

## Review [Revisión]



## Pine resin: A non-timber forest product with history in Mexico †

### [Resina de pino: Un producto forestal no maderable con historia en México]

María Mercedes Cervantes-Machuca, Salvador Lozano-Trejo\*,  
Gerardo Rodríguez-Ortiz, José Raymundo Enríquez-del Valle and  
Ernesto Castañeda-Hidalgo

*Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México. División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71213. Email:*

[salvador.lt@voaxaca.tecnm.mx](mailto:salvador.lt@voaxaca.tecnm.mx)

\*Corresponding author

### SUMMARY

**Background.** Pine resin is a non-timber forest product of great importance due to its versatility, which allows obtaining derivatives with extensive applicability and high added value as it is a natural and renewable raw material with diverse uses, which holds promise for the future as a substitute. of oil. **Objective.** To provide technical and scientific evidence on resin production, species used, potential states for exploitation, and ecological and dendrometric characteristics associated with resin production in Mexico. **Methodology.** Documentary research was used from an exhaustive review of literature on the subject of pine resin using as keywords, resin, resin canals, resin extraction methods and resin production; the information search was carried out on platforms such as Science Direct, Scielo, Scopus, Redalyc and Google Scholar. **Main findings.** Worldwide, Mexico ranks sixth in pine resin production with 20,000 t/year; in the country, only Michoacán contributes with 90 % of resin production followed by Jalisco, Oaxaca and the Estado de Mexico with the remaining 10 %. The most important resin species in Mexico are: *Pinus oocarpa*, *P. devoniana*, *P. pringlei*, *P. montezumae*, *P. leiophylla*, *P. teocote*, *P. douglasiana*, *P. lawsonii*, *P. pseudostrobus* and *P. herrerae*. **Implications.** The resin activity, despite being of social importance by providing additional income, has suffered lag in the production process (harvest, transformation and marketing), scarce research and dissemination, and continued abandonment by producers. **Conclusions.** The resin use is a non-invasive activity in trees, this means that other environmental services remain intact; furthermore, Mexico is a country with a great diversity of resin species and has large forest areas that are ideal for this productive activity.

**Key words:** Rosin; *Pinus*; resin; resining method; turpentine.

### RESUMEN

**Antecedentes.** La resina de pino es un producto forestal no maderable de gran importancia por su versatilidad, lo que permite obtener derivados con una extensa aplicabilidad y alto valor agregado al ser materia prima natural y renovable con diversos usos, que alberga esperanzas de futuro como un sustituto del petróleo. **Objetivo.** Proveen evidencia técnico-científica de la actividad resinífera, especies utilizadas, estados potenciales para el aprovechamiento, características ecológicas y dendrométricas que se asocian con la producción de resina en México. **Metodología.** Se utilizó la investigación documental a partir de una revisión exhaustiva de literatura y bases de datos sobre el tema de resina de pino, utilizando palabras clave: resina, canales resiníferos, métodos de resinación y producción de resina; la búsqueda de información se realizó en plataformas como Science

† Submitted March 16, 2025 – Accepted October 30, 2025. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6245>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>  
ISSN: 1870-0462.

ORCID = M.M. Cervantes-Machuca: <http://orcid.org/0000-0002-2914-8135>; S. Lozano-Trejo: <http://orcid.org/0000-0001-6809-948X>;  
G. Rodríguez-Ortiz: <http://orcid.org/0000-0003-0963-8046>; J.R. Enríquez-del Valle: <http://orcid.org/0000-0002-7700-3790>; E.  
Castañeda-Hidalgo: <http://orcid.org/0000-0001-9296-1439>

Direct, Scielo, Scopus, Redalyc y Google Scholar. **Principales hallazgos.** A nivel mundial, México ocupa el sexto lugar en producción de resina de pino con 20 000 t/año; en el país, solo Michoacán contribuye con el 90 % de la producción de resina, seguido de Jalisco, Oaxaca y Estado de México con el 10 % restante. Las especies resineras de mayor importancia en México son: *Pinus oocarpa*, *P. devoniana*, *P. pringlei*; *P. montezumae*, *P. leiophylla*, *P. teocote*, *P. douglasiana*, *P. lawsonii*, *P. pseudostrobus* y *P. herrerae*. **Implicaciones.** La actividad resinera, a pesar de ser de importancia social al proveer ingresos adicionales, ha sufrido rezago en el proceso de producción (cosecha, transformación y comercialización), escasa investigación y difusión y un continuo abandono por parte de los productores. **Conclusiones.** El aprovechamiento de resina es una actividad no invasiva en los árboles, esto se refiere a que los demás servicios ambientales siguen garantizados; además, México es un país con una gran diversidad de especies resineras y posee grandes superficies forestales ideales para esta actividad productiva.

**Palabras clave:** Colofonia; *Pinus*; resina; método de resinación; trementina.

## INTRODUCCIÓN

La resina de pino es un producto forestal no maderable de importancia por su versatilidad y variación en su composición, lo que permite obtener derivados con una extensa aplicabilidad y alto valor agregado (Crespo *et al.*, 2007; Corredor y Villa, 2013; Da Silva Rodrigues-Corrêa *et al.*, 2013; Neis *et al.*, 2019b); es decir, al ser materia prima natural renovable con diversos usos, su demanda asegurada por la industria química (principalmente por el mercado chino) alberga esperanzas de futuro como un sustituto del petróleo (Aldas *et al.*, 2020; Karademir *et al.*, 2020; Rojas *et al.*, 2023).

La resina se compone principalmente por un 90 % de ácidos resínicos y solo un 10 % de sustancias no resinosas y es una mezcla heterogénea de diferentes terpenos (Arrabal *et al.*, 2014); es densa, pegajosa y de coloración blanquecina (Corredor y Villa, 2013); al recolectarla del árbol, también presenta gran cantidad de impurezas (insectos, corteza, acículas, etc.) (Martínez-Chamorro, 2017).

Esta actividad forestal se realiza con incisiones (“calado”) a los tallos de árboles vivos para recoger la resina que fluye de los canales resiníferos expuestos (Corredor y Villa, 2013; Giri *et al.*, 2018); estos canales se forman de células parenquimatosas, de delgadas paredes en el duramen y la albura adyacentes a la corteza, y su apertura facilita el flujo de resina hacia la superficie (Corredor y Villa, 2014; Vázquez-González *et al.*, 2020).

En pinos, al encontrarse bajo un estrés biótico (fitófagos y patógenos) o abiótico (incisiones o temperaturas elevadas) (Puente-Villegas *et al.*, 2017), la resina se excreta por estas células resiníferas (Ortuño-Perez *et al.*, 2013); éstas células la expulsan quedando almacenada a gran presión dentro de estos canales resiníferos (Fett-

Neto, 2012), conocido como un mecanismo de protección del pino por efectos defensivos de los terpenos que contiene la resina, para repeler e impedir el avance de invasores (Phillips y Croteau, 1999; Trapp y Croteau, 2001; Langenheim, 2003; Agrios, 2005).

Su aprovechamiento se originó en el siglo XVI debido a la demanda marítima española, inglesa y holandesa para la utilización del calafateado en los barcos (Loewen, 2005; Puente-Villegas *et al.*, 2017); la resina como producto forestal no maderable es considerada de importancia económica, debido a sus diferentes usos en ceras, pinturas, jabones, adhesivos, productos farmacéuticos derivados de la colofonia y trementina; es decir, una solución de resina creada de colofonia disuelta en trementina (Bruneton *et al.*, 1991; Telleria-Mata *et al.*, 2019).

La colofonia es el principal producto no volátil obtenido de la resina por destilación de la trementina, es una sustancia sólida vidriosa, cristalina y frágil, clasificada por su color; considerada de mejor calidad la de amarillo-marrón de matiz pálido (Corredor y Villa, 2013). Los usos de mayor importancia son la manufactura de adhesivos, barnices, tinta para imprenta, materiales aislantes, goma sintética, goma de mascar, jabones y detergentes (Pavon *et al.*, 2022).

Por otro lado, la trementina con su punto de ebullición por arriba de 150 °C, no se disuelve en agua, es de coloración clara, inflamable, olor picante y sabor agrio, rica en alfa y beta pinenos. Estos derivados son utilizados en fragancias, vitaminas y su principal derivado es el aceite de pino sintético utilizado en desinfectantes, agentes de limpieza, entre otros productos con olor a pino (Bhatia, 2016).

En cuanto a las publicaciones relacionadas con la producción de resina, España es el país con mayor

contribución en la literatura científica orientada a la implementación de nuevos métodos de extracción, desarrollo de nuevos estimulantes, identificación de factores ambientales y dendrométricos que afectan el rendimiento de resina (Vázquez-González *et al.*, 2021); seguido de EE. UU. quienes en el siglo XX y principios del XXI, en respuesta a daños ocasionados por escarabajos de corteza, realizaron diversas publicaciones sobre el rendimiento y producción de resinas (López-Álvarez *et al.*, 2023). El tercer país con mayor número de publicaciones es China, estas se centran en la variación genética y los factores que modulan la producción de resina en coníferas (Luan *et al.*, 2022); por último se encuentra Brasil e Indonesia, el primero enfoca sus investigaciones en el estudio de nuevos compuestos para estimular el rendimiento de resina (Candaten *et al.*, 2021) y el segundo, enfoca sus publicaciones en la relación que hay entre las características dendrométricas y la producción de resina (Lukmandaru *et al.*, 2021). Por lo anterior, a pesar de que en México la actividad resinera es realizada en diversos estados y que, en los últimos años el interés y conocimiento de la extracción de resina ha aumentado, las publicaciones científicas son muy escasas. Por tal motivo, es necesario profundizar y aumentar el estudio de las relaciones entre la producción de resina, en las especies que crecen en los estados potenciales a nivel nacional para esta actividad; además de apoyar en la divulgación de este conocimiento y no solo se llegue a la elaboración de informes técnicos, reportes estadísticos y/o documentos académicos. El objetivo de la presente revisión ha sido dejar evidencia técnico-científica de la actividad resinífera, especies utilizadas, estados potenciales, y las características ecológicas y dendrométricas que se asocian a la producción de resina en México.

## METODOLOGÍA

De octubre del 2024 a marzo del 2025 se realizó una revisión exhaustiva de la literatura científica publicada en idioma español como en inglés, mediante una búsqueda en diferentes bases de datos: ScienceDirect, Google Scholar, Web of Science, Springer y Research Gate; información de reportes oficiales de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), reportes estadísticos del Sistema Nacional de Información Forestal/SNIF referente a la actividad resinera. La búsqueda se realizó para un periodo de 30 años (1994 a 2024) y se utilizaron palabras clave con respecto a la producción de resina y factores ambientales en los idiomas inglés y español. En cuanto a la producción de resina, la búsqueda se realizó con las palabras: *Pinus*, resina

de pino, producción de resina, rendimiento de resina en México, canales resiníferos y oleoresina; para los factores ambientales se usaron las palabras: clima, variación altitudinal, temperatura, características dendrométricas, temporada de resinación, exposición, índice de sitio y pendiente. Posteriormente se filtraron los resultados mediante la lectura del resumen y conclusiones, y después la lectura completa del artículo para identificar los manuscritos con mayor relación a la actividad resinera; es decir, de un total de 4000 publicaciones se excluyeron 3916 quedando 84 publicaciones para México basadas en la producción, métodos de resinación, selección de árboles y factores ambientales que intervienen en la producción de resina.

Al filtrar los 84 manuscritos para México se encontraron 15 con relación a los estados potenciales del país para la actividad resinera. Todos los artículos se clasificaron en función del año de publicación, la ubicación según el estado de la república donde se realizó el estudio y las especies forestales utilizadas. Esta clasificación permitió identificar la tendencia de publicaciones con respecto al tiempo y la localización de los experimentos. Además de identificar las principales especies de pino utilizadas en México para las actividades de resinación y de investigación, se identificaron también los métodos utilizados a través del tiempo.

## ASPECTOS GENERALES EN LA PRODUCCIÓN DE RESINA DE PINO

### Producción mundial de resina de pino

Para la primera década del siglo XXI se estimaba que a nivel internacional se produjeron en promedio 1,300,000 t de resina de pino, la cual fue utilizada en la producción de colofonia (1,050,000 t) y trementina (170 000 t); esta producción principalmente se concentró en China, Brasil e Indonesia (1,200,000 t/año) con el 92 % de la producción total (Ningsih *et al.*, 2023); solo el 8 % se produjo en Argentina, India, Rusia, México, Portugal, España y Vietnam. México solo aportó 20 000 t/año según SEMARNAT (2018).

Según Cunningham (2012) y Pari *et al.* (2023) más del 90 % de la producción mundial de resina se ha concentrado en seis países (t/año): China (350 000), Brasil (210 000), Vietnam (100 000), Indonesia (90 000), Argentina (35 000) y México (20 000). Por otro lado, las especies mayormente aprovechadas (80 % de la producción) a nivel mundial son: *Pinus massoniana* Lamb., *P. elliottii*

Engelm. y *P. merkusii* Jungh. & de Vriese; y el 20% restante, según Cunningham (2009), con las especies: *P. caribaea* Morelet, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. caribaea* var. *hondurensis* Loock., *P. yunnanensis* var. *yunnanensis*, *P. kesiya* Royle ex Gordon, *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl., *P. pinaster* Ait., *P. roxburghii* Sarg. y *P. tabuliformis* CARR.; de las cuales, solo *P. caribaea* var. *hondurensis* y *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl. se encuentran en México.

Bajo el contexto anterior, y para comprender mejor las estadísticas reportadas a nivel mundial el término “rosin” (colofonia o resina) proviene de tres fuentes: (1) la que se obtiene de árboles vivos especialmente de coníferas, (2) a través de la aplicación de solventes y (3) la que se obtiene en el proceso de elaboración del papel (tall-oil) (Pinillos *et al.*, 2009); en este contexto, el 69 % proviene de resinación de árboles vivos, el 30 % de tall-oil y el 1 % de resina obtenida por medio de solventes. Sin embargo, este 30 % contiene mayor fracción de ácidos grasos, por lo tanto, no se consideró en esta investigación.

A nivel mundial, hasta el 2018 las estadísticas en la producción de resina indicaban una tendencia en aumento, aunque a precios de mercado y costos de mano de obra bajos. Por lo anterior, se considera que la producción de resina no está recibiendo incentivos y los precios bajos del mercado, desestiman el aprovechamiento de este recurso (Mata *et al.*, 2018). Adicionalmente, el precio que se paga a los productores por kilogramo, depende de la calidad (grado de impurezas, color, índice de acidez e índice de saponificación) y la distancia al centro de procesamiento o acopio.

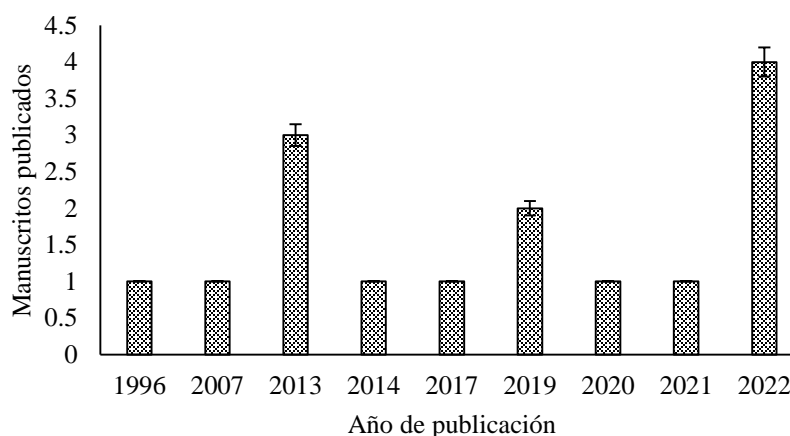
### Evolución de la producción de resina en México

En México, la resinación (cosecha de la resina de pino) se realiza desde la época prehispánica utilizada como adhesivo en objetos ceremoniales, combustible en antorchas para iluminación y en la medicina tradicional (Puente-Villegas *et al.*, 2017). La resinación se ha considerado una actividad productiva que genera empleos complementarios en las zonas forestales, además en México se han aprovechado diversas especies para este propósito bajo diferentes condiciones ambientales (tipos de

suelo, precipitación, temperatura, fotoperiodo, etc.); *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl. y *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. son las principales especies aprovechadas (López-Álvarez *et al.*, 2023).

La producción de resina en México fue impulsada a principios del siglo XIX por empresarios españoles y estadounidenses, debido a la demanda resinera internacional que buscaba nuevos sitios (Palacios-Vázquez y Maza-Villalobos, 2022). El primer método utilizado para la extracción de resina fue el sistema de cajete; sin embargo, este método presentaba incisiones de 1 a 1.40 m y anchura de 30 cm, lo que provocaba debilitamiento del árbol hasta su muerte (Rodríguez-Roque *et al.*, 2008; Zeng *et al.*, 2021). Por lo anterior, y debido a las características de los bosques del país se adaptó el “sistema francés o de Hugues” el cual garantizaba la supervivencia de los árboles, es una técnica de conservación y control en su manejo, ya que aplica el número de caras (incisiones) de acuerdo al diámetro del árbol; este método sigue vigente desde el establecimiento de la Norma 026-SEMARNAT-2005 (SEMARNAT, 2011). Actualmente, se están realizando investigaciones sobre la utilización de pastas estimulantes para aumentar el rendimiento de resina, como mencionan Rojas-Rodríguez *et al.* (2025) quienes en una plantación de *P. pringlei* y *P. devoniana* var. *cornuta* bajo el método francés, aplicaron la estimulación basada en ácido benzoico ( $C_7H_6O_2$ ) y ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) acuoso, aplicado directamente en las incisiones, aumentando en *P. devoniana* un 11 % y *P. pringlei* un 40 % el rendimiento de resina, principalmente en primavera.

En México, las primeras investigaciones se registran desde 1917 y se enfocan a la producción de resina de pino a través de instituciones académicas, de investigación y dependencias gubernamentales; a partir de este interés, fue hasta 1996 cuando se reportó temas relacionados con la transformación de la resina (manejo, evaluación, industrialización y comercio), por otro lado, han sido poco estudiados los métodos de extracción. En los años 2013 y 2022 se publicaron siete manuscritos científicos en México, que representan el 46.6 % (Figura 1).



**Figura 1. Proporción de manuscritos publicados por año en relación al aprovechamiento de resina en México.**

## Factores que afectan el rendimiento de resina en México

### Variables dendrométricas

Las mediciones utilizadas comúnmente para determinar el crecimiento de los árboles representan características del arbolado que explican fuertemente la producción de resina (Hadiyane *et al.*, 2015; Rodrigues-Honda *et al.*, 2023); el diámetro a la altura de pecho o diámetro normal (1.30 m) y la altura total son las principales características dendrométricas que se relacionan con el rendimiento de resina (Rodríguez-García *et al.*, 2014; Sood *et al.*, 2019); sin embargo, se han reportado altas correlaciones con la relación de copa, el volumen, el grosor de corteza, área de albura, el crecimiento radial, la longitud de las acículas, el índice de competencia, el incremento del área basal y la edad del árbol (López-Álvarez *et al.*, 2023). Así mismo, Reyes-Ramos (2019) indican que los árboles con mayor número de ramas pueden producir mayor cantidad de resina.

El rendimiento de resina es un carácter con un alto control genético y hereditario de los pinos, además de tener una variación genética entre y dentro de poblaciones (López-Goldar *et al.*, 2019; Vázquez-González *et al.*, 2021). La mayoría de las características fenotípicas de los árboles (crecimiento y el tamaño o morfología de todo el árbol) están relacionadas estrechamente con el rendimiento de resina (Li *et al.*, 2022); así mismo, Westbrook *et al.* (2015) mencionan que el número y tamaño de canales resiníferos se relacionan con la cantidad de flujo de resina.

### Variables climáticas

La composición de la resina y su rendimiento son rasgos altamente susceptibles a los cambios ambientales; además, la temperatura y las relaciones del suelo con el almacenamiento de agua, son factores que afectan el flujo y producción de resina (Sampedro *et al.*, 2010; Zas *et al.*, 2020). En este contexto, la producción de resina aumenta en relación a la temperatura promedio (Reyes-Ramos *et al.*, 2019), esto puede deberse a los factores fisiológicos provocados por cambios de temperatura y que influyen en la fluidez de la resina, ya que a temperaturas bajas disminuye su flujo; es decir, se reduce la síntesis de la resina y aumenta su viscosidad (Blanche *et al.*, 1992; Rodrigues y Fett-Neto, 2009). Sin embargo, estudios han sugerido evaluar esta característica como un posible control genético y dirigirlos hacia posibles árboles como buenos productores de resina para la temporada fría (Tadesse *et al.*, 2001; Reyes-Ramos *et al.*, 2019).

El rendimiento de resina puede ser una respuesta adaptativa a factores externos, según Rissanen *et al.* (2021) mencionan que el incremento de la radiación (intensidad de luz), olas de calor y condiciones de humedad inestables son factores que ocasionan un incremento en el sistema de defensa de los pinos y por consiguiente una mayor excreción de resina. Además, las variaciones en la temperatura durante el día y la noche (principalmente noches frías y días cálidos) generan las condiciones óptimas en la presión de los tejidos vasculares; es decir, un aumento en la conductancia hidráulica del tallo y un movimiento más rápido de la resina (Qaderi *et al.*, 2019); estas

observaciones son comparables con lo reportado por Rojas-Rodríguez *et al.* (2025) quienes encontraron aumento en el rendimiento de la resina en *P. pringlei* y *P. devoniana* var. *cornuta* establecidos en Michoacán, México. Por otro lado, el porcentaje de contenido de brea, índice de acidez e índice de saponificación no presentan respuesta adaptativa a características geográficas y climáticas (Capilla-Dinorin *et al.*, 2021); por el contrario, en *P. pseudostrobus* el rendimiento en la producción de resina más alta se encuentra en un rango altitudinal de 2400 a 2600 m, y a medida que se sale de este rango, el rendimiento es menor (Muñoz-Flores *et al.*, 2022).

Estudios realizados en poblaciones de *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl. en Michoacán México, determinaron una relación significativa entre la temperatura media anual y precipitación con el porcentaje de trementina, determinándose que el clima semicálido subhúmedo de mayor temperatura produce mayor resina (Reyes-Ramos *et al.*, 2019). Velasco-García y Hernández-Hernández (2024) indican que el contenido de trementina disminuye a medida que las áreas se encuentran en exposición este. Además, se consideran otros factores como la precipitación, la evapotranspiración, la humedad relativa y la radiación solar diaria como reguladores en el rendimiento de resina (López-Álvarez *et al.*, 2023); por otro lado, se ha demostrado que se obtienen mayores rendimientos de resina en pendientes más pronunciadas (Egloff, 2019; Luan *et al.*, 2022).

### Rasgos anatómicos de los canales resiníferos

Los caracteres fenotípicos, desde el punto de vista anatómico que intervienen en mayor medida en la producción de resina son los conductos o canales resiníferos (Lin *et al.*, 2002; Neis *et al.*, 2019a; Rigling *et al.*, 2003), de forma tubular y distribución en direcciones axial y radial que forman la densidad de canales resiníferos, en los cuales se acumula la resina sintetizada bajo presión (Wu y Hu, 1997; Krekling *et al.*, 2000; López-Villamor *et al.*, 2021); bajo este contexto, entre mayor volumen interno presenten los canales resiníferos mayor es el potencial para producir resina (López-Álvarez *et al.*, 2023).

Por el contrario, los canales resiníferos traumáticos, al formarse en respuesta al daño biótico o mecánico impiden el progreso de la afectación, mejorando su estado defensivo (Eyles *et al.*, 2010; López-Villamor *et al.*, 2021), los cuales mantienen una excreción continuada aumentando el volumen de resina. Por lo que, al

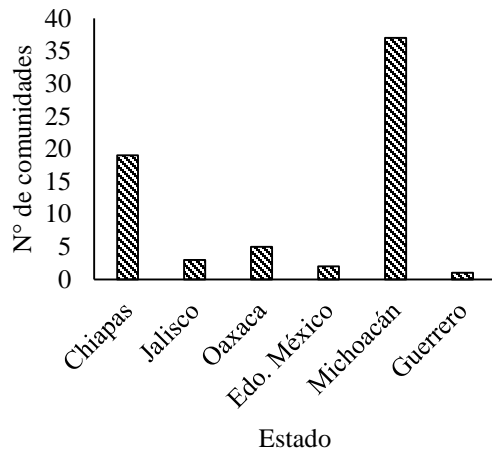
cabo de cada pica o rebanada nueva, se diferencian nuevos canales traumáticos y estos a su vez aumentan la producción de resina debido a una mayor densidad de canales resiníferos (Touza *et al.*, 2021); en general, diversas características que conforman los conductos resiníferos se asocian con la producción de resina (Lai *et al.*, 2017).

Los árboles que se encuentran en climas mayormente áridos se caracterizan por “traqueidas cortas” (esta proximidad con los canales resiníferos permite un suministro rápido de resina ante heridas), debido a su menor crecimiento, mayor frecuencia de radios y células de parénquima radial; además, los periodos fríos (invierno) se asocian fuertemente con una mayor frecuencia de canales resiníferos axiales y radiales de mayor tamaño (Esteban *et al.*, 2012).

La viscosidad (Mergen *et al.*, 1955; Hodges *et al.*, 1981) y la presión de la resina (Rissanen *et al.*, 2016) son otros factores físicos que se relacionan con los conductos resiníferos. Se ha demostrado que de acuerdo a la estación del año la viscosidad de la resina varía junto con sus componentes químicos (McReynolds, 1971; Cabrita, 2021); por otro lado, la presión es una característica que varía constantemente debido a la estacionalidad de la temperatura y a la turgencia del agua en los tejidos de los conductos resiníferos (Rissanen *et al.*, 2016, 2019, 2021).

### Principales estados productores y especies utilizadas

La producción de resina de pino solamente se concentra en cuatro estados de México. Michoacán es el primer estado productor a nivel nacional con volúmenes que fluctúan entre 20 y 30 mil toneladas anuales y con mayor número de comunidades dedicadas a esta actividad, para una producción acumulada entre el 70 % y 90 % del total nacional de resina (SEMARNAT, 2018); Jalisco, Oaxaca y el Estado de México producen el resto de resina (Figura 2). Aunque en Guerrero, Durango, Veracruz y Chiapas hay registros de la actividad de manera intermitente, esta es realizada dos veces al año; de marzo a junio se considera la temporada alta y de julio a febrero la temporada baja. En la temporada alta (estación seca) en promedio se producen 2.2 t/mes (104.8 kg ha<sup>-1</sup>/mes) y en la temporada baja (periodo de lluvias) solo se produce 1.0 t/mes (47.6 kg ha<sup>-1</sup>/mes); esta producción media, se encuentra influenciada por las superficies destinadas a cada productor (un promedio de 21 ha) (CONAFOR, 2020).



**Figura 2. Principales estados de México y número de comunidades que se dedican al aprovechamiento de resina.**

A nivel nacional, las principales especies resineras utilizadas son: *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl., *P. devoniana* Lindley., *P. pringlei* Shaw., *P. montezumae* Lamb., *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. teocote* Schiede ex Schltdl., *P. douglasiana* Martínez, *P. lawsonii* Roetzl. ex Gordon, *P. pseudostrobus* Lindl. y *P. herrerae* Martínez; además de *P. caribaea* Morelet y *P. elliottii* Engelm., dos especies introducidas con un amplio potencial resinero (CONAFOR, 2013).

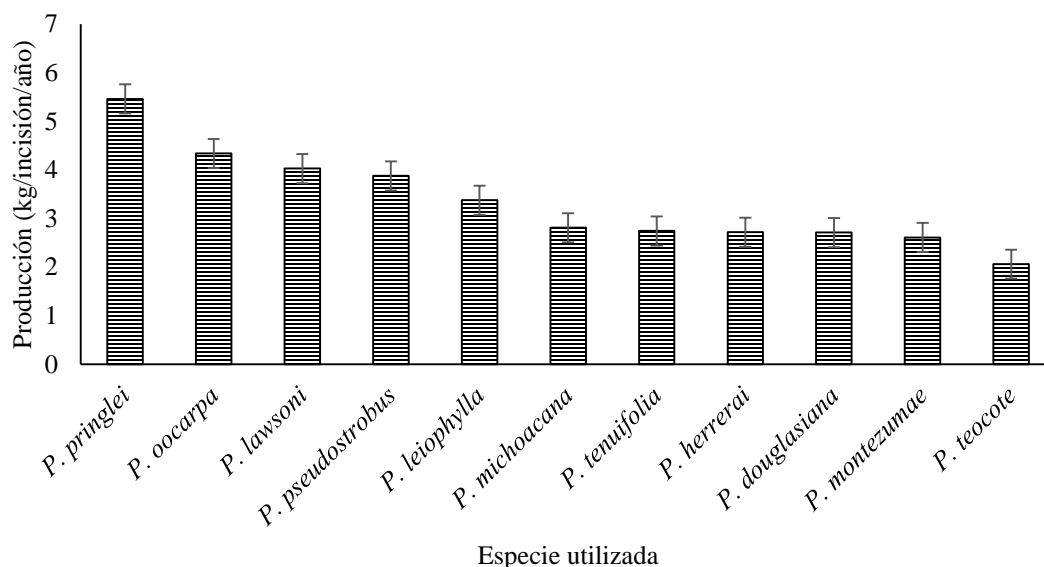
*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. lawsonii* Roetzl. ex Gordon, *P. teocote* Schiede ex Schltdl., *P. herrerae*

Martínez, *P. tenuifolia* Benth., *P. montezumae* Lamb. y *P. pringlei* Shaw. son consideradas las especies con mayor producción de resina en México; siendo *P. pringlei* la especie de mayor producción con 5.5 kg/incisión/año, es decir, 175 % más que *P. teocote* (2.0 kg/incisión/año) (Figura 3). Según la SEMARNAT (2018), para el año 2000 la producción de resina fue de 36 000 t; sin embargo, para el 2009 la producción disminuyó del 54.2 % al 42.1 % del valor de la producción de productos no maderables, llegando a 19 500 t.

De 1995 al 2009 los productos forestales no maderables tuvieron un valor total de 1 500 millones de pesos; siendo la producción de resina de pino, quien representó el 39 % del volumen total de productos no maderables en este periodo (SEMARNAT, 2018).

### Regiones potenciales para el aprovechamiento de especies resineras en México

Las zonas prometedoras para la actividad resinera en México son consideradas todas aquellas que presentan bosques de pino o de pino-encino, por tal motivo, la gran mayoría de los municipios de los estados del país registran orografía y condiciones ambientales óptimas para las coníferas utilizadas para la resinación; bajo este conocimiento, y debido a la escasa información publicada, se utilizaron los manuales sobre la actividad resinera en México publicados por la Comisión Nacional Forestal en 2013; y esta información fue sustentada corroborando el tipo de ecosistema presente en los estados.



**Figura 3. Principales especies del género *Pinus* utilizadas en México y su producción anual por incisión.**

Se consideran 10 regiones potenciales para resinación en el estado de Michoacán, México (CONAFOR, 2013); en la que destacan la región Lerma-Chapala con sus claves municipales (085, 094, 070 y 051), región Pátzcuaro (079, 066, 100 y 073), región Tierra Caliente (082 y 049), región Bajío (107, 016, 063, 109, 069 y 106), región Oriente (050, 034, 028, 112, 031, 081, 017 y 098), región Cuitzeo (110, 088 y 053), región Tepalcatepec (002 y 019), región Purépecha (021, 065, 102, 111, 087, 025, 083, 058, 056, 090 y 024), región Costa (096, 015 y 026) y región Infiernillo (009) (Reyes-Ramos *et al.*, 2019) (Figura 4).

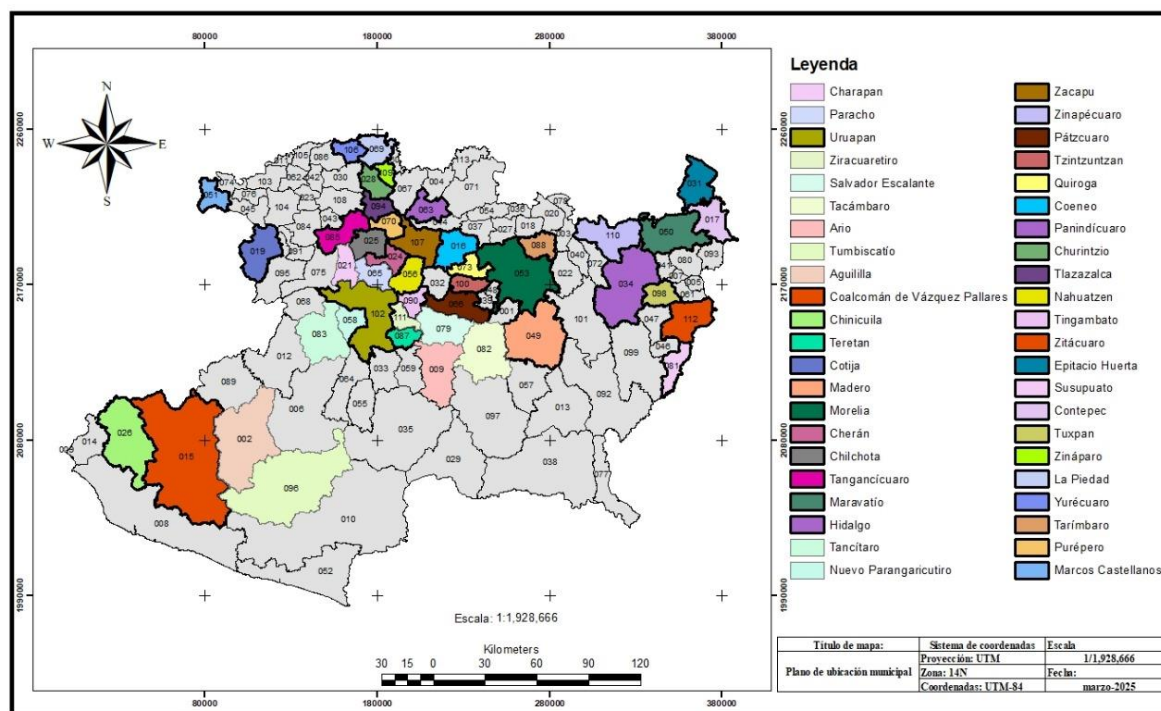
Para el estado de Jalisco, México se encuentran seis regiones: región Sureste (059, 026 y 087), región Sierra Occidental (080, 028, 017, 084 y 058), región Costa Norte (020 y 100), región Sierra de Amula (032 y 038), región Norte (031, 076 y 010) y región Lagunas (086) (CONAFOR, 2020) (Figura 5).

Las áreas potenciales para producción de resina en el Estado de México se hallan más dispersas; sin embargo, se distinguen 11 regiones: Amecameca (050, 015, 094 y 103), Atlacomulco (048, 064, 112 y 026), Chimalhuacán (039), Cuautitlán Izcalli (060), Ecatepec (033), Lerma (043), Naucalpan

(115), Texcoco (099), Tenancingo (088), Valle de Bravo (041, 097 y 077) y Tejupilco (021 y 004) (CONAFOR, 2013, 2020) (Figura 6).

Según CONAFOR (2020), el estado de Oaxaca, México, presenta superficies forestales aptas para aprovechamiento de resina, se identifican seis regiones importantes: Valles Centrales (273, 338, 426, 483 y 292), Sierra de Juárez (544, 419, 296, 336, 365, 363 y 001), Sierra Sur (391, 088, 377, 277, 159, 122, 125 y 159), Mixteca (269, 175, 537 y 242), Costa (314, 467 y 153) e Istmo (407) (Figura 7).

El estado de Guerrero, México, al ser muy diverso y presentar las condiciones ambientales óptimas, se encuentra gran parte de las especies resineras consideradas a nivel nacional, además, de la posibilidad de expandir la actividad resinera a todo el estado. Por lo anterior, las áreas potenciales abarcan cinco regiones: Centro (075, 032, 028, 029 y 040), Costa Grande (021 y 038), Tierra Caliente (022, 054 y 003), Norte (055, 047 y 060) y la Montaña (004 y 010). Los municipios ubicados dentro de las regiones son potenciales para establecer programas de aprovechamiento de resina (CONAFOR, 2013, 2020) (Figura 8).



**Figura 4. Regiones y municipios potenciales para el establecimiento de áreas resineras en el estado de Michoacán, México. Elaboración propia, con datos tomados de <https://snif.cnf.gob.mx/datos-abiertos/>**



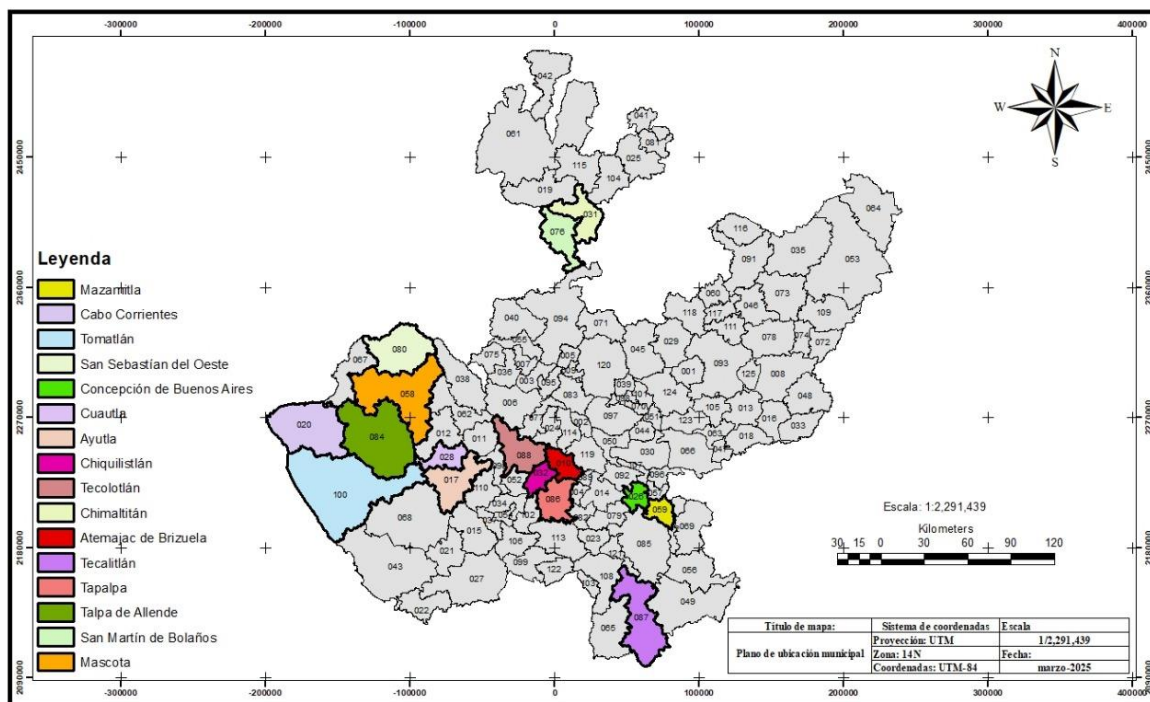


Figura 5. Regiones y municipios potenciales para el establecimiento de áreas resineras en el estado de Jalisco. Elaboración propia, con datos tomados de <https://snif.cnf.gob.mx/datos-abiertos/>

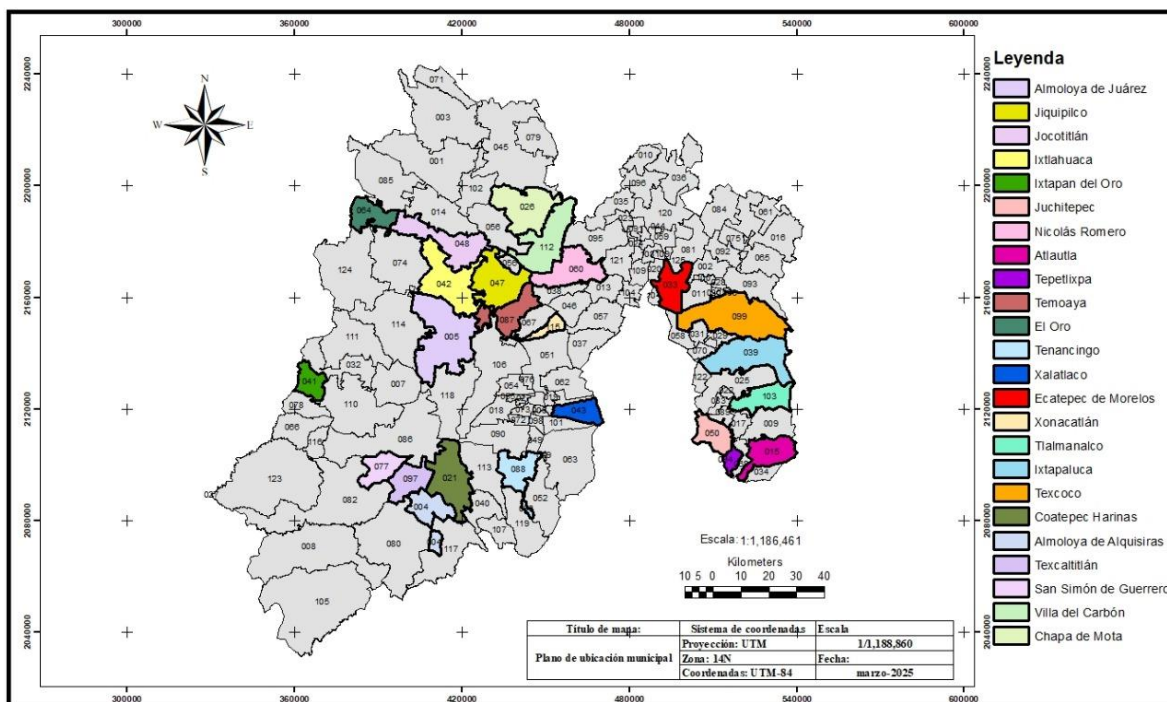


Figura 6. Regiones y municipios potenciales para el establecimiento de áreas resineras en el Estado de México. Elaboración propia, con datos tomados de <https://snif.cnf.gob.mx/datos-abiertos/>.

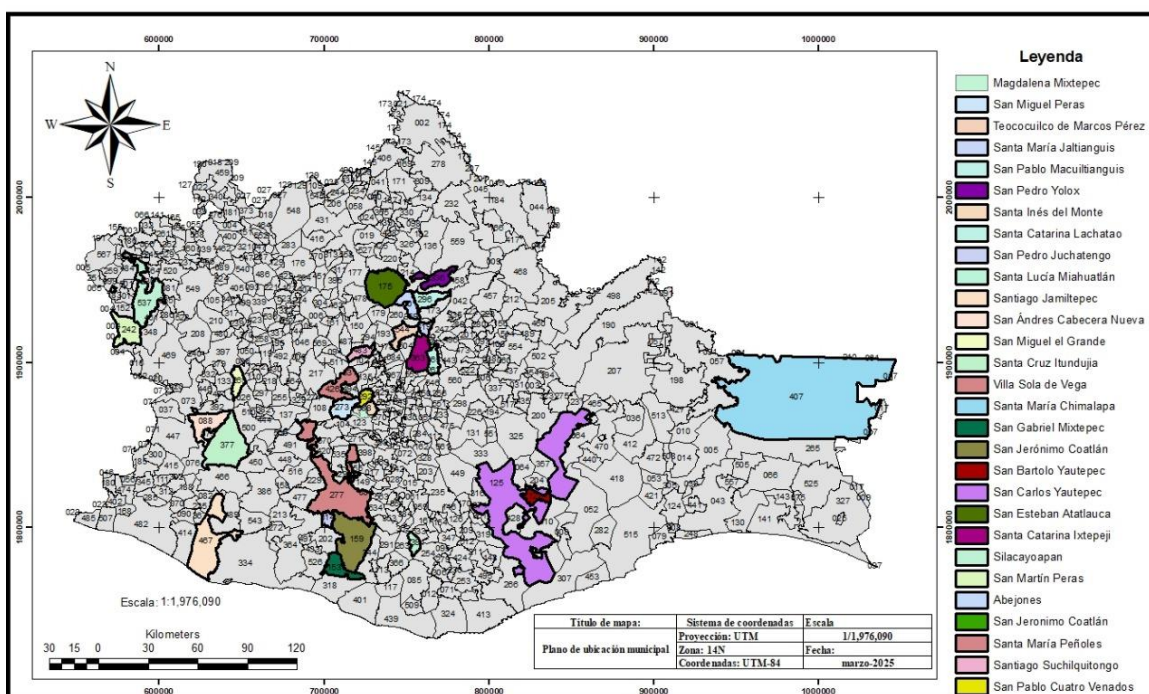


Figura 7. Regiones y municipios potenciales para el establecimiento de áreas resineras en el estado de Oaxaca. Elaboración propia, con datos tomados de <https://snif.cnf.gob.mx/datos-abiertos/>

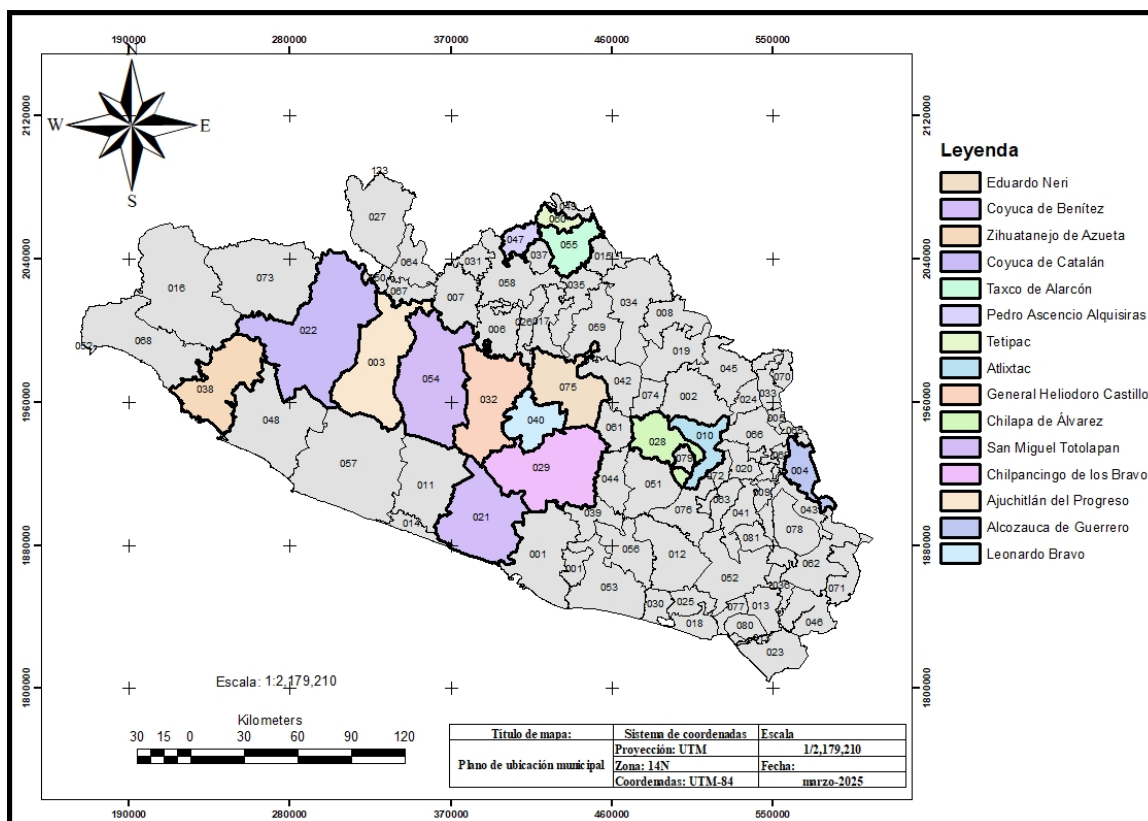


Figura 8. Regiones y municipios potenciales para el establecimiento de áreas resineras en el estado de Guerrero. Elaboración propia, con datos tomados de <https://snif.cnf.gob.mx/datos-abiertos/>

### Situación del aprovechamiento de resina en México a través de los años

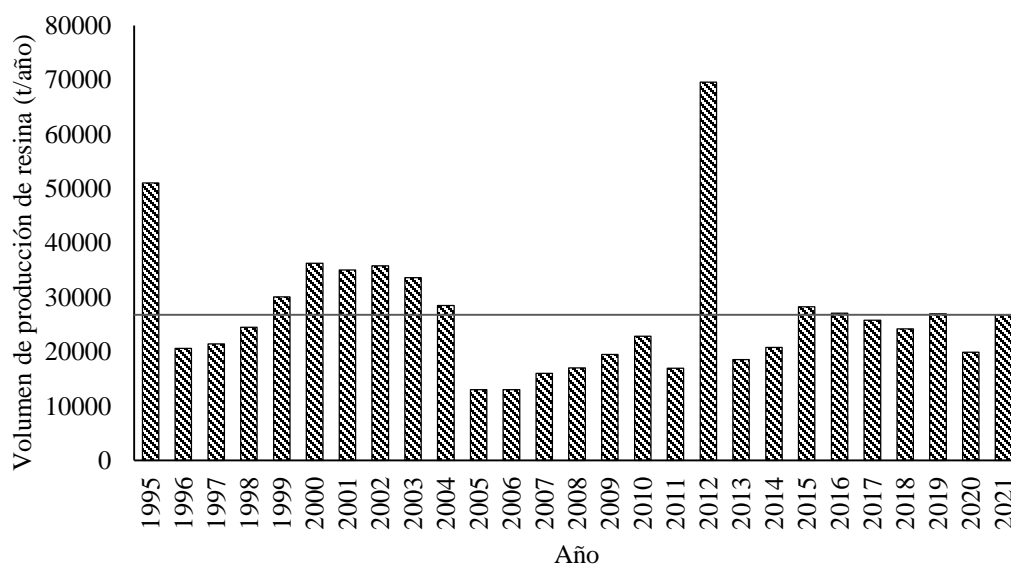
En México la producción forestal se subdivide en las categorías maderable y no maderable; los productos maderables están constituidos por materiales leñosos y los productos no maderables se componen de: fibras, semillas, resinas, gomas, ceras, hojas, rizomas, pencas, tallos, tierra de monte, etc. según la NOM 026-SEMARNAT. La resina de pino se ha aprovechado con fines comerciales desde 1920 y en México es el principal producto forestal no maderable con el 43 % del valor y 47 % del volumen total producido en el país, principalmente en los estados de Michoacán, Jalisco, Estado de México y Oaxaca.

A finales del siglo XX y principios del XXI, el sector resinero ha sufrido abandono en diferentes aspectos. A pesar de ser una actividad con gran importancia social debido a que provee ingresos adicionales a los poseedores del bosque, su situación es de rezago por la baja inversión en el proceso de producción de resina (desde la cosecha hasta su transformación y comercialización); escasa investigación y difusión en la materia y un abandono progresivo por parte de los productores (Lai *et al.*, 2017).

En el año 1995 la producción promedio en México era de 51 049 t de resina al año; sin embargo, esta producción ha disminuido rápidamente, ya que de

los años 1996 a 1999 disminuyó 56.9 % (22 000 t/año) en promedio (Ochoa, 2008). La producción forestal no maderable (PFNM) en 2009 fue de 59 558 t (excluyendo la tierra de monte), de los cuales 19 500 t fueron de producción de resina. Para el 2009 los estados con mayor producción de PFNM fueron: Michoacán (18 420 t), Chihuahua (10 349 t), Tamaulipas (6 637 t), Guerrero (4 659 t) y Baja California (3 507 t), con un total de 73.2 % del total de la producción nacional. Para el año 2012 hubo un aumento en la producción de resina a nivel nacional (69 561 t); no obstante, a partir de ahí, se ha mantenido un promedio de 24 000 t/año (SEMARNAT, 2018); bajo este aspecto, en 2012 se superó el promedio en producción de resina (1995 al 2021) con 69 561 t, seguido de los años 1995 (51 049 t), 2000 (36 281 t), 2002 (35 781 t), 2001 (35 012 t), 2003 (33 596 t), 1999 (30 070 t), 2004 (28 500 t) y 2015 (28 242 t) (Figura 9).

A pesar de los esfuerzos enfocados al estudio de los procesos extractivos y su transformación en productos para la industria, el sector resinero ha presentado pocos avances a nivel nacional, prueba de ello es la poca información sobre esta actividad en anuarios estadísticos (1), manuales (2), libros (2), artículos científicos (7), tesis de investigación (5) y el escaso volumen de importación de productos derivados de la resina. A pesar de esto, en el ámbito nacional más del 50 % del valor de la producción forestal no maderable lo aporta la resina de pino.



**Figura 9.** Comportamiento de la producción total de resina por año en México. La línea horizontal representa el promedio de producción de todo el periodo. Elaboración propia, con datos tomados de <https://es.statista.com/estadisticas/593663/volumen-de-produccion-de-resinas-mexico/>

La explotación comercial de la resina ha sufrido cambios en cuanto al método de resinación utilizado por los españoles, conocido como el método francés, y se han implementado sistemas de aprovechamiento “modernos” como es el método de pica de corteza y uso de estimulantes (Gutiérrez, 1976; Parham, 1976; Hodges, 1995). Bajo este contexto, lo más importante es encontrar métodos que permitan realizar los procesos de aprovechamiento más eficientes y generar el menor daño al arbolado (Tomusiak y Magnuszewski, 2009; Martínez-Chamorro, 2017); de este modo, generar la materia prima necesaria en cantidad y calidad para la estancada industria procesadora. Bajo este contexto, en México las plantas procesadoras de resina son escasas y no se dan abasto para el tipo de orografía existente en el país; según CONAFOR, (2020) en el país se encuentran 24 plantas procesadoras ubicadas en: Jalisco (Industrias Forestales de Tapalpa S de RL de CV, Resinas Industriales del Pacífico y empresa privada); Oaxaca (Destiladora de Resina y Derivados Ixtepeji SPR, Cooperativa Resinera de la Sierra, Forestales y Resinas de la Mixteca, Industrias Resinex, Resipinos del Sur y Resinas y Derivados Comunitarios de Chimalapa); Estado de México (Resinas y Derivados de México); Michoacán (Derivados Químicos Forestales de Cherán, Resinera Lázaro Cárdenas, Grupo Khortus, Resinas Mexicana del Bajío, Pinosa S de RL de CV, Resinas Agroforestales del Oriente Michoacano, Cooperativa Resinera de la Meseta, Cooperativa de Productores Resiníferos y Resinas y Derivados de la Tierra Caliente); Guanajuato (Resinosas del Bajío); Durango (Productos Resinosos de Durango y Pinos y Resinas de la Sierra Madre); Veracruz (Industrias Resinex); y Chihuahua (Productos de Trementina del Norte).

La situación general dentro de la transformación industrial de la resina es que, la gran mayoría de las plantas procesadoras de resina sólo atienden la separación en aguarrás y brea. Por lo anterior, estas materias primas tienen que ser llevadas a otros estados e incluso otros países para su transformación y convertirlas en diferentes productos de mayor valor agregado (Munro-Rojas, 2011). Desde 1998, Indonesia, Brasil y China importan a nuestro país grandes cantidades de brea y aguarrás; de los cuales, China es quien ingresa mayores cantidades de productos a precios similares e incluso menores. Sin embargo, estos precios bajos de brea y aguarrás se deben principalmente a una menor calidad, comparado con los productos mexicanos según Toledo y López (2006).

### **Precio de la resina de pino en las últimas décadas**

Para el año 2016 la resina de pino tuvo un alza en la producción debido al incremento del precio de \$ 12.50 a \$ 18.00 kg<sup>-1</sup> en menos de un año, registrando un incremento de 44 % y para el año 2019 los precios de la resina llegaron representativamente a \$ 21.50 kg<sup>-1</sup>; el aumento significativo motivó el incremento de la producción resinera; sin embargo, a principios del 2020, el precio bajó drásticamente a \$ 14.30 kg<sup>-1</sup>. De acuerdo a lo anterior, las plantas resineras dejaron de comprar resina, generando la caída de la producción en el año 2020 en el país. Por otro lado, basado en datos históricos y bajo los ajustes inflacionarios para el año 2026, el precio promedio por kilogramo de la resina de pino podría situarse entre \$ 13.50 y \$ 19.50 dependiendo de la calidad y la región del país; teniendo en cuenta que es una proyección técnica y no un precio oficial (Mordor Intelligence, 2024).

### **CONCLUSIONES**

La industria resinera en México se encuentra estancada debido a que los procesos de recolección y transformación de la resina no han sido atendidos con organización continua por parte de las autoridades locales que ven en la cosecha de resina una actividad complementaria; además, aun no se ha implementado una estrategia de rescate, basada en la organización comunitaria de los núcleos agrarios. Por otro lado, la falta de inversión y modernización en el sector resinero y principalmente en las diferentes plantas procesadoras ubicadas en los distintos estados del país, ha afectado en la baja producción en el volumen de resina cosechada y su transformación a nivel industrial (productos con mayor valor agregado).

Los bosques resineros son importantes para México ya que contribuyen a la conservación del medio ambiente y la economía local. Por otro lado, la extracción de resina de los pinos se convierte en una actividad de conservación activa, es decir, el aprovechamiento de resina no es invasivo en los árboles por lo que los servicios ambientales del bosque se mantienen; sin embargo, aún quedan vacíos de información que pudieran garantizar que efectivamente los bosques no sean sobre explotados respecto de la frecuencia de resinación e intensidad de resinación límite. Además, México presenta una diversidad de especies resineras y gran parte de las áreas forestales del país presentan sitios óptimos para esta actividad; es por ello, que



cada región tiene la oportunidad de utilizar sus especies, adaptando los métodos de resinación con el uso de pastas estimulantes que garanticen el aprovechamiento de la resina y el buen estado de conservación de los bosques, protegiéndolos de los incendios, plagas y la deforestación.

**Funding.** This research was funded by the National Council of Humanities, Sciences and Technologies (CONAHCYT) through the doctoral scholarship of the main author.

**Conflict of interest.** The authors declare that they do not have conflicts of interest.

**Compliance with ethical standards.** It does not apply.

**Data availability.** Data is available upon reasonable request to the corresponding autor: salvador.lt@voaxaca.tecnm.mx

**Author contribution statement (CRediT).** **M.M. Cervantes-Machuca** – Conceptualization, methodology, investigation, data analysis, writing, review & editing. **S. Lozano-Trejo** – Supervision of manuscript, validation & review y data analysis. **G. Rodríguez-Ortiz** – Data analysis, writing, review & editing. **J.R. Enríquez-del Valle** – Writing, review & editing. **E. Castañeda-Hidalgo** – Manuscript review.

## REFERENCES

- Agrios, G.N., 2005. How plants defend themselves against pathogens, in: Plant Pathology. Elsevier, pp. 207–248. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-047378-9.50012-9>
- Aldas, M., Pavon, C., López-Martínez, J. and Arrieta, M.P., 2020. Pine Resin Derivatives as Sustainable Additives to Improve the Mechanical and Thermal Properties of Injected Moulded Thermoplastic Starch. *Applied Sciences*, 10, p. 2561. <https://doi.org/10.3390/app10072561>
- Arrabal, C., García-Vallejo, M.C., Cadahia, E., Cortijo, M. and Fernández De Simón, B., 2014. Seasonal variations of lipophilic compounds in needles of two chemotypes of *Pinus pinaster* Ait. *Plant Systematics and Evolution*, 300, pp. 359–367. <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0888-5>
- Bhatia, S., 2016. Global impact of the modern pine chemical industry. *Lakshmikumaran & Sridharan*, p. 44.
- Blanche, C.A., Lorio, P.L., Sommers, R.A., Hodges, J.D. and Nebeker, T.E., 1992. Seasonal cambial growth and development of loblolly pine: Xylem formation, inner bark chemistry, resin ducts, and resin flow. *Forest Ecology and Management*, 49, pp. 151–165. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90167-8](https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90167-8)
- Bruneton, J., Villar del Fresno, Á., Carretero Accame, E. and Rebuelta Lizabe, M., 1991. Elementos de fitoquímica y farmacognosia. Acribia, Zaragoza, p. 594.
- Cabrita, P., 2021. A Model for Resin Flow, in: Ramawat, K.G., Ekiert, H.M. and Goyal, S. (Eds.), Plant Cell and Tissue Differentiation and Secondary Metabolites, Reference Series in Phytochemistry. Springer International Publishing, Cham, pp. 117–144. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30185-9\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30185-9_5)
- Candaten, L., Lazarotto, S., Zwetsch, A.P.R., Rieder, E., Silva, M.D., da Machado, G., Balbinot, R. and Trevisan, R., 2021. Resinagem de pinus no Brasil: Aspectos gerais, métodos empregados e mercado. Evangelista, Wescley (org.). Produtos Florestais Nao Madeireiros: tecnologia, mercado, pesquisas e atualidades. *Científica*, 3, pp. 44–58. <https://doi.org/10.37885/210504772>
- Capilla-Dinorin, E., López-Upton, J., Jiménez-Casas, M. and Rebolledo-Camacho, V., 2021. Características reproductivas y calidad de semilla en poblaciones fragmentadas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44, pp. 211–219.
- CONAFOR, 2013. La producción de resina de pino en México. CONAFOR, Guadalajara México, p. 101.
- CONAFOR, 2020. El sector forestal mexicano en cifras 2019. CONAFOR, México, p. 104.

- Corredor, J.A.G. and Villa, R.A.S., 2014. Obtención de colofonia y trementina a partir de la resina de *Pinus oocarpa* extraída de un bosque industrial en Cauca-Colombia. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 6(1), pp. 65–69.
- Corredor, J.A.G. and Villa, R.A.S., 2013. Obtención de colofonia y trementina a partir de resina de pino de la especie *patula* y posterior evaluación de los parámetros de calidad. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 5, pp. 88–91.
- Crespo, Y.A., Abreu, L.C., Tiomnova, O.T., Vigueiras, A.C., Morales, J.E.T. and Suárez, R.C., 2007. Resina de Pino: Química verde y potencialidades biológicas. *Revista Cubana de Química*, XIX(1), pp. 91-93.
- Cunningham, A., 2012. Pine resin tapping techniques used around the world, in: Pine Resin: Biology, Chemistry and Applications. Research Signpost.T. C., Kerala, India.
- Cunningham, A., 2009. Estudio de mercado de los productos resinosos: Colofonia y Aguarrás; y el potencial de la miera Ibérica de la Comarca del Izana para diferentes usos industriales. *BOCYL*, 48, p. 70.
- Da Silva Rodrigues-Corrêa, K.C., De Lima, J.C. and Fett-Neto, A.G., 2013. Oleoresins from Pine: Production and Industrial Uses, in: Ramawat, K.G. and Mérillon, J.-M. (Eds.), Natural Products. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 4037–4060. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6\\_175](https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_175)
- SEMARNAT. (2011). NOM-026-SEMARNAT-2005: Que establece los criterios y especificaciones técnicas para realizar el aprovechamiento comercial de resina de pino. Diario Oficial de la Federación. Ratificada en 2011. Recuperado de <https://www.economia.gob.mx/files/dgn/revisionquinquenal/NOM-026-SEMARNAT-2005%20282011%29.pdf>
- Egloff, P., 2019. Tapping *Pinus oocarpa* assessing drivers of resin yield in natural stands of *Pinus oocarpa*. Master thesis. Wageningen University & Research, Wageningen, Países Bajos. p. 33.
- Esteban, L.G., Martín, J.A., De Palacios, P. and Fernández, F.G., 2012. Influence of region of provenance and climate factors on wood anatomical traits of *Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii*. *European Journal of Forest Research*, 131, pp. 633–645. <https://doi.org/10.1007/s10342-011-0537-x>
- Eyles, A., Bonello, P., Ganley, R. and Mohammed, C., 2010. Induced resistance to pests and pathogens in trees. *New Phytologist*, 185, pp. 893–908. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03127.x>
- Fett-Neto, A.G., 2012. Pine resin: biology, chemistry and applications. Research Signpost, T. C., Kerala, India.
- Giri, S.K., Sharma, S.C., Prasad, N. and Pandey, S.K., 2018. Status of Resin Tapping and Scope of Improvement: A Review. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America*, 49, pp. 16–26.
- Gutiérrez, J.T., 1976. Sitios experimentales sobre la producción de resina. *Revista Ciencia Forestal*, 1, pp. 21–29.
- Hadiyane, A., Sulistyawa, E., Asharina, W.P. and Dungani, R., 2015. A Study on Production of Resin from *Pinus merkusii* Jungh. Et De Vriese in the Bosscha Observatory Area, West Java-Indonesia. *Asian Journal of Plant Sciences*, 14, pp. 89–93. <https://doi.org/10.3923/ajps.2015.89.93>
- Hodges, A., 1995. Management strategies for a borehole resin production system in slash pine. University of Florida, Gainesville, Florida. p. 118.
- Hodges, J.D., Elam, W.W. and Bluhm, D.R., 1981. Influence of Resin Duct Size and Number on Oleoresin Flow in the Southern Pines (No. SO-RN-266). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. p. 3. <https://doi.org/10.2737/SO-RN-266>
- Karademir, A., Aydemir, C., Yenidogan, S., Arman Kandırmaz, E. and Kiter, R.G., 2020. The

- use of natural ( *Pinus pinaster* ) resin in the production of printing ink and the printability effect. *Color Research & Application*, 45, pp. 1170–1178. <https://doi.org/10.1002/col.22534>
- Krekling, T., Franceschi, V.R., Berryman, A.A. and Christiansen, E., 2000. The structure and development of polyphenolic parenchyma cells in Norway spruce (*Picea abies*) bark. *Flora*, 195, pp. 354–369. [https://doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)30994-5](https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30994-5)
- Lai, M., Dong, L., Yi, M., Sun, S., Zhang, Y., Fu, L., Xu, Z., Lei, L., Leng, C. and Zhang, L., 2017. Genetic Variation, Heritability and Genotype × Environment Interactions of Resin Yield, Growth Traits and Morphologic Traits for *Pinus elliottii* at Three Progeny Trials. *Forests*, 8, p. 409. <https://doi.org/10.3390/f8110409>
- Langenheim, J.H., 2003. Plant resins: chemistry, evolution, ecology, and ethnobotany. Timber Press, Portland, OR. p. 586.
- Li, Y., Sun, H., De Paula Protásio, T., Hein, P.R.G. and Du, B., 2022. The mechanisms and prediction of non-structural carbohydrates accretion and depletion after mechanical wounding in slash pine (*Pinus elliottii*) using near-infrared reflectance spectroscopy. *Plant Methods*, 18, p. 107. <https://doi.org/10.1186/s13007-022-00939-2>
- Lin, J., Hu, Y., He, X. and Ceulemans, R., 2002. Systematic survey of resin canals in *pinaceae*. *Belgian Journal of Botany*, 135, pp. 3–14.
- Loewen, B., 2005. Resinous Paying Materials in the French Atlantic, AD 1500-1800. History, Technology, Substances. *The International Journal Nautical Archaeology*, 34, pp. 238–252. <https://doi.org/10.1111/j.1095-9270.2005.00057.x>
- López-Álvarez, Ó., Zas, R. and Marey-Perez, M., 2023. Resin tapping: A review of the main factors modulating pine resin yield. *Industrial Crops and Products*, 202, p. 117105. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117105>
- López-Goldar, X., Villari, C., Bonello, P., Borg-Karlson, A.K., Grivet, D., Sampedro, L. and Zas, R., 2019. Genetic variation in the constitutive defensive metabolome and its inducibility are geographically structured and largely determined by demographic processes in maritime pine. *Journal of Ecology*, 107, pp. 2464–2477. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13159>
- López-Villamor, A., Zas, R., Pérez, A., Cáceres, Y., Nunes Da Silva, M., Vasconcelos, M., Vázquez-González, C., Sampedro, L. and Solla, A., 2021. Traumatic resin ducts induced by methyl jasmonate in *Pinus spp.* *Trees*, 35, pp. 557–567. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-02057-9>
- Luan, Q., Diao, S., Sun, H., Ding, X. and Jiang, J., 2022. Prediction and Comparisons of Turpentine Content in Slash Pine at Different Slope Positions Using Near-Infrared Spectroscopy. *Plants*, 11, p. 914. <https://doi.org/10.3390/plants11070914>
- Lukmandaru, G., Amri, S., Sunarta, S., Listyanto, T., Pujiarti, R. and Widyorini, R., 2021. The effect of stimulants and environmental factors on resin yield of *Pinus merkusii* tapping. *BioResources*, 16(1), pp. 163–175. <https://doi.org/10.15376/biores.16.1.163-175>
- Martínez-Chamorro, E., 2017. Revisión de las primeras experiencias de resinación en Galicia (1950-1970). *Recursos Rurais*, 12, pp. 13–22. <https://doi.org/10.15304/rr.id4499>
- Mata, N.T., Villanueva, S. and Henríquez, M., 2018. Trend study: Applications of Colophony (Rosin) and its Derivatives. *Revista Ingeniería UC*, 25(3), pp. 325–337.
- McReynolds, R.D., 1971. Heritability and Seasonal Changes in Viscosity of Slash Pine Oleoresin. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, p. 4.
- Mergen, F., Hoekstra, P.E. and Echols, R.M., 1955. Genetic Control of Oleoresin Yield and Viscosity in Slash Pine. *Forest Science*, 1, pp. 19–30.

- Mordor Intelligence. 2024. Tamaño del mercado de productos químicos de pino y análisis de participación: tendencias y pronósticos de crecimiento (2025-2030). Disponible en: <https://www.mordorintelligence.ar/industry-reports/pine-chemicals-market> [Consultado en 10 Septiembre 2025].
- Muñoz-Flores, H.J., Hernández-Ramos, J., Sáenz-Reyes, J.T., Reynoso-Santos, R. y Barrera-Ramírez, R. 2022. Modelos predictivos de producción de resina en *Pinus pseudostrobus* Lindl., en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(73), pp. 128-154. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i73.1188>
- Munro-Rojas, A., 2011. Una industria con aroma a bosque: la resina de pino en Michoacán. *Revista C+TEC*, 5,
- Neis, F.A., De Costa, F., De Almeida, M.R., Colling, L.C., De Oliveira Junkes, C.F., Fett, J.P. and Fett-Neto, A.G., 2019a. Resin exudation profile, chemical composition, and secretory canal characterization in contrasting yield phenotypes of *Pinus elliottii* Engelm. *Industrial Crops and Products*, 132, pp. 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.013>
- Neis, F.A., De Costa, F., De Araújo, A.T., Fett, J.P. and Fett-Neto, A.G., 2019b. Multiple industrial uses of non-wood pine products. *Industrial Crops and Products*, 130, pp. 248–258. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.088>
- Ningsih, L.A., Setiawan, I., Syarif, T., Nurdjannah, N., Ifa, L., Aiah, I.N. and Kusuma, H.S. 2023. Pine-to-Bioenergy: potential of pine sap as adhesive and pine lower biomass waste in the production of biobriquettes. *Fuel*, 350, p. 128872. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128872>
- Ochoa, J.F., 2008. Costos estimados para una industria resinera. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México. p. 153.
- Ortuño-Perez, S.F., Garcia-Robredo, F., Ayuga Tellez, E. and Fullana Belda, C., 2013. Effects of the crisis in the resin sector on the demography of rural municipalities in Spain. *Forest systems*, 22, pp. 39–46. <https://doi.org/10.5424/fs/2013221-02403>
- Palacios-Vázquez, A.L., Maza-Villalobos, S., 2022. Resina: El oro líquido. *Saber más*, no. 62, pp. 1–5.
- Parham, M.R., 1976. Stimulation of oleoresin yield in conifers. *Outlook on Agriculture*, 9(2), pp. 76–81. <https://doi.org/10.1177/003072707600900207>
- Pari, G., Eiyanti, L., Darmawan, S., Saputra, N.A., Hendra, D., Adam, J. and Efendi, R. 2023. Initial ignition time and calorific value enhancement of briquette with added pine resin. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 51, pp. 207–221. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2023.51.3.207>
- Pavon, C., Aldas, M., Hernández-Fernández, J. and López-Martínez, J., 2022. Comparative characterization of gum rosins for their use as sustainable additives in polymeric matrices. *Journal of Applied Polymer Science*, 139(9), p. 51734. <https://doi.org/10.1002/app.51734>
- Phillips, M.A. and Croteau, R.B., 1999. Resin-based defenses in conifers. *Trends in Plant Science*, 4, pp. 184–190. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(99\)01401-6](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(99)01401-6)
- Pinillos, F.H., Picardo Nieto, Á., Allúe, M. and Camacho, A., 2009. La resina: herramienta de conservación de nuestros pinares. CESEFOR, Gráficas Ochoa Soria, S.L. p. 78.
- Puente-Villegas, S.M., Moreno-González, V., Labarga Varona, D., Martínez Vera, E. and Acebes Arranz, J.L., 2017. El hombre y la resina de pino: desde su uso pasado hasta la actualidad con especial atención en España. *AmbioCiencias*, 15, pp. 21–30.
- Qaderi, M.M., Martel, A.B. and Dixon, S.L. 2019. Environmental factors influence plant vascular system and water regulation. *Plants*, 8(3), p. 65. <https://doi.org/10.3390/plants8030065>



- Reyes-Ramos, A., Cruz De León, J., Martínez-Palacios, A., Lobit, P.C.M., Ambríz-Parra, J.E. and Sánchez-Vargas, N.M., 2019. Caracteres ecológicos y dendrométricos que influyen en la producción de resina en *Pinus oocarpa* de Michoacán, México. *Madera y Bosques*, 25, p. e2511414. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511414>
- Rigling, A., Brühlhart, H., Bräker, O.U., Forster, T. and Schweingruber, F.H., 2003. Effects of irrigation on diameter growth and vertical resin duct production in *Pinus sylvestris* L. on dry sites in the central Alps, Switzerland. *Forest Ecology and Management*, 175, pp. 285–296. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00136-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00136-6)
- Rissanen, K., Hölttä, T., Bäck, J., Rigling, A., Wermelinger, B. and Gessler, A., 2021. Drought effects on carbon allocation to resin defences and on resin dynamics in old-grown Scots pine. *Environmental and Experimental Botany*, 185, p. 104410. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104410>
- Rissanen, K., Hölttä, T., Barreira, L.F.M., Hyttinen, N., Kurtén, T. and Bäck, J., 2019. Temporal and Spatial Variation in Scots Pine Resin Pressure and Composition. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2, p. 23. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00023>
- Rissanen, K., Hölttä, T., Vanhatalo, A., Aalto, J., Nikinmaa, E., Rita, H. and Bäck, J., 2016. Diurnal patterns in Scots pine stem oleoresin pressure in a boreal forest. *Plant Cell & Environment*, 39, pp. 527–538. <https://doi.org/10.1111/pce.12637>
- Rojas-Rodríguez, G., Meza-Colín, J., Munro, A., García-Moreno, T., Morales-Hernández, F., Virgen-Ortiz, J.J., Salvador-Hernández, J.L., Rodríguez-García, G., del Río, R.E., Ramírez-Briones, E. and Gómez-Hurtado, M.A., 2025. Dynamics on resin production from *Pinus pringlei* and *Pinus devoniana* var. *cornuta* using chemical-stimulation strategy. *Brazilian Journal of Botany*, 48, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1007/s40415-025-01081-8>
- Rodrigues, K.C.S. and Fett-Neto, A.G., 2009. Oleoresin yield of *Pinus elliottii* in a subtropical climate: Seasonal variation and effect of auxin and salicylic acid-based stimulant paste. *Industrial Crops and Products*, 30, pp. 316–320. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.06.004>
- Rodrigues-Honda, K.C.D.S., Junkes, C.F.D.O., Lima, J.C.D., Waldow, V.D.A., Rocha, F.S., Sausen, T.L., Bayer, C., Talamini, E. and Fett-Neto, A.G., 2023. Carbon Sequestration in Resin-Tapped Slash Pine (*Pinus elliottii* Engelm.) Subtropical Plantations. *Biology*, 12, p. 324. <https://doi.org/10.3390/biology12020324>
- Rodríguez-García, A., López, R., Martín, J.A., Pinillos, F. and Gil, L., 2014. Resin yield in *Pinus pinaster* is related to tree dendrometry, stand density and tapping-induced systemic changes in xylem anatomy. *Forest Ecology and Management*, 313, pp. 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.038>
- Rodríguez-Roque, J., Serrada, R., Lucas, J.A., Alejano, R., del Río, M. and Torres, E., 2008. Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis* Fieschi & Gaussen. *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. INIA, pp. 399–430.
- Rojas, D., Echevarria, M., Espinosa, E. and Pelegrín, A., 2023. Procedimiento para plantear la cadena de valor de la resina de pino en la gestión contable. *Actualidad Contable FACES*, 1, pp. 128–140. <https://doi.org/10.53766/ACCON/2023.01.46.08>
- Sampedro, L., Moreira, X., Llusia, J., Penuelas, J. and Zas, R., 2010. Genetics, phosphorus availability, and herbivore-derived induction as sources of phenotypic variation of leaf volatile terpenes in a pine species. *Journal of Experimental Botany*, 61, pp. 4437–4447. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq246>

- SEMARNAT, 2018. Anuario estadístico de la producción forestal 2018. SEMARNAT, p. 298.
- Sood, Y., Bharti, P.K. and Gupta, R.K., 2019. Correlation and Regression Studies on Estimation of Resin Yield in *Pinus roxburghii*. *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences*, 7, pp. 63–66. <https://doi.org/10.18782/2582-2845.7438>
- Tadesse, W., Auñón, F.J., Pardos, J.A., Gil, L. and Alía, R., 2001. Evaluación precoz de la producción de miera en *Pinus pinaster* Ait. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 10(1), pp. 141–150.
- Telleria-Mata, N., Villanueva, S. and Henriquez, M., 2019. Obtención de trementina y colofonia a partir de la resina de pino. Estado del arte. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 1(12), pp. 26–42.
- Toledo, A.A.A. and López, Y.A.C., 2006. Resina: Entre la madera y el desarrollo comunitario integral. *Biodiversitas*, 65, pp. 1–7.
- Tomusiak, R. and Magnuszewski, M., 2009. Effect of resin tapping on radial increments on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *TRACE*, 7, pp. 151–157.
- Touza, R., Lema, M. and Zas, R., 2021. Timing of resin-tapping operations in maritime pine forests in Northern Spain. *Forest Systems*, 30(3), p. eSC05. <https://doi.org/10.5424/fs/2021303-18414>
- Trapp, S. and Croteau, R., 2001. Defensive resin biosynthesis in conifers. *Annual Review of Plant Biology*, 52, pp. 689–724. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.52.1.689>
- Vázquez-González, C., López-Goldar, X., Alía, R., Bustingorri, G., Lario, F.J., Lema, M., De La Mata, R., Sampedro, L., Touza, R. and Zas, R., 2021. Genetic variation in resin yield and covariation with tree growth in maritime pine. *Forest Ecology and Management*, 482, p. 118843. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118843>
- Vázquez-González, C., Zas, R., Erbilgin, N., Ferrenberg, S., Rozas, V. and Sampedro, L., 2020. Resin ducts as resistance traits in conifers: linking dendrochronology and resin-based defences. *Tree Physiology*, 40(10), pp. 1313–1326. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa064>
- Velasco-García, M.V. and Hernández-Hernández, A., 2024. Geographic and Climatic Variation in Resin Components and Quality of *Pinus oocarpa* in Southern Mexico Provenances. *Plants*, 13(13), p. 1755. <https://doi.org/10.3390/plants13131755>
- Westbrook, J.W., Walker, A.R., Neves, L.G., Munoz, P., Resende, M.F.R., Neale, D.B., Wegrzyn, J.L., Huber, D.A., Kirst, M., Davis, J.M. and Peter, G.F., 2015. Discovering candidate genes that regulate resin canal number in *Pinus taeda* stems by integrating genetic analysis across environments, ages, and populations. *New Phytologist*, 205(2), pp. 627–641. <https://doi.org/10.1111/nph.13074>
- Wu, H. and Hu, Z., 1997. Comparative anatomy of resin ducts of the *Pinaceae*. *Trees*, 11, pp. 135–143.
- Zas, R., Quiroga, R., Touza, R., Vázquez-González, C., Sampedro, L. and Lema, M., 2020. Resin tapping potential of Atlantic maritime pine forests depends on tree age and timing of tapping. *Industrial Crops and Products*, 157, p. 112940. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112940>
- Zeng, X., Ni, P., Li, Y., Wang, W., Sun, S., Wang, Y., Chang, Y., Tao, X., Hou, M. and Liu, X., 2021. Short-term resin tapping activities had a minor influence on physiological responses recorded in the tree-ring isotopes of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*). *Dendrochronologia*, 70, p. 125895. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125895>