



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE RESINA PARA *Pinus hartwegii* EN LA ESTACIÓN FORESTAL EXPERIMENTAL ZOQUIAPAN (EFEZ), EDO., DE MÉXICO.

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

AURELIO GARCÍA SANTIAGO



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO, DICIEMBRE DE 2005

BIBLIOTECA DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES

**Función de producción de resina para *Pinus hartwegii*
en la Estación Forestal Experimental
Zoquiapan (EFEZ), Edo., de México.**

Tesis realizada por Aurelio García Santiago bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



DR. HUGO RAMIREZ MALDONADO

ASESOR:



DR. JOSÉ LUIS ROMO LOZANO

ASESOR:



MC. J. CARMEN AYALA SOSA

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA ANA LUISA ALVARADO CHÁVEZ
A MI HIJO DANIEL GARCÍA ALVARADO

AL MC. J. CARMEN AYÁLA SOSA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para la realización de los estudios de Posgrado.

A los profesores Dr. Hugo Ramírez Maldonado, Dr. José Luis Romo Lozano, al MC. J. Carmen Ayala Sosa por apoyo en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mi esposa Ana Luisa Alvarado Chávez por su apoyo en la culminación del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Isidro Ramón Alvarado Chávez por la asesoría prestada en el análisis estadístico del presente trabajo de investigación.

A los trabajadores de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ), por su apoyo en las actividades de resinación.

DATOS BIOGRAFICOS

El C.Aurelio García Santiago curso sus estudios de primaria en la Escuela Concepción Fuente Vespertina en Papantla, Veracruz. Los correspondientes a la Secundaria se cursaron en la misma localidad en la Escuela Secundaria Federal No. 1.

Los estudios de Preparatoria y Licenciatura en Ingeniería Forestal con Orientación en Economía y Ordenación fueron realizados en la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

Se tiene experiencia profesional en el área de formulación y evaluación de proyectos adquirida como empleado en el Fondo Nacional de Empresas en Solidaridad (FONAES) ubicada en el Estado de Querétaro, México.

Actualmente se esta laborando como consultor externo en la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) con sede en Toluca, Estado de México dentro del Programa de Servicios Ambientales.

ÍNDICE GENERAL

	PÁG
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRAC	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Hipótesis	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Descripción de la especie	7
2.3. Resina	9
2.3.1. Definición	9
2.3.2. Importancia	11
2.3.3. Contenido en la madera	12
2.3.4. Factores que afectan la producción de resina	13
2.3.5. Efectos que ocasiona la resinación	15
2.3.6. Especies que se resinan en México	16
2.4. Método de resinación francés modificado para México	16
2.5. Costos de producción	17
2.6. Función de producción	17
2.6.1. Definición	17
2.6.2. Producto medio	19
2.6.3. Producto marginal	20
2.6.4. Etapas de producción	21
2.7. Análisis marginal	22
2.8. Optimo técnico	23
2.9. Elasticidades de producción	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Ubicación del área de estudio	25
3.1.1. Localización	25

3.1.2. Clima	25
3.1.3. Geología	28
3.1.4. Topografía	29
3.1.5. Hidrología	30
3.1.6. Suelo	30
3.1.7. Vegetación	31
3.2. Delimitación del área de estudio	32
3.3. Establecimiento del experimento	33
3.4. Aplicación de las picas	34
3.5. Recolección	34
3.6. Toma de datos	34
3.6.1. Producción	34
3.6.2. Características del arbolado	35
3.6.3. Compilación y arreglo de datos	36
3.6.4. Método para calcular la edad del arbolado	38
4. RESULTADOS Y DISCUSION	42
4.1. Análisis de datos	42
4.1.1. Cálculo de la edad del arbolado muestreado	42
4.1.2. Determinación de variables significativas	44
4.2. Producción de resina en árboles resinados y no resinados	47
4.3. Producción de resina en árboles dominantes, intermedios y suprimidos	50
4.4. Función de producción de resina	50
4.4.1. Curva de producción total de resina	52
4.4.2. Curva de la producción media de resina	54
4.4.3. Curva de la producción marginal de resina	57
4.5. Etapas de la función de producción de resina	60
4.5.1 Etapa I de la función de producción de resina	61
4.5.2 Etapa II de la función de producción de resina	62
4.6 Óptimo técnico de la producción de resina	63
5. CONCLUSIONES	64
6. BIBLIOGRAFIA CITADA	65
7. ANEXOS	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Datos recabados en campo	36
2	Árboles muestreados por variable clasificatoria	38
3	Errores promedio de la edad estimada con respecto a la real	43
4	Correlación de variables empleando diferentes modelos	43
5	Datos ordenados para su análisis	44
6	Análisis de regresión utilizando la opción stepwise	45
7	Promedios por variable clasificatoria	47
8	Comparación múltiple de las medias de la condición (cdn) para la variable producción de resina (rnt) utilizando la prueba de Tukey	47
9	Comparación de medias de la condición para las variables diámetro normal, edad, altura, diámetro de copa, ancho y largo de cara	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ) en donde se desarrolló el experimento.	26
2	Producción de resina en árboles resinados y no resinados.	49
3	Función de producción de resina teniendo como insumo variable a la edad del árbol.	53
4	Producción media de resina (pme) definida a partir del insumo variable edad.	54
5	Máxima producción media de resina a través de la línea tangente que toca un punto de la curva de producción total de resina.	56
6	Punto en donde la producción marginal y producción media de resina se cruzan.	57
7	Máxima producción marginal de resina teniendo como insumo variable a la edad.	58
8	Etapas de producción de resina a lo largo de la curva de producción total.	60

**Función de producción de resina para *Pinus hartwegii* en la Estación Forestal
Experimental Zoquiapan (EFEZ), Edo., de México**
**Function for resin production for *Pinus hartwegii* in the Zoquiapan Experimental
Forestry Station (EFEZ), Mexico State**
Aurelio García- Santiago¹ . Hugo Ramírez- Maldonado² .

RESUMEN

Para generar una función de producción de resina para la especie *Pinus hartwegii* y obtener un óptimo de producción, se estudió la producción de resina, en base al diámetro, edad, altura, diámetro de copa, condición (resinado, no resinado) y estatus sociológico del árbol (dominante, codominante y suprimido) y superficie de resinación, en la Estación Experimental Forestal Zoquiapan. Se realizó un análisis de varianza, resultando que la edad y la superficie de resinación son los factores determinantes en la producción de resina ($p < 0.05$). Con esas variables se ajustó un modelo de producción de resina en función de la edad y superficie de resinación con una $R^2 = 0.996$, al excluir la superficie de resinación la R^2 fue de 0.95. Se decidió obtener la función de producción de resina solamente en función de la edad del árbol, quedando así:

$$\text{Producción de resina} = 5179.85 e^{(-116.18/\text{edad})}$$

Así, la máxima producción media de resina se alcanza a los 116 años y la máxima producción anual a los 58.

Palabras-clave: Función de producción, resina, óptimo técnico.

ABSTRAC

In order to generate a function for resin production for the *Pinus hartwegii* species and to obtain optimum production, resin production was studied on the basis of the diameter, age, height, treetop diameter, tree condition (resin has been drawn or not), sociological status of the tree (dominant, codominant and suppressed) and surface resin extraction, in the Zoquiapan Experimental Forestry Station. Variance analysis was done and determined that age and surface resin extraction are the determining factors in resin production ($p < 0.05$). The result was adjusted to a model of resin production based on age and surface resin extraction with an $R^2 = 0.996$. When the surface resin extraction was excluded from the function, the R^2 was 0.95. It was decided only to obtain the function of resin production based on the age of the tree, which was:

$$\text{Resin production} = 5179.85 e^{(-116.18/\text{age})}$$

Thus, maximum average resin production is reached when trees are 116 years old and maximum annual production is reached when trees are 58 years old.

Key words: Production function, resin, technical optimum.

¹Tesista/ Thesis writer

²Director/ Thesis director

1. INTRODUCCIÓN

En áreas con bosque de clima templado la actividad de resinar a los árboles constituye la segunda fuente más importante de ingresos después de los aprovechamientos de madera, constituyéndose en un rubro indispensable como complemento del ingreso familiar (Ayala, 1986). Esto, por el hecho de que la actividad requiere abundante mano de obra, permitiendo el empleo de una buena parte de la población local, manifestando en definitiva la importancia que tiene como motor de una economía local y regional.

Los estados productores de resina en orden de importancia son: Michoacán con 22,310 ton/año, Jalisco con 889 ton/año, Estado de México con 851 ton/año y Oaxaca con 419 ton/año (SEMARNAP, 1998); manteniéndose este orden desde 1984.

En la actualidad son escasos los trabajos realizados en torno a la resina en nuestro país, pudiéndose deber entre otras cosas, a la presencia de sustitutos en el mercado, los cuales son obtenidos a menores costos de producción favoreciendo mayor demanda de ellos. Una de las líneas de investigación que posiblemente hagan falta en relación a este tema lo constituye la parte económica, dentro de la cual destaca la función de producción como una herramienta de decisión para un proyecto que implique la obtención de las mayores tasas de producción de resina y de ingresos.

El presente documento tiene la finalidad de servir como un ejemplo de la aplicación de las funciones de producción a una actividad económica que depende directamente de un

recurso forestal no maderable y el cual se ve influenciado por factores ambientales que lo rodean, haciendo que se presenten variaciones en su producción.

En el presente trabajo de investigación se estudiaron los factores que intervienen en la actividad de resinación, determinando cuales de ellos son los que tienen mayor influencia sobre la producción de resina. Una vez conocido esto, se elaboró la función de producción respectiva teniendo como insumo la edad del arbolado y la producción de resina como producto resultante. Dicha función fue estudiada con la finalidad de conocer el comportamiento de la producción de resina en base a la edad del arbolado de la especie de *Pinus hartwegii* en bosques cercanos a la Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ).

1.1. OBJETIVOS

General

- Generar una función de producción de resina para la especie *Pinus hartwegii* en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ).

Específico

- Cuantificar la producción de resina en la especie *Pinus hartwegii*.
- Determinar estadísticamente los factores relevantes en la producción de resina para *Pinus hartwegii*.
- Determinar el comportamiento de la producción de resina a cierta edad del arbolado empleando una función de producción.

1.2. HIPÓTESIS

La producción de resina en la especie *Pinus hartwegii* es influenciada significativamente por los siguientes factores: diámetro, edad, altura, diámetro de copa, condición y estatus del árbol y largo y ancho de la cara de resinación.

La edad del arbolado es un factor que influye en la producción de resina siendo mayor al incrementarse la edad hasta llegar a un punto máximo para luego decrecer.

Conforme aumentan las dimensiones de un árbol, como el diámetro normal y diámetro de copa, la cantidad de resina que produce tiende a ser mayor, llegando a un punto donde alcanza su máximo y posteriormente inicia un descenso.

Con relación a las dimensiones de la cara (largo y ancho) sobre la cual se resina un árbol, al ser mayores también se da un aumento en la cantidad de resina que produce.

Un árbol que sea dominante en altura en relación a los que se encuentran a su alrededor, producirá mayor cantidad de resina a uno que se catalogué como codominante ó suprimido.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Zepeta (1989) realizó un análisis económico del uso de insumos en dos aserraderos a través de una función de producción. Probó diferentes modelos matemáticos, en los que se usaron las variables importantes que inciden directamente en la producción de madera aserrada.

Se contempló a las siguientes variables.

X_1 = Cantidad de materia prima en pies cúbicos por año

X_2 = Horas máquina totales

X_3 = Número de jornales de mano de obra calificada

X_4 = Número de jornales de mano de obra no calificada

X_5 = Capital de trabajo utilizado en pesos por año

X_6 = Valor del equipo y maquinaria en pesos

X_7 = Tamaño de los patios de recepción del aserradero

Se estimó la ecuación de regresión que engloba a todas las variables arriba mencionadas resultando tres de ellas estadísticamente no significativas: X_5 , X_6 , X_7 . El modelo resultante se obtuvo en base a su R^2 y fue el que incluyó el cuadrado de la variable cantidad de materia prima utilizada (X_1) con un R^2 de 0.996.

Robles (1996), hizo una estimación de una función de producción considerando dos aspectos: volumen de materia prima y producción de madera aserrada. El primero representó a la variable independiente y el segundo a la dependiente.

Se probó un modelo cúbico, resultando una R^2 de 0.997; siendo el ideal para trabajar la función de producción. El óptimo económico para el aserradero se encontró en el nivel de producción correspondiente a 570,835.24 pies tabla a partir de 3,390.0 m³ madera en rollo mensual.

Un estudio sobre economías de escala en la industria del aserrío en Michoacán empleando una función de producción fue realizado por León (1988). Trabajó con el modelo tipo Cobb-Douglas por ajustarse a las condiciones que presentaban sus datos. Concluyó que a un incremento proporcional en los insumos, el producto aumenta en mayor proporción; señalando que la mayor parte de los aserraderos son de una capacidad y tamaño pequeños por lo que no aprovechan las economías de escala.

Romo (1990) utilizó a la función de producción para realizar una asignación óptima de recursos en los viveros forestales del Edo. de México. Determinó la forma en que están relacionados los insumos que participan en el proceso productivo con la cantidad de planta producida. El modelo seleccionado fue el exponencial tipo Cobb-Douglas concluyendo que:

- La mayoría de los viveros se encuentra trabajando por debajo del límite eficiencia.

- El insumo capital resultó ser superior al que teóricamente minimiza el costo.
- El insumo trabajo resultó inferior al nivel que minimiza el costo.
- El insumo trabajo y capital están siendo utilizados en la etapa II de la producción.

2.2. Descripción de la especie

El *Pinus hartwegii* es un árbol de 15 a 30 m de altura, corteza agrietada color pardo rojizo, con ramas extendidas y colocadas irregularmente, ramillas muy ásperas de color moreno rojizo o algo grisáceas, con la base de las brácteas largas y fuertes, a veces agudas y salientes que con frecuencia se descaman como en *Pinus montezumae* Lamb. (Solórzano, 1987).

Hojas: En la forma más típica se observan tres y cuatro, en otros cuatro y cinco y también cinco como cifra constante. Miden de 8 a 16.5 cm de largo; son de color verde claro, medianamente gruesas, algo tiesas, carinadas es decir, con la cara dorsal muy ancha y la costilla media apenas levantada; sin embargo, se notan triangulares cuando son en número de cinco. Los bordes son aserrados, siendo los dientecillos muy pequeños y próximos. Presentan estomas en las tres caras, tienen dos haces vasculares, muy aproximados o casi contiguos, rodeados de células de refuerzo; las paredes exteriores de las células endodérmicas son delgadas o levemente engrosadas en algunos casos; el hipodermo es uniforme en su espesor, con dos hileras de células irregulares, sin entrantes en el clorénquima, rara vez con leves espaciamentos desiguales en la cara dorsal; los canales resiníferos son medios, excepcionalmente con uno o dos internos, y

en número de dos a once, más comúnmente alrededor de seis (Martínez, 1948; Eguiluz, 1985; Solórzano, 1987).

Vainas. Las vainas son de color castaño al principio y moreno grisáceas después, a veces muy oscuras, escamosas abajo y anilladas arriba, generalmente, de 10 a 17 mm. En hojas muy robustas, llegan a 25 mm, sin embargo, al envejecer, suelen acortarse hasta de 5 a 10 mm (Martínez, 1948).

Yemas. Largamente ovoides, agudas, de color moreno rojizo (Martínez, 1948).

Conillos. Conillos casi oblongos, en grupos terminales, de intenso color azul violáceo, protegidos por brácteas lacinadas (Martínez, 1948; Solórzano, 1987).

Conos: Son ovoides, acuminados, ligeramente oblicuos, encorvados algunas veces, de 8 a 10 cm de largo, color rojizo oscuro casi negros, casi sésiles, con pedúnculo de 10 mm de largo, presentándose en pares pero a veces 3, 4 ó 5 conos se encuentran juntos. Escamas numerosas, muy delgadas y frágiles, derechas, pocas veces reflejadas, con el umbo aplastado (rara vez saliente), angostas en el ápice, el cual presenta un ángulo casi recto. Miden de 24 a 28 mm de largo, a veces hasta 35, por 10 a 13 de ancho en su parte más amplia, que es la región media. Apófisis aplastada; de color casi negro, con la quilla transversal y la costilla perpendicular bien marcada, pero apenas salientes; cúspide hundida, con una punta corta, gruesa, frágil y persistente (Martínez, 1948; Solórzano, 1987).

Semillas: son negras y pequeñas, de 5 a 7 mm de largo, con ala café oscuro de 15 mm de largo y con ganchos basales.

Canales resiníferos: Son elementos con epitelio de pared delgada, se encuentran en un número de 0.0 a 0.83 por mm² con una media de 0.23 y con diámetro variable de 98 a 150 micras, teniendo 122 como promedio (Eguiluz, 1978).

A este árbol comúnmente se le conoce como ocote junto con varias especies de pinos; su distribución se encuentra en los estados de Colima, Chiapas, D. F., Guerrero, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Eguiluz, 1985).

El *Pinus hartwegii* o también conocido como el pino de las alturas, se localiza entre los 2815 a 4000 msnm, la floración de este pino ocurre de marzo a abril, fructificando en diciembre del mismo año (maduración del cono). La dispersión de las semillas es de diciembre a enero. Su madera es blanca amarillenta, dura de textura fina y sin un marcado olor resinoso.

2.3. Resina

2.3.1. Definición

La resina es un producto órganosoluble, de origen vegetal ó a base de hidrocarburos; son sustancias sólidas ó semisólidas, de color amarillo a rojo pardo (Romahn, 1982). Están contenidos en la madera y constituyen el 20% de su composición química total (Libby, 1968; Sánchez, 1984); en los árboles viejos, dichos extractos están confinados cerca del

centro del tronco (Greulach y Adams; 1976). Se encuentran formadas por ésteres y éteres de los ácidos resínicos con alcoholes complejos llamados resinoles (Romahn, 1979).

La resina de los pinos se encuentra formada por dos elementos: la brea o colofonia y el aguarrás o esencia de trementina. Ésta última al contacto con el aire se vuelve viscosa, opaca y deja en el tronco, al evaporarse el aguarrás, un depósito de sustancia blanca y amarillenta que recibe el nombre del barrazco, galipodio o incienso blanco (Romahn, 1982).

En el interior de los árboles, la resina se encuentra en los canales resiníferos, que son elementos anatómicos normales de la madera de pino y se presentan en sistemas longitudinales y radiales que se entrecruzan periódicamente, formando una red debida a la primera separación postcambium de las células en crecimiento de tal manera que por absorción celular, se forma una abertura central o pasaje, por donde se canaliza la trementina hasta la superficie (Ronald, 1969; Wangaard, 1950). En la madurez, los canales resiníferos quedan envueltos por un tejido de secreción, el epitelio, de donde secreta la oleo-resina, la cual proviene de la albura, es un líquido viscoso que fluye del canal descubierto por la herida y la trementina del duramen, no es fluida y no mana de canales recién abiertos (Romahn, 1982).

Ayala (1986), menciona que la resina se obtiene a partir de una respuesta biológica de los pinos a una herida ocasionada en sus tejidos, a excepción de la corteza y por tanto su

producción depende en primera instancia por factores biológicos, los cuales pueden ser afectados por factores externos que la inhiban o la estimulen.

La exudación de la resina, constituye un mecanismo de defensa pasivo del árbol contra agentes externos patógenos y naturales (Higuchi, 1985; Romahn, 1982; Ayala, 1986).

2.3.2. Importancia de la resina

Los productos obtenidos de la resina (brea y aguarrás) tienen múltiples aplicaciones. La brea es utilizada en la fabricación de pinturas, barnices, lacas y “pez de cerveceras”; en el encolado de papel y cartón; en la preparación de lubricantes, aceites emulsificables y betún para zapatos; en farmacología para la preparación de ungüentos, emplastos, remedios internos y mezclas desinfectantes; también como antiderrapante en “rings”, para la fabricación de jabones, entre otros (Romahn, 1984).

El aguarrás es usado extensivamente como rebajador volátil para pinturas y barnices; secador de esmaltes y selladores de madera; para la preparación de lacas grasas y lacas fluidas; como disolvente de ceras en betunes para cueros de zapatos, así como la fabricación de insecticidas, fumigantes, desinfectantes, pulimentos, colorantes, jabones, medicinas, etc., (Romahn, 1984).

Ayala (1986), describe a la actividad resinera en México como la más importante después de los aprovechamientos maderables; señala que en 1984, alcanzó un 33% del valor total de la producción no maderable, en donde se incluyen gomas, ceras, fibras y

otros. Para 1998, se mantiene la tendencia creciente con una aportación del 97%, \$70,784,500.00 pesos al valor total de los productos forestales no maderables que ascendió a \$72,648,240.00 pesos (SEMARNAP, 1998).

En cuanto al volumen de producción de los no maderables, la extracción de resina representa el 98%, con 24,469 ton. del total producido para el año 1998 (24,852 ton.); lo que remarca la importancia de dicha actividad como generadora de empleos (SEMARNAP, 1998).

Los estados productores de resina en orden de importancia son; Michoacán con 22,310 ton/año, Jalisco con 889 ton/año, México con 851 ton/año y Oaxaca con 419 ton/año (SEMARNAP, 1998). De acuerdo a los datos proporcionados por la misma SEMARNAP (1995, 1996, 1997 y 1998) no se han presentado cambios en el orden de los estados productores de resina, desde el año de 1984.

2.3.3. Contenido en la madera

El contenido de extractos en la madera, entre los que se encuentra la resina, varían de acuerdo a la especie, edad del árbol, localización en el árbol y a los factores ambientales que rodean al mismo (Britt, 1970; Bromley, 1969).

Keit (1969) encontró que dicho contenido fue mayor en la parte interior del fuste y disminuyó a una tasa constante hacia la periferia del mismo. Siendo este contenido de 11.3% para la madera de duramen y solo del 2% para el caso de la albura.

A su vez, García (1996) encontró que este contenido fue mayor en árboles resinados en comparación a los no resinados y mayor a la altura de 1.30 m y menor a 3.70 m.

Lo anterior muestra que el resinar un árbol incrementa el contenido de resina en la primera troza comercial (1.25 m ó 4.0 ft) causando un mayor costo para su aserrío y procesamiento a celulosa.

2.3.4. Factores que afectan la producción de resina

Los factores primordiales que influyen en dicha producción son: método de resinación, la exposición dominante, especie (Bandera, 1943; Bello, 1966; Mas, 1975; Uriarte, 1956; Gutiérrez, 1981), longitud de copa (INIF, 1981) y diámetro normal (Clements, 1981).

El método de resinación influye en la producción de resina ya que la herida o incisión puede realizarse en dos formas: únicamente sobre superficies vírgenes ó sobre canales obturados por la oxidación de la resina abiertos en picas anteriores (Bello, 1966). En la actualidad los métodos de resinación tienden a asociarse cada día más con el uso de estimulantes químicos y ser más superficiales para causar el menor daño posible al arbolado y al mismo tiempo incrementar el rendimiento de resina (Ayala, 1986).

El mismo Ayala (1986), en un estudio realizado sobre la especie *P. pringlei*, determinó que el método de resinación francés produjo mayor cantidad de resina que el franco-americano y la exposición Este produjo más resina que los otros tres puntos cardinales.

Uriarte (1956) menciona que la producción de resina por árbol y cara es muy variable de acuerdo a la especie. Mientras que INIF (1981) añade que la producción de resina está directamente relacionado con el tamaño de la copa.

Otros factores a considerar son: dimensiones del árbol (Martínez, 1948; Uriarte, 1956), la pericia de los trabajadores en la ejecución correcta y oportuna de las labores de resinación, (Uriarte, 1956; Bello, 1966). Respecto al bosque, la producción de resina depende de: la frecuencia en la mezcla de especies productoras (Bello, 1966; Romahn, 1984), la calidad de sitio o de estación (Bello, 1966; Gutiérrez, 1979; Romahn, 1984, Virchez, 1961), así como la protección al bosque contra agentes destructivos (Bello, 1966), el número de caras de resinación, el área de resinación y el aspecto exterior del árbol (Cardoso, 1966), la edad de la cara de resinación (Cardoso, 1966; Romahn, 1984), el estimulante aplicado así como la profundidad de la pica interactuando con el estimulante (Carreón, 1966), el año y el sitio sobre el cual se resina (Gutiérrez, 1979), el número de picas (Gutiérrez, 1981), la temperatura, espesura, humedad y el viento (Romahn, 1984).

Hernández (1978) encontró que la producción anual de resina en arbolado plagado fue mayor (2,432 gr) en comparación con la obtenida en arbolado sano (2,021 gr) para las especies de: *P. douglasiana*, *P. leiophylla*, *P. michoacana* y *P. montezumae*.

Ayala (1986) a su vez probó tres concentraciones de pasta estimulante (20, 40 y 60%); sobre la especie *P. pringlei* encontrando que el correspondiente a 20% presentó la mayor producción anual de resina.

2.3.5. Efectos que ocasiona la resinación

La resinación de los árboles trae como consecuencia efectos en el incremento del árbol y en su procesamiento. Romahn (1982) señala una reducción en el incremento de madera en todo el árbol en un rango que va de 20-33% cuando se trata de una sola cara de trabajo; por su parte INIF (1981) reportó una reducción del 20%.

Kovalenko (1985) y Luo (1985) encontraron que la resinación estimulada reduce el incremento entre un 1.0 y 5.3%.

González (1992) no encontró diferencias en cuanto al incremento en diámetro entre árboles resinados y no resinados, estimulados y no estimulados ni entre diferentes concentraciones de estimulante. El mismo resultado obtuvo Trifunovic (1959) al medir los incrementos de árboles resinados y no resinados durante un período de seis años.

En cuanto a los problemas que ocasiona trabajar con coníferas, se menciona el hecho de que en la obtención de pulpa, las resinas y otros extractos originan soluciones coloidales, las primeras se precipitan sobre las fibras y más tarde tapan los depuradores, las telas de las máquinas y las cajas de succión, produciendo masas pegajosas (Grant, 1966; Libby, 1968; Ronald, 1969).

Otro de los problemas causados por la resina es que reducen la eficiencia en el lavado de la pulpa; para su blanqueado, aumenta el consumo de químicos, reduce la evaporización e incrementan los problemas en la oxidación del licor (Ronald, 1969). A su vez Sánchez (1984), dice que actúan como corrosivo en el equipo.

2.3.6. Especies que se resinan en México

Ayala (1986) menciona que para abastecer las necesidades de resina, y como resultado del agotamiento resinero por la falta de aplicación de técnicas silvícolas adecuadas en muchos países, entre ellos México, se resinan a las especies de pino con que se disponen en su hábitat natural, dando como resultado que prácticamente todas ellas sean resinadas en forma comercial.

Las especies que se resinan están localizadas en los estados de Michoacán, México, Jalisco y Oaxaca, principalmente. Se caracterizan por presentar una mayor producción de resina y madera en cantidad y calidad adecuadas para su aprovechamiento comercial; ordenadas en forma descendente son: *P. pringlei*, *P. oocarpa*, *P. lawsonii*, *P. pseudostrobus*, *P. leiophylla*, *P. michoacana*, *P. tenuifolia*, *P. herrerae*, *P. douglasiana*, *P. montezumae* y *P. teocote*. Otras especies reportadas son: *P. ponderosa*, *P. hartwegii*, *P. rudis*, *P. macrophylla*, *P. duranguensis* y *P. lutea* (Ayala, 1986).

2.4. Método de resinación francés modificado para México

El Método de resinación francés modificado para México se aplica en nuestro país desde 1937, y tiene la modalidad de resinación a vida con las siguientes especificaciones (Ayala, 1986):

- Diámetro mínimo resinable de 30 cm.
- Árboles con diámetro de 30 – 40 cm. se les aplica una cara de resinación, mientras que aquellos con diámetro de 45 – 55 cm se les trabajan dos caras.

- Las dimensiones de la cara son: 10 cm de ancho, 1.5 cm de profundidad a partir del cambium, 1 cm de avance vertical por pica o rebane.
- En los casos en que se trabaje con más de una cara de resinación es necesario dejar una distancia entre cara de 10 cm como mínimo de ancho.
- La pica o rebane se realiza en períodos de ocho días.
- La superficie de resinación se renueva 10 ó 15 cm arriba de la última pica.
- El avance vertical anual en el fuste de resinación es de 50 cm.
- Se realizan campañas de resinación a 5 años.

2.5. Costos de producción

Ayala (1986), menciona que en la producción de resina se tienen dos tipos de costos: los que intervienen de forma directa para la realización del trabajo de obtención de la resina y derivados, y los que implican un efecto en el crecimiento del arbolado por desviar los productos fotosintéticos hacia la producción de resina en vez de madera.

Los costos directos para producción de resina son: las labores de pica, junta o remasa, amortización, depreciación, utilidad para el resinero y derecho de monte (Ayala, 1986).

2.6. Función de producción

2.6.1. Definición

Parkin (1995) señala que el problema fundamental donde se origina toda la actividad económica es la escasez y la maximización del beneficio es una consecuencia directa de la escasez. La búsqueda del mejor uso posible de los recursos escasos es lo mismo que

intentar obtener el mayor beneficio posible. Así una empresa que intenta maximizar el beneficio tiene la mejor oportunidad de sobrevivir en un entorno competitivo.

La interpretación de los fenómenos económicos para satisfacer los diversos objetivos que la sociedad demanda se realiza utilizando modelos basados en el método inductivo ó estadístico (Guillen, 1980).

Gould (1998) describe a la función de producción como una curva (un cuadro o una ecuación matemática) que indica la cantidad máxima de producción que puede obtenerse de cualquier conjunto especificado de insumos dada la tecnología existente o el “estado de arte”; es como un “libro de recetas” que indica cuáles producciones se asocian con cuáles conjuntos de insumos.

Por su parte Guillén (1980) la define como una relación de cantidad de los distintos insumos que deben emplearse y el nivel de producción así obtenido. Describe la tasa a la cual los recursos son transformados en producto.

Zepeta (1989) señala que uno de los primeros en sugerir una forma algebraica para la función de producción, por cierto en la producción agrícola, fue Knut Wicksel, quien señaló que el producto agrícola era claramente una función matemática de las cantidades de trabajo, tierra y capital utilizados en el proceso de producción. Estableció la siguiente ecuación:

$$p = a^{\alpha} . b^{\beta} . c^{\gamma}$$

donde:

a = Trabajo

b = Tierra

c = Capital

Aclarando que a, b y c son parámetros que satisfacen la igualdad $\alpha + \beta + \gamma = 1$.

Simbólicamente la función de producción puede ser descrita como sigue:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Donde:

y = producto

$x_1, x_2, \dots, x_n$ = cantidades de insumos que forman parte en el proceso de producción

2.6.2. Producto medio

El producto medio de un insumo es el producto total dividido por la cantidad del insumo utilizado en la producción de esta cantidad. Es decir, es la cantidad de producción por unidad de insumo para diferentes niveles de uno de los insumos considerados (Gould, 1998). Se expresa de la siguiente manera cuando se trabaja con dos insumos variables:

$$Pme(X_1) = \frac{Y}{X_1} = \frac{f(X_1, X_2)}{X_1}$$

$$Pme(X_2) = \frac{Y}{X_2} = \frac{f(X_1, X_2)}{X_2}$$

Para cuando se tienen varios insumos variables ($X_1, X_2, \dots, X_n$) que explican a la producción (Y), es posible obtener el Pme para cada uno de ellos dividiendo con respecto a cada uno de los mismos.

Así para un $Pme(X_1)$ se divide respecto a X_1 , para un $Pme(X_2)$ se divide respecto a X_2 , y para un $Pme(X_n)$, se divide respecto a X_n .

2.6.3. Producto marginal

El producto marginal de cualquier factor de producción es el aumento del producto total que resulta de un aumento de una unidad de ese factor de producción (Parkin, 1995). Así el producto marginal de un insumo es la adición al producto total que se puede atribuir a la adición de una unidad del insumo variable al proceso de producción, mientras permanece constante el insumo fijo (Gould, 1998).

A la cantidad total producida se le llama producto total y la curva de la misma, muestra el producto máximo alcanzable con una cantidad dada de insumo conforme varía la cantidad de trabajo empleado.

El producto marginal puede ser mayor, igual o menor que cero dependiendo de la intensidad de uso que tenga el insumo variable. Alcanza su mayor valor cuando la pendiente de la curva de la función de producción es máxima; toma el valor de cero cuando el producto total alcanza su máximo, y se hace negativo cuando los cambios en el producto total es menor que cero ante el incremento de una unidad en el insumo variable.

Puede ser expresada como:

$$Pmg(X_1) = \frac{\partial Y}{\partial X_1} = \frac{\partial f(X_1, X_2)}{\partial X_1} = f_1$$

$$Pmg(X_2) = \frac{\partial Y}{\partial X_2} = \frac{\partial f(X_1, X_2)}{\partial X_2} = f_2$$

Donde:

f_1 = Producto marginal con respecto al insumo X_1

f_2 = Producto marginal con respecto al insumo X_2

Las ecuaciones anteriores señalan que para la obtención del producto marginal de una función con respecto a un insumo se le debe derivar con relación a dicho insumo. Cuando se trabaja con un número considerable de insumos variables ($X_1, X_2, \dots, X_n$) para explicar el comportamiento de la producción (Y), el producto marginal para cada uno de ellos se obtiene derivando en forma parcial con respecto a cada uno de los mismos.

2.6.4. Etapas de la producción

Gould (1998) concibe tres etapas de la producción manifestadas a lo largo de una curva de producto total.

Etapas 1. Parte desde el nivel cero del uso del insumo variable, terminando hasta el punto donde el producto medio es igual al producto marginal y a su vez el primero de ellos es máximo. Durante esta etapa el producto marginal aumenta hasta alcanzar su máximo,

tiende a decrecer, pero siempre es positivo y mayor que el producto medio. En términos de elasticidad, esta etapa es mayor que uno.

Etapa II. Inicia en el punto en donde el producto medio es máximo y termina cuando el producto total alcanza su valor máximo haciendo que el producto marginal valga cero. Esta etapa se caracteriza porque el producto marginal y medio son decrecientes, pero el primero siempre es mayor que el segundo. En términos de elasticidad, esta etapa es mayor que cero y menor que uno. La producción eficiente ocurre en esta etapa Gould (1998).

Etapa III. Comienza en el punto donde el producto total es máximo y el producto marginal decrece tomando valores negativos. En términos de elasticidad, esta etapa es menor que cero.

Romo (1990) menciona que las etapas I y III son irracionales desde el punto de vista económico. En la I siempre el producto marginal es mayor al producto medio, pero ésta última es creciente y da mayores cantidades del insumo variable.

2.7. Análisis marginal

Una vez que se tiene una función de producción, se le pueden agregar los precios de los insumos y productos a los datos de producción para realizar un análisis económico. En el se pueden localizar las cantidades que aporten las mejores opciones para el productor, éstas pueden ser el máximo de rendimiento total u óptimo técnico y la máxima ganancia u óptimo económico.

2.8. Óptimo técnico

En este análisis no intervienen los precios y se producirá en el nivel de utilización de los insumos que aporten el mayor volumen de producción. Desde un punto de vista económico este nivel no es recomendable puesto que no maximiza las ganancias. Así, únicamente es útil cuando se desea producir un máximo volumen sin importar los costos (Robles, 1996).

Algebraicamente se obtiene en el punto de la función de producción donde la derivada respecto al insumo variable es igual a cero.

$$\frac{dY}{dX} = 0$$

De donde, despejando X se obtiene la cantidad de insumo variable que proporciona la máxima producción.

2.9. Elasticidades de producción

Ferguson (1989) señala que las elasticidades de producción representan la variación porcentual que se obtiene en el nivel de producción global cuando varía en 1% la cantidad aplicada de uno de los factores, manteniendo constantes los otros factores. Se expresa de la siguiente manera:

$$E(X_1) = \frac{\frac{\Delta Y}{Y}}{\frac{\Delta X_1}{X_1}} = \frac{\Delta Y \cdot X_1}{\Delta X_1 \cdot Y} = \left[\frac{dY}{dX_1} \right] \left[\frac{X_1}{Y} \right] = \frac{Pmg(X_1)}{Pme(X_1)}$$

Las elasticidades de producción se pueden expresar como cocientes entre las productividades marginales y media. Son positivas si el P_{mg} y P_{me} son positivas. La elasticidad del producto con respecto al insumo será mayor, igual o menor que la unidad si su P_{mg} es respectivamente mayor, igual o menor que su P_{me} (Guillen, 1980).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

3.1.1. Localización. El área de estudio forma parte del Parque Nacional Zoquiapan y Anexas, ubicándose al SE de la misma y al NW del Iztaccihuatl. De acuerdo con Blanco, *et al.* (1981) tiene las siguientes coordenadas: paralelos 19° 12' 30" y 19° 20' 00" de latitud N, y los meridianos 98° 42' 30" y 98° 30' 00" de longitud W (Figura 1).

Son varios los poblados que se encuentran alrededor del Parque y tienen influencia sobre el área. En el municipio de Ixtapaluca: General Manuel Ávila Camacho (col. ejidal), Hornos, Sta. Bárbara (col. ejidal), Río Frío de Juárez (pueblo) y Zoquiapan (col. no ejidal); en el municipio Tlahuapan (edo. de Puebla): Sta. Rita Tlahuapan (pueblo) Ignacio López Rayón (col. agrícola), Ignacio M. Altamirano (pueblo), Sta. Cruz Otlala (col. no ejidal) y Santiago Colotzingo (pueblo).

3.1.2. Clima. Basado en los datos de la estación meteorológica de Río Frío que se encuentra a 3,000 msnm, el tipo de clima registrado en un período de 20 años corresponde a un C (w''2) (w) (b') ig. C(w); clima templado, subhúmedo, con lluvias en verano, con temperatura media del mes más frío inferior a 18°C, pero superior a -3°C; una temperatura media anual de 11.1 °C (García, 1981).



Figura 1. Localización de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ) en donde se desarrolló el experimento.

La precipitación del mes más húmedo, en la mitad del año en la que se encuentra el verano, es 10 veces mayor que la del mes más seco; la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm y la precipitación anual es mayor que la que constituye el límite de los climas secos B y menor que el límite de los climas C (m). Presenta una precipitación anual de 1,169 mm y, debido a su altitud, el lugar presenta una estabilidad meteorológica la mayor parte del año (Blanco *et al.* 1981).

El clima se describe como:

C (w) (w): con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5% de la anual.

C (w'') (w): dos máximos de lluvia separados por dos estaciones secas, una larga en la mitad fría del año, y una corta en la mitad de la temporada lluviosa.

C (w''2) (w): con un cociente P/T mayor de 55.0 por lo que es el más húmedo de los climas C (w).

C (w''2) (w) (b'): con verano fresco y largo, con temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, y temperatura media del mes más caliente entre 6.5°C y 22°C.

i: Isotermal, con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales menor de 5°C.

g: marcha de la temperatura tipo ganges ó gangético (el mes caliente se presenta antes del solsticio de verano).

Los climas C (w) se localizan en la mayor parte de las montañas del centro y sur de México y en la porción sur de la Altiplanicie Mexicana en donde la precipitación orográfica aumenta en verano por los movimientos convectivos del aire y por la

influencia de los ciclones tropicales. También se encuentra en la porciones Norte y Centro de la Sierra Madre Occidental y Norte de la Oriental.

El tipo de clima C (w) abarca, por lo tanto, grandes áreas de las zonas montañosas y mesetas del país, en las cuales dos elementos importante del clima, temperatura y precipitación, cambian en una distancia relativamente corta produciendo importantes variantes climáticas en lo referente al grado de humedad.

Por su latitud, la zona se encuentra comprendida en el área de influencia de los vientos alisios y, por lo mismo, disfruta de las características de las atmósferas barotrópicas; es decir, predominan circulaciones de tipo convectivo locales; esto permite una gran estabilidad meteorológica durante la mayor parte del año (Blanco *et al.* 1981).

Debido a lo accidentado del relieve de la región, existen diferentes categorías de temperatura que marcan zonas altitudinales muy bien definidas por los cambios de la vegetación. Otro factor que altera las condiciones climáticas de la zona, son los nortes que afectan al país durante el invierno, principalmente en el mes de enero (Anaya, *et al* 1977).

3.1.3. Geología. La región montañosa donde esta situada la zona de estudio es de origen volcánico y está compuesta de conos volcánicos, flujos de lava, conos cineríticos de origen glacial (originando los llanos existentes en el área) y mesetas volcánicas (Franco y Búrquez, 1981).

El sustrato geológico ha sido afectado por la acción de cuña del agua y las raíces que han producido desquebrajamientos, cuyos fragmentos se acumulan al pie de los cerros formando depósitos de talud que junto con los conos aluviales, constituyen el tipo de material más joven del área. Esta región tiene su origen en el Terciario Superior Tardío, durante la formación de la Fractura de Humboldt (Blanco *et al.* 1981).

Los afloramientos de la zona son, en su mayor parte, andesíticas, particularmente rocas resultantes de diferentes condiciones de solidificación (basaltos y andesitas), rocas de aspecto vítreo y otras muy porosas y de baja densidad. Además, existen en buena proporción las cenizas consolidadas en tobas primíticas y en ocasiones calcáreas que han llegado a cubrir algunos macizos y a llenar depresiones.

De acuerdo con Meritano (1975) citado por Zavala (1984), los fenómenos volcánicos y glaciares, los taludes, los procesos tectónicos y las corrientes de agua, son las principales causas en la formación de las geoformas que actualmente dominan la zona y que corresponden a Cono Volcánico Normal, Meseta Volcánica Cordada, Circo Glacial en Embudo, Meseta Volcánica Alta y Aluvión.

3.1.4. Topografía

La topografía de la estación es predominantemente montañosa, con algunos llanos, la pendiente varía de 2 a 80%, la altitud varía de 3,080 msnm hasta 3,690 msnm (Vega, 1983; citado por Lemus, 1991). Dentro de la estación existen algunas elevaciones más identificables como son: el Cerro Tres Cruces, el Cerro Tenepacan y el Cerro el Papayo;

por otro lado entre las menores elevaciones correspondientes a la Estación tenemos al llano Tlalpuente.

3.1.5. Hidrología

La corriente superficial más importante es el arroyo Aculco, es perenne y fluye del Sur hacia el Noreste, se une con el río San Martín, también son notables las corrientes superficiales temporales que se localizan en las cañadas de Temascatitla y Metioco en la parte Oriental de la Estación (Herrera, 1975; Rodríguez, 1975).

3.1.6. Suelo

Rey (1975) menciona que el tipo de suelo encontrado en la estación es el clasificado como Andosol Mólico. Así mismo realizó una descripción de los dos tipos de suelo predominantes usando términos geomorfológicos.

Suelo sobre Circo Glacial en Embudo. Los suelos de este tipo se hallan ubicados en la parte sur de la Estación y abarcan una extensión de 185,570 ha que representan el 64.41% del área total. El relieve que presenta es fuertemente inclinado, con pendientes de 25 a 50% , su drenaje se cataloga de moderadamente bien drenado y su profundidad va hasta 100 cm sin impedimento. Son suelos derivados de cenizas volcánicas, sobre las cuales la acción climática y la vegetación han influido para dar origen a dos perfiles de suelo bien diferenciados: uno sustenta vegetación de pino (*Pinus sp.*) principalmente, y otro oyamel (*Abies sp.*).

Suelo sobre Meseta Volcánica. Estos suelos se presentan en la parte Norte de la zona de estudio con un total de 640 has correspondientes al 21.86% del área. El relieve es fuertemente inclinado, con pendientes de 25 a 50%; son suelos profundos y moderadamente bien drenados. Estos suelos, asimismo, se derivan de cenizas volcánicas a las cuales los factores clima y vegetación les han conferido una evolución poco avanzada.

3.1.7. Vegetación

La vegetación que se encuentra en la Estación está constituida por comunidades de alta montaña que en el aspecto florístico es considerada como pobre, dominado principalmente por *Pinus hartwegii* (Zavala, 1984). Así mismo existen otras especies con diferente grado de importancia que forman asociaciones vegetales; las principales del área son:

Bosque de pino. En esta asociación vegetal predomina el *Pinus hartwegii* Lind., cubre aproximadamente un 65% del total del área de la estación (Vega, 1982). Este presenta un dosel poco cerrado permitiendo así el crecimiento de otras especies arbóreas, arbustivas y herbácea; entre ellas tenemos: *Alnus jorullensis*, *Arbutus xalapensis*, *Quercus spp*, *Ribes ciliatum*, etc.

Bosque de oyamel. El bosque de *Abies religiosa* ocupa un 10% del total del área, debido a lo cerrado de su dosel es difícil el crecimiento de otras especies, frecuentemente se encuentra formando asociaciones con *Alnus sp* y/o *Pinus*, también existen algunas especies arbustivas y herbáceas bajo el dosel; este bosque se presenta en

lugares abrigados, húmedos y con mayor fertilidad (Herrera, 1975; Rodríguez, 1975; Vega, 1982).

Bosque de Alnus. El *Alnus jorullensis* cubre un 24% del área total de la Estación y está ampliamente distribuido formando masas puras en algunas áreas; esta especie es considerada invasora porque surge principalmente en áreas perturbadas por el hombre.

Zacatonal. En los llanos correspondientes a las partes más bajas de la Estación encontramos dos tipos de zacatonal; uno es el formado por gramíneas estoloníferas y otro por gramíneas amacoyadas.

3.2. Delimitación del área de estudio

Se realizó un recorrido en el predio de la Estación Forestal Experimental con la finalidad de localizar una zona en donde se encontraran árboles que tuvieran diversidad en cuanto a categoría diamétrica por ser uno de los requisitos para poder llevar a cabo el experimento.

El sitio elegido se ubicó en la parte de atrás de la Estación, el cual presentaba arbolado con diferentes diámetros y con características en algunos de ellos de haber sido resinados con anterioridad; en otros se observaron signos de quemaduras y cinchamiento sobre todo en aquellos cuyo diámetro resultó mayor a 70 cm.

3.3. Establecimiento del experimento

Una vez definido el lugar para el experimento, se procedió a la instalación del mismo, apoyándose por trabajadores de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan quienes tienen experiencia en el resinado de árboles. Se estableció una categoría diamétrica de 5.0 cm, escogiendo individuos a partir de 25.0 cm de diámetro en adelante, siendo en total 95 árboles tomados para el trabajo de resinación. Las actividades de preparación para llevar a cabo la resinación fueron las siguientes:

Desrroñe. Esta actividad consistió en la eliminación de la corteza exterior del árbol a una altura de fuste aproximada de 50.0 cm a partir de la base del mismo empleando un hacha. La finalidad de dar esta dimensión reside en que el experimento duró seis meses, tiempo en el cual técnicamente se tiene un avance promedio de 25 cm por concepto de picas de resinación.

Desfrente. Consistió en hacer un corte en la base del árbol de aproximadamente 30 cm de longitud por 10 cm de ancho, retirando la corteza interna del árbol de tal forma que se dejó una superficie plana que permitiera realizar las picas.

Engrapado. Es la colocación de la visera y para realizarlo primeramente se hace una incisión sobre la parte que fue descubierta del fuste a una altura lo más cercana a la base del árbol, empleando para ello la media luna de perfil recto, la cual se golpea con un mazo de madera hasta conseguir que penetre 1.5 cm aproximadamente, acto seguido se quita e introduce inmediatamente la visera con una ligera inclinación para facilitar la caída de la resina al bote recolector.

Colocación del bote recolector. Debajo de la visera y lo más cerca de ella, se puso un bote de lámina para coleccionar la resina que fluye como consecuencia de las picas que se hacen sobre la cara de resinación. La forma de colocación debe cumplir con la condición de facilidad para poder quitar y poner el bote las veces que sea necesario.

3.4. Aplicación de las picas

La pica ó resinación de las caras consistió en hacer incisiones sobre la cara en forma vertical, con una profundidad de 1.5 cm aproximadamente y un avance vertical de 1.0 cm por pica empleando para ello un hacha gurbia.

3.5. Recolección

Las picas se realizaron cada ocho días, durante seis meses y se hicieron recolecciones periódicas de resina en lapsos de dos meses por ser el tiempo estimado que transcurre para que un bote se llene, lo que arrojó como resultado que se tuvieron tres recolecciones durante el tiempo que duro el experimentó.

3.6. Toma de datos

3.6.1. Producción

En cada recolección de resina se pesó uno a uno la totalidad de los botes registrando el peso y el árbol al que correspondía. Esto se repitió tres veces de acuerdo con las tres tomas de datos. Hubo casos en los que se tuvieron botes vacíos debido a que los visitantes a la estación tomaron el contenido de ellos para su utilización en fogatas y en otras situaciones fueron volteados por el paso de ganado vacuno que es frecuente en esta zona.

Para esta actividad se utilizó una báscula con acercamiento a décimas de gramo y otra con nivel mínimo de 100 gramos, una paleta de lámina para la limpieza del bote, marcadores de agua y contenedores con 20 l de capacidad para acumular la resina recolectada. En cada toma de datos se contó con el apoyo del personal asignado a la estación, el cual tiene experiencia en esta actividad.

3.6.2. Características del arbolado

Al inicio del experimento se tomaron los siguientes datos del arbolado: diámetro normal, altura total, diámetro de copa, condición y estatus del arbolado; mientras el largo y ancho de cara efectiva de resinación del árbol fueron registrados al término del experimento con la finalidad de conocer las dimensiones de la cara que realmente fue objeto de resinación, ello por su influencia que tiene en el comportamiento de la producción.

La variable condición estuvo referida a si el árbol se encontraba resinado ó no, al momento de iniciar el experimento, el estatus definió el lugar sociológico que ocupaba un árbol en relación a los demás, determinando para ello una clasificación de tres niveles de esta variable: dominante, codominante y suprimido; en el primer caso entraron los individuos cuya altura era notoriamente mayor con relación a los que se encontraban rodeándolo; en el segundo, quienes estaban a la misma altura y para el tercer caso aquellos que fueran menores a los demás.

El material utilizado para la determinación de las características del arbolado consistió de un clinómetro Suunto 15-20 para obtener la altura, cinta diamétrica para el diámetro, cuerda compensada para el diámetro de copa, y cinta métrica de 3.0 m de longitud para las dimensiones de cara.

3.6.3. Compilación y arreglo de datos

Cuadro 1. Datos recabados en campo.

Árbol	Situación	condición	P1 (gr)	P2 (gr)	P3 (gr)	Diám (cm)	H (m)	DC (m)	Ancho (cm)	largo (cm)
1	2	1	41.50	55.00	0.00	30	19.0	5.00	9.50	54
2	1	1	261.30	366.00	0.00	35	23.0	7.00	10.50	67
3	2	1	322.40	500.00	550.00	40	25.0	7.25	10.00	54
4	2	1	105.50	139.00	200.00	30	25.0	4.00	8.50	67
5	1	1	715.70	925.00	1100.00	60	28.0	10.00	9.00	60
6	2	1	246.30	290.00	0.00	40	24.0	5.50	9.00	65
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
84	1	1	749.50	689.00	725.00	45	33.0	8.00	9.30	71
85	1	2	155.50	411.00	425.00	70	31.0	9.00	8.60	81
86	1	1	843.00	834.00	850.00	50	27.5	7.00	8.30	72
87	3	1	207.50	160.00	225.00	30	18.5	6.00	9.30	59
88	1	1	365.50	393.00	375.00	35	31.0	5.00	8.00	65
89	2	1	127.50	214.00	325.00	45	27.0	7.00	8.60	65
90	1	1	182.50	220.00	200.00	50	28.5	8.00	8.60	69
91	2	1	174.00	425.00	450.00	45	27.0	7.50	8.30	58
92	2	1	139.80	193.00	275.00	35	25.0	5.00	8.30	67
93	1	1	355.20	430.00	400.00	55	31.5	6.25	9.00	64
94	3	1	147.40	231.00	250.00	40	21.5	7.75	8.60	68
95	1	2	701.00	950.00	850.00	75	36.5	10.50	9.30	73

El experimento inició con 95 árboles de los cuales en la tercera pesada se perdieron 13 botes quedando sin registro de peso igual número de muestras. Los datos recabados en campo se registraron bajo el formato que se muestra en el cuadro 1, para luego ser capturados en una hoja de cálculo de Excel.

Donde:

Situación = Situación sociológica del árbol (dominante, codominante ó suprimido).

Condición = Condición del arbolado al momento de establecer el experimento (resinado ó sin resinar).

P1 = Peso en gramos de resina registrado en la primera toma de datos.

P2 = Peso en gramos de resina registrado en la segunda toma de datos.

P3 = Peso en gramos de resina registrado en la tercera toma de datos.

Diam = Diámetro normal del árbol.

H = Altura del árbol en metros.

DC = Diámetro de copa en metros.

Ancho = Ancho de la cara de resinación en el fuste del árbol expresado en centímetros.

Largo = Largo de la cara de resinación en el fuste del árbol expresado en centímetros.

La condición (cdn) estuvo referida a si al momento de iniciar el experimento el árbol se encontraba resinado ó no; en caso afirmativo se trabajó con la clave número 1 y para cuando fue negativo con el 2.

La variable situación sociológica del arbolado estuvo referida a la condición de dominancia del individuo sobre los que se encontraban a su alrededor. Se definieron tres categorías de arbolado; dominantes a quienes se les asignó la clave 1, a los codominantes con el 2 y suprimidos con el 3.

En el Cuadro 2 se muestra la cantidad de árboles muestreados para la condición del arbolado y situación sociológica.

Cuadro 2. Árboles muestreados por variable clasificatoria.

Variable clasificatoria	Número árboles
Resinado	34
no resinados	61
Dominantes	35
Intermedios	50
Suprimidos	10

Las P1, P2 y P3 representan el peso de la resina obtenido por árbol en las tres tomas de datos que realizaron y se calculó restando al peso registrado del bote conteniendo resina, el peso de uno vacío, el cual fue de 100 g. La suma de los tres datos de peso de la resina sirvió para obtener la producción total por árbol (P_{total}) durante el período que duró el experimento, el cual fue de seis meses.

Los datos de ancho y largo de cara registrado para cada árbol se utilizaron para calcular la superficie de resinación efectiva por árbol (sup). Esta variable fue creada debido a que aunque teóricamente el avance por pica debió ser de 1 cm en forma vertical y el ancho permanente de cara de 10 cm durante los seis meses del experimento, al final del mismo, se tuvieron diferentes superficies de resinación en los 95 árboles muestreados.

3.6.4. Método para calcular la edad del arbolado muestreado

Se derribaron 3 árboles en el área de experimentación y a cada uno de ellos se les extrajo una rodaja a una altura de 1.30 m, sobre dichas rodajas se determinó el diámetro a cada cinco años; además se obtuvo la edad de 15 árboles en pie. Para modelar los datos

(Anexo 1) se propusieron varios modelos en donde primeramente se da la relación diámetro en función la variable edad y posteriormente se transformaron para que la edad este en función del diámetro.

El modelo lineal para la estimación del diámetro en función de la edad fue el siguiente:

$$\ln Y_{ij} = \ln B_0 + B_1 \ln X_i + e_{ij}$$

Donde:

$\ln$ = logaritmo natural

Y_{ij} = valor observado de la variable diámetro

B_0 = Parámetro del intercepto

B_1 = Coeficiente de la variable independiente

X_i = Edad

e_{ij} = Error aleatorio

El modelo lineal de edad = $f(\text{diámetro})$ fue el siguiente:

$$\ln Y_{ij} = \ln B_0 + B_1 \ln X_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = valor observado de la variable edad

X_i = Variable independiente diámetro

Los modelos no lineales fueron los siguientes.

A) Alométrico

$$Y_{ij} = B_0 * X_i^{B_1} + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado de la variable edad

X_i = Variable independiente diámetro.

B) Shumacher

$$Y_{ij} = B_0 * \text{exponencial} \left(\frac{-B_1}{X_i} \right) + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = valor observado de la variable diámetro

X_i = Variable independiente edad

C) Shumacher modificado

$$Y_{ij} = \frac{-B_1}{\log \left(\frac{X_i}{B_0} \right)} + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado de la variable edad

X_i = Variable independiente diámetro

D) Richards

$$Y_{ij} = B_0 * (1 - \exp(-B_1 * X_i))^{B_2} + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado de la variable diámetro

X_i = Variable independiente edad

E) Richards modificado

$$Y_{ij} = B_1 + \ln \left(1 - \left(\frac{X_i}{B_0} \right)^{\left(\frac{1}{B_2} \right)} \right) + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado de la variable edad

X_i = Variable independiente diámetro

En primer lugar se estudió el comportamiento que presentaba la variable respuesta diámetro con relación a los datos de edad, viéndose posteriormente la necesidad de transformar los modelos de tal forma que la edad pudiera predecirse en función de la variable diámetro.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de datos.

4.1.1 Cálculo de la edad del arbolado.

De todos los modelos probados para calcular la edad del arbolado, se escogieron dos que presentaran la R^2 más alta debido a que ello refleja el grado de ajuste de los datos con las dos variables trabajadas, diámetro y edad.

Los modelos escogidos fueron los siguientes:

Modelo lineal edad = $f(\text{diámetro})$

$$\ln Y_{ij} = \ln B_0 + B_1 \ln X_i + e_{ij}$$

Modelo no lineal alométrico

$$Y_{ij} = B_0 * X_i^{B_1} + e_{ij}$$

El primero tuvo un R^2 de 0.92 y el segundo 0.95 (Anexo 3), siendo los ajustes bastantes aceptables por lo que para elegir alguno de ellos se realizó una comparación del valor de error promedio de la edad estimada en cada modelo con respecto a la edad real registrada en campo.

Los valores comparados fueron error promedio relativo, absoluto y cuadrático, resultando el modelo no lineal con la menor variación del error en edad estimada (-0.47, 10.2 y 165 respectivamente) como se puede observar en el cuadro 3

Cuadro 3. Errores promedios de la edad estimada con respecto a la real.

Modelo	Lineal	No lineal	Lineal	No lineal	Lineal	No lineal
			Absoluto	Absoluto	Cuadrático	Cuadrático
Promedio	0.75	-0.47	10.2	10.2	181.4	165.0

Este análisis fue reforzado con una prueba de correlación de la edad real con respecto a la estimada en el modelo lineal y el no lineal. Resultando con un coeficiente de 0.90 entre la edad real y la estimada en el tipo no lineal, habiendo una alta relación entre ellas; lo cual significa que a un aumento en sentido positivo ó negativo de la edad real, la estimada corresponde en la misma forma (cuadro 4).

Cuadro 4. Correlación de variables empleando diferentes modelos.

	edad real	edad lineal	edad no lineal
Edad real	1		
Edad lineal	0.89374	1	
edad no lineal	0.90117	0.99816	1

Una vez realizadas estas pruebas, se concluyó que el modelo no lineal fue el que obtuvo el menor error de la edad estimada con respecto a la real y la mayor correlación con la misma, por lo que se decidió utilizarlo para obtener la edad definitiva a partir del diámetro tomado a los 95 árboles con los cuales se experimentó.

4.1.2. Determinación de variables significativas

La base de datos con la cual se trabajó en el análisis para conocer la influencia que tienen sobre la producción de resina quedó integrada como se muestra en el cuadro 5

Cuadro 5. Datos ordenados para su análisis.

Árbol	Situación Sociológica	condición	Producción (gr)	Diámetro (cm)	Edad (años)	Altura (m)	DC (m)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Sup (cm2)
1	2	1	96.50	30	55	19.0	5.0	9.5	54	513.0
2	1	1	627.30	35	62	23.0	7.0	10.5	67	703.5
3	2	1	1372.40	40	69	25.0	7.2	10.0	54	540.0
4	2	1	444.50	30	55	25.0	4.0	8.5	67	569.5
5	1	1	2740.70	60	93	28.0	10.0	9.0	60	540.0
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
89	2	1	666.50	45	75	27.0	7.0	8.6	65	559.0
90	1	1	602.50	50	81	28.5	8.0	8.6	69	593.4
91	2	1	1049.00	45	75	27.0	7.5	8.3	58	481.4
92	2	1	607.80	35	62	25.0	5.0	8.3	67	556.1
93	1	1	1185.20	55	87	31.5	6.2	9.0	64	576.0
94	3	1	628.40	40	69	21.5	7.7	8.6	68	584.8
95	1	2	2501.00	75	110	36.5	10.5	9.3	73	678.9

Con los datos anteriores se procedió a correr una regresión en SAS (Sistema de Análisis Estadístico) empleando el procedimiento reg (Anexo 4) y la opción stepwise para determinar aquellas variables que influyen de manera significativa sobre la producción de resina (Cuadro 6). Se fijó un α de 0.05 de probabilidad de cometer el error estadístico tipo I, que significa rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es cierta.

Cuadro 6. Análisis de regresión utilizando la opción stepwise.

Stepwise Procedure for Dependent Variable PROD					
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Fc>Ft
Regression	2	12291206.824	6145603.412	18.97	0.0001
Error	92	29798391.858	323895.563		
Total	94	42089598.683			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-1090.820	452.030	1886146.638	5.82	0.0178
EDAD	15.234	3.516	6078044.650	18.77	0.0001
SUP	1.809	0.850	1465817.808	4.53	0.0361

Una vez conocidas las variables significativas, que en este caso fueron la edad y la superficie de la cara de resinación, se procedió a realizar un análisis de covarianza entre la edad y condición (cdn) del arbolado y edad y situación sociológica (situación) del arbolado para determinar si existe influencia entre ellas y como repercute ésta en el comportamiento de la producción de resina; así como, su aportación individual en la explicación de dicha producción.

Se tomó en cuenta un modelo de regresión lineal para realizar la función de producción, una para cada condición del arbolado (cdn) , quedando estructurado de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \text{edadi} + \text{acaj} + \epsilon_{ijk} \dots \dots \dots 1$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

edadi =Efecto del i-ésimo valor que toma la variable edad.

α_j = Efecto del j-ésimo valor que toma la variable ancho de cara.

ϵ_{ijk} = Error aleatorio

A las variables condición (cdn) y situación sociológica (situación) del arbolado se les hizo una comparación múltiple de medias a través del método de tukey al 0.05 de probabilidad para conocer si existe diferencia en cuanto a la producción de resina entre los árboles previamente resinados al momento de iniciar el experimento y aquellos que no lo estaban. También determinar si la producción de resina muestra diferencias entre un individuo dominante, intermedio y suprimido (1,2 y 3 en la tabla de estudio).

El diámetro, altura total, diámetro de copa, ancho y largo de cara, y superficie de la cara de resinación fueron analizadas como covariables para determinar su porcentaje de influencia en la producción de resina.

Analizando los datos tomados en cada variable clasificatoria, se observa que en los casos de diámetro, edad, altura y diámetro de copa resulta mayor el valor que toman en árboles que al momento de iniciar la resinación presentaban síntomas de intervenciones anteriores con relación a los que se encontraban intactos (Cuadro 7); pasando lo mismo en las dimensiones de cara de resinación. Para el primer caso, ello puede ser justificado por el hecho de que la resinación realizada con anterioridad se dio en individuos que en ese entonces presentaban las dimensiones en diámetro que establece la norma respectiva y que actualmente son mayores a aquellos escogidos por primera vez para ser intervenidos. La variación de las dimensiones puede ser explicada por la pericia de los trabajadores en la ejecución de las picas ó rebanes periódicos sobre la cara de resinación.

Cuadro 7. Promedios por variable clasificatoria.

Variable	diámetro normal (cm)	edad (años)	Altura (mts)	diámetro de copa (mts)	ancho de cara (cm)	largo de cara (cm)
Promedio general	50.8	82	28.1	8.3	8.6	66.9
Resinado	64.7	99	29.1	10.2	8.61	70.1
No resinado	43.0	72	27.5	7.3	8.54	65.2
Dominante	62.5	96	30.3	10.0	8.81	68.5
Intermedio	45.8	76	27.9	7.6	8.48	66.8
Suprimido	34.5	61	21.1	6.1	8.09	62.3

4.2. Producción de resina en árboles resinados y no resinados

La condición (cdn) resultó estadísticamente significativa al 0.05 de probabilidad en el análisis de covarianza practicado. Realizando una comparación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad entre árboles resinados y no resinados al momento de iniciar el experimento, se observó que hay una diferencia significativa del primero (1361.8 g) respecto al segundo (1089.3 gr), siendo mayor la producción de resina en árboles que antes al experimento habían sido resinados (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación múltiple de medias de la condición (cdn) para la variable producción de resina (rnt) utilizando la prueba de Tukey.

Variable	Condición		Dhs
	Resinado	No resinado	
rnt (gr)	1361.8 a	1089.3 b	261.71

Medias con la misma letra son igual al 0.05 de probabilidad

Dhs = Diferencia honesta significativa.

Este hecho puede ser explicado por el resultado obtenido por García (1996), quien encontró que el contenido de resina en los árboles es mayor en aquellos sometidos a la actividad de resinación con relación a los que se dejan sin resinar. Ello, se debe según dice a que un árbol al ser resinado tenderá a canalizar mayor cantidad de nutrientes hacia la producción de trementina en comparación a uno que permanece intacto.

Lo anterior es reforzado por Romahn (1982), quien menciona que en la actividad de resinación se da una desviación de los nutrientes canalizados para la fotosíntesis hacia la producción de trementina, manejando una reducción en el incremento de madera que va de un 20-33%; para lo cual INIF (1981) establece en un 20%.

Las dimensiones del árbol, como lo mencionan Martínez (1948) y Uriarte (1956) también contribuyen en la explicación de la variación en la producción de resina. En una prueba de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad aplicada sobre el diámetro normal, edad, altura, diámetro de copa, se encontró que los valores de todas estas variables fueron estadísticamente mayores en los árboles que al inicio del experimento presentaban indicios de resinación en relación a aquellos individuos nunca antes intervenidos (Cuadro 9).

El mismo resultado se observó al comparar las dimensiones de la cara de resinación (ancho y largo), pero esta situación no se explica por las condiciones naturales del árbol, sino por la pericia de los trabajadores al momento de realizar las picas, otro de los factores que Uriarte (1956) y Bello (1966) consideran que afectan la producción de resina.

Cuadro 9. Comparación de medias de la condición para las variables diámetro normal, edad, altura, diámetro de copa, ancho y largo de cara.

Variable	Diámetro normal (cm)	Edad (años)	Altura (mts)	Diámetro de copa (mts)	ancho de cara (cm)	largo de cara (cm)
resinado	64.7 a	99 a	29.1 a	10.2 a	8.61 a	70.1 a
no resinado	43.0 b	72 b	27.5 b	7.3 b	8.54 b	65.2 b
dsh	3.8	5	1.5	0.95	0.31	2.9

Medias con la misma letra son igual al 0.05 de probabilidad.

Dhs = Diferencia honesta significativa

Una representación gráfica del comportamiento de los promedios de producción de resina bajo las dos condiciones trabajadas es ilustrada por la Figura 2, donde se observa claramente un valor mayor en la condición resinada.

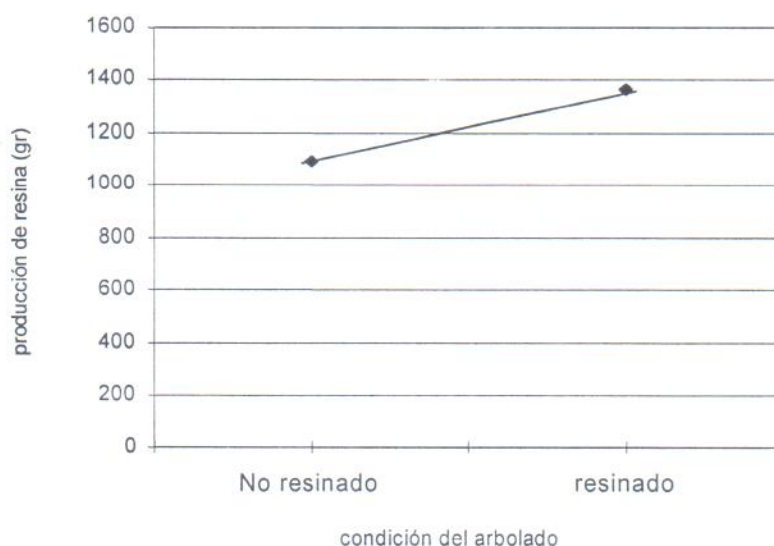


Figura 2. Producción de resina en árboles resinados y no resinados

El resultado obtenido establece la recomendación de que cuando se quiera conocer la producción de resina potencial de un árbol es necesario tomar en cuenta entre otras características si el individuo ha sido previamente resinado.

4.3. Producción de resina en árboles dominantes, intermedios y suprimidos

La variable situación sociológica no resultó significativa en el análisis de varianza (Cuadro 5), ni en el de covarianza practicado junto con la edad al 0.05 de probabilidad, por lo que no hay evidencia para pensar que la situación sociológica influye en la producción de resina.

4.4. Función de producción de resina

En el análisis de varianza practicado a través del procedimiento stepwise, se encontró que las variables ancho de cara (aca) y edad resultaron significativas al 0.05 de probabilidad (Cuadro 5). Esto da a entender que la producción de resina (rnt), se ve afectada de manera primordial por el ancho de cara que se abra durante las actividades de resinación y la edad que presente el árbol en ese momento, lo cual corrobora lo señalado por Martínez (1948) y Uriarte (1956).

Uriarte (1956), argumenta que mientras mayores sean las dimensiones de la superficie de resinación, estos tenderán a producir mayor cantidad de trementina, debido a que se abrirá una mayor cantidad de canales resiníferos, y los nutrientes que originalmente están destinados a fotosíntesis de crecimiento se canalizarán a producir trementina.

En cuanto a la edad del arbolado, se sabe que entre mayor número de años tenga un individuo de forma general su diámetro normal tenderá a ser mayor y en este aspecto Martínez (1948), establece que en los árboles productores de resina, a mayores dimensiones mayor cantidad de resina producirán. Clements (1981), reafirma lo anterior al concluir que el diámetro normal definitivamente influye sobre la producción de resina; en el estudio que realizó comparando árboles que presentaban diferentes categorías diamétricas observó que aquellos con diámetros mayores de 70 cm, produjeron cantidades diferentes y mayores de trementina en relación a quienes tenían valores menores al mencionado.

Por otro lado en el análisis de covarianza practicado para las variables condición y edad del arbolado, se encontró que las dos fueron significativas al 0.05 de probabilidad, reflejando que existe una influencia de la edad sobre la condición del árbol. Esto se traduce en plantear que para que un individuo sea resinado debe tener dimensiones mínimas dadas en la mayoría de los casos por la edad del mismo; así, un resinero escogerá árboles con un diámetro mínimo de 30.0 cm como lo marca la norma respectiva (Ayala, 1986; SEMARNAP, 1998), para someterlo a resinación y dejará que los que no lo tengan lo alcancen; pero, siempre los ya resinados tendrán una edad mayor a los que se vaya a resinar por vez primera.

De las variables significativas, edad y superficie de la cara, se decidió trabajar únicamente con sus valores promedios para el ajuste final debido a que con los datos originales no se obtuvo un valor de R^2 aceptable.

El modelo resultante, ajustado para explicar el comportamiento de la producción de resina (rnt) a través de las variables ancho de cara y edad del árbol fue el denominado Shumacher (Anexo 5); del cual se tuvo que excluir a la variable ancho de cara por la poca aportación que daba a la R^2 que en este caso alcanzó un valor de 0.996 con la presencia de dicha variable y de 0.95 sin ella, tomándose el segundo caso como el modelo definitivo. Lo cual significa que la superficie de la cara abierta durante la actividad de resinar no influye de manera determinante en la variación de la producción de resina; por el contrario la edad explica el 95% del comportamiento de la misma.

4.4.1. Curva de producción total de resina

Graficando la producción de resina respecto a la edad del árbol con una edad máxima de 300 años y con el valor de los parámetros b_0 y b_1 obtenidos del modelo, se observa que la línea de tendencia toma una forma sigmoideal (Figura 3).

Esta curva indica las variaciones de la producción a diferentes valores de la edad, que en este caso tiene un límite inferior de 20 y uno superior de 300 años; exhibiendo lo que se denomina una función de producción. En donde la producción esta en función de la edad, que expresados en términos del modelo de Shumacher queda como sigue:

$$\text{Producción} = b_0 * e^{-b_1/\text{edad}}$$

Donde: b_0 = parámetro superior asintótico con un valor de 5179.85

b_1 = coeficiente de la variable edad con valor de 116.18

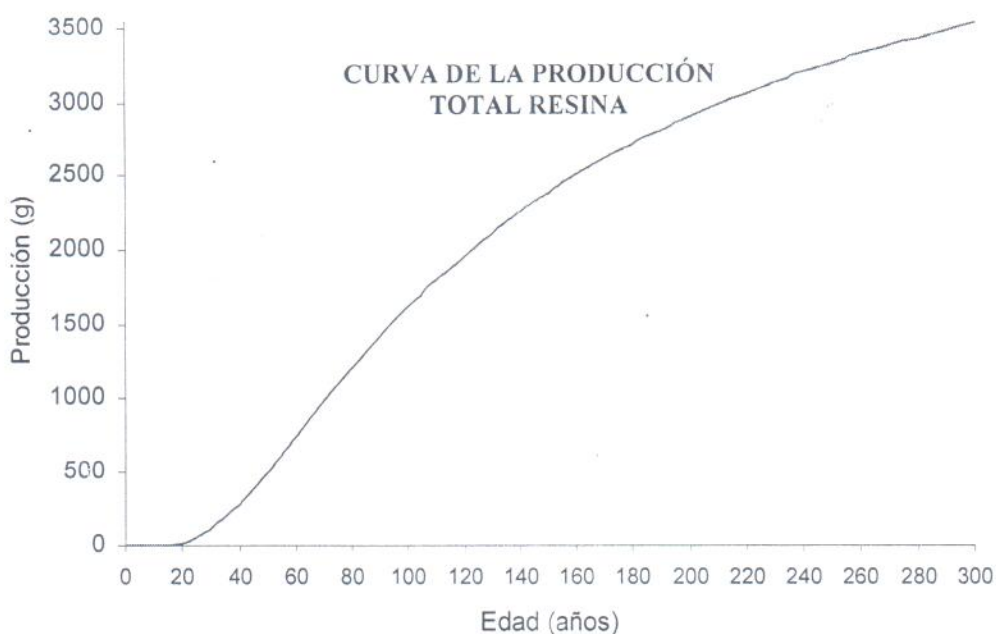


Figura 3. Función de producción de resina teniendo como insumo variable a la edad del árbol.

A la curva que muestra la cantidad total producida de resina se le llama producto total y en ella se puede observar que, el valor mínimo de la producción de resina en el caso de la gráfica se da cuando la edad también toma su valor mas bajo, 20 años (15.54 g) y a partir de ahí aumenta la producción hasta alcanzar la producción máxima de 3516.61 g (300 años). Aunque la producción aumenta a través de los años, un árbol no puede ser propuesto para un horizonte de manejo mayor a cien años, ya que se le somete a resinación a menor edad.

De la curva se puede deducir que al inicio de la misma la producción aumenta lentamente, y luego su velocidad es mayor hasta llegar a un punto de inflexión; en donde

se da un cambio de pendiente y por lo tanto los incrementos disminuyen. En su etapa posterior dicha curva continua creciendo lentamente hacia delante y finalizará tomando algún valor determinado por las condiciones genéticas en este caso del árbol y del medio en donde se desarrolla. Se puede afirmar entonces, que un árbol a edad temprana la producción de resina aumenta, y conforme avanza en edad, su producción sigue aumentado en menor proporción

4.4.2. Curva de la producción media de resina.

La producción media de resina (pme) de un árbol se comporta como se muestra en la Figura 4. En la gráfica se maneja el insumo edad hasta los 300 años y en ella, se observa que la línea curva que indica el producto medio al inicio crece lentamente, llega a un valor máximo y descende hasta un valor definido por el producto total.

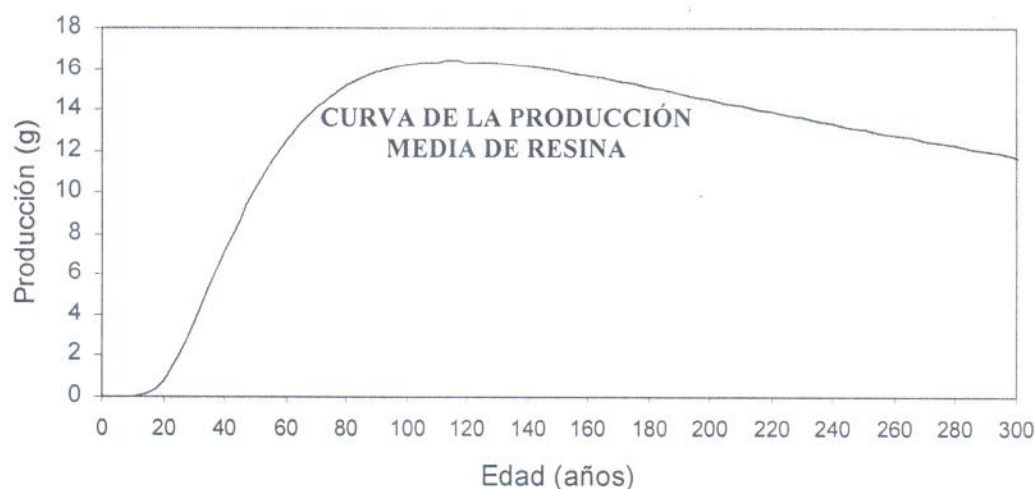


Figura 4. Producción media de resina (pme) definida a partir del insumo variable edad.

El valor máximo de la producción media se obtuvo al derivar la ecuación que corresponde al producto medio respecto al insumo edad, el resultado se igualó a cero y se despejó la edad; se realizaron las operaciones pertinentes y se encontró el dato de 116.18 años para referenciar el punto culminante de la producción media de resina (16.40 g), tal como se puede observar en la Figura 5. En seguida se ilustran con el modelo correspondiente lo anteriormente dicho.

Producto medio de resina

$$Pme = (bo * e^{-b1/edad}) / edad;$$

Donde:

$$\text{Producto total} = bo * e^{-b1/edad}$$

Derivando respecto a la edad

$$d(Pme)/d(edad) = [bo * e^{-b1/edad} (b1 - edad)] / (edad^3)$$

Igualando a cero y despejando la edad.

$$\text{Edad} = b1$$

Donde: $b1 = 116.18$

Una forma de ilustración de la máxima producción media (pme), radica en encontrar el punto de la curva de producción total que es tocado por la tangente del ángulo máximo trazado desde el origen de los ejes de coordenadas. En la gráfica de la Figura 5, la cual corresponde a la producción total; en forma ilustrativa se traza una línea que toca por

arriba de la curva de la producción total (1902.55 g) y que marca la edad de 116 años como el punto en donde se alcanza como ya se comprobó, la máxima producción media de resina (Anexo 6).

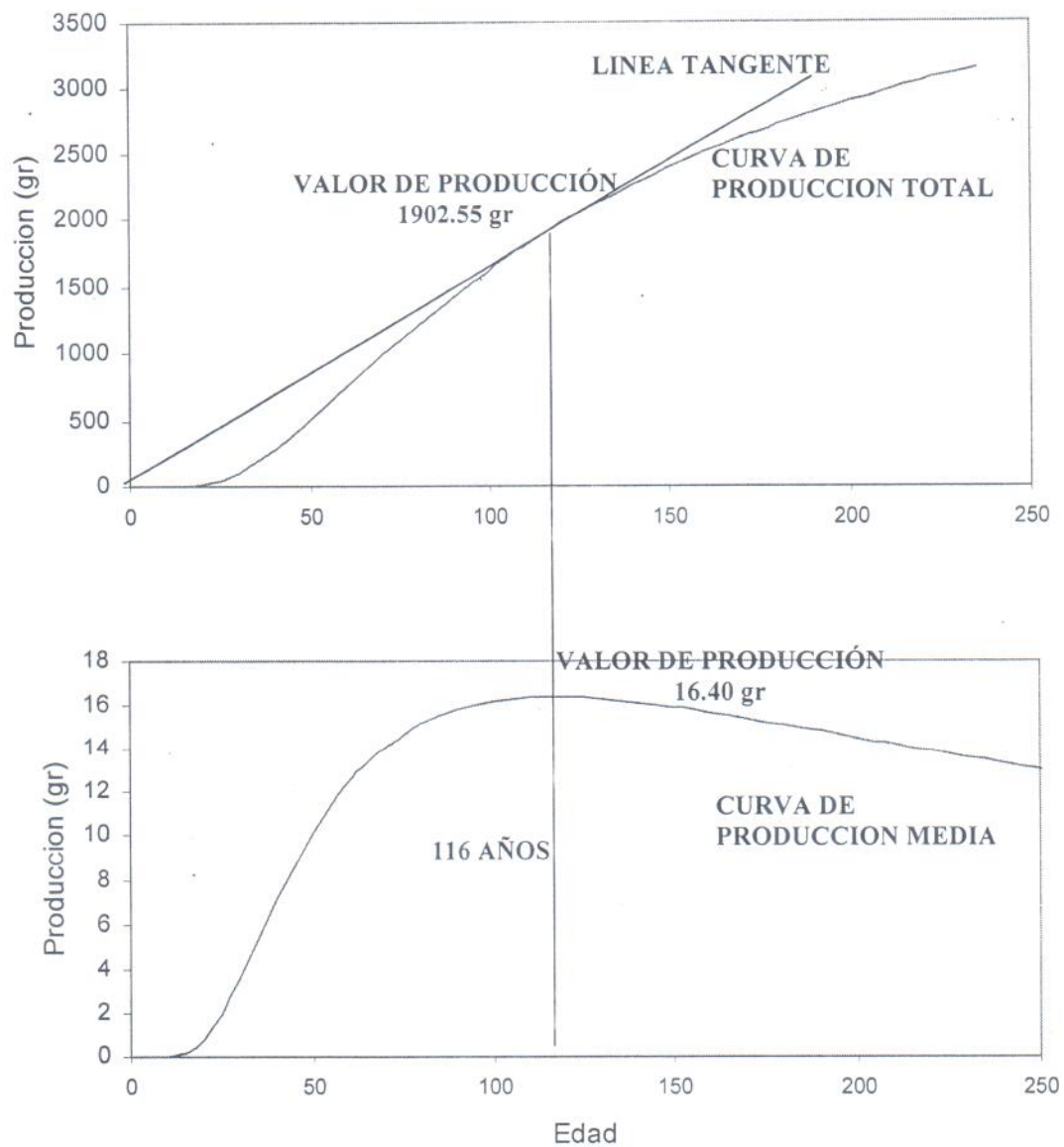


Figura 5. Máxima producción media de resina a través de la línea tangente que toca un punto de la curva de producción total de resina.

Una forma más de ilustrar el resultado anterior es encontrar el punto en donde la línea de la producción media de resina se cruza con la de producción marginal (Figura 6), lo cual analizando la tabla de resultados sucede a la edad de 116 años (Anexo 6).

En forma simbólica:

$$P_{me} = P_{mg}$$

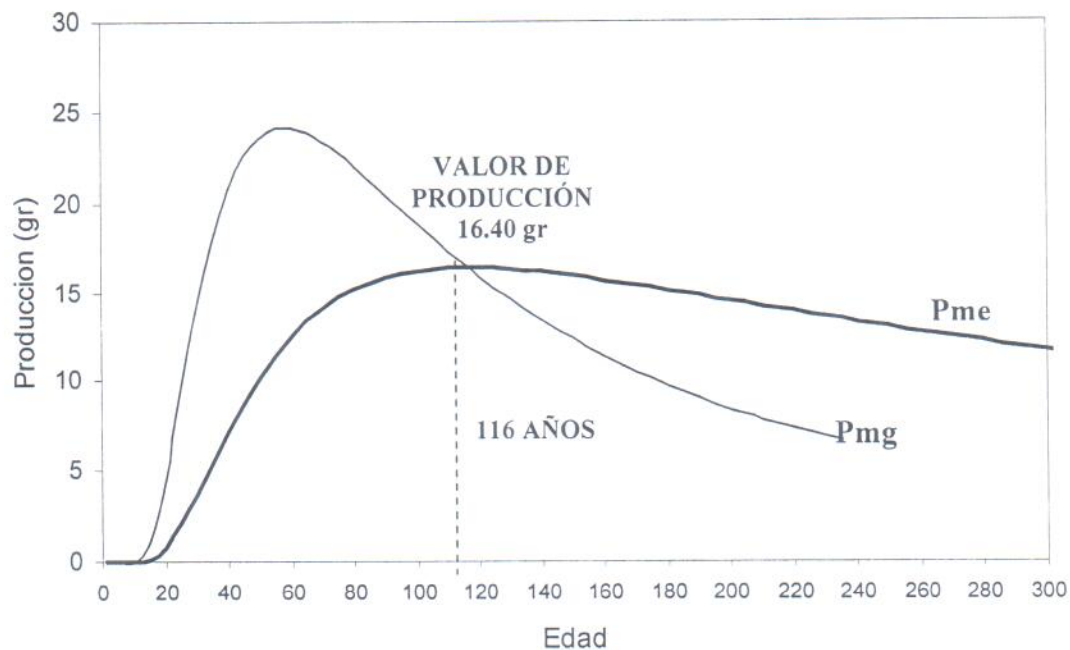


Figura 6. Punto en donde la producción marginal y producción media de resina se cruzan.

4.4.3. Curva de la producción marginal de resina.

La producción marginal de resina (pmg) toma la tendencia que se observa en la línea del gráfico en la Figura 7. Primero los incrementos aumentan rápidamente, llega hasta un punto máximo y posteriormente inicia su descenso sin llegar a un valor de cero por que en este caso se manejo una edad máxima de 300 años, tiempo durante el cual todavía la

producción total no alcanza su máximo y por tanto los incrementos no llegan a tomar un valor de cero y de hecho con el modelo propuesto nunca se logra este valor.

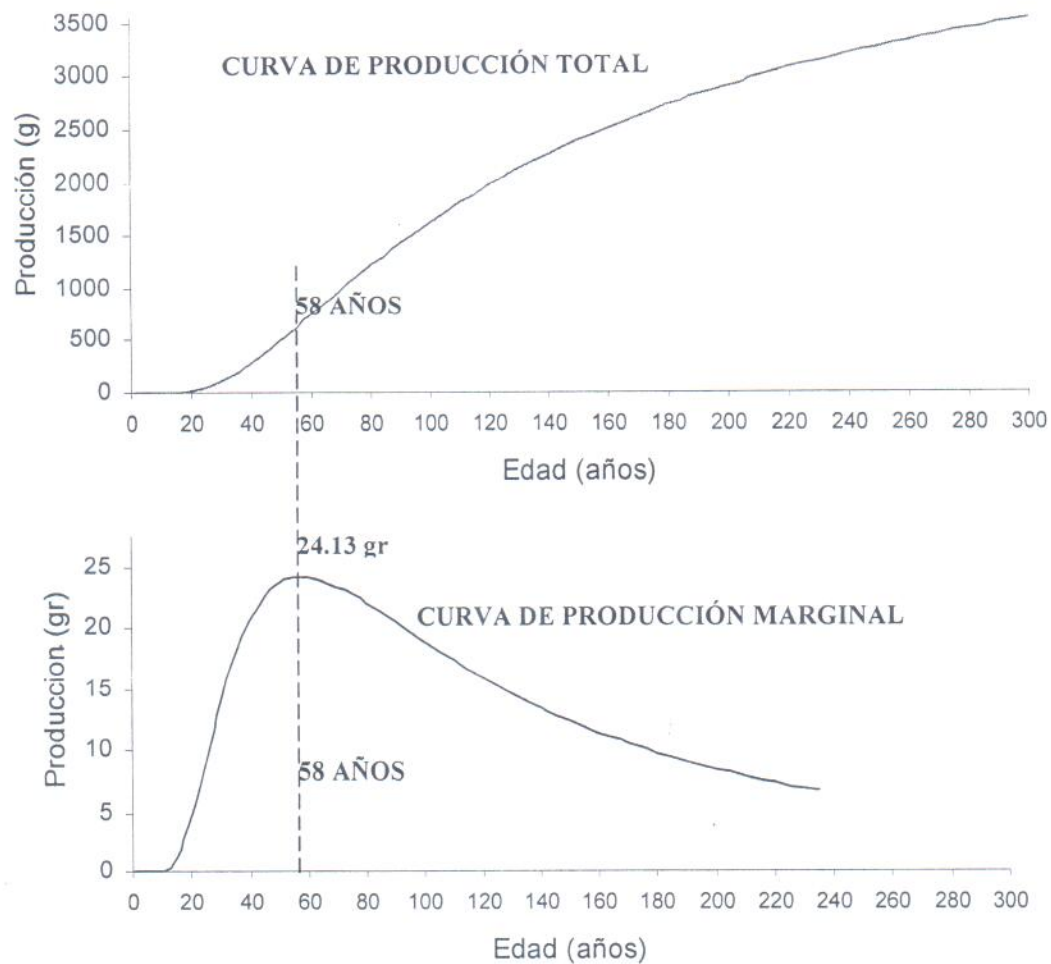


Figura 7. Máxima producción marginal de resina teniendo como insumo variable a la edad.

El producto marginal de resina es

$$Pmg = [b_0 \cdot b_1 \cdot \exp(-b_1/edad)] / (edad^2)$$

Derivando con respecto a la edad e igualando a cero se obtiene el máximo:

$$Edad = b_1 / 2 = 116.18/2 = 58$$

En este caso el valor máximo de la producción marginal se obtuvo a los 58 años de edad con 24.13 gr de resina como se ilustra en la Figura 7. Esto significa que a esta edad se obtiene el mayor incremento de resina ante un cambio ó variación del insumo edad en 5 años, que son los intervalos constantes manejados para el cálculo del producto marginal. Este resultado se deduce al analizar la tabla elaborada para determinar la producción marginal (Anexo 6).

La producción marginal como lo menciona Gould (1987), indica la pendiente que la línea va tomando a lo largo de la curva de producción total. Al analizar la gráfica de la Figura 7, se observa dicha pendiente alcanza su mayor valor precisamente a la edad de 58 años, lo cual coincide con la máxima producción marginal de resina. Por lo que la edad que indica la pendiente máxima de la curva de producción total, también referencia el máximo incremento de producción de resina que se puede alcanzar para esta función de producción ante un cambio en cinco años del insumo al cual se hace variar representado por la edad del árbol.

4.5. Etapas de la función de producción de resina.

La Figura 8, muestra la relación entre la curva de producción total de resina y la referente al producto medio (pme) y marginal (pmg).

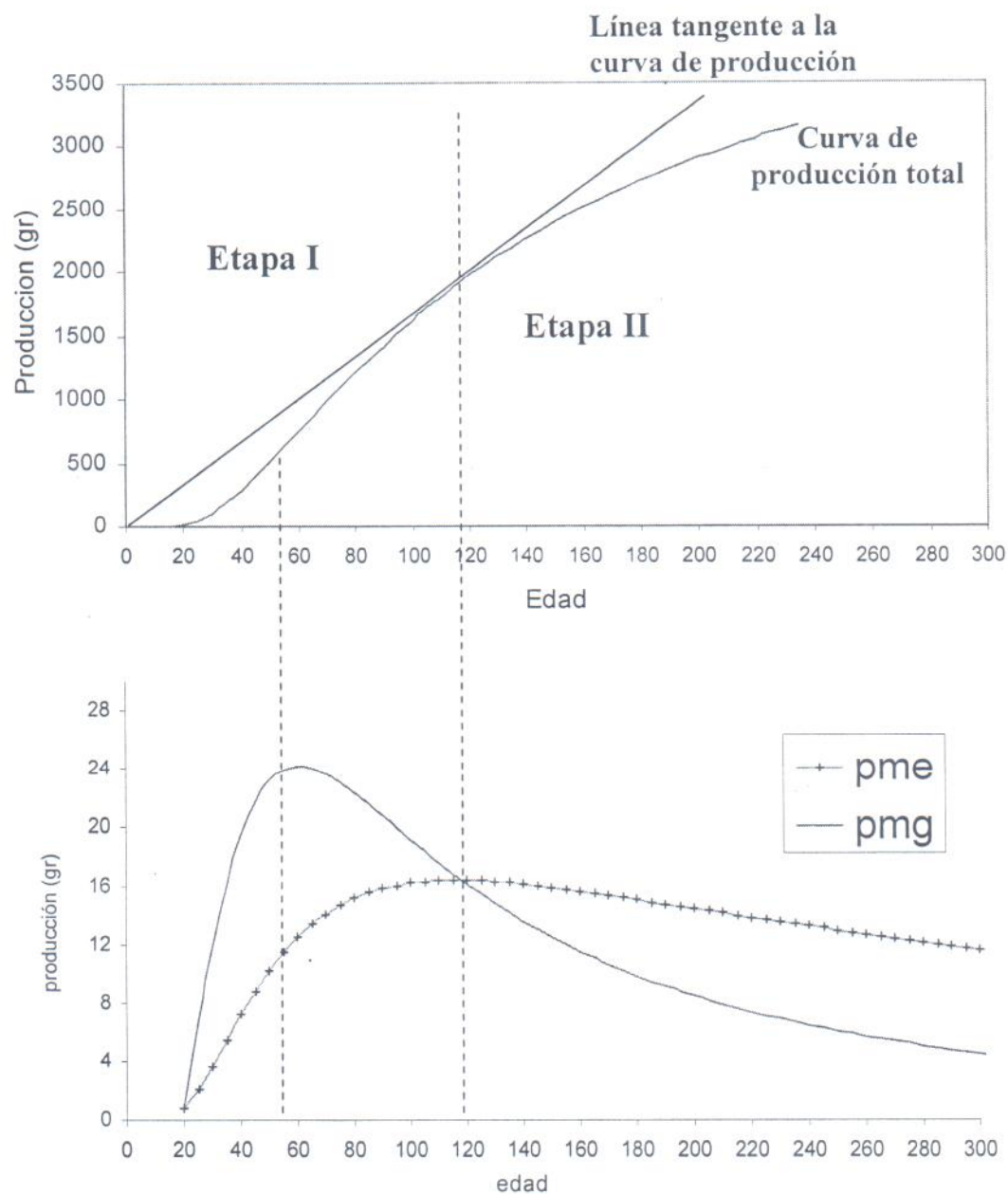


Figura 8. Etapas de producción de resina a lo largo de la curva de producción total

Para el presente estudio únicamente se definieron la etapa I y II de la función de producción de resina, debido a que el modelo resultante del ajuste de la producción fue del tipo creciente y en el cual no se pudo alcanzar el valor máximo de la producción total de resina a lo largo de 300 años, edad que se considera bastante alejada de la realidad para ser manejado con fines técnicos y económicos (ver Figura 8).

4.5.1. Etapa I de la función de producción de resina.

En esta primera etapa la producción de resina va en aumento a medida que la edad también aumenta. Este aumento se da a tasas relativamente muy altas, como se observa en la producción marginal (pmg) y media (pme).

Al inicio, el producto marginal (pmg) aumenta rápidamente hasta alcanzar su máximo a la edad de 58 años, luego, al final de esta etapa, inicia el descenso, aunque a tasas altas todavía. Lo anterior significa que un árbol de la especie de *Pinus hatwegii* al ser resinado a la edad de 58 años tendrá el máximo incremento en la cantidad de resina por año (24.13 gr), en comparación a la que pudiera obtenerse al resinarlo a otras edades anteriores y subsecuentes.

En esta etapa la producción media (pme) aumenta en forma rápida, hasta los 58 años, y después lo hace en forma moderada hasta alcanzar su punto máximo, a la edad de 116 años. Lo cual significa que un árbol al ser resinado a la edad de 116 años tendrá la máxima producción promedio (16.40 gr) a lo largo del ciclo de vida analizado para la especie, y que para la presente investigación fue de 300 años.

A la edad de 116 años la pmg y pme toman el mismo valor y marca el fin de la etapa I, como se observa en la Figura 8.

En esta etapa no se recomienda el aprovechamiento de *Pinus hartwegii* debido a que la producción media apenas está logrando su máximo y la producción por año aun es alta, a pesar de que esta última ya logró su máximo. Los anteriores hechos muestran que económicamente aun es posible obtener más beneficios.

4.5.2. Etapa II de la función de producción de resina.

Al inicio de esta etapa la producción de resina continua en ascenso a razón alta como lo indica la curva de producción total, pero luego la tasa de crecimiento empieza a disminuir hasta hacerse imperceptible (Figura 8).

El final de esta etapa sobrepasa la edad de análisis para el presente estudio que fue de 300 años. Aquí la producción por año sigue disminuyendo, aunque a diferencia de la parte final de la etapa I, lo hace a tasas mucho menores.

La producción media de resina (pme), por su parte, inicia el descenso hasta el término del periodo de estudio, que es de 300 años, pero la producción marginal lo hace a tasa mayores (Figura 8).

Desde el punto de vista económico, es en esta etapa donde se recomienda realizar el aprovechamiento de la resina para el arbolado de la especie de *Pinus hartwegii*, ya que

se ha sobrepasado la máxima producción media y la máxima producción por año, es decir, se ha logrado la producción eficiente en relación a la edad del arbolado.

4.6. Óptimo técnico de la producción de resina

Para el caso del presente estudio el óptimo técnico, definido como el punto en donde se alcanza la máxima producción de resina dentro de la curva de producción, no fue posible obtenerla debido a que, como se mencionó anteriormente, la máxima producción de resina rebasa la edad de análisis del actual estudio (300 años). Lo anterior debido a que el modelo resultante para la función de producción fue del tipo creciente y el máximo asintótico esta fuera del alcance del estudio por fines prácticos.

5. CONCLUSIONES

En el presente estudio se encontró que la producción de resina para la especie *Pinus hartwegii* se ve afectada de manera determinante por la edad del arbolado.

La función de producción de resina construida para la especie *Pinus hartwegii* presenta una forma sigmoideal con un límite de edad estudiado de 300 años que alcanza una producción de 3516.61 gramos , valor que no es la máxima producción total de resina.

La edad en la cual se alcanzaría la máxima producción total de resina en la función de producción no pudo ser determinada.

Por otro lado, el máximo incremento anual en producción de resina para la especie de *Pinus hartwegii* se da a los 58 años con un valor de 24.16 gramos. Así mismo, la máxima producción promedio sucede a los 116 años con un valor de 16.40 gramos.

La producción óptima de resina, desde un punto de vista técnico, rebasa el horizonte del presente estudio (300 años).

Se recomienda realizar una investigación de producción de resina en donde se contemplen costos para que se pueda determinar una producción óptima económica que sirva de referencia en la toma de decisiones de los productores de resina.

6. BIBLIOGRAFIA CITADA.

- AYALA S., J. C. 1986. Producción de resina con le método francés y el pica de corteza. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 87 p.
- BANDERA, M., J. 1943. La trementina y sus derivados, brea y aguarrás, situación de la industria resinera mundial, características de la industria resinera mexicana. Banco Nacional de Comercio Exterior. México. 241 p.
- BELLO, M., D. y R. GARCIA, M.. 1966. Aprovechamiento combinados de maderas y resinas en México. En: III Convención Nacional Forestal. México, D. F. pp. 415-433.
- BLANCO Z., S. ET AL. 1981. Ecología de la Estación Experimental Zoquiapan; descripción general, vegetación y fauna. México. UACH. 114 p.
- BRITT, K., W. 1970. Pulp and paper technology. 2da. Ed. Van Nostrad Reinhhdd Co. New York. USA. 723 p.
- BROMLEY, W. S. 1969. Pulp wood production. 3ra. Ed. Interstate Printer Pub. Illinois. USA. 291 p.

- CARDOSO, V., J. 1966. Ordenación de los montes de pinaceas de cualquier país, por el método de "Cardovillamex" para la explotación combinada de Maderas y Resinas. En: III Convención Nacional Forestal. México, D. F. pp. 415-433.
- CARREON, R., F. 1966. El sistema de resinación franco-americano con estimulantes químicos. En: III Convención Nacional Forestal. México. pp. 466-470.
- CLEMENTS, W., R. 1981. Métodos modernos de resinación. En Manual de Métodos Modernos de Resinación. INIF. Serie de Apuntes No. 4. Uruapan, Mich. México. pp70-88.
- EGUILUZ P. T. 1987. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *pinus* en México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Bosques. Chapingo, México. 571 p.
- FRANCO, M. y A, BURQUEZ. 1981. Guía botánico-ecológica del Parque Nacional Zoquiapan. Guías botánicas de excursiones en México. Soc. Bot. México. Vol. IV: 21-61.
- GARCIA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen; para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México. UNAM. 246 p.

- GARCIA, S., A. 1996. Influencia de la resinación en el contenido de resina de la madera en *Pinus caribaea* var hondurensis. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 65 p.
- GONZALEZ, B., F. 1992. Efecto de la resinación en el incremento diamétrico de *Pinus hartwegii* Lindl en Zoquiapan, México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 59 p.
- GOULD, J. P.; LAZEAR, E. P. 1998. Teoría microeconómica. Ed. Fondo de Cultura Económica. 1ª reimpresión. México. 870 p.
- GRANT, J. 1966. Manual sobre la fabricación de pulpa y papel. Buenos Aires, Argentina. Ed. Continental. pp 30-41 y 61-66.
- GREULACH A, V., y ADAMS E., J. 1976. Las plantas. Introducción a la Botánica Moderna. Editorial Limusa. México. 679 p.
- GULLEN P., V. M. 1980. Estudio de asignación óptima de insumos en el cultivo de sorgo de grano en el estado de Tamaulipas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 87 p.
- GUTIERREZ, J., T., M. A. RODRIGUEZ, P., e I. VILLEGAS, C. 1979. La producción resinera en pinares de ciertas áreas del estado de Michoacán bajo condiciones experimentales. Ciencia Forestal Vol. 4 (21): 17-55. México.

- GUTIERREZ, J. T. 1981. Método de resinación hughes o francés y su variante con estimulación. En Manual de Métodos Modernos de Resinación. INIF. Serie de apuntes No. 4: 63-70
- HERNÁNDEZ , G., S. 1978. Rendimientos de resina en pinares plagados y no plagados por Zadiprion vallicola Rohwer (HYMENOPTERA: DRIPIONIDAE) en la Meseta Tarasca, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Depto. de Enseñanza e Investigación en Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. 110 p.
- HIGUCHI, T. 1985. Biosynthesis and Biodegradation of wood components. Wood Research Institue, Kioto University. Japan. Printed in USA. 667 p.
- INIF. 1981. "Principales métodos de resinación en uso y sus características". En: Métodos Modernos de Resinación; apuntes del curso. Serie de apuntes No. 4. México. 113 p.
- KEITH, C. T. 1969. Resin conten of red pine wood and its effect on especific gravity determinations. For. Chran 45(5): 330-43 (10 refs).
- KOVALENKO, M., P. 1985. Studies of resin yield and radial increment of Scots pine based on within-tree comarisisons. Lesovodstvo Agrolesomeliorsiya 70, pp 42-45.

- LAZCANO, HERNANDEZ, I. 1996. Evaluación de algunos factores hidrológicos de una microcuenca en la Estación Experimental Zoquiapan. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Uach, Chapingo, Estado de México. 111 p.
- LEMUS SANTOS G. 1991. Evaluación de la producción de resina para *Pinus hartwegii* Lin. Con tres métodos de resinación. Tesis de licenciatura. UACH, Chapingo, Estado de México. 90 p.
- LIBBY, E., C. 1968. Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel. Tomo I. Ed. CECSA. New York, USA. 521 p.
- LUO, J. L., ZHU, J. y LI, Z., X. 1985. The effect of wood tapping with spen sulphite liquor on oleoresin yield, volume growth and physico-mechanical properties of wood of *Pinus massoniana*. Res. Inst. Chem. Proc. & Util. For. Prod., Chinese acad. For., Nanjig, China. 5 (3), 34-41.
- MAS, P. J. 1975. El método de pica de corteza con estimulantes ¿Aumenta realmente la productividad de la resinación?. Bol. Téc. No. 45. México. 47 p.
- MARTINEZ, M. 1948. Los pinos mexicanos. Ed. Botas. 2ª. Edición. México. 361 p.
- PARKIN, M. 1995. Microeconomía. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. 2ª Edición. Delaware, E.U.A. 626 p.

ROBLES, M., V. C. 1996. Estimación de una función de producción de madera aserrada en el aserradero floresta de Huaxyacac, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 55 p.

ROMAHN DE LA V., C. F. 1979. Resina de Pino. Depto. de Bosques. UACH., Chapingo, México. 84 p.

_____ 1982. Principales productos forestales no maderables de México. Tesis de Licenciatura. Depto. De Bosques. UACH. Chapingo, México. 561 p.

RONALD G. M., AND JOHN N., F. 1969. The pulping of wood Vol. I. Joint Texbook Committee of the Paper Industry. USA.

SANCHEZ R., L. 1984. Celulosa y Papel. Serie de Apoyo Académico No. 8. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 168 p.

SEMARNAP. 1998. Anuario estadístico de la producción forestal 1995. Dirección General Forestal. Dirección de Desarrollo Forestal. México, D.F. 126 p.

SEMARNAP. 1998. Anuario estadístico de la producción forestal 1996. Dirección General Forestal. Dirección de Desarrollo Forestal. México, D.F. 146 p.

- SEMARNAP. 1998. Anuario estadístico de la producción forestal 1997. Dirección General Forestal. Dirección de Desarrollo Forestal. México, D.F. 146 p.
- SEMARNAP. 1998. Anuario estadístico de la producción forestal 1998. Dirección General Forestal. Dirección de Desarrollo Forestal. México, D.F. 146 p.
- SOLIS PEREZ, M., A. 1994. Monografía de *Pinus hartwegii* Lindl. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 130 p.
- SOLÓRZANO I. F. 1987. Efecto de algunos factores ambientales en la germinación de semillas de *pinus hartwegii* Lindl bajo condiciones controladas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 81 p.
- TRIFUNOVIC, D. 1959. The influence of resin-tapping on the increment of *Pinus nigra* and *P. sylvestris* on the Delibato dunes and in Semegnjevo forest (Zlatibor). Sumarstvo. 12 (9/10), pp 431-441.
- URIARTE, G., P. 1956. La resinación en durango. Tesis profesional. Chapingo, México. 73 p.
- VIRCHEZ ALANIS, I. 1961. La industria resinera mexicana. Sociedad Forestal Mexicana. México. 200 p.

- ZAVALA CHAVEZ, F. 1984. Sinecología de la vegetación de la Estación de Enseñanza e Investigación Forestal Zoquiapan, Estados de México y Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. División de Ciencias y Humanidades. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 164 p.
- ZEPETA, S., A. 1989. Estudio de asignación óptima de insumos en dos aserraderos del área de influencia de la Unidad de Administración Forestal No. 4., "Mascota", edo. de Jalisco. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 107 p.

7. ANEXOS

1. Datos obtenidos de las rodajas de los tres árboles muestreados para estimación de edad.

Edad	Diámetro
5,0	2,6
5,0	2,8
5,0	2,8
10,0	4,0
10,0	4,2
10,0	6,8
15,0	5,8
15,0	7,6
15,0	10,8
20,0	7,2
20,0	10,8
20,0	14,8
25,0	10,2
25,0	15,4
25,0	17,6
30,0	13,6
30,0	20,2
30,0	20,6
35,0	16,4
35,0	23,4
35,0	26,4
40,0	18,8
40,0	27,0
40,0	31,8
45,0	20,6
45,0	28,8
45,0	35,8
50,0	22,6
50,0	31,2
50,0	38,2
55,0	24,6
55,0	33,0
55,0	40,6
57,0	25,0
60,0	26,2
60,0	35,0
60,0	42,2
60,0	45,0
65,0	28,8
65,0	36,4
65,0	43,6
69,0	40,0

70,0	31,6
70,0	37,8
70,0	45,0
70,0	60,0
74,0	65,0
75,0	34,4
75,0	38,8
75,0	47,6
75,0	50,0
75,0	80,0
76,0	30,0
77,0	35,0
80,0	37,4
80,0	39,6
80,0	49,2
84,0	40,6
84,0	55,0
85,0	40,2
85,0	50,8
90,0	42,0
90,0	51,8
95,0	43,2
99,0	44,2
100,0	52,6
100,0	70,0
105,0	53,4
110,0	54,4
111,0	54,8
121,0	75,0

2. Datos que se emplearon para el análisis de varianza y pruebas de Tukey.

No. Arb	Situación sociológica	condición	Resina (gr)	Diámetro (cm)	Edad	Altura (m)	Diámetro de copa (m)	Superficie (cm2)
1	2	1	96,50	30,00	55	19,00	5,00	513,0
2	1	1	627,30	35,00	62	23,00	7,00	703,5
3	2	1	1372,40	40,00	69	25,00	7,25	540,0
4	2	1	444,50	30,00	55	25,00	4,00	569,5
5	1	1	2740,70	60,00	93	28,00	10,00	540,0
6	2	1	536,30	40,00	69	24,00	5,50	585,0
7	2	1	652,00	30,00	55	25,00	4,00	532,5
8	2	1	1094,50	50,00	81	23,00	8,00	544,0
9	3	1	534,70	35,00	62	14,00	5,00	493,0
10	2	2	1693,50	60,00	93	23,00	7,25	561,0
11	1	1	2306,00	65,00	99	31,00	11,75	558,0
12	1	2	1673,50	70,00	105	31,00	8,50	527,0
13	1	2	1961,00	65,00	99	27,00	10,00	540,0
14	2	2	1203,00	65,00	99	30,00	9,50	630,0
15	2	2	2033,50	60,00	93	23,50	9,00	531,0
16	1	2	926,80	70,00	105	23,50	9,50	629,0
17	1	2	685,50	75,00	110	26,00	12,50	535,5
18	2	1	2452,50	55,00	87	31,50	8,50	666,0
19	1	2	671,30	65,00	99	23,00	13,00	592,0
20	2	2	996,80	60,00	93	29,00	11,25	495,0
21	1	2	899,80	80,00	116	30,00	12,00	648,0
22	2	1	1046,30	45,00	75	22,00	9,00	472,0
23	2	2	1774,50	50,00	81	22,00	8,00	603,5
24	1	2	1055,50	65,00	99	32,00	8,00	540,0
25	1	2	1087,30	60,00	93	30,00	9,50	714,0
26	1	2	1110,40	60,00	93	31,00	10,00	630,0
27	2	2	1277,00	60,00	93	27,00	8,00	637,5
28	2	2	867,50	60,00	93	25,50	10,00	637,5
29	1	2	1024,00	60,00	93	29,00	6,00	773,5
30	1	2	1088,50	70,00	105	29,00	9,50	747,0
31	2	2	2464,50	60,00	93	30,00	10,00	646,0
32	2	2	1107,00	50,00	81	34,50	8,00	648,0
33	1	2	1421,00	70,00	105	36,00	11,50	705,5
34	1	2	2354,00	65,00	99	32,00	9,50	594,0
35	2	2	574,10	70,00	105	33,00	10,00	555,0
36	2	1	2285,00	55,00	87	32,50	11,50	720,0
37	2	1	1278,40	60,00	93	28,50	12,50	629,0
38	1	1	1681,30	80,00	116	33,00	14,00	741,6
39	1	1	695,70	60,00	93	31,50	10,50	484,5
40	2	1	511,00	35,00	62	25,00	5,25	442,5
41	1	1	2006,00	80,00	116	34,50	14,75	600,0
42	2	1	1190,90	40,00	69	30,00	6,50	608,0
43	2	1	632,00	40,00	69	27,50	9,00	531,0
44	1	2	3276,50	80,00	116	25,50	15,50	551,0
45	2	1	1966,80	40,00	69	27,50	6,75	636,5

46	2	1	560,50	30,00	55	25,50	3,50	552,5
47	2	1	1417,50	40,00	69	28,50	7,50	549,0
48	1	2	1149,50	85,00	121	34,50	15,50	472,0
49	2	1	1899,50	60,00	93	32,50	11,25	747,5
50	2	1	1833,80	45,00	75	29,00	9,50	535,5
51	2	1	474,80	40,00	69	29,00	8,00	586,5
52	2	1	849,20	45,00	75	31,00	8,50	595,0
53	1	2	1076,00	55,00	87	32,50	14,50	613,8
54	2	1	693,40	40,00	69	29,00	6,50	597,6
55	2	1	1148,50	50,00	81	33,50	8,00	603,5
56	2	1	1283,50	45,00	75	32,00	7,50	581,0
57	3	1	204,40	25,00	48	19,50	6,00	536,0
58	2	1	737,00	40,00	69	30,00	8,00	481,4
59	2	1	1229,00	40,00	69	32,50	8,00	536,0
60	2	1	491,00	30,00	55	24,00	5,00	504,0
61	1	1	686,00	50,00	81	31,50	9,00	450,0
62	2	1	844,00	25,00	48	24,50	6,50	547,8
63	2	1	1349,50	40,00	69	24,50	6,50	488,0
64	3	1	548,50	30,00	55	17,00	3,25	506,3
65	3	2	531,50	55,00	87	19,00	10,00	481,4
66	3	1	299,50	35,00	62	27,50	6,00	392,0
67	1	1	1213,00	45,00	75	29,00	6,50	506,3
68	2	1	970,00	45,00	75	30,00	8,00	486,4
69	2	1	599,00	40,00	69	31,00	6,00	494,0
70	3	1	603,00	30,00	55	28,50	3,50	474,5
71	2	1	628,00	40,00	69	32,50	5,00	581,0
72	2	1	1657,50	30,00	55	30,50	2,50	589,3
73	1	1	1498,00	40,00	69	32,50	6,50	568,0
74	2	2	409,00	50,00	81	30,00	7,00	474,5
75	1	2	1792,50	75,00	110	33,00	10,50	643,2
76	3	1	278,50	30,00	55	25,00	5,50	448,0
77	2	2	2485,00	65,00	99	28,50	10,50	636,4
78	3	1	965,00	35,00	62	20,00	7,50	562,4
79	1	2	1126,50	65,00	99	30,00	11,50	562,4
80	2	1	1183,00	55,00	87	26,50	9,50	552,0
81	1	1	2442,00	60,00	93	31,00	10,00	585,0
82	2	2	1013,00	55,00	87	31,50	10,00	550,4
83	2	1	552,80	30,00	55	29,00	5,00	486,4
84	1	1	2163,50	45,00	75	33,00	8,00	660,3
85	1	2	991,50	70,00	105	31,00	9,00	696,6
86	1	1	2527,00	50,00	81	27,50	7,00	597,6
87	3	1	592,50	30,00	55	18,50	6,00	548,7
88	1	1	1133,50	35,00	62	31,00	5,00	520,0
89	2	1	666,50	45,00	75	27,00	7,00	559,0
90	1	1	602,50	50,00	81	28,50	8,00	593,4
91	2	1	1049,00	45,00	75	27,00	7,50	481,4
92	2	1	607,80	35,00	62	25,00	5,00	556,1
93	1	1	1185,20	55,00	87	31,50	6,25	576,0
94	3	1	628,40	40,00	69	21,50	7,75	584,8
95	1	2	2501,00	75,00	110	36,50	10,50	678,9

3. Programa de SAS para la estimación de la edad del arbolado bajo el modelo no lineal.

```
data edad;
input edad diam;
cards;
5.0      2.6
5.0      2.8
5.0      2.8
"        "
"        "
"        "
110.0    54.4
111.0    54.8
121.0    75.0
proc nlin;
parametres bo=1 b1=.9;
model edad= bo*(diam**b1);
run;
```

4. Programa de SAS para identificar que variables influyen en la producción de resina

```
data anastep;
input prod sitsoc cond dia edad alt diaco sup;
cards;
96.5      2      1      30      55      19      5      513
627.3     1      1      35      62      23      7      703.5
1372.4    2      1      40      69      25      7.25    540
"         "      "      "      "      "      "      "
"         "      "      "      "      "      "      "
"         "      "      "      "      "      "      "
607.8     2      1      35      62      25      5      556.1
1185.2    1      1      55      87      31.5    6.25    576
628.4     3      1      40      69      21.5    7.75    584.8
2501      1      2      75      110     36.5    10.5    678.9
;
proc reg;
model prod=dia edad alt diaco sup/selection=stepwise;
run;
```

5. Programa de SAS para obtener la función de producción.

```
data FunProd;
input edad prod;
cards;
48    524
55    589
62    668
68    997
75    1231
81    1169
87    1389
93    1544
99    1645
110   1660
116   1966
proc nlin method=newton;
parms b0=4 b1=1;
model prod=b0*exp(-b1/edad);
der1.edad=(b0*b1*exp(-b1/edad))/edad**2;
run;
```

6. Cuadro del cálculo de producción media (pme) y marginal (pmg) a cada 5 años.

Edad (años)	Producción (gr)	Producción media (gr)	Producción margina (gr)
20	15.54	0.78	4.51
25	49.66	1.99	9.23
30	107.74	3.59	13.91
35	187.35	5.35	17.77
40	283.71	7.09	20.60
45	391.77	8.71	22.48
50	507.18	10.14	23.57
55	626.47	11.39	24.06
58	698.80	12.05	24.13
60	747.05	12.45	24.11
65	867.04	13.34	23.84
70	985.12	14.07	23.36
75	1100.38	14.67	22.73
80	1212.25	15.15	22.01
85	1320.37	15.53	21.23
90	1424.54	15.83	20.43
95	1524.69	16.05	19.63
100	1620.83	16.21	18.83
105	1713.03	16.31	18.05
110	1801.39	16.38	17.30
115	1886.05	16.400	16.57
116	1902.55	16.401	16.43
120	1967.14	16.39	15.87
125	2044.81	16.36	15.20
130	2119.24	16.30	14.57
135	2190.56	16.23	13.96
140	2258.93	16.14	13.39
145	2324.51	16.03	12.85
150	2387.43	15.92	12.33
155	2447.84	15.79	11.84
160	2505.85	15.66	11.37
165	2561.60	15.52	10.93
170	2615.21	15.38	10.51
175	2666.77	15.24	10.12
180	2716.41	15.09	9.74
185	2764.21	14.94	9.38
190	2810.28	14.79	9.04
195	2854.69	14.64	8.72
200	2897.53	14.49	8.42
205	2938.87	14.34	8.12
210	2978.80	14.18	7.85
215	3017.37	14.03	7.58
220	3054.66	13.88	7.33