

RESINA Y ACEITES ESENCIALES DE TRES ESPECIES DE COPAL DEL SUR DE OAXACA, MÉXICO¹

[RESIN AND ESSENTIAL OILS OF THREE *Bursera* SPECIES FROM SOUTHERN OAXACA, MEXICO]

Mabel Cruz-Cruz¹, Viridiana Montserrat Antonio-Gómez^{1§}, Gerardo Rodríguez-Ortiz², Inés Guadalupe Vásquez-Barranco³, Luicita Lagunes-Rivera⁴, Ernesto Hernández-Santiago²

¹Licenciatura en Ingeniería Forestal-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71230. ²División de Estudios de Posgrado e Investigación-ITVO. ³Integradora de Comunidades Indígenas y Campesinas de Oaxaca (ICICO A.C), Eucaliptos 307, Col, Reforma, Oaxaca, C.P. 68050. ⁴CIIDIR-IPN-Unidad Oaxaca. [§]Autor para correspondencia: (montserrat_28_11@hotmail.com).

RESUMEN

Con la evaluación de la producción de resina, el aprovechamiento de las especies de *Bursera* adquiere otro enfoque, ya que de ésta evaluación se genera información útil para lograr un aprovechamiento de resina más eficiente, de manera racional y sustentable, lo que a su vez permite incrementar los ingresos económicos. El objetivo fue evaluar la producción de resina y aceites esenciales en especies de copal (*Bursera bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*) en San Pedro Juchatengo Oaxaca. Se establecieron durante 2016, cuatro sitios circulares de 1000 m² de acuerdo a la distribución de las especies de interés, los datos registrados durante el proceso de resinación se evaluaron mediante diseño completamente al azar y prueba de medias (Duncan, 0.05). De la especie evaluada *B. bipinnata* se obtuvo la mayor producción de resina, con 313.4 g/cara y una producción estimada de 109.06 kg ha⁻¹. El mayor rendimiento de aceites esenciales mediante el proceso de hidrodestilación se obtuvo de la muestra de 500 g de frutos de *B. jorullensis* presentando un rendimiento de 1.62%.

Palabras clave: *Bursera bipinnata*, *B. glabrifolia*, *B. jorullensis*.

ABSTRACT

With the assesment of the production of resin, the exploitation of the *Bursera* species acquire another focus, since of this assesment we generate useful information to get a exploitation of a high efficient resin, within a rational and sustainable manner which in turn allows to increase the economic income. The target was assess the production of resin and essential oils in copal species *Bursera bipinnata*, *B. jorullensis* and *B. glabrifolia* in the community San Pedro Juchatengo Oaxaca. They were stablished in the year 2016, four circular sites of 1000 m² according to the distribution of the species of or interest, the data collected the during the resination process, were evaluated throuht a completely random design and testing of means (Duncan, 0.05). The specie of hihther resin production evaluated was *B. bipinnata* with production of 313.4 g/face and an estimated production of 109.06 kg ha⁻¹. The higher yield of assential oils by hidrodestilation

¹ Recibido: 11 de marzo de 2017.
Aceptado: 20 de junio de 2017.

process was obtained from the simple of 500 g fruits of *B. jorullensis* presenting a yield of 1.62%.

Index words: *Bursera bipinnata*, *B. glabrifolia*, *B. jorullensis*.

INTRODUCCIÓN

Los copales pertenecientes al género *Bursera*, incluyen más de 80 especies de árboles que se distribuyen en la selva baja caducifolia de México, teniendo sus mayores poblaciones los estados de Guerrero, Michoacán y Oaxaca (Rzedowski *et al.*, 2004; Rzedowski *et al.*, 2005).

En el estado de Oaxaca el aprovechamiento de los copales tiene gran importancia, ya que la madera se utiliza para elaborar artesanías (alebrijes). De los frutos, hojas y ramillas de algunas de estas especies se obtienen aceites esenciales, utilizados en la industria farmacéutica y agronómica, así como en la elaboración de cosméticos y perfumes (Purata y León, 2005; Purata, 2008). Otro producto de gran relevancia es la resina de copal que es usada principalmente como incienso en ceremonias religiosas o rituales culturales, y para la elaboración de barnices y pegamentos; en algunas ocasiones estas especies son utilizadas también con fines medicinales. El aceite esencial de frutos y hojas de algunas especies de *Bursera* tiene importancia potencial para uso medicinal e industrial, usándose como materia prima en la producción de sabores de alimentos y fragancias en la industria cosmética (Leyva *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2012).

A pesar de que la mayoría de los autores que han estudiado las especies resiníferas coinciden en valorar la compleja y rica función entonobotánica del copal, se carece aún de una descripción del método de extracción de la resina y una ponderación de los volúmenes producidos, así como un desconocimiento generalizado del potencial de extracción de aceites esenciales para algunas especies (Campos *et al.*, 2006; Cerpa-Chávez, 2007; Bakkali *et al.*, 2008; Estrada-Pérez, 2014). De acuerdo con Purata (2008), la elaboración de aceites esenciales puede dar un valor agregado a los árboles y a mediano plazo ser una buena fuente complementaria de ingresos para las comunidades campesinas que aprovechan estas especies. Cabe mencionar que existen diferentes mercados para este producto, donde los compradores mayoristas que pueden transformar el aceite esencial o que acopian aceites esenciales, son proveedores de la industria de perfumería, cosmética y de aromaterapia, mismas que buscan un abasto suficiente de este producto.

La extracción de resina en especies de *Bursera* es una actividad que se ha venido realizando en Oaxaca desde hace ya mucho tiempo, pero en la actualidad existen pocas regiones productoras de resina (Rzedowski *et al.*, 2005); debido a que las comunidades no cuentan con planes de manejo para el aprovechamiento de productos forestales no maderables, esto aunado al desconocimiento de técnicas apropiadas para la extracción de resina. Estas actividades, aunque secundarias, por el tipo de productos que se recolectan, el tiempo y cantidad de personas dedicadas a ellas, son importantes, ya que además de cubrir necesidades de autoconsumo, permiten obtener ingresos monetarios con la venta de productos que complementan los ingresos de las familias (Campos *et al.*, 2006).

La comunidad de San Pedro Juchatengo, además de ser productora de resina de copal (*Bursera bipinnata* (Sessé & Moc. ex DC.), *B. jorullensis* (Kunth) Engly *B. glabrifolia* H.B.K. (Engl.)), podría obtener aceites esenciales de estas mismas especies, siendo esta actividad una fuente más

de ingresos, sin embargo, se debe destacar que ésta es una actividad que requiere de conocimientos técnicos para poder extraer aceites esenciales de las hojas y frutos. Por esta razón, el objetivo fue evaluar la producción de resina en especies de copal (*Bursera bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*) y el rendimiento en aceites esenciales de frutos y hojas de *B. bipinnata* y *B. jorullensis* en la comunidad de San Pedro Juchatengo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las zonas de distribución de copal en San Pedro Juchatengo, Oaxaca se localizan entre 16°15' y 16°22' LN y 97°04' y 98°09' LO, a altitudes entre 800 y 1 900 m. La superficie total de la comunidad es de 5 768 ha, estando 2 000 ha bajo aprovechamiento de resina. Los parajes en los que predomina el tipo de vegetación de selva baja caducifolia posee climas del tipo semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (29.56%); cálido subhúmedo con lluvias en verano, menos húmedo (29.12%); cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (28.67%); semicálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (11.20%) y templado subhúmedo con lluvias en verano (1.45%). La temperatura promedio oscila entre los 16° y 26°C con un rango de precipitación entre 1000 y 1500 mm (INEGI, 2005).

Establecimiento de sitios de resinación

Los sitios para resinación se establecieron de manera dirigida durante 2016 de acuerdo a la distribución de las especies de interés, buscando variaciones en la densidad, tomando en cuenta factores como la pendiente y la exposición de los sitios. Con ayuda de una cuerda compensada por pendiente se establecieron cuatro sitios circulares de 1000 m², delimitándolos con aerosol para su posterior identificación. A las especies de interés dentro del sitio se les colocó una etiqueta con el número de árbol para poder llevar el control de los datos recabados durante el periodo de resinación.

Se registraron los datos generales de cada sitio como es el nombre del paraje, número de sitio, tipo de suelo y de vegetación; la exposición, la pendiente (%), y mediante un GPS eTrex® se determinaron las coordenadas geográficas UTM del centro del sitio y la altitud (m). En el inventario de árboles se determinó: número de árbol, especie, diámetro de base (DB, cm), diámetro de tocón (cm, tomado a 30 cm del suelo) y diámetro a primera bifurcación (cm), todos medidos con cinta diamétrica®. Además, se registró altura a primera bifurcación (m) y altura total (m) del árbol, medidas con hipsómetro® y diámetro de copa (m).

Las caras de resinación (picas) por árbol se establecieron a partir de 20 cm del suelo de acuerdo al DB y para individuos >10 cm; con ayuda de un machete se eliminó la corteza del árbol y auxiliándose de un mazo se realizaron las picas (corte o incisión) en forma de "V" abierta, teniendo una longitud de 10 a 15 cm de largo, paralela a la longitud del tronco, con una profundidad de 3 a 5 mm aproximadamente. En el extremo inferior de la incisión se colocó un recipiente de plástico de aproximadamente 0.500 g sosteniéndolo del árbol con rafia para que la resina se depositara en él; se realizó una pequeña incisión al árbol en la parte inferior de la primera pica para que se le colocara una "cucharita" (pequeño corte de plástico) que ayuda a

conducir la resina del árbol al recipiente. Las picas se realizaron cada 2-7 días, en un periodo de tres meses durante la época de lluvias, distanciadas 2 mm y teniendo una variación por cara entre 2 y 42 picas. La resina de copal colectada se pesó (g) cada 2-7 días empleando una báscula multiuso digital de 5 kg marca OBI®.

Colecta de muestras para la extracción de aceites esenciales

Con la información levantada en los sitios se determinó la estructura diamétrica de cada especie (*B. bipinnata* y *B. jorullensis*), lo que permitió seleccionar un árbol con DB promedio por cada especie para la colecta de 500 g de muestra de hojas y frutos.

La extracción de aceites esenciales fue realizada en un laboratorio del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN, Unidad Oaxaca). Se utilizó el método de hidrodestilación con microondas, este proceso se hizo por separado para cada una de las muestras de las dos especies; los frutos y hojas fueron colocados (enteros y divididos, respectivamente) dentro del matraz, quedando de manera fija y compactada. Se manejó la relación 3:1 (3 g de materia vegetal: 1 mL de agua), en este caso para la muestra de 500 g se utilizaron 166.6 mL de agua. Se observó generación de vapor cuando el matraz cargado con la muestra y el agua fue sometido a la temperatura del microondas, dándole un tiempo inicial de 2 min de calor por 1 min de descanso.

Conforme el vapor entra en contacto con el matraz, la materia prima se calienta y va liberando el aceite esencial contenido y éste, a su vez debido a su alta volatilidad, se va evaporando. El vapor que circula, es arrastrado corriente arriba hacia el tope del hidrodestilador. La mezcla de vapor y aceite esencial, fluye hacia el conducto de salida del destilador, que en este caso es la trampa Clevenger. En la trampa, la mezcla es condensada y enfriada, hasta la temperatura ambiental. Este equipo tiene un refrigerante el cual está conectado con dos mangueras (una de entrada y otra de salida) a un recipiente con agua fría desde el inicio de la operación, lo cual permite que el aceite se vaya acumulando (debido a su baja capacidad de disolverse en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua).

El proceso termina cuando el volumen del aceite esencial acumulado en la trampa no varía con el tiempo de extracción. Después el aceite es retirado de la trampa y almacenado en frascos color ámbar y en lugar apropiado. Para continuar con las siguientes muestras, se vacía el matraz, se lava y vuelve a ser llenado con la siguiente carga de materia prima vegetal, para iniciar una nueva operación, siguiendo el mismo procedimiento. Para la muestra de frutos y hojas de *B. jorullensis* los tiempos de calentamiento fueron de 91 y 30 min, mientras que para las muestras de *B. bipinnata* los tiempos de calentamiento fueron de 120 y 78 min, respectivamente.

Análisis de datos

Con la información dasométrica recabada en campo y con la producción de resina se estructuraron bases de datos Excel®, realizando los análisis en paquete estadístico (SAS Institute, 2005). Se realizaron análisis de estructuras horizontales de los sitios (PROC FREQ); utilizando como variables clasificatorias la especie y categoría diamétrica del árbol, se evaluó la producción de resina en forma mensual y por cara, utilizando análisis de varianza (PROC ANOVA) de un diseño completamente aleatorizado y prueba de medias (Duncan, 0.05). En el caso de los aceites

esenciales, con la extracción realizada se calculó el rendimiento de la muestra de cada especie; y mediante la determinación del peso completo de frutos/árbol se infirió el rendimiento en aceite esencial/árbol muestra.

RESULTADOS

Producción de resina

Las especies evaluadas no mostraron diferencias significativas en la producción de resina durante los meses de medición ($p > 0.05$). La inflación de varianzas que originan CV altos (>100%) probablemente no permiten detectar diferencias significativas en la producción promedio mensual de las tres especies (Cuadro 1); la producción de resina del mes de julio para *B. bipinnata* y *B. glabrifolia* fue de 9.95 g/cara vs. 5.0 g/cara en *B. jorullensis*. El mismo comportamiento mostraron por el resto del periodo evaluado, generando 78.4, 65.2 y 71.0 g/mes para *B. bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*, respectivamente.

Cuadro 1. Producción mensual de resina (g) por cara en especies de *Bursera* de San Pedro Juchatengo, Oaxaca.

Especie	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Peso acumulado
<i>B. bipinnata</i>	10.9±13.7 a	151.5±147.5 a	103.7±106.0 a	49.2±60.8 a	313.4±275.1 a
<i>B. jorullensis</i>	5.0±8.0 a	101.0±57.6 a	105.7±65.0 a	49.0±42.2 a	260.7±151.3 a
<i>B. glabrifolia</i>	9.0±1.4 a	114.5±50.2 a	108.0±28.3 a	52.5±12.0 a	284.0±91.9 a

Los valores indican los promedios ± desviación estándar. Letras distintas en una misma columna muestran diferencias significativas (Duncan, 0.05).

Bursera jorullensis tiene un rendimiento mensual de 5.285 kg ha⁻¹, considerando una densidad de 50 árboles ha⁻¹. El rendimiento de resina de las especies durante el periodo de producción fue de 109.06, 13.04 y 0.852 kg ha⁻¹ para *B. bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*, respectivamente (Figura 1).

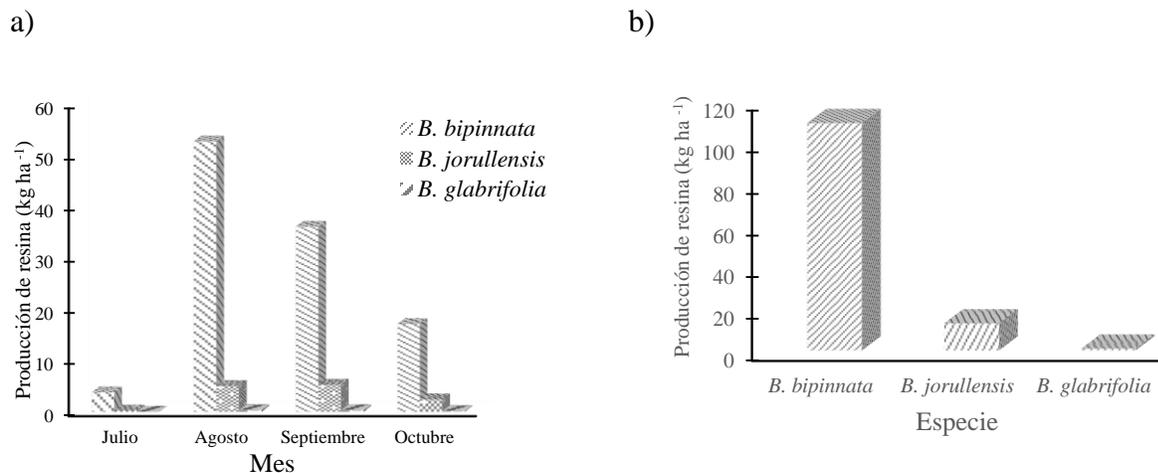


Figura 1. Estimación de la producción mensual (a) y total (b) de resina en especies de *Bursera* (348, 50 y 3 árboles ha⁻¹ de *B. bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*, respectivamente).

Las categorías diamétricas pequeñas (10 y 15 cm) y grandes (>50 cm) generan por lo general menores rendimientos de resina; la mayor producción de peso acumulado se encuentra en la categoría de 25 cm de DB con 471.0±309.2 g/cara y que tiene la mayor variabilidad. La producción de resina del mes de octubre presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre categorías diamétricas, mientras que la producción en los meses de julio, agosto y septiembre, así como en el peso acumulado de resina presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción mensual de resina (g) por cara y categoría diamétrica a la base del árbol (CD) en especies de copal durante 2016.

CD	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Peso acumulado
10	7.3±8.3 a	92.8±59.8 a	53.4±37.4 a	23.9±17.7 a	177.4±110.7 a
15	7.5±9.6 a	123.1±122.7 a	93.9±89.5 a	42.4±48.5 a	265.0±226.7 a
20	11.1±14.1 a	159.8±156.5 a	124.2±110.5 a	61.8±71.3 a	352.9±292.6 a
25	18.3±19.7 a	229.1±175.5 a	152.9±126.2 a	70.8±68.0 a	471.0±309.2 a
30	10.3±11.5 a	108.0±100.2 a	71.7±119.4 a	43±79.6 a	233.0±269.6 a
50	8.0±ND a	279.0±ND a	38.0±ND a	25±ND a	350.0±ND a

Los valores indican los promedios ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan, 0.05). ND = no determinada (única observación).

Entre el rango de picas evaluado (2-42) las especies mostraron la misma producción de resina ($p > 0.05$); la alta variabilidad durante el tiempo de evaluación y entre especies (CV altos), genera inflación de varianzas, lo que no permitió diferenciar las medias en la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) (Cuadro 2). Se observan diferencias entre la producción de resina en la mayoría de las picas, en el caso de *B. bipinnata* se aplicaron 40.8±1.3 picas en tres caras, generando la mayor producción de resina (492.9±321.2 g/árbol) para árboles de la categoría de 25 cm en DB; de esta manera, se produce 1.48 kg/árbol de resina (Cuadro 3). Todas las picas evaluadas no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). En el caso de *B. jorullensis* la mayor producción se obtuvo de árboles de la categoría de 30 cm, presentando una media de 726.0 g/cara al realizar 40 picas en una cara.

Cuadro 3. Producción de resina/cara (g) de acuerdo con la categoría diamétrica (CD) en especies de *Bursera*.

Categoría diamétrica (cm)	<i>B. bipinnata</i>			<i>B. jorullensis</i>			<i>B. glabrifolia</i>		
	N° de picas	Cara	Resina/cara (g)	N° de picas	Cara	Resina/cara (g)	N° de picas	de Cara	Resina/cara (g)
(7.5, 12.5] 10	40.4±1.2	1	177.7±112.9	40.0±ND	1	169.0±ND	-	-	-
[12.5, 17.5] 15	39.9±1.4	2	273.7±235.4	40.3±0.8	2	187.7±107.7	-	-	-
[17.5, 22.5] 20	40.4±1.5	2	378.3±324.8	40.1±0.6	1	267.7±110.4	-	-	-
[22.5, 27.5] 25	40.8±1.3	3	492.9±321.2	42.0±ND	1	320.0±ND	42.0±0	2	284.0±91.9
[27.5, 32.5] 30	42.0±0	2	134.4±133.9	40.0±ND	1	726.0±ND	-	-	-
[47.5, 52.5] 50	40.0±ND	1	350.0±ND	-	-	-	-	-	-

Los valores indican los promedios ± desviación estándar. ND = no determinada.

Para la construcción de los modelos de la producción de resina (kg ha^{-1}) en función a los días transcurridos para las distintas especies se utilizó el modelo exponencial de la forma: $y = \beta_0 e^{-\beta_1(1/X)}$, ya que fue el que tuvo el mejor ajuste. Para ambas especies (*B. bipinnata* y *B. glabrifolia*), se obtuvo un valor de $R^2 = 0.99$, lo que indica que estos modelos son buenos para predecir el comportamiento de la producción de resina (kg ha^{-1}) en función a los días transcurridos después de realizadas las picas; para el modelo de *B. jorullensis* el valor del ajuste fue de $R^2 = 0.62$.

El modelo generado para la producción de resina en función a los días transcurridos (DT) para *B. bipinnata* fue: $y = 225.2 e^{-52.3623(1/DT)}$, donde el CME tiene un valor de 25.82, mientras que en el modelo $y = 53.9589 e^{-63.8891(1/DT)}$ para *B. jorullensis* el valor del CME fue de 82.64; para el caso *B. glabrifolia* la ecuación generada fue $y = 13.3491 e^{-73.6339(1/DT)}$ donde el valor del CME fue de 0.01. En el caso de los tres modelos generados el valor de los parámetros β_0 y β_1 fueron altamente significativos ($p \leq 0.01$).

En el caso de la producción de resina de *B. bipinnata* y *B. glabrifolia*, se observa que los datos estimados con las ecuaciones generadas, muestran cercanía a los datos observados en campo, habiendo muy poca dispersión entre ellos; en comparación a los datos de la producción de *B. jorullensis* donde se observa mayor dispersión entre los datos observados y los datos estimados (Figura 2).

Rendimiento de aceite esencial

Las especies de *Bursera* sometidas al método de hidrodestilación con microondas para la extracción de aceites esenciales mostraron variados rendimientos, entre el tipo de muestra (frutos y hojas) y entre las especies. El mayor rendimiento fue 1.62%, que se obtuvo de los frutos *B. jorullensis*, de esta muestra (500 g) se obtuvo 8.1 g de aceite esencial, en el caso de las hojas no se logró extraer aceite; mientras que *B. bipinnata* tuvo un rendimiento de 0.16% de aceite esencial en hojas (0.8 g) y 0.62% de rendimiento en frutos (3.1 g).

Para el árbol muestra de *B. bipinnata* con DB = 13 cm, 5 m de alto, área de copa de 10.18 m^2 y 7 ramas, el peso total estimado de frutos fue de 1.70 kg/árbol, que genera 10.54 g de aceite (0.62% de rendimiento). Para *B. jorullensis* el peso total estimado de frutos fue de 5.54 kg para un árbol muestra con las siguientes características: un diámetro de 20 cm, una altura de 5.8 m, 23.76 m^2 en su área de copa y 9 ramas; este genera 89.74 g de aceite (1.62% de rendimiento).

Con los rendimientos obtenidos de aceite esencial de frutos de cada especie, se estimó el rendimiento (g) de aceite esencial para cada uno de los árboles muestra; para el árbol muestra de *B. bipinnata* con una altura de 5 m, 13 cm de diámetro basal y un peso total de 1.70 kg de frutos se estima que se obtiene 10.54 g de aceite con un rendimiento de 0.62%. Para el caso del árbol de *B. jorullensis*, con 5.8 m de altura y 20 cm de diámetro basal, a partir de los frutos se podrían obtener 89.74 g de aceite, considerando que el peso de todos los frutos es de 5.54 kg.

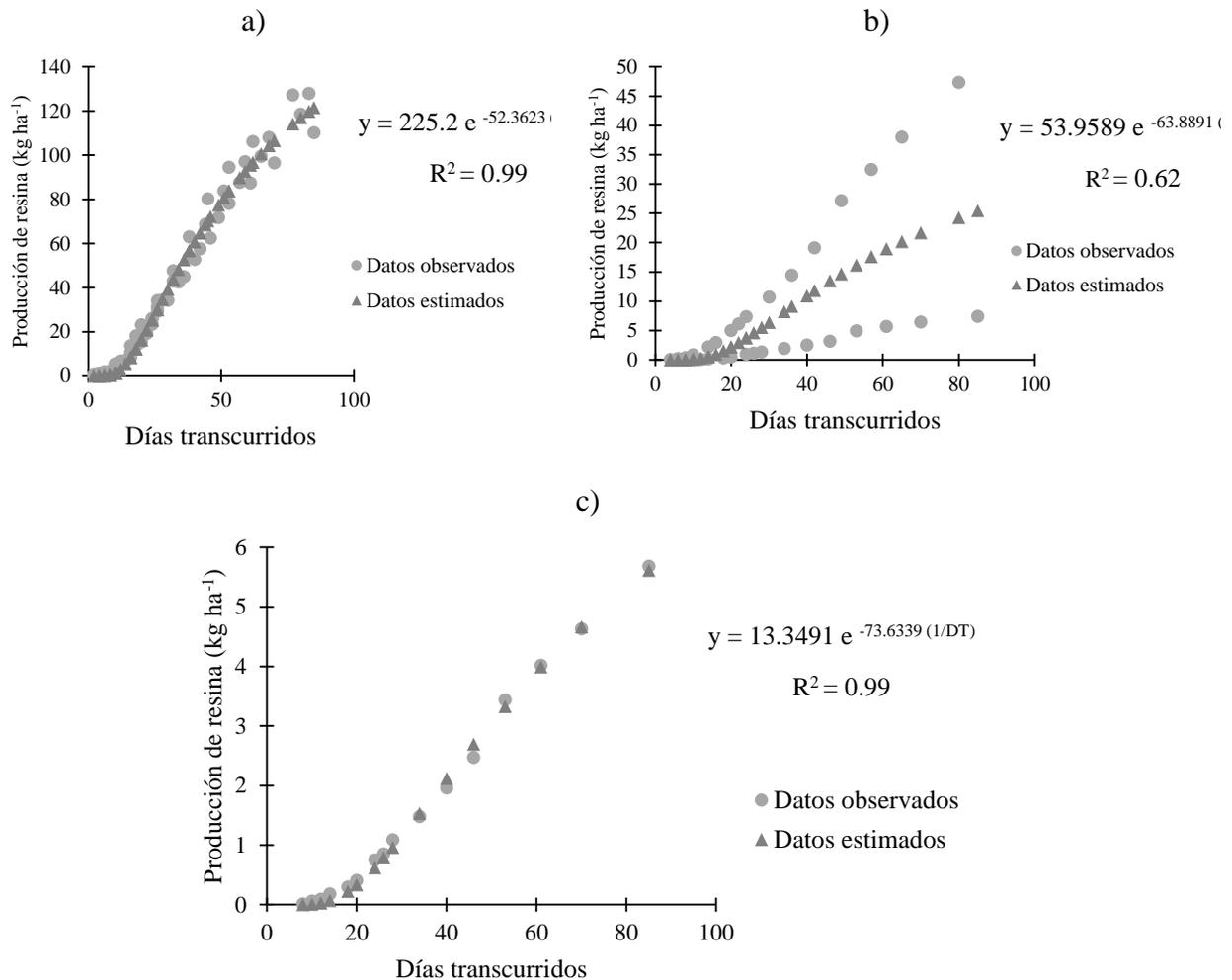


Figura 2. Producción de resina de *Bursera bipinnata* (a), *B. jorullensis* (b) y *B. glabrifolia* (c) en función a los días transcurridos después de las picas.

DISCUSIÓN

De acuerdo con Purata (2008), la extracción de resina se realiza sólo una vez al año durante la temporada de lluvias, durante los meses de julio a octubre; el periodo de extracción evaluado comprendido del 16 de julio al 9 de octubre, coincide con el periodo descrito por Montúfar (2016), que menciona que, los copaleros en ocasiones se internan entre los cerros desde la segunda quincena de julio, cuando el temporal se ha establecido y regresan del monte cerca del 15 de octubre; por su parte, Cruz-León *et al.* (2006), indican que la temporada de recolección dura en promedio tres meses y cinco días (julio, agosto, septiembre y cinco días de octubre).

La cantidad de resina que producen los árboles varía de acuerdo con el tamaño de éstos, las condiciones donde crece y si el árbol se ha dejado o no descansar (Purata y León, 2005). Los resultados obtenidos muestran una producción promedio por cara de 313.4, 260.7 y 284 g en *B. bipinnata*, *B. jorullensis* y *B. glabrifolia*, respectivamente. La producción promedio de *B.*

bipinnata es mayor a la obtenida por Cruz-León *et al.* (2006), que en árboles de la Sierra de Huautla, Morelos, determinaron una producción de 174.64 g para la misma especie. Estas cifras comparadas con la producción de resina en especies del género *Pinus*, son bajas, ya que de acuerdo con Martínez-Chamorro (2016), en árboles de *P. pinaster* en bosques de Galicia la producción por árbol supera los 2 kg, mientras que Gutiérrez *et al.* (1979), mencionan que la producción media por cara en bosques de pino en Michoacán es de 3.56 kg.

Cabe mencionar que, aunque la producción de resina de pino es mayor, su precio es menor, a comparación de la resina de copal, en el año 2012 el precio de la resina de pino, pagado al campesino en el estado de Oaxaca fue de \$7.50 kg⁻¹ (CONAFOR, 2013), mientras que el precio de la resina de copal en el año 2005 era alrededor de \$250.00 kg⁻¹, incluso se ofrecía en algunos sitios de internet, a precio hasta de \$500.00 kg⁻¹ (Purata y León, 2005).

La producción de resina de copal es afectada por diversos factores, como son la exposición del sitio, la sanidad del árbol, la pendiente, la exposición y orientación de la cara, también es afectada por la variabilidad genética del individuo, la calidad de estación, el grado de competencia interespecífica y el clima, factores descritos por CESEFOR (2009), para la producción de resina en especies de pino.

El factor principal que influye en el proceso de resinación es la lluvia, que como mencionan Cruz-León *et al.* (2006) éstas incrementan la producción de resina, pero a veces el exceso de pluviosidad es contra productivo. En la temporada de lluvias del año 2016 en que se realizó el presente trabajo las lluvias no fueron constantes y escasearon, fue en estos días en los que la lluvia no permitió realizar las picas correspondientes y se tuvieron que recorrer. Linares y Bye (2008) y Purata (2008), coinciden que la extracción se realiza sólo en la temporada de lluvias, pues es cuando hay agua y nutrientes disponibles, por lo que los árboles podrán reponerse de la cosecha, si se extrae resina en temporada de secas la planta reducirá su producción (Purata, 2008).

Al inicio del proceso, la resina producida por los árboles no incrementó considerablemente, sin embargo, se observó que conforme los días iban transcurriendo y la cantidad de picas se aumentaba, la producción también iba incrementando; esto sustentado por Purata (2008), quien menciona que al principio el árbol produce poca resina, pero según se van incrementando los cortes, va aumentando el flujo de resina y cuando el árbol tiene unos 15 cortes se encuentra en su fase más productiva, sin embargo en el estudio realizado se registró la máxima producción de resina en los últimos cortes evaluados. Cruz-León *et al.* (2006) también mencionan que los árboles requieren de días de “calentamiento”, este término es utilizado por los copaleros para referirse al tiempo que pasa desde el primer corte hasta que empieza a fluir la resina.

Por otra parte, los aceites esenciales (AE) pueden ser obtenidos de distintas partes de la planta, de acuerdo con Estrada (2014), los AE pueden ser sintetizados por todos los órganos de la planta, es decir, capullos, flores, hojas, tallos, semillas, frutos, raíces y cortezas. El rendimiento de AE varía de acuerdo a la parte de la planta y al método de extracción. Respecto al rendimiento de AE obtenidos mediante el proceso de hidrodestilación con microondas, el mayor rendimiento fue de 1.62% obtenido de los frutos de *B. jorullensis* y para el caso de frutos de *B. bipinnata* el rendimiento fue de 0.62%, éste último rendimiento es menor al rendimiento obtenido de cascaras

de frutos de lináloe, ya que este oscila entre 1.5 y 3%, dependiendo de las características del destilador y del fruto en cuestión (Purata, 2008).

El rendimiento en hojas de *B. bipinnata* fue de 0.16% mayor a 0.10% obtenido de hojas *B. graveolens* mediante el método de destilación con arrastre de vapor (Luján-Hidalgo *et al.* 2012), pero menor 0.35%, rendimiento obtenido por Cuellar *et al.* (2015), en *Bursera graveolens* mediante el método de hidrodestilación. Como ya se mencionó anteriormente el rendimiento presenta variaciones según la parte utilizada de la planta, Aguilar *et al.* (2012) obtuvo un alto rendimiento de 14.7% en corteza de *B. grandiflora* mediante un sistema de destilación a presión reducida.

CONCLUSIONES

La especie de mayor producción de resina evaluada fue *Bursera bipinnata* de la que se estimó se podrían obtener 109.06 kg ha⁻¹, considerablemente mayor a la producción de *B. jorullensis* y *B. glabrifolia* con una producción estimada de 13.04 y 0.852 kg ha⁻¹, respectivamente. Esto considerando que la población evaluada de *B. bipinnata* es superior al número de individuos por hectárea de las otras dos especies. En las tres especies, la mayor producción se presenta en las categorías diamétricas intermedias, en el rango de 25 y 30 cm, esto al realizar en promedio 41 picas a los árboles en 82 días. El comportamiento de la producción de resina no se mantiene estable, ya que al inicio del proceso de resinación la producción es muy baja pero conforme transcurren los días y el número de picas aumenta la producción de resina también incrementa, llegando los individuos a su máxima producción, después de esta fase la producción va disminuyendo hasta culminar el proceso de resinación (periodo comprendido del 16 de julio al 9 de octubre). El mayor rendimiento de aceites esenciales se obtuvo de los frutos de *B. jorullensis* presentando un rendimiento de 1.62%, sin embargo la muestra de 500 g de hojas de esta misma especie no presentó rendimiento.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Inés G. Vásquez Barranco, Ing. Carlos M. Pérez González de la ICICO A.C. y autoridades comunales de San Pedro Juchatengo, Oaxaca.

LITERATURA CITADA

- Alexiades, M. N. y P. Shanley. 2004. Productos forestales, medios de subsistencia y conservación: Estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables. Centro de Información Forestal (CIFOR), Bogor, Indonesia. 12 p.
- Aguilar-Santamaría, L., O. Romero-Cerecero, M. González-Cortazar y J. Tortoriello. 2012. Efecto de *Bursera grandiflora* sobre el peso corporal y lipemia en ratones obesos. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 11(2):138-146.
- Bah, M., D. M. Gutiérrez-Avella., S. Mendoza, V. Rodríguez-López and R. Castañeda-Moreno. 2014. Chemical constituents and antioxidant activity of extracts obtained from branch bark of *Bursera simaruba*. Bol Latinoam. Caribe Plant Med. Aromat. 13(6): 527-536.
- Bakkali, F., S. Averbeck., D. Averbeck and M. Idaomar. 2008. Biological effects of essential oils – A review. Food and Chemical Toxicology 46:446–475.

- Cruz-León, A., L. Salazar-Martínez y M. Campos-Osorno. 2006. Antecedentes y actualidad del aprovechamiento de copal en la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista de Geografía Agrícola* 37: 97-115.
- Carretero, M. E., J. L. López-Pérez, M. J. Abad, P. Bermejo, S. Tillet and A. Israel, B. Noguera-P. 2008. Preliminary study of the anti-inflammatory activity of hexane extract and fractions from *Bursera simaruba* (Linneo) Sarg. (Burseraceae) leaves. *Journal of Ethnopharmacology* 116:11-15.
- Centro de servicios y promoción forestal y de su industria de Castilla y León (CESEFOR). 2009. La resina: Herramienta de conservación de nuestros pinares. España. Gráficas Ochoa Soria, S.L. 78 p.
- Cerpa-Chávez, M.G. 2007. Hidrodestilación de aceites esenciales: modelado y caracterización. Tesis doctoral, Universidad de Valladolid. Valladolid. 304 p.
- CONABIO. 2009. Copales. <http://www.biodiversidad.gob.mx/-usos/copales/copales.html> (Consultado: 27/10/2016).
- Cuéllar, C. A., S. Ruiz-Reyes, E. Venegas-Casanova y K. Cosavalente-Burgos. Evaluación de la composición química del aceite esencial de las hojas y corteza de *Bursera graveolens* H. B. K TR. & PL. y su efecto en *Leishmania amazonensis* y líneas celulares mcf-7.2015. *Perspectiva* 16(18): 23-30.
- De la Cruz-Cañizares, J., Doménech-Carbo, M. T., Gimeno-Adelantado, J. V., Mateo-Castro, R. and Bosch-Reig, F. 2005. Study of Burseraceae resins used in binding media and varnishes from artworks by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of chromatography A* 1093(1-2):177-194.
- Estrada-Pérez, G. 2014. Repelencia y composición química de aceites esenciales de plantas etnorepelentes a mosquitos en comunidades de Oaxaca, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, México. 83 p.
- Gómez, R. F. 1976. Sistema y Métodos de Resinación en el Pino (Género *Pinus*). *CEIBA* 20(1): 53-54.
- Gutiérrez, J. T., M. A. Rodríguez-Peña e I. Villegas-Cázares. 1979. La producción de resina en pinares de ciertas áreas del estado de Michoacán bajo condiciones experimentales. *Ciencia Forestal* 4(21):17-56.
- Hernández, T., A. M. García-Bores, R. Serrano, G. Ávila, P. Dávila, H. Cervantes, I. Peñalosa, C. M. Flores-Ortiz y R. Lira. 2015. Fitoquímica y actividades biológicas de plantas de importancia en la medicina tradicional del valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 18(2):116-121.
- Hernández-Pérez, E., M. González-Espinosa, I. Trejo y C. Bonfil. 2011. Distribución del género *Bursera* en el estado de Morelos, México y su relación con el clima. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:964-976.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, San Pedro Juchatengo, Oaxaca. 9 p.
- Leyva, M. A., J. R. Martínez y E. E. Stashenko. 2007. Composición química de aceite esencial de hojas y tallos de *Bursera graveolens* (Burseraceae) de Colombia. *Scientia Et Technica* 13(33):201-202.
- Linares, E. y R. Bye. 2008. El copal en México. *CONABIO. Biodiversitas* 78:8-11.
- Luján-Hidalgo, M. C., F. A. Gutiérrez-Miceli, L. M. C. Ventura-Canseco, L. Dendooven, M. R. Mendoza-López, S. Cruz-Sánchez, O. García-Barradas, M. Abud-Archila. 2012. Composición química y actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de hojas de *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* de Chiapas, México. *Gayana Bot* 69: 7-14.

- Maldini, M., P. Montoro, S. Piacente and C. Pizza. 2009. Phenolic compounds from *Bursera simaruba* Sarg. bark: Phytochemical investigation and quantitative analysis by tandem mass spectrometry. *Phytochemistry* 70:641–649.
- Medina-Lemos, R. 2008. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología. UNAM. 66:1-76.
- Montúfar L., A. 2016. Copal de *Bursera Bipinnata*. Una resina mesoamericana de uso ritual. Trace. *Travaux et Recherches dans les Amériques du Centre* 70:45-77.
- Nerio, L. S., J. Olivero-Verbel and E. Stashenko. 2010. Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology* 101:372–378.
- Noguera, B., E. Díaz, M. V. García, A. San Feliciano, J. L. López-Perez and A. Israel. 2004. Anti-inflammatory activity of leaf extract and fractions of *Bursera simaruba* (L.) Sarg (Burseraceae). *Journal of Ethnopharmacology* 92:129–133.
- Pedro-Luna, H. A., E. Palou-García, A. López-Malo. 2009. Aceites esenciales: métodos de extracción. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 3-1:24-32.
- Purata, S. E. 2008. Uso y manejo de los copales aromáticos: resinas y aceites. CONABIO. 60 p.
- Purata, E. S. y C. León M. 2005. La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales. SEMARNAT. 201 p.
- Robles, J., R. Torrenegra, A. I. Gray, C. Piñeros, L. Ortiz y M. Sierra. 2005. Triterpenos aislados de corteza de *Bursera graveolens* (Burseraceae) y su actividad biológica. *Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy* 15(4):283-286.
- Rodríguez, A. M., L. Alcaraz-Meléndez y S. M. Real-Cosío. 2012. Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. SAGARPA-CONACYT. México. 47 p.
- Rzedowski, J. y F. Guevara-Féfer. 1992. Burseraceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes 3:1-46.
- Rzedowski, J., R. Medina-Lemus y G. Calderón-de Rzedowski. 2004. Las especies de *Bursera* (burseraceae) en la cuenca superior del Río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana* 66:23-151.
- Rzedowski, J., R. Medina-Lemus y G. Calderón de Rzedowski. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana* 70:85-111.
- SAS Institute. 2005. The SAS for Windows. V. 9.01. SAS Institute. Cary, NC. USA. 480 p.
- Sharma, A., R. C. Flores-Vallejo, A. Cardoso-Taketa and M. L. Villarreal. 2016. Antibacterial Activities of Medicinal Plants Used in Mexican Traditional Medicine. *Journal of Ethnopharmacology* S0378-8741(16)30246-X.10.1016.2016.04.045.
- Tangarife-Castaño, V., J. Correa-Royero, B. Zapata-Londoño, C. Durán, E. Stanshenko and A. C. Mesa-Arango. 2011. Anti-Candida albicans activity, cytotoxicity and interaction with antifungal drugs of essential oils and extracts from aromatic and medicinal plants. *Infectio* 15(3):160-167.
- Tapia-Tapia, E. y C. Reyes-Chilpa. 2008. Productos forestales no maderable en México; aspectos económicos para el desarrollo sustentable. *Madera y Bosques* 14(3):95-112.