

## Caracterización de oleoresina de *Pinus caribaea* obtenido por el sistema de pica de corteza con ácido sulfúrico

### Characterization of *Pinus caribaea* oleoresin obtained by the bark pike system with sulfuric acid

Carmen M. Osorio Pérez<sup>1</sup>, Graciela Egoavil Cueva-Gálvez<sup>2</sup> y Héctor E. Gonzáles Mora<sup>2</sup>

#### Resumen

En el presente estudio se evaluó la calidad de la resina obtenida a partir de una plantación de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 22 años de edad. La muestra formada por 27 árboles, fue colectada en el Fundo Ideal, localidad de Oxapampa, región de Pasco, se realizó mediante el método de resinación a vida por el sistema de pica de corteza ascendente con ácido sulfúrico, teniendo como variables de estudio, clase diámétrica, distancia entre picas y altura de línea base con 3 niveles cada una. Se obtuvieron los siguientes valores promedio: rendimiento de 238,9 g/árbol; contenido de humedad de 5,7%; densidad de 0,94 g/cm<sup>3</sup>; cenizas de 0,05%; índice de refracción de 1,52; índice de acidez de 223,40 e índice de saponificación de 217,93. En la obtención de la oleoresina se observó que la distancia entre picas tiene mayor influencia en el rendimiento, contenido de humedad, densidad, cenizas, índice de refracción, índice de acidez e índice de saponificación. La mejor combinación de las variables respuesta respecto a la clase diamétrica es para los rangos de 30-38 cm y 38-46 cm, una distancia entre picas de 15 cm y una altura línea base de 30 cm; mientras que para el último rango (mayor a 46 cm), una distancia entre picas de 5 cm y altura línea base de 50 cm.

**Palabras clave:** *Pinus caribaea*; oleoresina; resinación; caracterización química.

#### Abstract

In the present study the quality of the resin obtained from a *Pinus caribaea* var. *hondurensis* 22-year-old plantation was evaluated. The sample formed by 27 trees, was collected in Fundo Ideal, Oxapampa city, Pasco region. The method was carried out by means of resination to life by the ascending bark pike system with sulfuric acid, having as variable of study, diametric class; distance between pikes and base line height with 3 levels each one. The following values average were obtained: yield of 238,9 g/tree; humidity content of 5,7%; density of 0,94 g/cm<sup>3</sup>; ashes of 0,05%; index of refraction of

---

<sup>1</sup> Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Perú. E-mail: [cosorio@serfor.gob.pe](mailto:cosorio@serfor.gob.pe)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

1,52; index of acidity of 223,40 and index of saponification of 217,93. In the obtaining of the oleoresin the distance among pikes has greater influence in the yield, content of humidity, density, ash, refraction index, acidity index and saponification index. The best combination of the response variable with respect to the diametric class is for the range between 30-38 cm and 38-46 cm, a distance between pikes of 15 cm and a base line height of 30 cm. While for the last range (higher than 46 cm), a distance between pikes of 5 cm and base line height of 50 cm.

**Key words:** *Pinus caribaea*; oleoresin; resin; chemical characterization.

## Introducción

En la región Cajamarca, actualmente, existen más de 10 mil ha de *Pinus* (*P. patula*, *P. elliotii*, *P. radiata*, entre otros); cuya madera provee a la industria del mueble de los mercados de Lima, Trujillo y la misma Cajamarca. Asimismo, en la provincia de Oxapampa se encuentra una plantación del género *Pinus*, de 22 años de edad y sin ningún manejo silvicultural, pero con gran potencial para la actividad resinera. Cada vez que se corta un pino sin haber extraído previamente su resina, se está perdiendo al menos el 13 por ciento de su valor, aproximadamente 12 kg de oleoresina que exuda en promedio un árbol de pino en tres años de procesamiento sin alterar los rendimientos de su madera. Con ello, la extracción de un árbol saturado de resina genera desperdicio respecto al aprovechamiento comercial de sus componentes, colofonia y trementina, utilizado en diversas industrias como la papelería, textil, de pintura, etc., con la posibilidad de reducir las importaciones de dichos productos, así como generar ingresos adicionales para el sector forestal del país.

La oleoresina del género *Pinus* es un sólido, frágil, friable y aromático, cuyo principal componente es el ácido abiótico. Se presenta en cristales laminares, solubles en alcohol y éter, llamado también ácido silvico (Bárceñas, citado por Soberanis 2000). La resina obtenida directamente del árbol, oleoresina o miera, es una "resina típica" denominada brea o colofonia, disuelta en un aceite esencial conocido como aguarrás o aceite de trementina, Ferreira (2002). Dentro de las especies de pinos, destaca por su producción de resina la especie *Pinus*

*caribaea* var. *hondurensis*, originario de la zona tropical de Centroamérica pero de más amplia distribución geográfica. Esta especie es muy empleada en plantaciones en todos los trópicos; ha sido la especie de pino más utilizada en el desarrollo de proyectos de producción forestal y forma parte de aproximadamente el 80% de las plantaciones de coníferas a nivel mundial. Orlandini, citado por Neves (2001) menciona que la composición química de la oleoresina del *Pinus caribaea* posee 68% de colofonia y de 4-9% de trementina. Muramoto y Pinheiro, citados por Ferreira (2002) refieren que los factores que más influyen en la producción de resina son la temperatura, precipitación y humedad. Asimismo, citan a los factores de manejo como diámetro de los árboles en el momento de corte, dimensiones de las picas o intervalo entre éstas, y el estimulante. En el Perú también existe una experiencia de resinación con la misma especie, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en una plantación procedente de Pucallpa, teniéndose como resultado un contenido promedio de 16,8% de trementina y 83,2% de colofonia, realizado por Sociedad Paramonga Ltda. S.A en el año 1985 (Pomayay 1992).

Pese a que la oleoresina del *Pinus caribaea* tiene gran aptitud e importancia a nivel mundial, teniendo en cuenta la diversidad de productos derivados de ella y que constituyen un medio de sustitución de los productos derivados de los hidrocarburos, dichas plantaciones no están siendo aprovechadas por ningún programa de extracción. Por tanto, en el presente trabajo tiene como objetivos evaluar la obtención de la oleoresina de *Pinus caribaea* por el método de extracción de pica de corteza estimulado con ácido sulfúrico, y

caracterizar sus propiedades físico-químicas, tomando como variables la clase diamétrica, altura de línea base y la distancia entre picas.

### Materiales y Métodos

#### Lugar de ejecución

La obtención de las oleorresinas de *Pinus caribaea*, se realizó en el Fundo Ideal, del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), provincia Oxapampa, región Pasco-Perú. La fase experimental se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Pulpa y Papel del Departamento Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria de la Molina (Lima, Perú).

#### Proceso de resinación

Para la resinación se aplicó el sistema de pica de corteza ascendente con estimulante. Se evaluó la influencia de tres variables independientes, en 3 niveles cada una, haciendo un total de 27 muestras tomadas de 27 árboles elegidos por sus dimensiones y características, como vigor, sanidad, diámetro, frondosidad y dominancia. La campaña de resinación duró 40 días, efectuándose cuatro picas en un período de 10 días cada una ellas. Las condiciones generales de trabajo se muestran en el Cuadro 1.

#### Rendimiento de la oleorresina

Para el cálculo del rendimiento de la oleorresina (expresado en g/árbol), se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento (g/árbol)} = \frac{\text{Masa del depósito con oleorresina} - \text{Masa del balde}}{\text{Masa del árbol}}$$

#### Caracterización de la oleorresina

Se realizó mediante los siguientes análisis de contenido de humedad, según NTP 209.027; densidad según norma SCAN-T2:65; color, mediante evaluación con Tabla Munsell, definido para tejidos vegetales; índice de refracción, según norma AOAC 921.08; índice de acidez, según norma SCAN-T11:72; índice de saponificación, según norma SCAN-T12:72 y cenizas, según norma SCAN-T4:66.

### Diseño experimental

La evaluación de la oleorresina se realizó de acuerdo a un plan experimental 3<sup>3</sup>, a fin de evaluar el efecto de las 3 variables o factores experimentales y sus interacciones sobre las variables de respuesta. El experimento fue completamente randomizado. El análisis de la influencia de las variables sobre los resultados se efectuó, previa evaluación del análisis de variancia, mediante la prueba F. Se tomó como referencia el nivel de confianza con 95 % de probabilidad (p < 0,05). La ecuación del modelo ajustado 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 de respuesta, o resultado predicho;  $\beta_0$ : 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.

Los valores de Y correspondieron a los resultados de los siguientes ensayos: rendimiento, contenido de humedad, densidad, color, índice de refracción, densidad, índice de refracción e índice de acidez, índice de saponificación y cenizas de la oleorresina de *Pinus caribaea*. Para la simplificación de todos los gráficos obtenidos, se decidió utilizar los siguientes valores transformados: -1, 0, +1; los cuales representan a cada nivel de las variables (Cuadro 1).

Clase diamétrica (cm)	Altura de línea base (cm)								
	30 (-1)			50 0			70 (+1)		
	Distancia entre picas (cm)			Distancia entre pica (cm)			Distancia entre pica (cm)		
	5 (-1)	10 0	15 (+1)	5 (-1)	10 0	15 (+1)	5 (-1)	10 (0)	15 (+1)
[30-38> (-1)	5	27	6	13	4	8	9	25	11
[38-46> 0	2	7	23	16	20	1	21	12	17
[46-64> (+1)	19	18	10	15	24	3	22	26	14

**Cuadro 1.** Matriz estadística con valores transformados para la resinación de 27 árboles de *Pinus caribaea*.

**Resultados**

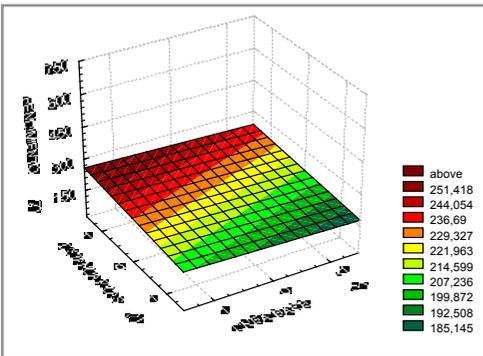
En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos de los rendimientos de resinación y de las propiedades físicas y químicas de las resinas de *Pinus caribaea*.

**Influencia en el rendimiento de la oleoresina**

Para una campaña de resinación de 40 días, la producción total de los 27 árboles ensayados fue de 6,45 kg de oleoresina con una producción promedio de 2,0 kg; 2,76 kg y 1,69 kg, correspondiente a la primera, segunda y tercera clase diamétrica, respectivamente. Por otro lado, dentro de cada clase analizada, la cantidad de oleoresina por árbol, durante todo el periodo de resinación fue de 787 y 718,4 g a una distancia entre picas de 15 cm y altura de línea base de 30 cm, para la primera y segunda clase; y 337 g a una distancia entre picas de 5 cm y altura de línea base de 50 cm, para la última clase. Asimismo, la cantidad de oleoresina por área resinífera, correspondiente a la distancia entre picas 5, 10 y 15 cm fue de 1,92 kg; 1,70 kg y 2,82 kg, respectivamente (Cuadro 2).

La superficie de respuesta de las variaciones del rendimiento en función de las variaciones de la distancia entre picas y altura de línea base se muestra en la Figura 1. La ecuación de regresión del rendimiento en función a las variables es:

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



**Figura 1.** Superficie de respuesta de las variaciones del rendimiento en función de la distancia entre picas y la altura de línea base.

**Influencia en el contenido de humedad**

Los valores de humedad de la resina se presentan en el Cuadro 2. Se encontró valores de contenido de humedad en las 27 muestras de 0,5 a 13 por ciento, con un valor promedio de 5,17 %. La superficie de respuesta de las variaciones de la humedad en función de las variaciones de la clase diamétrica y altura de línea base se muestra en la Figura 2. La ecuación de regresión es la siguiente:

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

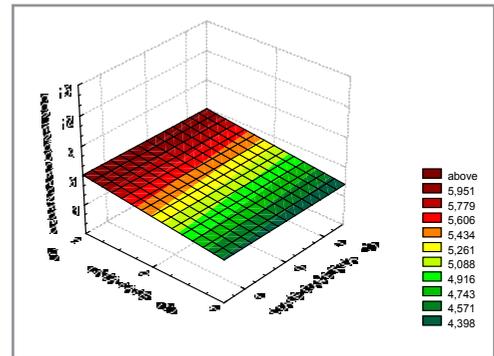
**Influencia en la densidad**

La densidad obtuvo un valor medio de 0,9400 g/cm<sup>3</sup>, con un rango que de 0,8178 a 1,1760 g/cm<sup>3</sup> (Cuadro 2). El modelo estadístico de las variaciones de la densidad en función de las variaciones de la línea base se muestra en la Figura 3. En la figura se observa un efecto importante de la altura de línea base respecto a los valores de densidad, dentro de un rango de 0,8 a 1,1 g/cm<sup>3</sup> de oleoresina. La ecuación de regresión es la siguiente:

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

**Influencia en el índice de refracción (IR)**

Los valores de IR, tuvieron un valor medio de 1,525 en un rango de 1,514 a 1,527 (Cuadro 2).



**Figura 2.** Superficie de respuesta de las variaciones de humedad en función de las variaciones de clase diamétrica y altura de línea base.

NO MUESTRA	CLASE DIAMETRICA	Altura de línea base (cm)	Distancia entre picas (cm)	Cantidad Total de Oleoresina (g.)	CH (%)	DENSIDAD g/cc	COLOR	IR	IA	I.S	CENZAS %
5		30	5	26.3	9.49	1.176	5Y/8/6	0.00	234.0	270.3	0.00
27		30	10	198.4	6.63	1.084	5Y/8/4	1.52	233.3	187.6	0.00
6		30	15	787.0	9.91	0.873	5Y/8/4	1.52	197.4	185.1	0.00
13		50	5	293.6	3.63	0.993	5Y/8/6	1.53	248.4	251.5	0.00
4	[30-38>	50	10	101.6	1.95	0.883	5Y/8/4	1.52	242.7	185.6	0.00
8		50	15	209.5	8.58	0.892	5Y/8/4	1.52	202.5	362.6	0.01
9		70	5	187.1	2.39	0.822	5Y/8/4	1.52	248.0	219.1	0.17
25		70	10	22.0	1.72	0.860	5Y/8/6	0.00	244.7	204.3	0.00
11		70	15	180.0	4.22	0.932	5Y/8/4	1.52	221.1	180.3	0.04
2		30	5	145.2	3.40	0.986	5Y/8/4	1.52	228.9	213.9	0.24
7		30	10	92.6	1.40	1.052	5Y/8/6	1.52	235.8	179.1	0.00
23		30	15	718.4	8.92	0.901	5Y/8/4	1.51	207.2	238.3	0.02
16		50	5	187.3	6.20	0.818	5Y/8/4	1.52	209.0	214.7	0.00
20	[38-46>	50	10	89.3	0.63	0.864	5Y/8/6	0.00	230.8	295.6	0.23
1		50	15	518.0	9.83	0.896	5Y/8/4	1.52	212.8	132.3	0.00
21		70	5	211.7	1.16	0.822	5Y/8/4	1.52	208.8	236.5	0.00
12		70	10	577.8	7.48	0.894	5Y/8/4	1.52	194.5	253.7	0.00
17		70	15	219.5	2.81	0.846	5Y/8/4	1.52	221.1	210.6	0.00
19		30	5	210.9	7.82	0.870	5Y/8/4	1.52	198.0	246.1	0.00
18		30	10	288.5	1.02	1.139	5Y/8/4	1.52	247.5	187.1	0.11
10		30	15	39.3	3.26	0.883	5Y/8/4	1.52	223.5	181.9	0.04
15		50	5	337.0	11.43	0.860	5Y/8/4	1.52	215.0	246.5	0.02
24	[46-64>	50	10	96.8	5.84	1.170	5Y/8/4	1.52	220.3	162.8	0.00
3		50	15	21.6	3.72	0.893	5Y/8/6	1.52	225.5	206.0	0.00
22		70	5	323.5	1.80	1.122	5Y/8/4	1.52	236.7	234.0	0.00
26		70	10	235.7	13.22	0.949	5Y/8/2	1.52	211.9	228.0	0.36
14		70	15	132.3	1.26	0.902	5Y/8/4	1.52	232.5	170.3	0.03
PROMEDIO				6450.9	5.17	0.9400		1.52	223.4	217.9	0.05

Cuadro 2. Valores promedio de los análisis físico-químicos de *Pinus caribaea*. Donde CH: contenido de humedad, IR: índice de refracción, IA: índice de acidez, IS: índice de saponificación.

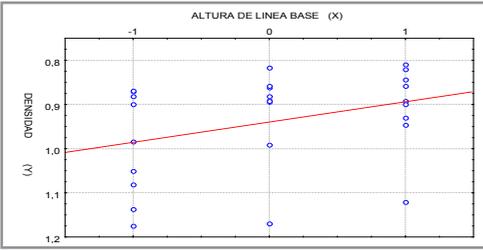


Figura 3. Variaciones de la densidad en función de las variaciones de la altura de línea base.

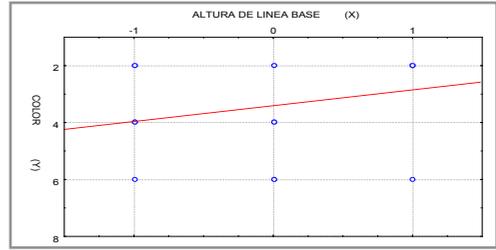


Figura 5. Variaciones del color en función de las variaciones de la altura de línea base.

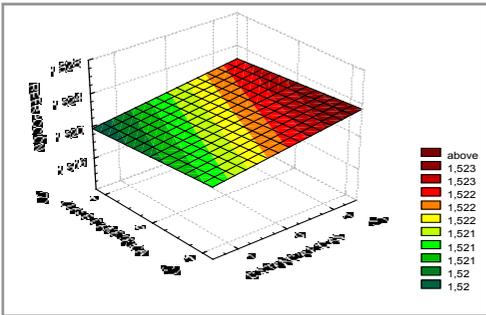


Figura 4. Superficie de respuesta de las variaciones de la refracción en función de las variaciones de la clase diamétrica y distancia entre picas.

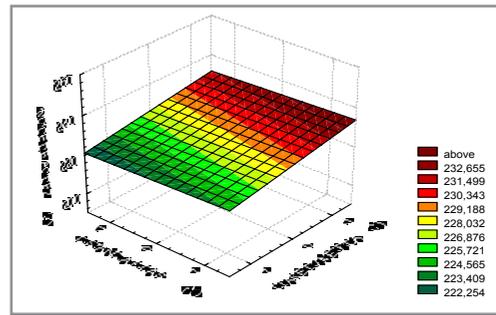


Figura 6. Superficie de respuesta de las variaciones del índice de acidez en función de las variaciones de la clase diamétrica y distancia entre picas.

El modelo estadístico de las variaciones del índice de refracción en función de las variaciones de la clase diamétrica y distancia entre picas se muestran en la Figura 4. La ecuación de regresión es la siguiente:

$$\text{Índice de refracción} = 1.52157 + 0.00195833 (\text{Clase diamétrica})(\text{Distancia entre picas})$$

**Influencia en el color**

Cabe señalar que la prueba de color utilizada fue la descrita por Song (1996), para la colofonia. De acuerdo con esta especificación, la calificación visual de las 27 muestras se realizaron de la siguiente manera: 5Y/8/2, que representa la tonalidad más clara o amarillo ligero (X); 5Y/8/4 o amarillo pálido (WW); 5Y/8/6 (WG) y finalmente 5Y/8/8 que significa la tonalidad más opaca, amarillo profundo (N).

El modelo estadístico de las variaciones del color en función de las variaciones de altura de línea base se muestran en la Figura 5. La ecuación de regresión es la siguiente:

$$\text{Color} = 4.222 - 1.222 (\text{Altura de línea base}^2)$$

**Influencia en la acidez (IA)**

Los valores de índice de acidez, presentan un valor promedio de 220,29 en un rango de 132,32 a 270,28 (Cuadro 2).

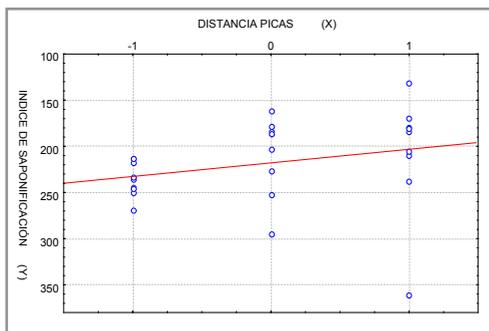
El modelo estadístico de las variaciones del índice de acidez en función de las variaciones de la clase diamétrica y distancia entre picas se muestran en la Figura 6. La ecuación de regresión es la siguiente:

$$\text{Acidez} = 227.454 + 11.9751 (\text{Clase diamétrica})(\text{Distancia entre picas})$$

**Influencia en el índice de saponificación (IS)**

El índice de saponificación presentó un valor medio de 217,93 con un rango de 122,7 a 387,9 (Cuadro 2).

El modelo estadístico de las variaciones del índice de saponificación en función de las va-



**Figura 7.** Variaciones del índice de saponificación en función de las variaciones de la distancia entre picas.

riaciones de la distancia entre picas se muestra en la Figura 7. La ecuación de regresión es la siguiente:

$$\text{Índice de saponificación} = 217.927 - 14.7296 (\text{Distancia entre picas})$$

### Cenizas

Los valores de cenizas de las 27 muestras de oleorresina obtenidas, tuvieron un valor medio de 0,0473 por ciento, con un rango de 0,00 a 0,7232 por ciento (Cuadro 2).

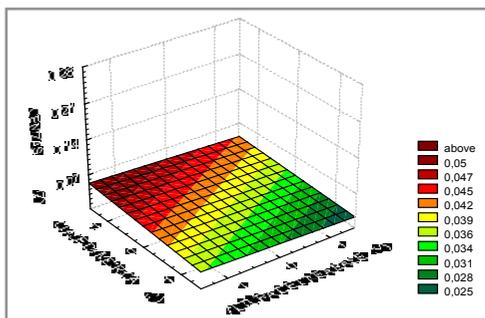
La superficie de respuesta de las variaciones de cenizas en función de las variaciones de clase diamétrica y altura de línea base se muestra en la Figura 8. La ecuación de regresión es la siguiente:

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

### Discusión

#### Influencia en el rendimiento de la oleorresina

El análisis estadístico ANVA, realizado sobre los valores de rendimiento dio como resultado una influencia significativa, negativa, de la variable distancia entre picas y altura de línea base, en efecto combinado. Se observa que la interacción de las variables tiene un efecto importante sobre los valores de rendimiento, dentro de un rango de 150 a 300 g de oleorresina por



**Figura 8.** Superficie de respuesta de las variaciones de las cenizas en función de las variaciones de la clase diamétrica y altura de línea base.

árbol; asimismo, al aumentar la distancia entre picas, manteniendo constante las dimensiones de la altura de línea base, aumentan los valores de rendimiento. Puede deberse a la variabilidad del tejido de la madera con respecto a la altura del fuste, ya que al presentar menor dureza y densidad con el incremento de ésta, se obtiene mayor cantidad de oleorresina. Asimismo, la cantidad y diámetro de los canales resiníferos producen el mismo comportamiento, ya que éstos, según Betancourt y Villalba (2000) son más numerosos y anchos a mayor altura del fuste. Del mismo modo, el incremento de la distancia entre picas estaría generando una mayor respuesta de los canales patológicos (de defensa), esperándose mayor exudación de oleorresina. También, el rendimiento pudo alterarse debido a la variación del grosor de la corteza a determinadas alturas del árbol, se observó que la corteza es mas gruesa cuando está próxima al pie del árbol, por tanto la pica ingresa menos a la madera, interceptando menos canales y fluyendo menos oleorresina, ocurriendo lo contrario a mayores distancias del suelo.

A pesar de presentar influencia significativa de las variables independientes, no se puede tomar como modelo de predicción, pues su coeficiente de determinación es bajo, señala que sólo el 11,24 por ciento de la variación del rendimiento de la oleorresina es explicada por la variación de distancia entre picas y altura de la línea base, el otro 88,76 correspondería a otros factores no considerados en la presente inves-

tigación, pudieron ser: Exposición de los árboles a los rayos solares, porque la presencia de maleza alta y algunos árboles como la *Cecropia sp.* (de las parcelas 10 y 11), ocasionó la interferencia de luz solar hacia los árboles resinados. Factores climáticos como precipitación, temperatura y viento, al respecto Betancourt y Villalba (2000), Muramoto y Pinheiro (mencionados por Ferreira, 2002) señalan que estos son los factores que más influyen en la producción de oleoresina.

### Influencia en el contenido de humedad

El análisis estadístico mostró cierta influencia, positiva, con efecto combinado, entre la clase diamétrica y altura de línea base, aunque el nivel de significancia fue de 8,5 % ( $p = 0,0854$ ). El grado de asociación de las variables independientes con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es relativamente bajo ( $R^2 = 7,83\%$ ). La variable distancia entre picas no resultó tener influencia significativa para el contenido de humedad de la oleoresina. Asimismo, se observa que la interacción de las variables, tienen efecto importante sobre los valores de contenido de humedad por árbol, dentro de un rango de 4 a 7 por ciento de humedad. En cualquier variación de la clase diamétrica, manteniendo constante la altura de línea base, produce aumento mínimo de contenido de humedad; sin embargo, el contenido de humedad aumenta cuando varía la altura de línea base y mantiene constante la clase diamétrica.

Por otro lado, la Figura 2 señala que hay mayor humedad en árboles de mayor diámetro, y en las oleoresinas colectadas en las partes bajas de los árboles, asimismo la altura de línea base tiene mayor influencia que el diámetro del árbol, esto probablemente se deba a que en la parte baja del árbol, la corteza, tiene mayor espesor, influye en la acumulación de mayor humedad sobre la oleoresina, también agua de precipitación, que corre hacia la zona resinada a través de las grietas del fuste, hasta depositarse en los recipientes de colección. La concentración de la humedad ambiental principalmente en la zona más baja de la cor-

teza del árbol (a menor altura de línea base); causada por la poca exposición de las caras de resinación a los rayos solares, así como a la presencia de vegetación herbácea alta, condiciones silviculturales de las parcelas evaluadas no permitieron la suficiente aireación en el interior de las mismas. El alto contenido de humedad, por las condiciones naturales de la zona (época lluviosa); pudieron producir la formación de un microclima permanentemente húmedo alrededor de la cara resinada y en el interior de los recipientes de recolección.

### Influencia en la densidad

Al comparar con datos obtenidos por Betancourt y Villalba (2001) para la colofonia ( $1,07 - 1,12 \text{ g/cm}^3$ ) y trementina ( $0,86 - 0,866 \text{ g/cm}^3$ ), los resultados de este ensayo no se encuentran tan alejados de lo indicado por la bibliografía. El análisis estadístico demuestra cierta influencia, negativa, lineal de la variable independiente altura de línea base. Sin embargo, el grado de influencia respecto a la densidad, como modelo de predicción es relativamente bajo ( $R^2 = 18,85\%$ ). Se puede observar mayor concentración de puntos, alrededor de 0,9, lo que indicaría la fuerte correspondencia de estos valores con la densidad. Por otro lado, la influencia de altura de línea base, así como en el rendimiento, puede deberse a la variabilidad en el tejido de la madera respecto a la altura del fuste, ya que al presentar menor dureza y densidad con el incremento de ésta, la oleoresina se vuelve más líquida y fluida; lo que conlleva a deducir, que contenga una mayor proporción de trementina que de colofonia. El coeficiente de determinación de 18,85 % indica poca influencia de la variable independiente altura de línea base.

### Influencia en el índice de refracción (IR)

ROSINNET (2005), reporta valores de índice de refracción para la trementina de 1,4670 a 1,4710 a  $20^\circ\text{C}$ ; Nahan (2005), indican rangos de 1,468-1,475 a  $30^\circ\text{C}$ . Si bien es cierto que la trementina al ser parte de la fracción volátil de la oleoresina, es de esperar que presente valores más altos como lo señala la presente investigación.

El análisis estadístico mostró una influencia significativa, positiva, lineal con efecto combinado; sin embargo, el grado de asociación de las variables independientes con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es relativamente bajo ( $R^2 = 12,54\%$ ). En la figura se observa que la interacción de las variables independientes, tienen un efecto importante sobre los valores de IR, dentro de un rango de 1,516 a 1,524. Además, se puede observar que al aumentar la clase diamétrica, manteniendo constante cada nivel de distancia entre picas, se produce una ligera disminución los valores de IR, aunque aumenta notablemente, cuando varía la distancia entre picas y mantiene constante la clase diamétrica. Por tanto se podría inferir que la distancia entre picas es la variable que mas influye sobre los resultados de IR. La influencia de estas variables como en la densidad, podría deberse a la variabilidad del tejido de la madera a diferentes alturas del fuste, al presentar menor dureza y densidad con el incremento de ésta, se obtiene una oleorresina mas líquida, con mayor proporción de trementina.

### **Influencia en el color**

El análisis estadístico demuestra cierta influencia, negativa lineal, con doble efecto de la variable independiente altura de línea base. Asimismo, el grado de influencia de la variable independiente con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es relativamente bajo ( $R^2 = 10,91\%$ ). El aumento de la altura de línea base conduce a la obtención de una resina más clara, expresada por los valores más bajos (2,4), correspondiente a las calificaciones más claras del matiz amarillo: amarillo ligero y amarillo pálido respectivamente. El efecto de la altura de línea base, tiene cierta correspondencia con la densidad e Índice de refracción analizadas anteriormente; si la densidad de la oleorresina disminuye con la altura del fuste, y a su vez, tiene los menores valores de índice de refracción, entonces, se espera que el color de la oleorresina es más clara que la colectada de alturas menores del suelo. Al respecto Betancourt y Villalba (2000), señalan

que la densidad de la colofonia y trementina, aumentan con el color, desde amarillo pálido al café rojizo, casi negro.

### **Influencia en la acidez (IA)**

Al respecto CIU (1992) encontró un valor de índice de acidez de 120, para la oleorresina de la misma especie, Pomayay (1992) menciona que la colofonia de la misma especie, obtenida de una plantación de Pucallpa, alcanzó un índice de acidez de 129, mientras que en la presente investigación se obtuvo mayores valores, lo que indicaría una posible contaminación de la oleorresina durante el proceso de resinación (extracción y almacenamiento, principalmente), ocasionada por influencia del clima (lluvias, cambios de temperatura y viento). También está indicando un proceso alternativo de refinación o limpieza de la materia prima antes de su destilación.

El análisis estadístico señala una influencia altamente significativa, positiva, lineal con efecto combinado; sin embargo el grado de influencia de las variables independientes con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es relativamente bajo ( $R^2 = 20,80\%$ ). Además, se observa que, al disminuir la distancia entre picas, manteniendo constante cualquier nivel de la clase diamétrica, se consigue un mínimo aumento de los valores de IA. Sin embargo, éste efecto es notoriamente superior, cuando se disminuye las dimensiones de la clase diamétrica y mantiene constante la distancia entre picas. Esta observación, permite deducir que la variable que más influye es la clase diamétrica. Este efecto sobre las variables en estudio, puede deberse a la influencia de los minerales contenidos en el agua del suelo, ya que según Haygreen y Bowyer (1989), el agua, junto con las sustancias minerales, es tomada de las raíces y conducida por la zona más externa del xilema del árbol; pudiendo generar un incremento en la acidez de la oleorresina obtenida.

### **Influencia en el índice de saponificación (IS)**

Estos valores comparado con lo obtenido por CIU (1992) para la oleorresina de la misma

especie (129), indican que los alcanzados por el ensayo son valores muy extremos, que puede deberse a la variedad en la composición química propios de cada especie y variedad, dada por las diferentes condiciones ecológicas como naturaleza del suelo, latitud, altitud etc.

El análisis estadístico mostró cierta influencia, negativa, lineal de la variable independiente distancia entre picas. Asimismo el grado de influencia de la variable independiente con la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción es muy bajo ( $R^2 = 3,24\%$ ). Asimismo, se observa un efecto importante de la variable independiente respecto a los valores de índice de saponificación, dentro del rango de 150 a 300 unidades por árbol. Además se observa en la Figura 7, que la mayor concentración de puntos corresponde a 170 unidades, lo que indicaría la fuerte correspondencia de este valor de saponificación

### Cenizas

Este valor, comparado con lo señalado por Pomayay (1992) de 0,03 por ciento, indica que es aceptable, sobre todo si las muestras analizadas corresponden a la oleorresina, sustancia que contiene además a la trementina, se esperaría un mayor porcentaje de cenizas.

El análisis estadístico señala una cierta influencia, negativa, lineal de la variable independiente clase diamétrica y altura de línea base. Asimismo el grado de influencia de las variables independientes con la variable respuesta como modelo de ecuación de predicción es muy bajo ( $R^2 = 6\%$ ). En la Figura 8 se observa que la interacción de las variables independientes ejerce un efecto importante sobre la cantidad de cenizas por árbol, dentro de un rango de 0,02 a 0,07 por ciento. Además se observa, que al disminuir la altura de línea base, manteniendo constante cada nivel de la clase diamétrica, se produce un aumento gradual de los valores de ceniza. Este mismo efecto es más notorio, cuando se varía la clase diamétrica y se mantiene constante la altura de línea base. En consecuencia, se puede deducir que, la variable que más influye en los resultados de este ensayo es la clase diamétrica.

### Conclusiones

El rendimiento de oleorresina aumenta conforme aumentan los factores altura de línea base y distancia entre picas en efecto combinado.

El efecto combinado de los factores, clase diamétrica y altura de línea base, tuvieron cierta influencia en el contenido de humedad y cenizas, encontrándose que, conforme estos disminuyen, los valores de humedad y cenizas aumentan.

El factor altura de línea base tiene cierta influencia sobre los valores de densidad y color, observándose que, conforme la altura de línea base se incrementa, se obtiene una oleorresina más clara y menos densa.

El efecto combinado de la clase diamétrica y distancia entre picas, tuvo una influencia significativa en el índice de acidez, y altamente significativa en el índice de refracción, el aumento de estos dos factores produce un aumento en el índice de refracción, mientras que una reducción de los mismos, hace disminuir los valores de índice de acidez.

La distancia entre picas presenta cierta influencia negativa sobre el índice de saponificación, observándose que conforme esta aumenta, los valores de índice de saponificación disminuyen.

La distancia entre picas es la variable con mayor influencia en el rendimiento y caracterización física - química de la oleorresina.

### Bibliografía

Betancourt, F ; Villalba, FJ. 2000. Aprovechamiento de resina de pino. Folleto informativo (correo electrónico). Pinar del Río, CU, Universidad del Pinar del Río, Departamento Forestal.

Centro de Investigaciones Químicas (CIU). 1992. Procedimiento para la obtención de encolante reforzado para papel a partir de oleorresina de pino y el producto resultante. Certificado de autor de invención. República de Cuba. Consultado 14 may. 2005. Disponible en

<http://www.ocpi.cu/textos/t13486.pdf>

Ferreira, J. 2002. Análise de cadeia produtiva e estrutura de custos do setor brasileiro de produtos resinosos. Piracicaba. Estado de Sao Paulo. Brasil. Consultado 26 may. 2005. Disponible en: [www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-23102002-172920/publico/jose.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-23102002-172920/publico/jose.pdf)

Haygreen, J; Bowyer, J. 1989. Forest products and Word science, an introduction. US: The Iowa State University Press. 496 p.

Neves, GA. 2001. Análise económico-financiaria da exploração de *Pinus* resinífero em pequenos módulos rurais. Sorocaba, Sao Paulo. Consultado 7 oct. 2005. Disponible en <http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/neves.ga.pdf>

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

ROSINNET. 2005. Handbook. China. Consultado en junio 2005. Disponible: [http://www.rosinnet.com/ListArt.asp?Class\\_ID=708&Site\\_ID=7](http://www.rosinnet.com/ListArt.asp?Class_ID=708&Site_ID=7)

Soberanis, P; Hugo, F. 2000. “Comparación en la producción de resina entre árboles de *Pinus oocarpa* producidos por injerto y por semillas”. Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR). Siguatepeque, Comayagua, Honduras. 85 p. Disponible en <http://www.portal.rds.org.hn/download.php>

Presentado: 20/08/2009

Aceptado: 09/08/2016