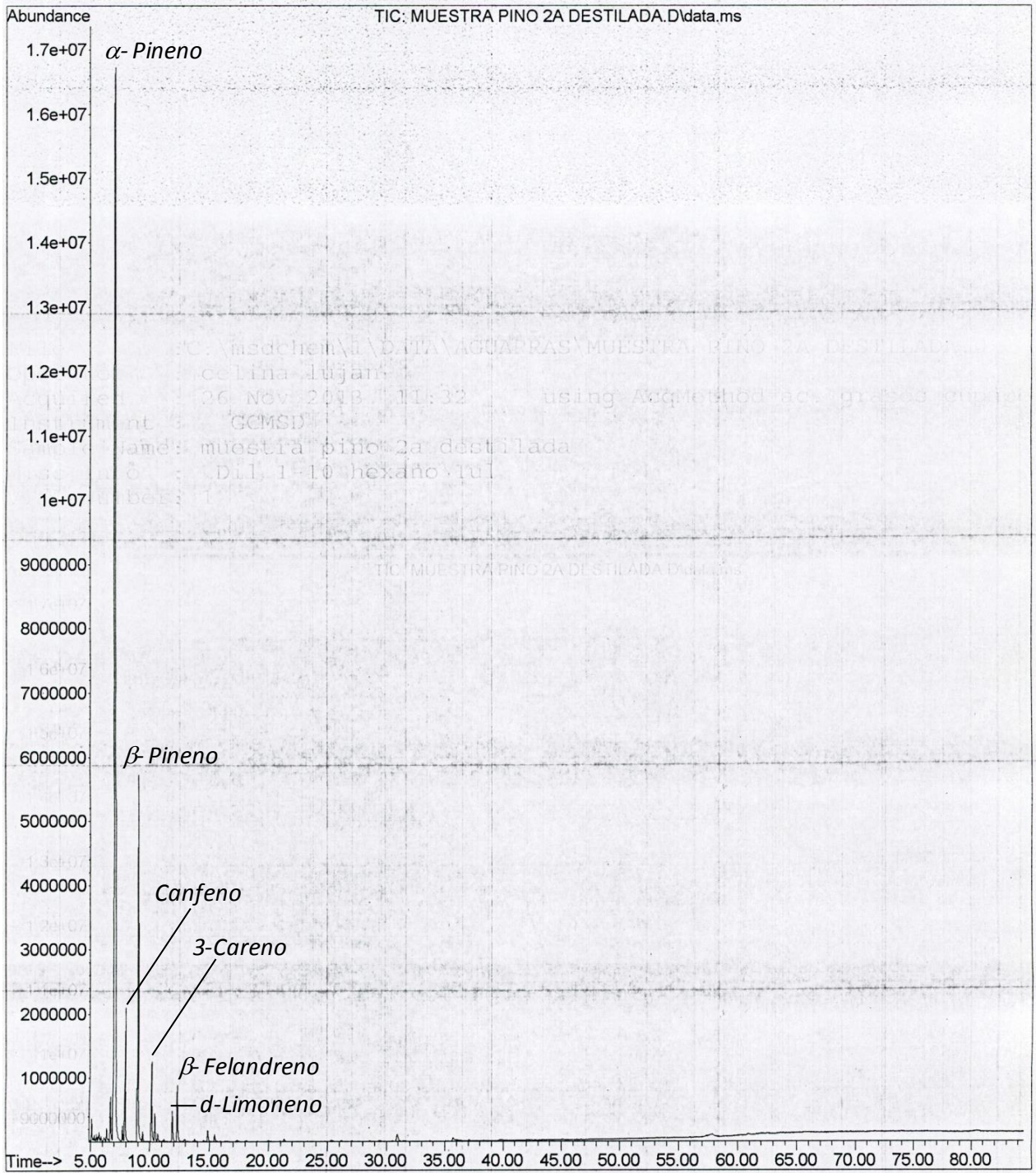


Figura 6.3. Cromatograma de aguarrás “Muestra Pino 2a Destilada”.

Method : C:\msdchem\1\DATA\AGUARRAS\AGUARRAS 2.D\AGUARRAS.M
Title : curva prueba 091009

Signal : TIC: MUESTRA PINO 2A DESTILADA.D\data.ms

Area Percent Report

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	5.094	69	82	104	rBV3	350120	903747	0.65%	0.469%
2	5.323	132	143	163	rVB2	88361	233736	0.17%	0.121%
3	5.514	181	194	220	rVB4	96144	291119	0.21%	0.151%
4	5.653	220	231	238	rBV4	59894	144577	0.10%	0.075%
5	5.728	238	251	275	rVB3	128139	444622	0.32%	0.231%
6	5.885	275	293	314	rVB3	66050	213520	0.15%	0.111%
7	6.148	350	363	372	rBV8	51310	141140	0.10%	0.073%
8	6.365	408	421	445	rBV3	199544	593224	0.43%	0.308%
9	6.676	487	504	549	rBV2	689261	2745769	1.99%	1.424%
10	7.014	549	594	724	rVB3	16700212	138054901	100.00%	71.607%
11	7.696	760	776	806	rBV3	234222	713096	0.52%	0.370%
12	7.902	812	831	883	rVV	2076500	6917614	5.01%	3.588%
13	8.963	1089	1114	1185	rBV	5707127	22770381	16.49%	11.811%
14	9.394	1212	1229	1260	rVB3	146824	528875	0.38%	0.274%
15	10.136	1405	1427	1483	rBV2	1250907	5513946	3.99%	2.860%
16	10.421	1485	1503	1540	rVB3	431295	1725915	1.25%	0.895%
17	10.669	1551	1569	1598	rBV3	112391	458525	0.33%	0.238%
18	11.887	1870	1894	1940	rBV5	469772	2278455	1.65%	1.182%
19	12.295	1979	2003	2060	rBV3	874895	4354114	3.15%	2.258%
20	12.944	2161	2176	2207	rVB3	37869	181941	0.13%	0.094%
21	13.765	2372	2395	2418	rBV8	41124	208599	0.15%	0.108%
22	14.860	2666	2687	2722	rBV3	166866	810934	0.59%	0.421%
23	15.437	2820	2841	2881	rBV6	102332	553001	0.40%	0.287%
24	21.303	4383	4406	4437	rBV8	39025	255277	0.18%	0.132%
25	30.900	6938	6966	6967	rBV7	95532	316051	0.23%	0.164%
26	30.915	6967	6970	7008	rVB7	86693	443680	0.32%	0.230%
27	60.919	14961	14974	15035	rVB7	17233	173632	0.13%	0.090%
28	65.852	16143	16290	16387	rBV7	16170	509425	0.37%	0.264%
29	76.082	18866	19019	19084	rBV7	11439	314527	0.23%	0.163%

Figura 6.4. Reporte de Porcentaje de Área “Muestra Pino 2a Destilada”.

Tabla 6.6. Compuestos en mayor cantidad de la “Muestra Pino 2a Destilada”.

<i>Muestra Pino 2a Destilada</i>				
<i>Pico</i>	<i>Compuesto</i>	<i>R.T.</i>	<i>Corr. Área</i>	<i>% del total</i>
9	-	6.676	2745769	1.424
10	α -Pineno	7.014	138054901	71.607
12	Canfeno	7.902	6917614	3.588
13	β -Pineno	8.963	22770381	11.811
15	3-Careno	10.136	5513946	2.86
18	D-Limoneno	11.887	2278455	1.182
19	β -Felandreno	12.295	4354114	2.258

En la tercera inyección, tomamos una muestra del aguarrás que quedó de color ámbar, algunos compuestos que tuvieron una baja concentración en la segunda inyección, en la tercera inyección salieron en altas concentraciones y algo que remarcar fue la generación de nuevos compuestos. La generación de nuevos compuestos pudo haber sido provocada por el calentamiento, el color también se puede justificar por este calentamiento.

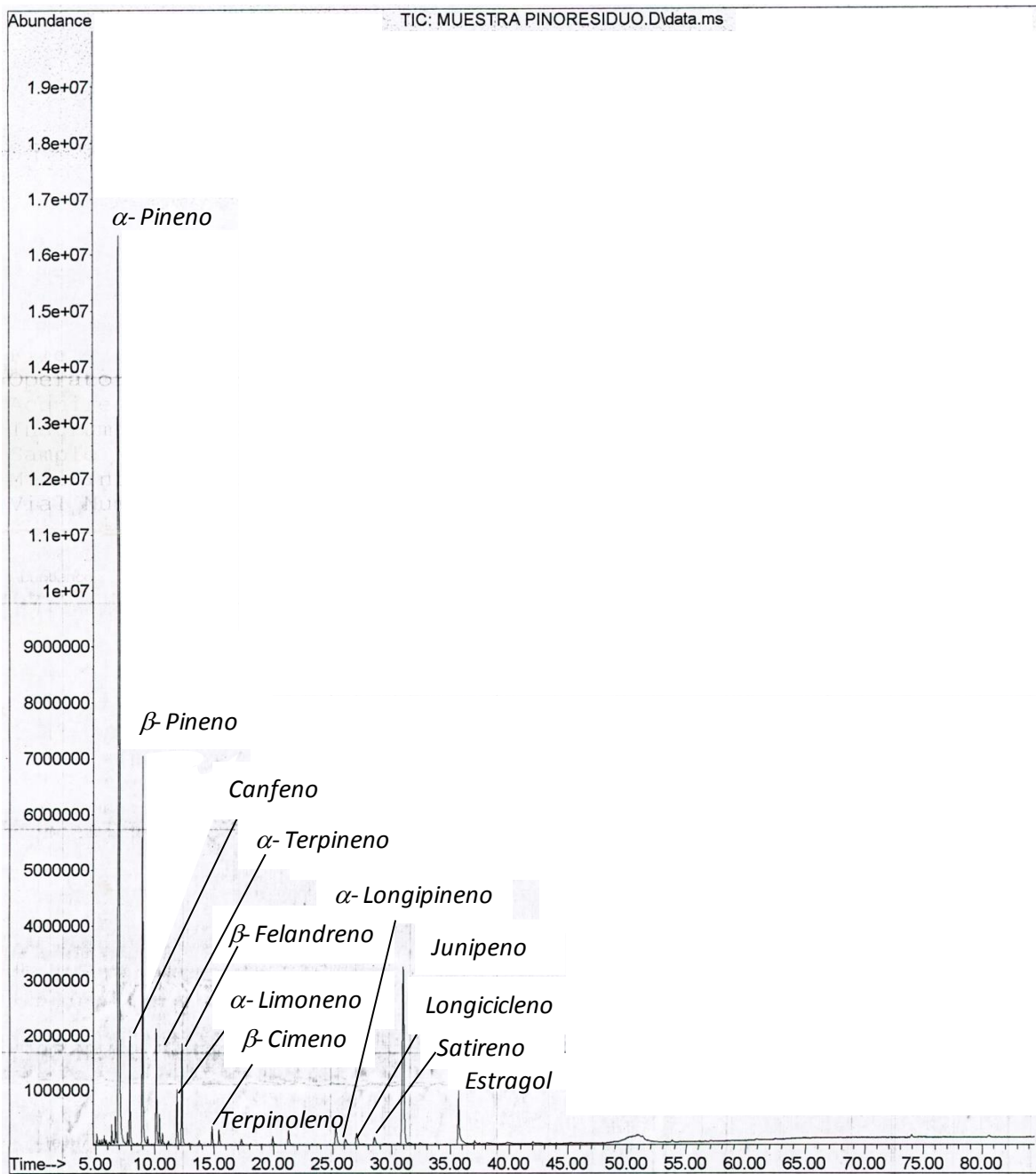


Figura 6.5. Cromatograma de aguarrás “Muestra Pino Residuo”.

Signal : TIC: MUESTRA PINORESIDUO.D\data.ms									
peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	5.098	64	83	100	rBV3	193853	480955	0.40%	0.190%
2	5.319	127	142	163	rVB3	74979	181161	0.15%	0.072%
3	5.510	163	193	217	rVB3	80211	256306	0.21%	0.101%
4	5.724	217	250	271	rBV4	157599	640314	0.53%	0.253%
5	5.881	271	292	325	rVB4	80069	304223	0.25%	0.120%
6	6.155	325	365	397	rBV4	39384	268103	0.22%	0.106%
7	6.361	397	420	451	rBV3	356659	1155221	0.96%	0.457%
8	6.508	451	459	487	rVB3	63976	177217	0.15%	0.070%
9	6.672	487	503	550	rBV3	500670	1945052	1.62%	0.770%
10	6.999	550	590	622	rBV4	16310227	120188808	100.00%	47.560%
11	7.692	748	775	811	rBV3	216718	689713	0.57%	0.273%
12	7.902	811	831	865	rBV3	1962292	6508115	5.41%	2.575%
13	8.491	964	988	1054	rVB4	35851	196143	0.16%	0.078%
14	8.970	1081	1116	1207	rBV2	7033996	28484048	23.70%	11.271%
15	9.398	1207	1230	1261	rVV3	145192	549365	0.46%	0.217%
16	10.140	1396	1428	1486	rBV3	2122000	9198071	7.65%	3.640%
17	10.425	1486	1504	1549	rVB2	547311	2186424	1.82%	0.865%
18	10.672	1549	1570	1603	rBV3	195678	824867	0.69%	0.326%
19	11.178	1657	1705	1756	rBV5	66672	400439	0.33%	0.158%
20	11.894	1873	1896	1972	rVV3	1006913	5017820	4.17%	1.986%
21	12.307	1972	2006	2107	rVV2	1848985	9290553	7.73%	3.676%
22	12.940	2134	2175	2206	rVV2	39319	256910	0.21%	0.102%
23	13.761	2368	2394	2476	rVB4	82602	506792	0.42%	0.201%
24	14.500	2548	2591	2629	rBV	26806	141962	0.12%	0.056%
25	14.859	2665	2687	2746	rVV2	334880	1768396	1.47%	0.700%
26	15.444	2809	2843	2926	rBV6	275545	1561227	1.30%	0.618%
27	17.326	3286	3345	3430	rVV4	102982	744992	0.62%	0.295%
28	18.110	3502	3554	3601	rVB5	23148	165533	0.14%	0.066%
29	19.976	4024	4052	4096	rVV7	147411	896996	0.75%	0.355%
30	21.307	4366	4407	4492	rVV5	260344	1825329	1.52%	0.722%
31	23.309	4906	4941	5014	rVV8	21441	137320	0.11%	0.054%
32	24.797	5293	5338	5428	rBV8	20218	138086	0.11%	0.055%
33	25.299	5428	5472	5626	rVB7	315316	3273646	2.72%	1.295%
34	26.105	5635	5687	5788	rVB7	96497	1066775	0.89%	0.422%
35	27.065	5896	5943	6040	rBV7	201157	2139883	1.78%	0.847%
36	27.642	6040	6097	6175	rVB7	16343	205889	0.17%	0.081%
37	28.568	6301	6344	6463	rVV7	131587	1407828	1.17%	0.557%
38	29.449	6463	6579	6652	rVV7	18514	352832	0.29%	0.140%
39	29.873	6652	6692	6760	rVB7	15872	164533	0.14%	0.065%
40	30.529	6823	6867	6922	rBV7	25226	274306	0.23%	0.109%
41	30.979	6922	6987	7093	rVV6	3235902	32997685	27.45%	13.058%
42	31.530	7093	7134	7219	rVB6	31842	503451	0.42%	0.199%
43	32.426	7318	7373	7480	rBV6	37959	450924	0.38%	0.178%
44	33.711	7669	7716	7759	rBV10	28435	173409	0.14%	0.069%
45	35.691	8191	8244	8488	rBV3	987535	8111815	6.75%	3.210%
46	37.066	8587	8611	8695	rVB3	56025	411511	0.34%	0.163%
47	37.483	8695	8722	8767	rVB3	27600	172872	0.14%	0.068%
48	38.094	8857	8885	8956	rBV3	21073	253801	0.21%	0.100%
49	39.855	9262	9355	9541	rBV3	28087	809041	0.67%	0.320%
50	42.015	9901	9931	9973	rBV4	31841	247588	0.21%	0.098%
51	45.201	10720	10781	10891	rVB4	10399	218642	0.18%	0.087%
52	50.022	11908	12067	12079	rBV4	64327	1118534	0.93%	0.443%
53	53.744	13024	13060	13123	rBV4	30588	230540	0.19%	0.091%
54	57.002	13888	13929	14005	rBV4	23955	266111	0.22%	0.105%
55	60.938	14923	14979	15049	rBV4	20577	314119	0.26%	0.124%
56	73.957	18415	18452	18514	rBV4	47870	456644	0.38%	0.181%

Figura 6.6. Reporte de Porcentaje de Área “Muestra Pino Residuo”.

Tabla 6.7. Compuestos en mayor cantidad de la “Muestra Pino Residuo”.

<i>Muestra Pino Residuo</i>				
<i>Pico</i>	<i>Compuesto</i>	<i>R.T.</i>	<i>Corr. Área</i>	<i>% del total</i>
10	<i>α- Pineno</i>	6.999	120188808	47.56
11	<i>d-Canfeno</i>	7.692	689713	0.273
12	<i>Canfeno</i>	7.902	6508115	2.575
14	<i>β-Pineno</i>	8.97	28484048	11.271
16	<i>α- Terpineno</i>	10.14	9198071	3.64
18	<i>α-Felandreno</i>	10.672	824867	0.326
20	<i>α- Limoneno</i>	11.89	5017820	1.986
21	<i>β-Felandreno</i>	12.307	9290553	3.676
33	<i>α- Longipineno</i>	25.299	3273646	1.295
41	<i>Junipen</i>	30.979	32997685	13.058
45	<i>Estragol</i>	35.691	8111815	3.21

6.6 Porcentaje de rendimiento

El cálculo de rendimiento de producción del aguarrás lo calculamos por medio de la fórmula 6.1:

$$\frac{\text{rendimiento real}}{\text{rendimiento teórico}} \times 100 \dots \dots \dots 6.1$$

La teoría nos dice que debemos extraer entre 10 y 15 % de esencia de trementina (esto depende de la especie de pino), podríamos decir que 12.5 % en promedio de aguarrás, de manera que si tenemos una muestra de 100 gr obtendríamos 12.5 gr de aguarrás. De los experimentos anteriores el promedio fue de 12.58 ml. Convirtiendo el volumen del aguarrás en gramos, con la densidad que obtuvimos experimentalmente: 12.58 ml x 0.768 gr/ml= 9.66 gr

$$\frac{9.66}{12.5} \times 100 = 77.28 \%$$

Tabla 6.8. Resultados del porcentaje de rendimiento de cada experimento.

<i>Experimento</i>	<i>Aguarrás (ml)</i>	<i>Aguarrás (gr)</i>	<i>Rendimiento (%)</i>
<i>Uno</i>	8.5	6.52	52.16
<i>Dos</i>	13	9.98	79.84
<i>Tres</i>	15	11.52	92.16
<i>Cuatro</i>	13.4	10.29	82.32
<i>Cinco</i>	13	9.98	79.84
<i>Promedio</i>	12.58	9.65	77.26

La media aritmética o el promedio es: 12.58 ml de aguarrás

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

La desviación estándar:

$$\sqrt{\frac{1}{5-1} [(8.5 - 12.58)^2 + (13 - 12.58)^2 + (15 - 12.58)^2 + (13.4 - 12.58)^2 + (13 - 12.58)^2]}$$

$$\sqrt{\frac{1}{4} [16.64 + 0.1764 + 5.85 + 0.6724 + 0.1764]}$$

$$\sqrt{\frac{1}{4} [23.51]}$$

$$\sqrt{5.87} = 2.42$$

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

En las coníferas del género *Pinus Occarpa*, los daños naturales o artificiales ejecutados sobre los conductos resiníferos, provocan que la resina o trementina exude al exterior, en forma de un líquido espeso, por las heridas. Esto permite su fácil recolección y su consiguiente industrialización. La eficiencia de tal aprovechamiento dependerá en gran medida de la práctica correcta del desroñe, de la forma en la cual es ejecutada la incisión sobre el árbol y de los intervalos entre herida y herida. Con la aplicación adecuada del sistema copa y canal, es posible conseguir además de herir las células para extraer la resina, mantenerlas vivas y produciendo por largos periodos de tiempo.

La extracción del aguarrás en el laboratorio a nivel matraz tuvo ciertos inconvenientes, uno de ellos fue el equipo que se utilizó para la extracción. Hubo pérdidas en la producción de vapor por parte de la olla, ya que se fugó el vapor debido a que el hule de la tapa estaba desgastado y no selló bien, esto afectó al sistema porque disminuyó la presión de vapor para arrastrar a los compuestos de la resina. El sistema también se vio afectado por el lugar en el que nos encontrábamos, debido a que a veces el aire acondicionado se prendía y esto reducía el calor de las parrillas, prolongando el tiempo del proceso.

Para el experimento de la curva de temperatura contra volumen, debemos sustituir el intercambiador por uno más pequeño, para que el vapor no haga una trayectoria muy larga, ya que utilizando un intercambiador de mayor longitud posiblemente no se genere la suficiente fuerza para empujar el condensado y por esa razón se acumula en el intercambiador; o bien considerar que la temperatura del agua no esté muy baja, para que no se condense muy rápido al principio del intercambiador.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Monroy Cordon, C.E. (1998). *Resinación en Pino Pseudostrobus, con estimulante químico, método de pica de corteza*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad de San Carlos Guatemala, San José Pinula, Guatemala.
- Aja Morataya, R.A. (2006). *Destilación de la Resina de Pino Ocote (Pinus occarpa Schiede ex Schltdl)*. Trabajo de Graduación no publicado, Universidad de San Carlos Guatemala, Granados, Baja Verapaz.
- Pastor Bustamante, J.P. (1999). *Procesamiento de la resina de Pinus caribaea, var. caribaea y sus componentes para la obtención de productos resinosos*. Tesis presentada para la obtención del grado científico de Dr. en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- Félix M., Picardo Nieto A. y Andrade Camacho M. (2004). La Resina: Herramienta de conservación de nuestros pinares. Esta publicación está basada en el contenido del informe *Diagnóstico y Propuesta de actuación en el sector resinero, redactado en el año 2004*. Editado por Cesefor, año 2009. Impreso en España.
- Arias Toledo, A.A., A. Chávez López (2006). Resina: entre la madera y el desarrollo comunitario integral. CONABIO. Biodiversitas 65: 1-7.
- Bambang Wiyono, Sanro Tachibana and Djaban Tinambunam. *Chemical Composition of Indonesian Pinus merkusii Turpentine Oils, Gum Oleoresins and Rosins from Sumatra and Java*. Pakistan Journal of Biological Sciences 9 (1) 7-14, 2006.
- ASTM (American Society for Testing Materials). 2001a. Specification D13-97 Standard Specification for spirits of Turpentine. American Society for Testing Materials, West Conshohocken, PA. Abstract available on-line at <http://www.astm.org/Standards/D13.htm>
- ASTM (American Society for Testing Materials). 2001b. Specification D6387-99 Standard Test Methods for Composition of Turpentine and Related Terpene Products by Capillary Gas Chromatography. American Society for Testing Materials, West Conshohocken, PA. Abstract available on-line at <http://www.astm.org/Standards/D6387.htm>
- Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México (2013). *Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal*. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07020a.html>
- Resina de Pino: Recurso Renovable (2013). *Portal Forestal*. Recuperado de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/2231-resina-de-pino-recurso-renovable.html>.

- Resina de Pino (2013). *EncuRed Conocimiento con todos y para todos*. Recuperado de: http://www.ecured.cu/index.php/Resina_de_pino.
- Resinas y esencia de Trementina (2013). *Arboricultura y Medioambiente*. Recuperado de: <http://www.arbolesymedioambiente.es/trementina.html>
- Michoacán primer productor de resina en México (2013). *Cambio de Michoacán*. Recuperado de: <http://www.cambiodemichoacan.com.mx>
- Fuente: J.J. Coppen y G.A. Hone. 1995. Gum naval stores: Turpentine and rosin from pine resin. On: Non - Wood Forest Product s2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

CAPÍTULO IX

ANEXOS



Figura 9.1. a) Sistema de destilación con producción de vapor en matraz.

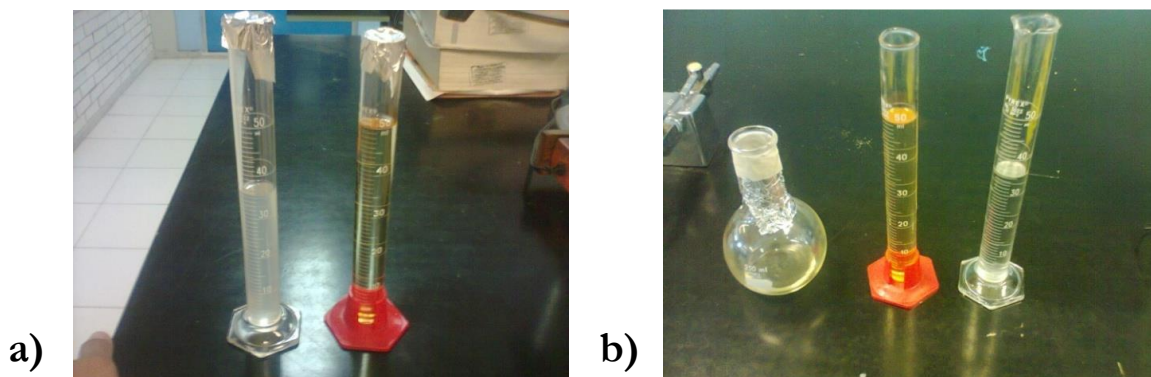


Figura 9.2. a) Destilado de aguarrás, b) Muestra y destilado de aguarrás.

[Ficha de Datos Aguarras.pdf](#)

[Hoja Seguridad Colofonia.pdf](#)