

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Influencia de tres variables en la
obtención y propiedades físico-
químicas de la oleorresina del *Pinus
tecunumanii***

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

María Luisa Angelita Espinoza Ortega

Lima – Perú
2005

RESUMEN

En el presente estudio se procedió a determinar la influencia de tres variables; clase diamétrica, altura de la línea base y orientación de las caras con respecto al sol, en la obtención de oleorresina del *Pinus tecunumanii* proveniente de la provincia de Oxapampa, región de Pasco, aplicando el sistema de pica de corteza ascendente con ácido sulfúrico al 70% como estimulante; una vez obtenida se evaluó el rendimiento y posteriormente se sometió a pruebas físico-químicas como color, contenido de humedad, densidad aparente, índice de refracción, porcentaje de cenizas, índice de acidez e índice de saponificación.

Se utilizó un diseño experimental 3^3 , a fin de evaluar a través de superficies de respuestas el efecto de éstas 3 variables o factores experimentales, considerándose para cada uno 3 niveles: clase diamétrica (30-40, 40-50 y 50-60 cm); altura de la línea base (40, 55 y 70 cm) y orientación de las caras con respecto al sol (90° , 180° y 270°), analizándose posteriormente la influencia de éstas sobre los valores obtenidos en los ensayos físico-químicos.

En el análisis de los resultados, se encontró una influencia altamente significativa de la variable orientación de las caras con respecto al sol para la prueba de color de la oleorresina, cuyos valores obtenidos variaron entre $5y/8/2$ - $5y/8/4$, ésta variable también tuvo una influencia significativa sobre el contenido de humedad, el cual presentó una media de 6,10 %, y sobre el índice de saponificación presentando un valor promedio de 197,15 (ml/g). Asimismo, se encontró una influencia significativa del efecto combinado de la clase diamétrica y la orientación de las caras con respecto al sol para el rendimiento, teniéndose un valor promedio de 255,7 g/árbol, así como para las pruebas de índice de refracción con un índice promedio de 1,52 N y para el contenido de humedad; otro efecto combinado se dio entre las variables: altura de la línea base y orientación de las caras con respecto al sol, en donde se obtuvo una influencia significativa en la prueba de índice de acidez con promedio de 227,37 (ml/g). Por otro lado, la prueba de densidad aparente con un valor medio de 0,99 g/ml y la prueba de porcentaje de cenizas con una media de 0,19 %, no mostraron influencia de ninguna de las tres variables estudiadas.

INDICE

	Página
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
INDICE	VI
LISTA DE CUADROS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 DESCRIPCION DE LA ESPECIE " <i>PINUS TECUNUMANI</i> "	3
2.1.1 <i>EVOLUCION Y DISTRIBUCION</i>	3
2.1.2 <i>VARIACION DE PROCEDENCIAS</i>	5
2.1.3 <i>DENDROLOGIA DEL PINUS TECUNUMANI</i>	5
2.1.4 <i>ECOLOGIA DE LA ESPECIE</i>	7
2.1.5 <i>USOS TRADICIONALES Y EN DIVERSAS INDUSTRIAS</i>	7
2.2 GENERALIDADES DE LA RESINA	8
2.2.1 <i>FAMILIAS ARBOREAS CON APTITUDES RESINERAS</i>	8
2.2.2 <i>DEFINICION DE RESINA DE PINO</i>	9
2.2.3 <i>RELACION ENTRE ACEITES ESENCIALES Y FORMACION DE RESINA</i>	11
2.2.4 <i>FUENTES PRODUCTORAS DE RESINA</i>	12
2.2.5 <i>CLASIFICACION DE LA RESINA</i>	13
2.2.6 <i>COMPONENTES DE LA OLEORRESINA</i>	14
2.2.7 <i>PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA OLEORRESINA</i>	21
2.2.8 <i>USOS DE LA OLEORRESINA</i>	22
2.2.9 <i>PRODUCCION DE LA OLEORRESINA</i>	24
2.3 RESINACION	27
2.3.1 <i>DEFINICION</i>	27
2.3.2 <i>MODALIDADES DE RESINACION</i>	29
2.3.3 <i>SISTEMAS DE RESINACION</i>	30
2.3.4 <i>RECOMENDACIONES TECNICAS DE UN SISTEMA DE RESINACION</i>	32
2.3.5 <i>PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DE LA OLEORRESINA</i>	33
2.4 SISTEMA DE PICA DE CORTEZA ASCENDENTE CON ESTIMULANTE	39
3. MATERIALES Y METODOS	42
3.1 AREA DE ESTUDIO	42
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	42
3.2.1 <i>MATERIA PRIMA</i>	42
3.2.2 <i>MATERIALES</i>	42
3.2.3 <i>EQUIPOS</i>	43
3.2.4 <i>REACTIVOS QUIMICOS</i>	44
3.3 METODOLOGIA	45
3.3.1 <i>METODO DE RESINACION</i>	45
3.3.2 <i>ELECCION DE VARIABLES</i>	45
3.3.3 <i>OBTENCION DE LA OLEORRESINA</i>	46
3.4 VARIABLES RESPUESTA	50
3.4.1 <i>RENDIMIENTO</i>	50
3.4.2 <i>PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA OLEORRESINA</i>	50
3.5 DISEÑO ESTADISTICO	55

4. RESULTADOS Y DISCUSION	58
4.1 EVALUACION DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES: CLASE DIAMETRICA, ORIENTACION DE LAS CARAS CON RESPECTO AL SOL Y ALTURA DE LA LINEA BASE EN FUNCION DE LAS VARIABLES RESPUESTA	58
4.1.1 INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE LA OLEORRESINA.....	58
4.1.2 INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA OLEORRESINA	60
4.2 INFLUENCIA DEL SISTEMA DE RESINACION APLICANDO ESTIMULANTE	74
5. CONCLUSIONES	76
6. RECOMENDACIONES.....	77
ANEXO 1	85
1.1 IMPORTACIONES DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES POR PRODUCTO EN EL AÑO 2003	85
1.2 IMPORTACIONES DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES POR PAIS EN EL AÑO 2003	86
ANEXO 2	87
PLAN DEL ENSAYO DE INTRODUCCION DEL PINUS PATULA SSP. TECUNUMANII EN LA PROVINCIA DE OXAPAMPA..	87
ANEXO 3	90
3.1 PLANTILLAS CLIMATOLOGICAS DEL MES DE ENERO DEL AÑO 2005	90
3.2 PLANTILLAS CLIMATOLOGICAS DEL MES DE FEBRERO DEL AÑO 2005	91
3.3 PLANTILLAS CLIMATOLOGICAS DEL MES DE MARZO DEL AÑO 2005	92
3.4 CLIMATOGRAMA DURANTE LOS CUARENTA DIAS DEL PERIODO RESINERO	93
ANEXO 4	94
4.1 DETERMINACION DEL RENDIMIENTO EN LA OLEORRESINA	94
4.2 DETERMINACION DEL COLOR DE LA OLEORRESINA	95
4.3 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA OLEORRESINA	96
4.4 DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE DE LA OLEORRESINA	97
4.5 DETERMINACION DEL INDICE DE REFRACCION DE LA OLEORRESINA	98
4.6 DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE CENIZAS EN LA OLEORRESINA	99
4.7 DETERMINACION DEL INDICE DE ACIDEZ DE LA OLEORRESINA	100
4.8 DETERMINACION DEL INDICE DE SAPONIFICACION DE LA OLEORRESINA	101
ANEXO 5	102
5.1 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCIA DE LA VARIABLE RESPUESTA RENDIMIENTO	102
5.1.1 <i>Análisis sin discriminar el p-value</i>	102
5.1.2 <i>Análisis Discriminando el p- value (p < 0,05)</i>	103
5.2 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCIA DE LA VARIABLE RESPUESTA COLOR	104
5.2.1 <i>Análisis sin discriminar el p-value</i>	104
5.2.2 <i>Análisis Discriminando el p- value (p < 0,05)</i>	105
5.3 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCIA DE LA VARIABLE RESPUESTA CONTENIDO DE HUMEDAD.....	106
5.3.1 <i>Análisis sin discriminar el p-value</i>	106
5.3.2 <i>Análisis Discriminando el p- value (p < 0,05)</i>	107
5.4 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCIA DE LA VARIABLE RESPUESTA DENSIDAD APARENTE	108
5.4.1 <i>Análisis sin discriminar el p-value</i>	108
5.4.2 <i>Análisis Discriminando el p- value (p < 0,05)</i>	109
5.5 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCIA DE LA VARIABLE RESPUESTA INDICE DE REFRACCION.....	110
5.5.1 <i>Análisis sin discriminar el p-value</i>	110
5.5.2 <i>Análisis Discriminando el p- value (p < 0,05)</i>	111
5.6 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCIA DE LA VARIABLE RESPUESTA PORCENTAJE DE CENIZAS	112

5.6.1	<i>Análisis sin discriminar el p-value</i>	112
5.6.2	<i>Análisis Discriminando el p- value (p < 0,05)</i>	113
5.7	ANÁLISIS DE REGRESION Y DE VARIANCIA DE LA VARIABLE RESPUESTA INDICE DE ACIDEZ.....	114
5.7.1	<i>Análisis sin discriminar el p-value</i>	114
5.7.2	<i>Análisis Discriminando el p- value (p < 0,05)</i>	115
5.8	ANÁLISIS DE REGRESION Y DE VARIANCIA DE LA VARIABLE RESPUESTA INDICE DE SAPONIFICACION.....	116
5.8.1	<i>Análisis sin discriminar el p-value</i>	116
5.8.2	<i>Análisis Discriminando el p- value (p < 0,05)</i>	117
ANEXO 6		118
DETERMINACION DE LAS PRUEBAS DE DENSIDAD APARENTE Y CONTENIDO DE CENIZAS DE LA MADERA Y CORTEZA DEL PINUS TECUNUMANII		118
ANEXO 7		119
DETERMINACION DE LAS PRUEBAS FISICO-QUIMICAS DE LAS OLEORRESINAS SIN ESTIMULANTE		119
7.1	CARACTERISTICAS DE LA OLEORRESINA CONTROL.....	119
7.2	PROPIEDADES FISICAS	119
7.3	PROPIEDADES QUIMICAS	119
ANEXO 8		120
FOTOTECA		120
8.1	FUNDO IDEAL -OXAPAMPA	120
8.2	TRABAJO DE CAMPO EN EL FUNDO IDEAL	121

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1 PRINCIPALES FAMILIAS ARBÓREAS CON ESPECIES RESINOSAS Y SU DISTRIBUCIÓN POR ZONAS ECOLÓGICAS	8
CUADRO 2 CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS NATURALES Y SUS PRINCIPALES COMPONENTES	14
CUADRO 3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA TREMENTINA	16
CUADRO 4 ESPECIFICACIONES DE LA TREMENTINA	18
CUADRO 5 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA COLOFONIA	20
CUADRO 6 ESPECIFICACIONES DE CLASIFICACIÓN DE LA COLOFONIA	21
CUADRO 7 RANGO DE VALORES DE PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS PROMEDIO DE 35 OLEORRESINAS DE VARIOS ORÍGENES.....	22
CUADRO 8 PRINCIPALES USOS DE LA TREMENTINA Y LA COLOFONIA	23
CUADRO 9 PRODUCCIÓN MUNDIAL Y EXPORTACIONES DE OLEORRESINA, COLOFONIA Y TREMENTINA (EN 1.000 TONELADAS) PARA DIFERENTES PAÍSES Y EN ALGUNOS AÑOS DE LA DÉCADA DE 1990.....	24
CUADRO 10 ESPECIES DE PINOS QUE SON COMERCIALMENTE IMPORTANTES COMO FUENTE DE OLEORRESINA	25
CUADRO 11 PRECIOS DE LA OLEORRESINA (FOB) EN DÓLARES AMERICANOS (BASE 1995) US \$/T.	26
CUADRO 12 CÁLCULO DEL NÚMERO DE CARAS RESINERAS	28
CUADRO 13 CÁLCULO DEL ÁREA DE RESINACIÓN CON RESPECTO AL DIÁMETRO	28
CUADRO 14 MATRIZ ESTADÍSTICA PARA LA RESINACIÓN DE 27 ÁRBOLES DE <i>PINUS TECUNUMANII</i> EN LA PROVINCIA DE OXAPAMPA.....	45
CUADRO 15 MATRIZ ESTADÍSTICA CON LOS VALORES TRANSFORMADOS PARA LA RESINACIÓN DE 27 ÁRBOLES DE <i>PINUS TECUNUMANII</i>	57

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1	DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL <i>PINUS TECUNUMANII</i>4
FIGURA 2	MUESTRA BOTÁNICA DEL <i>PINUS TECUNUMANII</i>6
FIGURA 3	ANATOMÍA DE LA MADERA DEL GÉNERO PINUS.10
FIGURA 4	CORTE TRANSVERSAL DE CANAL RESINÍFERO DE PINO.11
FIGURA 5	APARIENCIA DE LA TREMENTINA.16
FIGURA 6	APARIENCIA DE LA COLOFONIA.....19
FIGURA 7	DIAGRAMA DEL SISTEMA CAJETE O CAJA.....30
FIGURA 8	DIAGRAMA DEL SISTEMA DE CROTT.....31
FIGURA 9	DIAGRAMA DEL SISTEMA DE ESPINA DE PESCADO O AMERICANO.32
FIGURA 10	DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE UNA PICA38
FIGURA 11	DISPOSICIÓN DE PICAS EN EL ÁRBOL, CON SUS ESPECIFICACIONES.....47
FIGURA 12	DIAGRAMA DEL PROCESO DE RESINACIÓN.....49
FIGURA 13	SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO, EN RELACIÓN A LA ORIENTACIÓN DE LAS CARAS CON RESPECTO AL SOL Y A LA CLASE DIAMÉTRICA.....59
FIGURA 14	SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL COLOR, EN RELACIÓN CON LA ORIENTACIÓN DE LAS CARAS CON RESPECTO AL SOL Y LA CLASE DIAMÉTRICA.....61
FIGURA 15	SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD, EN RELACIÓN A LA CLASE DIAMÉTRICA Y A LA ORIENTACIÓN DE LAS CARAS CON RESPECTO AL SOL.....63
FIGURA 16	SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LA DENSIDAD APARENTE, EN RELACIÓN A LA CLASE DIAMÉTRICA Y A LA ORIENTACIÓN DE LAS CARAS CON RESPECTO AL SOL.....64
FIGURA 17	MUESTRA DE OLEORRESINA CON PRESENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS66
FIGURA 18	SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN, EN RELACIÓN A LA CLASE DIAMÉTRICA Y A LA ORIENTACIÓN DE LAS CARAS CON RESPECTO AL SOL.....68
FIGURA 19	SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS CENIZAS, EN RELACIÓN A LA ORIENTACIÓN DE LAS CARAS CON RESPECTO AL SOL Y A LA ALTURA DE LA LÍNEA BASE.....69
FIGURA 20	SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL ÍNDICE DE ACIDEZ, EN RELACIÓN A LA ORIENTACIÓN DE LAS CARAS CON RESPECTO AL SOL Y A LA ALTURA DE LA LÍNEA BASE.....71
FIGURA 21	SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN, EN RELACIÓN A LA ORIENTACIÓN DE LAS CARAS CON RESPECTO AL SOL Y A LA ALTURA DE LA LÍNEA BASE.....73
FIGURA 22	CROQUIS DE UBICACIÓN DEL FUNDO IDEAL88

1. INTRODUCCION

El Ministerio de Agricultura define a los productos forestales no maderables (PFNM) como todos aquellos bienes de consumo derivados de los ecosistemas forestales, excluyendo aquellos procedentes de la madera o de la corta de árboles, estos productos presentan un escaso nivel de transformación, básicamente son de recolección, y en muchos casos sin una posterior reposición y/o manejo de los recursos. Amplios sectores de la población rural los considera en su dieta de consumo, como fuente de recursos para alimento de su ganado o generación de mano de obra familiar.

Uno de los productos forestales no maderables de importancia en el mercado internacional es la resina, que como tal, se encuentra en los canales resinosos y es obtenida mediante un proceso de resinación. Este procedimiento consiste en hacerle una herida al árbol hasta llegar a la zona del cambium, permitiendo el flujo de esta sustancia, obteniendo así la resina bruta u oleoresina. Este producto bruto, sin ningún tratamiento, es llevado a las plantas transformadoras, en donde se fracciona en trementina y colofonia para satisfacer la demanda de las industrias de jabones, papel, pintura y barnices. Asimismo, también se utilizan los productos derivados para satisfacer necesidades en las industrias química y farmacéutica: betún y materiales relacionados, adhesivos y plásticos, aceites y grasas, caucho, tintas para impresión, etc.

Cada vez que se corta un pino sin haberle extraído previamente la oleoresina, se está perdiendo al menos el 13 por ciento de su valor, así como la oportunidad de reducir problemas que afectan al país tales como la generación de empleo sin considerar el factor género, el incrementar el valor por hectárea de la plantación sin alterar los objetivos que hayan sido planteados al momento de su instalación, así como reducir el porcentaje de importación de éste producto.

Este aprovechamiento, también generaría el aporte de información, ya que en nuestro país, algunos de los productos diferentes a la madera, en especial la oleorresina, no cuenta con una investigación exhaustiva en cuanto a la calidad de la materia prima ni del procedimiento, con lo que se estaría rechazando cualquier posibilidad de generar una industria resinera nacional.

Según datos de la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (Aduanas), el Perú en el año 2003, importó 499.469,24 Kg de gomas, resinas, gomorresinas y oleorresinas naturales con un valor CIF de US\$ 5.237.384,37. Los principales países que abastecieron al Perú, en estos productos, fueron Colombia, Estados Unidos y Bélgica, abarcando un 96,06 % del mercado. (Ver anexo 1).

Por las razones antes expuestas es que se propone a la especie *P. tecunumanii* como una fuente potencial para la producción de oleorresinas en el Perú. Esta especie tiene un crecimiento agresivo y se ha adaptado muy bien a las condiciones climáticas y topográficas donde se le ha cultivado. El impulso de esta industria también generaría un impacto social positivo en la zona, ya que para el proceso de resinación se necesita de mano de obra que; con una buena capacitación estaría en condiciones de hacer un aprovechamiento sostenible del recurso permitiendo mejorar la calidad de vida del poblador.

Con el presente estudio se busca evaluar la producción de oleorresina del *Pinus tecunumanii* mediante la técnica de pica de corteza aplicando ácido sulfúrico como estimulante y evaluar la influencia de tres parámetros: clase diamétrica, altura de la línea base y orientación de las caras con respecto al sol, determinando de esta manera la tecnología más apropiada para la extracción de resina. Así mismo se busca determinar el rendimiento y la calidad de la oleorresina a través de sus propiedades físico-químicas como son: color, contenido de humedad, densidad aparente, índice de refracción, porcentaje de cenizas, índice de acidez e índice de saponificación.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 DESCRIPCION DE LA ESPECIE “*PINUS TECUNUMANII*”

Familia: Pinacea

Nombre científico: *Pinus tecunumanii* (Schwerdtf.) Eguluz & Perry

Nombres comunes: pinabete (Honduras), pino ocote (Guatemala), son señalados por UNEP-WCMC (2000).

Sinónimos: *Pinus oocarpa* var. *ochoterena* Martínez; *Pinus patula* Schiede & Deppe spp. *tecunumanii* (Eguluz & Perry), fueron señalados por el Missouri Botanical Garden (2005).

2.1.1 EVOLUCION Y DISTRIBUCION

El nombre *tecunumanii* fue otorgado en honor a Tecunumanii, un líder indígena guatemalteco asesinado durante la colonización de América Central.

Para Dvorak, Hodge y Romero (2001), el *Pinus tecunumanii* parece ser un descendiente genético próximo del *P. oocarpa* basándose en los resultados filogenéticos a partir de estudios con marcadores moleculares RAPD. La especie ha evolucionado en estaciones que son más fértiles y húmedas que en aquellas en donde se encuentra normalmente el *P. oocarpa*.

Muchos ejemplares nicaragienses fueron erróneamente identificados como *P. oocarpa* var. *microphylla* Shaw, un sinónimo de *P. praetermissa* Styles & McVaugh, especie confinada al noroeste de México según el Missouri Botanical Garden (2005). Varios taxónomos también sugieren que el *P. tecunumanii* se extiende por el oeste hasta Oaxaca y Guerrero, en México, sin embargo, el examen del DNA de árboles de estas zonas, utilizando marcadores moleculares, indica que están emparentados con el *P. patula* y el *P. herrerae* y no con el *P. tecunumanii*.

A) *DISTRIBUCION NATURAL*

La distribución geográfica del *P. tecunumanii* según Dvorak, Hodge y Romero (2001) representada en la Figura 1 abarca desde las tierras altas del centro de Chiapas (17°02'N), en México, hasta la parte central de Nicaragua (12°42'N), con una distancia aproximada de 1 000 km.

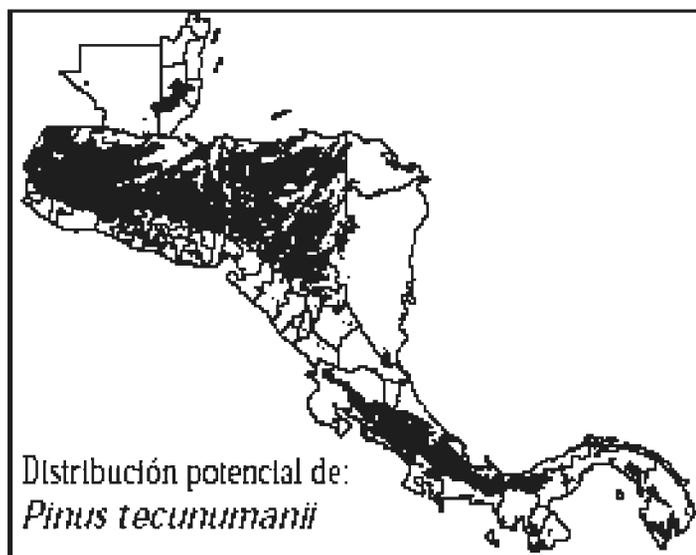


Figura 1 Distribución potencial del *Pinus tecunumanii*

Fuente: OFI/CATIE (2004)

B) *DISTRIBUCION INTRODUCIDA*

OFI/CATIE (2004), señala que ésta especie ha sido introducida a casi todos los países de la faja tropical y subtropical. Los países con los mayores programas de evaluación son Australia, Brasil, Colombia, Malawi, Sudáfrica, Swazilandia, Venezuela y Zimbabwe, a través de ensayos internacionales de procedencias y progenies coordinados por el Instituto Forestal de Oxford y la Corporativa de Recursos Coníferos de América Central y México (CAMCORE).

2.1.2 VARIACION DE PROCEDENCIAS

Dvorak, Hodge y Romero (2001), mencionan que las procedencias del *P. tecunumanii* pueden dividirse en general en dos grupos en su ambiente original. Dos subpoblaciones grandes basadas en sutiles diferencias morfológicas de adaptabilidad: Las procedencias de altitudes elevadas, las que se dan aproximadamente entre los 1 500 y 2 900 m de altura; mientras que las procedencias de altitudes bajas se encuentran entre los 450 y los 1 500 m de altitud.

Los mismos autores (2001), también mencionan que la evaluación de 78 de los ensayos más antiguos de CAMCORE indican que Montebello (Chiapas), México y San Jerónimo, Guatemala, son las procedencias más productivas de altitudes elevadas. Villa Santa, Honduras, San Rafael del Norte y Yucul, Nicaragua, resultaron las mejores procedencias de altitudes bajas. Camelias y Apante, Nicaragua, mostraron también un buen potencial, seguidas por Honduras de Culmí, San Esteban y San Francisco. Las peores procedencias en cuanto a producción en volumen corresponden a las áreas de recolección situadas en altitudes elevadas (2 200 m) de la zona central de Chiapas o las entremezcladas con *P. oocarpa* en el extremo meridional del ámbito geográfico del *P. tecunumanii* en el centro de Nicaragua.

2.1.3 DENDROLOGIA DEL *PINUS TECUNUMANII*

OFI/CATIE (2004) y Missouri Botanical Garden (2005), describen a esta especie como árboles de 30–50 m de alto y 50–100 cm de diámetro, el cual posee un fuste recto, limpio de ramas hasta 40-60% de su altura, siendo considerado el pino con mejor forma del fuste de todos los pinos de México y América Central. Tiene una corona clara y algunas ramas delgadas, más o menos ascendentes o laterales; ramas jóvenes con brotes pruinosos, presentando a veces engrosamientos en los nodales. Su corteza es áspera y fisurada en la base del fuste, mientras que en la parte superior es lisa y más delgada, es grisácea y exfoliante en escamas, placas o tiras papiráceas, dejando manchas rojizo-anaranjadas por debajo. El follaje es delgado, patente o más o menos péndulo, de color verde claro con generalmente 4 agujas (algunas veces 3 o 5) por fascículo, de 14–25 cm de largo, vaina de las agujas de 10–22 mm de largo; de 2–3 canales resiníferos, casi siempre medios, raramente internos.

OFI/CATIE (2004), menciona que las flores masculinas ocurren al final de las ramitas; mientras que las femeninas son cónicas, pequeñas de color café claro verdoso, con pedúnculos largos y delgados, escasos y dispersos en la copa. Conos angostamente cónicos, pequeños de 4–8 cm de largo y 3–5 cm de ancho, brillosos con apariencia barnizada solitarios o en pares, ocasionalmente en grupos de tres o a veces en fascículos verticilados de 4 o más, persistentes, pedúnculos de hasta 2 cm de largo, raramente sésiles o subsésiles, escamas angostas con apófisis prominentes, a veces con un acúleo proyectado hacia delante. En la Figura 2, se observa una muestra botánica de esta especie. Las semillas son puntiagudas, pequeñas, color café claro, jaspeadas, con una ala membranosa color café claro, con rayas oscuras, muy quebradiza. La madera es moderadamente pesada de 0,51-0,56 g/cm³ de densidad, color castaño amarillenta, textura fina, grano recto, brillo bajo, con menor contenido de resina comparada con *P. caribaea* o *P. elliottii*. Olor característico resinoso, pero sin sabor. Es fácil de secar, preservar y trabajar, y moderadamente resistente a hongos.



Figura 2 Muestra botánica del *Pinus tecunumanii*.

Fuente: OFI/CATIE (2004)

2.1.4 ECOLOGIA DE LA ESPECIE

UNEP-WCMC (2000), sostiene que el *P. tecunumanii* crece en bosques tropicales de montaña, abiertos o cerrados, secos o húmedos. A pesar de que los límites exactos del rango de su distribución no se conocen claramente, la especie se encuentra en valles y mesetas de tierras altas, creciendo en suelos profundos fértiles.

El Missouri Botanical Garden (2005) y OFI/CATIE (2004), señalan que la distribución de la especie parece estar determinada por la geología y la precipitación. Esta especie prefiere suelos ácidos, arenosos, derivados de rocas basálticas o andesitas, con ocurrencia en sitios moderadamente fértiles y profundos, ligeramente ácidos a neutros (pH 4.8 - 7) y bien drenados, con precipitaciones de 790 a 2 200 mm y temperaturas de 14 a 25 °C. Puede crecer tanto en áreas donde llueve a lo largo de todo el año como en sitios con estaciones secas de hasta seis meses. Se le encuentra frecuentemente en valles fértiles o cañones de ríos, formando pequeños rodales puros o en mezcla con *P. oocarpa*; en tierras más altas tiende a fusionarse con *P. maximinoi* y bosques de latifoliadas. En sitios más bajos puede encontrarse en mezcla con *P. caribaea*.

2.1.5 USOS TRADICIONALES Y EN DIVERSAS INDUSTRIAS

Informes de la ITTO (citado por UNEP-WCMC 2000), señalan que en 1994 el *Pinus tecunumanii* fue reportado en el comercio internacional, siendo exportada por Honduras en forma de molduras, madera aserrada y troncos. Por su parte OFI/CATIE (2004), muestra la gran versatilidad de la madera para construcción pesada, construcción de interiores (puertas y marcos de ventanas), postes tratados, contrachapado, muebles, artesanías y artículos torneados, y en un menor grado para leña. Como exótica, la especie ha sido plantada principalmente para producción de madera aserrada, postes, pulpa kraft y para la pulpa termomecánica para papel. Para ambos casos, natural o plantado, se produce oleorresina de buena calidad para la producción de trementina y otros productos.

OFI/CATIE (2004), también indica el aumento del interés por ésta especie en los últimos años, como resultado de ensayos internacionales de procedencias y progenies, que han demostrado el excelente crecimiento de esta especie en casi todos los países donde ha sido evaluada

2.2 GENERALIDADES DE LA RESINA

2.2.1 FAMILIAS ARBOREAS CON APTITUDES RESINERAS

Las principales familias arbóreas con especies resinosas y su distribución por zonas ecológicas, se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Principales familias arbóreas con especies resinosas y su distribución por zonas ecológicas

FAMILIAS	ZONAS ECOLÓGICAS
Burceraceae, Anacardiaceae, Myrtaceae Rubiaceae y otras 8 familias	Tropical
Juglandaceae, PINACEAE y otras 5 familias	Templada
Euphorbiaceae, Leguminosaceae y otras 3 familias	De distribución general

Fuente: Betancourt y Villalba (2000)

Betancourt y Villalba (2000), señalan que en total se conocen 24 familias resinosas. Se hace necesario destacar que por su abundancia, por los mecanismos fisiológicos para su formación así como por sus múltiples usos comerciales, la resina de los pinos se considera la de mayor importancia económica. Las resinas constituyen un producto del metabolismo secundario de los vegetales y se presenta en mayor abundancia en las especies comprendidas dentro de la clase Coniferinae, con la excepción del género *Taxus*

2.2.2 DEFINICION DE RESINA DE PINO

Infojardin (2005), define a las resinas como un polímero de alto peso molecular formado por enlaces entre 12 y 80 carbonos. De consistencia sólida, líquidas o viscosa. Son sustancias frágiles, friables y aromáticas, insolubles en agua y solubles en alcohol, éter y otros disolventes orgánicos. Estas sustancias pueden ser naturales o sintéticas, aunque son químicamente diferentes, todas ellas contienen carbono, hidrógeno y oxígeno en su composición. Normalmente se cristalizan por la acción del aire, convirtiéndose en sólidos de aspecto amorfo y con brillo característico, mientras que por acción del calor, éstas se funden y descomponen.

Goldstein (1979), por su parte señala que en las coníferas, se encuentran con frecuencia cantidades considerables de resinas que consisten tanto en ácidos grasos como en los llamados ácidos resinosos. Complementando esta idea, Marinas (1991) y Barcenás (1991) indican que estos ácidos resínicos se encuentran disueltos en una mezcla de compuestos terpénicos (polímeros de 2-metil-1, 3-butadieno) y aceites esenciales, conteniendo principalmente resinas biterpénicas como el ácido abiético ($C_{20}H_{30}O_2$) principal componente y el ácido pamarico.

Barcenás (1991), señala también que las resinas son secreciones vegetales derivadas de las actividades fisiológicas de los árboles, las que se encuentran almacenadas en los canales resinosos de la raíz, tronco y ramas. En el Figura 3 se muestra la posición de los canales resiníferos dentro de la estructura anatomía del árbol.

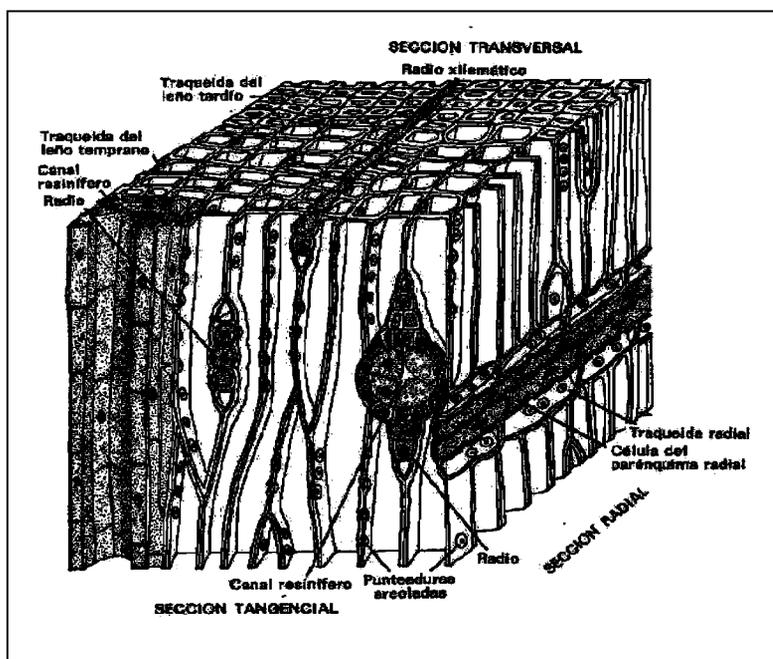


Figura 3 Anatomía de la madera del género Pinus.

Fuente: Unidad Nacional del Nordeste-UNNE (2005)

Barcenas (1991), también dice que los canales resinosos se localizan dentro de las colonias de células vivas del tejido parenquimático. Estas colonias y rayos de parénquima se distribuyen a lo largo y en sentido transversal en la madera, encontrándose a presión en el interior de los canales resinosos, por lo que cualquier corte o herida en la corteza que penetre hasta la madera, expone los rayos de parénquima o canales resiníferos permitiendo que fluya la resina contenida en el interior del canal. En la Figura 4 se muestra la ubicación del conducto resinífero dentro del parénquima de la madera. El flujo o escurrimiento de resina se considera como parte de la reacción fisiológica de las células vivas cumpliendo una función defensiva contra organismos patógenos y de cicatrización contra una pérdida excesiva de savia a través del corte en la madera.

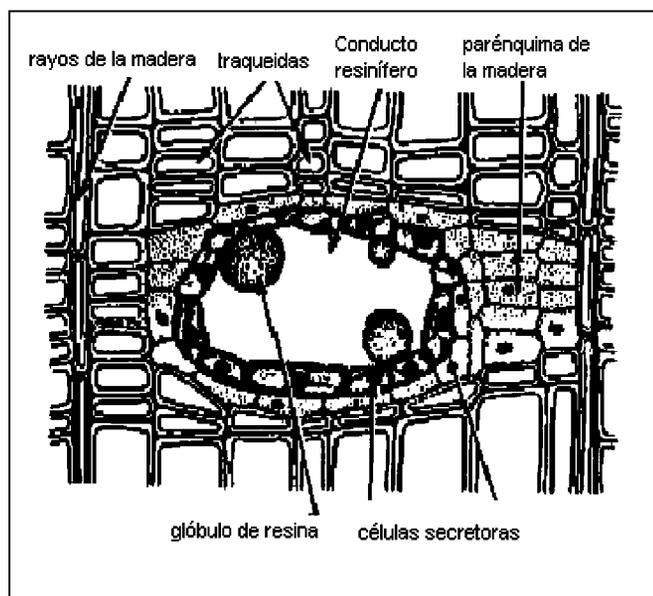


Figura 4 Corte transversal de canal resinífero de pino.

Fuente: Geocites (2003)

2.2.3 RELACION ENTRE ACEITES ESENCIALES Y FORMACION DE RESINA

Betancourt y Villalba (2000), indican que existen hipótesis que plantean la relación entre los aceites esenciales y la formación de resina, estableciendo que las plantas productoras de resinas deben contener igualmente aceites esenciales. En este sentido se ha podido comprobar que de 87 familias arbóreas que contienen aceites esenciales, solamente 24 (27,8 %) contienen resinas en cantidades apreciables. De acuerdo a ello es evidente que no es necesario para una familia arbórea que posea aceites esenciales tener resina en forma significativa. Sin embargo, de las 27 familias arbóreas que contienen resina, 24 (88,8 %) de ellas tienen aceites esenciales.

Haciendo una comparación referente a las familias arbóreas que contienen resinas y aceites esenciales con su hábitat, se observa lo siguiente:

- Familias vegetales productoras de aceites esenciales: 44 % son tropicales; 19 % son de clima templado y 2 % son sub-tropicales.
- Familias vegetales productoras de oleorresinas: 50 % son tropicales; 23 % son de clima templado y 4 % son sub-tropicales.
- Atendiendo a su distribución general, el 27 % de las familias vegetales tienen aceites esenciales y el 23 % tienen resina.

2.2.4 FUENTES PRODUCTORAS DE RESINA

Para Mirov y Hasbrouck (citado por FAO 1995b), los productos de la resina son comúnmente llamados “naval stores”; este término data desde que la Marina Británica usó grandes cantidades de productos con características impermeables (exudados crudos) para el embreado de cuerdas y el calafateo de costuras de los buques de madera, constituyéndose así en la industria química más antigua de América del Norte, según Goldstein (1979).

Actualmente se utiliza la clasificación de Coppen y Hone (citado por FAO 1995b), los cuales agrupan a los “naval stores” de acuerdo a su fuente de producción:

A) *OLEORRESINA*, también llamada Gum naval stores o resín en USA o gum rosin en China.- Rosinnet (2005), indica que esta fuente es obtenida cuando el árbol está en pie, considerada como la fuente natural de resina requiriendo labores intensas en el proceso, que a través de un destilado se obtiene colofonia y trementina. El mercado de oleorresina comercializa alrededor de 650 mil toneladas por año, siendo China el principal productor con cerca del 60 % del total.

B) *TALL OIL*, conocido también como sulphate naval stores en USA o Tall oil rosin en China.- Rosinnet (2005) y Zagar (2003), sostienen que esta fuente es obtenida en la recuperación de los componentes oleorresinosos de la madera como resultado del proceso de conversión de chip de madera en pulpa por el proceso de Pulpa Kraft. El Tall Oil genera colofonia tall oil y ácidos grasos tall oil. Algunas esencias volátiles como la trementina se recuperan de los gases de alivio expulsados de los digestores. El comercio de este producto permanece estable en los últimos años, actualmente representa el 35 % de la comercialización de la oleorresina.

C) *MADERA DE CONIFERA*, denominado también como Woods stores en USA y Wood rosin en China.- Esta fuente es obtenida a partir de la saturación del tocón mucho después de que el árbol a caído. Estados Unidos es el principal proveedor de este producto, la mayor producción se tuvo en 1950 con 316 mil toneladas, declinando en los últimos años llegando sólo a 20 mil toneladas por año, actualmente representa el 5 % de la comercialización de la oleorresina. Rosinnet (2005)

2.2.5 CLASIFICACION DE LA RESINA

En cuanto a la clasificación de las resinas de acuerdo a Marinas (1991), existen infinidad de criterios, atendándose su solubilidad en agua, aplicaciones medicinales, origen botánico, acidez, dureza, color, electronegatividad, etc.

Una buena clasificación la señala Mantell (citado por Marinas 1991), según su origen:

A) *RESINAS NATURALES*. Su utilización data de tiempos muy antiguos, en la industria de pinturas impermeabilizantes, etc.; es bien conocida la importancia de la trementina como disolvente. La clasificación de las resinas naturales y sus principales componentes se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2 Clasificación de las resinas naturales y sus principales componentes

CLASES DE RESINAS	PRINCIPALES COMPONENTES
Gomo – Resinas	Resina + Goma Natural
Oleo – Resina	Resina + Aceite Esencial
Bálsamos	Oleo Resina + terpenos y ácidos benzóicos
Gluco – Resinas	Resina + Glucósido

Fuente: Betancourt y Villalba (2000)

B) RESINAS SINTETICAS. Reciben este nombre muchos polímeros de condensación, como por ejemplo las resinas glijtal de urea-formaldehído. Pueden ser termoplásticas o termoestables. Un ejemplo característico es la resina de fenol-formaldehído, producida por la reacción de copolimerización entre fenol y aldehído fórmico, en presencia de ácidos o bases. Se llega a un polímero ramificado, termoestable, a través de una serie de pasos intermedios que no se detallan, conocido con el nombre de baquelita, de gran aplicación industrial, sobre todo como aislante térmico y eléctrico.

C) RESINAS DE CAMBIO IONICO. Cuando se sintetizan ciertos polímeros muy ramificados (por ejemplo, de estireno y divinilbenceno), se obtienen compuestos insolubles en casi todos los disolventes. Por reacciones de sustitución electrófila pueden ser introducidas, en los núcleos aromáticos del polímero, funciones ácidas o básicas orgánicas, obteniéndose así las llamadas resinas de cambio iónico catiónicas o aniónicas, respectivamente. Entre las funciones ácidas, la más utilizada suele ser el grupo ácido sulfónico, mientras que entre las aniónicas, las más conocidas presentan halogenuros de amonio cuaternario en su molécula.

2.2.6 COMPONENTES DE LA OLEORRESINA

Tejedor y Martínez (1994), señalan que la resina es tal mientras permanece en el árbol, pero cuando es extraída mediante exudaciones en su estado bruto se denomina oleorresina.

Por su parte la Asociación Coordinadora Indígena y Campesina de Agroforestería Comunitaria Centroamericana - ACICAFOR (2005), arguye que a partir de este fluido se extraen dos productos secundarios, un componente sólido de color ambarino llamado colofonia, que representa más del 70%, y un componente líquido semigraso, llamado trementina, que constituye el 20%; siendo el 10% restante impurezas.

Wikipedia (2005), indica que la separación de la oleoresina es efectuada por la destilación en alambiques de cobre grandes. Los aceites esenciales de la trementina son llevados fuera a temperaturas entre 100° y 160° C, dejando que la esencia de colofonia fluya, y sea escurrida a través de un golpecito por la parte inferior del alambique, y purificada por un filtrador.

A) TREMENTINA

a) Sinónimos: Según el Sistema de Gestión para el Manejo de Sustancias Químicas y Residuos Tóxicos - S.Q.R.T (2005); la Comisión Europea (CE) conjuntamente con el Programa Internacional de Seguridad química - IPCS (2003a) y Sánchez (2005), se señalan como sinónimo de trementina al aceite de pino, aceite de trementina, esencia de trementina, vapor destilado de trementina, goma de trementina y aguarrás vegetal.

b) Apariencia y color: Constituye la fracción volátil e inflamable de la oleoresina. Es un líquido incoloro, con olor a gases sulfurados. Es insoluble en agua, pero soluble en alcohol, éter y cloroformo. Sus vapores son más livianos que el aire y el agua. En la Figura 5 se aprecia la apariencia de este componente.



Figura 5 Apariencia de la trementina.

Fuente: Granel Derivados S.A. (2005)

A continuación, en el Cuadro 3 se aprecian algunas propiedades físicas y químicas de la trementina.

Cuadro 3 Propiedades físicas de la trementina

PROPIEDAD	VALOR
Fórmula general (aproximada)	C ₁₀ H ₁₆
Masa molecular (aproximada)	136
Peso específico	0,85 – 0,86825
Densidad relativa	0.9
Densidad relativa de vapor	4,6 a 4,8
Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C	1,01
Temperatura de ebullición (°C)	154 - 170
Temperatura de inflamación (C°)	30 a 46
Temperatura de autoignición (°C)	220 a 255
Límites de explosividad, % en volumen en el aire	0,8-6
LEP* según la OSHA** (mg/m ³ - 100 ppm)	560
LEP según Decreto N° 745 (mg/m ³ - 80 ppm) (ponderado):	445

Fuente: CE, IPCS (2003a) y S.Q.R.T (2005).

**LEP: Límite de Exposición Profesional*

***OSHA: Oficina de Seguridad y Salud Laboral*

Rojas (2005), indica que la trementina se oxida al exponerse a la luz solar, aire o calor. Es recomendable hacer uso de trementina fresca; cuando ella ha sufrido cambios, por largo período de almacenamiento se reconoce fácilmente al examinarla pues ha perdido su olor agradable y aromático, es demasiado ocre y se vuelve viscosa y gomosa después de su evaporación. Por su parte, Sánchez (2005), señala que cuando la trementina es oscura es de baja calidad o está "vieja", al estar en contacto con el aire, su aspecto es sólido, cristalino y parduzco.

c) Componentes de la trementina: Alvarez (2005), sostiene que la trementina está formada principalmente por una mezcla de hidrocarburos terpénicos, los cuales casi todos tienen tendencia a la isomerización mediante la acción de ácidos, elevadas temperaturas, luz, catalizador y otros factores. En su composición contiene α -pineno, β -pineno, camfeno, terpenos monocíclicos, y alcoholes terpénicos, siendo los hidrocarburos más representativos el alfa y beta pinenos, aunque su composición varía dependiendo de la clase de pino que proviene la resina.

d) Calidad de la trementina: FAO (1995a), menciona que el contenido de 90 % o más de pineno estaría dentro de un buen rango de calidad, pero éste incrementaría si la contribución de beta-pineno aumenta por encima del 30-40 %. Las trementinas portuguesas, americanas y brasileñas son todas altas en pinenos. Rangos menores que 70-80 % de pineno sería el valor limitado para las industrias derivadas en el mercado internacional. La presencia de ciertos compuestos en la trementina aminora su valor, el más común es 3-carene, lo cual puede comprender 50 % o más de trementina india.

La misma fuente (1995a), señala que la goma de trementina es intercambiada en grandes volúmenes que otros aceites esenciales y es a menudo importada directo de la fuente por el usuario final o el fraccionador. Los precios son por consiguiente tema para la negociación aunque son muy dependientes en la calidad (la composición) de la trementina, mientras mayor

la proporción de beta-pineno comparada con el alpha-pineno, su valor será superior. El precio de la goma de trementina pretendida como una fuente de pinenos es también influenciado por el precio de trementina sulfatada, lo que significaría un ablandamiento del mercado por un exceso de provisión de éste último. En el Cuadro 4 se indican las especificaciones de calidad para uso comercial.

Cuadro 4 Especificaciones de la trementina

Categorías	Super grado	Primer grado	Pesado grado
Apariencia	Transparente o líquido amarillo claro		-
Max. Grav. Espf. (D204)	0,870	0,88	0,94
Índices de refracción (N20D)	1,4670 -1,4710	1,4670- 1,4780	≤ 1,5100
Punto de ebullición inicial °C Min	150	150	-
Rango de destilación 170°C (%) Min	90	85	-
Valor de acidez (mg H/g) Max	0,5	1	10

Fuente: Rosinnet (2005)

B) COLOFONIA

a) *Sinónimos*: Según CE, IPCS (2003b); Wikipedia (2005) y Rojas (2005), se indican a la cola de colofonia, aceite de colofonia, resina colophony o del colophonia, pez rubia o resma para violines como sus sinónimos.

b) *Apariencia y color*: Wikipedia (2005), la definen como una forma sólida producidas al calentar la oleoresina líquida fresca para vaporizar los componentes líquidos volátiles del terpeno. A su vez, Remington y Wood (1918), la describen como fragmentos afilados, frágiles, de olor característico, con sabor ligeramente a "terebinthinate", compacto, quebradizo y pulverizable. En la Figura 6 se muestra la apariencia de la colofonia.



Figura 6 Apariencia de la colofonia.

Fuente: Granel Derivados S.A. (2005)

En cuanto al color, González (2004), indica que es un polvo semitransparente con colores muy variables, desde amarillo pálido, pasando por ambar hasta un rojo oscuro, para Wikipedia (2005), esta variación de colores depende de la edad del árbol del que fue extraída y la cantidad de calor aplicada en la destilación.

Alvarez (2005); Remington y Wood (1918), la describen como un sólido soluble en la mayoría de los disolventes orgánicos como el alcohol (90 %), éter, benceno, cloroformo, ácido acético glacial, o aceites fijos o volátiles y soluciones diluidas de hidróxidos alcalinos fijos. Fácilmente inflamable, quemándose con una flama amarilla densa y mucho humo, no dejando cenizas apreciables, por lo que es considerada como material biodegradable. En el Cuadro 5 se observan los valores de las propiedades físicas de la colofonia.

Cuadro 5 Propiedades físicas de la colofonia

<i>Propiedades</i>	<i>Valor</i>
Fórmula general	C ₄₄ H ₆₂ O ₄ , (Anhídrido abiético)
Densidad específica en 25 ° C	1,07 - 1,09
Densidad relativa de vapor (aire = 1)	1,07 - 1,09
Densidad relativa (agua = 1)	1,1
Temperatura de inflamación (C°)	187
Temperatura de fusión (C°)	100 – 150

Fuente: Remington y Wood (1918) y CE, IPCS (2003b).

Wikipedia (2005), señala que a temperatura ambiente es frágil, pero se derrite a temperaturas superiores, por su parte Rojas (2005), indica un severo amarillamiento bajo la luz y puede ser fundida con cera en los aceites grasos y es saponificable mediante álcalis.

c) Componentes de la colofonia: Struktol (2003) y Wikipedia (2005), señalan que la colofonia es una mezcla de sustancias orgánicas, en su mayoría ácidos doblemente insaturados (el ácido abiético, ácido pimárico), que combinados con los álcalis cáusticos forman las sales (los rosinates o los pinates) conocidos como jabones de la resina. Tamchuk (citado por Álvarez 2005), muestra una composición de 92 % de una mezcla de ácidos resinosos; 0,4 - 1,6 % de productos grasos y 6,4 % de productos neutrales.

Según Alvarez (2005), los derivados de colofonia se denominan mayormente colofonias modificadas. Son productos de diversas reacciones como polimerización, cloración, hidrogenación, oxidación, etc.; ácidos resinosos (abiético, levopimárico, dextropimárico); resinas sintéticas; resinatos (de Ca, Zn, Mn, Pb, Cu), emulsionadores, etc.

d) Calidad de la colofonia: Wikipedia (2005), menciona que los grados comerciales son numerosos, extendiéndose por la letra de A, el más oscuros, a la letra N, extremadamente pálido, grados superiores como W, cristal de la ventana, y WW, las variedades blancas; el

último tiene cerca de tres veces el valor de las calidades comunes. Por su parte Rojas (2005), señala la presencia en el mercado de colofonias de color más oscuro que son menos transparentes y su olor es más penetrante, demostrando su menor pureza. En Cuadro 6 se indican las especificaciones de calidad para uso comercial.

Cuadro 6 Especificaciones de clasificación de la colofonia

Características	X	WW	WG	N	M	K
Color	Extra Blanca	Blanco agua	Vidrio ventana	Nancy	Mary	Kate
	Conforme al colorímetro estándar chino					
Apariencia	Sólidos transparentes					
Punto de ablandamiento (R&B) Mín.	76		75		74	
Valor de acidez (mgKOH/g) Mín	166		165		164	
Valor no saponificable (%) Máx.	5		5		5	
Insolubilidad en alcohol (%) Máx	0,03		0,03		0,04	
Cenizas (%) , Máx.	0,02		0,03		0,04	

Fuente: Rosinnet (2005)

Granel Derivados (2005), indica un valor de acidez entre 180-310 y como máximo 10 en color Gardner, por otro lado Remington y Wood (1918), mencionan que el porcentaje de cenizas no debe exceder el 0,05 %, ni el número de acidez debe ser menor de 150.

2.2.7 PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA OLEORRESINA

Las propiedades físicas, químicas o mecánicas que posee la oleorresina, son de vital importancia para clasificarlas y hallar el grado de calidad y pureza que estas poseen. Entre las principales propiedades físicas para caracterizar a la oleorresina, se encuentran el color, la densidad, el contenido de humedad, el índice de refracción, el porcentaje de ácidos, tanto

grasos como resínicos y viscosidad; mientras que en las propiedades químicas se encuentra el porcentaje de cenizas, el índice de acidez, el índice de saponificación.

Actualmente, en el mundo, ya no se esta exportando oleorresina cruda, sino sus derivados, trementina y colofonia, es por este motivo que no hay mucha bibliografía reciente de las características de este producto. Sólo se tiene como referencia la información de Barry (1932), la cual se presenta en el Cuadro 7, donde se muestra las variaciones de 35 referencias respecto a las propiedades de la oleorresina.

Cuadro 7 Rango de valores de propiedades físico-químicas promedio de 35 oleorresinas de varios orígenes

PROPIEDADES	Valores	
	Mínimo	Máximo
Densidad a varias temperaturas (g/cc)	0,95	1,024
Índice de acidez (ml/g)	107	174
Índice de saponificación (ml/g)	142	183
Índice de yodo (ml/g)	135	216
Cenizas (%)	0,4	4,62
Humedad (%)	0,1	8,5
Ácidos grasos	18	60
Ácidos resinosos	28	65
Cuerpos no ácidos	5	24
Viscosidad a 18°C, cp*	760	15x10 ⁶
Viscosidad a 0°C, cp	150	1220

Fuente: Barry, (1932)

*cp: Centipoise

2.2.8 USOS DE LA OLEORRESINA

La oleorresina sin procesar tiene muchos usos tradicionales; en Asia la utilizan con propósitos medicinales, por ejemplo, en Nepal la oleorresina del *Pinus roxburghii* conocido localmente como “Ahuele sallo” es usada para aliviar síntomas de tos, mientras que la oleorresina proveniente de *Pinus wallichiana* es utilizada como cicatrizante, formando una pasta con una

cantidad equivalente de mantequilla para ser aplicada en la zona afectada al momento de acostarse (Anderson citado por FAO 1995b). El mismo autor también señala que en Uttar Pradesh State, India, la oleorresina del *P. roxburghii* es aplicada a las zonas inflamadas para bajar la hinchazón. Reportes de Tailandia describen un remedio tradicional para problemas urinarios, en donde se utiliza el *P. merkusii* mezclado con los frutos de *Pandanus lucratus*, el cual es hervido y tomado.

Lanner (citado por FAO 1995b), manifiesta que al sureste de los Estados Unidos, los indígenas de Pueblo y Navajo utilizan la oleorresina proveniente de conos de varias especies para obtener una superficie poco engomada conocido actualmente como teflón. Por otro lado, en el suroeste del mismo país los indígenas de Hopi la utilizan para reparar las piezas quebradas de cerámica.

En Honduras los indígenas de Paya utilizan la oleorresina del *P. oocarpa* como insecticida para matar “los gusanos” que escarban la piel de los humanos y los animales domésticos (Lenz citado por FAO 1995b). En el caso de la colofonia y la trementina, por muchos años fueron usados sin ningún proceso químico en la manufactura de jabones, papel, pintura y barnices. Actualmente son materia prima para la obtención de diversos productos, en el Cuadro 8 se presentan sus principales usos.

Cuadro 8 Principales usos de la trementina y la colofonia

<i>Trementina</i>	<i>Colofonia</i>
Químico y farmacéutico	Papel y papel dimensionado
Gomas y resina sintética	Químico y farmacéutico
Pintura, barnices y lacas	Gomas de ester y resina sintética
Productos para ferrocarriles y barcos	Pintura, barnices y lacas
Betún y materiales relacionados	Jabón
Caucho	Revestimiento de pisos y linóleo
Tintas para impresión	Adhesivos y plásticos
Adhesivos y plásticos	Aceites y grasas
Productos de asfalto	Caucho
Mobiliario	Tintas para impresión
Insecticidas y desinfectantes	Betún y materiales relacionados

Fuente: Forbes y Meyer (citado por FAO 1995b)

2.2.9 PRODUCCION DE LA OLEORRESINA

En 1993, la producción total de oleorresina fue aproximadamente de 1,2 millones de toneladas (t) anuales. De este total 720.000 t, que representan el 60 % es colofonia cuyo valor se estimó en US\$ 420 millones a inicios de 1994. La mayor parte del remanente de colofonia provino de las fábricas de pulpa Kraft (35 %) y el restante de madera de coníferas.

La producción mundial de trementina en 1994 fue de 330.000 t, de las cuales casi el 30 % (100.000 t) se estimó que fue trementina proveniente de la oleorresina valorada en US\$ 50 millones y lo restante es trementina sulfatada (Coppen y Hone citado por FAO 1995b). En el Cuadro 9 se presentan los países líderes en producción y exportación de esta industria.

Cuadro 9 Producción mundial y exportaciones de oleorresina, colofonia y trementina (en 1.000 toneladas) para diferentes países y en algunos años de la década de 1990

Producto →		Producción						Exportación			
		Oleorresina		Colofonia		Trementina		Colofonia		Trementina	
País	Año	1000 t	(%)	1000 t	(%)	1000 t	(%)	1000 t	(%)	1000 t	(%)
China	1993	570	58,4	430	60,0	50	50,3	277	72,1	5,5	22,0
Indonesia	1993	100	10,2	69	9,6	12	12,1	46	12,0	7,5	30,0
Rusia	1992	90	9,2	65	9,1	9	9,1	1	0,3	0,5	2,0
Brasil	1993	65	6,7	45	6,3	8	8,1	13	3,4	3,0	12,0
Portugal	1992	30	3,1	^b 22	3,1	^b 5	5,0	26	6,8	6,0	24,0
India	1994	30	3,1	^b 21	2,9	^b 4	4,0	-	-	-	-
Argentina	1993	30	3,1	21	3,1	4	4,0	^c 10	2,6	2,0	8,0
México	1991	30	3,1	22	2,9	4	4,0	5	1,3	?	-
Honduras	1992	8	0,8	6	0,8	1	1,0	5	1,3	0,5	2,0
Venezuela	1993	7	0,7	5	0,7	0,8	0,8	~	-	-	-
Grecia	1993	6	0,6	4	0,6	0,6	0,6	~	-	-	-
Sudáfrica	1993	2	0,2	1,5	0,2	0,2	0,2	~	-	-	-
Vietnam	1990	2	0,2	1,5	0,2	0,2	0,2	1	0,3	-	-
Otros		6	0,6	4	0,6	0,6	0,6	~	-	-	-
Total		976	100	717	100	99,4	100	384	100	25	100

Fuente: Coppen y Hone (citado por FAO 1995b).

En China la producción y exportación tiende a reducirse para 1994 y 1995

b No incluye lo que se importó de resina; *c* Principalmente derivados; ~ Pequeñas cantidades

Coppen y Hone (citado por FAO 1995b), señalan que la mayor parte de la producción de oleorresina se realiza en el sureste de Asia; la República Popular China, Indonesia y Portugal dominan el mercado, Brasil también presenta una importante producción aunque sus necesidades domésticas son muy grandes y exportan muy poco. De aquí que la disponibilidad de oleorresina en el futuro depende en gran medida de la producción de estos países, la cual se vislumbra bastante estable. Por su parte, De Souza (citado por Betancourt y Villalba 2001), muestra que la producción mundial en 1999 fue de 1.100.000 t, siendo la República Popular China, el principal exportador, produciendo 400.000 t lo que representó el 36,36 %, en segundo lugar Estados Unidos con 288.000 t para un 26 %. Otros países con producciones importantes han sido Rusia con 90.000 t, zona de Escandinavia con 75.000 t; en América Latina Brasil y México con 40.000 t y 27.000 t respectivamente. Son muchas las especies con valor resinero, en el Cuadro 10, se señalan las más importantes

Cuadro 10 Especies de Pinos que son comercialmente importantes como fuente de oleorresina

Especies	Países
<i>P. brutia</i>	Turquia
<i>P. caribaea</i>	Kenya*, Sudáfrica*, Venezuela*
<i>P. elliotii</i>	Argentina*, Brazil*, Kenya*, Sudáfrica*
<i>P. halepensis</i>	Grecia
<i>P. kesiya</i>	China
<i>P. massoniana</i>	China
<i>P. merkusii</i>	China, Indonesia, Vietnam
<i>P. oocarpa</i>	Honduras, México
<i>P. pinaster</i>	Portugal
<i>P. radiata</i>	Kenya*
<i>P. roxburghii</i>	India, Pakistán
<i>P. Sylvestris</i>	Lituania, Polonia, Rusia

Fuente: FAO (1995b); *Especie introducida

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca - SEMARNAT (2005), sostiene que los precios internacionales de la oleorresina son muy dependientes de la producción que se logre en los principales países productores. Así por ejemplo, el incremento de precios en 1995 se debió en gran medida a los problemas de inundaciones en China y de sequía en Brasil. El Cuadro 11 muestra un resumen de los precios de la oleorresina para el periodo 1991-1995.

Cuadro 11 Precios de la oleorresina (FOB) en dólares americanos (base 1995) US \$/t.

<i>País</i>	<i>1991</i>	<i>1992</i>	<i>1993</i>	<i>1994</i>	<i>1995</i>
Portugal	800	765	795	835	900
China	675	675	650	575	765
Indonesia	570	620	575	560	660
Brasil	680	680	600	590	820

Fuente: Coppen y Hone (citado por FAO 1995b)

El mismo autor sostiene que las estadísticas muestran que países como Japón, Alemania, Holanda, Francia, Corea, Estados Unidos e India son los principales importadores de oleorresina. La oleorresina usualmente se comercializa en forma de colofonia o trementina, sólo alrededor de 20.000 t al año se comercializan como oleorresina pura.

La demanda de oleorresina de origen forestal se ha reducido notablemente alrededor del mundo debido a la enorme competencia de los productos derivados del petróleo. Por otra parte, varios de los procesos químicos para transformar la oleorresina se han hecho más eficientes, lo cual ha contribuido a reducir la demanda de productos derivados de la oleorresina; a pesar de ello industrias como la papelera y algunos sectores de la industria química seguirán siendo grandes consumidores de estos productos.

2.3 RESINACION

2.3.1 DEFINICION

Barcenas (1991), menciona que la resinación, es una actividad forestal que tiene por objeto la extracción de la resina, la cual se condensa en los canales resiníferos localizados en la región interna de la corteza durante el año. La extracción de esta sustancia se da a través de picas, incisiones en la corteza, y son practicadas en los árboles adecuados para tal fin.

Para la FAO (1995c), la información más importante a tener en cuenta en la resinación es: a) tipo de bosque (joven, maduro o sobre maduro), b) diámetro y c) número de árboles por hectárea, con lo cual se puede estimar el tiempo que debe permanecer el bosque bajo tal aprovechamiento. Comúnmente el tiempo de resinación de los árboles oscila entre 5 - 8 años.

Las características de los bosques, de *Pinus radiata*, según la revista Chile Forestal (1981) para ser resinados con resultados positivos son:

- Edad mínima: 22 años
- Bosque raleado: Un raleo como mínimo, lo optimo serían dos raleos
- Densidad del bosque: Máxima 600 árboles por hectárea.
- Elección de los árboles a resinar: Se efectúa en base a su diámetro, que debe tener un mínimo de 30 cm, deben encontrarse sanos y vigorosos, con follaje lo más frondoso posible (1/3 como mínimo de longitud de copa viva); y ser en lo posible árboles dominantes o codominantes.
- Niveles freáticos: Napa subterránea lo más alta posible

- **Temperaturas:** La temperatura media ambiental durante la resinación debe ser como mínimo 15 °C dentro del bosque. Si éstas son inferiores, la oleoresina tiende a solidificarse, con lo que disminuye el flujo.

Chile Forestal (1981), menciona que el número de caras se calcula tomando como indicador el diámetro. Las caras deben quedar bien distribuidas en el contorno del árbol, separadas con una anchura igual a la corteza. En el Cuadro 12 se presenta el cálculo del número de caras.

Cuadro 12 Cálculo del número de caras resineras

Rango de diámetros (cm)	Número de caras
30-37	2
38-52	3
53-62	4
63-67	5

Fuente: Chile Forestal (1981)

Mientras que FAO (1995c), indica que el área de la circunferencia de los árboles que se resinará (cara) se determina de acuerdo con el diámetro a 1,30 m sobre el nivel del suelo (DAP). En el Cuadro 13 se presenta el cálculo del área de resinación con respecto al diámetro.

Cuadro 13 Cálculo del área de resinación con respecto al diámetro

DAP (cm)	Nº de caras	Área de resinación
16 a 18	1	1/2 de la circunferencia
20 a 30	1	2/3 de la circunferencia
+ de 30	2	2/3 de la circunferencia

Fuente: FAO (1995c)

El espaciamiento de las picas es otro factor importante en la resinación, Tejedor y Martínez (1994), lo definen como el número de días entre dos picas sucesivas, realizada ésta cuando la primera haya dejado de producir. Cuanto mayor sea el espaciamiento de las picas, a igualdad de

producción, menor será el número de éstas y permitirá aumentar el número de árboles de pinos de la parcela resinera (mata) por cada resinero.

Mientras que la FAO (1995c), menciona que en la época de verano las tareas de resinación alcanzan una alta productividad y el nivel de precios es bajo; pero a medida que se acerca la época de lluvias y los campesinos empiezan a preparar sus labranzas para cultivar la tierra, la producción de oleoresina disminuye; condición que motiva a las empresas resineras a subir gradualmente el precio como atractivo para asegurarse el abastecimiento de materia prima y evitar en lo posible que el campesino abandone totalmente las tareas de resinación. El mismo autor señala también algunas pérdidas de rendimiento o calidad del producto, durante el proceso de cosecha, cuyas causas más comunes son:

- Deficiencias en el descortezado y ejecución de las picas (daños al cambium, grado de inclinación de las picas con respecto al canal central, desuniformidad en las superficies de las picas y el canal central) que disminuyen el rendimiento en resina de los árboles.
- No eliminación del agua e impurezas de los potes colectores, así como durante el traslado a los puntos de acopio y el reenvasado, lo que disminuye la calidad de resina.
- Oxidación de la resina por corrosión de los instrumentos, colectores y recipientes de envasado durante el proceso de recolección, disminuyendo la calidad del producto.

2.3.2 MODALIDADES DE RESINACION

En la práctica Borjas, (1987), manifiesta que la resinación se puede realizar bajo dos modalidades: a vida o a muerte. La modalidad a muerte tiene por objeto extraer en el menor tiempo la cantidad máxima de resina por árbol, para eso se hacen en el tronco todas las caras posibles en forma simultánea. La modalidad a vida busca prolongar el período de producción de los árboles, para este fin se abre una sola cara y se resina hasta que alcanza una altura de 2,5 m, luego se abre la segunda, y así sucesivamente.

La resinación a muerte sólo se permitirá cuando se considere el aprovechamiento combinado de madera y la oleoresina, en árboles previamente seleccionados para ser extraídos, en un período no mayor de cinco años de acuerdo con el Programa Mexicano de Manejo Forestal.

2.3.3 SISTEMAS DE RESINACION

Bello y García (1966), señalan los siguientes sistemas de resinación:

A) "SISTEMA DE CAJETE O CAJA"

Consiste en abrir una hoquedad hasta 50 cm. ó más de altura en forma rectangular en la parte inferior del fuste para inducir el escurrimiento de resina. A medida que la cara asciende se van haciendo cortes oblicuos de profundidad excesiva por donde se canaliza la oleoresina hasta la caja recolectora. En la Figura 7 se presenta el diagrama de éste sistema.

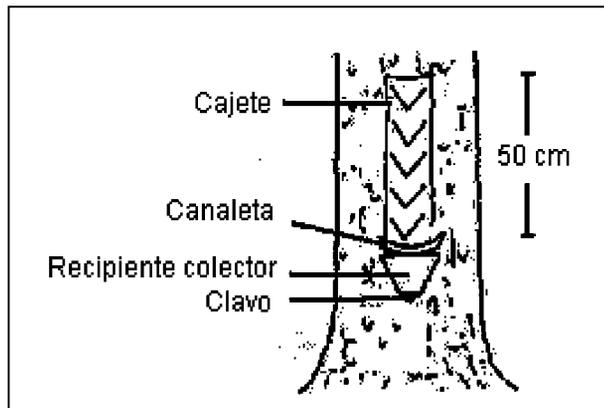


Figura 7 Diagrama del Sistema Cajete o caja

Fuente: Elaboración propia

B) "SISTEMA DE CROTT"

Semejante al anterior pero con la diferencia que el "cajete" se hace en la tierra al pie del árbol para recoger la resina en la parte inferior. Aunque este sistema no daña al árbol, las pérdidas de resina son considerables y las impurezas de la recolección disminuye la calidad de producto. En la Figura 8 se presenta el diagrama de éste sistema.

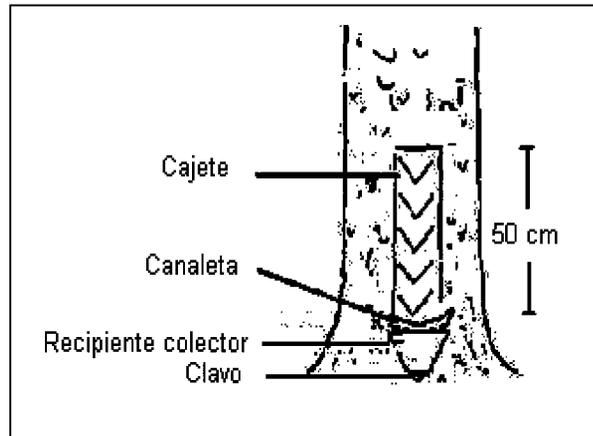


Figura 8 Diagrama del Sistema de Crott.

Fuente: Elaboración propia

C) "SISTEMA DE ESPINA DE PESCADO O AMERICANO"

Consiste en abrir las caras mediante picas sucesivas en forma de "V" en orden ascendente, iniciando a una altura de 18- 30 cm del suelo. La entalladura aumenta en sentido longitudinal del fuste de 28 - 60 cm por año, trabajándose cada árbol de 2 - 8 años. La gran extensión de las caras y por consiguiente los ciclos de resinación tan cortos originan el agotamiento rápido de las áreas arbóreas susceptibles de resinación. En la Figura 9 se presenta el diagrama de éste sistema.

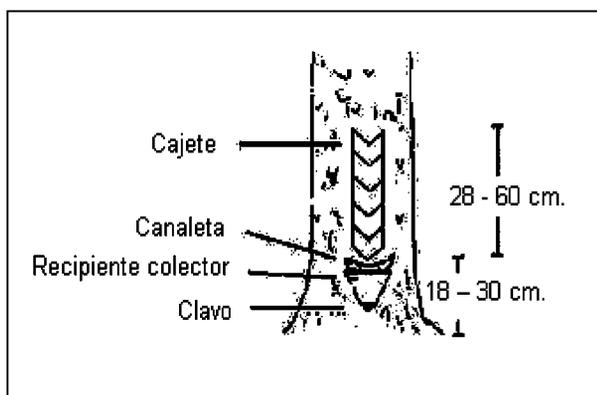


Figura 9 Diagrama del Sistema de Espina de Pescado o Americano.

Fuente: Elaboración propia

D) "SISTEMA DE PICA DE CORTEZA CON ESTIMULANTES"

Los primeros ensayos con este sistema de resinación se iniciaron en Alemania en 1933 y en Rusia en 1934 por la necesidad de producir resina durante la segunda Guerra Mundial con especies de pino no resineras como es el *Pinus sylvestris*. La idea principal es activar la resinación mediante estimulantes químicos.

2.3.4 RECOMENDACIONES TECNICAS DE UN SISTEMA DE RESINACION

En el Perú no existe alguna norma técnica referida a esta actividad forestal por lo que las recomendaciones técnicas, independientemente de la técnica que se aplique en el sistema de resinación empleado, se tomaron de la Normativa Mexicana NOM-002-RECNAT-1996, la que hace referencia a los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de resina de pino.

SEMARNAT (2005) señala las recomendaciones técnicas suscritas por la norma antes mencionada.

- El diámetro mínimo resinable en zonas de productividad alta será de 30 cm; en zonas de productividad media será de 25 cm; y en zonas de productividad baja será de 20 cm;
- La intensidad de resinación se regulará tomando en consideración el diámetro del árbol, el número y anchura de las caras y las condiciones de productividad de los terrenos forestales;
- El ancho máximo permisible de las caras, será de 12 cm; en caso que se utilice el sistema de pica de corteza no deberá rebasar el 30 % del perímetro del árbol;
- La profundidad máxima de la pica será de 20 mm, excepto para la pica de apertura de cara, donde ésta será hasta de 30 mm;
- La longitud máxima de la cara durante los 5 años de resinación será de 2,5 m, no debiendo abrir nuevas caras si no se ha alcanzado una longitud mínima de 2,0 m en las ya existentes, a excepción de árboles mal conformados donde no sea posible alcanzar dicha longitud;
- El ancho mínimo de la entrecara, será de 10 cm.

2.3.5 PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DE LA OLEORRESINA.

La distribución del rendimiento de la oleorresina, no es constante en el transcurso del año, dichos rendimientos están condicionados a diferentes factores, como la influencia del clima, características naturales de la especie, factores relacionados con la fertilidad del suelo, entre otros. Teniendo en cuenta lo anterior, Betancourt y Villalba (2000), consideran que los principales factores que influyen en los rendimientos son los siguientes:

A) FACTORES NATURALES O PROPIOS DEL ARBOL

En el caso del primer grupo, los factores naturales o propios del árbol, están en relación con las características genéticas de la especie y dentro de ello, la variabilidad dentro del árbol propiamente. Se ubican en este grupo la edad de los árboles, diámetro de copa, diámetro del fuste, distribución y densidad de los canales resiníferos, así como el contenido de aceite de trementina que contenga la oleorresina.

En el caso de la edad de los árboles, se debe tener en cuenta que la resina pertenece a los compuestos químicos de la madera denominados sustancias extractivas, y que estos en sentido general van a presentarse en mayores proporciones cuando los árboles son adultos o de edades avanzadas, entendiéndose para el caso de los pinos cubanos cuando éstos alcanzan edades superiores a los 30 años.

En el caso del diámetro de la copa, la misma influye en una proporción que está en correspondencia con el incremento del follaje y por tanto con un aumento de la actividad fotosintética, no obstante se pueden presentar los casos de árboles relativamente ralos y que tengan altos rendimientos.

El número, diámetro y densidad de los canales resineros ha 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. En correspondencia con ello el número de canales de algunas de las especies que presentan mayor producción de oleorresina que se conocen son los siguientes:

<i>Pinus merkusii</i> (asiático).....	30	canales por cm ²
<i>Pinus montezumae</i> (mexicano).....	30	“
<i>Pinus silvestris</i> (europeo).....	50	“

<i>Pinus caribaea</i>	55	“
<i>Pinus tropicalis</i>	60	“
<i>Pinus massoniana</i>	80	“

B) FACTORES CLIMATICOS

Como ocurre de forma general con todos los seres vivos los factores climáticos influyen en determinada proporción en el comportamiento general de los mismos. En el caso del rendimiento de oleorresina Betancourt y Villalba (2000), indican que los de mayor influencia ejercida son los siguientes:

1. Temperatura: Influye directamente en el comportamiento fisiológico del árbol. Las temperaturas donde se obtienen el mayor rendimiento se encuentran entre los 22 y 28° C, y por debajo de los 16° C, el rendimiento disminuye significativamente. Temperaturas muy bajas, próximas a los 0 °C conducen a que no fluya la resina, estando ello determinado por la baja temperatura del suelo y la imposibilidad que tiene la planta de absorber nutrientes del suelo, disueltos en el agua. Temperaturas muy altas, por encima de los 34° C influyen marcadamente en el proceso de volatilización de la trementina presente en la oleorresina, conduciendo a pérdidas sensibles de dicho compuesto.

2. Precipitación: Influye directamente en los rendimientos, altas precipitaciones favorecen la exudación de la resina y viceversa, bajas precipitaciones conducen a bajos rendimientos. Ello se puede apreciar al observar la variación del rendimiento en determinadas etapas del año, donde se puede comprobar que los meses de menos lluvia son también los meses de más bajo rendimiento. Resulta claro que este resultado está asociado a los procesos fisiológicos de la planta.

3. Humedad: Su influencia aunque menos marcada que los anteriores factores se hace sentir cuando los rangos de humedad del aire se encuentran por debajo del 40% y por encima del 80% en sentido general. Climas muy secos o muy húmedos son desfavorables.

4. Viento: En sentido general el comportamiento del viento es negativo, debido a que fuertes vientos conducen a favorecer la volatilización de la trementina y con ello se acelera el proceso de cristalización de la colofonia y cerrado de los canales, dejando de fluir la resina.

En sentido general los elementos del clima deben ser considerados en el marco de un sistema, con una estrecha interrelación y armonía.

C) FACTORES TECNOLOGICOS

Betancourt y Villalba (2000), también señalan que los factores tecnológicos de mayor influencia en el rendimiento de oleorresina, los constituyen:

- Paso de vida
- Dirección de la pica
- Angulo de la pica
- Profundidad de la pica
- Ancho de la pica
- Descortezado

En el caso del paso de vida, el cual es el área del fuste no resinada equivalente a 1/3 de la longitud de la circunferencia, éste tiene una influencia marcada en la cantidad de oleorresina que se obtiene por pica, sin embargo su influencia en el rendimiento no es tan marcada toda vez que éste no dependa directamente del ancho de la cara sino de su relación con un metro de cara resinada.

Del resto de factores los de mayor incidencia son el descortezado y el ángulo de la pica. En el caso del descortezado resulta evidente 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 resina.

El ángulo de la pica tiene incidencia toda vez que si éste disminuye, la pica se hace más larga e intercepta un mayor número de canales horizontales, pero proporcionalmente se incrementa el consumo vertical sobre el canal central y por tanto en la misma longitud de la cara se podrán realizar menos picas que las previstas. En este sentido, se debe tener presente la siguiente ecuación:

$$\text{sen } \alpha = \frac{b}{h}$$

Donde:

b = ancho de la pica

h = consumo vertical sobre el canal central

α = ángulo de la pica con el canal central del cajón

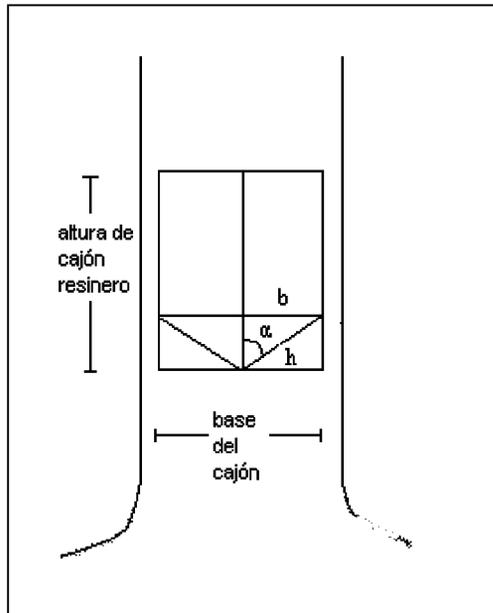


Figura 10 Disposición de los elementos de una pica

De acuerdo a lo anterior si se despeja (h) quedaría:

$$h = \frac{b}{\text{sen } \alpha}$$

Para una pica y

$$Lh = \frac{n * b}{\text{sen } \alpha}$$

Para (n) picas

Donde:

Lh = consumo vertical total sobre el canal central

n = Número de picas

Ejemplo: Para un ángulo de 40° el valor de su seno es de 0,642 y por tanto el consumo de una pica (h) será igual a 1,55 cm.

Si se considera una campaña con 40 picas el consumo vertical total (L_{40}) será igual a 62,3 cm.

El resultado anterior conduce a que la cara que se debe preparar para dicha campaña debe tener una longitud de cara no menor de los 62,3 cm.

2.4 SISTEMA DE PICA DE CORTEZA ASCENDENTE CON ESTIMULANTE

El sistema de resinación de pica de corteza estimulado con ácido sulfúrico según lo indicado por Tejedor y Martínez (1994), consiste en despegar en cada pica, estrechas franjas de corteza, de unos 16 a 18 mm. de ancho, con la parte correspondiente de líber y cambium, dejando integra la albura. Este sistema por lo tanto es perfectamente compatible con el aprovechamiento maderero y no ocasiona más pérdida de madera que la correspondiente a las zonas de crecimiento de las caras; ni siquiera el ácido daña las características físico-químicas ni estéticas de la madera. Esta misma fuente señala que éste sistema consta de dos partes:

Parte física: Retiro de la corteza, el líber y el cambium, dejando la albura al descubierto, ocasionando un efecto traumático en el árbol, éste fenómeno induce el crecimiento de los tejidos parenquimáticos, fundamentalmente de los canales resiníferos verticales de origen patológico.

Parte química: Provocada por la pulverización del ácido sulfúrico, el cual produce dos efectos en la madera, la ejercida directamente sobre el cambium que se suma a la acción traumática y la acción disolvente del ácido sulfúrico. El ácido junto con la albura del pino asciende e impregna rápidamente estos tejidos, disuelve la celulosa que taponan los canales resiníferos

horizontales y la resina empieza a salir de éstos como consecuencia de la gran presión a la que está sometida y del estado extraordinariamente fluido en que se encuentra.

La utilización de estimulantes para incrementar el rendimiento de oleoresina por árbol y por hectáreas es una práctica que según Kaminski (citado por Betancourt y Villalba 2001), se enmarca entre los años 1953 y 1957 en Rusia. La dificultad de aplicar estimulantes líquidos (salpicaduras, escaso control del operario, etc.), y la necesidad de espaciar las picas para conseguir mayor productividad de la mano de obra, llevan a la utilización de estimulantes sólidos con los que se consigue la sistematización de los espaciamientos de las picas. Tejedor y Martínez (1994).

En tal sentido la revista norteamericana “Naval Stores” (Kaminski citado por Betancourt y Villalba 2001), reflejaba información sobre los aprovechamientos resineros en Polonia utilizando cierta pasta para estimular la resinación. Atendiendo a ello, se establecen ensayos en los Estados Unidos con el objetivo de prolongar el flujo de la resina, incrementar la productividad por resinero y reducir los costos en la obtención de la oleoresina. Posteriormente en España, Portugal y Francia se comienzan las investigaciones con la aplicación de ácidos inorgánicos como estimulante. En Francia en 1967 y en España en 1968 se establecen ensayos con pastas ácidas (Solís y Zamorano, citados por Betancourt y Villalba 2001).

La primera pasta se denominó “Pasta I.F.I.E.”, siglas en inglés del Instituto de Investigaciones y Experiencias Forestales, donde con una composición en peso de un 70 % de ácido sulfúrico al 60 %; 20 % de caolín y un 10 % de cloruro cálcico. En estas investigaciones se lograron aumentos en la producción con el sistema de Pica de Corteza hasta un 60 % en comparación con el sistema Hugues, con intervalos entre picas de 14 y 28 días.

Posteriormente se crea por Zamorano (citado por Betancourt y Villalba 2001) la pasta Zeta “Z” que reúne un grupo de propiedades superiores a la anterior “Pasta I.F.I.E.”, en particular no desprende vapores nocivos ni corrosivos, presenta un menor costo en su fabricación y logra incrementos en los rendimientos hasta en un 40 %.

Stephan (citado por Betancourt y Villalba 2001), refiere que en la década del 60 se inician en Alemania Oriental y Polonia investigaciones relacionadas con la aplicación de sustancias orgánicas, en particular, soluciones con levadura de cerveza (*Sacharomyce cerevicyae*) con la que se obtienen rendimientos por árbol de un 40 % por encima de la resinación sin estimulantes en *Pinus silvestris*. Se destaca que la levadura de cerveza contiene Vitamina B que aumenta el potencial osmótico de las células epiteliales y con ello el aumento de la presión de secreción en los canales haciendo que la resina fluya a mayor velocidad en las primeras horas y con ello se obtiene una mayor cantidad en la unidad de tiempo.

En general a partir de estos resultados se han investigado otros productos o ácidos orgánicos como el 2,4 – dicloro fenoxiacético (2,4,-D); el ácido 2,4,5 – tricloro fenoxiacético (2,4,5-T) y el ácido 2 metil – 4 cloro fenoxiacético (MCPA); dibromuro de 1,1 etileno 2,2 dipiridimo monohidratado (DIQUAT) y dicloruro de 1,1 dimetil 4,4 dipiridimo (PARAQUAT). Con estos productos se han obtenido rendimientos superiores en Alemania y Polonia con el *Pinus silvestris* y en Viet Nam con las especies *P. merkusii* y *P. massoniana*, (Stephan citado por Betancourt y Villalba 2001) de 15 –45 %. Además de producir un efecto significativo en el rendimiento de oleoresina, dichos productos son de fácil empleo, no causan quemaduras durante su utilización por los obreros, ni daños en la ropa así como no producen ninguna influencia adversa al medio ambiente.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 AREA DE ESTUDIO

Se realizó en dos fases; la fase de campo y la fase de laboratorio. La fase de campo en donde se obtuvo la oleorresina, se llevó a cabo en el Fundo Ideal ubicado en la provincia de Oxapampa, región Pasco, a 10° 34' de latitud sur y a 75° 25' de longitud; la plantación tiene una edad de 22 años. Cuenta con una extensión de 1,59 ha divididos en tres bloques, los cuales tiene un diseño de bloque completamente al azar contando con parcelas de 49 árboles (7x7) con un distanciamiento de 3x3 m (ver Anexo 2). Mientras que la fase de laboratorio donde se analizó las propiedades físico-químicas de la oleorresina se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Pulpa y Papel, Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM)

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIA PRIMA

Para realizar el presente estudio se utilizó la oleorresina del *Pinus tecumumanii* proveniente de la provincia de Oxapampa.

3.2.2 MATERIALES

A) DE CAMPO

- Alicates;
- Alisador;
- Aplicadores;
- Balanza;
- Recipientes colectores de plástico;
- Brújula;

- Canaletas de aluminio;
- Clavos;
- Esmalte con pincel;
- Hacha;
- Machete;
- Plástico;
- Trazador;
- Cinta métrica;
- Escoda;
- Formón;
- Lima;
- Martillo;
- Raspador;

B) DE LABORATORIO

- Baguetas;
- Cápsulas de porcelana;
- Espátula;
- Matraces de 200, 250 y 300 mL;
- Perlas de ebullición;
- Pipeta de 5 mL;
- Picnómetro adaptado según norma interna del Laboratorio.
- Bureta de 50 mL;
- Condensadores de reflujo;
- Magneto;
- Pesa filtros;
- Pinzas;
- Tabla de colores Münsell;

3.2.3 EQUIPOS

- Agitador magnético;
- Balanza analítica plus, marca “Ohaus”, capacidad de 200 mg, con una precisión de 0,1 mg;

- Balanza portátil Standard, marca “Ohaus”, capacidad de 200 mg, con una precisión de 0,1 g;
- Cocina;
- Desecador con silicagel;
- Estufa marca “Heraeus”, temperatura máxima de 300 C°;
- Mufla, modelo No F1630, temperatura máxima de 1200 C°;
- Refractómetro Abbé;

3.2.4 REACTIVOS QUIMICOS

- Ácido Clorhídrico (HCL), solución 0,5 M;
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄), solución al 60 %;
- Agua destilada;
- Caolín;
- Etanol (C₂H₅OH), solución al 95 %;
- Fenolftaleina, solución al 0,2 %;
- Hidróxido de Potasio (KOH), solución 0,1M;
- Solución etanólica de hidróxido de Potasio 0,5 M.

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 METODO DE RESINACION

El método de resinación utilizado fue el de pica de corteza ascendente aplicando estimulante en pasta a base de ácido sulfúrico. La campaña de resinación tuvo una duración de 40 días, en donde se efectuó cuatro picas con un período de 10 días cada una de ellas.

3.3.2 ELECCION DE VARIABLES

En el Cuadro 14 se muestra la matriz estadística con las 27 combinaciones que generó el diseño experimental 3^3 de las tres variables analizadas, con tres niveles cada una de ellas:

V1: Clase diamétrica, con los siguientes rangos: 30 – 40 cm, 40 – 50 cm y 50 – 60 cm.

V2: Orientación de las caras con respecto al sol con: 90°, 180° y 270°

V3: Altura de la línea base de: 40 cm, 55 cm, y 70 cm.

Cuadro 14 Matriz Estadística para la resinación de 27 árboles de *Pinus tecunumanii* en la provincia de Oxapampa

Clase diamétrica (cm)	Altura de la línea base (cm)								
	40			55			70		
	Orientación de las caras con respecto al sol (grados)			Orientación de las caras con respecto al sol (grados)			Orientación de las caras con respecto al sol (grados)		
	90	180	270	90	180	270	90	180	270
30-40	15	5	23	8	4	25	1	9	14
40-50	20	6	18	3	12	10	7	24	22
50-60	19	27	2	21	11	16	17	13	26

Se seleccionó también una muestra testigo de cada una de las clases diamétricas, a las cuales no se les aplicó estimulante, con lo que se tuvo un total de 30 individuos resinados.

3.3.3 OBTENCION DE LA OLEORRESINA

A) IDENTIFICACION Y MARCADO DE ARBOLES

Una vez en el campo se escogieron las parcelas a resinar y se delimitaron utilizando una rafia roja para que su reconocimiento sea fácil ya que en este fundo también se encuentran otras dos especies de pinos como son el *P. caribaea* y el *P. oocarpa*.

Luego se levantó información de diámetros para clasificarlos en clases diamétricas, posteriormente se escogió los árboles al azar que formaron parte de la matriz de estudio.

Una vez que se seleccionaron los árboles se procedió a la limpieza del área circundante con la ayuda del machete y el hacha; también se señaló con su respectiva numeración los árboles a resinar de tal manera que desde el camino principal sea visible y fácilmente reconocible.

B) EJECUCION DE PICAS

Se procedió de siguiente manera:

- Haciendo uso de la brújula se definió la cara a resinar correspondiente a la variable orientación con respecto al sol proporcionada por la matriz. (Ver Cuadro 14)
- El desbastado se realizó con el hacha removiéndose la corteza externa dejando limpio un cajón de 50 cm x 30 cm y con la ayuda del alisador se dejó una capa fina teniendo cuidado de no producir ninguna herida que pueda significar la exudación del árbol.
- Con el trazador se marcó dos líneas verticales que sirvieron de guía para los cortes.

- En la parte inferior del árbol, teniendo en cuenta la altura de la línea base proporcionada por la matriz, se trazó una figura geométrica, correspondiente a cada una de las picas, teniendo las características presentadas en la Figura 11.

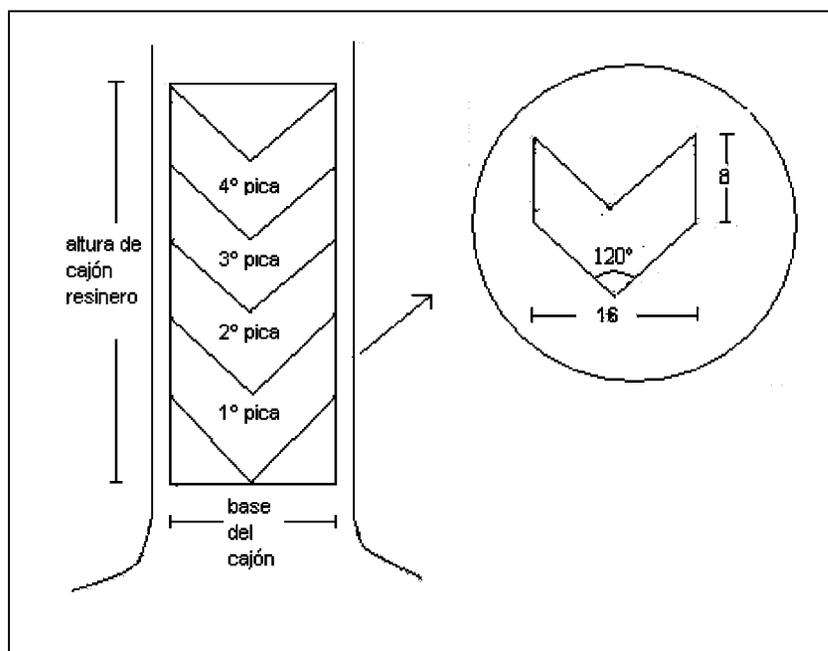


Figura 11 Disposición de picas en el árbol, con sus especificaciones.

- Con la ayuda del formón y el martillo se hizo incisiones en el árbol en la base del polígono.
- Mediante la escoda se levantó la capa de corteza interna y cambium contenida dentro del polígono dando un tirón de derecha a izquierda.
- En la incisión hecha, se colocó la canaleta de aluminio, cuya función fue recibir la oleorresina exudada sin alterar la naturaleza del producto.
- Posteriormente en la parte superior se aplicó ácido sulfúrico. Una vez hecha la herida se colocó un recipiente de plástico debajo de la canaleta para recoger la oleorresina.
- Para proteger la zona de pica y el recipiente de insectos, viento y lluvia, se colocó un plástico en la zona de resinación, el cual fue asegurado con clavos.

- Las heridas se realizaron cada 10 días, controlándose interdiariamente para solucionar posibles problemas.
- Como control de la presencia del estimulante (Mezcla de H_2SO_4 al 70 % + caolín), se utilizó una solución de bicarbonato, la que reacciona con el estimulante. En los casos que no presentaron reacción se agregó nuevamente estimulante con el fin de mantener la herida siempre exudando oleoresina.
- Finalmente se limpió las canaletas y heridas que tengan resina cristalizada para evitar que la segregación se vea obstaculizada. En la Figura 12, se presenta el proceso seguido en campo.



Figura 12 Diagrama del Proceso de Resinación

3.4 VARIABLES RESPUESTA

3.4.1 RENDIMIENTO

- Pesar los recipientes con la totalidad de oleorresina extraída.
- Determinación del rendimiento de la oleorresina en un período de 40 días por diferencia de masas, expresado en kg/árbol.

$$\text{Rendimiento (kg/árb)} = (\text{peso de balde con oleorresina} - \text{peso de balde})$$

3.4.2 PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA OLEORRESINA

A) COLOR

- Se evaluó esta propiedad por comparación de los colores de las muestras de oleorresinas con los colores de la tabla Münsell.

B) CONTENIDO DE HUMEDAD

Como antecedente se consideró la Norma ASTM D - 1762, la cual ha sido adaptada según norma interna de laboratorio:

- Se tomaron pesa filtros limpios y secos.
- Se pesaron los pesa filtros y se anotó los valores.
- Se pesó un gramo de muestra aproximadamente en el pesa filtro y se anotó el valor de la muestra húmeda.
- Por diferencia de masas se halló la masa húmeda de la muestra (Mh).
- Se llevó la muestra a la estufa 105° C semi tapada.

- Se pesó cada quince minutos hasta alcanzar un peso constante, no mayor a una hora.
- Se anotó el dato de masa seca (Ms).
- Por diferencia de masa se halló el contenido de humedad de la muestra, el cual se expresará en porcentaje.

$$CH (\%) = \frac{(Mh - Ms)}{Mh} \times 100$$

Donde:

CH: Contenido de humedad

Mh: Masa húmeda

Ms: Masa seca

C) DENSIDAD APARENTE

Como antecedente se consideró la Norma Mexicana NMX-E-081-1979, la cual ha sido adaptada a las condiciones de laboratorio:

- Se tomó el picnómetro adaptado según norma interna del laboratorio, limpio y seco; se pesó y anotó su valor.
- Se llenó con oleorresina hasta la marca de 5 mL.
- Se pesó el picnómetro con la muestra y anotó el valor.
- Se calculó el peso de la oleorresina por diferencia de masas (mr).
- Se anotó la temperatura a la cual se realizó el experimento.
- Se determinó la densidad de la oleorresina expresada en g/mL.

$$\text{Densidad (g/mL)} = \frac{\text{Masa de la oleoresina (mr)}}{\text{Volumen}}$$

D) *INDICE DE REFRACCION*

Como antecedente se consideró la Norma Técnica Escandinava SCAN – T 1:65, la cual ha sido adaptada según norma interna del laboratorio.

- Se llevó el refractómetro a una temperatura de 20° C.
- Se limpió el prisma con alcohol al 95 % y se secó con papel tissue.
- Se colocó una pequeña cantidad de muestra en el refractómetro.
- Se esperó 5 segundos, se tomó la lectura y anotó el resultado.

E) *PORCENTAJE DE CENIZAS*

Como antecedente se consideró la Norma Técnica Escandinava SCAN – T 4:66, la cual ha sido adaptada según norma interna del laboratorio.

- Se tomó una cápsula de porcelana limpia y seca, se pesó y anotó el valor.
- Se pesó 1,0 g aproximadamente de muestra en la cápsula y anotó el valor.
- Por diferencia de masa, se calculó la masa húmeda de la muestra (Mh).
- Se llevó a mufla a 625°C por dos horas.
- Se retiró la cápsula y enfrió en una superficie de aluminio por un lapso de 1 minuto.
- Se llevó al desecador por 30 minutos.
- Se pesó las cenizas y anotó el valor (Pc).

- Se determinó el porcentaje de cenizas (%C).

$$\%C = \frac{Pc}{Mh} \times 100$$

Donde:

Pc: Peso de cenizas

Pm: Peso de muestra húmeda

F) INDICE DE ACIDEZ

Como antecedente se consideró la Norma Técnica Peruana NTP 319,085; la cual ha sido adaptada según norma interna del laboratorio.

- Se tomó un matraz limpio y seco, se pesó y anotó el valor.
- Se pesó aproximadamente 1,0 g de oleorresina en el matraz.
- Por diferencia de masas, se halló la masa húmeda de la muestra (Mh).
- Paralelamente, se calculó el contenido de humedad y la masa seca (Ms).
- Se agregó 5 mL de alcohol al 95 % y 5 gotas de fenofaleína 0,2 %.
- Se adicionó un magneto a la solución.
- Se colocó el matraz en un agitador magnético.
- Se tituló con hidróxido de potasio (KOH) al 0,1M.
- Se anotó el gasto de hidróxido de potasio (C) hasta que el color vire.

$$\text{Índice de acidez} = \frac{56,1 \times C \times M}{M_s}$$

Donde:

C: Gasto de hidróxido de potasio

M: Molaridad de hidróxido de potasio

M_s: Masa seca

G) INDICE DE SAPONIFICACION

Como antecedente se consideró la Norma Técnica Escandinava SCAN – T 12:72 la cual ha sido adaptada según norma interna del laboratorio.

- Se tomó un matraz de 200 mL limpio y seco; se pesó y anotó el valor.
- Se pesó 1,0 g de muestra aproximadamente y se anotó el valor.
- Por diferencia de masas, se calculó la masa húmeda de la muestra (M_h).
- Paralelamente, se calculó el contenido de humedad y la masa seca (M_s).
- Se agregó 50 mL de solución etanólica de hidróxido de potasio 0,5 M al matraz y se adicionó perlas de ebullición.
- Se colocó un condensador de reflujo al matraz, se llevó a baño maría por 30 minutos.
- Se retiró el matraz del baño maría y se dejó enfriar la solución.
- Se trasvasó la solución a un matraz de 250 mL, lavándolo con 50 mL de alcohol al 95%.
- Se agregó 5 gotas de fenoftaleína 0,2% y un magneto.

- Se llevó al agitador magnético y tituló la solución con ácido clorhídrico (HCL) 0,5 M hasta el cambio de color.
- Se anotó el gasto de ácido clorhídrico (C).

$$\text{Indice de saponificación} = \frac{56,1 \times M \times (B - C)}{M_s}$$

Donde:

M: Molaridad de hidróxido de potasio

B: Gasto de ácido clorhídrico en blanco

C: Gasto de ácido clorhídrico

M_s: Masa seca de la muestra

3.5 DISEÑO ESTADISTICO

La evaluación de los datos se realizó de acuerdo a un diseño experimental 3³, el diseño permitió evaluar el efecto de 3 variables o factores experimentales con 3 niveles, sobre las variables respuestas; efectuado con la ayuda de la lógica “STATGRAPHICS PLUS”, “STATISTICA” Y “EXCEL”. En el diseño se aplicó un bloque, con repetición y completamente randomizado. El análisis estadístico de la influencia de las variables sobre los resultados se efectuó previa evaluación del análisis de varianza mediante la prueba de Fisher, se tomó como referencia un nivel de confianza de 95 % de probabilidad ($\alpha < 0,05$).

Se aplicó la metodología de superficie de respuesta para representar las variables repuestas: rendimiento, color, contenido de humedad, densidad aparente, índice de refracción, porcentaje de cenizas, índice de acidez e 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 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:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 AB + \beta_4 A^2 + \beta_5 B^2 + E$$

Donde:

Y : Variables respuesta, o resultado predecido¹

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 indiquen la importancia de la 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

¹ Se recomienda como ecuación de predicción sólo si el coeficiente de regresión es mayor a 50 %

aplican como valor transformado según el nivel que le corresponda a la variable: -1, 0, +1. En la ecuación, la magnitud de la constante representa la importancia de la variable.

Cuadro 15 Matriz Estadística con los valores transformados para la resinación de 27 árboles de *Pinus tecunumanii*

Clase diamétrica (cm)	Altura de la línea base (cm)								
	40 (-1)			55 (0)			70 (+1)		
	Orientación de las caras con respecto al sol (grados)			Orientación de las caras con respecto al sol (grados)			Orientación de las caras con respecto al sol (grados)		
	90 (-1)	180 (0)	270 (+1)	90 (-1)	180 (0)	270 (+1)	90 (-1)	180 (0)	270 (+1)
30-40 (-1)	15	5	23	8	4	25	1	9	14
40-50 (0)	20	6	18	3	12	10	7	24	22
50-60 (+1)	19	27	2	21	11	16	17	13	26

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 EVALUACION DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES: CLASE DIAMETRICA, ORIENTACION DE LAS CARAS CON RESPECTO AL SOL Y ALTURA DE LA LINEA BASE EN FUNCION DE LAS VARIABLES RESPUESTA

4.1.1 INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE LA OLEORRESINA

El rendimiento de la campaña resinera de 40 días en 27 árboles de *Pinus tecunumanii* fue de 6,903 Kg, teniendo un promedio de 255,7 g/árbol con un área resinera de 512 cm² cada individuo.

Si bien entre las variables analizadas no se contó con factores climáticos como temperatura y precipitación, ya que estas variables no son controlables; éstos factores aparentemente no mostraron mayor influencia sobre los valores de la cantidad de oleorresina exudada. En el caso de la temperatura, se observó que los valores se mantuvieron casi constantes, mientras que la precipitación, tuvo influencia aparentemente solo en la retención del ácido sobre la zona de la herida. El viento es otro factor climático importante en la resinación al mostrar una influencia negativa ya que se observó que la oleorresina cristalizaba por efecto de fuertes vientos, taponeando los conductos resineros.

Otro factor de influencia negativa, observado en el proceso de resinación, es la proliferación de hongos en las heridas debido a las condiciones que generaban las bolsas plásticas, para eliminar la presencia de estos organismos se procedió al raspado de la madera, esta acción generó la disminución del flujo en las zonas raspadas, por lo que se prefirió agregarle más ácido para controlar este problema.

En la Figura 13 se observa la superficie respuesta de la variación del rendimiento en función de las variables en estudio.

$$\text{Rendimiento} = 255,659 + 86,9833 (\text{Diámetro}) (\text{Orientación})$$

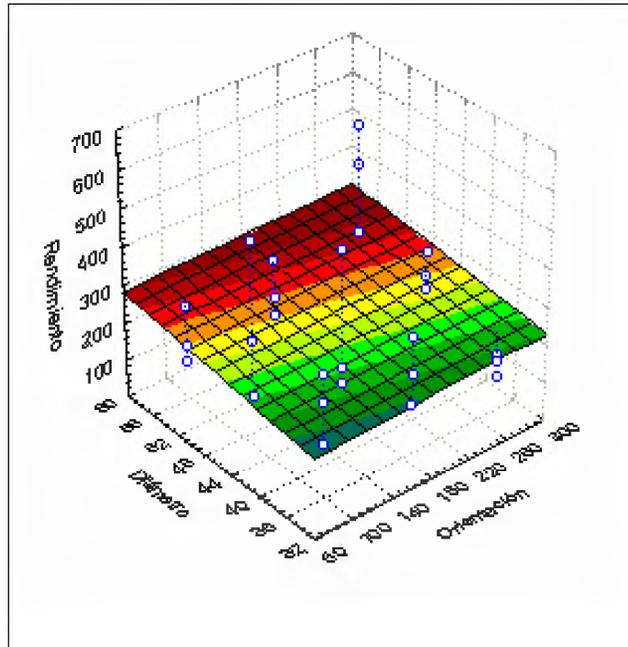


Figura 13 Superficie de respuesta del rendimiento, en relación a la orientación de las caras con respecto al sol y a la clase diamétrica

Tras el análisis de regresión se encontró una relación lineal con influencia positiva del diámetro y la orientación de las caras con respecto al sol en efecto combinado, observándose que ésta fue significativa, aunque el grado de asociación, como modelo de ecuación de predicción fue relativamente baja (coeficiente R^2 aproximadamente 21 %).

Si bien es cierto que la influencia significativa se da por efecto combinado, cabe resaltar que Ruiz (1938), señala que la producción de oleoresina aumenta con el diámetro, al menos hasta los 50 centímetros y luego decrece. En el análisis estadístico realizado a esta prueba, se halló una superficie de respuesta con efecto positivo del diámetro, mostrándose una mayor pendiente respecto a la orientación de las caras; ésta variación se puede observar en la Figura 13. En

cuanto a la orientación con respecto al sol, cabe resaltar que a mayor ángulo no corresponde necesariamente un mayor rendimiento de resina; el rendimiento depende más de la intensidad de rayos solares que reciba la herida. Los niveles más influenciados por los rayos solares fueron 90° y 270°, lo que se debió a la salida del sol, y el menos favorecido fue a 180° debido que en éste ángulo, el sol esta por ocultarse y la intensidad de radiación es menor.

De acuerdo a Barcenas (1991), para una muestra de 1.000 árboles, se obtuvo una producción promedio mensual (meses de época seca) un total de 1.050 lbs/mes o sea un promedio de 0,476 Kg/árb/mes; de estos datos no se conoce con qué método fue extraído, ni las especificaciones del área resinada. Al encontrar en el presente estudio una producción promedio de 0,192 Kg/mes con apenas un cajón de 32 cm de altura, y proyectando a un cajón de un metro de altura, se tendría 0,599 Kg/árb/mes, con lo que se estaría superando el valor encontrado en la bibliografía por Barcenas, sin considerar la época del año en la cual fue realizado el estudio, ya que es claro que en época seca se obtienen mayores resultados debido al efecto de la temperatura.

4.1.2 INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA OLEORRESINA

A) COLOR

En la clasificación del color de la oleoresina se empleó la tabla Münsell, obteniéndose matices amarillos pasteles de 5y/8/2 y 5y/8/4 (Ver anexo 4.2), la diferencia entre las muestras fue la pureza ya que la totalidad de las muestras presentaron un matiz amarillo con una claridad de ocho, lo que indica una menor intensidad del color, mientras que en la pureza varía de 2 a 4, siendo éste último el más oscuro.

El análisis estadístico mostró una influencia altamente significativa de la orientación de las caras con respecto al sol, presentando una probabilidad de 99,43% (Ver anexo 5.2)

La prueba de color es muy sensible y puede variar de persona a persona, son tres los factores que influyen en el color, el primero es la calidad e intensidad de luz ya que afecta la luz reflejada de la muestra hacia el ojo, la superficie de la oleorresina al ser rugosa en algunos casos también afecta la cantidad de luz reflejada, especialmente cuando no se trabaja en ángulo recto; el último factor es el contenido de humedad de la muestra ya que, el color fluctúa dependiendo de la cantidad de agua presente haciéndose más claro en presencia de humedad y más oscura al secarse.

Los resultados de las variaciones en el color de la oleorresina, en función de la variación de las variables orientación con respecto al sol y clase diamétrica son representadas en la superficie de respuesta de la Figura 14, en donde se observa una pendiente pronunciada, mostrándose que conforme incrementa la orientación, la tonalidad baja, pasando de 5y/8/4, en ángulos de orientación menores (90°) hasta llegar a 5y/8/2 en ángulos mayores (270°).

$$\text{Color} = 3,48148 - 0,555556 (\text{Orientación})$$

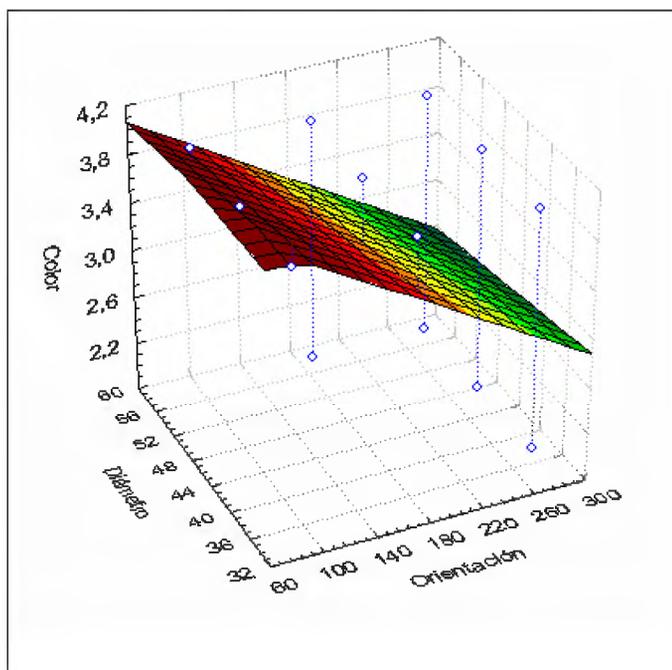


Figura 14 Superficie de respuesta del color, en relación con la orientación de las caras con respecto al sol y la clase diamétrica

El color de oleorresina colectada está directamente relacionado con su calidad, siendo los menos saturados, aquellos que poseen mejor calidad. No se cuenta con una clasificación de colores para la oleorresina, ya que actualmente se comercializa sus derivados, teniendo el método más usado para clasificar la colofonia la escala de la US Naval Stores, especificada en la norma ASTM D 509, en donde se asignan letras para los 15 colores presentes en la escala, desde XC (la más clara), XB, XA, X, WW, WG, N, M, K, I, H, G, F, E, D (oscura).

Los resultados de la prueba de color de la oleorresina del *Pinus tecunumanii*, no puede ser comparada con la escala de la colofonia, ya que la oleorresina es una sustancia rugosa, opaca y de colores pasteles, que tras un proceso de destilación se obtiene colofonia, una sustancia friable, cristalina y con varios tonos de amarillo.

B) CONTENIDO DE HUMEDAD

En el análisis estadístico se encontró una influencia significativa de la variable orientación de las caras con respecto al sol, tanto de manera simple como en efecto combinado con la clase diamétrica; para el primer caso se mostró un coeficiente negativo y para el segundo uno positivo. La variable altura de la línea base no resulta tener influencia significativa para el contenido de humedad de la oleorresina. (Ver anexo 5.3).

Los resultados de las variaciones del contenido de humedad en función de la variación de las variables orientación de las caras con respecto al sol y clase diamétrica son representadas en la superficie de respuesta de la Figura 15, donde se observa que mientras el diámetro muestra una curva descendente para orientaciones de 90° y un efecto contrario al incrementar el ángulo de orientación, aparentemente debido a una influencia de la intensidad de rayos solares recibidos; la variable orientación con respecto al sol presenta una curva de humedad decreciente para diámetros menores y una curva creciente para los rangos mayores.

$$\text{Contenido de Humedad} = 6,1023 + 1,6246 (\text{Diámetro}) (\text{Orientación}) - 2,4041 (\text{Orientación})^2$$

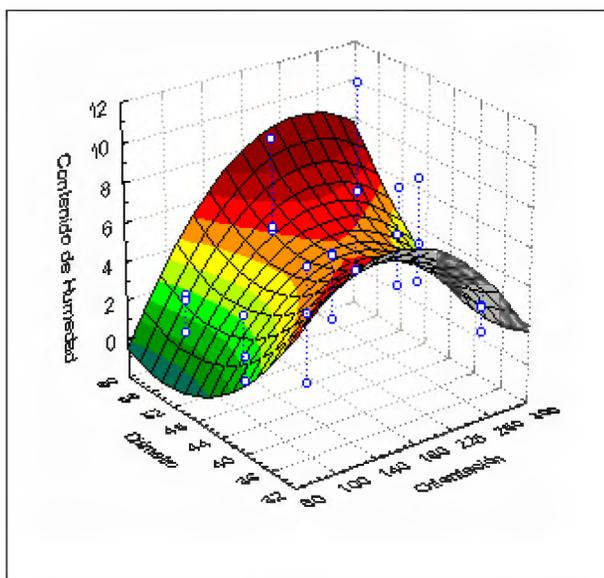


Figura 15 Superficie de respuesta del contenido de humedad, en relación a la clase diamétrica y a la orientación de las caras con respecto al sol.

Los valores del contenido de humedad de las oleorresinas obtenidas tuvieron un valor medio de 6,102 %, con un rango que va desde un 0,225 % hasta 11,023 % (Ver Anexo 4.3). Barry (1932), indica un rango de contenido de humedad de 0,1 a 8,5 % para 35 diferentes especies de oleorresinas, pudiéndose notar que los valores obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro del rango. Si bien por la actividad fisiológica, se espera que por la resinación sólo fluya resina, los árboles con diámetros mayores segregan resina mezclada con humedad proveniente de los tejidos xilemáticos o también de otras zonas del árbol, como de la corteza, teniendo los diámetros mayores influencia directa sobre la humedad.

Los valores altos de humedad pueden haber sido influenciados por el método de protección en el sistema de resinación ya que debido a las grietas presentes en la corteza, la bolsa plástica pudo ceder por las perforaciones de los clavos y dejar filtrar agua de precipitación dentro de los

recipientes colectores, esto podría apreciarse si se hiciera un destilación para separar sus componentes.

C) DENSIDAD APARENTE

En el análisis estadístico de los resultados de densidad aparente, se obtuvo influencia negativa de la combinación de las variables: clase diamétrica y orientación de las caras con respecto al sol, como se observa en la ecuación, aunque con un porcentaje de probabilidad de 93,48 % (Ver anexo 5.4). Asimismo, la ecuación de predicción de densidad aparente a partir de la interacción la clase diamétrica y orientación de caras tiene un bajo coeficiente de regresión (9,5 %). En este caso, se asume que la variabilidad de los resultados de densidad se debe a otros factores no analizados en el presente estudio.

$$\text{Densidad} = 0,99734 - 0,0430942 (\text{Diámetro}) (\text{Orientación})$$

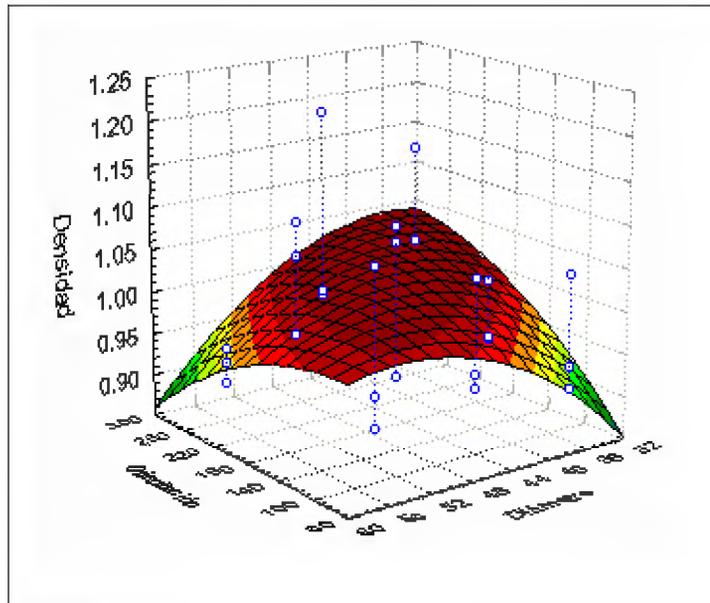


Figura 16 Superficie de respuesta de la densidad aparente, en relación a la clase diamétrica y a la orientación de las caras con respecto al sol.

En la superficie de respuesta representada en la Figura 16, se puede ver una ecuación lineal, cuyos valores de densidad bajos se presentan en dos zonas, la primera se ubica en los valores altos de orientación y a mayores diámetros, la segunda zona se presenta en orientaciones menores y a menor clase diamétrica. Los máximos valores de densidad se encuentran en el punto de inflexión, ubicado en la zona de interacción de estas dos variables, en donde por acción conjunta generan un incremento en densidad de la oleorresina.

Los valores obtenidos en la prueba de densidad de la oleorresina a una temperatura de 20° C varían en un rango de 0,891 a 1,192 g/ml. con una media de 0,997 g/ml. (Ver Anexo 4.4). La variación de los resultados de densidad pueden deberse al estado físico de las oleorresinas ya que las que se encontraban en estado sólido poseen mayor densidad que las más líquidas, esto tiene relación con el porcentaje de trementina y colofonia, ya que la pérdida del primer componente por volatilización compacta más a la oleorresina haciéndola más densa. Por consiguiente, los árboles de menor diámetro y valores altos de orientación influyen en la obtención de una oleorresina con un mayor contenido de colofonia, y menor en trementina, lo que favorece un mayor valor de la densidad aparente de la oleorresina.

De otro lado, la presencia de residuos de corteza y fibras de madera también influyen de manera negativa sobre los valores de la densidad, causando distorsión en los resultados finales (Ver anexo 6), aunque éstas variaciones no resultan ser tan grandes para la oleorresina, perjudican su calidad. La presencia de residuos en las muestras de oleorresina se observa en la Figura 17.

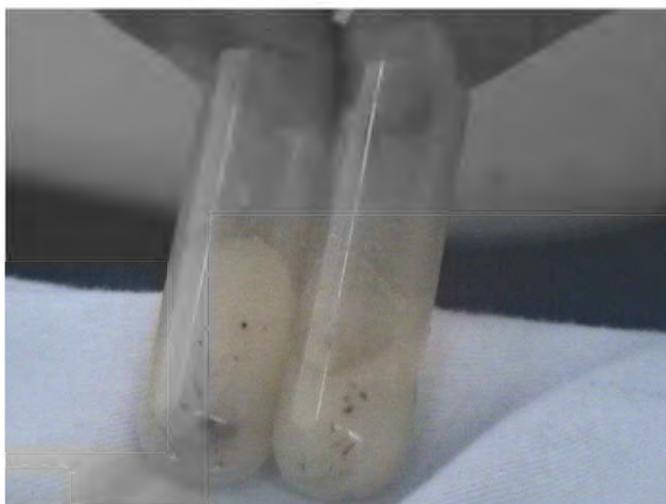


Figura 17 Muestra de oleorresina con presencia de residuos sólidos

No se encontraron datos actuales de densidades de oleorresina para la especie estudiada, los que se han encontrado son las densidades de los componentes comerciales de la oleorresina, colofonia y trementina, donde la Fabrica de Procesamiento de Resina y Trementina de Nahan (2005), los clasifica de acuerdo al grado de calidad, teniéndose para la colofonia 1,052-1,082 g/cm^3 para pálido y medio, mientras que para las oscuras se tiene densidades de 1,052 -1,102 g/cm^3 . Por otro lado la trementina varía entre un 0,812 a un 0,868 g/cm^3 , estos datos se dan a 30 °C, como la densidad es muy sensible a la temperatura, se corrigieron los datos a 20 °C, donde se obtuvieron valores corregidos de: 1,058-1,088 g/cm^3 para una calidad de pálido y medio, y 1,058-1,108 g/cm^3 para las más oscuras, mientras que la densidad corregida de la trementina varía de 0,818-0,874 g/cm^3 . Rosinnet (2005), señala también valores semejantes, encontrando 1,1 g/cm^3 para colofonia y 0,9 g/cm^3 para la trementina. Sin embargo, se tiene los datos de Barry (1932), donde el rango de densidad para diferentes especies de pinos varía de 0,95 a 1,024 g/cm^3 a varias temperaturas. En general se puede decir que la densidad encontrada en la oleorresina del *Pinus tecunumanii* se encuentra dentro del rango propuesto por estos autores.

D) INDICE DE REFRACCION

En los ensayos de índice de refracción (IR) realizados en el refractómetro Abbé para el *Pinus tecunumanii* se encontró un rango de valores que va desde 1,514 - 1,530 N, con una media de 1,523 N, (Ver Anexo 4.5); para este promedio no fueron incluidos los valores correspondientes a las muestras T13 y T27 ya que debido a su consistencia dura el refractómetro no pudo hacer las lecturas correspondientes. El refractómetro empleado tiene un amplio rango, pero está dirigido a análisis de muestras líquidas, es por esto que no se ha encontrado índices de refracción para las oleorresinas de consistencia pegajosa, la única alternativa era diluirlas con un poco de alcohol, pero esta acción alteraría los resultados, por lo que no fueron tomados en cuenta en el análisis.

Rosinnet (2005), señala valores de índice de refracción para la trementina de 1,467 – 1,471 N a 20 °C de temperatura, valores similares son mostrados por la Fabrica de Procesamiento de Resina y Trementina de Nahan (2005), los cuales indican un rango de 1,468-1,475 N a 30 °C. La comparación de los resultados obtenidos por el *Pinus tecunumanii* con los presentados por éstos autores no sería muy válida ya que estamos tratando dos sustancias muy diferentes en composición, la oleorresina de consistencia pegajosa y color contra la trementina, un líquido incoloro.

Fueron tres las consideraciones al manipular el refractómetro, en primera instancia teníamos que homogeneizar las muestras ya que algunas se habían relativamente separado teniendo la parte más líquida encima y la parte sólida abajo, si tomábamos la muestra de la parte de arriba, no estaríamos midiendo el IR para la oleorresina. La segunda consideración fue la limpieza del prisma del refractómetro ya que al calentarse la oleorresina perdía la parte volátil y se volvía más compacta quebrándose en trocitos pudiendo rayar el prisma y generar desvíos en el haz refractado. Y finalmente se tiene que tener cuidado con la luz ya que no se contaba con una lámpara de luz blanca por lo que la nitidez de la línea de separación de las zonas oscura y clara se veía afectada.

$$\text{Índice de Refracción} = 1,52211 - 0,0025 (\text{Diámetro}) (\text{Orientación})$$

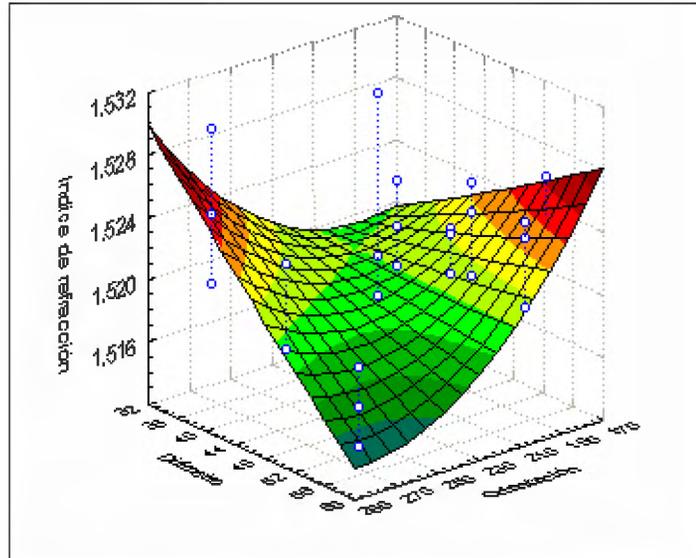


Figura 18 Superficie de respuesta del índice de refracción, en relación a la clase diamétrica y a la orientación de las caras con respecto al sol.

El análisis estadístico generó una ecuación lineal con influencia significativa sobre los valores del índice de refracción, producida por el efecto combinado entre la clase diamétrica y la orientación de las caras con respecto al sol, con una probabilidad de 97,13 % (Ver anexo 5.5). La variación de los resultados de índice de refracción se ven representados en la Figura 18, en donde se observa una curva descendente pronunciada tanto para el diámetro al presentarse en valores altos de orientación, como para la orientación de caras en presencia de valores altos de diámetro. Los valores mínimos se presentan en la zona de influencia combinada de las variables.

En apariencia, la variación de los valores del índice de refracción son los mismos que los que causan la variación de la densidad, en la misma dirección. Dada la definición de densidad y su relación con la refracción, es probable que la variación de ambos resultados tengan las mismas explicaciones.

E) PORCENTAJE DE CENIZAS

El valor del porcentaje de cenizas en la oleorresina del *Pinus tecunumanii* se presenta en un rango de 0,000 a 0,591 % teniendo un valor promedio de 0,194 %. (Ver Anexo 4.6)

En el análisis estadístico se observó que no hubo influencia significativa de ninguna de las tres variables analizadas sobre las variaciones en los valores de cenizas del presente estudio. Por consiguiente, la variación significativa de los resultados de cenizas de las oleorresinas se debe a otras variables que no consideradas en este estudio. (Ver Anexo 5.6).

La variación de los resultados de cenizas, puede ser, sin embargo, explicada en función de la orientación de las caras con respecto al sol, aunque con una probabilidad de 84,54 %. De manera ilustrativa se muestra una superficie de respuesta (Figura 19), observándose que los valores de cenizas disminuyen conforme el ángulo de orientación aumenta.

$$\text{Cenizas} = 0,19443 - 0,0418289 (\text{Orientación})$$

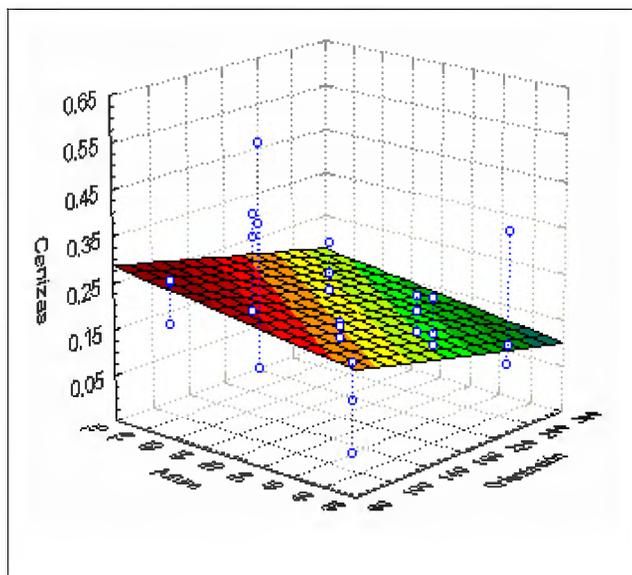


Figura 19 Superficie de respuesta de las cenizas, en relación a la orientación de las caras con respecto al sol y a la altura de la línea base

Barry (1932), señala valores de 0,40 a 4,62 % en contenido de cenizas para oleorresinas de pinos, mientras que Rosinnet y Granel Derivados (2005), señalan valores por debajo de 0.05 % para la colofonia, ya que la trementina al ser una sustancia líquida no produce cenizas al ser tratada bajo éstas condiciones de calor (625 °C por dos horas). Al comparar los valores obtenidos en el presente estudio, con los indicados en la bibliografía, se observa que éstos son comparables a los obtenidos por Barry, pero son elevados al compararlos con los valores obtenidos por Rosinnet y Granel Derivados.

Son dos los factores que influyen principalmente en el porcentaje de cenizas y éstos están ligados al sistema de resinación. El primer factor es el caolín, utilizado para la elaboración del estimulante en pasta, el cual puede mezclarse con la oleorresina y ser imperceptible, pero al momento de calcinarse, se presenta bajo la forma de cenizas, aumentando éste valor y errando los resultados. El segundo factor es la presencia de fibras de madera y pequeños fragmentos de corteza presentes en las muestras de oleorresina, las cuales tienen un porcentaje de cenizas de 0,755 % y 0,365 % respectivamente. Sin embargo, estos residuos se presentan en pequeñas cantidades, influyendo poco en los valores hallados para esta prueba. Una metodología de corrección para este ensayo sería el centrifugar las muestras antes de hacer los análisis para poder separar los residuos de la oleorresina.

F) INDICE DE ACIDEZ

El Índice de Acidez encontrado para el *Pinus tecunumanii* varía en un rango de 185,935 a 247,700 (ml/g) con una media de 227,373 (ml/g). (Ver Anexo 4.7). Barry (1932), indica índices de acidez de 107-174 (ml/g) para diferentes procedencias de oleorresinas, mientras que índices de acidez entre 155 y 160 ml/g son indicados por la Fabrica de Procesamiento de Resina y Trementina de Nahan (2005) para diferentes calidades de colofonias.

El término de acidez total se utiliza para expresar la suma de la acidez volátil y la acidez fija. Mora (1999), la define como la suma de los ácidos en estado libre, valorables cuando se realiza

la neutralización hasta pH 7,0 por adición de una disolución alcalina. La Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA, 2005), por su parte, señala que el índice de acidez total se obtiene al neutralizar con hidróxido de sodio (NaOH) 1M la sustancia, en presencia de un indicador de viraje (azul de bromitínol o fenoftaleína). Este índice se calcula como miligramos de NaOH ó KOH / gramos de sustancia (oleorresina). Para los valores encontrados en la bibliografía, los obtenidos resultan ser elevados por lo que se pensaría que el *Pinus tecunumanii* tendría en su composición mayor cantidad de ácidos grasos libres. Las diversas reacciones de oxidación y enranciamiento de las oleorresinas, se dan por la reactividad de ácidos grasos libres, conforme transcurre el tiempo de almacenamiento; estas reacciones se acentúan y tiene relación con la pérdida de esencia de trementina presente en la oleorresina.

$$\text{Acidez} = 218,322 + 12,4024 (\text{Altura línea base}) (\text{Orientación})$$

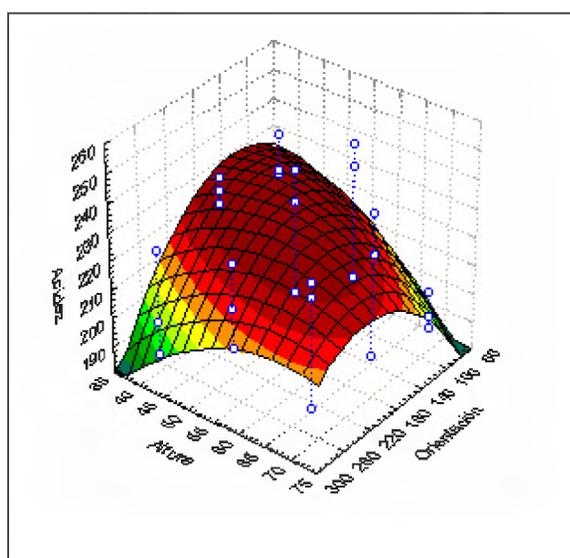


Figura 20 Superficie de respuesta del índice de acidez, en relación a la orientación de las caras con respecto al sol y a la altura de la línea base

Tras el análisis estadístico se encontró una ecuación lineal con influencia directa y significativa del efecto combinado altura de la línea base y la orientación de las caras con respecto del sol, (Ver anexo 5.7)

Según lo observado en la Figura 20, los valores de acidez aumentan por efecto de la interacción de las variables altura de la línea base y orientación de las caras con respecto al sol; donde se observa una curva decreciente con relación a la acidez, teniendo los valores mínimos a 270° y los máximos a 180°. En el caso de la zona de la interacción de estas dos variables, se muestran los valores más altos de índice de acidez, lo que implicaría que la combinación de las variables orientación de las caras con respecto al sol y altura de línea base influyen de manera negativa en la calidad de la oleorresina ya que para que la calidad de la oleorresina sea mayor, los índices de acidez deben ser menores. Los resultados en esta parte del estudio deben tomarse en cuenta para definir la metodología correcta de resinación.

G) INDICE DE SAPONIFICACION

Respecto al índice de saponificación, Soapyworld (2005), lo define como la interacción que hay entre un ácido graso con una solución alcalina en presencia de calor para obtener una hidrólisis completa. Los álcalis son imprescindibles para que ésta reacción se produzca, siendo las más utilizadas, en la fabricación del jabón, la soda (hidróxido de sodio, NaOH) y la potasa (hidróxido potásico, KOH). Es importante resaltar que el índice de saponificación de una grasa es el número que indica la cantidad en miligramos de hidróxido potásico, necesario para neutralizar los ácidos grasos resultantes de la hidrólisis completa de un gramo de muestra (oleorresina). Este índice se utiliza para medir la calidad de la sustancia, mencionando que a mayores índices de saponificación mayor cantidad de ácidos grasos.

Para las muestras de oleorresinas del *Pinus tecunumanii* se encontraron valores en un rango de 95,414 a 233,716 (ml/g), con una media de 197,145 (ml/g). Barry (1932) muestra un rango de 142 a 185 (ml/g) para oleorresinas de diferentes especies, mientras que para la Fabrica de Procesamiento de Resina y Trementina de Nahan (2005), se indican índices de saponificación de 160 a 165 (ml/g). Los valores obtenidos, en el presente estudio, para el *P. tecunumanii* son elevados si los comparamos con los valores presentados por el segundo autor, mientras que, comparados con los valores mencionados por Barry, la mayoría se encuentran dentro de este rango (Ver anexo 4.8).

El análisis estadístico realizado para los valores de índices de saponificación muestra una influencia significativa cuadrática con coeficiente negativo para la orientación de las caras con respecto al sol, con una probabilidad de 95,72 % (Ver anexo 5.8).

$$\text{Saponificación} = 183,593 - 30,3063 (\text{Orientación})^2$$

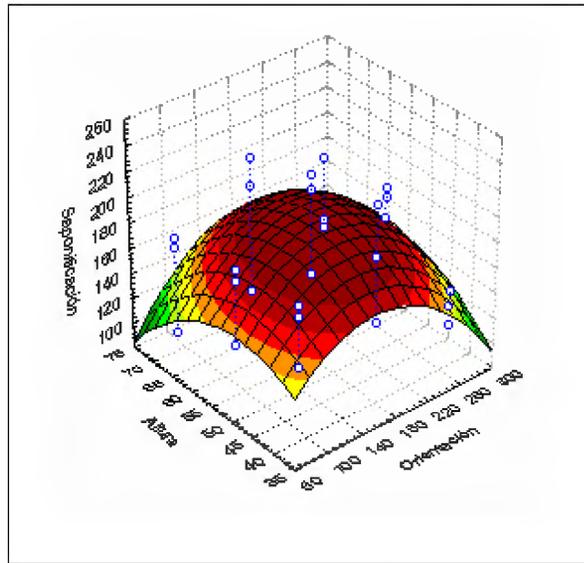


Figura 21 Superficie de respuesta del índice de saponificación, en relación a la orientación de las caras con respecto al sol y a la altura de la línea base

La Figura 21 representa la superficie de respuesta de la variación de los valores de saponificación en función de la orientación de las caras con respecto al sol y a la altura de la línea base. Se observa que a mayor intensidad de rayos solares (270° y 90°), se tienen valores bajos de índices de saponificación, mientras que los altos valores se dan a 180° donde los rayos solares no mostraban mayor intensidad de energía solar. Aunque no se encontró influencia significativa de la variable altura de línea base, en la figura de superficie respuesta se observa que, conforme aumenta la altura de la línea base, los valores de saponificación decaen hasta obtener los valores más bajos encontrados para esta prueba. Si se analiza la región de interacción de éstas variables, se obtienen los valores más altos de saponificación a 180° en orientación y a 55 cm de altura.

4.2 INFLUENCIA DEL SISTEMA DE RESINACION APLICANDO ESTIMULANTE

Para conocer el grado de influencia ejercida por el sistema de resinación aplicado: “sistema de pica de corteza con aplicación de ácido sulfúrico al 70 %” a la población de 27 árboles de *Pinus tecunumanii*, se compararon las medias provenientes de los resultados al aplicar estimulante contra aquellas que no se les aplicó.

En cuanto al rendimiento, se observó que no hay mucha diferencia en cuanto a las muestras en donde se aplicó el estimulante, con las que no se aplicó, esto se debió a que solamente se tomo en cuenta la primera pica. Según Tejedor y Martínez (1994), la primera pica de cada campaña tiene una producción escasa o nula debido a que el líber y la madera se encuentran saturados de agua y el ácido sube muy poco, por lo que la influencia de este no se aprecia de manera significativa. Hay que tener presente que la última pica no debería ser estimulada con el objeto de dejar madera fresca para la siguiente campaña y favorecer la cicatrización. Otra acción que se debería tener en cuenta para impedir la cicatrización es el retiro de la oleoresina cristalinizada adherida a la cara resinera.

Al comparar el contenido de humedad, se observa que las medias se diferencian entre sí en un 0,646 %, (5,183 % para muestras con estimulante y 4,538 % para muestras sin estimulante) por lo que se diría que esta prueba no se ve influenciada significativamente por la presencia del ácido sulfúrico en la herida.

En ambos casos, con la aplicación y sin estimulantes, los valores de densidades arrojan una media similar, teniéndose 1,029 g/ml para las muestras con estimulante y 1,026 g/ml para las muestras testigo. Por lo que se podría afirmar que el sistema de resinación aplicado no tiene influencia significativa con los resultados de densidad.

Para el caso del índice de refracción, tampoco se observa una diferencia del método de resinación aplicado, ya que para las muestras estimuladas se presentó una media de 1,522 N y para las muestras testigo una media de 1,525 N.

En el caso de las cenizas se muestra una influencia importante del estimulante, teniéndose para las oleorresinas extraídas por el sistema con estimulante una media de 0,194 %, mientras que las muestras testigo, obtuvieron un valor de 0,063 %, esta diferencia es importante ya que los valores altos de cenizas generan baja calidad en el producto.

Para la prueba de índices de acidez, no se tuvo una diferencia importante por efecto del estimulante aplicado ya que se halló un valor medio de 227,373 g/ml para oleorresinas extraídas con estimulante y un valor medio de 229,816 g/ml para las oleorresinas sin aplicación del ácido.

En el caso de índice de saponificación, no se tomó el valor promedio de la muestra con código c5 ya que se cree que pudo haber un error, pudiendo alterar el resultado en el cálculo, al presentar un índice de saponificación de apenas 37,129 g/ml,. La media obtenida con la aplicación del estimulante fue de 197,145 g/ml mientras que la hallada sin la presencia del estimulante fue de 111,1 g/ml, esta diferencia importante, y negativa, muestra la influencia del ácido sulfúrico en los índices de saponificación.

5. *CONCLUSIONES*

- Se encontró una influencia significativa del efecto combinado de las variables diámetro y orientación de las caras con respecto al sol en las pruebas de rendimiento, índice de refracción y contenido de humedad, viéndose que conforme los valores combinados incrementaban, el rendimiento aumenta, el índice de refracción disminuye, y el contenido de humedad aumenta.
- El factor orientación de las caras con respecto al sol, tuvo una influencia positiva en la calidad de la oleorresina tanto en el color como en el contenido de humedad, mostrándose que conforme el ángulo de orientación aumenta, el color se hace más claro, y el contenido de humedad a mayor cantidad de rayos solares recibidos disminuye.
- El efecto combinado del factor altura de línea base y orientación de las caras con respecto al sol aumentan el índice de acidez, bajando de esta manera la calidad de la oleorresina.
- Los valores de las variables respuestas: densidad aparente y porcentaje de cenizas no mostraron influencia significativa de ninguna de las tres variables analizadas, explicando la variación de estos resultados obtenidos a otras variables no analizadas
- La presencia de impurezas como fibras de madera o pequeños trozos de corteza, influyeron en el porcentaje de cenizas, densidad y contenido de humedad
- Las propiedades que fueron influenciadas por la aplicación del estimulante fueron el porcentaje de cenizas e índice de saponificación, bajando la calidad de oleorresina obtenida.

6. RECOMENDACIONES

- Efectuar y evaluar sistemas de resinación aplicando estimulantes orgánicos como la cebada.
- Efectuar la investigación de la composición química de la oleorresina del *Pinus tecunumanii*.
- Promover la resinación como parte de la cadena productiva de la industria maderera.

BIBLIOGRAFIA

Alvarez, E. 2005. Extractivos del Arbol (en línea). Directorio Ecológico y Natural. ECOPORTAL. NET. Consultado en jun. 2005. Disponible en: http://www.ecoport.net/contenido/temas_especiales/educacion_ambiental/extractivos_del_arbol

Asociación Coordinadora Indígena y Campesina de Agroforestería Comunitaria Centroamericana (ACICAFOR). 2005. Pymes rurales Comunitarias (en línea). Empresa de Transformación y Comercialización Agroforestal de Honduras (EMCAH). Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://www.acicafoc.net/pymescomunitarias/emcah.php>

Barcenas, A. 1991. Técnica de resinación: Sistema Americano de copa y canal (Cup and gutter). Siguatepeque, HN, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 45p

Barry, T. H., 1932. Natural Resin

Bello M. D.; García, R. 1966. Aprovechamientos combinados de maderas y resinas en México. Memoria de la III Convención Nacional Forestal. MX, A. M. P. F.

Betancourt, Y. y Villalba, M.J. 2000. Guía universitaria: aprovechamiento de la resina de pino. Universidad de Pinar del Río. Facultad de Agronomía y Forestal. Departamento de Producción Forestal.

_____. 2001. El uso de los estimulantes como la vía más inmediata para incrementar los rendimientos de resina en los pinos cubanos. (en línea). AVANCES. CIGET. Pinar del Río 3(1) enero-marzo 2001. Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://www.ciget.pinar.cu/No.%202001-1/resina.htm>

Bockor, I. 1986. Resultados preliminares de los ensayos de especies y procedencias en campo abierto. San Ramón, PE. Proyecto Peruano Alemán de Desarrollo Forestal y Agroforestal en la Selva Central. (Documento de trabajo N° 61).

Borjas, F. 1987. Técnica de resinación. Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, HN. 34p.

Comisión Europea (CE); Programa Internacional de Seguridad química. 2003a. Fichas Internacionales de Seguridad Química N° CAS 8006-64-2. (en línea) Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/nspn1063.htm>

_____. 2003b. Fichas Internacionales de Seguridad Química N° CAS: 8050-09-7. (en línea). Consultado en jun. 2005. Disponible en: http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ic/8050097.htm

Chile Forestal. 1981. Resinación forestal del *Pinus insignis*. P 4-6. (Suplemento de octubre).

Dvorak, W. S., Hodge, G. R. Y Romero, J. L. 2001. Resultados de veinte años de investigación sobre el *Pinus tecunumanii* por CAMCORE. (en línea). Recursos Genéticos Forestales N° 29. Roma, FAO. Consultado en mayo 2005. Disponible en: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/004/Y2316S/y2316s02.htm

Estación de Viticultura y Enología de Galicia (EVEGA). 2005. Sección laboratorio. (en línea). Consultado en mayo 2005. Disponible en: <http://evega.cesga.es/modules/evega/Laboratorio.php>

Fabrica de Procesamiento de Resina y Trementina de Nahan. 2005. Specifications for gum rosin. (en línea). Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://hpsirmaur.nic.in/Rosin1.htm>

Food and Agriculture Organization (FAO). 1995a. Flavours and fragrances of plant origin. (en línea). Non-wood forest products 1. Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/v5350e/V5350e10.htm>

_____.1995b. Non-wood forest products from conifers. (en línea). Non-wood forest products 12. Consultado en mayo 2005. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x0453e/X0453e10.htm>

_____.1995c. Memoria - Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. (en línea). Serie Forestal 1(3). Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t2354s/t2354s0s.htm>

Geocities. 2003. Histología vegetal (en línea). Consultado en jul. 2005. Disponible en: http://espanol.geocities.com/ueb2001/bot_images/resinifero.GIF

Goldstein, I.S. 1979. Productos químicos de la madera (en línea). UNASYLVA (Revista internacional de silvicultura e industrias forestales) 125(31). Roma, FAO. Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/n5525s/n5525s01.htm#productos%20químicos%20derivados%20de%20la%20madera>

González, H. 2004. Guía practica del curso de Industrias con productos diferentes a la madera. Universidad Nacional Agraria la Molina. Departamento de Industrias Forestales

Granel Derivados S.A. 2005. (en línea). Consultado en jun. 2005. Disponible en: http://www.granelderivados.com/productos_colofonia_nat.htm

Infojardin. 2005. Glosario (en línea). Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://www.infojardin.net/glosario/resina/resina-resinas.htm>

Marinas, J. M. 1991. Gran enciclopedia Rialp GER. (en línea) Consultado en jun. 2005. Disponible en: http://www.canalsocial.net/GER/ficha_GER.asp?titulo=RESINAS&cat=quimica

Missouri Botanical Garden (en línea). Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://mobot.mobot.org/W3T/Search/Nicaragua/projsf1nic.html>

Montgomery, D. C. 1991. Diseño y Análisis de experimentos. P. 467. MX

Mora, J. 1999. Prácticas de enología aplicadas a la enseñanza de la química en el bachillerato. Proyecto Atenea - Mercurio del I.E.S. Valdehiero, Toledo.

OFI/CATIE. 2004. Manual de árboles de Centroamérica (en línea). Consultado en mayo 2005. Disponible en:

<http://www.fao-sict.un.hn/especies%20forestales/pinus%20tecunumanni.pdf>

Remington, J. P., Wood H. C. y otros. 1918. Última revisión mayo de 2005. The Dispensatory of the United States of America. Resina. (en línea). Henriette's Herbal Homepage. Consultado en jun. 2005. Disponible en:

http://www.henriettesherbal.com/eclectic/usdisp/pinus-palu_resi.html

Rojas, V. 2005. Apuntes sobre técnicas y tecnología del grabado. (en línea) Cap IV. Universidad de Chile. Consultado en jun. 2005. Disponible en:

<http://www.uchile.cl/cultura/grabadosvirtuales/apuntes/diluyentes.html>

Rosinnet. 2005. Handbook. (en línea). Consultado en jun. 2005. Disponible en:

<http://www.rosinnet.com/handbook.asp>

Ruiz, A. 1938. La resinación en Los Montes de *Pinus pinaster*. Pino Negral de las Llanuras de Castilla, Gráfica Literaria, Valladolid, España. P.142

Sánchez G. 2005. Glosario de artes gráficas, diseño y afines (en línea). Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://www.gusgsm.com/pep06.php?Buscar=Trementina>

Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales (SEMARNAT). 2005. Norma oficial mexicana NOM-026.SEMARNAT-1996. Diario Oficial de la Federación (en línea). Consultado en jun. 2005. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM_02_REC NAT.pdf

Sistema de Gestión para el Manejo de Sustancias Químicas y Residuos Tóxicos (S.Q.R.T). 2005. Fichas de seguridad (en línea). Proyecto Fondef D97F1066. Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://www2.udec.cl/sqrt/fich/TREMENT.htm>

Soapyworld. 2005. La saponificación (en línea). Consultado en mayo 2005. Disponible en: <http://www.soapyworld.com/saponificacion.htm>

Struktol. 2003. Manual del caucho (en línea). Consultado en jun. 2005. Disponible en: http://www.struktol.com/pdfs/Manual_del_caucho.pdf

Tejedor, M. C. y Martínez, Z. P. 1994. Guía universitaria: Nuevas técnicas de resinación. Universidad de Valladolid. Departamento de Producción Vegetal y Silvopascicultura. ES

UNEP-WCMC.2000. Contribution to an evaluation of tree species using the new CITES Listing Criteria (en línea). Annex 2. Profiles of Tree Species: The Americas. P.235 Consultado en jun 2005. Disponible en: http://www.unep-wcmc.org/species/tree_study/pdfs/2_esp.pdf

Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). 2005. Hipertextos del área de la biología (en línea). Facultad de agroindustrias. Argentina. Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://fai.unne.edu.ar/biologia/plantas/maderas.htm>

Wikipedia. 2005. The free encyclopedia. Materials-botany (en línea). Consultado en jun. 2005. Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Rosin>

Zagar de Quevedo, A., Ibaiondo, L., Poyales, M. 2003. El árbol como materia prima (en línea). Temas de química industrial, libro 12. Consultado en jun. 2005. Disponible en:
<http://www.sc.ehu.es/iawfemaf/archivos/materia/industrial/libro-12.PDF>

ANEXO 1

1.1 IMPORTACIONES DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES POR PRODUCTO EN EL AÑO 2003

DESCRIPCIÓN	VALOR CIF (US\$)	PESO NETO (kg)
Caucho	8.445.880,28	8.172.766,20
Gomas, resinas, gomorresinas naturales	5.237.384,37	499.469,24
Extractos, curtientes o tintóreos	1.643.743,83	1.391.369,48
Semillas, plantas y frutos	847.823,18	273.959,68
Muebles de materia vegetal	615.206,20	146.301,56
Manufacturas de espartería o cestería	450.009,35	126.385,94
Aceites esenciales y resinoides para perfumería	251.312,06	20.120,20
Materia trenzable y demás productos	63.155,46	55.642,41
Total	17.554.514,73	10.686.014,71

Fuente: Superintendencia Nacional de Administración Tributaria – SUNAT

Elaboración: Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA - Intendencia Forestal y de Fauna Silvestre - IFFS

**1.2 IMPORTACIONES DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES
POR PAIS EN EL AÑO 2003**

Partidas	Descripción de partida	País de procedencia	Valor FOB (US\$)	Valor CIF (US\$)	Peso neto (Kg.)
1301909000	Demás gomas, resinas, gomorresinas, y oleorresinas naturales	Estados Unidos	24 409,05	28 524,07	7 392,39
		Bélgica	16 685,56	18 667,62	3 368,25
		Colombia	16 259,40	17 201,42	9 979,03
		Alemania	8 488,05	9 056,51	370,28
		Reino unido	906,54	945,12	221,70
		España	256,80	268,04	2,00
		Ecuador	64,90	177,49	10,00
		Chile	111,25	124,73	240,24
		Bolivia	51,00	54,11	4,23
		India	8,35	10,17	0,20
		Argentina	6,00	6,31	1,00
Total			67 346, 90	75 035,59	21 589,32

Fuente: Superintendencia Nacional de Administración Tributaria – SUNAT

Elaboración: Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA - Intendencia Forestal y de Fauna Silvestre - IFFS

ANEXO 2

PLAN DEL ENSAYO DE INTRODUCCION DEL PINUS PATULA SSP. TECUNUMANII EN LA PROVINCIA DE OXAPAMPA

(Bockor. I., 1986)

Características del lugar del ensayo:

Lugar:	Fundo Ideal
Altitud:	1850m.s.n.m.
Pendiente:	70%
Vegetación original:	Pasto gordura
pH:	5,2 – 5,8

Características de las parcelas en el ensayo de introducción:

Diseño:	Bloques completos al azar
Parcela:	49 árboles (7x7)
Distanciamiento:	3x3m.
Área total:	1,59 ha.
Nº de bloques:	3
Establecimiento:	Diciembre 1982

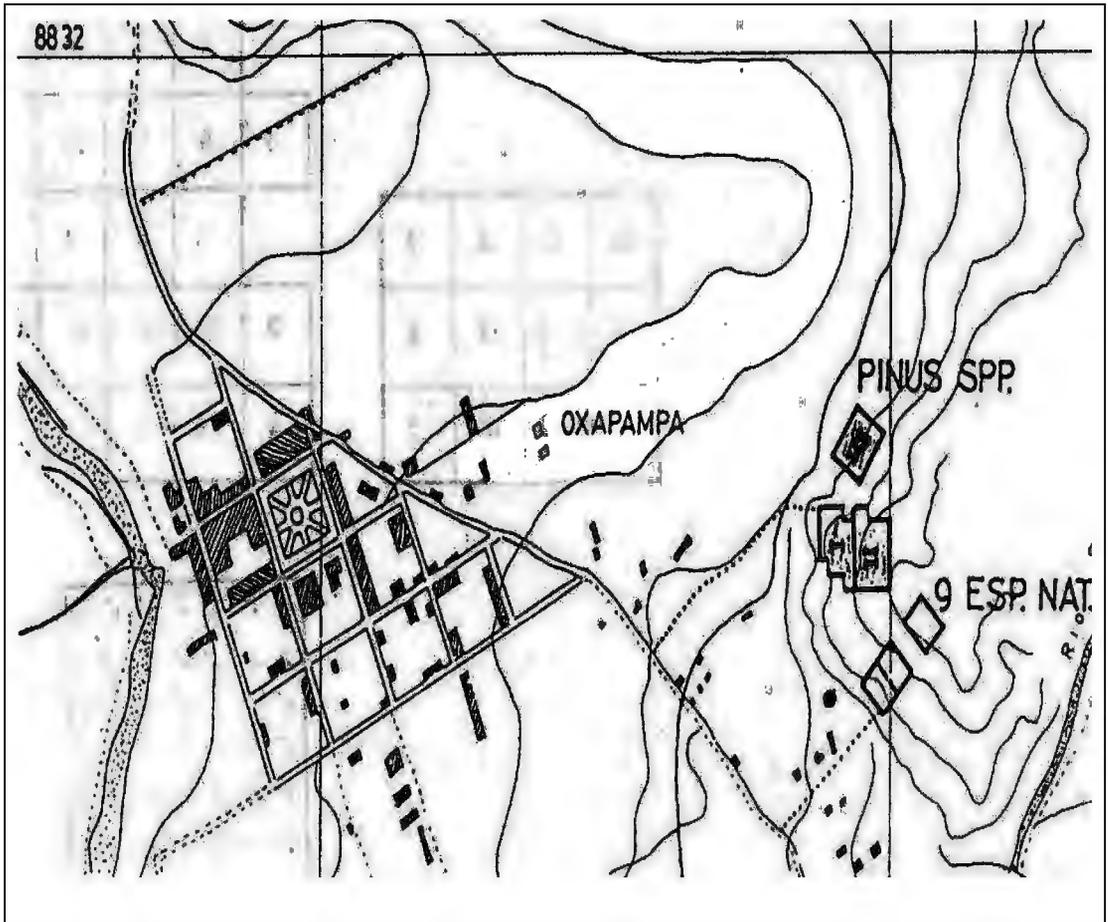


Figura 22 Croquis de ubicación del Fundo Ideal

Relación de especies y procedencias

Nº	Especie	Procedencia	Latitud	Longitud	Altitud s.n.m.
1	<i>Pinus oocarpa</i>	Mountain Pine Ridge/Belize	17°00' N	88°55' W	700 m
2	<i>Pinus oocarpa</i>	Mal Paso/Guatemala	15°11' N	89°21' W	1000 m
3	<i>Pinus oocarpa</i>	Pimientilla/Honduras	14°54' N	87°30' W	650-850 m
	<i>Pinus patula</i>				
4	<i>ssp. tecunumanii</i>	San Rafael del Norte/Nicaragua	13°14' N	86°08' W	1200 m
	<i>Pinus patula</i>				
5	<i>ssp. tecunumanii</i>	Ycul/Nicaragua	12°55' N	85°47' W	900 m.
6	<i>Pinus oocarpa</i>	La Unión/Honduras	14°32' N	86°38' W	800 m
	<i>Pinus caribaea v.</i>				
7	<i>hondurensis</i>	La Mosquitia/Honduras	15°00' N	84°00' W	11-170 m
	<i>Pinus caribaea v.</i>				
8	<i>hondurensis</i>	Poptun/Guatemala	16°21' N	89°25' W	500 m
	<i>Pinus caribaea v.</i>				
9	<i>hondurensis</i>	Los Limones/Honduras	14°03' N	86°42' W	700 m
	<i>Pinus caribaea v.</i>				
10	<i>hondurensis</i>	Concordia/Honduras	14°40' N	86°40' W	600 m
	<i>Pinus caribaea v.</i>				
11	<i>hondurensis</i>	Llanos de Alamicamba/Nicaragua	13°34' N	84°17' W	20-30 m
	<i>Pinus caribaea v.</i>				
12	<i>bahamensis</i>	B.A.I.L., Andros Island	24°30' N	78°20' W	3 m

Distribución espacial del diseño

			11	7	3	2
			1	5	8	10
	5		6	9	12	4
			7	6	1	8
		2	10	12	11	
		4	9	3		
10	11	8	3			
1	4	7	6			
9	2	12	5			

ANEXO 3

3.1 PLANTILLAS CLIMATOLÓGICAS DEL MES DE ENERO DEL AÑO 2005

Días	Temperatura del aire (C)									Humedad del aire						Preci pitación (mm)
	Extrema					termómetro seco				Humedad relativa (%)						
	Min	Hora	Máx	Hora	Media	7	13	19	Media	7	13	19	Media	Min	Máx	
1	13	6	23	13	19,5	14	23	16	17,7	98	80	98	92,0	72	98	0,8
2	15	7	24	13	19,5	15	24	17	18,7	98	80	98	92,0	72	98	6,4
3	16	7	20	16	18,0	16	18	16	16,7	100	90	98	96,0	75	100	15,2
4	14	20	20	15	17,0	16	19	16	17,0	100	90	98	96,0	65	100	28,2
5	12	24	22	15	17,0	15	21	15	17,0	100	90	100	96,7	60	100	12,2
6	13	6	24	13	18,5	14	24	16	18,0	100	70	95	88,3	55	100	0,6
7	13	4	23	11	18,0	15	21	16	17,3	100	70	95	88,3	64	100	1,2
8	13	6	24	13	18,5	14	24	16	18,0	100	60	95	85,0	55	100	0,0
9	13	4	24	13	18,5	15	24	16	18,3	100	60	98	86,0	50	100	0,0
10	13	7	20	17	16,5	13	17	16	15,3	100	95	98	97,7	77	100	0,8
Suma	135		224		181				174,0				918,0	645	996	65,4
11	13	6	22	15	17,5	15	21	16	17,3	100	80	98	92,7	57	100	2,8
12	13	4	23	11	18,0	14	18	17	16,3	100	95	96	97,0	57	100	3,2
13	14	6	24	13	19,0	15	24	17	18,7	100	90	98	96,0	62	100	3,6
14	15	22	25	12	20,0	16	23	15	18	100	75	98	91,0	62	100	20,6
15	14	6	26	13	20,0	15	26	17	19,3	100	70	98	89,3	60	100	0,0
16	16	2	20	13	18,0	17	20	16	17,7	100	80	98	92,0	76	100	0,0
17	15	7	24	14	19,5	15	23	18	18,7	100	60	95	85,0	52	100	0,0
18	14	24	22	13	18,0	16	22	17	18,3	98	75	90	87,7	58	98	0,0
19	12	5	25	13	18,5	14	25	19	19,3	98	60	95	84,3	60	98	4,6
20	14	7	24	15	19,0	14	22	17	17,7	98	70	95	87,7	60	98	0,0
Suma	140		235		187,5				181,3				902,7	604	994	34,8
21	12	24	25	13	18,5	15	25	16	18,7	98	70	95	87,7	54	98	1,8
22	11	6	22	14	16,5	12	21	17	13,3	100	70	95	88,3	65	100	0,0
23	14	5	26	13	20,0	16	26	19	20,3	100	65	95	86,7	55	100	0,0
24	14	24	19	17	16,5	16	17	17	16,7	100	95	95	96,7	70	100	7,2
25	14	7	22	11	18,0	14	19	17	16,7	100	90	98	96,0	68	100	0,6
26	16	7	21	13	18,5	16	21	18	18,3	100	80	95	91,7	75	100	0,0
27	14	21	22	15	18,0	15	19	16	17,3	100	85	98	94,3	70	100	0,0
28	15	22	23	13	19,0	16	13	17	18,7	100	70	98	89,3	55	100	0,0
29	14	5	24	15	19,0	16	22	18	18,7	100	80	95	91,7	62	100	3,2
30	16	7	22	15	19,0	16	20	17	17,7	100	80	98	92,7	64	100	1,4
31	15	7	24	12	19,5	15	23	16	18	100	70	98	89,3	50	100	3,3
Suma	155		250		202,5				194,4				1004	688	1098	17,5
Total	430		709		571				549,7				2825	1937	3088	117,7

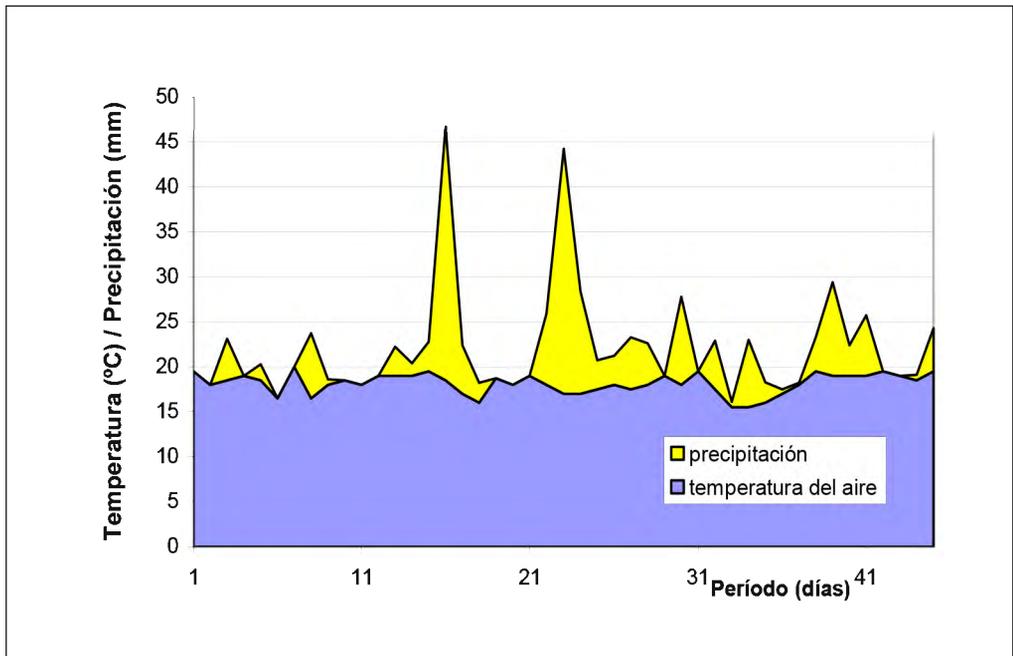
3.2 PLANTILLAS CLIMATOLOGICAS DEL MES DE FEBRERO DEL AÑO 2005

Días	Temperatura del aire (C)									Humedad del aire						Preci pitación (mm)
	Extrema					termómetro seco				Humedad relativa (%)						
	Mín	Hora	Máy	Hora	Media arit.	7	13	19	Media arit.	7	13	19	Media arit.	Mín	Máy	
1	15	7	22	11	18,5	15	20	17	17,3	100	75	100	91,7	65	100	28,2
2	14	24	20	14	17,0	15	19	15	16,3	100	85	98	94,3	78	100	5,4
3	14	7	18	13	16,0	14	18	16	16,0	100	95	100	98,3	85	100	2,2
4	14	21	23	15	18,7	15	20	15	16,7	100	70	95	88,3	64	100	0,0
5	13	2	23	14	18,0	15	22	16	17,7	100	70	95	88,3	62	100	0,0
6	14	6	24	13	19,0	15	24	18	19,0	100	60	90	83,3	52	100	0,0
7	14	7	22	11	18,0	14	18	17	16,3	100	90	98	96,0	70	100	7,9
8	15	7	19	13	17,0	15	19	17	17,0	100	90	98	96,0	52	100	27,2
9	14	7	20	13	17,0	14	20	17	17,0	100	85	98	94,3	54	100	11,4
10	14	6	21	13	17,5	15	21	18	18,0	100	80	98	92,7	62	100	3,2
Suma	141		212		176,7				171,3				923,3	644	1000	85,5
11	15	7	21	14	18,0	15	20	16	17,3	100	90	96	95,3	60	100	3,2
12	14	7	21	14	17,5	14	20	16	16,7	100	80	98	92,7	64	100	5,8
13	14	6	22	13	18,0	15	22	16	17,7	100	80	98	92,7	62	100	4,6
14	15	7	23	13	19,0	15	23	17	18,3	100	70	98	89,3	62	100	0,0
15	14	4	22	14	18,0	15	21	17	17,7	100	80	98	92,7	68	100	9,8
16	15	22	24	13	19,5	16	24	17	19,0	100	70	98	89,3	66	100	0,0
17	14	5	21	13	17,5	16	21	16	17,7	100	80	100	93,3	74	100	5,4
18	13	24	18	13	15,5	15	18	15	16,0	100	85	100	95,0	81	100	0,6
19	13	4	18	15	15,5	16	17	14	15,7	100	85	100	95,0	70	100	7,5
20	13	6	19	16	16,0	14	17	16	15,7	100	95	100	98,3	82	100	2,3
Suma	140		209		174,5				171,6				933,7	689	1000	39,2
21	13	24	22	13	17,0	14	22	17	17,7	100	90	100	96,7	70	100	0,5
22	13	2	23	14	18,0	14	21	16	17,0	100	75	98	91,0	65	100	0,2
23	15	7	24	13	19,5	15	24	17	18,7	100	80	98	92,7	65	100	3,8
24	14	4	24	15	19,0	15	23	18	18,7	100	60	98	86,0	60	100	10,4
25	14	24	24	13	19,0	17	24	17	19,3	100	80	98	92,7	65	100	3,4
26	15	6	23	13	19,0	16	23	17	18,7	100	90	100	96,7	70	100	6,7
27	14	24	25	13	19,5	17	25	17	19,7	100	70	98	89,3	60	100	0,0
28	15	7	23	16	19,0	15	21	18	18,0	100	80	95	91,7	65	100	0,0
Suma	113		188		150				147,7				736,7	520	800	25
Total	394		609		501,2				490,6				2593,7	1853	2800	149,7

3.3 PLANTILLAS CLIMATOLOGICAS DEL MES DE MARZO DEL AÑO 2005

Días	Temperatura del aire (C)									Humedad del aire						Preci pitación (mm)
	Extrema					Termómetro seco				Humedad relativa (%)						
	Mín	Hora	Máx	Hora	Media arít.	7	13	19	Media arít.	7	13	19	Media arít.	Mín	Máx	
1	14	6	23	15	18,5	15	21	16	17,3	100	80	95	91,7	65	100	0,6
2	14	6	25	12	19,5	15	23	17	18,3	100	80	98	92,7	70	100	4,8
3	15	7	19	15	17,0	15	17	16	16,0	100	95	100	98,3	60	100	1,2
4	14	6	24	15	19,0	15	21	16	17,3	100	90	100	96,7	75	100	4,6
5	13	5	25	15	19,0	15	23	17	18,3	100	60	95	85,0	60	100	0,0
6	13	24	20	11	16,5	15	19	16	16,7	100	90	98	96,0	70	100	2,2
7	13	7	23	13	18,0	13	23	16	17,3	100	70	100	90,0	65	100	0,5
8	13	7	24	15	18,5	13	22	18	17,7	100	90	100	96,7	65	100	0,6
9	13	6	24	13	18,5	14	24	17	18,3	100	80	98	92,7	70	100	3,4
10	14	7	23	13	18,5	14	23	18	18,3	100	80	98	92,7	60	100	21,4
11	13	6	24	15	18,5	14	22	17	17,7	100	95	100	98,3	70	100	2,3
12	14	7	23	13	18,5	14	23	16	17,7	100	80	98	92,7	60	100	0,0
13	13	7	24	13	18,5	13	24	17	18,0	100	80	98	92,7	65	100	26,5

3.4 CLIMATOGRAMA DURANTE LOS CUARENTA DIAS DEL PERIODO RESINERO



ANEXO 4

4.1 DETERMINACION DEL RENDIMIENTO EN LA OLEORRESINA

V1	V2	V3	Código	1° Pica	2° Pica	3° Pica	4° Pica	Total de oleorresina por individuo
				Po (g)	Po (g)	Po (g)	Po (g)	
30-40	40	90	T 15	56,1	120,6	46,4	131,7	354,8
30-40	40	180	T 5	68,1	117,1	41,8	107,5	334,5
30-40	40	270	T 23	19,6	69,5	26,9	57,6	173,6
30-40	55	90	T 8	33,7	100,8	63,6	80,3	278,4
30-40	55	180	T 4	35,1	23,0	21,7	75,6	155,4
30-40	55	270	T 25	28,2	28,0	24,6	38,5	119,3
30-40	70	90	T 1	14,7	46,0	43,8	70,6	175,1
30-40	70	180	T 9	40,4	98,5	33,6	65,5	238,0
30-40	70	270	T 14	29,2	53,4	38,8	38,2	159,6
40-50	40	90	T 20	50,0	114,2	25,7	119,8	309,7
40-50	40	180	T 6	9,8	9,7	11,3	50,1	80,9
40-50	40	270	T 18	69,0	67,0	134,4	54,5	324,9
40-50	55	90	T 3	88,2	92,8	164,3	221,3	566,6
40-50	55	180	T 12	8,4	32,9	4,9	75,7	121,9
40-50	55	270	T 10	20,1	49,7	52,3	139,5	261,6
40-50	70	90	T 7	24,5	58,0	33,0	48,9	164,4
40-50	70	180	T 24	123,9	106,0	107,1	98,2	435,2
40-50	70	270	T 22	35,0	83,5	55,6	50,3	224,4
50-60	40	90	T 19	26,3	19,7	42,2	35,2	123,4
50-60	40	180	T 27	15,5	24,5	32,3	63,8	136,1
50-60	40	270	T 2	24,4	55,0	36,7	142,3	258,4
50-60	55	90	T 21	39,6	83,0	46,2	101,9	270,7
50-60	55	180	T 11	50,5	138,6	45,9	54,6	289,6
50-60	55	270	T 16	68,1	104,4	87,3	184,1	443,9
50-60	70	90	T 17	31,3	52,4	7,4	76,5	167,6
50-60	70	180	T 13	19,0	68,8	43,7	55,9	187,4
50-60	70	270	T 26	93,4	103,5	189,6	160,9	547,4
TOTAL				1122,1	1920,6	1461,1	2399,0	6902,8

V1: Clase diamétrica

V2: Altura línea base

V3: Dirección del sol

Po: Peso de oleorresina

4.2 DETERMINACION DEL COLOR DE LA OLEORRESINA

V1	V2	V3	Código	Color
30-40	40	90	T 15	5Y/8/4
30-40	40	180	T 5	5Y/8/4
30-40	40	270	T 23	5Y/8/2
30-40	55	90	T 8	5Y/8/4
30-40	55	180	T 4	5Y/8/4
30-40	55	270	T 25	5Y/8/4
30-40	70	90	T 1	5Y/8/4
30-40	70	180	T 9	5Y/8/4
30-40	70	270	T 14	5Y/8/2
40-50	40	90	T 20	5Y/8/4
40-50	40	180	T 6	5Y/8/4
40-50	40	270	T 18	5Y/8/2
40-50	55	90	T 3	5Y/8/4
40-50	55	180	T 12	5Y/8/4
40-50	55	270	T 10	5Y/8/4
40-50	70	90	T 7	5Y/8/4
40-50	70	180	T 24	5Y/8/4
40-50	70	270	T 22	5Y/8/2
50-60	40	90	T 19	5Y/8/4
50-60	40	180	T 27	5Y/8/4
50-60	40	270	T 2	5Y/8/4
50-60	55	90	T 21	5Y/8/4
50-60	55	180	T 11	5Y/8/2
50-60	55	270	T 16	5Y/8/2
50-60	70	90	T 17	5Y/8/4
50-60	70	180	T 13	5Y/8/2
50-60	70	270	T 26	5Y/8/4

4.3 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA OLEORRESINA

Código	1º Repetición			2º Repetición		
	Ph (O) (g)	Ps (O) (g)	CH (%)	Ph (O) (g)	Ps (O) (g)	CH (%)
T 15	0,8251	0,7742	6,1689	1,029	0,9783	4,9271
T 5	0,7963	0,7146	10,2600	0,6619	0,5943	10,2130
T 23	0,4674	0,4505	3,6157	0,638	0,6224	2,4451
T 8	0,7699	0,7534	2,1431	1,2384	1,2111	2,2045
T 4	0,9169	0,8647	5,6931	0,9773	0,9257	5,2799
T 25	0,7982	0,7867	1,4407	0,508	0,4989	1,7913
T 1	0,9714	0,8941	7,9576	1,0553	0,9738	7,7229
T 9	0,8830	0,8181	7,3499	0,493	0,4509	8,5396
T 14	0,5592	0,5429	2,9149	0,794	0,7704	2,9723
T 20	0,5527	0,5409	2,1350	1,3793	1,3679	0,8265
T 6	1,2166	1,1955	1,7343	1,2195	1,1950	2,0090
T 18	0,5872	0,5611	4,4448	0,7919	0,7579	4,2935
T 3	1,1236	1,0828	3,6312	1,1094	1,0696	3,5875
T 12	0,6821	0,6409	6,0402	0,3482	0,3322	4,5951
T 10	0,5543	0,5104	7,9199	0,5944	0,5493	7,5875
T 7	1,0226	1,0210	0,1565	0,9863	0,9834	0,2940
T 24	0,6383	0,6038	5,4050	0,6928	0,658	5,0231
T 22	0,7623	0,7465	2,0727	1,0277	1,0000	2,6953
T 19	0,9248	0,8824	4,5848	0,4884	0,4837	0,9623
T 27	1,1408	1,0395	8,8797	0,7003	0,6309	9,9100
T 2	1,1120	1,1006	1,0252	1,0475	1,0343	1,2601
T 21	0,7561	0,7376	2,4468	0,9881	0,9637	2,4694
T 11	0,4814	0,4690	2,5758	0,5746	0,5361	6,7003
T 16	0,6265	0,5570	11,0934	0,7943	0,7073	10,9530
T 17	1,0220	1,0072	1,4481	1,0716	1,0699	0,1586
T 13	0,8797	0,8432	4,1491	0,3957	0,3740	5,4840
T 26	0,4027	0,3774	6,2826	0,5909	0,5643	4,5016

Ph (O): Peso húmedo de la oleorresina

Ps (O): Peso seco de la oleorresina

%CH: Porcentaje del Contenido de Humedad

4.4 DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE DE LA OLEORRESINA

Cód	1º Repetición				2º Repetición				Tº (°C)
	P O	Vol	D	Dc	P O	Vol	D	Dc	
	(g)	(cm³)	(g/cm³)	(g/cm³)	(g)	(cm³)	(g/cm³)	(g/cm³)	
T 15	2,4122	2,6719	0,9028	0,9062	3,1629	3,3081	0,9561	0,9595	25,6
T 5	2,6601	2,9264	0,9090	0,9121	2,8695	3,0536	0,9397	0,9428	25,2
T 23	3,2347	3,3081	0,9778	0,9823	3,8552	3,6898	1,0448	1,0493	27,4
T 8	1,8039	1,7813	1,0127	1,0171	2,0181	1,9085	1,0574	1,0619	27,4
T 4	3,1761	3,1809	0,9985	1,0018	2,5216	2,5447	0,9909	0,9942	25,5
T 25	1,7099	1,6540	1,0338	1,0381	2,7891	2,2902	1,2178	1,2222	27,3
T 1	2,1206	2,4175	0,8772	0,8812	2,2425	2,4175	0,9276	0,9316	26,7
T 9	3,5030	3,6898	0,9494	0,9520	2,7589	3,0536	0,9035	0,9061	24,4
T 14	2,3946	2,4175	0,9905	0,9950	3,2848	3,1809	1,0327	1,0371	27,4
T 20	2,7802	2,7992	0,9932	0,9977	4,1256	3,6898	1,1181	1,1225	27,4
T 6	3,2841	3,1809	1,0325	1,0370	3,2050	2,9264	1,0952	1,0997	27,5
T 18	2,9764	2,9264	1,0171	1,0208	1,8748	2,0358	0,9209	0,9247	26,2
T 3	2,7741	3,0536	0,9085	0,9115	2,4318	2,5447	0,9556	0,9586	25,0
T 12	2,1085	1,9085	1,1048	1,1083	2,2959	2,1630	1,0614	1,0649	25,8
T 10	3,2071	3,3081	0,9695	0,9740	3,4734	3,5626	0,9750	0,9795	27,5
T 7	2,7428	2,7992	0,9799	0,9828	2,9146	3,1809	0,9163	0,9192	24,9
T 24	3,2319	3,5626	0,9072	0,9110	2,3011	2,5447	0,9043	0,9081	26,4
T 22	2,0290	1,7813	1,1391	1,1435	2,2032	1,7813	1,2369	1,2413	27,4
T 19	2,2166	2,0358	1,0888	1,0933	1,5043	2,0358	0,7389	0,7434	27,4
T 27	1,3196	1,1451	1,1524	1,1556	2,0626	2,0833	0,9900	0,9933	25,4
T 2	2,4900	2,7992	0,8896	0,8926	2,4941	2,6719	0,9334	0,9365	25,1
T 21	4,1717	3,8170	1,0929	1,0974	3,8889	3,5626	1,0916	1,0961	27,5
T 11	2,9025	2,6719	1,0863	1,0907	4,3212	3,8170	1,1321	1,1365	27,4
T 16	2,7678	3,1809	0,8701	0,8730	2,4188	2,6719	0,9053	0,9081	24,7
T 17	2,6635	2,7992	0,9515	0,9542	2,5441	2,6719	0,9522	0,9549	24,5
T 13	1,6961	1,7813	0,9522	0,9554	1,8082	1,7813	1,0151	1,0184	25,4
T 26	3,1505	3,4353	0,9171	0,9198	2,3888	2,5447	0,9387	0,9415	24,6

P O: Peso de oleorresina

Vol: Volumen

D: Densidad

Dc: Densidad corregida a 20°C

4.5 DETERMINACION DEL INDICE DE REFRACCION DE LA OLEORRESINA

Código	Consistencia	1° Repetición	2° Repetición
T 15	B	1,518	1,518
T 5	B	1,517	1,517
T 23	C	1,524	1,524
T 8	D	1,528	1,529
T 4	B	1,522	1,523
T 25	D	1,529	1,53
T 1	A	1,516	1,515
T 9	B	1,519	1,52
T 14	C	1,521	1,518
T 20	C	1,523	1,521
T 6	D	1,524	1,525
T 18	A	1,523	1,523
T 3	A	1,519	1,519
T 12	C	1,522	1,523
T 10	B	1,518	1,517
T 7	A	1,521	1,522
T 24	A	1,518	1,519
T 22	D	1,523	1,523
T 19	C	1,519	1,519
T 27	E	-	-
T 2	B	1,514	1,513
T 21	C	1,524	1,523
T 11	D	1,526	1,528
T 16	A	1,516	1,516
T 17	B	1,524	1,525
T 13	D	-	-
T 26	A	1,519	1,518

Consistencia:

A: Muy blanda

B: Moderadamente blanda

C: Espesa

D: Dura

4.6 DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE CENIZAS EN LA OLEORRESINA

Código	1ª Repetición			2ª Repetición		
	Pi O (g)	Pf C (g)	C (%)	Pi O (g)	Pf C (g)	C (%)
T 15	5,1973	0,0065	0,1251	3,1183	0,0031	0,0994
T 5	5,0279	0,0113	0,2247	3,1011	0,0046	0,1483
T 23	4,5524	0,0172	0,3778	4,3282	0,0135	0,3119
T 8	3,6237	0,0030	0,0828	3,3102	0,0364	1,0996
T 4	3,2790	0,0027	0,0823	2,6557	0,0044	0,1657
T 25	3,2740	0,0031	0,0947	2,9610	0,0017	0,0574
T 1	2,6603	0,0053	0,1992	2,9437	0,0035	0,1189
T 9	3,0850	0,0086	0,2788	3,4689	0,0106	0,3056
T 14	2,9652	0,0071	0,2394	3,0007	0,0093	0,3099
T 20	2,8870	0,0070	0,2425	2,8652	0,0040	0,1396
T 6	2,3374	0,0097	0,4150	2,1037	0,0023	0,1093
T 18	5,1334	0,0069	0,1344	2,2809	0,0015	0,0658
T 3	3,0786	0,0030	0,0974	3,0874	0,0044	0,1425
T 12	5,9530	0,0108	0,1814	3,4518	0,0046	0,1333
T 10	4,8728	0,0083	0,1703	2,9889	0,0042	0,1405
T 7	3,4578	0,0081	0,2343	2,8769	0,0076	0,2642
T 24	5,5610	0,0090	0,1618	3,3582	0,0032	0,0953
T 22	2,8357	0,0100	0,3526	2,7058	0,0025	0,0924
T 19	2,8842	-0,0216	0,0000	2,4828	-0,0002	0,0000
T 27	3,0889	0,0053	0,1716	3,2619	0,0050	0,1533
T 2	3,0872	0,0020	0,0648	3,0812	0,0015	0,0487
T 21	5,4594	0,0249	0,4561	3,0336	0,0118	0,3890
T 11	4,9980	0,0104	0,2081	3,2579	0,0029	0,0890
T 16	5,7780	0,0103	0,1783	3,1388	0,0019	0,0605
T 17	3,0078	0,0069	0,2294	3,6754	0,0103	0,2802
T 13	3,4714	0,0133	0,3831	3,5574	0,0106	0,2980
T 26	3,6180	0,0022	0,0608	3,1709	0,0055	0,1735

Pi O: Peso inicial de la oleorresina

Pf C: Peso final de cápsula después de la estufa

C: Porcentaje de Cenizas

4.7 DETERMINACION DEL INDICE DE ACIDEZ DE LA OLEORRESINA

Código	1º Repetición				2º Repetición			
	Ph O	Ps O	G	A	Ph O	Ps O	G	A
	(g)	(g)	(ml)	(ml/g)	(g)	(g)	(ml)	(ml/g)
T 15	1,0105	1,0105	37,4	207,6338	1,0202	1,0202	38,2	210,0588
T 5	1,0214	1,0214	36,0	197,7286	0,9945	0,9945	36,4	205,3333
T 23	1,0637	1,0637	41,0	216,2358	1,0494	1,0494	40,5	216,5094
T 8	1,0453	1,0453	44,0	236,1427	0,9992	0,9992	42,5	238,6159
T 4	0,9814	0,9814	33,8	193,2117	1,0182	1,0182	35,3	194,4932
T 25	1,0083	1,0083	40,5	225,3347	1,0027	1,0027	40,8	228,2717
T 1	1,0353	1,0353	34,4	186,4039	0, 999	0,9999	33,0	185,1485
T 9	1,0358	1,0358	38,6	209,0616	1,0580	1,0580	40,5	214,7495
T 14	1,0113	1,0113	40,8	226,3305	0,9960	0,9960	39,5	222,4849
T 20	1,0836	1,0836	44,7	231,4203	1,0213	1,0213	42,3	232,3539
T 6	1,0185	1,0185	41,1	226,3829	1,0084	1,0084	41,7	231,9883
T 18	1,0386	1,0386	33,3	179,8700	1,0374	1,0374	32,5	175,7519
T 3	1,1800	1,1800	38,6	183,5136	1,0534	1,0534	36,2	192,7872
T 12	1,1815	1,1815	47,2	224,1151	1,1236	1,1236	44,8	223,6810
T 10	0,9923	0,9923	35,0	197,8736	1,0535	1,0535	37,2	198,0940
T 7	0,9809	0,9809	33,2	189,8787	1,0163	1,0163	33,9	187,1288
T 24	1,0296	1,0296	33,9	184,7115	1,0040	1,0040	33,1	184,9512
T 22	0,9984	0,9984	40,9	229,8167	0,9913	0,9913	40,9	231,4627
T 19	1,0061	1,0061	38,5	214,6755	1,0379	1,0379	40,2	217,2868
T 27	1,0074	1,0074	36,4	202,7040	1,0130	1,0130	38,5	213,2132
T 2	1,0504	1,0504	36,4	194,4059	1,0204	1,0204	35,8	196,8228
T 21	1,0369	1,0369	42,2	228,3171	1,0577	1,0577	43,4	230,1919
T 11	1,0427	1,0427	43,7	235,1175	1,0780	1,0780	45,6	237,3061
T 16	1,0333	1,0333	33,0	179,1638	1,0980	1,0980	35,0	178,8251
T 17	1,0091	1,0091	34,0	189,0199	1,0798	1,0798	37,2	193,2691
T 13	0,9963	0,9963	41,9	235,9319	1,0210	1,0210	41,7	229,1254
T 26	1,0220	1,0220	33,2	182,2427	1,0349	1,0349	33,7	182,6814

Ph O: Peso húmedo de oleorresina

Ps O: Peso seco de oleorresina

G: Gasto de hidróxido de potasio

A: Índice de acidez

4.8 DETERMINACION DEL INDICE DE SAPONIFICACION DE LA OLEORRESINA

Código	1º Repetición				2º Repetición			
	Ph O (g)	Ps O (g)	G (ml)	S (ml/g)	Ph O (g)	Ps O (g)	G (ml)	S (ml/g)
T 15	0,6260	0,5913	36,2	128,0888	0,5606	0,5295	36,1	148,3292
T 5	0,5758	0,5169	36,6	124,8214	0,5148	0,4621	36,2	163,8922
T 23	0,5110	0,4955	36,2	152,8412	0,5203	0,5045	36,6	127,8708
T 8	0,5235	0,5121	36,0	158,8397	0,5043	0,4933	35,4	199,0017
T 4	0,6097	0,5762	35,9	146,0306	0,5110	0,4830	36,3	151,0050
T 25	0,5993	0,5896	35,1	180,7790	0,5614	0,5523	35,3	182,8263
T 1	0,5024	0,4630	36,0	175,6871	0,5672	0,5227	35,8	166,3478
T 9	0,5191	0,4779	35,9	176,0980	0,5043	0,4642	35,7	193,3505
T 14	0,5482	0,5321	35,7	168,7017	0,5165	0,5013	35,4	195,8422
T 20	0,5230	0,5153	34,7	228,6437	0,5141	0,5065	36,3	143,9917
T 6	0,5113	0,5017	34,9	223,6262	0,5745	0,5637	34,0	243,8061
T 18	0,5606	0,5361	36,4	130,8042	0,5348	0,5114	36,6	126,1454
T 3	0,5070	0,4887	36,5	137,7531	0,6872	0,6624	36,5	101,6310
T 12	0,5580	0,5283	35,4	185,8222	0,6005	0,5686	34,0	241,7390
T 10	0,5272	0,4863	35,1	219,1755	0,5214	0,4810	36,2	157,4623
T 7	0,5169	0,5157	37,5	76,1437	0,5393	0,5381	36,7	114,6844
T 24	0,5019	0,4757	37,5	82,5467	0,5590	0,5299	36,7	116,4661
T 22	0,5333	0,5206	36,4	134,7039	0,5611	0,5477	36,4	128,0300
T 19	0,5283	0,5136	35,4	191,1331	0,5043	0,4903	36,0	165,9042
T 27	0,6369	0,5771	34,7	204,1541	0,5353	0,4850	35,7	185,0687
T 2	0,5137	0,5078	37,2	93,8995	0,5170	0,5111	36,5	131,7179
T 21	0,5640	0,5501	35,2	188,6532	0,6000	0,5853	35,7	153,3699
T 11	0,5853	0,5582	35,7	160,8160	0,5283	0,5038	33,7	289,5213
T 16	0,5493	0,4887	35,7	183,6524	0,6655	0,5921	35,8	146,8486
T 17	0,5305	0,5262	35,4	186,5601	0,5404	0,5361	36,2	141,2812
T 13	0,5070	0,4826	36,0	168,5627	0,5004	0,4763	34,7	247,3452
T 26	0,5240	0,4957	36,6	130,1374	0,5398	0,5107	36,7	120,8357

Ph O: Peso húmedo de oleorresina

Ps O: Peso seco de oleorresina

G: Gasto de hidróxido de potasio

S: Índice de saponificación

ANEXO 5

5.1 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCIA DE LA VARIABLE RESPUESTA RENDIMIENTO

5.1.1 ANALISIS SIN DISCRIMINAR EL P-VALUE

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficientes de regresión
Constante	263,7930
A	24,2110
B	11,2667
C	5,68889
AA	-31,4444
AB	56,2250
AC	86,9833
BB	-34,4111
BC	37,9417
CC	53,6556

A: Clase diamétrica

B: Altura de línea base

C: Orientación de las caras con respecto al sol

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
A	10 551,2	1	10 551,2	0,75	0,3982	60,18	NS
B	2 284,88	1	2 284,88	0,16	0,6917	30,83	NS
C	582,542	1	582,542	0,04	0,8410	15,90	NS
AA	5 932,52	1	5 932,52	0,42	0,5244	47,56	NS
AB	37 935,0	1	37 935,0	2,70	0,1187	88,13	NS
AC	90 793,2	1	90 793,2	6,46	0,0210	97,90	S
BB	7 104,75	1	7 104,75	0,51	0,4866	51,34	NS
BC	17 274,8	1	17 274,8	1,23	0,2829	71,71	NS
CC	17 273,5	1	17 273,5	1,23	0,2829	71,71	NS
Total error	238 778,0	17	14 045,8				
Total (corr)	428 511,0	26					

R cuadrado: 44,2772 %

R-cuadrado ajustado: 14,7769 %

Error estándar: 118,515

5.1.2 ANALISIS DISCRIMINANDO EL P- VALUE (P < 0,05)

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficiente
Constante	255,659
(Diámetro) (Orientación)	86,9833

Ecuación:

$$\text{Rendimiento} = 255,659 + 86,9833 (\text{Diámetro}) (\text{Orientación})$$

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
(Diámetro) (Orientación)	90 793,2	1	90 793,2	6,72	0,0157	98,43	S
Total error	337 718,0	25	13 508,7				
Total (corr)	428 511,0	26					

R cuadrado: 21,1881 %

R-cuadrado ajustado: 18,0356 %

Error estándar: 116,227

5.2 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCA DE LA VARIABLE RESPUESTA COLOR

5.2.1 ANALISIS SIN DISCRIMINAR EL P-VALUE

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficientes de regresión
Constante	3,80957
A	- 0,00406
B	- 0,00406
C	- 0,02030
AA	- 0,00406
AB	- 0,00609
AC	0,00609
BB	- 0,00406
BC	0,0
CC	- 0,00406

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
A	0,00029	1	0,00029	0,27	0,6082	39,18	NS
B	0,00029	1	0,00029	0,27	0,6082	39,18	NS
C	0,00742	1	0,00742	6,82	0,0183	98,17	S
AA	0,00009	1	0,00009	0,09	0,7667	23,33	NS
AB	0,00044	1	0,00044	0,41	0,5310	46,90	NS
AC	0,00044	1	0,00044	0,41	0,5310	46,90	NS
BB	0,00009	1	0,00009	0,09	0,7667	23,33	NS
BC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000	0,00	NS
CC	0,00009	1	0,00009	0,09	0,7667	23,33	NS
Total error	0,01850	17					
Total (corr)	0,02770	26					

R cuadrado: 33,2143 %

R-cuadrado ajustado: 0,0 %

Error estándar: 0,03299

5.2.2 ANALISIS DISCRIMINANDO EL P- VALUE (P < 0,05)

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficiente
Constante	3,48148
Orientación	- 0,555556

Ecuación

$$\text{Color} = 3,48148 - 0,555556 (\text{Orientación})$$

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
Orientación	5,55556	1	5,55556	9,15	0,0057	99,43	AS
Total error	12,6844	23	0,551498				
Total (corr)	18,24	24					

R cuadrado: 26,7857 %

R-cuadrado ajustado: 23,8571 %

Error estándar: 0,779363

5.3 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCA DE LA VARIABLE RESPUESTA CONTENIDO DE HUMEDAD

5.3.1 ANALISIS SIN DISCRIMINAR EL P-VALUE

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficientes de regresión
Constante	5,58117
A	- 0,24311
B	- 0,12687
C	0,70791
AA	1,37840
AB	- 0,18439
AC	1,62458
BB	- 0,59672
BC	0,25924
CC	-2,40410

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
A	1,06452	1	1,06452	0,13	0,7195	28,05	NS
B	0,28973	1	0,28973	0,04	0,8512	14,88	NS
C	9,02054	1	9,02054	1,13	0,3026	69,74	NS
AA	11,4	1	11,4	1,43	0,2485	75,15	NS
AB	0,408	1	0,408	0,05	0,8238	17,62	NS
AC	31,6711	1	31,6711	3,97	0,0627	93,73	NS
BB	2,13651	1	2,13651	0,27	0,6116	38,84	NS
BC	0,80646	1	0,80646	0,10	0,7545	24,55	NS
CC	34,6781	1	34,6781	4,34	0,0525	94,75	NS
Total error	135,702	17	7,98247				
Total (corr)	227,177	26					

R cuadrado: 40,266 %

R-cuadrado ajustado: 8,64208 %

Error estándar: 2,82533

5.3.2 ANALISIS DISCRIMINANDO EL P- VALUE (P < 0,05)

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coficiente
Constante	6,10228
(Diámetro) (Orientación)	1,62458
(Orientación) ²	- 2,4041

Ecuación:

$$\text{Contenido de Humedad} = 6,10228 + 1,62458 (\text{Diámetro})(\text{Orientación}) - 2,4041 (\text{Orientación})^2$$

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
(Diámetro) (Orientación)	31,6711	1	31,6711	4,73	0,0398	96,02	S
(Orientación) ²	34, 6781	1	34, 6781	5,17	0,0321	96,79	S
Total error	160,828	24	6,70115				
Total (corr)	227,177	26					

R cuadrado: 29,206 %

R-cuadrado ajustado: 23,3065 %

Error estándar: 2,58866

5.4 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCA DE LA VARIABLE RESPUESTA DENSIDAD APARENTE

5.4.1 ANALISIS SIN DISCRIMINAR EL P-VALUE

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficientes de regresión
Constante	1,06238
A	- 0,00083
B	- 0,00599
C	0,01361
AA	- 0,02941
AB	- 0,00089
AC	- 0,04309
BB	- 0,04848
BC	0,02794
CC	- 0,01965

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
A	0,00001	1	0,00001	0,00	0,9663	3,37	NS
B	0,00064	1	0,00064	0,10	0,7607	23,93	NS
C	0,00333	1	0,00333	0,49	0,4917	50,83	NS
AA	0,00519	1	0,00519	0,77	0,3929	60,71	NS
AB	0,00000	1	0,00000	0,00	0,9703	2,97	NS
AC	0,02228	1	0,02228	3,30	0,0870	91,30	NS
BB	0,01410	1	0,01410	2,09	0,1666	83,34	NS
BC	0,00936	1	0,00936	1,39	0,2551	74,49	NS
CC	0,00231	1	0,00231	0,34	0,5656	43,44	NS
Total error	0,11481	17	0,00675				
Total (corr)	0,17208	26					

R cuadrado: 33, 2823 %

R-cuadrado ajustado: 0,0 %

Error estándar: 0,08217

5.4.2 ANALISIS DISCRIMINANDO EL P- VALUE (P < 0,05)

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficiente
Constante	0,99734
(Diámetro) (Orientación)	- 0,0430942

Ecuación

$$\text{Densidad} = 0,99734 - 0,0430942 (\text{Diámetro}) (\text{Orientación})$$

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
(Diámetro) (Orientación)	0,0222853	1	0,0222853	3,72	0,0652	93,48	NS
Total error	0,149798	25	0,00599192				
Total (corr)	0,172083	26					

R cuadrado: 12,9503 %

R-cuadrado ajustado: 9,46831 %

Error estándar: 0,0774075

5.5 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCA DE LA VARIABLE RESPUESTA INDICE DE REFRACCION

5.5.1 ANALISIS SIN DISCRIMINAR EL P-VALUE

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficientes de regresión
Constante	1,52335
A	- 0,00075
B	0,00016
C	- 0,00038
AA	- 0,00047
AB	0,00153
AC	- 0,00250
BB	- 0,00289
BC	- 0,00016
CC	-0,00021

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
A	0,0	1	0,0	0,55	0,4711	52,89	NS
B	0,0	1	0,0	0,03	0,8751	12,49	NS
C	0,0	1	0,0	0,17	0,6827	31,73	NS
AA	0,0	1	0,0	0,08	0,7799	22,01	NS
AB	0,00002	1	0,00002	1,46	0,2456	75,44	NS
AC	0,00007	1	0,00007	4,79	0,0449	95,51	S
BB	0,00004	1	0,00004	3,01	0,1032	89,68	NS
BC	0,0	1	0,0	0,02	0,8860	11,4	NS
CC	0,0	1	0,0	0,01	0,9052	9,48	NS
Total error	0,00023	15	0,00001				
Total (corr)	0,00039	24					

R cuadrado: 39,9622 %

R-cuadrado ajustado: 3,93946 %

Error estándar: 0,00395

5.5.2 ANALISIS DISCRIMINANDO EL P- VALUE (P < 0,05)

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficiente
Constante	1,52211
(Diámetro) (Orientación)	- 0,0025

Ecuación

$$\text{Indice de Refracción} = 1,52211 - 0,0025 (\text{Diámetro}) (\text{Orientación})$$

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
(Diámetro) (Orientación)	0,000075	1	0,00007500	5,45	0,0287	97,13	S
Total error	0,0003165	23	0,00001376				
Total (corr)	0,0003915	24					

R cuadrado: 19,1571 %

R-cuadrado ajustado: 15,6422 %

Error estándar: 0,00370956

5.6 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCA DE LA VARIABLE RESPUESTA PORCENTAJE DE CENIZAS

5.6.1 ANALISIS SIN DISCRIMINAR EL P-VALUE

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficientes de regresión
Constante	0,2003820
A	- 0,0232756
B	0,0279383
C	- 0,0418289
AA	0,0272544
AB	0,0442333
AC	- 0,0081225
BB	- 0, 0274406
BC	-0,0305742
CC	- 0,0087422

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
A	0,00975	1	0,00975	0,56	0,4649	53,51	NS
B	0,01404	1	0,01404	0,81	0,3820	61,80	NS
C	0,03149	1	0,03149	1,81	0,1968	80,32	NS
AA	0,00445	1	0,00445	0,26	0,6198	38,02	NS
AB	0,02347	1	0,02347	1,35	0,2621	73,79	NS
AC	0,00079	1	0,00079	0,05	0,8338	16,62	NS
BB	0,00451	1	0,00451	0,26	0,6174	38,26	NS
BC	0,01121	1	0,01121	0,64	0,4337	56,63	NS
CC	0,00045	1	0,00045	0,03	0,8731	12,69	NS
Total error	0,29659	17	0,01744				
Total (corr)	0,39681	26					

R cuadrado: 25,2553 %

R-cuadrado ajustado: 0,0 %

Error estándar: 0,13208

5.6.2 ANALISIS DISCRIMINANDO EL P- VALUE (P < 0,05)

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficiente
Constante	0,19443
Orientación	- 0,0418289

Ecuación

$$\text{Cenizas} = 0,19443 - 0,0418289 (\text{Orientación})$$

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
Orientación	0,03149	1	0,0314938	2,16	0,1546	84,54	NS
Total error	0,36532	25	0,0146128				
Total (corr)	0,396815	26					

R cuadrado: 7,93665 %

R-cuadrado ajustado: 4,25412 %

Error estándar: 0,120884

5.7 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCIA DE LA VARIABLE RESPUESTA INDICE DE ACIDEZ

5.7.1 ANALISIS SIN DISCRIMINAR EL P-VALUE

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficientes de regresión
Constante	227,379
A	- 2,59707
B	- 3,34042
C	- 1,17204
AA	7,25626
AB	- 1,15977
AC	- 6,45737
BB	- 7,26469
BC	12,4024
CC	- 13,5772

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
A	121,406	1	121,406	0,39	0,5401	45,99	NS
B	200,852	1	200,852	0,65	0,4323	56,77	NS
C	24,7264	1	24,7264	0,08	0,7812	21,88	NS
AA	315,92	1	315,92	1,02	0,3273	67,27	NS
AB	16,1407	1	16,1407	0,05	0,8224	17,76	NS
AC	500,372	1	500,372	1,61	0,2214	77,86	NS
BB	316,654	1	316,654	1,02	0,3267	67,33	NS
BC	1 845,83	1	1 845,83	5,94	0,0260	97,40	S
CC	1 106,04	1	1 106,04	3,56	0,0763	92,37	NS
Total error	5 278,63	17	310,508				
Total (corr)	9 726,63	26					

R cuadrado: 45,7298 %

R-cuadrado ajustado: 16,9985 %

Error estándar: 17,6212

5.7.2 ANALISIS DISCRIMINANDO EL P- VALUE (P < 0,05)

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficiente
Constante	218,322
(Altura) (Orientación)	12,4024

Ecuación

$$\text{Acidez} = 218,322 + 12,4024 (\text{Altura}) (\text{Orientación})$$

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
(Altura) (Orientación)	1.845,83	1	1.845,83	5,86	0,0231	97,69	S
Total error	7.880,74	25					
Total (corr)	9.726,57	26					

R cuadrado: 18,9772 %

R-cuadrado ajustado: 15,7363 %

Error estándar: 17,7547

5.8 ANALISIS DE REGRESION Y DE VARIANCA DE LA VARIABLE RESPUESTA INDICE DE SAPONIFICACION

5.8.1 ANALISIS SIN DISCRIMINAR EL P-VALUE

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficientes de regresión
Constante	188,932
A	4,14188
B	- 5,31706
C	- 2,60472
AA	12,3184
AB	- 8,63913
AC	- 10,5157
BB	- 20,3275
BC	10,8483
CC	- 30,3063

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
A	308,793	1	308,79	0,24	0,6335	36,65	NS
B	508,88	1	508,88	0,39	0,5414	45,86	NS
C	122,122	1	122,12	0,09	0,7638	23,62	NS
AA	910,465	1	910,46	0,69	0,4161	58,39	NS
AB	895,614	1	895,61	0,68	0,4198	58,02	NS
AC	1 326,96	1	1 326,96	1,01	0,3284	67,16	NS
BB	2 479,25	1	2 479,25	1,89	0,1868	81,32	NS
BC	1 412,22	1	1 412,22	1,08	0,3137	68,63	NS
CC	5 510,83	1	5 510,83	4,21	0,0560	94,4	NS
Total error	22 274,2	17	1 310,25				
Total (corr)	35 749,4	26					

R cuadrado: 37,6934 %

R-cuadrado ajustado: 4,70748%

Error estándar: 36,1974

5.8.2 ANALISIS DISCRIMINANDO EL P- VALUE (P < 0,05)

A) ANALISIS DE REGRESION

Predictor	Coefficiente
Constante	183,593
(Orientación) ²	- 30,3063

Ecuación

$$\text{Saponificación} = 183,593 - 30,3063 (\text{Orientación})^2$$

B) ANALISIS DE VARIANZA

Fuente	SC	GL	CM	Razón F	Valor P	Probabilidad (%)	Sig
(Orientación) ²	5.510,83	1	5.510,83	4,56	0,0428	95,72	S
Total error	30.238,5	25	1.209,54				
Total (corr)	35.749,4	26					

R cuadrado: 15,4152 %

R-cuadrado ajustado: 12,0318 %

Error estándar: 34,7785

ANEXO 6

**DETERMINACION DE LAS PRUEBAS DE DENSIDAD APARENTE Y
CONTENIDO DE CENIZAS DE LA MADERA Y CORTEZA DEL PINUS
TECUNUMANII**

Pruebas →	Contenido de cenizas (%)			Densidad (gr/cm ³)		
	1	2	x	1	2	x
Madera	0,96	0,55	0,755	1,519	1,486	1,5025
Corteza	0,34	0,39	0,365	2,2018	1,829	2,0154

ANEXO 7

DETERMINACION DE LAS PRUEBAS FISICO-QUIMICAS DE LAS OLEORRESINAS SIN ESTIMULANTE

7.1 CARACTERISTICAS DE LAS OLEORRESINAS CONTROL

Código	Diámetro	Altura	Orientación
c4	50-60	70	90
c5	40-50	70	90
c8	30-40	70	90

7.2 PROPIEDADES FISICAS

Cod	Rdto (gr)	Color	CH (%)			Densidad (gr/cm³)			Índice de refracción (N)		
			1	2	x	1	2	X	1	2	x
c4	28	5y/8/2	4,178	4,503	4,341	1,101	1,391	1,246	1,525	1,524	1,5245
c5	26,5	5y/8/2	6,825	5,170	5,998	1,145	1,122	1,133	1,523	1,523	1,523
c8	14,6	5y/8/2	2,584	3,966	3,275	0,704	0,697	0,701	1,529	1,527	1,528

Rdto: Rendimiento

7.3 PROPIEDADES QUIMICAS

Cod	Contenido de cenizas (%)			Índice de acidez (mg.KOH / g)			Índice de Saponificación (mg.KOH / g)		
	1	2	x	1	2	x	1	2	x
c4	0,1286	0,1796	0,1541	215,86	223,41	219,63	118,53	95,783	107,16
c5	0	0,0501	0,0251	215,81	242,77	229,29	47,68	26,578	37,129
c8	0,0095	0,0103	0,0099	230,61	250,46	240,53	115,04	-	-

ANEXO 8

FOTOTECA

8.1 FUNDO IDEAL - OXAPAMPA



Foto N° 1: Parcela 4



Foto N° 2: Parcela 5

8.2 TRABAJO DE CAMPO EN EL FUNDO IDEAL



Foto N° 1: Identificación y delimitación de las parcelas del *Pinus tecunumanii*



Foto N° 2: Medición de diámetros



Foto N° 3: Limpieza del área circundante del árbol a resinar



Foto N° 4: Medición de la cara resinera



Foto N° 5: Desbastado de la corteza



Foto N° 6: Trazado de las líneas guías de la pica



Foto N° 7: Dibujo de la pica



Foto N° 8: Incisión de la pica



Foto N° 9: Eliminación de la corteza interna



Foto N° 10: Colocación del recipiente colector



Foto N° 11: Colocación de la canaleta



Foto N° 12: Aplicación del estimulante



Foto N° 13: Protección del área resinera



Foto N° 14: Revisión periódica de las picas



Foto N° 15: Pesado de la oleoresina

8.3 SECUENCIA DE LAS PICAS



Foto N° 1: Primera pica



Foto N° 2: Segunda pica



Foto N° 3: Tercera pica



Foto N° 4: Cuarta pica