Revista CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Tellería–M. et al., Vol. 5, Nº 14, 10–15, abril, 2019.

Dissemination Article
New frontiers in the use and exploitation of Venezuelan pine. ¿A new solution for the industry?

Natasha Telleria–Mata, Samuel Villanueva,* Magaly Henriquez
Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación,
Centro Nacional de Tecnología Química

Artículo de Divulgación
Nuevas fronteras en el uso y explotación del pino venezolano. ¿Una nueva solución para la industria?

Summary



Pine forests are an inexhaustible source of chemical specialties of great interest to industry, if they are produced responsibly. Among them is pine resin, an oleoresin substance composed of a variety of pre-polymeric terpenes, which give it interesting characteristics in the formulation of commonly used goods such as inks, adhesives, paints, coatings, beverages, etc. The integral and sustainable use of this natural resource represents a golden opportunity for the Venezuelan forestry industry, towards the diversification of its products, increasing its markets and the supply of high quality raw materials for the manufacturing industry of the country.
Keywrds: pine resin; rosin; turpentine; colophony; forest use; non wooden.

Resumen

Los bosques de pino son una fuente inagotable de especialidades químicas de gran interés para la industria, si son producidos de forma responsable. Entre ellos se encuentra la resina de pino, sustancia oleoresinosa compuesta por una variedad de terpenos pre-poliméricos, que le confieren características interesantes en la formulación de bienes de uso común como tintas, adhesivos, pinturas, recubrimientos, bebidas, etc. El aprovechamiento integral y sustentable de este recurso natural, representa una oportunidad de oro para la industria forestal venezolana, hacia la diversificación de sus productos, incrementando sus mercados y la oferta de materias medias de alta calidad para la industria manufacturera del pais.
Palabras claves resina de pino; colofonia; trementina; aprovechamiento forestal; no maderable.

Los bosques desempeñan un papel fundamental para el medio ambiente, la población y la economía global. El sector forestal emplea a 13,7 millones de trabajadores, con una producción comercial de

*Autor para correspondencia: Samuel Villanueva, correo:publicacionesgpidi.cntq@gmail.com

alrededor del 1 % del PIB mundial. Se estima que 500 millones de personas dependen de los bosques para su sustento, mientras que cientos de miles de empresas dependen de los mismos para obtener fibras y materias primas [1]. A pesar de que la mayor contribución a la economía forestal recae en la producción de madera de construcción, papel y alimentos, existen una gran variedad de compuestos y materiales que los árboles nos ofrecen, producto de sus funciones metabólicas. Es así, como los bosques manejados de una manera correcta y productiva se convierten en una fuente inagotable de compuestos químicos, que conforman la materia prima de una gran cantidad productos de uso común.



Figura 1: Exudado del pino luego del corte de sus ramas [2]

El tejido que conforma la madera (tejido leñoso) es capaz de sintetizar una amplia gama de productos naturales, algunos de ellos de gran complejidad, a veces en cantidades considerables y de alta pureza. Entre los materiales más interesantes, se encuentran una gran cantidad de compuestos que el árbol ha desarrollado para protegerse de animales, insectos, hongos, bacterias y otros micro-organismos que puedan poner en peligro su integridad. Estos compuestos protectores son encontrados en altas concentraciones especialmente en el duramen o parte interna del tronco (el corazón de la madera) y en la corteza, por lo que muchas veces son exudados en respuesta a heridas a las que la planta sea sometida por cualquier factor externo (acciones del viento y la naturaleza, animales con garras, acción humana) [3]. Entre ellas podemos encontrar las gomas, bálsamos, látex, manna, la savia de maple y las oleorresinas, como la que se observa en la Figura 1.

Los exudados de los árboles estaban entre los primeros productos de intercambio durante los tiempos anteriores al descubrimiento del petróleo. Sus múltiples usos como agentes de conservación, de limpieza, propiedades medicinales, sellante y antibacteriales, fueron siempre de gran interés comercial. A medida que la ciencia y la tecnología han avanzado, se han ido descubriendo nuevas maneras de utilizar estos materiales y se han perfeccionado las ya existentes, convirtiéndolos en elementos de uso común en las formulaciones de una amplia gama de productos de toda clase, desde pinturas, tintas y adhesivos, pasando por materiales de uso textil, hasta cosméticos, perfumes, medicinas, bebidas y alimentos.

1. Bosque Productor

El uso de productos químicos y derivados naturales, ha visto un resurgimiento entre la comunidad científica e industrial, entendiendo las ventajas que ofrecen sobre los productos análogos derivados de los procesos petroquímicos y la industria química sintética. El agotamiento de los yacimientos, acompañado de la disminución en la calidad del crudo, que cada vez es más pesado y requiere de tratamientos más severos y costosos para su procesamiento, ha motivado a que volvamos la vista a los recursos disponibles en la era pre-petrolera, recursos que nos ofrece el planeta, que son renovables y con todas las propiedades para cumplir con los requerimientos que exige la manufactura de bienes de consumo. Sin embargo, es importante que esta tendencia no se convierta en la condena anticipada del ambiente por el manejo irresponsable del recurso natural. Para ello, la investigación científica juega un papel fundamental, ya que sólo el estudio del recurso y su interacción con el entorno nos permitirán desarrollar las metodologías de producción correctas para mantener un modelo

de producción sustentable, respetando el ciclo de vida del bosque productor (ver Figura 2). Si no tomamos esto en cuenta, estamos sentenciando el aprovechamiento del recurso natural al fracaso, revirtiendo su carácter renovable como consecuencia de una explotación desenfrenada y sin planificación.

En tal sentido, la industria forestal ha dado importantes avances. Cada vez son más las empresas que comprenden la importancia de la inversión en implementación de procesos productivos responsables con el ambiente, no sólo en términos de conservación y preservación del entorno, sino como un mecanismo que les permite disponer del recurso en condiciones óptimas, de forma continua y por tiempo ilimitado, impactando de forma positiva en las ganancias y desarrollo de la actividad comercial.

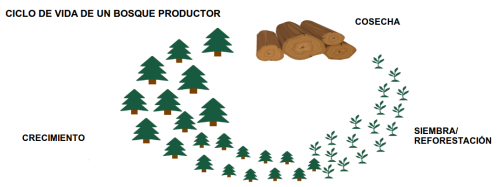


Figura 2: Representación del Ciclo de Vida de un Bosque Productor [4]

Una de los géneros más interesantes para la producción de especialidades químicas es el pino (*Pinus*), gracias a que se trata de un árbol muy prolífico que es capaz de reproducirse en todos los continentes, con excepción de la Antártida. Su habilidad para explorar exitosamente hábitats inhóspitos, incluso regiones semiáridas y sub-alpinas/sub-árticas, así como los bajos requerimientos técnicos para plantar, hacen del *Pinus* una de las especies maderables más convenientes para cultivar y recuperar tierras abandonadas o degradadas por actividades agricultoras anteriores, así como de áreas no-agricultoras o marginales [5].

Su aprovechamiento involucra la producción de madera de construcción de excelente calidad y pulpa de papel como productos principales, pero además es fuente de una gama de especialidades químicas a través de la extracción de los compuestos sintetizados durante sus procesos metabólicos.

2. Recuperación de los productos químicos del pino



Figura 3: Productos químicos del pino y sus procesos de recuperación [6]

Los productos químicos de pino se recuperan a través de tres métodos diferentes, que podemos observar en la Figura 3.

Durante el proceso de fabricación de papel, los productos químicos naturales del pino se recuperan como sub-productos del proceso de pulpado Kraft en forma de Tall Oil crudo (CTO, por sus siglas en inglés) y Sulfato de Trementina Crudo (CST, por sus siglas en inglés). Estos son procesados en bio-refinerías de alta tecnología, donde son destilados en sus componentes puros. El CTO se separa en colofonia de Tall Oil (TOR), ácidos grasos (TOFA) y Tall Oil destilado. Por su parte, el CST es separado en $\alpha-$ y $\beta-$pineno. Cada uno de estos productos son considerados bloques de construcción molecular, para la síntesis de muchos otros productos de mayor valor [7].

Por otro lado, los pinos pueden ser resinados en el bosque para recuperar la "oleorresina" que se separa en dos fracciones principales: una fracción sólida denominada colofonia, compuesta de una variedad isomérica de diterpenos de carácter ácido; y una fracción volátil conocida como trementina, compuesta por una mezcla de terpenos y sesquiterpenos. El proceso de resinación involucra la realización de una

incisión o herida en la corteza del árbol, induciendo a la exudación de la oleorresina como se aprecia en la Figura 4. Los pinos se aprovechan para su vida útil y luego se cortan para recuperar madera o virutas para la producción de papel. La porción no utilizada del árbol se usa como combustible, y el bosque luego se replanta para futuras cosechas [7].

La práctica del cultivo y uso de los bosques de pino, dada en el párrafo anterior, es muy antigua, la producción de colofonia y trementina, era una de las actividades comerciales e intercambio internacional más importante de los Estados Unidos a finales del siglo XIX y principios del siglo XX; sin embargo, sus derivados se vieron desplazados por los bajos precios de sus análogos derivados del petróleo, por lo que la producción fue prácticamente erradicada durante el auge de la industria petrolera y petroquímica [8]. A pesar de ello, y por las razones mencionadas en párrafos anteriores, este último segmento de la industria está hoy en un proceso de re-descubrimiento y evolución. En las últimas décadas, la polinización selectiva y la ingeniería genética han permitido el desarrollo de pinos híbridos, que cuando son sembrados, crecen más rápido y producen de 2 a 4 veces más oleoresina por árbol que en un bosque natural. Los nuevos métodos de extracción mejoran los rendimientos y la siembra de plantaciones aumenta la productividad de 4 a 5 veces. Además, la silvicultura mejorada protege los árboles [9]. Junto con estos cambios, han surgido mejoras en los salarios de los trabajadores, capacitación de seguridad y equipamiento. En un segmento mucho más pequeño de la industria, los tocones de pino envejecidos se pulverizan y se extraen con solvente para producir colofonia de madera y ciertos terpenos [7]. De esta manera, la industria de la química del pino aprovecha todo lo que el árbol tiene para ofrecer, sin afectación de la producción de madera y de papel.



Figura 4: Productos químicos del pino y sus procesos de recuperación

Específicamente, la oleorresina obtenida de los pinos vivos, a través del proceso de resinación anteriormente mencionado, constituye un producto forestal importante por la diversidad química de sus componentes y sus múltiples posibilidades de uso. Los terpenos contenidos en la resina del pino encuentran múltiples aplicaciones en industrias como la farmacéutica, manufactura de perfumes, aditivos en la industria alimenticia, productos de limpieza para el hogar, pinturas, tintas, barnices, caucho, insecticidas, adhesivos, materiales sellantes e impermeables, emulsionantes para polimerización y aplicaciones cosméticas y farmacéuticas, surfactantes y precursores poliméricos. Estos responden a su fragancia agradable, actividad antimicrobiana, facilidad para la formación de polímeros y películas superficiales, etc. En Tabla 1 se muestran los distintos terpenos encontrados en la oleorresina y su aplicación industrial específica.

La manufactura de especialidades químicas provenientes de recursos naturales como el pino, es específicamente importante en la industria farmacéutica y de alimentos. Un candidato apropiado para la manufactura de aditivos para alimentos debe cumplir ciertos requerimientos para considerarse un producto natural, los cuales son los compuestos más valiosos en este mercado . Por ejemplo, es obligatorio que sean originados a partir de una materia prima natural por medios de extracción física, procesos microbiológicos o enzimáticos, lo que involucra precursores aislados a partir del ambiente. Además, el producto final debe ser idéntico a un compuesto que se conozca que se produce en la naturaleza. La composición terpénica particular de la trementina le confiere un valor agregado especial en la industria de

Tabla 1: Productos químicos presentes en la oleorresina de pino [10]

Fracción	Compuesto	Uso industrial
Trementina	$\alpha-$pineno	Fragancias, repelentes, plastificantes, solventes, perfumería, insecticidas.
	$\beta-$pineno	Farmacéutica, fragancias, repelentes, plastificantes, solventes, perfumería, insecticidas.
	$\Delta-3-$careno	Repelentes, manufactura de mentol, pesticidas.
	Canfeno	Fragancias, farmacéutica, repelentes, plastificantes, explosivos.
	Borneol	Cosméticos, limpiadores domésticos.
	p-cimeno	Farmacéutica, repelentes, desinfectantes, solventes y saborizantes.
	Limoneno	Fragancias, solventes, agentes de limpieza, saborizantes, perfumes, atrayentes de insectos.
	$\alpha-$terpineol	Fragancias, cosméticos, limpiadores domésticos, detergentes, repelentes y perfumería.
	Longifoleno	Industria Química
Colofonia	Ácido abiético	Pinturas, barnices, lacas, farmacéutica, adhesivos, recubrimientos.
	Ácido dehidroabiético	Farmacéutica
	Ácido isopimárico	Industria del papel, farmacéutica, surfactantes, emulsionantes de polímeros, recubrimientos.
	Ácido levopimárico	Industria del papel, emulsionantes de polímeros, recubrimientos.

fragancias y saborizantes, porque sus componentes son considerados naturales y seguros para el consumo humano, por lo tanto pueden ser usados directamente como aditivos en la industria de alimentos, la cual consume un aproximado de 30.000 toneladas de pinenos al año [6].



Figura 5: Productos químicos del pino y sus procesos de recuperación

Por otro lado, también se ha observado la conveniencia de utilizar derivados de colofonia como materiales formadores de película en dosificación de drogas farmacéuticas. Además, se han encontrado actividades importantes en los ácidos pimárico y abiético, que los involucran en la manufactura de medicamentos para tratar enfermedades andrógeno-dependientes, así como medicamentos anti-tumorales y anti-micóticas eficientes [10].

3. Perspectivas de la industria maderera en Venezuela

Dicha visión de aprovechamiento integral del bosque de pino es muy interesante para nuestro país. Venezuela cuenta con grandes extensiones cultivadas de Pino Caribe (*Pinus caribaea var. hondurensis*), dentro de las plantaciones de Maderas del Orinoco (Figura 5), ubicada en la zona de Uverito entre los estados Anzoátegui y Monagas, las cuales satisfacen el 80 % de la demanda de madera a nivel nacional. Sin embargo, y como acabamos de analizar, también constituye una fuente potencial de productos químicos que podrían recuperarse del pino de forma sustentable y comercializarse para

abastecer a la industria manufacturera del país, de materias primas que actualmente son importadas y que son importantes para distintos procesos productivos.

Filosofía productiva nos permite diversificar las fuentes de materia prima hacia alternativas naturales, lo que podría constituirse como una vía para comenzar a superar el histórico rentismo petrolero. A pesar de ser la nación con la mayor reserva de hidrocarburos en el mundo, este recurso es finito, no renovable, y no hay manera de revertir esa condición. Mientras más temprano comencemos a implementar el uso de recursos renovables naturales, estaremos más preparados para enfrentar el agotamiento de los yacimientos, que con el crecimiento acelerado de la población y la industria mundiales, llegará más temprano de lo que podemos proyectar.

La implementación del uso de recursos renovables sólo es posible a través de la investigación científica, que permite establecer las mejores condiciones para el ciclo de siembra, crecimiento, aprovechamiento del árbol a través de la resinación y posterior utilización del mismo para la producción de madera y papel, para finalmente recuperar el suelo y comenzar de nuevo el ciclo productivo. El establecimiento de la relación del árbol con su entorno, la definición de la metodología adecuada para la resinación y posterior procesamiento en los productos químicos finales, de mayor valor agregado, es determinante para el establecimiento de una Industria Forestal Integral en nuestro país.

Así queda abierta una puerta a nuevos retos científicos y tecnológicos para los académicos, investigadores y empresarios de nuestro país, donde es imperativo realizar enfoques multidisciplinarios para el mejor aprovechamiento de estas oportunidades. La apertura de nuevas líneas de investigación en el área química, orientadas a la utilización de la amplia gama de terpenos encontrados en la oleorresina del pino, para la síntesis de compuestos y materiales involucrados en la manufactura de bienes nacionales, permitirá ampliar el abanico de nuestro parque industrial hacia la utilización de recursos naturales renovables, de forma sustentable y en armonía con el ambiente, algo completamente diferente a lo que estamos acostumbrados a manejar en un país petrolero. *¿Estaremos dispuestos a aceptar el reto?*

Referencias

[1] A. Steer and P Baker. Guide to the sustainable procurement of forest product, 2016.

[2] J. Kitsteiner. Tapping de Pine Tree... Plant resins and their uses, 2014.

[3] J Rowe. *Natural Products of Woody Plants: Chemicals extraneous to lignocellulosic cell wall Vol. II*. Springer-Verlag, Berlin, 1989.

[4] A. Phillips. Pine Chemicals: Sustainability and Innovation. In *ACS Summer Program.*, Golden, 2013.

[5] K.C. Da Silva, J.C. De Lima, and A.G. Fett-Neto. Pine oleoresin: Tapping green chemicals, biofuels, food protection and carbon sequestration from multipurpose trees. *Food and Energy Security*, 1(2):81–93, 2012.

[6] S. Bathia. Global Impact of the Modern Pine Chemicals Industry. Technical report, Pine Chemical Association International, 2016.

[7] Economics & Statistics Department. The Economic Benefits of the Pine Chemical Industry. Technical report, American Chemical Society, 2011.

[8] S. Maiti. Rosin: A Renewable Resource for Polymers and Polymer Chemicals. In *Progress in Polymer Science*, pages 297–338. 1989.

[9] S. Sorrenti. Non-wood forest products in international statistical systems. *Non-wood Forest Product Series N.º 22*, 2017.

[10] K.C. Da Silva, J.C. De Lima, and A.G. Fett-Neto. Oleoresins from Pine: Production and Industrial Uses. In *Natural Products: Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes*, pages 4037–4060. Springer-Verlag, Heidelberg, 2013.