

Evaluación de la oleoresina de pino (*Pinus oocarpa*) en la zona de Oxapampa, Pasco, Perú

Evaluation of pine oleoresin (*Pinus oocarpa*) in the Oxapampa area, Pasco, Peru

Julio C. Riveros Alcedo¹, Graciela Egoavil Cueva-Gálvez² y Héctor E. Gonzáles Mora²

Resumen

El presente estudio se realizó en el Fundo Ideal, ubicado en la localidad de Oxapampa, departamento de Pasco, en una plantación de *Pinus oocarpa* de 22 años de edad. Se estudiaron 27 árboles a los cuales se les aplicó el método de resinación a vida por el sistema de pica de corteza ascendente con ácido sulfúrico, en función a las variables: clases diamétricas, distancia entre picas y orientación del sol. Los resultados obtenidos demuestran que la variable independiente con mayor influencia en el rendimiento y en las características físico-químicas de la resina fue la orientación del sol. La mejor combinación de variables respecto a cada clase diamétrica es para los rangos de 38-44 cm, con una distancia entre picas de 14 cm y una orientación del sol de 90°. Con ello, se consigue una forma práctica de aprovechar oportunamente la resina contenida en los árboles de pino antes de su corta final, así como establecer mecanismos de recolección efectivos.

Palabras clave: *Pinus oocarpa*; oleoresina; rendimiento; propiedades físico-químicas.

Abstract

The present study was carried out in the Ideal found, located in the locality of Oxapampa, department of Pasco, in a plantation of 22-year-old *Pinus oocarpa*. 27 trees were studied to which were applied the method of resination to life by the ascending bark magpie system with sulfuric acid, in function to the variables: diametric classes, distance between magpies and orientation of the sun. The results obtained show that the independent variable with greater influence on the yield and the physical-chemical characteristics of the resin was the orientation of the sun. The best combination of variables with respect to each diametric class is for the 38-44 cm ranges, with a distance between magpies of 14 cm and an orientation of the sun of 90°. With it, a practical form is obtained to take advantage of the resin contained in the pine trees, before its final cut, as well as to establish effective harvesting mechanisms.

Key words: *Pinus oocarpa*; oleoresin; yield; physical-chemical properties.

1 Tuboplast S.A., Perú. E-mail: jriveros@tuboplastperu.com

2 Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Introducción

Un producto forestal no maderable de importancia son las resinas, obtenida de especies forestales coníferas, como resultado de la práctica de cortes al árbol a través de los canales resinosos, segregando esta sustancia conocida como resina bruta u oleoresina cuyo fraccionamiento se compone de trementina y colofonia, ambas utilizadas a escala industrial en cosmética, farmacéutica, química, papelera, de tintes y pinturas, caucho, etc. Un género ampliamente utilizado para la obtención de resinas es el *Pinus*: el Perú cuenta con más de 11 000 ha plantadas de este género, la mayor superficie se encuentra en Cajamarca-Porcón, (8000 ha) comprendiendo *P. patula*, *P. elliotti* y *P. radiata*. En Selva Central también existen plantaciones con especies de pinos tropicales, como: *P. tecunumanii*, *P. oocarpa* y *P. caribaea*, instalados con buenos resultados de adaptabilidad. De las especies mencionadas, el *Pinus oocarpa* es una especie que esta mereciendo creciente interés de productores de zonas cálidas, debido a su buen crecimiento como madera, y también es denominada por ser una especie de alta producción de resinas.

Las resinas son secreciones vegetales derivadas de las actividades fisiológicas de los árboles de pino, almacenadas en canales resinosos de raíz, tronco y ramas; estos canales se localizan en las colonias de células vivas del tejido parenquimático, distribuidos dentro de la madera. El escurrimiento de resina (oleoresina) es parte de la reacción fisiológica de las células vivas que cumplen una función defensiva contra organismos patógenos y de cicatrización de una herida en el árbol (Barcenas 1991). Las propiedades de las resinas se determinan para clasificarlas, siendo las más importantes las características de color, densidad, contenido de humedad, índice de refracción, viscosidad, cenizas, índice de acidez, índice de saponificación, etc. La forma usual de expendio de las resinas es fraccionada o como derivados, trementina y colofonia (Barry 1932). Los métodos de análisis de resinas comprenden también examen sensorial, características fisicoquímicas y valoraciones en análisis instrumental. El

examen sensorial comprende el estudio del olor y sabor, color, claridad; otros análisis importantes son rotación óptica, solubilidad en etanol, punto de congelación (Peralta 1988). La producción de oleoresina, en la actualidad se realiza principalmente en el sureste de Asia: China e Indonesia dominan el mercado de brea y aguarrás, Brasil también presenta una importante producción. En el año 1993, las exportaciones de China superaron las 277 mil toneladas, representando el 70 por ciento del volumen comercializado en el mercado mundial. Por tanto, la disponibilidad de resina en el futuro depende en gran medida de la producción de estos países (FAO 1995). Los precios internacionales de la resina son muy dependientes de la producción de los principales países productores, aunque también influenciados por los países importadores como Japón, Alemania, Holanda, Francia, EEUU, etc. El mercado de la colofonia en el mundo se dirige a la producción de adhesivos (29 %), seguida de tintas para impresión (27 %), en la fabricación de colas para papel (26 %) y emulsionantes (5 %); otros segmentos (13 %).

El presente estudio tuvo como objetivos evaluar la producción de oleoresina del *Pinus oocarpa*, en la zona de Oxapampa, Pasco, mediante la técnica de pica de corteza aplicando ácido sulfúrico como estimulante y la influencia de tres parámetros: clase diamétrica, distancia de picas 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 evaluó la calidad de la oleoresina a través de sus propiedades de rendimiento, color, contenido de humedad, densidad, índice de refracción, porcentaje de cenizas, índice de acidez e índice de saponificación.

Materiales y Métodos

La obtención de resina se realizó en la plantación de pino, establecida en el Fundo Ideal, del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), ubicado en el distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco. La recolección de oleoresina se realizó de

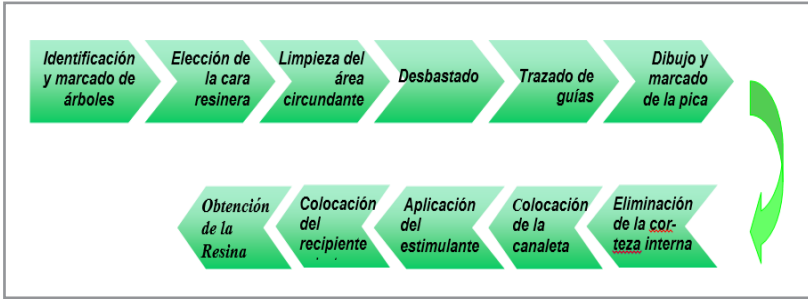


Figura 1. Proceso de obtención de la oleorresina de *Pinus oocarpa*.

enero a marzo del 2005. La evaluación de las propiedades físico-químicas se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Pulpa y Papel y el Laboratorio de Industrias Alimentarias; ambas de la Universidad Nacional Agraria de la Molina (Lima, Perú).

Análisis y preparación de la muestra

La oleorresina del árbol se obtuvo mediante 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, dominancia. La campaña de resinación duró 40 días, efectuándose cuatro picas con un período de 10 días cada una ellas. Las condiciones generales de trabajo se muestran en el Cuadro 1.

El procedimiento para la obtención de la oleorresina se señala en un diagrama del proceso de resinación (Figura 1).

Evaluación de la oleorresina

El rendimiento se expresó en gramos de oleorresina por árbol resinado. Se utilizó la siguiente expresión:

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

El color de las muestras colectadas se evaluó según especificaciones de la Naval Stores Production in China, considerando los matices de la Tabla Munsell para tejidos vegetales Cuadro 2.

El contenido de humedad fue determinado según NTP 209.027. Método de humedad gravimétrico.

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ph} \times 100$$

Donde:

- CH = contenido de humedad (%)
- Ph = peso húmedo de la muestra (g)
- Ps = peso seco después de estufa (g)

Clase diamétrica (cm)	Altura de pica (cm)								
	7 (-1)			14 0			21 (+1)		
	Orientación del sol (grados)			Orientación del sol (grados)			Orientación del sol (grados)		
	0 (-1)	90 0	180 (+1)	0 (-1)	90 0	180 (+1)	0 (-1)	90 (0)	180 (+1)
[30-38> (-1)	20	9	15	6	22	24	7	13	14
[38-45> 0	4	12	27	2	10	26	21	17	11
> 45 (+1)	3	25	5	16	1	23	19	8	18

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

Song		Munsell
Grado de color	Símbolo	Símbolo
Amarillo ligero	X	5Y/8/2
Amarillo pálido	WW	5Y/8/4
Amarillo	WG	5Y/8/6
Amarillo profundo	N	5Y/8/8

Cuadro 2. Especificaciones de color. Naval Stores Production (China).

La densidad aparente, según SCAN-T2, fue evaluada a 20 °C, y expresada en g/cm³.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa picnómetro con oleorresina} - \text{Masa picnómetro seco}}{\text{Volumen oleorresina}}$$

Se valió el índice de refracción según la norma AOAC 921.08, a 40°C.

Las cenizas, según SCAN-T4, se expresan como un porcentaje de masa seca de una muestra.

$$x = \frac{100 \times a}{m}$$

Donde:

X= contenido de cenizas (%)

a = masa de cenizas (g)

m = masa seca de la muestra

El índice de acidez fue evaluado mediante la NTP 319.385., la cual establece el uso de KOH 0,1 N.

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

Donde:

IA = índice de acidez

p = masa de la muestra (g)

V = volumen en cm³ de KOH 0,1 N

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

$$IA = \frac{56,1m}{c} (b-a)$$

Donde:

IA = índice de saponificación

m = molaridad del HCl

a = volumen de HCl consumido en la titulación de la muestra (ml)

b = volumen de HCl consumido en la titulación en blanco

c = masa de muestra seca (g)

Diseño estadístico

La evaluación de la oleorresina, se realizó de acuerdo a un plan experimental 3³, efectuada con la ayuda de los programas "STATGRAPHICS Plus" v.3.0, "STAT-PLUS" v.2.0 y "STATISTICA" v.2.0. a fin de evaluar el efecto de las 3 variables o factores experimentales y sus interacciones sobre las respuestas (resultados), el orden de los experimentos 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: variable de respuesta, o resultado predicho (ecuación de predicción solo si el coeficiente de regresión es mayor a 50%).

β_0 : constante media de la ecuación

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$: constantes de las variables y de sus interacciones

A, B: variables de estudio

AB: interacción entre variables

E: error

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

Resultados

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos de la extracción de la oleorresina del *Pinus oocarpa*, así como de sus características. El rendimiento de la oleorresina para una

CLASE DIAMETRICA	ALTURA DE PICA	DIRECCION DEL SOL	MUESTRA ARBOL No	Rendimiento Oleoresina g/árbol	COLOR	Contenido Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Índice Refracción	Índice Acidez (ml/g)	Índice de Saponificación (ml/g)	Cenizas (%)
30-37	7	0	20	102.7	5 Y/8/4	5.4	0.8115	1.523	213.6	214.17	0.02
30-37	7	90	9	186.5	5 Y/8/6	6.8	0.9918	1.519	201.1	96.81	0.00
30-37	7	180	15	105.2	5 Y/7/2	2.3	0.7065	1.519	209.5	107.90	0.00
30-37	14	0	6	114.2	5 Y/8/4	2.5	0.9197	1.519	222.2	346.90	0.14
30-37	14	90	22	542.6	5 Y/8/4	0.4	0.9325	1.517	175.1	233.10	0.00
30-37	14	180	24	64.1	5 Y/8/4	3.7	0.8012	1.523	186.4	271.46	0.03
30-37	21	0	7	166.8	2.5 GY/8/4	2.7	0.6588	1.520	219.2	189.04	0.00
30-37	21	90	13	117.8	5 Y/8/6	6.0	0.8842	1.520	233.5	187.08	0.00
30-37	21	180	14	121.2	5 Y/8/2	4.1	0.8480	1.519	204.6	326.96	2.39
38-44	7	0	4	80.6	2.5 GY/8/4	2.2	0.9197	1.525	241.2	347.83	0.14
38-44	7	90	12	123.4	7.5 YR/7/6	4.8	0.6707	1.519	207.5	248.03	0.00
38-44	7	180	27	635.4	5 Y/8/4	0.5	0.7486	1.517	190.8	235.41	0.00
38-44	14	0	2	255.4	2.5 GY/8/4	3.5	0.9078	1.522	210.8	176.47	0.11
38-44	14	90	10	305.5	5 Y/8/2	9.8	0.7824	1.515	196.1	399.84	1.63
38-44	14	180	26	188.8	5 Y/8/4	6.2	0.9434	1.519	194.4	266.40	0.00
38-44	21	0	21	69.2	5 Y/8/4	5.5	0.7669	1.517	204.4	165.85	0.00
38-44	21	90	17	625.4	5 Y/8/4	0.4	0.9954	1.519	157.3	363.96	0.00
38-44	21	180	11	195.8	5 Y/8/6	9.9	0.8353	1.517	190.5	292.16	0.00
>45	7	0	3	381.8	5 Y/8/6	10.3	0.9516	1.520	193.5	169.18	0.00
>45	7	90	25	107.0	2.5 GY/8/2	5.2	0.9252	1.518	188.5	297.33	0.00
>45	7	180	5	260.4	5 Y/8/4	8.2	0.9410	1.523	168.0	226.40	0.00
>45	14	0	16	131.2	2.5 Y/8/8	5.3	1.0376	1.519	170.1	700.52	0.04
>45	14	90	1	267.1	5 Y/8/4	7.8	1.0174	1.516	181.8	172.17	0.01
>45	14	180	23	258.5	5 Y/8/6	3.6	0.7361	1.519	204.9	437.15	0.00
>45	21	0	19	412.0	5 Y/8/4	11.2	0.9629	1.515	184.7	834.67	0.00
>45	21	90	8	90.2	5 Y/8/4	1.8	0.7762	1.522	218.9	105.79	0.01
>45	21	180	18	89.3	5 Y/8/4	7.6	0.9950	1.520	177.0	468.86	0.19
TOTAL				5987.9		5.1	0.8692	1.519	198.0	291.91	0.17

Cuadro 3. Valores promedios de rendimiento y propiedades físico-químicas de la oleoresina de *Pinus occarpa*.

campana de 40 días en 27 árboles de la especie *Pinus oocarpa* fue de 5987,9 g con un promedio de 221,8 g/árbol que corresponde a un área resinada por árbol de 896 cm².

Propiedades físico-químicas de la oleoresina de *Pinus oocarpa* mediante el análisis de superficies de respuesta

Rendimiento

En la Figura 2 se observa la superficie de respuesta de la variación del rendimiento en función de las variables en estudio y el modelo matemático que relaciona las variables independientes con el rendimiento.

Color

Se obtuvo en la mayoría de los casos, diferentes resultados de color, básicamente debido a la pureza, ya que la totalidad de estas, presentaron matices amarillos pasteles de 5y/8/2 y 5y/8/4, la claridad de 8, indica menor intensidad de color, mientras la pureza varía de 2 a 4, siendo este último el más oscuro. El análisis estadístico, ANVA, sobre los valores de color señalan influencia algo significativa lineal y positiva sólo de

la variable orientación del sol, siendo esta la que más influye en el color (Figura 3).

Contenido de humedad

El contenido de humedad promedio obtenido para la oleoresina de *Pinus oocarpa* fue de 5,10 % (Cuadro 3). El análisis estadístico efectuado, ANVA, sobre los valores de contenido de humedad dio como resultado una influencia significativa, lineal y positiva del diámetro (Figura 4).

Densidad

Los valores de densidad de las 27 muestras evaluadas oscilan de 0,6588 a 1,0376 g/cm³ con un valor promedio de 0,869 (Cuadro 3). En el análisis de los resultados de densidad, se observa influencia positiva lineal del diámetro y negativa de orientación del sol; la ecuación de regresión como modelo de predicción de densidad aparente a partir del diámetro y dirección del sol, tiene un bajo coeficiente de regresión R² (13,02 por ciento), asumiendo que un 86,9 por ciento de la variabilidad de los resultados de densidad se debe a otros factores no anal-

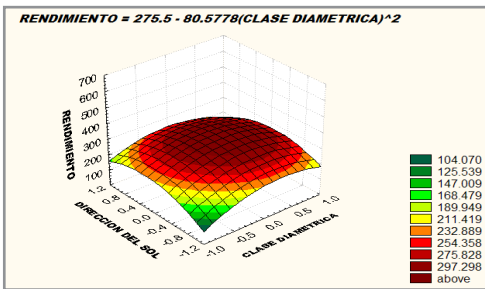


Figura 2. Superficie de respuesta de las variaciones del rendimiento en función del diámetro y orientación al sol.

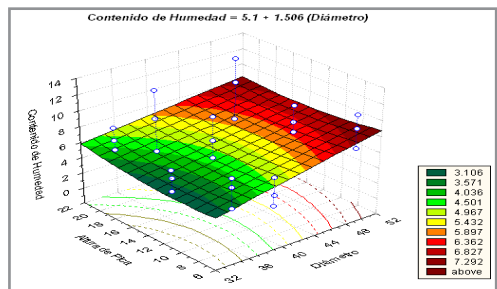


Figura 4. Superficie de respuesta de las variaciones del contenido de humedad en función del diámetro y altura de picas.

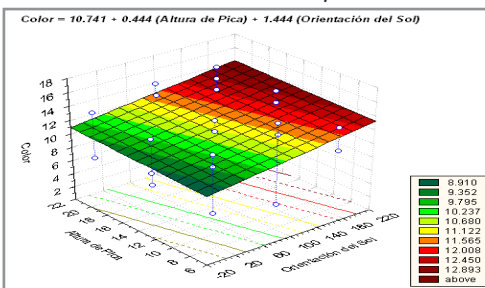


Figura 3. Superficie de respuesta de las variaciones del color en función de altura de picas y orientación al sol.

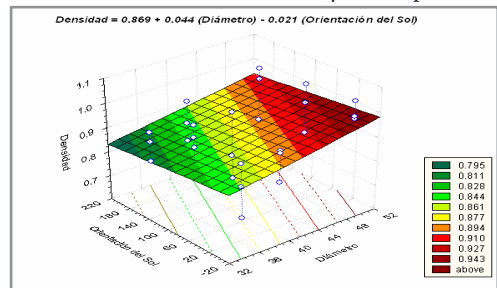


Figura 5. Superficie de respuesta de la variación de densidad en función del diámetro y orientación al sol.

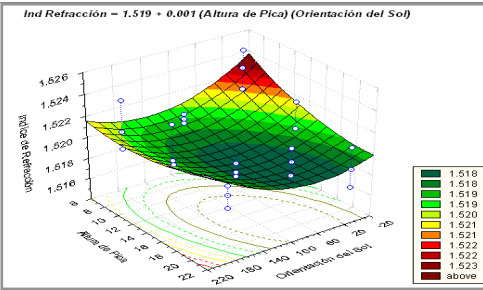


Figura 6. Superficie de respuesta de la variación del índice de refracción en función de la altura de pica y orientación al sol.

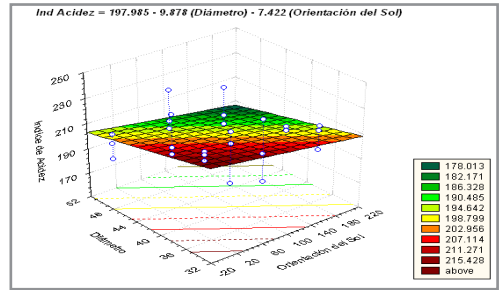


Figura 7. Superficie respuesta de la variación del índice de acidez en función de la orientación del sol y diámetro.

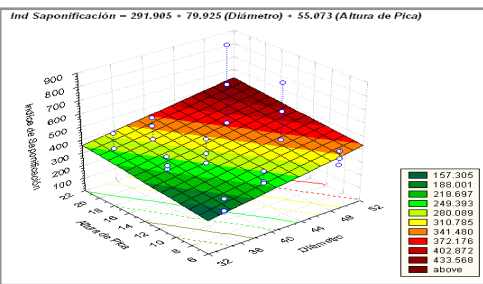


Figura 8. Superficie de respuesta de la variación del índice de saponificación en función de altura de línea base y diámetro.

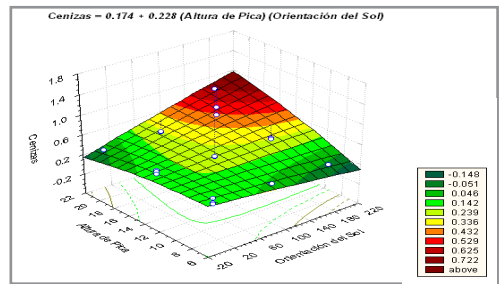


Figura 9. Superficie de respuesta de la variación de cenizas en función de altura de pica y orientación al sol.

izados en el presente estudio. En la superficie respuesta (Figura 5), se observa que los mayores valores de densidad se obtienen cuando el diámetro incrementa su valor y el ángulo de orientación es menor.

Índice de refracción

En la Figura 6, se observa que los valores más altos de índice de refracción se obtienen cuando altura de pica y orientación de sol presentan los mayores valores, y conforme estos disminuyen, el índice de refracción disminuye de 1,5231 a 518. Los valores de índice de refracción de las 27 muestras de oleoresina obtenidas, tuvieron un valor medio de 1,519 con rangos de 1,515 - 1,525 (Cuadro 3).

Índice de acidez

El Índice de Acidez encontrado para la resina del *Pinus oocarpa* varía en un rango de 157 a 241 ml/g con una media de 198 ml/g (Cuadro 3). En la Figura 7 se observa que las variables orientación del sol y clase diamétrica, influyen

en sobre los valores de índice de acidez en un rango de 180 a 200 ml/g. Además los mayores valores de acidez, se encuentran en los menores diámetros del árbol y menores ángulos de orientación del sol.

Índice de saponificación

El índice de saponificación encontrado para el *Pinus oocarpa* varía en un rango de 96,81 a 834,7 ml/g con una media de 292 ml/g (Cuadro 3). En la Figura 8 se observa que los mayores valores de saponificación se presentan cuando el diámetro y altura de pica son mayores, en cambio los menores valores se obtienen en árboles con menor diámetro.

Cenizas

De manera ilustrativa se muestra la superficie de respuesta en la Figura 9, observándose que los valores de cenizas aumentan a mayor altura de pica y mayor ángulo de orientación. El valor de las cenizas del *Pinus oocarpa* varían en un rango de 0,00 a 2,39 % con un valor promedio de 0,17 %.

Discusión

Rendimiento

El rendimiento de la oleorresina es superior al encontrado en un estudio realizado por Barcenás (1991), donde señala, que en época seca, en una muestra de 1000 árboles, de dos especies de pinos (*Pinus caribaea* y *Pinus oocarpa*) se obtuvo una producción promedio mensual de 476 g/árbol/mes. Otros estudios señalan, que se pueden obtener buenos resultados de resinación del *pino caribe* a partir de los 15 años, Panshin (1959), y que el *Pino radiata* debe tener como mínimo 32 años, Chile Forestal (1981); al respecto la plantación estudiada tiene 21 años, por tanto es de esperar que con una buena práctica de resinación, esta especie conífera, proveniente de Oxapampa, tengan un gran potencial como fuente generadora de resinas.

Propiedades físico-químicas de la oleorresina de *Pinus oocarpa* mediante el análisis de superficies de respuesta

Rendimiento

En el análisis de la ecuación de regresión, mediante el ANVA, se encontró una función cuadrática con influencia negativa algo significativa del diámetro; sin embargo, el grado de asociación como modelo de predicción es bajo ($R^2 = 1,68\%$), indicando que el sólo el 1,68 por ciento de la variabilidad del rendimiento de la oleorresina es explicada por la variabilidad del diámetro.

Además, señala que conforme aumenta el diámetro y orientación del sol, se forma una curva ascendente haciendo aumentar el rendimiento hasta cierto punto en que la curva comienza a bajar, encontrándose una zona de valores máximos de rendimiento, en el mapa de contornos se puede apreciar mejor estos resultados; por otro lado se observa que el efecto combinado del diámetro es importante sobre los valores de rendimiento en un rango de 20 a 300 g.

Color

Asimismo, conforme aumenta la orientación del sol y altura de pica, se obtiene valores más

altos de color, significa que la oleorresina es más oscura. Cuando ambas variables disminuyen su valor, la resina esta es mas clara, por tanto de mejor calidad. El mapa de contornos explica mejor esta tendencia. El grado de influencia de las variables independientes respecto a la respuesta, como modelo de ecuación de predicción presenta un R^2 bajo, (5,47 %) indicando que sólo un valor alto de la variación del color, es explicado por otras variables, mientras que menos del 5 por ciento se debe a la influencia de la orientación del sol y altura de pica.

Contenido de humedad

En él se observa que la curva de contenido de humedad es directamente proporcional, significa que a mayores diámetros del árbol, el contenido de humedad de la oleorresina es mayor; asimismo se puede observar que la variable altura de pica no es significativa para la humedad de la oleorresina.

La ecuación de regresión, presenta un coeficiente de determinación R^2 que indica que indica que sólo el 16,28 % de la variación del contenido de humedad es explicado por las variables diámetro y altura de pica. El contenido de humedad se encuentra dentro del rango de estudios realizado por Barry (1932), para 35 diferentes especies de oleorresina con valores de 0,1 a 8,5 %. Si bien por la actividad fisiológica, se espera que en la resinación sólo fluya resina, los árboles con diámetros mayores segregan resina mezclada con humedad proveniente de los tejidos xilemáticos u otras zonas del árbol, como la corteza que tienen influencia directa sobre la humedad.

Densidad

Interpretando los resultados, cuando el diámetro del árbol es mayor, y la pica se ha realizado a 90 grados en dirección de los rayos solares, la oleorresina tiene mayor densidad por tanto, mayor cantidad de colofonia y menor de trementina. Comparando los valores de densidad de oleorresina (0,6588 - 1,0376 g/cm³), con lo reportado por Barry (1932) en 25 especies a diferentes temperaturas (0,95 - 1,024), se observa que las oleorresinas en estudio presentan densidades diferentes a los rangos pre-

sentados por el autor. Por otro lado comparando con densidades de los componentes de la oleorresina, colofonia y trementina, donde Nahan (2005), los clasifica para la colofonia en rangos de 1,052-1,082 g/cm³ cuando el color es pálido y medio, mientras que para las oscuras señala densidades de 1,052 -1,102 g/cm³. La trementina varía entre 0,818-0,874 g/cm³, valor corregido a 20°C, y valores corregidos para la colofonia de: 1,058-1,088 g/cm³ para un color de pálido y medio, y 1,058-1,108 g/cm³ para las más oscuras. Rosinnet (2005), señala también valores semejantes, 1,1 g/cm³ para colofonia y 0,9 g/cm³ para la trementina. En general los valores de densidad obtenidos en la oleorresina del *Pinus oocarpa* se encuentra dentro del rango propuesto por estos autores.

Índice de refracción

El análisis estadístico ANVA, arrojó cierta influencia positiva lineal en efecto combinado de las variables altura de pica y dirección del sol, sobre los valores de índice de refracción. El grado de influencia de las variables independientes con la variable de respuesta R² indica que la variabilidad del índice de refracción se debe en un 5,1% a la variabilidad de altura de pica y dirección del sol, el 94,9 % se debe a otras variables no consideradas en la presente investigación.

De acuerdo con los resultados de *Pine Derivates Marketing Inc* (2002), el valor promedio de índice de refracción para la colofonia, obtenida a 20°C es 1,529, comparando con el rango alcanzado en el presente estudio de (1,515 a 1,525).

Índice de acidez

El análisis estadístico ANVA, efectuado sobre los valores de acidez dio como resultado una influencia significativa, negativa, lineal del diámetro y no significativa negativa, lineal de la orientación del sol. El grado de asociación de las variables independientes respecto a la variable respuesta, como modelo de ecuación de predicción R² indica que el 20,1 por ciento de la variabilidad de la acidez de la oleorresina, es explicada por la influencia de las variables estudiadas.

Una mejor calidad de resina se obtiene cuando el índice de acidez es menor, en este caso, se obtendría mejor calidad de resina cuando se extrae resina de árboles de mayores diámetros y ángulo de orientación del sol. Comparando el índice de acidez del *Pinus oocarpa*, 157 a 241 ml/g, con lo señalado por Barry (1932), quien menciona índices de acidez de 107-174 (ml/g) para diferentes procedencias de oleorresinas, mientras que índices de acidez entre 155-160 ml/g son indicados por Nahan (2007) para diferentes calidades de colofonias.

Para los valores de acidez obtenidos en el presente estudio podrían ser elevados por lo que se pensaría que los pinos estudiados, tendrían en su composición mayor cantidad de ácidos grasos libres. Las diversas reacciones de oxidación y enraciamiento 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.

Índice de saponificación

El análisis estadístico efectuado sobre los valores de saponificación dio como resultado una influencia significativa, positiva, lineal del diámetro. El grado de asociación de las variables independientes respecto a la variable de respuesta, como modelo de ecuación de predicción R² indica que el 16,33 por ciento de la variabilidad de la saponificación de la oleorresina, es explicada por influencia de las variables estudiadas, mientras que el 84 % restante se debe a otros factores no incluidos en el presente estudio.

Un aceite de buena calidad presenta menores valores de índice de saponificación, en este caso, se obtendrá mejor calidad de resina en árboles con menores diámetros. Al respecto, Barry (1932) señala rangos de 142 a 185 ml/g para oleorresinas de diferentes especies, mientras que Nahan (2007), menciona índices de saponificación de 160 a 165 ml/g.

Cenizas

El análisis estadístico ANVA, señala que no hubo influencia significativa de ninguna de las

tres variables analizadas sobre las variaciones de los valores de cenizas del presente estudio. Al respecto, Barry (1932), señala para oleorresinas de pinos, valores de cenizas de 0,4 a 4,62 por ciento, mientras que Rosinnet (2005) y Pomayay (1992), valores por debajo de 0,04 por ciento; que al ser comparados con los obtenidos en la presente investigación, son menores a los obtenidos por (Barry, 1932), pero mayores a los obtenidos por Rosinnet (2005) y Pomayay (1992). Cabe señalar que los valores de cenizas están dados por la fracción de colofonia de las oleorresinas, ya que la trementina, sustancia líquida y volátil no produce cenizas.

Son dos los factores que influyen principalmente en el porcentaje de cenizas y están ligados al método de resinación. El primer factor es el caolín, utilizado para la elaboración del estimulante en pasta, que al mezclarse con la oleoresina se incorpora a ella, aumentando por consiguiente el porcentaje de cenizas cuando es analizada. El segundo factor es la presencia de fibras de madera y pequeños fragmentos de corteza presentes en las muestras de oleoresina.

Variables no consideradas en el análisis de oleorresinas

En el análisis mediante superficies de respuesta en su gran mayoría presentaron coeficientes de determinación que explican que existen otras variables responsables del comportamiento del producto, estas pudieron ser la poca exposición de los árboles a los rayos solares y las condiciones meteorológicas. La primera, por la presencia de maleza alta y algunos árboles como *Cecropia sp.* (de las parcelas 10 y 11), ocasionó interferencia de luz solar hacia los árboles resinados. Mientras que la segunda variable, respecto a la variación de los factores climáticos (precipitación, temperatura y viento) es mantenida por autores como, Betancourt y Villalba (2000), Muramoto y Pinheiro (citados por Ferreira, 2002), quienes mencionan que los factores más influyentes en la producción de oleoresina son la temperatura, precipitación y humedad. Además, las variaciones de la temperatura y efecto del viento, ocasiona la cristalización o endurecimiento de la oleoresina

na exudada. Otro efecto perjudicial de la precipitación elevada, es el lavado de la entalladura, lavado del ácido aplicado y llenado de agua de los recipientes de recolección.

Conclusiones

La clase diamétrica y el ángulo de orientación de las caras con respecto al sol influyen significativamente en los valores de rendimiento, densidad e índice de acidez.

Se encontró que conforme se incrementa la clase diamétrica y ángulo de orientación de las caras con respecto al sol, se obtiene mayor rendimiento y menor índice de acidez. Sin embargo cuando se incrementa el diámetro y disminuye el ángulo de orientación de las caras con respecto al sol, la densidad aumenta.

Con el incremento en el ángulo de orientación de las caras con respecto al sol se obtiene una resina más oscura en *P. oocarpa*.

Conforme se incrementa el diámetro, el contenido de humedad aumenta su valor; en cambio el índice de saponificación lo hace cuando además se incrementa la altura de pica.

El valor de cenizas en *P. oocarpa*, no mostró influencia significativa en ninguna de las 3 variables analizadas: clase diamétrica, ángulo de orientación de las caras con respecto al sol y altura de pica.

Bibliografía

- Barcenas, A. 1991. Técnica de resinación: Sistema Americano de copa y canal (Cup and gutter). Siguatepeque, HN, Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Barry, T. 1932. Natural Resin. Londres, UK. 294 p.
- Chile Forestal. 1981. Resinación forestal del *Pino insignis* Chileno. 8 p. (suplemento del periódico Chile Forestal).
- NAHAN. 2007. Fábrica de procesamiento de resina y trementina. Specifications for gum rosin. Consultado en junio del 2007. Disponible en: <http://hpsirmaur.nic.in/Rosin1.htm>

Ferreira, J. 2002. Análise de cadeia produtiva e estrutura de custos do setor brasileiro de produtos resinosos. Piracicaba. Estado de São Paulo. Brasil. Consultado 26 may. 2005. Disponible en: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111132/tde-23102002-172920/publico/jose.pdf

Food and Agriculture Organization (FAO). 1995. Gum naval stores-turpentine and rosin form pine resin. Rome, IT, FAO.

Peralta, V. (1988) Aceites esenciales: extracción, análisis y su potencialidad en la industria. Tesis para optar el Título e Licenciado en Química. Facultad de Ciencias e Ingeniería – Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú. 104 p.

Panshin, J. 1959. Productos forestales: origen, beneficio y aprovechamiento. Editorial Galvat. Barcelona-España. 605 p.

Pomayay, R. 1992. Estudio preliminar de la resina de *Pinus radiata* D. Don Song, Z. (1996) Processing and Chemical Modifications of Gum Oleoresins, Research Institute of Chemical Processing and Utilization of forest products. Nanjing, China, Chinese Academy of Forestry.

Rosinnet. 2005. Handbook (página web). China. Consultado en Abril 2007. Disponible en: <http://www.rosinnet.com>

Presentado: 28/08/2009

Aceptado: 16/05/2017