

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Caracterización de oleorresina de la
especie *Pinus caribaea* por el sistema
de pica de corteza con ácido sulfúrico**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Carmen Marcela Osorio Pérez

Lima – Perú

2006

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el Fundo Ideal, localidad de Oxapampa, región de Pasco, en una plantación de *Pinus caribaea var. hondurensis* de 22 años de edad. Se aplicó el método de resinación a vida por el sistema de pica de corteza ascendente con ácido sulfúrico a 27 árboles de la especie mencionada, teniendo como variables de estudio: clase diamétrica, distancia entre picas y altura de línea base.

Los resultados obtenidos demuestran que la distancia entre picas, es la variable independiente que tiene mayor influencia en la obtención, rendimiento y características físico químicas de la oleoresina. La mejor combinación de variables respecto a cada clase diamétrica es: para los rangos 30-38 cm y 38-46 cm, una distancia entre picas de 15 cm y una altura línea base de 30cm; mientras que para el último rango (mayor a 46 cm), una distancia entre picas de 5 cm y altura línea base de 50cm dan el mejor resultado. Con ello, se consigue una forma práctica de aprovechar oportunamente la resina contenida en los árboles de pino antes de su corta final, así como establecer mecanismos de recolección efectivos.

En el análisis estadístico se determinó que se obtiene mayor rendimiento de oleoresina cuando aumentan la distancia entre picas y la altura de línea base, asimismo sobre la influencia de las variables independientes en sus propiedades físico químicas, se tiene que: los menores rangos de la clase diamétrica y altura de línea base aumentan los valores de humedad y cenizas; se presenta una disminución de la densidad y color con el aumento de la altura de línea base; disminuyen los valores de índice de saponificación con el aumento de la distancia entre picas y finalmente, se obtienen los mayores valores de índice de refracción con el aumento de la clase diamétrica y distancia entre picas, mientras que la disminución de las mismas, reduce los valores de índice de acidez. Sin embargo, los modelos de ecuación obtenidos no expresan la mejor estimación de los factores.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN	V
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 GENERALIDADES SOBRE EL <i>PINUS CARIBAEA</i> VAR. <i>HONDURENSIS</i>	3
2.1.1 Taxonomía De La Especie	3
2.1.2 Distribución Geográfica.....	4
2.1.3 Ecología.....	5
2.1.4 Dendrología.....	6
2.1.5 Usos De La Madera	6
2.2 RESINAS VEGETALES	7
2.2.1 Definición	7
2.2.2 Clasificación De Las Resinas Vegetales	8
2.3 OLEORRESINA DE <i>PINUS</i> SP.....	9
2.3.1 Definición	9
2.3.2 Origen, Fisiología y Funciones.....	10
2.3.3 Composición Química	11
2.3.4 Factores Silviculturales que Influyen En La Producción De Oleorresina	15
2.3.5 Obtención De La Oleorresina	18
2.3.6 Sistemas De Resinación.....	20
2.3.7 Resultados De Resinación De <i>Pinus</i> Obtenida En Otros Lugares.....	22
2.3.8 Industria de la oleorresina.....	24
2.3.9 Características de la Oleorresina De <i>Pinus</i>	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1 LUGAR	31
3.2 ESPECIE A ESTUDIAR	32
3.3 MATERIALES Y EQUIPOS.....	33
3.3.1 Materiales de Campo	33
3.3.2 Materiales de Laboratorio.....	33
3.4 MÉTODOS.....	35
3.4.1 Diseño Experimental	35
3.4.2 Evaluación de Parcela de Estudio.....	37
3.4.3 Extracción De Oleorresina.....	39
3.5 COLECCIÓN DE LA OLEORRESINA.....	48
3.5.1 Cantidad De Oleorresina.....	48
3.5.2 Rendimiento.....	49

3.6	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	49
3.6.1	<i>Ensayos Físico-químicos</i>	49
3.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL EXPERIMENTO.....	53
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1	EVALUACION DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO, CLASE DIAMÉTRICA, DISTANCIA ENTRE PICAS Y ALTURA DE LINEA BASE	56
4.1.1	<i>INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DISTANCIA ENTRE PICAS Y ALTURA DE LINEA BASE SOBRE EL RENDIMIENTO</i>	56
4.1.2	<i>influencia en las PROPIEDADES físico-químicas de la oleoresina</i>	60
4.2	EVALUACION DE LA INFLUENCIA DEL ACIDO SULFURICO EN EL RENDIMIENTO DE OLEORRESINA.....	78
4.3	EVALUACION DE LA INFLUENCIA DEL ACIDO SULFURICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DE LA OLEORRESINA.....	79
5.	CONCLUSIONES	81
6.	RECOMENDACIONES	82
ANEXO 1		89
1.	PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO	89
ANEXO 2		97
1.	RESULTADOS DE RENDIMIENTO	97
ANEXO 3		98
1.	CÁLCULO DE ENSAYOS FÍSICOS	98
2.	CÁLCULO DE ENSAYOS QUÍMICOS	99
3.	RESULTADOS DE ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS DE LA OLEORRESINA SIN ESTIMULANTE	104
ANEXO 4		105
1.	FOTOS DE LOS INSTRUMENTOS	105
2.	FOTOS DE LAS PARCELAS ENSAYADAS	106
3.	FOTOS DE LOS ÁRBOLES MUESTRA	107
4.	FOTOS DE LOS ÁRBOLES DESPUES DE LA RESINACION.....	110
ANEXO 5		113
1.	DATOS METEOROLÓGICOS.....	113
2.	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS	119

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1 CLASES DE RESINAS VEGETALES Y SUS PRINCIPALES COMPONENTES.....	8
CUADRO 2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA COLOFONIA OBTENIDA POR RESINACIÓN DE <i>PINUS</i> <i>CARIBAEA</i> VAR. <i>HONDURENSIS</i> Y OTROS <i>PINUS</i> <i>SPP.</i>	13
CUADRO 3 DENSIDAD DE CANALES RESINÍFEROS DE LAS ESPECIES MÁS IMPORTANTES PRODUCTORES DE RESINA.....	17
CUADRO 4 PRODUCCIÓN DE OLEORRESINA (EN T/AÑO) DE LOS PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE 1995 A 1998.....	25
CUADRO 5 PRECIOS ANUALES DE COLOFONIA PARA EXPORTACIÓN DE 1991 A 1995 EN US\$ FOB/T 27	27
CUADRO 6 CLASIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD Y CANTIDAD DE OLEORRESINA PARA ALGUNAS ESPECIES DE <i>PINUS</i> SP. EN EL MUNDO	28
CUADRO 7 CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LA COLOFONIA PORTUGUESE GUM ROSIN	28
CUADRO 8 CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LA COLOFONIA	29
CUADRO 9 PRODUCCIÓN DE OLEORRESINA DE <i>PINUS</i> POR KG/ÁRBOL/AÑO	29
CUADRO 10 RENDIMIENTO (G./M ²) Y DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA OLEORRESINA DE <i>PINUS</i> <i>CARIBAEA</i> VAR. <i>CARIBAEA</i> OBTENIDA SIN ESTIMULANTE.....	30
CUADRO 11 VARIABLES Y NIVELES CONSIDERADOS EN EL PROCESO DE RESINACIÓN	37
CUADRO 12 ESPECIFICACIONES DE COLOR.....	51
CUADRO 13 VALORES TRANSFORMADOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO.....	54

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1 ÁREA DE DISTRIBUCIÓN NATURAL DEL PINO CARIBE, EN LAS INDIAS OCCIDENTALES Y EL ESTE DE LA AMÉRICA CENTRAL.....	5
FIGURA 2 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE COLOFONIA EN EL MUNDO	20
FIGURA 3 APLICACIÓN DE LA COLOFONIA	24
FIGURA 4 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE COLOFONIA POR EL MÉTODO DE RESINACIÓN (EN TON./AÑO).....	26
FIGURA 5 CROQUIS DE UBICACIÓN.....	32
FIGURA 6 PLAN DE ENSAYO DE OXAPAMPA Y DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS POR BLOQUES. 39	39
FIGURA 7 DESBASTADO DE LA ZONA DE RESINACIÓN.....	41
FIGURA 8 ALISADO DE LA CORTEZA	41
FIGURA 9 MARCADO DE LAS LÍNEAS GUÍAS.....	42
FIGURA 10 DIAGRAMA DE RESINACIÓN.....	43
FIGURA 11 MARCADO DE LA PICA	44
FIGURA 12 ELIMINACIÓN DE LA CORTEZA INTERNA	44
FIGURA 13 INCISIÓN DE LA PICA	45
FIGURA 14 COLOCACIÓN DE LA CANALETA.....	46
FIGURA 15 APLICACIÓN DEL ÁCIDO.....	47
FIGURA 16 CUBIERTA DEL ÁREA RESINERA.....	48
FIGURA 17 MATICES DE AMARILLO	51
FIGURA 18 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL RENDIMIENTO EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LA DISTANCIA ENTRE PICAS Y LÍNEA BASE	57
FIGURA 19 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LA CLASE DIAMÉTRICA Y LÍNEA BASE	60
FIGURA 20 VARIACIONES DE LA DENSIDAD EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LA LÍNEA BASE 63	63
FIGURA 21 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA REFRACCIÓN EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LA CLASE DIAMÉTRICA Y DISTANCIA PICAS	66
FIGURA 22 VARIACIONES DEL COLOR EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LA LÍNEA BASE 68	68
FIGURA 23 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA ACIDEZ EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LA CLASE DIAMÉTRICA Y DISTANCIA ENTRE PICAS.....	71
FIGURA 24 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA REFRACCIÓN EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LA CLASE DIAMÉTRICA Y DISTANCIA PICAS	74
FIGURA 25 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LAS CENIZAS EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LA CLASE DIAMÉTRICA Y LÍNEA BASE.....	76

1. INTRODUCCIÓN

Cada vez que se corta un pino sin haberle extraído previamente la resina, se está perdiendo al menos el 13 por ciento de su valor, que representa los 12 kg. de oleoresina que exuda en promedio un árbol de pino en tres años de procesamiento sin alterar los rendimientos de su madera. Con ello, la extracción de un árbol saturado de resina genera desperdicio en cuanto al aprovechamiento comercial de sus componentes, colofonia y trementina, en diversas industrias (papelera, textil, pintura, etc), perdiéndose la posibilidad de contribuir a reducir las importaciones de dichos productos, así como generar ingresos adicionales para el sector forestal del país.

En la región Cajamarca, actualmente, existen más de 12 mil hectáreas de *Pinus* (*P. patula*, *P. elliotti*, *P. radiata*, entre otros); cuya madera provee a la industria del mueble de los mercados de Lima, Trujillo y la misma Cajamarca. Además, en Pucallpa existe una plantación de aproximadamente 20 has. de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 50 años de edad, en la cual la Sociedad Paramonga Ltda. realizó un ensayo de resinación en 1986, obteniendo buenos resultados. Asimismo, en la provincia de Oxapampa (zona de muestreo), se encuentra una plantación con ésta misma especie, de 22 años de edad y sin ningún manejo silvicultural. Sin embargo, tiene un gran potencial para la actividad resinera, como así lo demuestran los resultados de este trabajo.

Pese a que la oleoresina de éstas especies tiene gran aptitud e importancia a nivel mundial, teniendo en cuenta la diversidad de productos derivados de ella y que constituyen un medio de sustitución de los productos derivados de los hidrocarburos, dichas plantaciones no están siendo aprovechadas por ningún programa de extracción.

El mercado internacional es dominado por China, la cual por medio de su gran superficie de pinares y abundante mano de obra, produce cerca del 65% de la producción mundial, estableciendo los precios de los productos resinosos. Debido a sus ventajas en capital humano y área boscosa, este país obtiene la oleorresina a través del método tradicional, denominado resinación, que viene a ser la extracción de resina de árboles vivos (en pie). Este método, debido a sus costos operativos inferiores a los otros, sigue siendo la fuente más utilizada en la fabricación de colofonia, constituyendo el 64% de la producción mundial, seguido de la fabricación por Tall Oil (33%) y en último lugar la obtención por astillas de tocón (3%).

A través de los años, la práctica de la resinación ha ido evolucionando, desde sus sistemas de extracción más dañinos al árbol: como el sistema de cajón y luego el sistema hughes; fatigante y productivo, pero aún dañino; hasta el sistema de pica de corteza con estimulante, técnica que posee múltiples ventajas frente a las demás, tales como: aprendizaje corto, instrumental de precio razonable y normalizado, control técnico de operaciones sencillo y sistemático el cual es capaz de alcanzar mayor productividad sin perjudicar el crecimiento y vigor de los árboles.

Todas estas consideraciones determinaron que ésta investigación se haya realizado mediante la metodología del sistema de pica de corteza, utilizando como estimulante químico el ácido sulfúrico al 60%.

Para este estudio, se han determinado los siguientes objetivos:

- 1 Obtener resina de la especie *Pinus caribaea*, evaluando la metodología de extracción de pica de corteza estimulado con ácido sulfúrico, ensayando tres variables: clase diamétrica, altura de línea base y distancia entre picas.
- 2 Caracterizar las resinas obtenidas en base a sus propiedades físico-químicas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES SOBRE EL *PINUS CARIBAEA* VAR. *HONDURENSIS*

2.1.1 TAXONOMÍA DE LA ESPECIE

De acuerdo con Schultz, citado por Ferreira (2002), la especie tiene la siguiente escala taxonómica:

REINO	: Vegetal
DIVISIÓN	: Embryophytae Siphonogamae (Spermatophytae)
SUBDIVISIÓN	: Gymnospermae
CLASE	: Coniferinae
ORDEN	: Coniferae
FAMILIA	: Pinaceae
SUBFAMILIA	: Pinoideae
GÉNERO	: Pinus
ESPECIE	: Caribaea var. Hondurensis

Asimismo, los taxónomos reconocen tres variedades de pino caribeño: *P. caribaea* var. *caribaea* de Cuba y la Isla de Pinos, *P. caribaea* var. *hondurensis* de la América Central y *P. caribaea* var. *bahamensis* de las Bahamas y las Islas Caicos. Estas variedades difieren un tanto unas de otras en el número de agujas por fascículo, el tamaño de los conos y la anatomía del ala de la semilla (Bega y Henderson, 1962). Además, existen diferencias significativas entre las procedencias de por lo menos la variedad centroamericana en cuanto a la densidad de la madera libre de extractivos, pues la variedad hondurensis, de más rápido crecimiento, tiende a tener una densidad menor que las variedades caribaea y bahamensis (Houkal, 1981), mencionados por Francis (1992).

Nombre Común y Sinonimia

- Nombre común:

Pino costanero, denominado en la Isla Guanaja (Honduras);

Pino caribe o Pino caribeño en los países centroamericanos;

Pino amarillo, en los Estados de Quintana Roo y Yucatán (México).

- Sinonimia:

Pinus hondurensis (Sénecl) Barr. Et Golf

2.1.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Francis (1992) describe a la especie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* como un árbol originario de la zona tropical de Centroamérica: es el pino tropical de más amplia distribución geográfica, crece naturalmente en el litoral Atlántico del Istmo Centroamericano.

Asimismo, dicho autor Francis (1992), refiere que se le encuentra en Nicaragua, Honduras, Belice, Guatemala, Islas Bahamas y Cuba, en plantaciones en todos los trópicos. Ha sido la especie de pino más utilizada en el desarrollo de proyectos de producción forestal y forma parte de aproximadamente el 80% de las plantaciones de coníferas a nivel mundial. De las tres variedades descritas anteriormente, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* es la más plantada en las regiones tropicales y subtropicales (Anouro y Berlyn, 1993); siendo Brasil, en América del Sur, el país con la mayor superficie plantada de esta especie (Golfari, 1991).

En cuanto a la composición por géneros, la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación FAO (2001) indica que *Pinus* (20 por ciento) y *Eucalyptus* (10 por ciento) siguen siendo los géneros dominantes a escala mundial. En la figura 1 se observa el área de distribución natural de *Pinus caribaea* en Centroamérica.

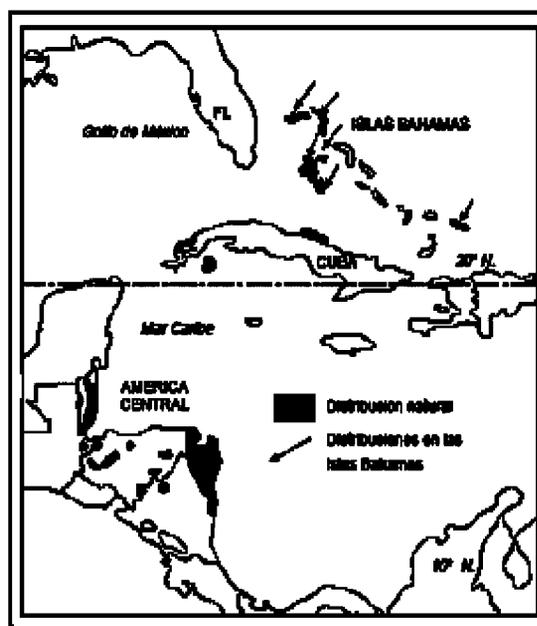


Figura 1 Área de distribución natural del Pino caribe, en las Indias Occidentales y el este de la América Central.

2.1.3 ECOLOGÍA

Esta especie prospera en hondonadas profundas y en las partes bajas, donde el efecto del viento no es tan evidente. Crece en áreas libres de heladas, en un clima cálido y uniforme. Las temperaturas medias, donde crece, oscilan entre 22 y 28°C, con máximas de 37°C y mínimas esporádicas de 5°C. La precipitación requerida fluctúa entre los 660 a 1800 mm y puede llegar hasta 3900 mm. Crece de manera natural desde el nivel del mar hasta una elevación de 700 m, ocasionalmente los 1000 m en la América Central. Los tipos de suelos donde habita son francos o franco arenosos, profundos, café-claro, arcillo-arenosos, con gran cantidad de grava, pobremente drenado, infértil y con buen drenaje, arenoso de reacción ácida, arcilloso, sílico-arcilloso con abundante hierro. Desarrolla en suelos con pH de 5 a 5.5. (Conabio, 2005).

Vegetación asociada, en su estado natural: *Haematoxylon sp.*, *Curatella sp.*, *Byrsonima crassifolia*, *Pinus oocarpa* var. *ochoterenai*, *Quercus spp.*, *Curatella americana*, *Crescentia cujete*, *Calophyllum brasiliense*, *Vochysia hondurensis*.

2.1.4 DENDROLOGÍA

Del mismo modo Conabio (2005), describe el árbol de *Pinus caribaea* de la siguiente manera:

- **Forma:** Es un árbol perennifolio, de 20 a 30 m (hasta 45 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de 50 a 80 cm y hasta 135 cm.
- **Copa / hojas:** Presenta copa de redonda a piramidal, con hojas en fascículos, de 3 a 4 raramente 2 o 5, gruesas, rígidas, erectas; son de color verde amarillentas, de 15 a 25 cm.
- **Tronco / Ramas:** El tronco recto y bien formado presente ramas bajas, largas, horizontales y caídas, ramas superiores ascendentes, aunque no ramifica demasiado.
- **Corteza:** La corteza externa es gruesa, café rojiza con placas ásperas y con fisuras profundas verticales y horizontales.
- **Flores:** Las flores masculinas en amentos cilíndricos, de 25 a 45 mm de largo. Presente un cono de color rojo parduzco o café, de forma cilíndrica a cónico ovoide, ocasionalmente oblicuo, de 5 a 12 cm de largo por 3 a 8 cm de ancho, crecen solos o en grupos; conteniendo de 30 a 60 semillas por cono.
- **Semilla:** La semilla es de color café, pequeña de 5 a 6 mm, el ala de 20 mm, articulada y cubre parcialmente a la semilla. Posee sistema radial amplio y profundo. Sexualidad: monoica.

2.1.5 USOS DE LA MADERA

Existen muchos usos para la madera del pino caribeño (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*). La madera aserrada es el uso principal; sin embargo, debido a la alta variabilidad en la fortaleza de sus propiedades, la madera aserrada deberá ser usada sólo en la construcción de productos sujetos a bajo estrés, tales como forros, tabiques, soleras, pisos y cubiertas. (Salazar, 1982).

Entre otros usos se encuentran cajas, postes tratados, pértigas, muebles de bajo costo y juguetes. Debido a su durabilidad, la madera saturada de resina es aún popular para cubiertas de botes. Se reporta que la madera es adecuada para elaborar paneles laminados (“triply”), tablas de lana de madera y cemento y tableros de partículas, asimismo, se usa de manera limitada para leña, utilizado para iniciar fuegos, para la manufactura de carbón y como antorchas. (Chudnoff *et al.*, 1984).

Las astillas para pulpa se producen en Brasil, Australia, América Central y África. Las astillas del pino caribeño son adecuadas para elaborar varios tipos de pulpa, excepto para pulpa de disolución (Salazar, 1982). Acerca de éste tema, Mogollón *et al.* (2002) recomiendan utilizar pinos con 4 años de campaña de resinación, que pueden ser procesados para la obtención de pulpas semi - químicas al sulfato con buenas propiedades papeleras.

Considerando las ventajas que se obtienen de una buena resinación, Mogollón *et al.* (2002) en las conclusiones de su trabajo de investigación sobre caracterización de pino caribe proveniente de plantaciones, señalan que el crecimiento de las fibras se ven afectadas por el número de años de campaña de resinación, y manifiestan una fuerte relación entre la facilidad de deslignificación de la madera y el mayor número de años de campaña (7 años de resinación).

2.2 RESINAS VEGETALES

2.2.1 DEFINICIÓN

Según estudios de Betancourt y Villalba (2000), las resinas naturales son una mezcla semi-sólida, de gran viscosidad, constituida por esencias destilables, ácidos resínicos no destilables y otras sustancias acompañantes. Las resinas están conformadas por sustancias de un peso molecular elevado, formadas por enlaces entre 12 y 80 carbonos.

Las resinas vegetales constituyen un producto del metabolismo secundario de los vegetales y se presentan en mayor abundancia en las especies comprendidas dentro de la clase Coniferinae, excepto el género *Taxus*, así como en las familias Burceraceae (copales), Anacardiaceae (molles), Myrtaceae (eucaliptos), entre otros.

Las resinas naturales se caracterizan por su estabilidad química: son inertes, no son atacadas fácilmente por ácidos y bases. Poseen estructura amorfa, raramente cristalina, volviéndose pegajosas cuando se calientan a temperaturas relativamente altas.

2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS VEGETALES

Según Betancourt y Villalba (2000) las resinas vegetales se pueden agrupar en cuatro clases, como se muestra en el cuadro 1:

Cuadro 1 Clases de resinas vegetales y sus principales componentes.

Clases de Resinas	Principales Componentes	Ejemplos
Gomo – Resinas	Resina + Goma Natural	Incienso, benjuí, mirra, estoraque, entre otros.
Oleo – Resinas	Resina + Aceite Esencial	De <i>Pinus yunnanensis</i> y <i>Pinus massoniana</i> en China; <i>Pinus nigra</i> y <i>Pinus ponderosa</i> en España y Portugal; <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> y <i>caribaea</i> en Brasil y Cuba; <i>Pinus radiata</i> en Chile, etc.
Bálsamos	Oleoresina + terpenos y ácidos benzoicos	Bálsamo del Perú (copales, sangre de drago) para la cicatrización de heridas; Balsamina (flor) <i>Impatiens spp</i> ; Bálsamo de Alerce americano <i>Abies balsamea</i> usado en la Biología para conservar muestras microscópicas.
Gluco – Resinas	Resina + Glucósido	De <i>Ipomoea</i> sp (Convolvulaceae).

Otra clasificación, es la presentada por González (2004), donde las divide como sigue:

A) OLEORRESINAS

- Oleorresinas (gomarresina): exudado del árbol vivo
- Oleorresina de Madera: extraída con solventes orgánicos

- Resinas Tall Oil: subproducto de industria de pulpa kraft

B) DAMMAR

Resina utilizada en toda clase barnices y en lacas celulósicas, obtenida del género *Dypterecarpus* (*D. Hopening* y *D. Shorea*), nombre de puerto de comercio en sur-este asiático: Batavia y Singapur. Resinas de las Indias Orientales, semifosilizadas, por ejemplo: Batu, Black, Claro Singapur, Claro Macasar. Tiene las siguientes propiedades: punto de fusión 65-75°C, índice de acidez 25-35, índice de Saponificación 36-39.

C) COPALES

Los copales o “animés” son resinas utilizadas como barnices. Destacan el copal de Manila, obtenido por resinación del árbol o semifosilizado del *Agathis alba* de Malasia; el congo copal, de África, cuyas propiedades son: punto de fusión 140-200°C, índice de acidez 100, índice de saponificación 125; y el kauri copal, resina fosilizada obtenida del *Agathis australis* en Australia y Nueva Zelanda, utilizada además para el recubrimiento de pisos. Posee un punto de fusión de 115-165°C.

2.3 OLEORRESINA DE *PINUS* SP.

2.3.1 DEFINICIÓN

La oleorresina del género *Pinus* es un sólido, frágil, friable y aromático, cuyo principal componente es el ácido abiético (algunos componentes ácidos y resinosos contenidos en la trementina), el cual se presenta en cristales laminares, solubles en alcohol y éter, también se le llama ácido sílvico. (Bárcenas, citado por Soberanis 2000).

Castro, citado por Mogollón *et. al* (1987), dice que las oleorresinas son exudaciones brillantes de granos finos, que se producen de forma natural, presentan estructura amorfa, son insolubles en agua y en solventes inorgánicos, son mas o menos solubles en solventes orgánicos.

Quinde (1984), señala que las oleorresinas están constituidas por ácidos resínicos disueltos en una mezcla de hidrocarburos terpénicos (monoterpenos, diterpenos, sesquiterpenos, politerpenos, etc), insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos medianamente polares como el alcohol etílico, y polares como benceno, tolueno, etc.

Por su parte, Ferreira (2002) señala que la oleorresina es un líquido viscoso inflamable, de color translúcido amarillo / marrón a blanco y presenta un fuerte olor. Mientras que Grigoriev y Katherine, citados por Pomayay (1992) afirman que el color de la oleorresina obtenida luego de la resinación varía entre blanco y amarillo, es de consistencia pegajosa y viscosa que se cristaliza rápidamente al tener contacto con el aire.

2.3.2 ORIGEN, FISIOLOGÍA Y FUNCIONES

A) ORIGEN

Estas secreciones vegetales son producidas por células vivas del parénquima de la albura, ubicadas cerca a la corteza de los árboles; pudiendo permanecer en éstas o ser vertidas a los canales resiníferos, horizontales o transversales (incluidos en los radios leñosos) y verticales o longitudinales. Estos canales pueden ser normales o fisiológicos; es decir, los que naturalmente presenta la estructura de la madera, y traumáticos o patológicos, los producidos por heridas u otras causas (Escuela Técnica, citado por Pomayay 1992). La diferencia entre los canales resiníferos longitudinales fisiológicos y patológicos, radica principalmente en su localización dentro del anillo de crecimiento y en la forma de presentarse; los canales normales aparecen principalmente en la zona de verano (madera tardía) y, generalmente, aislados; los traumáticos, por el contrario, son propios de la zona de primavera (madera temprana) y se presentan en pequeños grupos. (Guindeo *et. al* 1995).

B) FISILOGÍA

El principio activo de la resinación responde al hecho fisiológico inherente al cambium, de que cualquier perturbación que sufra dicha capa generatriz, durante el proceso de histogénesis, sea de origen físico (traumático), químico o parásito, desarrolla la agrupación de células parenquimáticas e induce la formación de canales resiníferos, principalmente patológicos en la albura. (Escuela Técnica, citado por Pomayay 1992).

C) FUNCIONES

De acuerdo con Tejedor y Martínez (1994), la oleoresina tiene una función defensiva y de cicatrización en la vida del árbol. Asimismo, según un artículo sobre farmacognosia en 2002, extraído de la página web de Plantas medicinales y aceites esenciales, la oleoresina, ubicada en el grupo de aceites esenciales, tiene como principales funciones:

- La atracción de agentes polinizadores (por su agradable aroma).
- Ser elementos de defensa frente al ataque de parásitos, animales herbívoros e insectos.
- Adaptar al vegetal ante cuadros de escasez hídrica.
- Formar parte de las sustancias de reserva como dador de hidrogeniones en los procesos de óxido-reducción.

2.3.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La resina obtenida directamente del árbol se denomina oleoresina o miera, solución integrada de una “resina típica” denominada brea o colofonia, disuelta en un aceite esencial conocido como aguarrás o aceite de trementina. La proporción de estos componentes según Ferreira (2002), varían con la especie, pudiéndose encontrar intervalos del 60-85%, para la colofonia y un 15-30%, para la trementina.

Orlandini, citado por Neves (2001) menciona que la composición química de la oleoresina del *Pinus caribaea* posee 68% de colofonia y de 4-9% de trementina; mientras que del *Pinus elliotti* está compuesta de 68% de colofonia, 17 % de trementina, 10% de humedad y 5% de impurezas sólidas y agua de las lluvias.

El Centro de Investigaciones Químicas de Cuba, (CU, 1986) realizó un análisis químico de la oleoresina de *Pinus caribaea*, materia prima empleada en estado bruto para la producción de encolantes reforzados de la industria papelera, obteniendo las siguientes características:

- Contenido de ácidos resínicos	62,6 %
- Índice de saponificación	129,2 mg KOH/g
- Valor ácido	119,4 mg KOH/g
- Anhídrido maléico técnica pureza	98 %
- Hidróxido de sodio técnica pureza	95 %

En el cuadro 2 se señala la composición química de la colofonia obtenida por resinación de una plantación de *Pinus caribaea var. hondurensis* y *caribaea* (de aproximadamente 35 años de edad) en Pucallpa, de *Pinus radiata* en Cajamarca y *Pinus palustris* en México.

Cuadro 2 Composición química de la colofonia obtenida por resinación de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y otros *Pinus spp.*

Tipo de Análisis	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	<i>Pinus</i> <i>palustris</i>	<i>Pinus radiata</i>
	PERU (Pucallpa)		MEXICO	PERU (Cajamarca)
Color	-	-	WG*	K*
Sólidos Totales (%)	81.7	82.1	-	85.18
N° Acidez	127	129	156	152
N° Saponificación	129	133	173	145
Material Insaponificable (%)	2.36	1.96	12.4	3.95
Impurezas (%)	0.1	0.1	-	0.4
Genizas (%)	0.01	0.03	0.05	0.05

Fuente: Pomayay (1992)

*WG y K son los grados de color denominados vidrio ventana y mate, respectivamente.

A) COLOFONIA

Betancourt y Villalba (2000) definen a la colofonia como la fracción resinosa ácida de la oleoresina, constituida hasta un 90% de ácidos resínicos como el ácido abiético ($C_{20}H_{30}O_2$) y pimarico, estando constituido el 10% restante por ésteres y ácidos grasos. Sus características principales son:

- ✓ Densidad, variable con el color, entre $1.07 - 1.12 \text{ g/cm}^3$, aumentando con el color, desde amarillo pálido al café rojizo, casi negro.
- ✓ Insoluble en agua y soluble en alcohol, benceno, éter, y otras sustancias orgánicas.
- ✓ Frágil.
- ✓ Punto de reblandecimiento entre 70 y 80°C .
- ✓ Por la acción del aire se oxida su superficie, a la luz y el calor se isomeriza, polimeriza o condensa gran parte de los compuestos que la forman.

Además de obtenerse por la extracción de la oleorresina (resinación de árboles vivos), la colofonia se obtiene como subproducto de la industria celulósica, a través de un proceso con sulfato, denominado Tall oil, (Ferreira, 2002).

Usos:

La colofonia es utilizada como materia prima para la elaboración de tintas, barnices, lacas, sabores, colas, grasas, esmaltes, ceras, adhesivos, desinfectantes, explosivos, aislantes térmicos, etc. (Figueroa, citado por Ferreira 2002).

B) ACEITE DE TREMENTINA

Betancourt y Villalba (2000), definen al aceite de trementina como la parte no resinosa, volátil de la oleorresina, formada por hidrocarburos terpénicos como el α y el β pineno, los cuales presentes en altos porcentajes tornan a este compuesto más valioso en el mercado.

Respecto a los porcentajes de pinenos presentes en la trementina, Ferreira (2002) muestra la siguiente relación de especies de pino:

- Pinus elliotti: Alfa-pineno (60%) y Beta-pineno (30%)
- Pinus caribaea: Alfa-pineno (40 a 55%) y Beta-pineno (5 a 15%)
- Pinus radiata: Alfa-pineno (30 a 40%) y Beta-pineno (50 a 60%)
- Pinus palustris: Alfa-pineno (72 a 85%) y Beta-pineno (12 a 20%)

Las principales características de la trementina según Betancourt y Villalba (2000) son:

- ✓ Es un líquido incoloro, de olor penetrante

- ✓ Densidad a 15°C: 0.86 – 0.866 g/cm³
- ✓ Apolar.
- ✓ Punto de ebullición: 159°C.
- ✓ Punto de inflamación: 33 – 35°C.
- ✓ Tensión superficial muy baja.
- ✓ Soluble en alcohol, sulfato de metilo, anilina, etc.
- ✓ Insoluble en agua y algo más ligero que ella.
- ✓ Se oxida por la acción del aire, espesándose y coloreándose.

Usos:

La trementina, en forma general, es utilizada como constituyente de líquidos de limpieza, desinfectantes, insecticidas, germicidas, tintes, barnices, colorantes, preservantes de madera, reactivos químicos, canfora (sustancia cristalina y odorífera de empleo industrial y medicinal) sintética, desodorantes, óleos, etc. (Figuereiro, citado por Ferreira 2002).

2.3.4 FACTORES SILVICULTURALES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE RESINA

En zonas de clima templado (propuesta para la especie *Pinus radiata*), las características de bosques para ser resinados con resultados positivos son los siguientes: edad mínima 22 años, tener por lo menos un raleo (dos raleos es óptimo), densidad del bosque máximo de 600 árboles por hectárea, temperatura media ambiental mínima de 15°C dentro del bosque y napa freática la más alta posible. Asimismo, los árboles que pueden producir importantes cantidades de oleoresina, deben tener las siguientes características: diámetro mínimo de 30 cm, sanidad y vigor, desarrollo apropiado (dominantes o codominantes) y follaje frondoso (1/3 como mínimo de longitud de copa viva). (párrafo extraído de Pomayay, 1992)

Al respecto, Zepeda, citado por Soberanis (2000) comenta que para determinar si un árbol puede o no ser resinado debe cumplir con ciertos criterios, tales como un DAP mínimo y accesibilidad al sitio, entre otros.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1994), señala que la información más importante que interesa conocer en la resinación es: tipo de bosque (joven, maduro o sobremaduro), diámetro y número de árboles por hectárea, con lo cual se puede estimar el lapso de tiempo que debe permanecer el bosque bajo tal aprovechamiento. Asimismo, afirma que comúnmente el tiempo de resinación de los árboles oscila entre 5-8 años.

Acerca de la edad de la planta para ser resinada, Garrido et. al (1998) señala que en las condiciones brasileras, es posible obtener resina comercial de plantaciones de *Pinus elliotti* a partir de los diez años de edad.

De acuerdo con Betancourt y Villalba (2000), los principales factores que influyen en el rendimiento de resina en una zona tropical son los siguientes:

- ✓ **Factores naturales o propios del árbol**, se ubican en este grupo la edad de los árboles, considerando que la resina pertenece al grupo de sustancias extractivas, mayores cantidades de resina se obtienen de árboles adultos o con edades avanzadas; el diámetro de la copa, en correspondencia con el incremento del follaje y por tanto con la actividad fotosintética, sin embargo, hay casos de árboles relativamente ralos con altos rendimientos.

- ✓ **Factores entre especies**, referentes a las características genéticas, y dentro de ello la variabilidad propiamente de la especie, como lo es el diámetro, distribución y densidad de los canales resiníferos, así como el contenido de aceite de trementina que contenga la oleorresina. Al respecto, dichos autores señalan que el número, diámetro y densidad de los canales de resina han demostrado constituir uno de los elementos propios de la estructura anatómica que condiciona los rendimientos y en algunos casos caracteriza a

determinadas especies de pinos. El cuadro 3 muestra la densidad de canales de las especies con mayor producción de oleorresina en el mundo.

Cuadro 3 Densidad de canales resiníferos de las especies más importantes productores de oleorresina

<i>Pinus merkusii</i> (asiático).....	30 canales por cm ²
<i>Pinus montezumae</i> (mexicano).....	30 canales por cm ²
<i>Pinus silvestris</i> (europeo).....	50 “
<i>Pinus caribaea</i>	55 “
<i>Pinus tropicalis</i>	60 “
<i>Pinus massoniana</i>	80 “

Fuente: Betancourt & Villalba (2000)

Por lo que se refiere a la diferencia de tamaño entre los canales longitudinales y transversales, los primeros son los más numerosos y de mayor diámetro en todos los géneros. (Guindeo *et. al.*, 1995). Al respecto, Betancourt y Villalba (2000) sostienen que la variación del diámetro de los canales está relacionado directamente con la altura del tronco y con la edad, pudiendo comprobar que en *Pinus caribaea var. caribaea* a una altura de 1,10 m desde el suelo, existían diámetros de 0,02-0,24 mm. y a una altura de 3,30 m, los valores promedios eran de 0,06-0,30 mm.

- ✓ **Factores climáticos**, como la temperatura, que influye en forma directa en el comportamiento fisiológico de la planta, pues los mayores rendimientos se consiguen en rangos de 22-28°C, y las menores en valores inferiores a 16 °C; precipitación, ya que altas precipitaciones favorecen la exudación de la resina y viceversa, bajas precipitaciones conducen a bajos rendimientos; humedad, por debajo del 40 % y por encima del 80% en sentido general. Climas muy secos o muy húmedos son desfavorables; y el viento, debido a que fuertes corrientes de aire favorecen la volatilización del aceite de trementina.
- ✓ **Factores del sitio**, pues las zonas manejadas con mayor fertilidad de suelo, características topográficas, exposición de luz solar, entre otros, condicionan una mayor producción de oleorresina en los árboles.

- ✓ **Factores tecnológicos**, los que mayor incidencia pueden presentar lo constituyen el descortezado y el ángulo de la pica. El descortezado influye de manera inversa, es decir, que mientras más corteza quede durante la preparación de la cara cuando se realice la pica, ésta profundizará menos en la madera, interceptando menos canales y fluyendo menos oleorresina. Asimismo, el ángulo de pica tiene incidencia toda vez que si éste disminuye, la pica se hace más larga e intercepta un mayor número de canales horizontales, incrementa el consumo vertical, y por tanto en la misma longitud de la cara se podrán realizar menos picas que las previstas.

Estudios de Clements, citado por Ferreira (2002), sobre la producción de oleorresina en *Pinus palustris* Mil. en función de los factores climáticos, concluyeron que la temperatura del aire, del suelo y de la humedad relativa del aire son los responsables del 90% en la variación de la producción en una zona templada. Del mismo modo, Muramoto y Pinheiro, citados también por Ferreira (2002) refieren que los factores que más influyen en la producción de oleorresina son la temperatura, precipitación y humedad. Asimismo, citan a los factores de manejo como diámetro de los árboles en el momento de corte, dimensiones de las picas o intervalo entre éstas, y el estimulante.

2.3.5 OBTENCIÓN DE LA OLEORRESINA

Según Tejedor y Martínez (1994), la resina se denomina como tal mientras permanece en el árbol, pero cuando es extraída mediante exudaciones en su estado bruto se denomina oleorresina. Asimismo, mencionan que para la obtención de este producto existen tres métodos:

1. **Resinación de árboles en pie:** se extrae la oleorresina aplicando un sistema de sangría, en la zona de albura al árbol vivo. Este método es el más antiguo y el más generalizado. Existen varios Sistemas o Tecnologías, siendo la más extensiva la denominada **Pica de Corteza con estimulante químico**, practicada en sus inicios en Francia, España y Portugal, y posteriormente extendida a Centroamérica.

2. **Destilación de madera impregnada, astillada y tratada con tolueno:** se utilizan los residuos de los árboles de pinos, y los derivados de la industria forestal, los cuales son picados y luego sometidos a un sistema de extracción con solventes orgánicos, principalmente el tolueno o el xileno.

3. **Tall-oil:** subproducto de la transformación de maderas de pino en celulosa por el proceso sulfatado (kraft), obteniéndose en conjunto con los vapores de alivio, luego condensados y separada. Esta industria está liderada por los Estados Unidos de Norteamérica (E.U.A), mayor productor de ésta resina en el mundo.

Un ejemplo de rendimiento se aprecia en individuos de la especie *Pinus elliotti* var. *elliotti*, procedentes de una plantación forestal en el estado de Brasil, con valores aproximados de 45 – 90 t de celulosa año.

La siguiente Figura 2, muestra la distribución porcentual de producción de colofonia, obtenidos según los tres métodos antes descritos. Se observa de la figura, que la principal fuente de colofonia es por resinación (64%), seguida de la producción por Tall Oil (33%) y finalmente por astillas de tocón (3%).

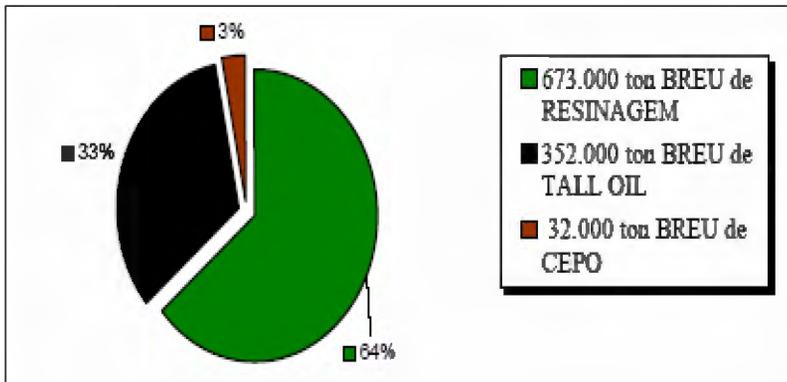


Figura 2 Distribución porcentual de colofonia en el mundo

Fuente: Naval Stores (2000)

De los tres métodos descritos, la resinación de árboles vivos origina los productos más baratos, debido a los menores costos de producción, pues sólo se considera la mano de obra disponible, mientras que en los demás, intervienen aditivos químicos y maquinaria especializada, de superior valor adquisitivo.

2.3.6 SISTEMAS DE RESINACIÓN

Según Romahn, citado en el Informe sobre productos de México 2002, de la Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT), el sistema de resinación es un conjunto de operaciones practicadas para que fluya hacia el exterior la oleoresina que se condensa en los canales resiníferos localizados en la región interna de la corteza.

González (1994), menciona que se conocen los siguientes sistemas:

Sistema de Cajete o Cajón. Consiste en abrir una hoquedad hasta 50 cm de lado en la parte inferior del fuste para inducir la salida de la oleorresina. A medida que la cara asciende se van haciendo cortes oblicuos de mayor profundidad por donde se canaliza la trementina hasta un recipiente colector. Este procedimiento provoca considerables daños al árbol resinado, como es la pérdida del vigor en el crecimiento y debilidad mecánica.

Sistema de Crott. Similar al anterior pero con la diferencia que el cajón se hace al pie del árbol, recogiendo la oleorresina en la parte inferior. Aunque este sistema no daña al árbol, las pérdidas de oleorresina son considerables y las impurezas de la recolección bajan la calidad del producto.

Sistema Francés o de Hughes. Debido a los efectos destructivos de los sistemas de resinación mencionados anteriormente, se adoptó el sistema Francés con modificaciones que se refería a la intensidad de resinación, dimensiones de la cara y diámetro mínimo.

Sistema Chino. Consiste en la extracción de oleorresina semejante a la extracción de látex, una cara en V, las aberturas de las picas con intervalos de 3 a 4 días, según la producción del árbol, e inexistencia de estimulante químico.

Sistema de pica de corteza con estimulantes. La resinación se activa con estímulos químicos, experimentándose varios reactivos como los ácidos: acético, fórmico, nítrico, clorhídrico, sulfúrico, etc; sales como cloruro sodio y carbonato de potasio; y los álcalis como hidróxido de amonio, etc.

El uso de este sistema se debe a la propiedad fundamental del estimulante en prolongar el flujo de oleorresina, es decir, que su objetivo no es aumentar la producción en valor absoluto, sino

potenciar dicha secreción en forma pausada y continua. De esta manera, se facilita la salida de la resina de los canales resiníferos e impide la cristalización de la misma sobre la herida. Los beneficios directos son el incremento en la productividad por resinero y reducción en los costos de extracción de oleoresina.

Por otro lado, Tejedor y Martínez (1994) manifiestan que éste último método consta de dos partes:

una parte física, en la que se retira una faja de corteza, liber y cambium, dejando la albura al descubierto; y otra parte química, que consiste en pulverizar con una solución de ácido sulfúrico los tejidos que se acaban de poner al descubierto. Los mismos autores, Tejedor y Martínez (1994), afirman que este sistema de resinación es perfectamente compatible con el aprovechamiento maderero y no ocasiona daño a la madera que la corresponde a las zonas de crecimiento de la cara. Asimismo, el ácido no afecta las características físico-mecánicas de la misma.

De otro lado, Garrido *et al.* (1998), afirma que cuando la actividad de resinación es bien realizada, puede tornarse más que una fuente de renta, complementándolo con la explotación de maderera.

Según Ferreira (2002), existen diferentes técnicas de resinación en el mundo, las cuales difieren básicamente en cuanto al intervalo de tiempo medio entre la abertura de las picas, al número de caras, al tipo de estimulante utilizado, dimensiones de los árboles, etc. Además, se sabe que dentro de estas técnicas van a existir variaciones, por ejemplo, en la variación según la estacionalidad climática y también que la misma técnica es denominada de forma distinta en cada país.

2.3.7 RESULTADOS DE RESINACIÓN DE PINUS OBTENIDA EN OTROS LUGARES

De acuerdo con los estudios realizados por Panshin (1959), se pueden obtener buenos resultados de resinación del “pino caribe” a partir de los 15 años. Mientras que Chile Forestal (1981), sostiene que el Pino radiata debe tener como mínimo 32 años.

En el país también existe una experiencia de resinación con la misma especie, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en una plantación procedente de Pucallpa, teniéndose como resultado un contenido promedio de 16.8% de trementina y 83.2% de colofonia, realizado por Sociedad Paramonga Ltda. S.A en el año 1985 (Pomayay, 1992). Asimismo, en Venezuela, los ensayos realizados en una plantación con la misma especie en 1986, demostraron la existencia de una muy buena fuente de oleorresinas con una producción de 3500 t/año de colofonia, la cual, a pesar de ser importada en cantidades considerables, alcanzó para abastecer al consumo local quedando saldos para exportación. (Paramonga, 1985).

Por otro lado, en China las especies más importantes son *P. Massoniana* y *P. Yunnanensis* con rendimientos entre 2.5-4 y 4-5 kg/año de oleorresina. (Song, 1996). Mientras que en España, luego de dos años (1965-1967), 18 cosechas y 71 picas se obtuvo una producción periódica de 182-195 kg y 210-220 kg de oleorresina para las especies *Pinus lawosini* y *Pinus douglasiana*, respectivamente. (Mas, 1965).

Según Figueredo, citado por Ferreira (2002), el aumento del potencial productivo a través del mejoramiento genético, introducción de especies más productivas, mejoras silviculturales en el manejo y en el proceso de extracción, entre otros, demuestran un potencial de obtener 5 a 6 kg/árbol/año en las plantaciones, ocurrido con *Pinus elliotti* var. *elliotti* de más de 8 años de edad. Este valor, representa el doble de 2.5 kg/árbol /año, cantidad extraída de bosques maduros en el Estado de Sao Paulo. Asimismo, Garrido et. al (1998) en otro estudio con plantaciones de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* en el mismo estado brasilero, 5 años de edad, 7 picas de resinación por un período de 105 días, obtuvo en promedio 895g/árbol.

2.3.8 INDUSTRIA DE LA OLEORRESINA

De acuerdo con Neves (2001), el volumen y productos de la oleorresina, consumidos por el mercado mundial, son producidos apenas por cinco especies principales: *Pinus elliotti* var. *elliotti*, *Pinus caribaea* Morelet (variedades *caribaea*, *hondurensis* y *bahamensis*), *Pinus palustris*, *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris*, siendo la primera la mayor productora.

Según la Figura 3, el mercado de la colofonia en el mundo va dirigida mayormente a la producción de adhesivos (29%), seguida de tintas para impresión (27%), en proporción semejante la fabricación de colas para papel (26%) y emulsionantes 5%; otros segmentos (13%), esta conformado por el área cosmética, alimenticia, etc.

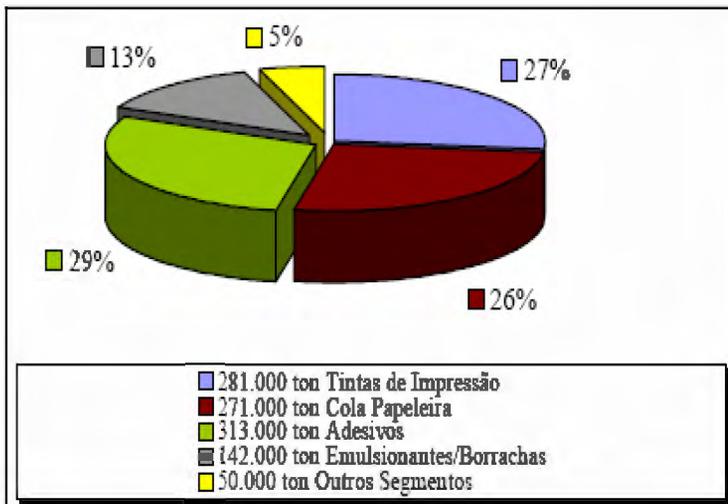


Figura 3 Aplicación de la colofonia

Fuente: Naval Stores (2000)

* Otros Segmentos: cosméticos, sabores, detergentes e industria alimentaria (chicles)

El Cuadro 4, presenta la evolución de la producción de oleorresina por países (1995 a 1998), liderada por la Republica Popular China. Mientras que la Figura 4 contiene el ranking de países productores de colofonia a partir del método de resinación en el año 2000, también ampliamente encabezada por China.

Ferreira (2002) señala que el uso de las resinas (de oleorresina o sintéticas) depende de los costos en que se encuentren dichos orígenes, por ejemplo, las resinas sintéticas, sustitutos perfectos en algunas utilidades (caucho, tintas, etc.) son derivados del petróleo, y cuando éste se encuentra en precios bajos (o la oleorresina en precios altos) se torna favorable utilizarla como materia prima.

Cuadro 4 Producción de oleorresina (en t/año) de los principales países productores de 1995 a 1998

<i>País</i>	<i>Año</i>			
	<i>1995</i>	<i>1996</i>	<i>1997</i>	<i>1998</i>
China	512,667	533,333	706,667	506,667
Indonesia	71,067	73,333	91,948	64,000
Brasil	76,787	74,101	88,036	88,185
India	37,000	41,500	41,300	34,000
México	30,000	33,000	34,000	n.a
Portugal	28,750	32,500	30,000	25,000

Fuente: Revista Internacional Naval Stores, año 1998

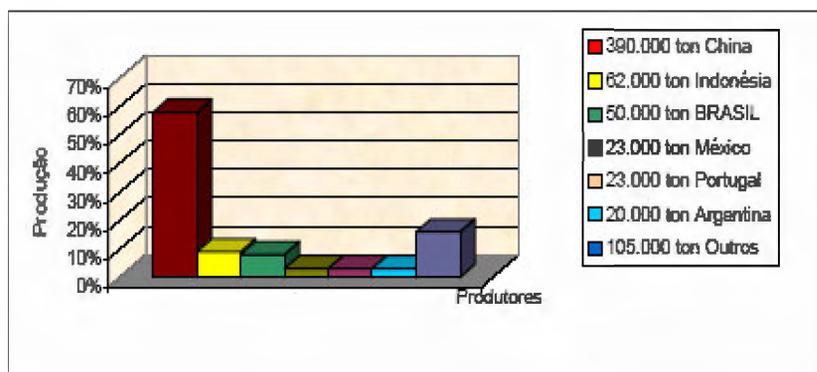


Figura 4 Producción mundial de colofonia (en t/año) por el método de resinación

Fuente: Naval Stores (2000)

** Otros Países: Países de América Central e Islas del Caribe, después de Rusia, Francia y Vietnam.*

Naval Stores, citado por Neves (2001) divide al mundo en tres grandes mercados consumidores de colofonia: la Comunidad Europea (CEE), cuya importación superó las 200,000 t en 1997; el Japón con importaciones que no superan las 100,000 t (1989-1998); y los Estados Unidos de América con un consumo inferior a las 50,000 t (1989-1998). Al respecto, FAO (1995) indica que la resina usualmente se comercializa en forma de colofonia o trementina y que sólo alrededor de 20,000 t al año se comercializan como oleoresina.

Los precios internacionales de la resina son muy dependientes de la producción que se logre en los principales países productores. Así, como se observa en Cuadro 5, el incremento de precios de colofonia para exportación en 1995, se debió a las severas inundaciones ocurridas en el continente asiático, provocando la reducción drástica de materia prima en China; de forma semejante, la sequía en Brasil, también afectó el incremento de los precios en dicho producto.

Cuadro 5 Precios anuales de colofonia para exportación de 1991 a 1995 en US\$ FOB/t

PAIS	1991	1992	1993	1994	1995
Portugal	800	765	795	835	900
China	675	675	650	575	750-775
Indonesia	570	620	575	560	650-670
Brasil	680	680	600	590	775-850

Fuente: Copen & Hone (1995)

En cuanto a la factibilidad de la industria resinera, FAO (1995) señala que la mínima escala de producción rentable debe ser de una capacidad instalada de alrededor de 1,000 t anuales de oleoresina, lo que requiere un inventario de alrededor de medio millón de árboles a resinar con una producción media de 2 kg/árbol. Se ha estimado que en regiones donde la producción por árbol es inferior a ésta cantidad es muy difícil sostener la viabilidad de la actividad resinera.

2.3.9 CARACTERÍSTICAS DE LA OLEORRESINA DE *PINUS*

El Cuadro 6 muestra las características de la oleoresina en calidad y cantidad, las cuales varían con la especie y con las condiciones del medio; del mismo modo, las características físico-químicas de la colofonia, consideradas para Portugal y China son presentadas en los Cuadros 7 y 8, respectivamente.

Cuadro 6 Clasificación de las características de calidad y cantidad de oleoresina para algunas especies de *Pinus* sp. en el mundo

Especies	Calidad	Cantidad
<i>Pinus elliottii</i>	++	++
<i>Pinus pinaster</i>	++	+
<i>Pinus massoniana</i>	+	+
<i>Pinus merkusii</i>	+	+
<i>Pinus caribaea</i>	+	+++
<i>Pinus radiata</i>	+++	+
<i>Pinus roxburghii</i>	+	+
<i>Pinus kesiya</i>	+	-
<i>Pinus oocarpa</i>	-	-
<i>Pinus sylvestris</i>	-	-
<i>Pinus patula</i>	-	-

Fuente: Copen & Hone. 1995

Nota: Las características son clasificadas de muy buena (+++) a mala (-). Esta clasificación no es producto de experimentos en situaciones equivalentes, sino de valores promedios dados por la región o el país.

Cuadro 7 Características físico químicas de la colofonia Portuguese Gum Rosin

Propiedades	Grados Pálidos X - Ww	Grados Intermedios Wg - N - M - K
Grados de Color USDA (ASTM D509)	Grades Listed Above	Grades Listed Above
Densidad /Gravedad Específica 25°C (ASTM D -71)	1,06 0 – 1,09 0	1,06 0 – 1,09 0
Índice de Refracción a 20 °C (Refractómetro)	1,525	1,525
Índice de Acidez (ASTM D465)	155 - 170	155 - 170
Índice de Saponificación (ASTM D464)	160 - 180	160 - 180
Contenido de Genizas (ASTM D1063)	0,004 1% - 0,02%	0,0041% - 0,02%

Fuente: Pine Derivatives Marketing, Inc. 2002

Cuadro 8 Características físico químicas de la colofonia

Propiedad	X*	WW	WG	N	M	K
Apariencia	Transparente					
Color	amarillo ligero	amarillo pálido	amarillo	amarillo intenso	amarillo marrón	amarillo rojo
Índice de Acidez (mín.)	166		165		164	
Contenido de Cenizas (máx.)	0.02%		0.03%		0.04%	

Fuente: Song (1996)

* X, Ww, Wg, N, M y K son los símbolos de grados de color, especificados por el autor y representan en orden decreciente la calidad de la colofonia.

El siguiente Cuadro 9, muestra la producción de oleorresina de *Pinus sp.* por árbol y por año, mostrando un índice de comparación en porcentaje, que expresa la productividad de las especies en un mismo territorio de Brasil. Mientras que el Cuadro 10, el rendimiento y distribución anual de la oleorresina de *Pinus caribaea* var. *caribaea* obtenida sin estimulante.

Cuadro 9 Producción de oleorresina de *Pinus* por kg/árbol/año

Especie (variedad)	kg/Árbol /Año	Índice de Comparación (%)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	2,85	137
<i>Pinus elliotii</i> var. <i>elliottii</i>	2,1	100
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	1,48	70
<i>Pinus oocarpa</i>	0,84	40
<i>Pinus patula</i>	0,59	28
<i>Pinus michoana</i>	0,39	18
<i>Pinus kesiya</i>	0,23	10
<i>Pinus taeda</i>	0,19	9

Fuente: Garrido et al. 1998.

Cuadro 10 Rendimiento (g./m^2) y distribución anual de la oleorresina de *Pinus caribaea* var. *caribaea* obtenida sin estimulante

Meses	<i>Pinus caribaea</i>	Meses	<i>Pinus caribaea</i>
Enero	355	Julio	390
Febrero	350	Agosto	320
Marzo	365	Septiembre	330
Abril	386	Octubre	320
Mayo	380	Noviembre	300
Junio	393	Diciembre	300
En promedio			350

Fuente: Betancourt & Villalba (2000)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR

El ensayo de resinación se realizó en el Fundo Ideal, a disposición del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), ubicado en el distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, región de Pasco, entre las coordenadas geográficas 10°35'25" de latitud sur y 75°23'55" de longitud oeste. (ver Figura 5).

La plantación fue establecida en diciembre de 1982, con el fin de comparar el comportamiento inicial de diferentes procedencias de las especies *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus oocarpa* y *Pinus patula* spp. *tecunumanii*.

De acuerdo con Bockor (1986), la zona se encuentra clasificada según el Mapa Forestal de 1995 como Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical, presentando las siguientes condiciones ambientales:

Altitud	: 1.850 m.s.n.m
Pendiente	: 70 %
Vegetación original	: pasto gordura (<i>Melinis minutiflora</i>)
pH	: 5.2 - 5.8

Actualmente, se puede notar la presencia de latifoliadas, especies arbóreas como *Cecropia* sp (cetico), que proveían de sombra a los individuos de *Pinus caribea* ubicados en la zona superior de la parcela 11. Asimismo, frutales como la zarzamora y helechos que crecían en casi toda el área de la plantación.

El suelo es poco profundo, pues se aprecia la caída desde la raíz de algunos individuos, así como la exposición notable de la misma en otros. También, se aprecian zonas erosionadas de suelo, debido a la gran pendiente, extensión superficial de las raíces y peso de los árboles.

Los análisis respectivos de la oleoresina se desarrollaron en los Laboratorios de Transformación Química Forestal e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

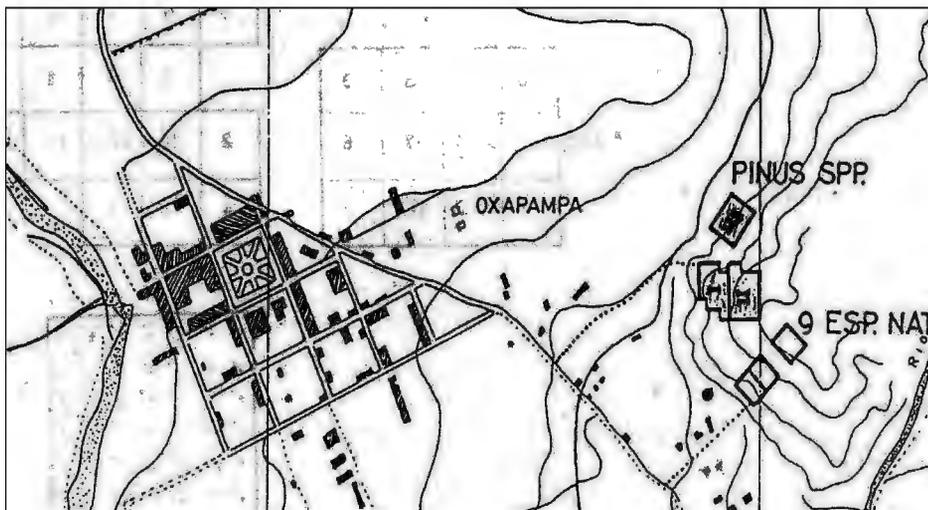


Figura 5 Croquis de Ubicación

Fuente: Bockor (1986)

3.2 ESPECIE A ESTUDIAR

Las muestras colectadas corresponden a la especie *Pinus caribaea var. hondurensis* con una edad promedio de 22 años, cuyas semillas provienen de Guatemala (Poptum) a 500 m.s.n.m, Honduras (Concordia) a 600 m.s.n.m y Nicaragua (Alamicamba) entre 20 y 30 m.s.n.m.

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1 MATERIALES DE CAMPO

- Hacha
- Escoda
- Alisador
- Marcador
- Media luna
- Formón
- Canaletas de aluminio y latón en forma de media luna
- Balanza de capacidad máxima de 200 g. Marca. Ohaus.
- Frasco pulverizador de polietileno
- Recipientes de plástico
- Bolsas de plástico transparentes
- Pasta de extracción: mezcla de ácido sulfúrico al 60 % y silicato de aluminio (caolín)
- Otros materiales: alicate, cinta métrica metálica, lima, martillo, clavos galvanizados de 2" de espesor, cartulina, tijeras, esmalte, pincel, plumones, rafia.

3.3.2 MATERIALES DE LABORATORIO

Materiales

- Probetas
- Bureta de 50mL

- Crisoles
- Pesa filtros
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Pipeta de 5mL
- Probeta adaptada para densidad
- Espátula
- Soporte universal
- Alcoholímetro
- Potenciómetro

Equipos

- Agitador magnético y magneto
- Refractómetro de mesa tipo Abbe
- Estufa Eléctrica. Marca Heraeus. Capacidad hasta 300° C
- Mufla Eléctrica. Marca Furnace 48000. Thermolyne. Capacidad hasta 1000° C
- Baño María
- Balanza analítica. Marca Ohaus. Analytical Plus. Precisión de 0.0001 g.
- Desecador
- Condensador

Reactivos

- Agua destilada
- Alcohol etílico de 95°
- Ácido clorhídrico 0.5M (2 L.)
- Solución indicador de fenolftaleína (100 mL.)
- Hidróxido de potasio 0.1N (2.5 L)
- Tetraborato de sodio (15g)

3.4 MÉTODOS

3.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se adoptó un experimento de tres variables independientes, en tres niveles cada una, como se señalan a continuación:

✓ Categoría diamétrica (DAP):

- Entre 30-38 cm
- Entre 38-46 cm
- Entre 46-64 cm

✓ Altura de línea base:

- 30cm
- 50cm
- 70 cm

✓ Distancia entre picas:

- 5cm
- 10cm
- 15cm

Como resultado de éste experimento, se obtuvieron 27 muestras (ver cuadro 11), las cuales fueron caracterizadas según los ensayos físico químicos de laboratorio establecidos.

Para la obtención de la oleorresina, se empleó la técnica de resinación a vida, empleando el sistema de pica de corteza (descrito posteriormente). Este sistema, utiliza como variables de resinación a: la clase diamétrica, la altura de línea base y la distancia entre picas, las cuales a su vez poseen diferentes variaciones.

Cuadro 11 Variables y niveles considerados en el proceso de resinación

<i>Clase diamétrica (cm)</i>	<i>Altura de línea base (cm)</i>	<i>Distancia entre picas (cm)</i>	<i>Número de árbol</i>
[30-38>	30	5	5
	30	10	27
	30	15	6
	50	5	13
	50	10	4
	50	15	8
	70	5	9
	70	10	25
	70	15	11
[38-46>	30	5	2
	30	10	7
	30	15	23
	50	5	16
	50	10	20
	50	15	1
	70	5	21
	70	10	12
	70	15	17
[46-64>	30	5	19
	30	10	18
	30	15	10
	50	5	15
	50	10	24
	50	15	3
	70	5	22
	70	10	26
	70	15	14

3.4.2 EVALUACIÓN DE PARCELA DE ESTUDIO

De acuerdo con Bockor (1986), cada parcela de la plantación posee un diseño de Bloques completos al azar, cada bloque (3) tiene una población de 49 árboles (7 x 7) distanciados a 3 x 3 m. El número de repeticiones del diseño fue de 3, con una sobrevivencia de árboles del 80%.

Asimismo, sobre la evaluación de altura y diámetro de la plantación, el Fondo de Promoción del Desarrollo Forestal (FONDEBOSQUE, 2004) señala que no se ha realizado manejo silvicultural, poda y raleo; y muchos árboles han sido derribados por el viento. Además, indica que la comunidad aldeaña a este bosque sustrae diariamente madera en forma sistemática.

En general, las tres parcelas seleccionadas (11, 10 y 8), pertenecientes al Bloque III, presentan en su mayoría individuos con crecimiento apical defectuoso, fustes delgados, bifurcados y torcidos o tortuosos (ver Anexo 4); debido a la alta humedad del lugar, la gran mayoría de árboles presentan musgo alrededor del fuste. La altura de los ejemplares no supera los 15m, viéndose afectada además por la sombra de las copas de individuos de la especie *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanni*, de las parcelas 4 y 1, respectivamente.

Luego de la identificación de las parcelas pertenecientes a la especie en estudio, se delimitó con rafia cada una de ellas, y posteriormente, se registraron las dimensiones (DAP, altura) y las características fenotípicas (sanidad, vigor, frondosidad) de cada árbol.

Seguidamente, en función de los parámetros antes mencionados, se procedió a seleccionar los mejores individuos hasta completar con la muestra de 27 árboles (designados para el ensayo de resinación). Asimismo, con el fin de comparar la producción de oleorresina obtenida con ácido sulfúrico (método), se eligieron tres individuos más, los que fueron sometidos a resinación sin estimulante.

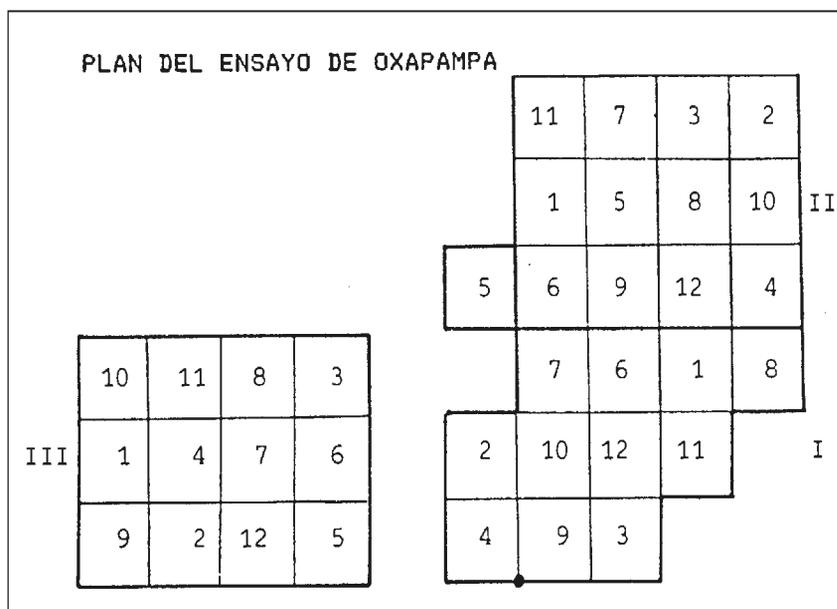


Figura 6 Plan de ensayo de Oxapampa y distribución de las parcelas por bloques.

Fuente: Bockor (1986)

La resinación se realizó a los 30 árboles pertenecientes a las parcelas 8, 10 y 11 del bloque III (ver figura 6), área que cumplió con los parámetros antes mencionados para el ensayo de resinación.

3.4.3 EXTRACCIÓN DE OLEORRESINA

La oleorresina se extrajo cada 10 días, durante una campaña de 40 días (4 picas). Sin embargo, hay que resaltar que durante esos días de descanso (10 días) entre cada pica, se realizó el control de la resinación, es decir, se observó que el flujo de oleorresina sea permanente, que no haya agua ni insectos en el interior de los recipientes de recolección o cualquier inconveniente que impida la ejecución del experimento en forma óptima.

Se estableció realizar 4 picas por árbol, cada una con una duración de 10 días. La resinación se efectuó en una sola cara del árbol, de acuerdo con la información asignada en la matriz (ver cuadro 11). Con ello, para cada distancia entre picas establecida (5, 10 y 15 cm), se tendrán tres áreas resinadas: 320 cm^2 , 640 cm^2 y 960 cm^2 , las cuales se obtienen multiplicando cada distancia entre picas por el ancho de entalladura (16cm) y por el total de picas (4), respectivamente.

Como se mencionó anteriormente, la oleoresina se obtuvo según el sistema de pica de corteza con estimulante, el cual consiste de las siguientes etapas:

A) PREPARACIÓN DEL ÁRBOL

Compuesta de tres fases:

- a) Desbaste, o retiro de la corteza externa gruesa con ayuda del hacha, hasta dejar una capa muy delgada de corteza. Aquí se consideran la altura de la línea de base, donde comienza la entalladura o cajón, y ancho de la misma, que depende de las dimensiones de la media luna y marcador.



Figura 7 Desbastado de la zona de resinación

- b) Alisado, es decir afinar la capa de corteza expuesta con el alisador.



Figura 8 Alisado de la corteza

- c) Marcado, que consiste en delinear en forma visible con el trazador dos líneas paralelas al fuste del árbol, las cuales servirán de guía para las sucesivas picas y fijará el ancho de la entalladura, que es de 16 cm.



Figura 9 Marcado de las líneas guías

B) EJECUCIÓN DE LAS PICAS

Se siguió un sentido ascendente de la resinación, que consiste en realizar la primera pica de la temporada en la parte más baja de la entalladura, es decir, desde la altura de línea base (distancia vertical al suelo) e ir ascendiendo progresivamente hasta llegar, al final de la temporada, a la parte más alta de dicha entalladura.

Inicialmente, se determinó utilizar todos los instrumentos de resinación designados por la técnica española; sin embargo, no se pudo utilizar uno de ellos, la denominada “media luna” (instrumento que forja la pica), pues su forma y dimensiones no se adecuaban a la forma del fuste.

Por ello, se procedió a delinear cada pica, es decir, que a partir del ángulo de resinación (127°) y ancho de la entalladura (16 cm) establecidos, se obtuvo por geometría la distancia vertical requerida para la ejecución de la pica (4cm). La Figura 10 o Diagrama de resinación, muestra el modo de ejecución de las picas a partir del ancho de la entalladura (16cm).

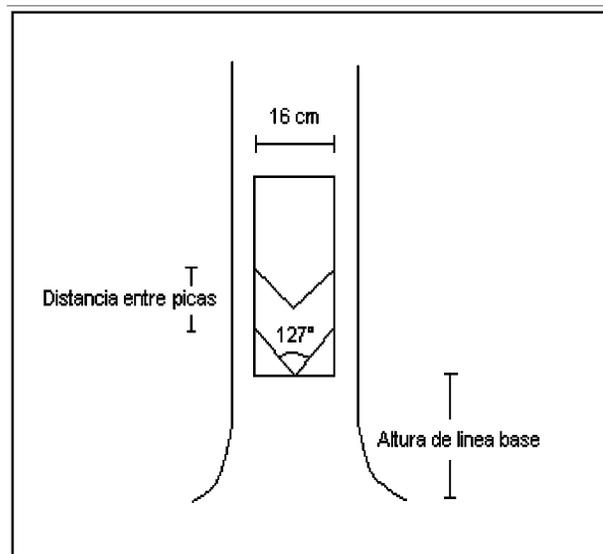


Figura 10 Diagrama de resinación

Seguidamente, con la ayuda del formón se profundizan las marcas delineadas, hasta formar la cara de resinación propiamente dicha.



Figura 11 Marcado de la pica

Una vez realizado éste paso, se procedió a definir la distancia entre picas y a retirar la faja de corteza de 16-18 mm de ancho, incluyendo al líber y el cambium, dejando la albura al descubierto.



Figura 12 Retiro de la corteza interna

A continuación, para facilitar el clavado de la canaleta, se realiza una pequeña incisión utilizando el formón y martillo.



Figura 13 Incisión de la pica

Posteriormente la canaleta se introduce y se ajusta a la cara del árbol.



Figura 14 Colocación de la canaleta

C) APLICACIÓN DEL ÁCIDO

El estimulante requerido o pasta zeta (denominación de origen en España) tiene la siguiente composición:

Ácido sulfúrico al 60% 70% (m/m)

Caolín 20% ”

Cloruro de calcio 10% ”

Sin embargo, debido a la falta del cloruro de calcio, se modificó la concentración de la solución en función de los componentes restantes, quedando dicha composición de la siguiente manera:

Ácido sulfúrico al 60% 70% (m/m)

Caolín 30% ”

La solución de ácido sulfúrico se aplica por medio del frasco pulverizador sobre la superficie abierta, dirigiéndose desde la arista superior de ésta y con un movimiento rápido, se recorre la línea de tratamiento hasta llegar al lado contrario.



Figura 15 Aplicación del ácido

D) ACONDICIONAMIENTO DEL RECIPIENTE

Posteriormente, se procedió a cubrir la superficie de resinación con una bolsa extendida en los extremos para evitar el ingreso de agentes extraños que puedan impurificar la muestra, tales como insectos, corteza y agua de lluvia, así como las corrientes de aire frío, las cuales solidifican la oleoresina. Y finalmente, a manera de sujetar las bolsas al tronco se utilizan los clavos y el martillo.



Figura 16 Cubierta del área resinera

3.5 COLECCIÓN DE LA OLEORRESINA

3.5.1 CANTIDAD DE OLEORRESINA

Se determinó mediante el control del peso de la misma en cada pica de resinación, es decir, pasados los diez días de realizada cada una de las cuatro picas establecidas, hasta completar con los cuarenta días de período de resinación .

Esta operación se logró realizar con el empleo de una balanza de campo. Los pesos, pertenecientes a cada árbol, se anotaron en la libreta de campo para su posterior análisis en gabinete.

3.5.2 RENDIMIENTO

Se define como el rendimiento de oleorresina que vierte una pica en relación a un metro de cara resinada.

Para determinar el Rendimiento de oleorresina (Ro), expresado en gramos por pica y por cara resinada (g /pica x m²), se utilizó la siguiente expresión:

$$R_o = \frac{C}{AR}$$

Donde C = cantidad de oleorresina por pica, expresada en gramos y

AR = área resinada según distancia entre picas, expresada en m²

3.6 ENSAYOS DE LABORATORIO

3.6.1 ENSAYOS FÍSICO-QUÍMICOS

Las 30 muestras colectadas, fueron sometidas a las siguientes pruebas mencionadas a continuación:

A) *CONTENIDO DE HUMEDAD*

Según NTP 209.027, el Contenido de Humedad es la cantidad de agua que tiene una muestra en base a su peso húmedo expresada en porcentaje.

$$CH = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} \times 100$$

Donde Ph = Peso húmedo de la muestra (g)

Ps = Peso seco después de estufa (g)

CH = Contenido de Humedad (%)

Considerando que la oleorresina es un material casi líquido y sin ninguna estructura compleja que obstaculice la entrada de aire, se determinó un tiempo de 30 minutos para el secado en estufa.

B) DENSIDAD

Según SCAN-T2, la Densidad de un compuesto es la relación de peso por unidad de volumen, evaluada a una temperatura de 20 °C, y es expresada en g/cm³.

$$\text{Densidad de la oleorresina} = \frac{\text{Peso del picnómetro con la oleorresina} - \text{Peso del picnómetro seco}}{\text{Volumen de la oleorresina}}$$

C) ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Según la AOAC 921.08, el Índice de refracción de una sustancia se define como la razón del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción de un rayo luminoso de longitud de onda determinada, que pasa del aire a la sustancia, mantenido a una temperatura constante. Se utilizó el refractómetro tipo Abbe, por medio de la norma del Oficial Methods of Analysis of AOAC International, determinado para grasas a una temperatura de 40°C.

D) DETERMINACIÓN DE COLOR

Según las especificaciones de la Naval Stores Production in China (1996) a través de la designación del grado de color mostrado en el cuadro 12, considerando los matices de la Tabla Münsell para tejidos vegetales, como se muestra en la figura 17.

Cuadro 12 Especificaciones de color

Grado de Color	Símbolo
Amarillo ligero	X
Amarillo pálido	WW
Amarillo	WG
Amarillo profundo	N



Figura 17 Matices de amarillo

En la Figura 17, se muestra los matices de amarillo, donde se analizan dos propiedades importantes: la pureza y la claridad. De tal manera, se puede observar que la pureza (dirección vertical) disminuye hacia abajo, calificándose en forma regular desde 8 (más puro) hasta 1 (más contaminado); mientras que la claridad (dirección horizontal) se incrementa en forma par de izquierda a derecha, a partir de 2 hasta 12.

E) ÍNDICE DE ACIDEZ

Según la NTP 319.385, el Índice de Acidez se define como los mg. de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres en 1 g de muestra.

$$IA = \frac{5,51 \times V}{p}$$

Donde IA = Índice de Acidez

p = masa de la muestra ensayada (g)

V = volumen en cm³ del KOH 0,1 N

F) ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

Según la SCAN-T12, el Índice de Saponificación es la cantidad de base, expresada en mg. de KOH, consumida por 1 g de producto (muestra) en la valoración de los componentes de tipo éster.

$$X = \frac{56,1 m (b-a)}{C}$$

Donde a = volumen de HCl consumido en la titulación de la muestra (mL.)

b = volumen de HCl consumido en la titulación del blanco (mL.)

c = la cantidad de muestra libre de humedad (g)

m = molaridad de HCl

X = Índice de Saponificación

G) CENIZAS

Según la SCAN-T4, el Contenido de Cenizas se define como la masa de los residuos al término de la combustión, sometida a temperaturas de $625^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ bajo condiciones específicas, se expresa como un porcentaje de masa de una muestra libre de humedad.

$$X = \frac{100 \times a}{M}$$

Donde a = peso de cenizas (g)

m = peso de la muestra, calculado en base a peso libre de humedad (g)

X = Contenido de cenizas (%)

La descripción detallada de todos los ensayos se encuentran adjuntos en el ítem Anexos 2 y 3.

3.7 ANALISIS ESTADÍSTICO DEL EXPERIMENTO

El procedimiento estadístico de evaluación de resultados se realizó con la ayuda de los programas de estadística “STATGRAPHICS Plus” v.3.0, “STATISTICA” v.2.0 y “EXCEL” v.6.0. El análisis del programa Statgraphics permitió determinar la influencia de las variables y de sus interacciones; con éste mismo programa, se obtuvo el análisis de varianza (ANOVA), evaluando mediante la prueba F al nivel de confianza de 95 % de probabilidad ($\alpha < 0.05$). El programa Statistica, permitió representar gráficamente los resultados a través de la superficie de respuesta; y el programa Excel, ayudó en la presentación final de los resultados. La evaluación de los datos se realizó de acuerdo a un diseño experimental 3^3 , el diseño permitió evaluar el efecto de 3 variables independientes y 3 niveles, sobre las variables respuesta. En el diseño se aplicó un bloque, con repetición y completamente randomizado.

Para la simplificación de todos los gráficos obtenidos, se decidió utilizar los siguientes valores transformados: -1, 0, +1; los cuales representan a cada nivel de las variables, como se puede apreciar en el siguiente Cuadro 12:

Cuadro 13 Valores transformados de las variables de estudio

Valores transformados	Variables		
	Clase diamétrica (cm)	Distancia entre picas (cm)	Altura de línea base (cm)
-1	[30 - 38>	5	30
0	[38 - 46>	10	50
+1	> 46	15	70

Fuente: Elaboración propia

Las variables respuesta fueron: rendimiento, contenido de humedad, color, densidad, índice de refracción, cenizas, índice de acidez, índice de saponificación. Esta metodología según Montgomery (1991), permite modelar y/o analizar problemas en los cuales un resultado o una respuesta de interés está influenciada por varias variables, la representación gráfica de la superficie de respuesta, permite determinar valores óptimos de los resultados. Este diseño evalúa los puntos medios de cada factor cuya varianza es calculada con respecto al punto central del diseño, permitiendo reducir el número de tratamientos cuando se trabaja con 3 o 4 variables.

La ecuación modelo ajustada es la siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 AB + \beta_4 A^2 + E$$

Donde:

Y	: variables respuesta, o resultado predecido ¹
β_0	: constante media de la ecuación
$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$: constantes de las variables y de sus interacciones
A, B	: variables de estudio
AB	: interacción entre variables
E	: error

Sin que sea interpretado como una ecuación de predicción, las constantes de la ecuación indican la importancia de las variables, con efecto directo (+) o inverso (-), sobre los valores de la variable respuesta. La constante media representa el valor real promedio de los resultados obtenidos para la variable respuesta. En la ecuación, los valores de las variables en estudio se aplican como valor transformado según el nivel que le corresponda a la variable (-1, 0, +1).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACION DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO, CLASE DIAMÉTRICA, DISTANCIA ENTRE PICAS Y ALTURA DE LINEA BASE

4.1.1 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DISTANCIA ENTRE PICAS Y ALTURA DE LINEA BASE SOBRE EL RENDIMIENTO

Para una campaña de resinación de 40 días, la producción total de los 27 árboles ensayados fue de 6,451 kg de oleoresina; asimismo, como la variable clase diamétrica es analizada como rango, se obtuvo una producción promedio según la categoría diamétrica de 2,005 kg; 2,7598 kg y 1,686 kg, correspondiente a la primera, segunda y tercera clase diamétrica, respectivamente. Por otro lado, dentro de cada clase analizada, la cantidad de oleoresina por árbol, durante todo el periodo de resinación fue de 787 g y 718,4 g a una distancia entre picas de 15 cm y altura de línea base de 30 cm, para la primera y segunda clase; y 337 g a una distancia entre picas de 5 cm y altura de línea base de 50 cm, para la última clase. Asimismo, la cantidad de oleoresina por área resinífera, correspondiente a la distancia entre picas de 5, 10 y 15cm es 1,9226 kg; 1,7027 kg y 2,8256 kg,, respectivamente.

El análisis estadístico efectuado, ANVA, sobre los valores de rendimiento dio como resultado una influencia significativa de la distancia entre picas interactuando con la altura de línea base. La superficie de respuesta de las variaciones del rendimiento en función de las variaciones de la distancia entre picas y la altura de línea base se muestra en la Figura 18, los valores originales se encuentran en el Anexo 2.

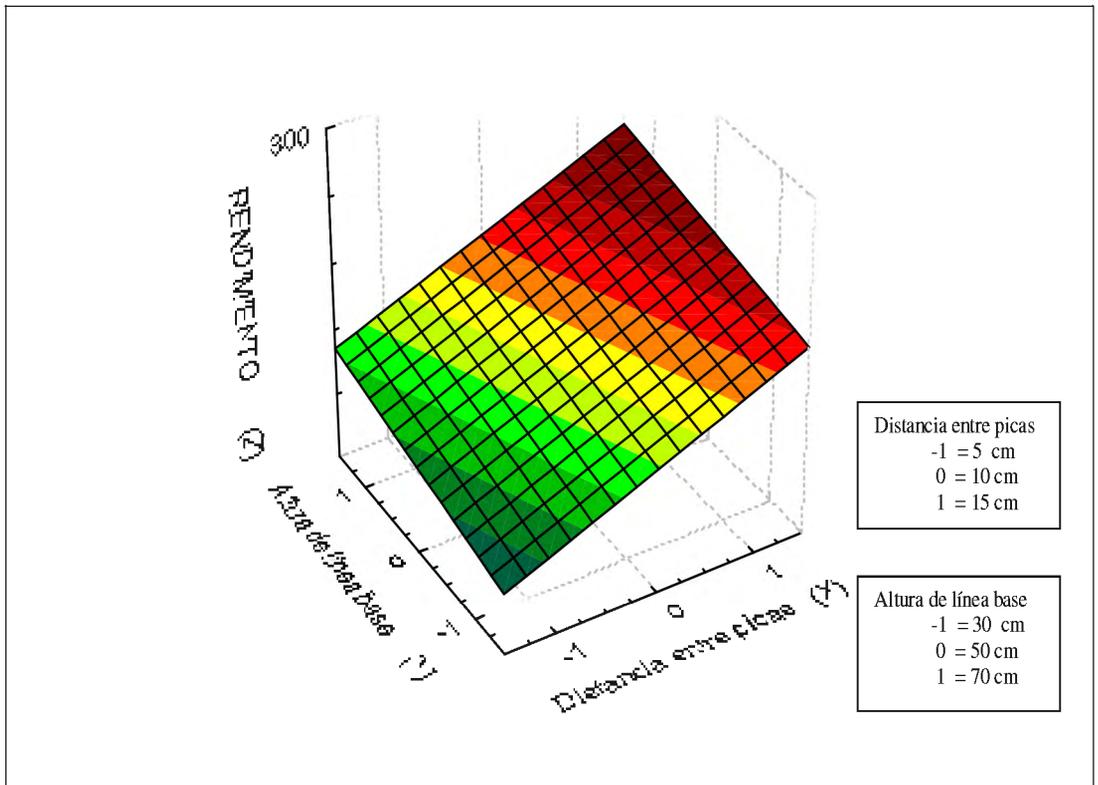


Figura 18 Superficie de respuesta de las variaciones del Rendimiento en función de las variaciones de la distancia entre picas y la altura de línea base

El modelo estadístico obtenido para el Rendimiento en función de la distancia entre picas y altura de línea base es:

$$\text{RENDIMIENTO} = 238.922 - 112.733(\text{Distancia entre picas})(\text{Altura de línea base})$$

En el análisis estadístico se obtuvo una influencia significativa, negativa, de la variable distancia entre picas y altura de línea base, en efecto combinado. Sin embargo, el grado de asociación entre las variables independientes con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es relativamente bajo (coeficiente R^2 aproximadamente 11,24 %).

En la figura se observa que la interacción de las variables tiene un efecto importante sobre los valores de rendimiento, dentro de un rango de 150 a 300 g de oleoresina por árbol. Se observa además que, al aumentar la distancia entre picas, manteniendo constante las dimensiones de la altura de línea base, aumentan los valores de rendimiento.

La influencia de la interacción de las variables altura de línea base y distancia entre picas puede deberse, en apariencia, a la variabilidad del tejido de la madera con respecto a la altura del fuste, ya que al presentar menor dureza y densidad con el aumento de la altura, se obtiene mayor cantidad de oleoresina. Asimismo, la cantidad y diámetro de los canales resiníferos producen el mismo comportamiento, ya que éstos, según Betancourt & Villalba (2000) son más numerosos y anchos a mayor altura del fuste. Del mismo modo, el incremento de la distancia entre picas estaría generando una mayor respuesta de los canales patológicos (de defensa), esperándose mayor exudación de oleoresina.

Asimismo, el rendimiento pudo haber sido afectado por la variación en el grosor de la corteza a determinadas alturas del árbol, pues se aprecia que cuanto más corteza quede durante la preparación de la cara (zonas próximas al pie del árbol), la profundidad de corte en la zona de pica es menor hacia el interior del xilema, interceptando menos canales y fluyendo menos oleoresina, ocurriendo lo contrario a mayores distancias del suelo.

A pesar de una influencia significativa de las variables independientes, por el bajo coeficiente de determinación indica que sólo el 11,24 % de la variabilidad del rendimiento de la oleoresina es explicada por la variabilidad de la distancia entre picas y por la altura de la línea base, mientras que el 89% restante se debe a otros factores no incluidos en el presente estudio.

Las variables no consideradas, pudieron ser la exposición de los árboles a los rayos solares y las condiciones meteorológicas. La primera, porque la presencia de maleza alta y algunos árboles como la cecropia (de las parcelas 10 y 11), ocasionó la interferencia de luz solar hacia los árboles resinados. Mientras que la segunda suposición, acerca de la variación de los factores climáticos (precipitación, temperatura y viento) es mantenida por autores como Betancourt & Villalba (2000), Muramoto y Pinheiro (mencionados por Ferreira, 2002) quienes mencionan que los factores que más influyen en la producción de oleorresina son la temperatura, precipitación y humedad. Además, las variaciones de la temperatura y efecto del viento, ocasionaban la cristalización o endurecimiento de la oleorresina exudada. Otro efecto perjudicial de la precipitación elevada, fue el lavado de la entalladura, lavado del ácido aplicado y llenado de agua de los recipientes de recolección.

También, la tendencia decreciente del rendimiento de oleorresina hasta la tercera pica se puede deber a la poca exposición de los árboles a los rayos solares. Mientras que, el notable incremento de la cantidad de oleorresina por árbol en la cuarta pica (casi el doble), pudo ser influenciado por el progresivo cambio de las condiciones climáticas y presencia de luna llena casi al término del ensayo, ya que, durante los días de luna llena, se produce el máximo movimiento interno de fluidos de todos los organismos vivos (seres humanos, plantas y animales).

4.1.2 INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA OLEORRESINA

A) CONTENIDO DE HUMEDAD

El análisis estadístico efectuado, ANVA, sobre los valores de contenido de humedad dio como resultado una influencia significativa de la clase diamétrica interactuando con la altura de línea base. La superficie de respuesta de las variaciones del contenido de humedad en función de las variaciones de la clase diamétrica y altura de línea base se muestra en la Figura 19, los valores originales se encuentran en el Anexo 3.

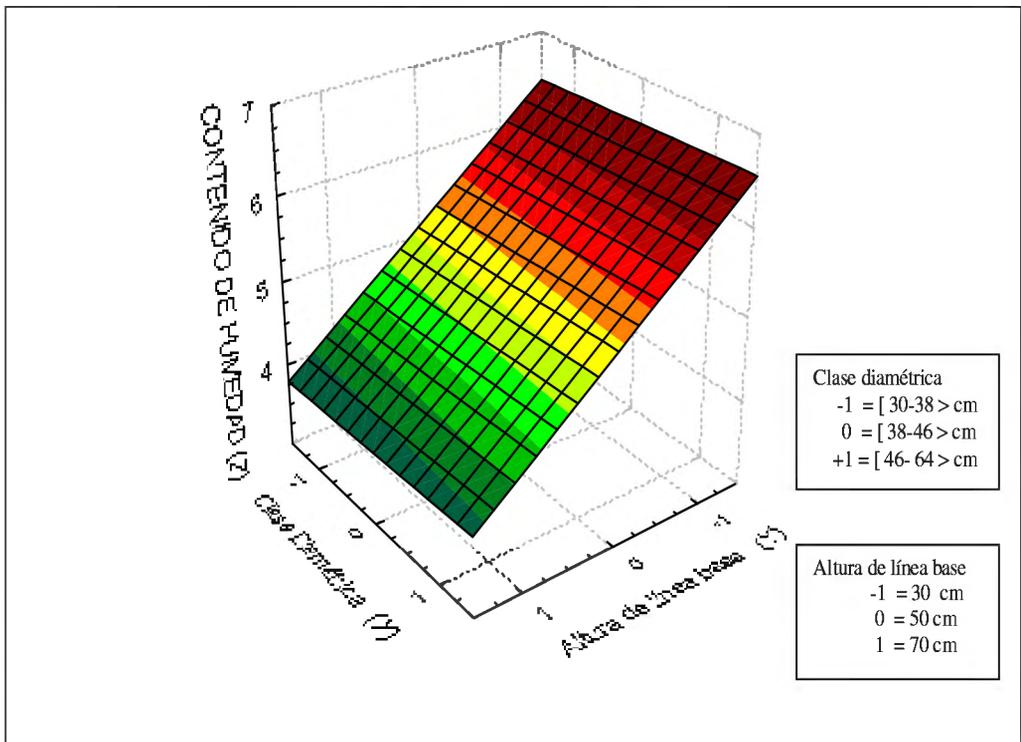


Figura 19 Superficie de respuesta de las variaciones del Contenido de Humedad en función de las variaciones de la clase diamétrica y la altura de línea base.

El modelo estadístico obtenido para el Contenido de humedad en función de la interacción de la clase diamétrica y la altura de línea base es:

$$\text{CONTENIDO DE HUMEDAD} = 5,17479 + 1,82419 (\text{Clase diamétrica})(\text{Altura de línea base})$$

En el análisis estadístico se obtuvo una cierta influencia ,positiva, con efecto combinado., aunque el nivel de significancia fue del 8,5 %. Asimismo, el grado de asociación entre las variables independientes con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es relativamente bajo (coeficiente R2 aproximadamente de 7,83 %).La variable distancia entre picas no resultó tener influencia significativa para el contenido de humedad de la oleorresina. (ver anexo 1).

En la figura se observa que la interacción de las variables, tiene un efecto importante sobre los valores de contenido de humedad por árbol, dentro de un rango de 4 a 7 % de humedad por árbol. Se observa además, que cualquier variación de la clase diamétrica, manteniendo constante la altura de línea base, produce un aumento mínimo sobre los cambios del contenido de humedad. Sin embargo, se observa un mayor aumento cuando se varía la altura de línea y mantiene constante la clase diamétrica.

En apariencia, hay mayor humedad en oleorresinas provenientes de colectas en partes bajas de los árboles y también, probablemente de árboles de mayor diámetro. Pero, observando la figura, se nota que hay mayor influencia de la altura de línea base, en comparación al diámetro del árbol. La explicación a lo antes mencionado es, probablemente, a que en la parte baja del árbol, la corteza, de mayor espesor, influye en la acumulación de mayor humedad sobre la oleorresina. Los mayores valores de humedad, pudieron deberse también al agua de precipitación, la cual se infiltraba hacia la zona resinada a través de las profundas grietas del fuste, hasta depositarse en los recipientes de recolección. Asimismo, pudo deberse al constante humedecimiento del plástico cobertor de la zona resinada, el cual, a pesar de estar sostenido contra el fuste mediante clavos, se observó que las continuas perforaciones debilitaban su material, admitiendo el ingreso de agua de precipitación.

Además, el exceso de humedad sobre la oleoresina pudo deberse a la concentración de la humedad ambiental principalmente en la zona más baja de la corteza del árbol (a menor altura de línea base); causada por la poca exposición de las caras de resinación a los rayos solares, así como a la presencia de vegetación herbácea alta, condiciones silviculturales de las parcelas evaluadas que no permitieron la suficiente aireación en el interior de las mismas.

Por otro lado, el alto contenido de humedad de la atmósfera, debido a las mismas condiciones naturales de la zona (época lluviosa); pudieron producir la formación de un microclima permanentemente húmedo alrededor de la cara resinada y en el interior de los recipientes de recolección.

A pesar de la poca influencia de las variable independientes por el bajo coeficiente de determinación, indica que sólo el 7,83 % de la variabilidad del contenido de humedad es explicada por la variabilidad de la clase diamétrica y por la altura de la línea base, mientras que el 93% restante lo está por otros factores no incluidos en este estudio. Un factor no controlado pudo ser la precipitación (anexo 5), factor climático que originó el constante llenado de los recipientes de recolección.

La cantidad de agua presente en cada recipiente de recolección, expresado en porcentaje, fluctuó de 0,6 a 13 %; siendo 5,17 % el promedio de las 27 muestras. A pesar de no haber encontrado en la bibliografía consultada ninguna información de éste ensayo, la diversidad de los resultados (datos extremos) pueden ser explicados por las mismas variaciones de la precipitación durante toda la campaña de resinación.

B) DENSIDAD

El análisis estadístico efectuado, ANVA, sobre los valores de densidad dio como resultado una cierta influencia de la altura de línea base. En la Figura 20 se muestran las variaciones de la densidad en función de las variaciones de la altura de línea base, los valores originales se encuentran en el Anexo 3.

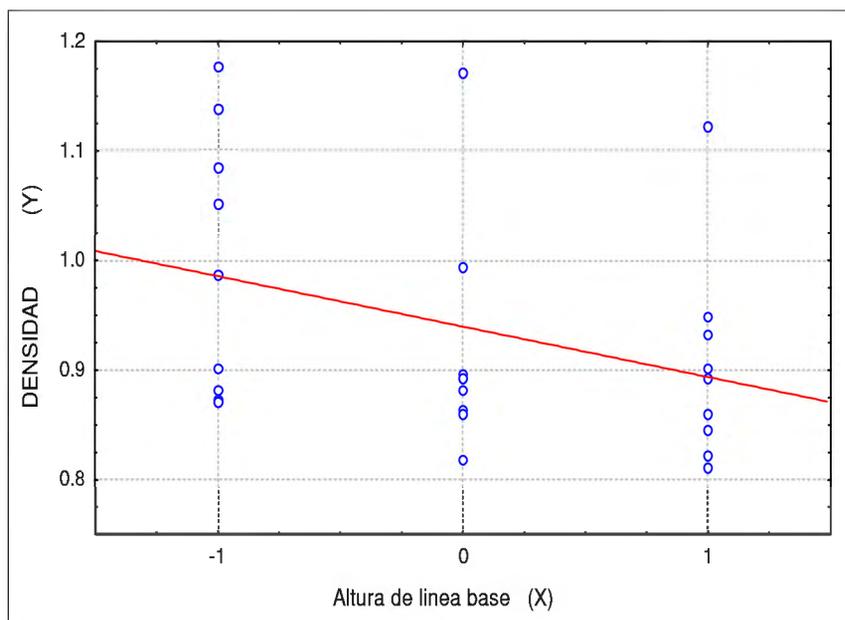


Figura 20 Variaciones de la Densidad en función de las variaciones de la altura de línea base

El modelo estadístico obtenido para la Densidad en función de la altura de línea base es:

$$\text{DENSIDAD} = 0.939673 - 0.0459064 (\text{Altura de línea base})$$

En el análisis estadístico se obtuvo una cierta influencia, negativa, lineal de la variable independiente altura de línea base. Sin embargo, el grado de influencia de la variable independiente con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es relativamente bajo (coeficiente R² aproximadamente de 18,85 %). En la figura se observa un efecto importante de la variable independiente respecto a los valores de densidad, dentro de un rango de 0,8 a 1,1 g/cm³ de oleoresina. Además, se puede observar que existe mayor concentración de resultados (puntos) a una altura, en el gráfico, de densidad alrededor de 0,90, lo que hace indicar la fuerte correspondencia de este valor de densidad.

La influencia del efecto de la variable independiente altura de línea base, como en el caso del rendimiento, puede deberse también a la variabilidad en el tejido de la madera respecto a la altura del fuste, ya que al presentar menor dureza y densidad con el incremento de ésta, el estado de la oleoresina se vuelve más líquida y fluida; lo que conlleva a deducir, que contenga una mayor proporción de trementina que de colofonia.

A pesar de la cierta influencia de la variable independiente por un bajo coeficiente de determinación, indica que solo el 18,85 % de la variabilidad de la densidad es explicada por la variabilidad de la altura de la línea base, mientras que el 81% restante lo está por otros factores no incluidos en esta investigación.

Una variable no controlada que pudo influir en la densidad de la oleoresina, pudo ser el contenido de trementina en la oleoresina de cada árbol, pues, si el estado de ésta varía con la altura del fuste, se esperarían variaciones en los resultados de este ensayo. Asimismo, los valores de densidad pudo ser afectada por la cantidad de agua en el interior de los recipientes; la presencia del agua aumenta la densidad media de la oleoresina evaluada.

Los valores de densidad de las 27 muestras evaluadas oscilan de 0,811 a 1,176 g/cm³, los cuales comparados con los datos obtenidos por Betancourt & Villalba (2000) para la colofonia (1,07 – 1,12 g/cm³) y trementina (0,86 – 0,866 g/cm³), se puede decir, en general, que los resultados de este ensayo no se encuentran tan alejados de la indicada por la bibliografía. Los menores valores obtenidos, probablemente provienen de muestras más líquidas (menos densas), mientras que los mayores, de muestras más sólidas (más densas), consecuentemente, dichos valores del ensayo podrían corresponder a ambos componentes de la oleoresina. Los valores extremos, no incluidos en los rangos encontrados, pueden deberse a la misma dificultad tenida durante la realización del ensayo.

C) ÍNDICE DE REFRACCIÓN

El análisis estadístico efectuado, ANVA, sobre los valores de índice de refracción dio como resultado una influencia significativa de la clase diamétrica interactuando con la distancia entre picas. La superficie de respuesta de las variaciones del índice de refracción en función de las variaciones de la clase diamétrica y distancia entre picas se muestra en la Figura 21; los valores originales se encuentran en el Anexo 3.

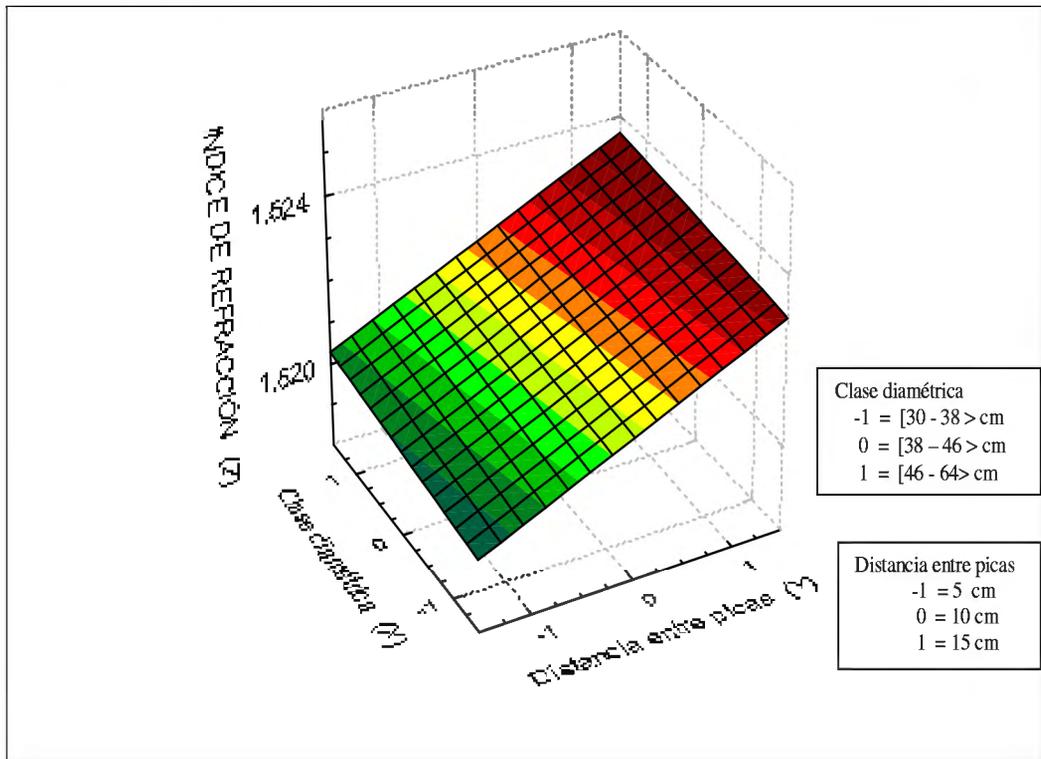


Figura 21 Superficie de respuesta de las variaciones de la Refracción en función de las variaciones de la clase diamétrica y distancia entre picas

El modelo estadístico obtenido para el Índice de Refracción en función de la clase diamétrica y distancia entre picas es:

$$\text{INDICE DE REFRACCION} = 1.52157 + 0.00195833 (\text{Clase diamétrica}) (\text{Distancia entre picas})$$

En el análisis estadístico se obtuvo una influencia significativa, positiva, lineal con efecto combinado. Sin embargo, el grado de influencia de las variables independientes con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es relativamente bajo (coeficiente R2 aproximadamente de 12,54 %). En la figura se observa que la interacción de las variables independientes, tiene un efecto importante sobre los valores de índice de refracción, dentro de un rango de 1,516 a 1,524 unidades por árbol.

Además, se puede observar que al aumentar la clase diamétrica, manteniendo constante cada nivel de la distancia entre picas, se produce un aumento mínimo de los valores de índice de refracción. Sin embargo, este efecto se aumenta notablemente, cuando se varía la distancia entre picas y mantiene constante la clase diamétrica. De acuerdo con esto, se podría deducir que la distancia entre picas es la variable que más influye sobre los resultados de este ensayo.

La influencia del efecto de las variables independientes clase diamétrica y distancia entre picas, como en el caso de la densidad, podría deberse a la variabilidad del tejido de la madera a diferentes alturas del fuste, ya que de la misma forma, al presentar menor dureza y densidad con el incremento de ésta, se obtiene una oleoresina más líquida, y por tanto, con una mayor proporción de trementina.

A pesar de la influencia significativa de la interacción de las variables independientes, por un bajo coeficiente de determinación, indica que sólo el 12,54 %, de la variabilidad del índice de refracción es explicada por la variabilidad de la clase diamétrica y por la distancia entre picas, mientras que el 88% restante se debe a otros factores no incluidos en el presente estudio. . Un factor no considerado, que pudo afectar los resultados de esta prueba, al igual que para la densidad, puede ser el contenido de trementina en la oleoresina, pues si ésta se presenta en bajos porcentajes, la oleoresina se vuelve más fluida (menos consistente).

De acuerdo con los resultados de Pine Derivates Marketing Inc (2002), el valor promedio de índice de refracción para la colofonia, obtenida a 20°C es 1,525. Comparando éste valor con el rango alcanzado por el ensayo (1,514 a 1,527), se puede decir, que los valores obtenidos por este estudio podrían corresponder a ambos componentes de la oleoresina (colofonia y trementina); pues, se observó que cada muestra analizada, presentaba diferente condición (líquida, semisólida y sólida).

D) COLOR

El análisis estadístico efectuado, ANVA, sobre los valores de color dio como resultado una cierta influencia de la altura de línea base. En la Figura 22 se muestran las variaciones del Color en función de las variaciones de la línea base, los valores originales se encuentran en el Anexo 3.

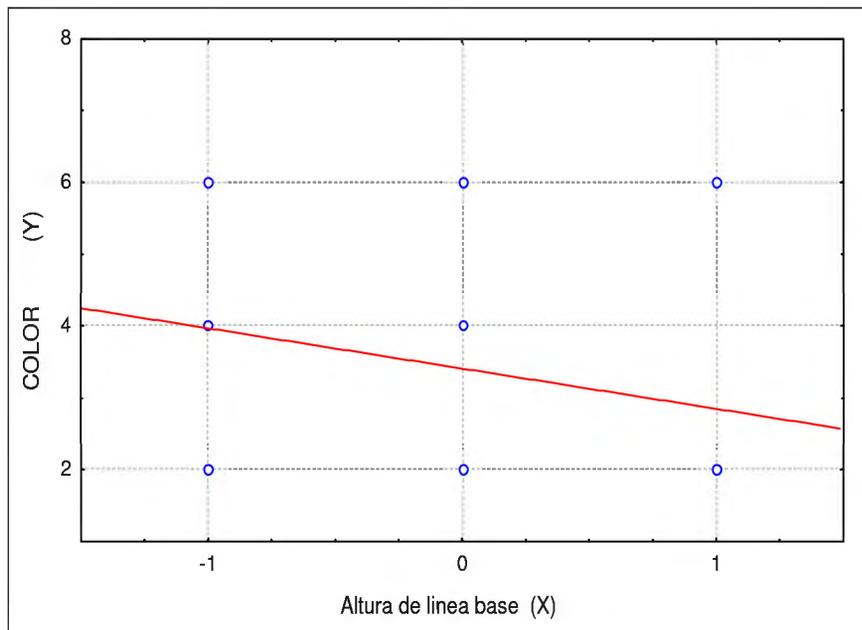


Figura 22 Variaciones del Color en función de las variaciones de la altura de línea base

El modelo estadístico obtenido para el Color en función de la altura de línea base es:

$$\text{COLOR} = 4.22222 - 1.22222 (\text{Altura de línea base}^2)$$

En el análisis estadístico se obtuvo una cierta influencia, negativa, lineal, con doble efecto de la variable independiente altura de línea base. Asimismo, el grado de influencia de la variable independiente con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es relativamente bajo (coeficiente R² aproximadamente de 10,91 %).

En la figura se observa una concentración de resultados sobre los valores 2 y 4, pertenecientes a las calificaciones más claras de matiz amarillo; amarillo ligero y amarillo pálido, respectivamente. Además se puede distinguir que un aumento de la altura de línea base conduce a la obtención de una oleoresina más clara, expresada por los valores más bajos (2, 4), como se aprecia en la figura.

La influencia del efecto de la variable independiente altura de línea base, tiene cierta correspondencia con las dos últimas propiedades analizadas, pues si la suposición de que la densidad de la oleoresina disminuye con la altura del fuste, y a su vez, tiene los menores valores de índice de refracción, entonces, se espera que el color de la oleoresina sea más clara que la colectada de alturas menores del suelo. Esta suposición, es respaldada por Betancourt & Villalba (2000), cuando señalan que la densidad de la colofonia y trementina, aumentan con el color, desde amarillo pálido al café rojizo, casi negro.

Si bien, la muestra analizada es la oleoresina (colofonia más trementina), las investigaciones acerca de las características principales de sus componentes, no dejan de tener validez para considerarlas en la evaluación del comportamiento físico-químico de la oleoresina.

A pesar de la cierta influencia de la variable independiente altura de línea base, por el bajo coeficiente de determinación, indica que sólo el 10,91 % de la variabilidad del color es explicada por la variabilidad de la altura de línea base, mientras que el 90% restante, se debe a otros factores no incluidos en el presente estudio. Un factor no considerado en ésta investigación, mencionado por Betancourt & Villalba (2000), pudo ser la acción combinada del tiempo, el contacto con el aire y la exposición a la luz, los cuales originan el espesamiento y coloración de la colofonia y trementina.

Esta prueba de color, no ha sido encontrada en la bibliografía consultada, por ello, se procedió a caracterizar las muestras a través de la designación de color para la colofonia, descrita por Song (1996). De acuerdo con ésta especificación, la calificación visual de las 27 muestras quedó de la siguiente manera: 5Y/8/2, que representa la tonalidad más clara o amarillo ligero (X); 5Y/8/4 o amarillo pálido (WW); 5Y/8/6 o amarillo (WG) y finalmente 5Y/8/8 que significa la tonalidad más opaca, amarillo profundo (N). Los datos completos se pueden apreciar en Anexo 2.

A) INDICE DE ACIDEZ

El análisis estadístico efectuado, ANVA, sobre los valores de índice de acidez dio como resultado una influencia altamente significativa de la clase diamétrica interactuando con la distancia entre picas. La superficie de respuesta de las variaciones del índice de acidez en función de las variaciones de la clase diamétrica y distancia entre picas se muestra en la Figura 23; los valores originales se encuentran en el Anexo 4.

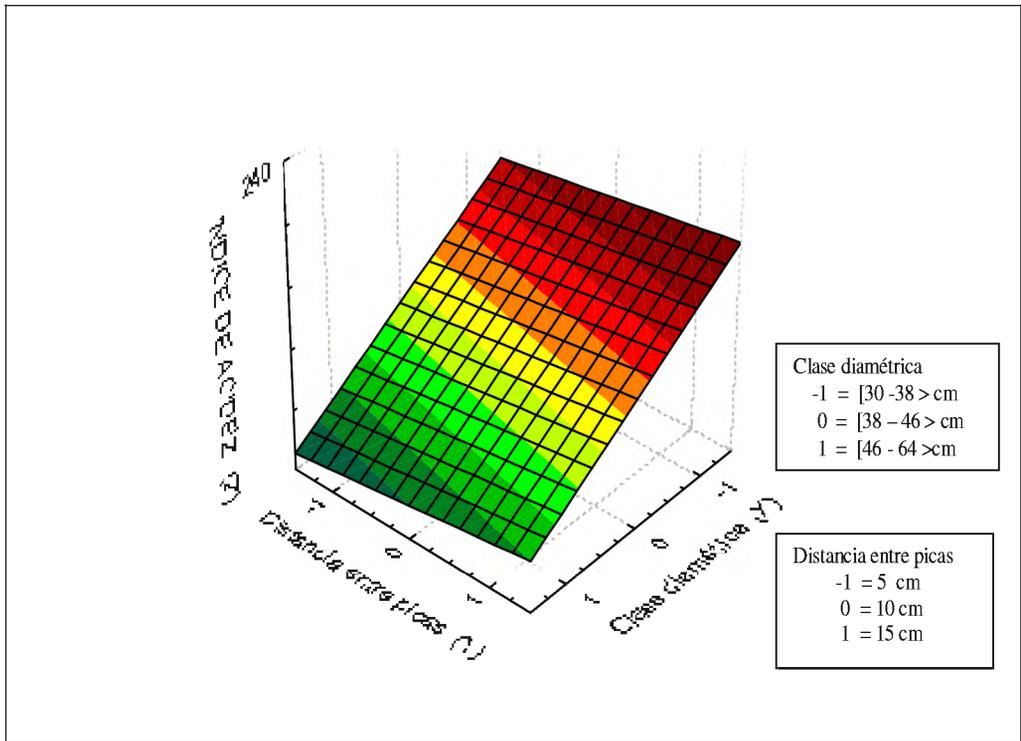


Figura 23 Superficie de respuesta de las variaciones del Índice de Acidez en función de las variaciones de la clase diamétrica y distancia entre picas.

El modelo estadístico obtenido para el índice de acidez en función de la clase diamétrica y distancia entre picas es:

$$\text{INDICE DE ACIDEZ} = 227,454 + 11,9751 (\text{Clase diamétrica})(\text{Distancia entre picas})$$

En el análisis estadístico se obtuvo una influencia altamente significativa, positiva, lineal con efecto combinado. Sin embargo, el grado de influencia de las variables independientes con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es relativamente bajo (coeficiente R2 aproximadamente de 20,80 %).

En la figura se observa que, al disminuir la distancia entre picas, manteniendo constante cualquier nivel de la clase diamétrica, se consigue un mínimo aumento de los valores de índice de acidez. Sin embargo, éste efecto es notoriamente superior, cuando se disminuye las dimensiones de la clase diamétrica y mantiene constante la distancia entre picas. Esta observación, permite deducir que la variable que más influye en los resultados de este ensayo es la clase diamétrica.

La influencia del efecto de las variables independientes puede deberse a la influencia de los minerales contenidos en el agua del suelo, ya que según Haygreen y Bowyer (1989), el agua, junto con las sustancias minerales, es tomada de las raíces y conducida por la zona más externa del xilema del árbol; con lo cual, pudo generar un incremento en la acidez de la oleoresina obtenida. Asimismo, el aumento de la acidez, pudo ser ocasionado por la oxidación de la canaleta producida por el ácido sulfúrico durante su aplicación.

A pesar de la influencia altamente significativa de las variables independientes, por el bajo coeficiente de determinación, indica que sólo el 20,80 % de la variabilidad del índice de acidez es explicada por la variabilidad de la clase diamétrica y distancia entre picas, mientras que el 80% restante, se debe a otros factores no considerados en el presente trabajo.

Las anteriores análisis físicos, han sido discutidos con los resultados provenientes de los componentes de la oleoresina, sin embargo, para éste ensayo, se encontró un valor de índice de acidez de 120, obtenido por la CU (1992) para la oleoresina de la misma especie en estudio (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*). Por su parte, Pomayay (1992) en su trabajo de tesis, menciona que la colofonia de la misma especie, obtenida de una plantación de Pucallpa, alcanzó un Índice de acidez de 129.

Comparando éstos dos valores de índice de acidez con el promedio obtenido en el ensayo (220,29), se puede decir que, el alcanzado en éste experimento, es un valor muy superior al de la bibliografía consultada. Este resultado, estaría indicando que la oleorresina de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, extraída de la plantación de Oxapampa, es más ácida que las obtenidas por los ensayos antes señalados, debido posiblemente a la contaminación de la oleorresina durante el proceso de resinación (extracción y almacenamiento, principalmente), ocasionada por la adversidad del clima (lluvias torrenciales, cambios de temperatura y viento). Finalmente, el bajo grado de calidad de la oleorresina obtenida, indica la necesidad de un proceso alternativo de refinación o limpieza de la materia prima antes de su destilación.

B) ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

El análisis estadístico efectuado, ANVA, sobre los valores de índice de saponificación dio como resultado una cierta influencia de la distancia entre picas. En la Figura 24 se observan las variaciones del índice de saponificación en función de las variaciones de la distancia entre picas, cuyos valores originales se muestran en el Anexo 4.

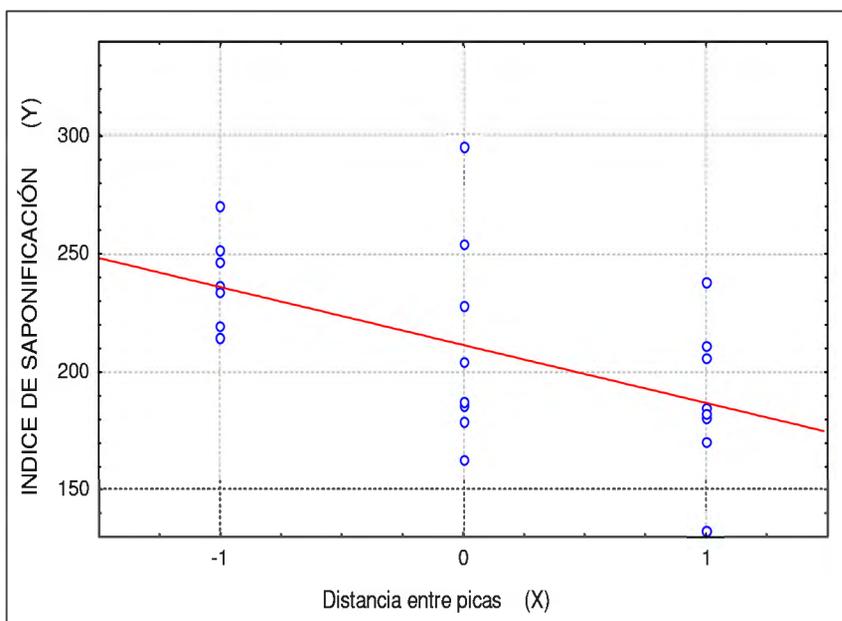


Figura 24 Variaciones del Índice de Saponificación en función de las variaciones de la distancia entre picas.

El modelo estadístico obtenido para el Índice de Saponificación en función de la distancia entre picas es:

$$\text{INDICE DE SAPONIFICACION} = 217.927 - 14.7296 (\text{Distancia entre picas})$$

En el análisis estadístico se obtuvo una cierta influencia, negativa, lineal de la variable independiente distancia entre picas. Asimismo, el grado de influencia de la variable independiente con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es muy bajo (coeficiente R2 aproximadamente de 3,24 %).

En la figura se observa un efecto importante de la variable independiente respecto a los valores de índice de saponificación, dentro del rango de 150 a 300 unidades por árbol. Además se distingue una relativa concentración de valores (puntos) a una altura, en el gráfico, correspondiente a 170 unidades, lo que hace indicar la fuerte correspondencia de este valor de índice saponificación.

La influencia del efecto de la variable independiente, se puede deber a la existencia de impurezas minerales y orgánicas contenidas mayormente al pie del árbol, las cuales constituyen un material no saponificable (Pomayay, 1992). A pesar de la cierta influencia de la variable independiente, por un bajísimo coeficiente de determinación, indica que sólo el 3,24 % de la variabilidad del índice de saponificación es explicada por la variabilidad de la distancia entre picas, mientras que el 97% restante, se debe a otros factores no considerados en el presente estudio.

Los resultados de índice de saponificación alcanzados por éste ensayo tienen un rango de 122-387. Estos valores, comparados con el obtenido por CU (1992) para la oleorresina de la misma especie (129), indican que los alcanzados por el ensayo son valores muy extremos. Esta diversidad de resultados puede deberse a la variedad en el contenido de lípidos propios de cada especie y cada variedad, dada por las diferentes condiciones ecológicas como naturaleza de suelos, latitud, altitud, etc.

C) CENIZAS

El análisis estadístico efectuado, ANVA, sobre los valores de cenizas dio como resultado una cierta influencia de la clase diamétrica interactuando con la altura de línea base. La superficie de respuesta de las variaciones de las cenizas en función de las variaciones de la clase diamétrica y la altura de línea base se muestra en la Figura 25; los valores originales se encuentran en el Anexo 4.

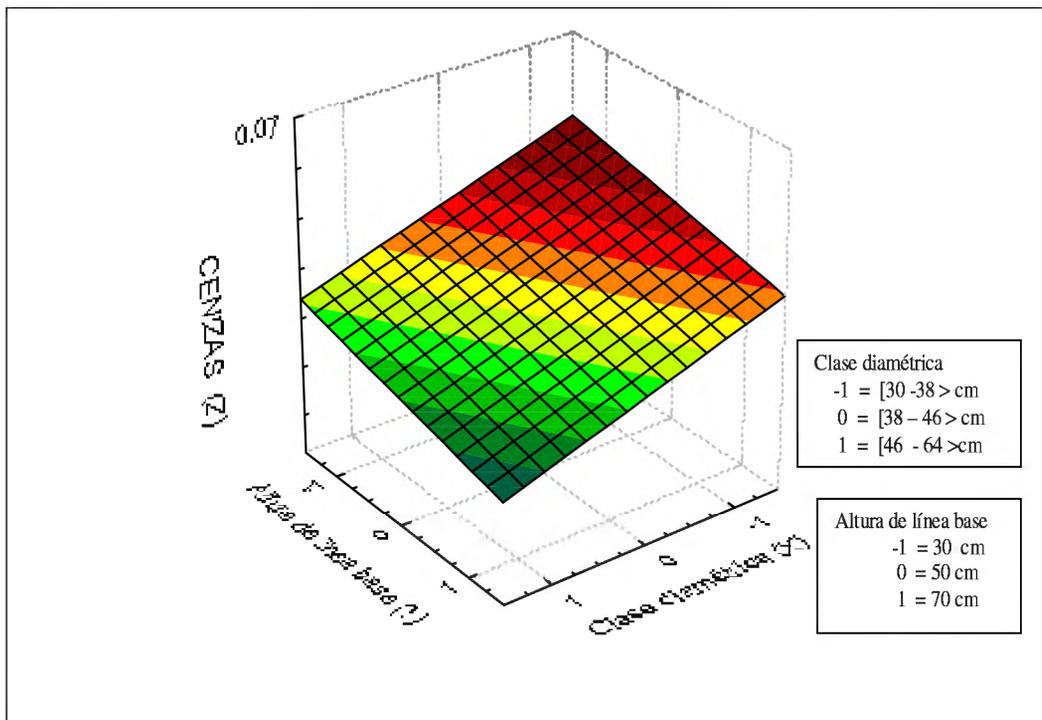


Figura 25 Superficie de respuesta de las variaciones de las Cenizas en función de las variaciones de la clase diamétrica y altura de línea base

El modelo estadístico obtenido para las Cenizas en función de la clase diamétrica y altura de línea base es:

$$\text{CENIZAS} = 0.0376741 - 0.0353417 (\text{Clase diamétrica})(\text{Altura de línea base})$$

En el análisis estadístico se obtuvo una cierta influencia, negativa, lineal de la variable independiente clase diamétrica y altura de línea base. Asimismo el grado de influencia de las variables independientes con la variable respuesta como modelo de ecuación de predicción es muy bajo (coeficiente R² aproximadamente de 6,00 %).

En la figura se observa que la interacción de las variables independientes ejerce un efecto importante sobre la cantidad de ceniza por árbol, dentro de un rango de 0,02 a 0,07 %. Además se observa de la figura, que al disminuir la altura de línea base, manteniendo constante cada nivel de la clase diamétrica, se produce un aumento gradual de los valores de ceniza. Este mismo efecto es más notorio, cuando se varía la clase diamétrica y se mantiene constante la altura de línea base. En consecuencia, se puede deducir que, la variable que más influye en los resultados de este ensayo es la clase diamétrica.

La influencia del efecto de las variables independientes pudo ser causado por el ingreso de materiales orgánicos como la corteza y acículas al interior de los recipientes de recolección, las cuales tienen mayor facilidad de ingreso a alturas bajas del suelo. Además, estos resultados pudieron tener su origen en el caolín, componente del ácido sulfúrico, que aparentemente no se desintegró completamente, pudiendo ser observado como polvillo blanquecino en el fondo de las cápsulas de porcelana.

A pesar de la cierta influencia de las variables independientes, por el bajo coeficiente de determinación, indica que sólo el 6 % de la variabilidad de las cenizas es explicada por la variabilidad de la clase diamétrica y la altura de línea base, mientras que el 94% restante se debe a otros factores no considerados en el presente estudio.

Los resultados de cenizas indican que el promedio de las 27 muestras es de 0,0473 %. Este valor, comparado con el señalado por Pomayay (1992) para la colofonia de la especie en estudio (0,03%), demuestra que es un resultado aceptable, pues considerando que las muestras analizadas corresponden a la oleorresina, sustancia que contiene además a la trementina, se esperaría un mayor porcentaje de cenizas.

4.2 EVALUACION DE LA INFLUENCIA DEL ACIDO SULFURICO EN EL RENDIMIENTO DE OLEORRESINA

Para evaluar la influencia del estimulante, en la obtención de oleorresina por el sistema de pica de corteza, se eligieron tres árboles con las mejores condiciones, pertenecientes a cada categoría diamétrica, de acuerdo con la matriz experimental del Cuadro N° 11 a una distancia entre picas de 5 cm y altura de línea base de 30 cm.

El rendimiento obtenido por categoría diamétrica creciente, de las muestras sin estimulante fueron de 4 g; 11,8 g y 26,25 g respectivamente, con un valor promedio de 20 g; este valor comparado con el valor promedio de la muestra con estimulante arroja un valor de 238,9 g, indicándonos de esta manera una influencia positiva del estimulante, reflejado en una producción notablemente superior a la correspondiente de árboles sin estimulante

4.3 EVALUACION DE LA INFLUENCIA DEL ACIDO SULFURICO EN LAS PROPIEDADES FISICO QUÍMICAS DE LA OLEORRESINA

Para determinar la influencia del ácido sulfúrico en las propiedades físico químicas de la oleorresina, se compararon los resultados obtenidos con y sin estimulante en los procesos de resinación.

La prueba de color, para las tres muestras evaluadas sin estimulante, tuvo la calificación de 5Y/8/2 y 5Y/8/4, correspondiente a los matices amarillo ligero y amarillo pálido, respectivamente; los cuales vienen a ser los resultados mayor obtenidos de las muestras estimuladas.

Al comparar la prueba de contenido de humedad, de la oleorresina sin estimulante se obtiene valores en un rango de 1,02 a 1,46 %; mientras que con estimulante de 0,6 a 13 %. Esta diferencia probablemente se deba al mejor control que se hizo en las muestras sin estimulante para evitar el ingreso de agua a los recipientes de recolección

Respecto a las cenizas, las muestras obtenidas con estimulante presentan valores de 0%, no así las muestras sin estimulante, con valores de 0 a 0,362%. Esto permite inferir que el estimulante tiene una influencia importante en la cantidad de las mismas, dado que una menor cantidad de cenizas estaría señalando una mejor calidad del producto, al respecto el máximo valor presentado por Pomayay (1992) que fue de 0,03%.

La prueba de densidad, arrojó valores de $0,6757 - 0,7712 \text{ g/cm}^3$, frente a valores de $0,8119$ a $1,176$ obtenidos en la muestra con estimulante, al respecto este menor valor encontrado en la prueba en blanco probablemente se deba a un error en la determinación de densidad, dada la poca cantidad de oleorresina recolectada que no permitió hacer la determinación con cantidad suficiente de muestras. Betancourt & Villalba (2000), señalan para la trementina valores de $0,86$ a $0,866 \text{ g/cm}^3$.

El índice de refracción, presentó valores de $1,522$ a $1,526$, que comparados con los resultados obtenidos por las muestras con estimulante ($1,514$ a $1,526$), se puede decir que no presentan mayor variación.

El índice de acidez arrojó valores en un rango de 236 a 259 , mientras que el valor medio de las muestras con estimulante fue de 220 , que se encuentra fuera del rango menor de los valores obtenidos en la muestra sin estimulante, lo que indicaría que para este caso, el ácido a influenciado positivamente en la calidad de la oleorresina al disminuir su valor.

Finalmente respecto al índice de saponificación, se encontró valores en un rango de 163 a 316 , que son mayores al comparar el valor medio de $122,39$ para la muestra con estimulante.

5. *CONCLUSIONES*

- El efecto combinado de la altura de línea base y distancia entre picas, presenta una influencia significativa, negativa sobre el rendimiento, observándose que, conforme aumentan ambos factores, el rendimiento es mayor.
- El efecto combinado de la clase diamétrica y altura de línea base, tuvo cierta influencia en el contenido de humedad y cenizas, encontrándose que, conforme disminuyen ambos factores, los valores de humedad y cenizas aumentan.
- Se encontró que la altura de línea base tiene cierta influencia sobre los valores de densidad y color, observándose que, conforme ésta se incrementa, se obtiene una oleoresina más clara y menos densa.
- El efecto combinado de la clase diamétrica y distancia entre picas, tuvo una influencia significativa y altamente significativa sobre el índice de acidez e índice de refracción, respectivamente; así, el aumento de estos dos factores produce un aumento en el índice de refracción; mientras que una reducción de los mismos, disminuye los valores de índice de acidez.
- La distancia entre picas presentó cierta influencia negativa sobre el índice de saponificación, observándose que conforme ésta aumenta, los valores de índice de saponificación disminuyen.
- La distancia entre picas es la variable con mayor influencia en el rendimiento y caracterización físico química de la oleoresina.
- Se encontró que en la resinación sin estimulante, los valores de rendimiento, contenido de humedad y densidad disminuyen; mientras que incrementan su valor las cenizas, índice de acidez e índice de saponificación.

6. RECOMENDACIONES

- Elaborar un plan de extracción de oleorresina de la plantación de *Pinus caribaea var. hondurensis*, en función de la edad de corta de los árboles.
- Es recomendable realizar la extracción de oleorresina en época de seca, es decir, en los meses de julio-septiembre.
- De llevarse a cabo el aprovechamiento de oleorresina en época lluviosa, cubrir herméticamente la zona a resinar con material impermeable como poliestireno expandido o microporoso.
- Realizar una correcta preparación del árbol antes de la resinación y una limpieza constante y profunda de las caras resinadas, para evitar la contaminación de la oleorresina durante la recolección.
- Se recomienda realizar la actividad de la resinación durante el plenilunio o fase de la luna completamente iluminada por el sol, con el fin de conocer con mayor detenimiento la influencia de la misma en la extracción de la oleorresina.
- El ácido sulfúrico es efectivo, pero es más saludable usar un estimulante de origen orgánico como la levadura de cerveza (usada actualmente en Cuba), que incrementa igualmente la producción hasta un 40%.
- Realizar la actividad de resinación con otras especies del género *Pinus* existentes en el país, que poseen comprobadas aptitudes resineras, con el fin de abastecer el consumo nacional de productos resinosos (colofonia y trementina) y a la vez generar empleo en las zonas rurales.

BIBLIOGRAFÍA

Anouro A. & G. Berlyn 1993. Caribbean Pine in Sustainable Tropical Forestry: Distribution, Taxonomy, Ecology, Biotechnology and Silves. Journal of Sustainable Forestry Vol. 1 - Nro. 1.

Betancourt F. Ynocente; Villalba F. Josefa. 2000. Aprovechamiento de resina de pino. Folleto informativo (correo electrónico). Universidad de Pinar del Río. Fac. Forestal, Dpto. Forestal, Pinar del Río. Cuba.

Bockor, I. 1986. Resultados Preliminares de los Ensayos de Especies y Procedencias en Campo Abierto. Proyecto Peruano – Alemán. Desarrollo Forestal y Agroforestal en la Selva Central. 90 p.

Centro de Investigaciones Químicas (CU). 1992. Procedimiento para la obtención de encolante reforzado para papel a partir de oleoresina de pino y el producto resultante. Certificado de autor de invención. Republica de Cuba. Consultado 14 may. 2005. Disponible en <http://www.ocpi.cu/textos/t13486.pdf>

Chile Forestal. 1981. Resinación Forestal del Pino Insigne Chileno (suplemento del periódico Chile Forestal). 8 p.

Chudnoff, Martin. 1984. Tropical timbers of the world. Agric. Handb. 607. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 466 p.

Conferencia sobre la industria resinera en la economía nacional. (1961, Madrid, España).
1961. Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Montes. 97 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. CONABIO. 1999.
Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la
reforestación. Reporte técnico del proyecto J084 (en línea). Consultado 20 jun.
2005. Disponible en
[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/infoespecies/arboles/docto/55-
pinac2m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/infoespecies/arboles/docto/55-pinac2m.pdf)

Copen, J.; Hone G.A. 1995. Non-wood forest products 2. Rome. FAO. Natural Resources
Institute. 109 p. Consultado el
http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/003/X9835S/X9835S00.HTM#P468_27971

Ferreira, J. 2002. Analise de Cadeia Produtiva e Estrutura de Custos do Setor Brasileiro de
Produtos Resinosos. Piracicaba. Estado de Sao Paulo. Brasil. Consultado 26 may.
2005. Disponible en
www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-23102002-172920/publico/jose.pdf

Fondo de Promoción del Desarrollo Forestal (FONDEBOSQUE). 2004. Informe de
Comisión de Servicios. Localidades de Oxapampa, Villa Rica, Satipo, Pichanaki. 3
p.

Food and Agriculture Organization of de United Nations (FAO). 2001. La evaluación de los recursos forestales mundiales (en línea). Roma, Italia. Consultado 14 oct. 2005. Disponible en

http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/003/X9835S/X9835S00.HTM#P468_27971

Food and Agriculture Organization of de United Nations (FAO). 1994. Memoria-Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe (en línea). Santiago de Chile. Consultado 13 may. 2005. Disponible en

http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T2354S/T2354S00.htm

Food and Agriculture Organization of de United Nations (FAO). 1995. Gum Naval Stores-Turpentine and Rosin form pine resin (en línea). Rome. Consultado 08 agosto 2005.

Disponible en http://www.fao.org/documents/advanced_s_result.asp

Francis, Jhon K. 1992. *Pinus caribaea* Morelet. Caribbean pine. SO-ITFSM-53. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 10 p. (en línea). Consultado 20 jun. 2005.

Disponible en <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Pinuscaribaea.pdf>

Garrido M.A.O et al. Resinagem: manual de resinagem. Sao Paulo: Instituto Florestal, Coordenadoria de Informacoes Técnicas, Documentacao e Pesquisa Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente. 1998. 33 p.

Golfari, L. 1991. Distribución geográfica de las plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Argentina, Uruguay, Paraguay y Brasil. In: Jornadas sobre *Pinus caribaea* Eldorado, Misiones, Argentina 25-26 p.

González, M. H; Córdova Q R. 1994. Resinación en Plantaciones de Pinus sp. en la zona de Cajamarca. Informe Final. 10 p.

Guindeo, C. Antonio; García, E. Luis; de Palacios, Paloma. 1995. Evolución, lima y anatomía de la madera. Artículo de revista N° 176. Asociación de Investigación Técnica de la Madera y el Corcho (AITIM). 10 p. Consultado el

Disponible en <http://www.infomadera.net/images/10070.pdf>

Gum Rosin. 2003. Specification from China winds group Best of Techno-Mix. Consultado 20 set. 2005. Disponible en

http://www.Chinawinds.co.uk/other_html/gum_rosin.html.

Haygreen, J. y Bowyer, J. 1989. Forest products and wood science. An introduction. The Iowa State University Press. 496 p.

Mas P. y Prado A. 1981. Comparación del Método de Resinación de Pica de Corteza con estimulantes contra el Método Francés. México. 47 p.

Mogollón et. al. 2002. Caracterización del pino caribe resinado proveniente de plantaciones. Merida. Venezuela. Consultado 25 ago. 2005. Disponible en

<http://www.Iscp.pqi.ep.usp.br/ciadicy2002/papers/TR005.pdf>

Neves G, A. 2001. Análise económico-financeira da exploração de *pinus* resinífero em pequenos módulos rurais. Sorocaba, Sao Paulo. Consultado 7 oct. 2005.

Disponible en <http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/neves,ga.pdf>

Panshin. 1959. Productos forestales: Origen, Beneficio y Aprovechamiento. Editorial Galvat. Barcelona-España. 605 p.

Paramonga. 1985. Análisis de resinas-Pucallpa con fines papeleros. Sociedad Paramonga Ltda. S.A. Copias fotostáticas. Lima-Perú.

Plantas Medicinales y Aceites Esenciales. 2002. Base de datos farmacognosia (en línea). Consultado 20 ago. 2005.

Disponible en <http://www.plantasmedicinales.org/farmacognosia/sept 2002/>

Pomayay, R. 1992. “Estudio Preliminar de la Resina de *Pinus radiata* D. Don, Sunchubamba-Cajamarca”. Universidad Nacional del Centro. Huancayo -Perú. 80 p.

Quinde, A. 1984. Fundamentos de Química de la Madera. Facultad de Ciencias, Departamento de Química. Editorial UNALM. Lima- Perú.

Salazar, Rodolfo. 1982. Comportamiento juvenil de nueve procedencias de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barrett y Golfari en Costa Rica. Turrialba. 32(4): 387- 397p.

SCAN-TEST METHODS. Denmark, Finland, Norway y Sweden.

Secretaria de medio ambiente y de recursos naturales (SEMARNAT). 2002. Especies con Usos No Maderables en Bosques de Encino, Pino y Pino-Encino en los Estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. México. Consultado 10 abr 2005.

Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/Resina.html>

Soberanis P. Hugo F. 2000. “Comparación en la Producción de Resina entre Árboles de Pinus oocarpa producidos por injerto y por semillas”. Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR). Siguatepeque, Comayagua, Honduras. 85 p.

Disponible en <http://www.portal.rds.org.hn/download.php>

Song Zhanqian. 1996. Naval Stores Production in China. 9 p.

Tejedor M. Carlos y Martínez Z. Pablo. 1994. “Nuevas Técnicas de Resinación”. Universidad de Valladolid. Departamento de Producción Vegetal y Silvopascicultura. Palencia – España. 24 p.

Zamorano J.L. 1995. “Resinar de Forma Rentable”. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigación, Tecnología Agraria y Alimentación. Madrid – España. 9 p.

ANEXO 1

1. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

1.1 RENDIMIENTO

Análisis de Varianza Original

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Mínimos cuadrados	Relación F	Probabilidad
A: Clase Diamétrica	5685,33	1	5685,33	0,19	0,6707
B: Distancia picas	45300,5	1	45300,5	1,49	0,2387
C: Línea base	9660,5	1	9660,5	0,32	0,5801
AA	61915,0	1	61915,0	2,04	0,1715
AB	151358,0	1	151358,0	4,98	0,0393
AC	50103,8	1	50103,8	1,65	0,2162
BB	33391,0	1	33391,0	1,10	0,3091
BC	152506,0	1	152506,0	5,02	0,0387
CC	14563,2	1	14563,2	0,48	0,4980
Total error	516339,0	17			

Análisis de Varianza Ajustado

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón F	Valor p
BC*	152506.0	1	152506.0	4.29	0.0488
Total error	888316.0	25	35532.6		
Total (corr.)	1.04082E6	26			

* B = Distancia entre picas, C = Altura de línea base

R-squared = 14.6524 %

R-squared (adjusted for d.f.) = 11.2385 %

Error Estándar = 188.501

Mean absolute error = 139.21

Durbin-Watson statistic = 2.30061

Análisis de regresión

Constante = 238.922

BC = -112.733

RENDIMIENTO = 238.922 - 112.733*dist.picas*línea base

1.2 PROPIEDADES FÍSICAS

A) CONTENIDO DE HUMEDAD

Análisis de Varianza Original

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Mínimos cuadrados	Relación F	Probabilidad
A: Clase Diamétrica	0,0418859	1	0,0418859	0,00	0,9578
B: Distancia picas	1.50198	1	1.50198	0,10	0,7514
C: Línea base	13.83930	1	13.8393	0,95	0,3422
AA	3.74236	1	3.74236	0,26	0,6179
AB	3.33563	1	33.3563	2.3	0,1476
AC	39.9319	1	39.9319	2.76	0,1153
BB	7.47125	1	7.47125	0,52	0,4825
BC	0.200947	1	0,200947	0,01	0,9076
CC	4.59611	1	459,611	0,32	0,5807
Total error	14.4935	17	14.4935		

Análisis de Varianza Ajustado

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón F	Valor p
AC*	39.9319	1	39.9319	3.21	0.0854
Total error	311.139	25	12.4456		
Total (corr.)	351.071	26			

*A = Clase diamétrica, C = Altura de línea base

R-squared = 11.3743 %

R-squared (adjusted for d.f.) = 7.82928 %

Standard Error of Est. = 3.52783

Mean absolute error = 2.89013

Durbin-Watson statistic = 2.89406

Análisis de Regresión

Constante = 5.17479

AC = 1.82419

HUMEDAD = 5.17479 + 1.82419*CLASE DIAM*LINEA BASE

B) DENSIDAD

Análisis de Varianza Original

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Mínimos cuadrados	Relación F	Probabilidad
A: Clase Diamétrica	0,0041604	1	0,0041604	0,43	0,5222
B: Distancia picas	0,010756	1	0,010756	1,10	0,3082
C: Línea base	0,0379331	1	0,0379331	3,89	0,0650
AA	0,0252014	1	0,0252014	2,59	0,1263
AB	0,001200534	1	0,001200534	0,12	0,7294
AC	0,0298864	1	0,0298864	3,07	0,0980
BB	0,0319037	1	0,0319037	3,27	0,0882
BC	0,00749799	1	0,00749799	0,77	0,3927
CC	0,00588225	1	0,00588225	0,60	0,4480
Total error	0,00974907	17	0,00974907		

Análisis de Varianza Ajustado

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón F	Valor p
C*	0.0379331	1	0.0379331	3.36	0.0787
Total error	0.28223	25	0.0112892		
Total (corr.)	0.320163	26			

* C = Altura de línea base

R-squared = 11.848 %

R-squared (adjusted for d.f.) = 8.32196 %

Standard Error of Est. = 0.106251

Mean absolute error = 0.0831822

Durbin-Watson statistic = 2.01171

Análisis de Regresión

Constante = 0.939673

C: LINEA BASE = -0.0459064

DENSIDAD = 0.939673 - 0.0459064*LINEA BASE

C) INDICE DE REFRACCION

Análisis de Varianza Original

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Mínimos cuadrados	Relación F	Probabilidad
A: Clase Diamétrica	0,0000035556	1	0,0000035556	0,32	0,5800
B: Distancia picas	0,0000133472	1	0,0000133472	1.19	0,2896
C: Línea base	0,00000138889	1	0,00000138889	0,12	0,7287
AA	0,0000125185	1	0,0000125185	1.12	0,3046
AB	0,0000460208	1	0,0000460208	4.12	0,0583
AC	0,0000000833333	1	0,0000000833333	0,01	0,9322
BB	0,0000195602	1	0,0000195602	1.75	0,2033
BC	0,00000208333	1	0,00000208333	0,19	0,6713
CC	0,000000090740	1	0,000000090740	0,08	0,7791
Total error	0,000189887	17	0,0000111698		

Análisis de Varianza Ajustado

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón F	Valor p
AB*	4.60208E-05	1	4.60208E-05	4.73	0.0393
Total error	0.000243331	25	9.73324E-06		
Total (corr.)	0.000289352	26			

* A = Clase diamétrica, B = Distancia entre picas

R-squared = 15.9048 %

R-squared (adjusted for d.f.) = 12.541 %

Standard Error of Est. = 0.00311981

Mean absolute error = 0.00239986

Durbin-Watson statistic = 2.60949

Análisis de Índice de Regresión

Constante = 1.52157

AB = 0.00195833

REFRACCION = 1.52157 + 0.00195833*CLASE DIAM*DIST.PICAS

D) COLOR

Análisis de Varianza Original

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Mínimos cuadrados	Relación F	Probabilidad
A: Clase Diamétrica	0,888889	1	0,888889	0,56	0,4634
B: Distancia picas	5.55556	1	5.55556	3.52	0,0780
C: Línea base	5.55556	1	5.55556	3.52	0,0780
AA	1.18519	1	1.18519	0,75	0,3984
AB	8.33333	1	8.33333	5.28	0,0346
AC	0,333333	1	0,333333	0,21	0,6518
BB	1.85185	1	1.85185	1.17	0,2940
BC	3	1	3	1.9	0,1860
CC	8.96296	1	8.96296	5.67	0,0292
Total error	26.8519	17	1.57952		

Análisis de Varianza Ajustado

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón F	Valor p
CC*	8.96296	1	8.96296	4.18	0.0515
Total error	53.5556	25	2.14222		
Total (corr.)	62.5185	26			

* C = Altura de línea base

R-squared = 14,3365 %

R-squared (adjusted for d.f.) = 10.91 %

Standard Error of Est. = 1.46363

Mean absolute error = 1.20988

Durbin-Watson statistic = 2.10097

Análisis de Regresión

Constante = 4,22222

CC = -1,22222

COLOR = 4,22222 - 1,22222*LINEA BASE^2

1.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

A) INDICE DE ACIDEZ

Análisis de Varianza Original

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Mínimos cuadrados	Relación F	Probabilidad
A: Clase Diamétrica	216,478	1	216,478	1,01	0,3279
B: Distancia picas	397,736	1	397,736	1,86	0,1899
C: Línea base	10,6588	1	10,6588	0,05	0,8258
AA	657,453	1	657,453	3,08	0,0972
AB	1720,82	1	1720,82	8,07	0,0113
AC	118,444	1	118,444	0,56	0,4664
BB	447,582	1	447,582	2,10	0,1657
BC	16,9807	1	16 9807	0,08	0,7813
CC	2,1716	1	2,1716	0,01	0,9208
Total error	3626,77	17	213,339		

Análisis de Varianza Ajustado

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón F	Valor p
AB*	1720.82	1	1720.82	7.83	0.0098
Total error	5494.27	25	219.771		
Total (corr.)	7215.09	26			

* A = Clase diamétrica, B = Distancia entre picas

R-squared = 23.8503 %

R-squared (adjusted for d.f.) = 20.8043 %

Standard Error of Est. = 14.8247

Mean absolute error = 12.3564

Durbin-Watson statistic = 2.14635

Análisis de Regresión

Constante = 227.454

AB = 11.9751

ACIDEZ = 227.454 + 11.9751*CLASE DIAM*DIST.PICAS

B) *INDICE DE SAPONIFICACION*

Análisis de Varianza Original

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Mínimos cuadrados	Relación F	Probabilidad
A: Clase Diamétrica	1873,77	1	1873,77	0,70	0,4135
B: Distancia picas	3905,28	1	3905,28	1,46	0,2428
C: Línea base	124,335	1	124,335	0,05	0,8316
AA	30,883	1	30,883	0,01	0,9156
AB	2010,69	1	2010,69	0,75	0,3973
AC	266,256	1	266,256	0,10	0,7559
BB	998,158	1	998,158	0,37	0,5488
BC	1,01838	1	1,01838	0,00	0,9846
CC	1545,86	1	1545,86	0,58	0,4569
Total error	45332,3	17	26 6,61		

Análisis de Varianza Ajustado

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón F	Valor p
B*	3905.28	1	3905.28	1.87	0.1835
Total error	52183.3	25	2087.33		
Total (corr.)	56088.5	26			

* B = Distancia entre picas

R-squared = 6.9627 %

R-squared (adjusted for d.f.) = 3.2412 %

Standard Error of Est. = 45.6873

Mean absolute error = 30.91

Durbin-Watson statistic = 2.60979

Análisis de Regresión

Constante = 217.927

B: DIST.PICAS = -14.7296

SAPONIFIC = 217.927 - 14.7296 * DIST.PICAS

C) CENIZAS

Análisis de Varianza Original

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Mínimos cuadrados	Relación F	Probabilidad
A: Clase Diamétrica	0,00071442	1	0,00071442	0,10	0,7559
B: Distancia picas	0,00768387	1	0,00768387	1,07	0,3147
C: Línea base	0,000256134	1	0,000256134	0,04	0,8522
AA	0,00392875	1	0,00392875	0,55	0,4689
AB	0,0055556	1	0,0055556	0,78	0,3907
AC	0,0149884	1	0,0149884	2,09	0,1661
BB	0,0000737335	1	0,0000737335	0,01	0,9204
BC	0,00000001333	1	0,0000 0001333	0,00	0,9989
CC	0,000941671	1	0,000941671	0,13	0,7213
Total error	0,121711	17	0,00715948		

Análisis de Varianza Ajustado

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón F	Valor p
AC*	0.0149884	1	0.0149884	2.66	0.1154
Total error	0.140865	25	0.00563461		
Total (corr.)	0.155854	26			

* A = Clase diamétrica, C = Altura de línea base

R-squared = 9.61697 %

R-squared (adjusted for d.f.) = 6.00165 %

Standard Error of Est. = 0.075064

Mean absolute error = 0.0480954

Durbin-Watson statistic = 2.45452

Análisis de Regresión

Constante = 0.0376741

AC = -0.0353417

CENIZAS = 0.0376741 - 0.0353417*CLASE DIAM*LINEA BASE

ANEXO 2

1. RESULTADOS DE RENDIMIENTO

Árbol muestra	DAP (cm)	Altura línea base (cm)	Distancia entre picas (cm)	Cantidad de Oleoresina (g.)				Cantidad Total de Oleoresina (g.)	Cantidad de Oleoresina /40 días (Kg.)
				1ª Pica	2ª Pica	3ª Pica	4ª Pica		
5	37,24	30	5	4,8	4,70	3,80	13,00	26,3	0,026 3
27	37,49	30	10	52,8	36,80	29,80	79,00	198,4	0,198 4
6	35,96	30	15	208,4	199,80	176,90	201,90	787,0	0,787 0
13	38,19	50	5	44,1	119,80	50,90	78,80	293,6	0,293 6
4	33,42	50	10	26,9	32,20	24,40	18,10	101,6	0,101 6
8	34,37	50	15	50,2	46,50	44,00	68,80	209,5	0,209 5
9	32,30	70	5	51,4	27,20	27,40	81,10	187,1	0,187 1
25	36,92	70	10	8,9	1,30	7,20	4,60	22,0	0,022 0
11	32,47	70	15	29,5	45,80	33,20	71,50	180,0	0,180 0
Sub total				477,00	514,10	397,60	616,80	2 005,5	2,005 5
2	39,31	30	5	30,4	17,50	36,50	60,80	145,2	0,145 2
7	43,13	30	10	6,3	13,00	18,20	55,10	92,6	0,092 6
23	44,72	30	15	284,2	108,40	71,50	254,30	718,4	0,718 4
16	43,73	50	5	39,4	51,70	16,70	79,50	187,3	0,187 3
20	40,10	50	10	14,1	18,90	15,70	40,60	89,3	0,089 3
1	39,47	50	15	119,0	177,00	43,90	178,10	518,0	0,518 0
21	41,15	70	5	65,3	38,10	36,30	72,00	211,7	0,211 7
12	39,94	70	10	131,0	156,70	80,20	209,90	577,8	0,577 8
17	44,24	70	15	20,8	47,20	60,50	91,00	219,5	0,219 5
Sub total				710,50	628,50	379,50	1041,30	2 759,8	2,759 8
19	64,29	30	5	53,3	33,00	65,90	58,70	210,9	0,210 9
18	52,83	30	10	81,0	55,50	77,40	74,60	288,5	0,288 5
10	47,42	30	15	15,5	9,90	2,10	11,80	39,3	0,039 3
15	49,01	50	5	62,6	51,70	56,10	166,60	337,0	0,337 0
24	47,58	50	10	30,4	27,70	16,30	22,40	96,8	0,096 8
3	45,90	50	15	1,2	0,20	9,30	10,90	21,6	0,021 6
22	46,30	70	5	94,3	44,40	56,70	128,10	323,5	0,323 5
26	46,10	70	10	48,3	41,00	50,40	96,00	235,7	0,235 7
14	47,58	70	15	29,8	13,70	28,10	60,70	132,3	0,132 3
Sub total				416,4	277,10	362,30	629,80	1 685,6	1,685 6
Total				1603,90	1419,70	1139,40	2287,90	6 450,90	6,450 90

ANEXO 3

1. CALCULO DE ENSAYOS FISICOS

Muestra	CONDICIONES			ENSAYOS FISICOS			
	Clase Diamétrica (cm)	Altura línea base (cm)	Distancia entre picas (cm)	Densidad (g/cm ³)	Contenido de Humedad (%)	Color	Índice de Refracción
5	[30-38>	30	5	1,176	9,486 6	N	1 524
27		30	10	1,083 8	6,626 4	WW	1,519
6		30	15	0,872 7	9,908 3	X	1,520
13		50	5	0,993 2	3,634	WG	1,517
4		50	10	0,882 6	1,948 2	WW	1,527
8		50	15	0,892 5	8,581 4	X	1,523
9		70	5	0,821 6	2,388 6	X	1,525
25		70	10	0,860 4	1,718 2	N	1,525
11		70	15	0,932	4,216 5	X	1,519
2		[38-46>	30	5	0,986 1	3,396 6	WW
7	30		10	1,051 9	1,403 4	WW	1,525
23	30		15	0,901 4	8,923 1	X	1,520
16	50		5	0,817 8	6,202 3	WW	1,525
20	50		10	0,864	0,629 1	N	1,524
1	50		15	0,895 6	9,834 1	X	1,516
21	70		5	0,811 9	1,158 3	X	1,524
12	70		10	0,893 5	7,475 1	X	1,523
17	70		15	0,845 9	2,812 4	X	1,514
19	[46-64>		30	5	0,870 2	7,818 6	WW
18		30	10	1,139 3	1,017 7	X	1,517
10		30	15	0,882 7	3,258 2	N	1,524
15		50	5	0,859 5	11,432 8	WW	1,518
24		50	10	1,170 5	5,838	WW	1,524
3		50	15	0,893 5	3,724 5	WG	1,523
22		70	5	1,121 9	1,803 2	X	1,524
26		70	10	0,948 6	13,221 6	X	1,522
14		70	15	0,902	1,262	X	1,520
Promedio				0,939 7	5,174 8		1,521 8

Donde:

- X = Amarillo ligero (slight yellow)
- WW = Amarillo pálido (pale yellow)
- WG = Amarillo (yellow)
- N = Amarillo profundo (deep yellow)

2. CALCULO DE ENSAYOS QUÍMICOS

Muestra	CONDICIONES			ENSAYOS QUIMICOS		
	Clase Diamétrica (cm)	Altura línea base (cm)	Distancia entre picas (cm)	Cenizas (%)	Índice de acidez	Índice de saponificación
5	[30-38>	30	5	0	238.2414	270.2858
27		30	10	0	237.5793	187.6273
6		30	15	0	200.9598	185.1156
13		50	5	0	252.9028	251.5117
4		50	10	0	247.0868	185.6068
8		50	15	0.0109	206.191	362.5509
9		70	5	0.25 6	252.4581	219.0692
25		70	10	0	249.1747	204.3466
11		70	15	0.0406	225.1092	180.2521
2		[38-46>	30	5	0.2375	233.0186
7	30		10	0.0049	240.0882	179.0993
23	30		15	0.0176	210.9719	238.3408
16	50		5	0	212.7986	214.7065
20	50		10	0.2326	235.0124	295.6317
1	50		15	0	216.6837	132.3252
21	70		5	0	212.576	236.5481
12	70		10	0	198.0226	253.7106
17	70		15	0	225.1092	210.6328
19	[46-64>	30	5	0	201.5961	246.0779
18		30	10	0.1117	251.9655	187.1004
10		30	15	0.0389	227.5464	181.9389
15		50	5	0.0204	218.9151	246.4861
24		50	10	0	224.2775	162.8064
3		50	15	0	229.6107	206.0231
22		70	5	0	240.9768	233.9686
26		70	10	0.3616	215.7029	228.0233
14		70	15	0.0346	236.6893	170.2895
Promedio				0.0472	220.295	211.108

Índice de Acidez

N° de Muestra	N° de Repetición	Peso resina	Volumen gastado de KOH	Índice de Acidez	Promedio Índice de Acidez
3	1	1,168 3	45,7	215,533	229.611
	2	1,008 4	43,1	235,503	
26	1	1,007 2	36,9	201,866	215.703
	2	1,276 6	51,4	221,850	
24	1	1,004 2	40,5	222,222	224.277
	2	1,047 3	41,5	218,338	
15	1	1,039 4	40,0	212,045	218.915
	2	1,056 6	41,8	217,980	
25	1	1,005 8	45,7	250,355	249.175
	2	1,002 4	43,5	239,111	
21	1	1,101 8	43,3	216,539	212.576
	2	1,060 7	38,7	201,034	
8	1	1,031	37,0	197,740	206.191
	2	1,034	38,9	207,291	
2	1	1,033 4	41,5	221,274	233.019
	2	1,032 3	44,3	236,455	
16	1	1,005 8	40,3	220,773	212.799
	2	1,000 1	35,8	197,238	
6	1	1,036 7	37,0	196,653	200.960
	2	1,001 3	36,0	198,102	
5	1	1,004	43,2	237,084	238.241
	2	1,007	42,2	230,906	
4	1	1,033 7	45,5	242,532	247.087
	2	1,048 3	46,2	242,833	
20	1	1,018 9	43,2	233,617	235.012
	2	1,019 7	42,2	228,030	
7	1	1,049 6	42,4	222,584	240.088
	2	1,004 5	45,4	249,033	
14	1	1,075 9	46,2	236,604	236.689
	2	1,049 7	43,5	228,337	
9	1	1,009 1	46,6	254,451	252.458
	2	1,008 6	44,2	241,465	
1	1	1,011 5	39,9	217,349	216.684
	2	1,015 8	38,4	208,293	
23	1	1,010 2	36,7	200,175	210.972
	2	1,003	39,0	214,247	
13	1	1,020 8	46,2	249,375	252.903
	2	1,013 3	45,5	247,414	
12	1	1,050 2	37,3	195,699	198.023
	2	1,034 8	36,3	193,287	

17	1	1,050 4	41,8	219,267	225.109
	2	1,020 8	41,3	222,926	
11	1	1,050 4	41,8	219,267	225.109
	2	1,020 8	41,3	222,926	
27	1	1,032 4	43,0	229,494	237.579
	2	1,010 5	43,5	237,194	
22	1	1,009 5	44,5	242,888	240.977
	2	1,004 1	42,0	230,475	
10	1	1,016 4	40,7	220,639	227.546
	2	1,02	41,9	226,342	
18	1	1,010 3	44,0	239,968	251.965
	2	0,996 2	46,1	254,980	
19	1	1,022 9	36,4	196,074	201.596
	2	1,019 7	37,0	199,931	

Índice de Saponificación

N° de Muestra	N° de Repetición	Peso resina	Peso seco resina	Gasto de HCL	Índice de saponificación	Promedio Índice de saponificación
3	1	0,517 6	0,497 4	36,0	236,873 5	206.023109
	2	0,514 6	0,496 4	37,1	175,172 7	
26	1	0,503 4	0,439 1	36,3	249,122 5	228.02335
	2	0,533 9	0,460 9	36,8	206,924 2	
24	1	0,518 2	0,487 6	37,7	143,822 1	162.80638
	2	0,507 6	0,478 3	37,1	181,790 6	
15	1	0,547 3	0,483 4	35,8	255,328 2	246.48606
	2	0,531 6	0,472 1	36,2	237,643 9	
25	1	0,500 9	0,493 5	36,9	187,583 6	204.346611
	2	0,504 6	0,494 8	36,3	221,109 6	
21	1	0,505 7	0,500 3	35,9	241,101 4	236.548112
	2	0,514 2	0,507 8	36,0	231,994 8	
8	1	0,506 3	0,462 8	33,8	387,891 0	362.550892
	2	0,518 6	0,474 1	34,5	337,210 8	
2	1	0,507 5	0,494 3	36,5	209,980 2	213.947161
	2	0,510 5	0,489 1	36,4	217,914 1	
16	1	0,500 3	0,477 8	36,8	199,590 0	214.706482
	2	0,516 9	0,476	36,3	229,822 9	
6	1	0,536 1	0,481 2	36,9	192,342 9	185.115561
	2	0,523 2	0,473 1	37,2	177,888 1	
5	1	0,501 9	0,450 4	36,0	261,591 1	270.285793
	2	0,506 6	0,462 5	35,6	278,980 5	

4	1	0,530 9	0,521	36,7	188,423 8	185.606827
	2	0,532 6	0,521 7	36,8	182,789 8	
20	1	0,508 1	0,504 1	35,8	244,808 9	295.631707
	2	0,528 8	0,526 3	33,7	346,454 4	
7	1	0,503 1	0,494 6	37,1	175,802 9	179.099301
	2	0,528 8	0,522 9	36,8	182,395 7	
14	1	0,505 4	0,500 2	36,7	196,290 3	170.289545
	2	0,532 8	0,524 9	37,5	144,288 7	
9	1	0,507 3	0,497 2	36,5	208,737 8	219.069155
	2	0,515 7	0,501 3	36,1	229,400 5	
1	1	0,524 5	0,474 3	39,1	141,932 6	132.325243
	2	0,508 5	0,457 1	39,5	122,717 9	
23	1	0,520 2	0,476 1	36,3	229,764 9	238.340791
	2	0,539	0,488 5	35,9	246,916 6	
13	1	0,508 3	0,499 9	35,2	280,576 8	251.511661
	2	0,521	0,491 8	36,3	222,446 5	
12	1	0,510 5	0,474 5	35,6	271,905 3	253.71061
	2	0,517 3	0,476 4	36,2	235,515 9	
17	1	0,544 2	0,525 5	36,1	218,844 6	210.63282
	2	0,524 2	0,512 7	36,5	202,421 0	
11	1	0,556 8	0,528 2	36,7	185,863 5	180.252113
	2	0,531 5	0,514	37,0	174,640 7	
27	1	0,506	0,448 6	37,2	187,569 4	187.627252
	2	0,533 3	0,523 1	36,7	187,685 1	
22	1	0,542 9	0,535 2	35,8	230,584 2	233.968607
	2	0,507 5	0,496 3	36,0	237,352 9	
10	1	0,530 6	0,516 8	36,5	200,805 2	181.938884
	2	0,519 2	0,498 8	37,3	163,072 5	
18	1	0,542 8	0,534 1	36,7	183,823 1	187.100443
	2	0,517 9	0,515 7	36,7	190,377 8	
19	1	0,521 8	0,479 8	34,9	309,863 0	246.077889
	2	0,532 8	0,492 4	37,0	182,292 8	

Cenizas

N° de Muestra	Repetición	Peso resina húmeda	Peso resina seca	% Cenizas	Promedio Cenizas
3	1	3.0935	2.9725	0.0000	0.0000
	2	3.072	2.9633	0.0000	
26	1	3.0592	2.6686	0.7232	0.3616
	2	3.0516	2.6343	0.0000	
24	1	3.0009	2.8236	0.0000	0.0000
	2	3.0288	2.8541	0.0000	

15	1	3.0916	2.7305	0.0000	
	2	3.0296	2.6907	0.0409	0.0204
25	1	0.5669	0.5585	0.0000	
	2	0.5099	0.5000	0.0000	0.0000
21	1	3.3167	3.2811	0.0000	
	2	3.3066	3.2655	0.0000	0.0000
8	1	3.0029	2.7450	0.0219	
	2	3.0505	2.7890	0.0000	0.0109
2	1	3.1129	3.0317	0.4750	
	2	3.2441	3.1083	0.0000	0.2375
16	1	0.5656	0.5402	0.0000	
	2	0.5444	0.5013	0.0000	0.0000
6	1	3.0304	2.7203	0.0000	
	2	3.012	2.7233	0.0000	0.0000
5	1	1.0001	0.8974	0.0000	
	2	1.0058	0.9183	0.0000	0.0000
4	1	0.573	0.5624	0.0000	
	2	0.5305	0.5197	0.0000	0.0000
20	1	1.04	1.0319	0.4652	
	2	1.0007	0.9959	0.0000	0.2326
7	1	1.0064	0.9894	0.0000	
	2	1.0257	1.0142	0.0099	0.0049
14	1	3.0656	3.0338	0.0692	
	2	3.027	2.9820	0.0000	0.0346
9	1	3.0428	2.9822	0.1811	
	2	3.066	2.9806	0.1510	0.1660
1	1	3.0437	2.7524	0.0000	
	2	3.2509	2.9226	0.0000	0.0000
23	1	3.0966	2.8342	0.0353	
	2	3.0827	2.7938	0.0000	0.0176
13	1	3.0458	2.9952	0.0000	
	2	3.009	2.8402	0.0000	0.0000
12	1	3.005	2.7933	0.0000	
	2	3.0967	2.8519	0.0000	0.0000
17	1	3.0939	2.9876	0.0000	
	2	3.0985	3.0306	0.0000	0.0000
11	1	3.1128	2.9530	0.0813	
	2	3.0152	2.9157	0.0000	0.0406
27	1	3.061	2.7140	0.0000	
	2	3.0411	2.9828	0.0000	0.0000
22	1	3.2011	3.1560	0.0000	
	2	3.0289	2.9624	0.0000	0.0000
10	1	3.0381	2.9593	0.0777	
	2	3.0896	2.9684	0.0000	0.0389
18	1	3.0935	3.0438	0.2234	
	2	3.2243	3.2105	0.0000	0.1117
19	1	3.0011	2.7594	0.0000	
	2	3.0809	2.8473	0.0000	0.0000

**3. RESULTADOS DE ENSAYOS FISICO QUIMICOS DE LA OLEORRESINA
SIN ESTIMULANTE**

Muestra	CONDICIONES			ENSAYOS FISICOS			
	Clase Diamétrica (cm)	Altura línea base (cm)	Distancia entre picas (cm)	Densidad (g/cm ³)	Contenido de Humedad (%)	Color	Índice de Refracción
Control 1	[30-38>	30	5	0,675	0,8563	WW	1,525
Control 2	[38-46>	30	5	0,733	0,5282	X	1,523
Control 3	>46	30	5	0,771	1,1959	WW	1,525

Donde:

X = Amarillo ligero (slight yellow)

WW = Amarillo pálido (pale yellow)

Muestra	CONDICIONES			ENSAYOS QUÍMICOS		
	Clase Diamétrica (cm)	Altura línea base (cm)	Distancia entre picas (cm)	Cenizas (%)	Índice de acidez	Índice de saponificación
Control 1	[30-38>	30	5	0,00	258,923	316,454
Control 2	[38-46>	30	5	0,00	245,693	288,548
Control 3	>46	30	5	0,00	235,894	244,063

ANEXO 4

1. FOTOS DE LOS INSTRUMENTOS



Instrumentos de resinación

2. FOTOS DE LAS PARCELAS ENSAYADAS



Parcela N° 11. Forma de fuste y topografía



Parcela N° 10. Forma de fuste y topografía



Parcela N° 8. Forma de fuste y topografía

3. FOTOS DE LOS ÁRBOLES MUESTRA



Muestra N° 01.



Muestra N° 07



Muestra N° 03



Muestra N° 06

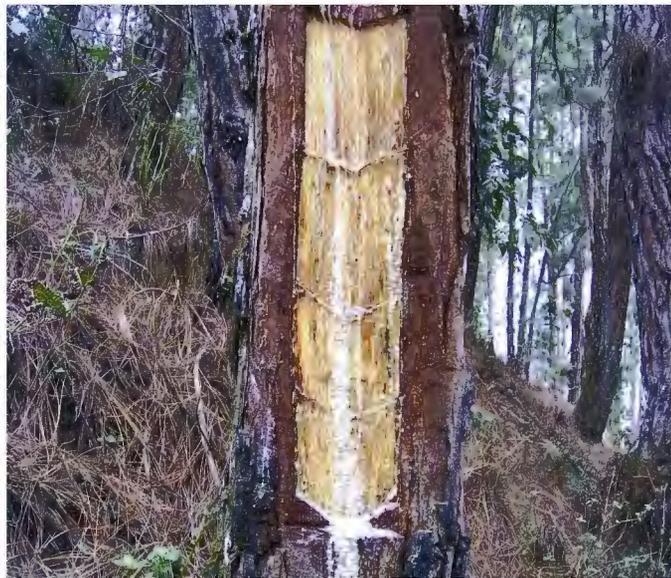


Muestra N° 16

4. FOTOS DE LOS ÁRBOLES DESPUES DE LA RESINACION



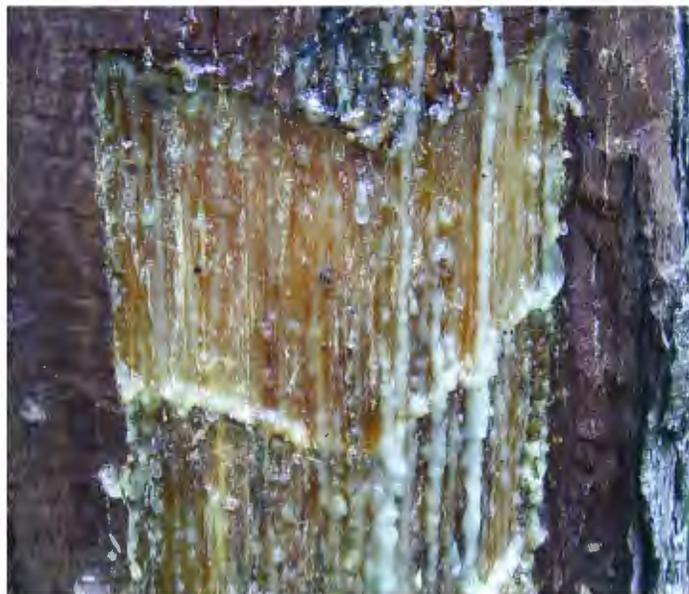
Muestra N° 06. Resinación abundante



Muestra N° 12. Superficie de resinación seca y libre de hongos



Muestra N° 15. Cara de resina seca y libre de hongos.



Muestra N° 16. Resinación activa



Muestra N° 27. Resinación activa



Muestra N° 23. Resinación activa

ANEXO 5

1. DATOS METEOROLÓGICOS

PLANILLA CLIMATOLOGICA

DEPARTAMENTO: Pasco MES: OCTUBRE 2004

PROVINCIA: Oxapampa DISTRITO: Oxapampa NUDEINFOR: Oxapampa

DIAS DEL MES	pp (mm)	Evap (mm)		TEMPERATURA DEL AIRE (°C)					HUMEDAD DEL AIRE (%)			
				MIN	HORA	MAX	HORA	PROM.	7	13	19	PROM.
1	13.5	13.6	2	14	6	18	13	16	96	80	96	90.7
2	5.2	17	3.4	13	7	19	13	16	96	70	96	87.3
3	0.4	19.2	2.2	13	7	20	13	16.5	96	80	96	90.7
4	5.9	2	2	10	23	18	16	14	100	95	100	98.3
5	6	4.2	2.2	11	6	21	13	16	100	85	100	95.0
6	11.5	6	2.8	11	24	21	13	16	100	70	100	90.0
7	-	10.4	4.4	10	5	22	13	16	100	60	100	86.7
8	0.5	16.4	6	11	6	24	13	17.5	100	60	100	86.7
9	0.3	19.2	2.8	13	4	23	13	18	100	65	100	88.3
10	10.5	19.2	-	14	5	22	16	18	100	90	100	96.7
11	1.8	4.6	4.6	14	21	22	14	18	100	70	100	90.0
12	27.4	7.8	3.2	15	7	22	13	18.5	100	80	98	92.7
13	4.2	10.6	2.8	15	7	23	13	19	100	85	98	94.3
14	13.4	13.8	3.2	14	6	20	11	17	100	90	98	96.0
15	3.6	16.4	2.6	15	7	20	16	17.5	100	90	100	96.7
16	0.6	19.2	2.8	15	7	23	13	19	100	80	100	93.3
17	-	19.2	-	14	23	24	13	19	100	80	100	93.3
18	1.5	5.2	5.2	14	7	22	13	18	100	70	98	89.3
19	24.5	10.4	5.2	14	7	24	13	19	100	60	95	85.0
20	41.2	11.4	1	13	22	18	16	15.5	100	95	100	98.3
21	0.6	15	3.6	11	24	22	14	16.5	100	85	100	95.0
22	2.7	17.8	2.8	11	6	23	13	17	100	80	100	93.3
23	8.5	19.2	1.4	13	24	22	13	17.5	100	70	100	90.0
24	0.6	19.2	-	12	6	24	13	18	100	80	100	93.3
25	3.4	5.8	5.8	14	7	24	13	19	100	65	100	88.3
26	0.3	10.2	4.4	14	7	24	13	19	100	65	95	86.7
27	6.8	11.2	1	13	23	19	13	16	100	90	100	96.7
28	1.8	14	2.8	11	23	23	14	17	100	80	100	93.3
29	-	16.8	2.8	12	6	24	14	18	100	55	95	83.3
30	0.5	19.2	2.4	12	24	25	13	18.5	100	60	95	85.0
31	2.6	19.2	-	12	6	21	11	16.5	100	95	100	98.3
SUMA	199.8	413.4	85.4	12.8	11.7	21.8	13.4	17.3	99.6	76.8	98.7	91.7

PLANILLA CLIMATOLOGICA

DEPARTAMENTO: Pasco MES: NOVIEMBRE 2004

PROVINCIA: Oxapampa

DISTRITO: Oxapampa

NUDEINFOR: Oxapampa

DIAS DEL MES	pp (mm)	Evap (mm)		TEMPERATURA DEL AIRE (°C)					HUMEDAD DEL AIRE (%)			
				MIN	HORA	MAX	HORA	PROM.	7	13	19	PROM.
1	0.5	3	3	13	21	22	13	17.5	100	80	95	91.7
2	17.5	4.8	1.8	11	24	23	13	17	100	80	100	93.3
3	1.8	8.6	3.8	11	2	23	13	17	100	65	100	88.3
4	-	12.4	3.8	12	5	22	15	17	100	80	100	93.3
5	16.7	13.8	1.4	12	24	19	15	15.5	100	80	100	93.3
6	8	16.6	2.8	13	6	21	11	17	100	95	100	98.3
7	36	16.8	0.2	12	24	15	13	13.5	100	98	100	99.3
8	-	3.8	3.8	12	24	23	13	17.5	100	75	95	90.0
9	-	7.8	4	11	5	23	13	17	98	65	95	86.0
10	-	9.6	1.8	12	4	23	14	17.5	96	55	95	82.0
11	-	14.8	5.2	14	6	25	13	19.5	96	60	95	83.7
12	19.5	18.8	4	10	24	20	15	15	96	70	95	87.0
13	-	19.2	0.4	12	6	22	14	17	95	70	95	86.7
14	-	19.2	-	13	5	23	12	18	96	70	95	87.0
15	2.1	3.4	3.4	15	7	22	13	18.5	100	70	100	90.0
16	1.2	6	2.6	14	4	22	15	18	100	85	100	95.0
17	-	9.4	3.4	14	4	22	13	18	100	75	100	91.7
18	-	14.4	5	14	24	22	13	18	100	70	100	90.0
19	-	17.2	2.8	13	5	22	13	17.5	100	70	100	90.0
20	10.2	19.2	2	13	22	20	15	16.5	100	95	100	98.3
21	0.5	19.2	-	13	5	23	13	18	100	90	100	96.7
22	0.4	3.2	3.2	15	7	19	13	17	100	60	95	85.0
23	6.8	5.6	2.4	15	6	25	13	20	100	60	98	86.0
24	2.4	11.6	6	15	6	23	13	19	100	60	98	86.0
25	2.6	15	3.4	13	6	23	15	18	100	90	98	96.0
26	3.4	18.4	3.4	14	22	24	13	19	100	80	100	93.3
27	0.6	19.2	0.8	13	4	23	13	18	100	70	95	88.3
28	0.4	19.2	-	15	7	24	13	19.5	100	70	98	89.3
29	7.2	4	4	13	24	21	16	17	100	80	90	90.0
30	3.5	6.2	2.2	13	3	20	16	16.5	100	95	95	96.7
SUMA	141.3	360.4	80.6	13	11.2	22.0	13.6	17.5	99.2	75.4	97.6	90.7

PLANILLA CLIMATOLOGICA

DEPARTAMENTO: Pasco

MES: DICIEMBRE 2004

PROVINCIA: Oxapampa

DISTRITO: Oxapampa

NUDEINFOR: Oxapampa

DIAS DEL MES	Pp (mm)	Evap (mm)		TEMPERATURA DEL AIRE (°C)					HUMEDAD DEL AIRE (%)			
				MIN	HORA	MAX	HORA	PROM.	7	13	19	PROM.
1	-	8.8	2.6	13	7	25	15	19	100	60	70	76.7
2	-	11.5	2.8	12	7	24	13	18	100	60	90	83.3
3	1.8	13.8	2.2	12	7	21	13	16.5	100	90	98	96.0
4	0.5	19	5.2	15	7	23	17	19	100	80	90	90.0
5	10.4	19.2	0.2	12	24	18	16	15	100	90	98	96.0
6	21.3	4.8	4.8	13	23	23	13	18	100	90	100	96.7
7	-	10.4	5.6	13	4	24	13	18.5	100	80	98	92.7
8	5.8	11.2	0.8	13	24	18	17	15.5	100	95	100	98.3
9	8.6	16.2	5	13	4	24	1	18.5	100	65	95	86.7
10	14.4	19	2.8	15	7	24	12	19.5	100	90	100	96.7
11	2.6	19.2	0.2	14	6	20	16	17	100	85	96	93.7
12	-	19.2	-	14	6	24	13	19	100	70	95	88.3
13	-	4.8	4.8	15	7	23	13	19	100	60	98	86.0
14	1.2	6	1.2	13	4	20	15	16.5	100	80	98	92.7
15	0.8	11.8	5.8	14	5	23	15	18.5	100	80	98	92.7
16	8.4	14.2	2.4	15	7	21	13	18	100	75	98	91.0
17	14.3	15.8	1.6	15	7	20	15	17.5	100	80	100	93.3
18	28.5	16.2	0.4	14	22	16	23	15	100	95	100	98.3
19	0.4	19.2	3	13	5	23	11	18	100	90	100	96.7
20	15	2.8	2.8	15	7	24	14	19.5	100	75	95	90.0
21	16.4	6	3.8	14	6	23	13	18.5	100	80	100	93.3
22	-	8.6	2.6	12	5	24	13	18	100	75	100	91.7
23	5.9	11.6	3	13	6	25	15	19	100	70	96	88.7
24	0.6	14.2	2.6	13	6	26	14	19.5	100	65	96	87.0
25	2.6	18.2	4	14	4	23	15	18.5	100	95	98	97.7
26	11.4	19.2	1	15	7	24	13	19.5	100	70	100	90.0
27	20.2	2	2	12	24	20	16	16	100	90	98	96.0
28	-	6.6	4.6	12	3	23	14	17.5	100	70	95	88.3
29	18.6	10.6	4	14	5	22	13	18	100	70	96	88.7
30	12.4	13.2	2.6	14	7	21	13	17.5	100	70	98	89.3
31	11.2	15.8	2.6	13	6	22	11	17.5	100	90	98	96.0
SUMA	233.3	389.1	87	13.5	8.7	22.3	14.2	17.9	100.0	78.5	96.5	91.7

PLANILLA CLIMATOLOGICA

DEPARTAMENTO: Pasco MES: ENERO 2005

PROVINCIA: Oxapampa DISTRITO: Oxapampa NUDEINFOR: Oxapampa

DIAS DEL MES	pp (mm)	Evap. (mm)		TEMPERATURA DEL AIRE (°C)					HUMEDAD DEL AIRE (%)			
				MIN	HORA	MAX	HORA	PROM.	7	13	19	PROM.
1	0.8	19.2	3.4	13	6	23	13	18	98	80	98	92.0
2	6.4	19.4	0.2	15	7	24	13	19.5	98	80	98	92.0
3	15.2	1.8	1.8	16	7	20	16	18	100	90	98	96.0
4	28.2	4.6	2.8	14	20	20	15	17	100	90	98	96.0
5	12.2	7.8	3.2	12	24	22	15	17	100	90	100	96.7
6	0.6	13.2	5.4	13	6	24	13	18.5	100	70	95	88.3
7	1.2	17.4	4.2	13	4	23	11	18	100	70	95	88.3
8	-	19.2	1.8	13	6	24	13	18.5	100	60	95	85.0
9	-	19.2	-	13	4	24	13	18.5	100	60	98	86.0
10	0.8	0.8	0.8	13	7	20	17	16.5	100	95	98	97.7
11	2.8	4.4	3.6	13	6	22	15	17.5	100	80	98	92.7
12	3.2	8.8	4.4	13	4	23	11	18	100	95	96	97.0
13	3.6	13.2	4.4	14	6	24	13	19	100	90	98	96.0
14	20.6	16.2	3	15	22	25	12	20	100	75	98	91.0
15	-	19.2	3	14	6	26	13	20	100	70	98	89.3
16	-	19.2	-	16	2	20	13	18	100	80	98	92.7
17	-	3.8	3.8	15	7	24	14	19.5	100	60	95	85.0
18	-	8.8	5	14	24	22	13	18	98	75	90	87.7
19	4.6	9.6	0.8	12	5	25	13	18.5	98	60	95	84.3
20	-	14.6	5	14	7	24	15	19	98	70	95	87.7
21	1.8	16.6	2	12	24	25	13	18.5	98	70	95	87.7
22	-	19.2	2.6	11	6	22	14	16.5	100	70	95	88.3
23	-	19.2	-	14	5	26	13	20	100	65	95	86.7
24	7.2	1.8	1.8	14	24	19	17	16.5	100	95	95	96.7
25	0.6	4.8	3	14	7	22	11	18	100	90	98	96.0
26	-	7.8	3	16	7	21	13	18.5	100	80	95	91.7
27	-	10.8	3	14	21	22	15	18	100	85	98	94.3
28	-	14.6	3.8	15	22	23	13	19	100	70	98	89.3
29	3.2	18.8	4.2	14	5	24	15	19	100	80	95	91.7
30	1.4	19.2	1.4	16	7	22	15	19	100	80	98	92.7
31	3.3	2.8	2.8	15	7	24	12	19.5	100	70	98	89.3
SUMA	117.7	376	84.2	13.9	10.2	22.9	13.6	18.4	99.6	77.3	96.6	91.2

PLANILLA CLIMATOLOGICA

DEPARTAMENTO: Pasco MES: FEBRERO 2005

PROVINCIA: Oxapampa DISTRITO: Oxapampa NUDEINFOR: Oxapampa

DIAS DEL MES	pp (mm)	Evap. (mm)		TEMPERATURA DEL AIRE (°C)					HUMEDAD DEL AIRE (%)			
				MIN	HORA	MAX	HORA	PROM.	7	13	19	PROM.
1	28.2	5.2	2.4	15	7	22	11	18.5	100	75	100	91.7
2	5.1	9.2	4	14	24	20	14	17	100	85	98	94.3
3	2.2	12.2	3	14	7	18	13	16	100	95	100	98.3
4	-	14.6	2.4	14	21	23	15	18.5	100	70	95	88.3
5	-	18.4	3.8	13	2	23	14	18	100	70	95	88.3
6	-	19.2	0.8	14	6	24	13	19	100	60	90	83.3
7	7.9	3.2	3.2	14	7	22	11	18	100	90	98	96.0
8	27.2	5.6	2.4	15	7	19	13	17	100	90	98	96.0
9	11.4	10.4	4.8	14	7	20	13	17	100	85	98	94.3
10	3.2	13	2.6	14	6	21	13	17.5	100	80	98	92.7
11	3.2	17	4	15	7	21	14	18	100	90	96	95.3
12	5.8	19.2	2.2	14	7	21	14	17.5	100	80	98	92.7
13	4.6	19.2	-	14	6	22	13	18	100	80	98	92.7
14	-	4.2	4.2	15	7	23	13	19	100	70	98	89.3
15	9.8	7.4	3.2	14	4	22	14	18	100	80	98	92.7
16	-	12	4.6	15	22	24	13	19.5	100	70	98	89.3
17	5.4	13.6	1.6	14	5	21	13	17.5	100	80	100	93.3
18	0.6	17.4	3.8	13	24	18	13	15.5	100	85	100	95.0
19	7.5	18.6	1.2	13	4	18	15	15.5	100	85	100	95.0
20	2.3	19.2	0.6	13	6	19	16	16	100	95	100	98.3
21	0.5	3.6	3.6	13	24	22	13	17.5	100	90	100	96.7
22	0.2	6.6	3	13	2	23	14	18	100	75	98	91.0
23	3.8	7.8	1.2	15	7	24	13	19.5	100	80	98	92.7
24	10.4	12	4.2	14	4	24	15	19	100	60	98	86.0
25	3.4	16.4	4.4	14	24	24	13	19	100	80	98	92.7
26	6.7	19.2	2.8	15	6	23	13	19	100	90	100	96.7
27	-	19.2	-	14	24	25	13	19.5	100	70	98	89.3
28	-	3.4	3.4	15	7	23	16	19	100	80	95	91.7
SUMA	149.4	347	77.4	14.1	10.1	21.8	13.5	17.9	100.0	80.0	97.9	92.6

PLANILLA CLIMATOLOGICA

DEPARTAMENTO: Pasco MES: MARZO 2005

PROVINCIA: Oxapampa DISTRITO: Oxapampa NUDEINFOR: Oxapampa

DIAS DEL MES	pp (mm)	Evap. (mm)		TEMPERATURA DEL AIRE (°C)					HUMEDAD DEL AIRE (%)				
				MIN	HORA	MAX	HORA	PROM.	7	13	19	PROM.	
1	0.6	6.2	2.8	14	6	23	15	18.5	100	80	95	91.7	
2	4.8	9.8	3.6	14	6	25	12	19.5	100	80	98	92.7	
3	1.2	11.2	1.4	15	7	19	15	17	100	95	100	98.3	
4	4.6	14.6	3.4	14	6	24	15	19	100	90	100	96.7	
5	-	18.6	4	13	5	25	15	19	100	60	95	85.0	
6	2.2	19.2	0.6	13	24	20	11	16.5	100	90	98	96.0	
7	0.5	2.4	2.4	13	7	23	13	18	100	70	100	90.0	
8	0.6	4.8	2.4	13	7	24	15	18.5	100	90	100	96.7	
9	3.4	8.6	3.8	13	6	24	13	18.5	100	80	98	92.7	
10	21.4	11.2	2.6	14	7	23	13	18.5	100	80	98	92.7	
11	2.3	15.8	4.6	13	6	24	15	18.5	100	95	100	98.3	
12	-	18.2	2.4	14	7	23	13	18.5	100	80	98	92.7	
13	26.5	19.2	1	13	7	24	13	18.5	100	80	98	92.7	
SUMA	68.1	159.8	35	13.5	7.8	23.2	13.7	18.3	100.	0	82.3	98.3	93.5

2. NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS

Plot the pH against the added volume of acid, expressed in millilitres, determine the inflection point to the nearest 0.1 ml and record this as the end-point.

Make a blank determination. Instead of the sample solution, use 50.0 ml of the ethanolic potassium hydroxide solution; otherwise follow the procedure described above.

Calculation and report

Carry out two determinations and calculate the saponification number from the expression:

$$X = \frac{56.1 m (b - a)}{c}$$

where

a = the volume of hydrochloric acid consumed in titration of the sample, ml

b = the volume of hydrochloric acid consumed in titration of the blank, ml

c = the amount of sample taken, calculated on a water-free basis, g (Note 3)

m = the molarity of the hydrochloric acid

X = the saponification number.

Calculate the mean and report it to the nearest integer (Note 4).

Additional information

This method is based on ASTM D 803 (1) and should give equivalent results.

Note 1

The shelf-life of the ethanolic potassium hydroxide solution depends on the purity of the ethanol used in its preparation.

Note 2

Dissolve samples of tall oil pitch and tall oil resin in a small volume of a mixture of equal volumes of toluene and either methanol or ethanol.

Note 3

Determine the water content of tall oil samples according to SCAN-T 1.

Note 4

Results of duplicate determinations of the saponification number may differ by 0.6 unit for distilled tall oil, tall oil resin, tall oil fatty acids and tall light oil and by 1 unit for crude tall oil and tall oil pitch. Results from different laboratories may be expected to agree within 1 and 2 units, respectively.

Literature

1. American Society for Testing and Materials. 1971 Book of ASTM Standards. ASTM Designation: D 803-65, Part 20, pp 369-370.

This method has been published in:

- Norsk Skogindustri 26 (1972):4, 103-108. (English, Norwegian).
 Papperi ja Puu - Papper och Trä 64 (1972):4, 277-282. (English, Finnish, Swedish)
 Svensk Papperstidning 75 (1972):7, 263-274. (English)
 Svensk Papperstidning 73 (1972):8, 329-330. (Swedish)

SCAN testing methods are issued and recommended by the Central Laboratories of the Pulp, Paper and Board Industries in Denmark, Finland, Norway and Sweden. Distribution: Secretariat, Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, Box 5604, S-114 86 Stockholm, Sweden.

out splashing. Record the initial pH and add portions of the potassium hydroxide solution; after each portion allow the pH to stabilize and record it and the burette reading. Add 3 ml portions until the pH is about 8, then 1 ml portions until the change in pH exceeds 0.3 unit, and continue with 0.1 ml portions. At the equivalence point, usually near pH 11, the readings may be unstable; if they do not stabilize within a few minutes, add another 0.1 ml portion from the burette. When the equivalence point has been passed, increase the additions in the reverse order. End the titration at pH 12 or above. Plot the pH against the added volume of potassium hydroxide, expressed in millilitres, determine the inflection point to the nearest 0.1 ml and record this as the end-point. Calculate the molarity of the potassium hydroxide solution from the expression:

$$m = \frac{a}{204.2 b}$$

where

a = amount of potassium hydrogen phthalate, mg.
 b = volume of potassium hydroxide solution consumed at the end point, ml.
 m = molarity of the potassium hydroxide solution.

The molecular weight of potassium hydrogen phthalate is 204.2. Since the potassium hydroxide solution deteriorates on storing, check its molarity frequently and do not use molarity values more than one week old.

Procedure

Shake the sample bottle and weigh ca. 4 g of the contents, to the nearest milligramme, into a 250 ml beaker. If the sample consists of crude tall oil or if there is reason to believe that it contains more than a trace of water, weigh another sample for determination of the water content as described in SCAN-T 7.

Add 100 ml of ethanol to the beaker and stir to dissolve the sample. (Dissolve samples of tall oil pitch and tall oil rosin in a small amount of a mixture of equal volumes of toluene and either ethanol or methanol.) If necessary, apply heat. Allow the solution to attain room temperature before titration. Titrate with the standardized potassium hydroxide solution and determine the end-point as described under "Standardization of the potassium hydroxide solution".

This method has been published in:

Norsk Skogindustri 26(1972):3, 73—76. (English, Norwegian)
 Papperi ja Puu — Papper och Trä 54(1972):3, 110—111, 113—116. English, Finnish, Swedish
 Svensk Papperstidning 75(1972):6, 217—220. (English, Swedish)

Calculation and report

Carry out two determinations and calculate the acid number from the expression

$$X = \frac{56.1 c m}{d}$$

where

c = the volume of potassium hydroxide solution consumed in the titration of the sample, ml.
 d = the amount of sample taken, calculated on a water-free basis, g.
 m = the molarity of the potassium hydroxide solution.
 X = the acid number.

Calculate the mean and report it to the nearest integer (Note 4).

Additional information

This method is based on ASTM D 803 (1) and should give equivalent results.

Note 1

If the sample contains appreciable amounts of rosin acid anhydrides, which may be produced in the distillation of the tall oil, the acid number will be somewhat lower than if these anhydrides were present as acids.

Note 2

The shelf-life of the ethanolic potassium hydroxide solution depends on the purity of the ethanol used in its preparation.

Note 3

pH of the buffer solutions at various temperatures:

Temperature °C	10	20	25	30
pH of borax buffer	9.232	9.225	9.189	9.139
pH of carbonate buffer	10.178	10.063	10.013	9.967

Note 4

Results of replicate determinations of the acid number may differ by 0.6 unit for distilled tall oil, tall oil rosin, tall oil fatty acids and tall light oil and by 1 unit for crude tall oil and tall oil pitch. Results from different laboratories may be expected to agree within 1 and 2 units, respectively.

Literature

1. American Society for Testing and Materials, 1969 Book of ASTM Standards, ASTM Designation: D 803-66, Part 20, pp. 370—371.

SCAN testing methods are issued and recommended by the Central Laboratories of the Pulp, Paper and Board Industries in Denmark, Finland, Norway and Sweden. Distribution: Secretariat, Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, Box 5603, S-114 86 Stockholm, Sweden.

Assumed water content %	Sample size ml
Less than 0.2	25
0.2—2.5	10
2.5—10	Corresponding to maximum 180 mg of water

Cool the flask in ice water. Titrate while stirring to a colour change from yellow to orange-red, and denote the consumed amount of Karl Fisher reagent as c ml.

Calculation and report

Carry out two determinations and calculate as follows:

$$X = b c / 10 v d$$

where

b = amount of water corresponding to 1.00 ml of Karl Fisher reagent, mg/ml.

c = volume of Karl Fisher reagent consumed, ml.

v = volume of the sample, ml.

d = density of the sample, g/cm³, determined in accordance with SCAN-T 2.

X = traces of water, %.

Report the result to the second decimal place.

The number of samples to be tested, may be calculated as described in SCAN-G 2, Section: "Number of observations", or may be governed by trade or other agreements.

This method has been published in:

Norsk Skogindustri 20 (1965): 11, 479—482 (English and Norwegian)

Paperi ja Puu — Papper och Trä 48 (1966): 11, 711—716 (English, Finnish, Swedish)

Svensk Papperstidning 69 (1966): 21, 746—749 (Swedish and English)

Additional information

This method is essentially equivalent to ASTM D 1364 - 64 (3) except that the ASTM method prescribes a Karl Fisher reagent equivalent 6 mg of water per millilitre. The two methods should give equivalent results.

Note 1

For the light-coloured samples within the scope of this method the end point can be detected by the colour change, but if equipment for indicating the end point by electric depolarization is available the "dead stop" method (1) may be used. For dark samples the "dead stop" method is to be preferred.

Literature

1. «Vattenbestämning enligt Karl Fisher». Edited by AF Pharmacia, Uppsala, 1957.
2. Sveriges Standardiseringskommission: SIS 16 00 2: «Bestämning av vattenhalt enl. Fisher-Johansson metod».
3. American Society for Testing and Materials: 196 Book of ASTM Standards, part 20, p. 612.
4. American Oil Chemists' Society: AOCs Tentativ Method Ca 2c — 55 rev. 1959.

Table 985.10 Density (g/mL) of H₂O at Different Temperatures (°C)

Temperature	Density	Temperature	Density	Temperature	Density
15	0.99913	32	0.99505	49	0.98852
16	0.99897	33	0.99473	50	0.98807
17	0.99880	34	0.99440	51	0.98762
18	0.99862	35	0.99408	52	0.98715
19	0.99843	36	0.99371	53	0.98669
20	0.99823	37	0.99338	54	0.98621
21	0.99802	38	0.99299	55	0.98573
22	0.99780	39	0.99262	56	0.98525
23	0.99757	40	0.99225	57	0.98475
24	0.99733	41	0.99186	58	0.98425
25	0.99707	42	0.99147	59	0.98376
26	0.99681	43	0.99107	60	0.98324
27	0.99654	44	0.99068	61	0.98272
28	0.99626	45	0.99024	62	0.98220
29	0.99597	46	0.98982	63	0.98167
30	0.99568	47	0.98940	64	0.98113
31	0.99537	48	0.98896	65	0.98059

where W and W' = weight (g) of pycnometer empty and filled with sample; V_T = volume of pycnometer (mL) at temperature T .

If volume of fat is measured at temperature T' close to T :

$$D_T \text{ (g/mL)} = D_{T'} \text{ (g/mL)} + 0.00068(T' - T)$$

where correction coefficient 0.00068 is approximate (if actual coefficient for sample is known, it should be used).

(b) Calculate specific gravity (specific gravity_T) of sample at temperature T as follows:

$$\text{specific gravity}_T = D_T/d_{H_2O,T}$$

where D_T = weight per unit volume (g/mL) of sample at T and $d_{H_2O,T}$ = density of H₂O at T (from Table 985.19).

If sample and H₂O are weighed in same pycnometer, at same temperature (T),

$$\text{specific gravity}_T = W_{\text{sample}}/W_{H_2O}$$

Repeatability.—Difference between results of 2 determinations done simultaneously or in quick succession by same analyst should not exceed 2 units of 4th decimal place.

References: "Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats, and Derivatives," 6th ed., 1979, Pergamon Press, New York, NY, 2.101. J.K. Taylor in "Treatise on Analytical Chemistry," I.M. Kolthoff & P.J. Elving (Eds), 1967, Interscience Publishers, New York, NY, Part I, Sec. D-4, Volume 7, Chap. 81, "Measurement of Density and Specific Gravity," pp. 4561-4610.

41.1.07

AOAC Official Method 921.08

Index of Refraction
of Oils and Fats

Final Action

A. General Directions

Determine index of refraction (n) with any standard instrument, reading oils at 20 or 25° and fats at 40°. Place instrument so that

diffused daylight or some form of artificial light such as Na vapor lamp can be used for illumination. Circulate stream of constant temperature ($\pm 0.2^\circ$) H₂O through prisms. Approximate temperature corrections of butyrefractometer readings may be made by following formula:

$$R = R' + K(T' - T)$$

where R = reading reduced to standard temperature, R' = reading obtained at temperature T' , T = standard temperature, and $K = 0.55$ for fats and 0.58 for oils.

Readings of instruments that give n directly can be reduced to standard temperature by substituting factor 0.000365 for 0.55 and 0.000385 for 0.58 in formula. As temperature rises, n falls. Instrument used may be standardized with H₂O at 20°, theoretical n of H₂O at that temperature being 1.3330. Any correction found should be made on all readings. Index of refraction varies with density and in same direction.

B. By Abbé Refractometer

To charge instrument, open double prism by means of screw head and place few drops sample on prism or, if preferred, open prisms slightly by turning screw head and pour few drops sample into funnel-shape aperture between prisms. Close prisms firmly by tightening screw head. Let instrument stand few min before reading, so that temperature of sample and instrument will be same. Clean prisms between readings by wiping off oil with soft cloth, then with cotton pad moistened with solvent (e.g., dichloroethylene, toluene, or petroleum ether), and let dry.

Method of measurement is based upon observation of position of border line of total reflection in relation to faces of flint glass prism. Bring this border line into field of vision of telescope by rotating double prism by means of alidade in following manner: Hold sector firmly and move alidade backward or forward until field of vision is divided into light and dark portion. Line dividing these portions is "border line," and, as a rule, will not be sharp line but band of color. Colors are eliminated by rotating screw head of compensator until sharp, colorless line is obtained. Adjust border line so that it falls on point of intersection of cross hairs. Read n of substance directly on scale of sector, estimating 4th decimal place. Take ≥ 3 readings, approaching intersection alternately from one field to other, and average. Range of readings should be ≤ 0.0002 . Check correctness of instrument as in 921.08A, or with quartz plate that accompanies it, using monobromonaphthalene, ($n_D^{20} = 1.6587$), and make necessary correction in reading.

C. By Zeiss Butyrefractometer

Place 2 or 3 drops filtered sample on surface of lower prism. Close prisms and adjust mirror until it gives sharpest reading. If reading is indistinct after running constant temperature H₂O through instrument for some time, sample is unevenly distributed on prism surfaces. As n is greatly affected by temperature, use care to keep temperature constant. Carefully adjust instrument, using standard fluid supplied with it. Convert instrument reading to n from Table 921.08.

References: Lewkowitch, "Chemical Technology and Analysis of Oils, Fats and Waxes," 6th ed., 1, 312(1921). J. Soc. Chem. Ind. 26, 512(1907). JAOAC 48, 128(1965).

SAPONIFICATION NUMBER OF TALL OIL

Definition

The saponification number of tall oil is the number of milligrammes of potassium hydroxide required to saponify the esters present in one gramme of the oil.

Scope

This method applies to crude and distilled tall oil, tall oil rosins, tall oil fatty acids, tall light oil and tall oil pitch.

Apparatus

1. A pH-meter, with an alkali-resistant glass electrode and a saturated calomel reference electrode, readable to the nearest 0.05 pH unit. The pH meter should be calibrated and checked as described in SCAN-T 11.
2. A mechanical stirrer with a glass propeller-type paddle, or a magnetic stirrer with a coated magnet.
3. Burette, 50 ml, with 0.1 ml divisions. An automatic burette should be protected by means of soda-lime tubes against absorption of atmospheric carbon dioxide.
4. Erlenmeyer flasks, capacity 250 ml, with ground stoppers — for example, standard taper No. 34.
5. Condenser, water cooled, with a joint to fit the Erlenmeyer flasks.

Reagents

1. Ethanol, C_2H_5OH , 95 %, of highest purity (Note 1).

2. Ethanolic potassium hydroxide solution, 0.5 M. Dissolve 33 g of KOH pellets in ca. 30 ml of distilled water and dilute to 1 litre with ethanol. Standardize the ethanolic potassium hydroxide solution as described in SCAN-T 11.
3. Hydrochloric acid, 0.5 M, standardized, molar known to the nearest 0.001 M.

Procedure

Shake the sample bottle and weigh into an Erlenmeyer flask 2.95 to 3.05 g of the contents, to the nearest milligramme (Notes 2 and 3). Add 50.0 ml of the ethanolic potassium hydroxide solution and connect the flask to the condenser. Heat to boil in a water-bath and reflux for 30 min. Cool the mixture and transfer it without delay to a 300 ml beaker using a total of 100 ml of ethanol for at least 5 rinsings.

Ensure that the pH meter is in calibration; rinse the electrodes first with distilled water and then with a mixture of 15 ml of distilled water and 100 ml of ethanol.

Fill a burette with the 0.5 M hydrochloric acid. Place the beaker so that the burette tip is close to the surface of the solution. Immerse the electrode in the solution, switch on the stirrer, and adjust to mix well without splashing. Record the initial pH and add portions of acid; after each addition allow the pH to stabilize and record it and burette reading. Add 5 ml portions until the pH is about 10; then 1 ml portions until the change in pH exceeds 0.3 unit, and continue with 0.1 ml portions, until the equivalence point has been passed — this is indicated by a significant decrease in the change in pH per unit volume of acid added. Increase the additions in the reverse order, and end the titration at pH 8 or below.