



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.829>

Artículo

Cosecha de madera de 20 coníferas en zonas de movimiento de germoplasma

Harvest of timber from 20 coniferous in germplasm movement zones

Andrés Flores^{1*} y Georgel Moctezuma-López¹

Abstract

In the last decades the coniferous forests have provided economic benefits for Mexico. However, they demand a management with the least possible impact. Regionalization based on the Germplasm Movement Zones (GMZs) is an alternative for the management of the tree stands that does not limit the economic and technical efforts of the local, state or forest management units. However, few works have been developed with this vision. In order to determine the timber production of the main conifer species of the country in the GMZs, the data on the volume of timber produced from *Pinus* and *Abies* species by state from 2013 to 2017 were analyzed. Nineteen pine and one fir species contributed most to the national forest production. Specifically, *P. patula*, *P. douglasiana*, *P. maximinoi*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. oocarpa*, *P. montezumae* and *P. devoniana* provided 81.39 % of the total volume among the pines, and *A. religiosa* supplied 100 % of the total volume from the *Abies* genus. Likewise, zones X.3, V.3, XII.5, XII.3, X.1, XII.2, III.1, and III.2 account for 84.14 % of the timber production, and X.3 provided 72.16 % of the fir timber output.

Keywords: *Abies*, conifers species of Mexico, forest conservation, forest management, *Pinus*, Semarnat.

Resumen

Para México, en las últimas décadas los bosques naturales de coníferas han proveído de beneficios económicos. No obstante, en ellos se demanda su administración con el menor impacto posible. La regionalización basada en las Zonas de Movimiento de Germoplasma (ZMG) es una alternativa para la gestión de las masas arbóreas, que no limita los esfuerzos económicos y técnicos de las áreas operativas locales, estatales o de unidades de manejo forestal; sin embargo, son pocos los trabajos desarrollados con esta visión. Para determinar la cosecha de madera de las principales coníferas del país en las ZMG, se analizaron datos estatales sobre volumen de madera producida para especies de *Pinus* y *Abies* de 2013 a 2017. Se determinó que 19 taxones de pino y uno de oyamel son los que más contribuyeron a la producción forestal nacional. En particular, *P. patula*, *P. douglasiana*, *P. maximinoi*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. oocarpa*, *P. montezumae* y *P. devoniana* proveyeron 81.39 % del volumen total de los pinos; y con respecto al otro género, *A. religiosa* suministró 100 % del volumen total. Asimismo, las zonas X.3, V.3, XII.5, XII.3, X.1, XII.2, III.1, III.2 registraron 84.14 % de la cosecha de madera de pino, y X.3 acumuló 72.16 % de la correspondiente al oyamel.

Palabras clave: *Abies*, coníferas de México, conservación de bosques, gestión forestal, *Pinus*, Semarnat.

Fecha de recepción/Reception date: 13 de agosto de 2020

Fecha de aceptación/Acceptance date: 17 de noviembre de 2020

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. México.

*Autor por correspondencia; correo-e: flores.andres@inifap.gob.mx

Introducción

A nivel mundial, los bosques tienen un papel importante por el suministro de bienes y servicios que dan a la humanidad; asimismo, proveen de una amplia variedad de beneficios económicos y sociales. Durante la gestión de 1.2 billones de hectáreas destinadas a la producción de madera (FAO, 2016) se estima que existe una utilidad a través del tiempo para los poseedores de áreas forestales y empresas involucradas en el proceso de transformación de productos, por ejemplo: madera aserrada. El impacto económico de los aprovechamientos forestales se ha calculado mediante la consideración del valor unitario (precio de mercado) y el volumen del producto comercializado; mientras que el impacto social se ha estimado con mediciones indirectas que pueden ser cuantificadas y monitoreadas a través del tiempo (Moctezuma y Flores, 2020).

México se cataloga como un país de aptitud forestal por la diversidad de especies que alberga en su territorio (Gernandt y Pérez-De la Rosa, 2014). Así en el año 2017, 65 692 000 hectáreas de bosques fueron dedicadas a la producción de 8.5 millones de m³ de madera en rollo (FAO, 2020; Semarnat, 2020), en la cual destacaron las coníferas por su participación al Producto Interno Bruto (PIB) nacional (Inegi, 2020; Semarnat, 2020). Esta situación ha propiciado la implementación de programas de gestión sostenible a nivel local y estatal, como es el caso de las Unidades de Manejo Forestal, bajo métodos silvícolas que buscan incrementar la productividad y garantizar la continuidad de los taxones (Semarnat, 2018). Sin embargo, dichos programas no son totalmente claros en cuanto a los valores económicos y sociales que una o varias especies proveen en los diferentes niveles de la gestión; por ejemplo, zonas administrativas con distintas áreas geográficas, climáticas y de crecimiento de taxa, o zonas de movimiento de germoplasma.

La Comisión Nacional Forestal de México (Conafor) definió las zonas de movimiento de germoplasma (ZMG) como áreas homogéneas en cuanto a clima y distribución latitudinal o longitudinal (Conafor, 2016) para la regulación de semillas, frutos y material vegetativo; lo que ha reducido el movimiento de material vegetal fuera de

su distribución natural. En ellas se albergan especies que pueden ser administradas de forma operativa para bienes diferentes (p. ej. cosecha de madera), ya que tienen un nivel de regionalización adecuado (Flores, 2019). Al respecto, son escasos los trabajos en los cuales se desarrolla alguna propuesta para el manejo de productos o servicios derivados del bosque en ZMG, como la producción maderable de *Abies religiosa* (Kunth) Schlttdl. & Cham. (Flores, 2019) o estimación del potencial que tienen; por ejemplo, la viabilidad de restauración de áreas degradadas con especies de pino (Flores *et al.*, 2021).

Ante la escasez de información, el propósito del presente trabajo fue estimar el volumen de madera que se cosecha de las principales coníferas de México. El documento pretende ser una base para la toma de decisiones durante la administración y conservación de los bosques. El objetivo de la investigación fue determinar la cosecha de madera de 20 coníferas en ZMG, para ello se plantearon las siguientes preguntas: 1) ¿el volumen de madera en las ZMG es variable? y 2) ¿la cantidad de madera de las coníferas presentes en cada ZMG es diferente? Esta información permitirá incrementar los esfuerzos de gestión forestal en las zonas de mayor cosecha de madera para garantizar la sostenibilidad de las especies que albergan. La hipótesis que se formuló fue: la cosecha de madera de las ZMG depende de las especies presentes.

Materiales y Métodos

Se determinó la cosecha de madera de las principales coníferas usadas en la industria forestal mexicana, y que se obtiene en los bosques naturales de las ZMG. Se seleccionaron las ZMG definidas por la Conafor (2016) y que se distribuyen en 100 % del área forestal total del país; la elección se hizo porque tienen un nivel de regionalización que permite sean empleadas como áreas para la gestión de especies forestales en el ámbito nacional (Flores, 2019).

Se analizaron dos de los géneros más aprovechados y que contribuyeron con 73.4 % de la producción forestal nacional maderable en 2017 (Semarnat, 2020): *Pinus* y *Abies*.

Taxa que forman parte de los bosques templados fríos de las cadenas montañosas del país: Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico Transversal, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Centroamericana y Altos de Chiapas; asimismo, conforman áreas puras o mezcladas con otras coníferas, o con encinos (Rzedowski, 1979).

Para cada género, se estimó la cosecha de madera anual y promedio, a partir de las bases de datos de las especies incluidas en los informes estatales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2013 a 2017); también, se calculó el porcentaje de contribución de cada taxón al volumen total nacional. Se empleó esta información, porque son registros de producción forestal por especie, los cuales se emplearon para elaborar los Anuarios Estadísticos de la Producción Forestal de 2013 a 2017.

Por otra parte, se determinó el volumen de madera anual y promedio aprovechado de 2013 a 2017 en cada ZMG; para ello, se usó el método de Flores (2019) que consiste en hacer la asignación proporcional de la producción forestal maderable promedio (m^3r) de cada género con base en la distribución de las especies, la que se determinó a partir de los datos geográficos (latitud y longitud) de las parcelas del Inventario Nacional Forestal y de Suelo 2004-2007 (Conafor, 2018); cuya representación se hizo con el programa QGIS (<http://qgis.osgeo.org>) (QGIS Development Team, 2015). Además, se calculó la cosecha de madera promedio de las especies con mayor contribución en las ZMG más productivas.

Finalmente, se midieron los incrementos volumétricos a tasa de interés compuesto de los géneros *Pinus* y *Abies* con sus respectivas especies, y de las ZMG mediante la tasa media de crecimiento anual (TMCA) que se utiliza en periodos de mediano y largo plazo (Moctezuma y Flores, 2020), que para el caso del presente estudio implicó cinco años; es decir, mediano plazo. Su función matemática es la siguiente (Cuevas-Reyes, 2017):

$$TMCA = [((V_f/V_i)^{(1/n - 1)}) - 1] * 100$$

Donde:

V_f = Valor final de periodo

V_i = Valor inicial del periodo

n = Número de años del periodo

Cuando algunas especies y ZMG presentaron series con uno o más años sin registro, no se consideró su *TMCA* en razón de ser series no comparables.

Los datos sobre volúmenes de madera aprovechados por estado están registrados y disponibles para su consulta en el repositorio Zenodo (<https://zenodo.org/>), repositorio *online* europeo de acceso abierto para datos de resultados de investigación. Para acceder a esta base es necesario hacer referencia a la cita del presente artículo.

Resultados

Se determinó la cosecha de madera de 20 coníferas en las ZMG de México usando registros estatales de dos géneros. De forma específica, *Pinus* tuvo la mayor contribución al volumen maderable con 19 especies y *Abies* la menor con un taxón (Cuadro 1). Para la cosecha nacional de madera, los volúmenes de *P. patula* Schiede ex Schltld. & Cham., *P. douglasiana* Martínez, *P. maximinoi* H. E. Moore, *P. pseudostrobus* Lindl., *P. teocote* Schiede ex Schltld. et Cham., *P. oocarpa* Schiede ex Schltld. et Cham., *P. montezumae* Lamb. y *P. devoniana* Lindl. conformaron 81.39 % del total para el género en el periodo considerado; mientras que para oyamel, *A. religiosa* tuvo 100 % por ser la única especie registrada en las fuentes consultadas.

Al considerar el total de la cosecha de madera como la sumatoria del promedio de producción forestal de las especies de *Pinus* más la de *Abies*, la participación del género fue 84.92 %, lo que demuestra que este es el dominante en la cosecha de m³ de madera en México. Con relación a las *TMCA* de ambos géneros durante el periodo de estudio (2013 a 2017), *Pinus* tuvo un crecimiento de volumen aprovechado de 8.25 %, y *Abies* registró un decrecimiento de -2.14 %; los taxa de pino con las mejores *TMCA* fueron *P. devoniana*, con 86.94 %; *P. douglasiana*, con 77.94 %; y *P. herrerae* Martínez, con 74.98 %.

Cuadro 1. Cosecha de madera anual y promedio por especie, aprovechada de 2013 a 2017 en 20 especies, y su contribución al volumen total de cada género en las ZMG.

Especies	Cosecha de madera (m ³)					Promedio	Contribución ¹ (%)
	2013	2014	2015	2016	2017		
<i>P. patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	50 915.61	87 239.74	136 142.31	142 085.75	142 688.55	110 029.69	25.49
<i>P. douglasiana</i> Martínez	5 027.34	54 639.14	80 414.68	55 691.94	89 693.43	56 554.19	13.10
<i>P. maximinoi</i> H. E. Moore	20 314.88	37 589.82	17 321.93	67 234.22	84 583.79	53 303.97	12.35
<i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	13 065.69	27 256.49	28 308.44	39 340.66	63 816.59	35 667.48	8.26
<i>P. teocote</i> Schiede ex Schltdl. et Cham.	22 219.19	27 168.22	26 925.65	28 095.78	42 338.61	29 111.48	6.74
<i>P. oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	5 016.02	19 585.77	23 611.34	26 007.66	26 753.63	23 695.54	5.49
<i>P. montezumae</i> Lamb.	14 341.10	23 113.14	25 723.18	30 772.98	25 327.38	23 522.76	5.45
<i>P. devoniana</i> Lindl.	889.28	26 078.11	42 364.94	8 946.29	20 301.72	19 420.78	4.50
<i>P. ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltdl.	21 676.91	9 231.66	15 199.41	18 211.43	22 548.01	17 834.97	4.13
<i>P. leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. et Cham.	14 285.00	11 678.57	27 653.48	9 781.02	15 217.49	15 549.68	3.60
<i>P. arizonica</i> (Engelm.) Shaw	44 363.84	9 940.10	8 684.43	1 309.76	635.00	13 409.88	3.11
<i>P. engelmannii</i> Carrière	21 167.73	18 484.27	5 019.29	2 119.46	4 440.39	10 651.16	2.47
<i>P. durangensis</i> Martínez	25 752.91	9 503.47	2 708.63	739.37	2 614.87	8 520.35	1.97
<i>P. herrerae</i> Martínez	1 070.40	1 756.61	2 475.20	10 915.88	17 556.70	7 678.13	1.78
<i>P. lumholtzii</i> B. L. Rob et Fernald	960.52	4 323.56	7 601.61	2 605.12	5 158.71	4 193.01	0.97
<i>P. pringlei</i> Shaw	0.00	0.00	0.00	716.72	6 787.35	1 876.02	0.43
<i>P. hartwegii</i> Lindl.	0.00	250.00	0.00	2 127.90	0.00	462.37	0.11
<i>P. lawsonii</i> Roehl ex Gordon	0.00	0.00	0.00	26.44	484.28	127.68	0.03
<i>P. greggii</i> Engelm. ex Parl.	0.00	0.00	11.19	4.73	127.75	27.94	0.01
Subtotal	261 066.41	367 838.67	450 165.70	446 733.12	571 074.25	431 637.08	100.00
<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltdl. et Cham.	67 242.09	76 749.89	81 100.30	97 805.37	60 327.57	76 645.04	100.00
Subtotal	67 242.09	76 749.89	81 100.30	97 805.37	60 327.57	76 645.04	100.00
Total	328 308.50	444 588.55	531 265.99	544 538.49	631 401.82	508 282.12	

Fuente: Elaboración propia con datos de Semarnat (2013 a 2017).

La contribución de cada taxón al volumen total en las ZMG se estimó con base en la cosecha media de cinco años (2013 a 2017).

Con respecto al volumen de madera anual y promedio aprovechado por género en cada ZMG, en 20 ZMG se distribuyeron las especies de *Pinus* y representaron 84.55 % de la cosecha total de madera; la de *Abies* se localizó en cinco ZMG y su cosecha de madera constituyó 15.45 % (Cuadro 2); por lo tanto, estas zonas tienen un potencial importante para la cosecha de madera a nivel nacional.



Cuadro 2. Cosecha de madera aprovechada anual y promedio del periodo 2013 a 2017 de *Pinus* y *Abies* en cada zona de movimiento de germoplasma (ZMG).

ZMG	Cosecha de madera (m ³)					Promedio
	2013	2014	2015	2016	2017	
<i>Pinus</i>						
X.3	31 516.17	66 735.91	88 480.74	89 921.72	90 451.64	73 421.24
V.3	38 767.34	51 981.93	65 149.27	73 297.43	86 522.66	63 143.73
XII.5	27 556.26	45 694.58	65 926.89	69 958.82	67 258.82	55 279.08
XII.3	0.00	0.00	0.00	95 343.97	134 889.91	46 046.77
X.1	2 746.82	45 422.77	73 639.69	31 856.07	50 273.17	40 787.70
XII.2	1 780.11	23 945.71	35 015.13	34 613.41	55 052.44	30 081.36
III.1	51 946.94	21 120.42	14 262.50	13 339.68	14 052.27	22 944.36
III.2	64 212.22	26 841.44	10 290.43	2 310.45	2 238.73	21 178.65
XII.1	1 180.45	23 104.87	33 922.04	16 863.99	28 189.08	20 652.09
III.4	4 890.01	10 361.07	22 814.55	13 768.68	33 160.37	16 998.94
XIV.1	12 977.79	20 875.04	12 903.19	538.44	636.66	9 586.22
XV.1	8 215.46	19 320.20	16 806.04	1 364.88	700.60	9 281.44
III.3	8 456.20	3 822.50	2 642.49	1 440.57	3 828.23	4 038.00
XIV.2	3 875.36	6 618.79	3 556.55	225.39	208.89	2 897.00
VIII.3	465.30	1 530.27	1 000.55	1 238.58	2 224.21	1 291.78
VIII.4	2 416.67	336.41	345.06	637.82	1 380.34	1 023.26
V.1	0.00	0.00	3 037.74	0.00	0.00	607.55
XIV.3	29.30	114.54	135.60	12.52	4.72	59.34
V.2	0.00	0.00	233.67	0.00	0.00	46.73
IV.1	34.02	12.20	3.58	0.68	1.51	10.40
Subtotal	261 066.41	367 838.67	450 165.70	446 733.12	571 074.25	419 375.63
<i>Abies</i>						
X.3	50 162.41	59 391.72	65 074.14	60 916.03	40 984.52	55 305.76
X.2	15 158.80	13 945.04	12 843.20	27 541.02	14 704.31	16 838.47
XII.3	1 920.88	1 514.50	1 284.32	2 959.07	2 608.69	2 057.49
XII.1	0.00	1 107.53	1 107.53	3 727.06	1 184.20	1 425.27
X.1	0.00	791.10	791.10	2 662.19	845.85	1 018.05
Subtotal	67 242.09	76 749.89	81 100.30	97 805.37	60 327.57	76 645.04
Total	328 308.50	444 588.55	531 265.99	544 538.49	631 401.82	496 020.67

Fuente: Elaboración propia con datos de Semarnat (2013 a 2017).

De manera particular, ocho ZMG (X.3, V.3, XII.5, XII.3, X.1, XII.2, III.1, III.2) sobresalieron en la cosecha promedio de madera de *Pinus*, ya que aportaron 84.14 % (Figura 1); pero solo la ZMG X.3 tuvo una participación significativa en la de *Abies*, con 72.16 %, lo cual se debió a la presencia de una mayor densidad de árboles en esa zona (Figura 2).

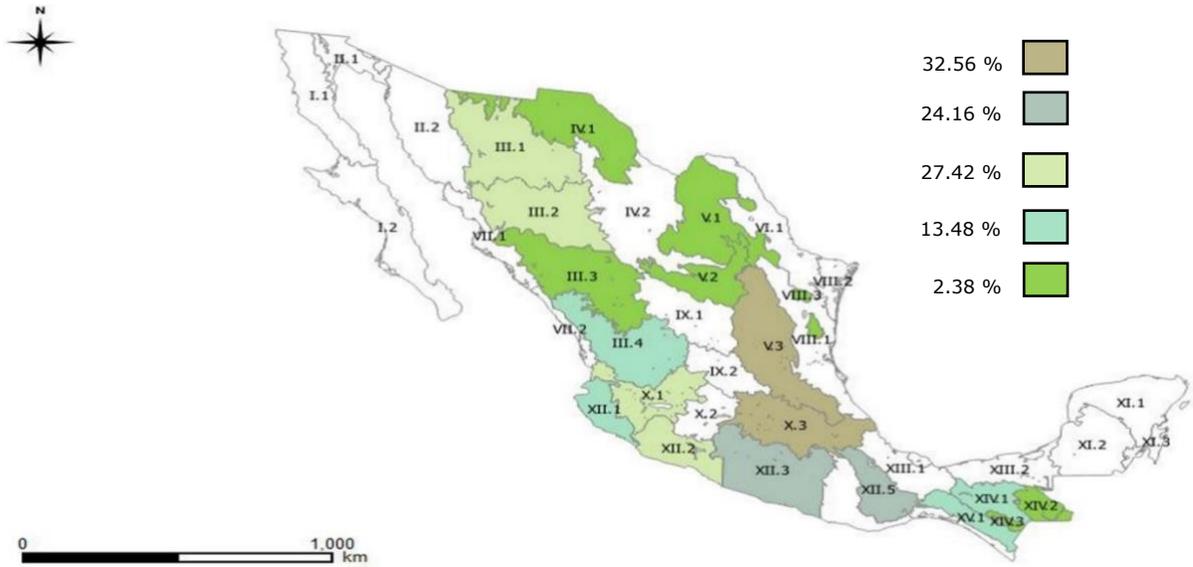


Figura 1. Porcentaje de volumen de madera de *Pinus* cosechado en las zonas de movimiento de germoplasma.

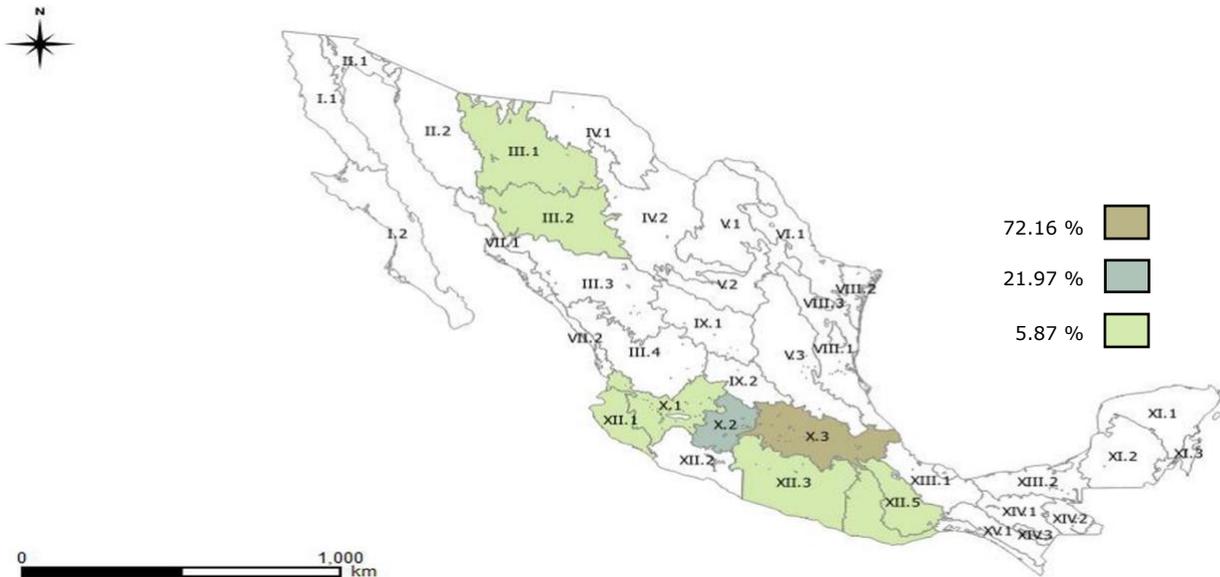


Figura 2. Porcentaje de volumen de madera de *Abies* cosechado en las zonas de movimiento de germoplasma.

En cuanto a las *TMCA* de las ZMG, la correspondiente a las zonas con pino fue 16.95 %; en tanto que, para el género *Abies* fue decreciente en -2.14 %; y para las zonas en su conjunto, de manera ponderada, alcanzaron la cifra de 13.78 %. La tasa negativa de *Abies* demuestra que la producción de la especie tuvo una disminución durante el periodo analizado, lo que propició el decrecimiento de su *TMCA*. El primer año de análisis fue de 67 242.09 m³ y el año final de 60 327.57 m³; a pesar de que en los años intermedios se registraron valores por arriba del inicial.

En relación a la cosecha promedio de madera, las especies con mayor contribución fueron: *P. patula*, *P. douglasiana*, *P. maximinoi*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. oocarpa*, *P. montezumae* y *P. devoniana*. *A. religiosa* también presentó una aportación importante (Cuadro 3).



Cuadro 3. Cosecha de madera promedio de nueve especies de coníferas en ocho zonas de movimiento de germoplasma (ZMG).

Especies	ZMG							
	X.3	V.3	XII.5	XII.3	X.1	XII.2	III.2	III.1
<i>P. patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	39 110.33	39 180.93	33 523.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>P. douglasiana</i> Martínez	0.00	0.00	0.00	3 121.94	24 278.58	17 851.89	42.29	8.85
<i>P. maximinoi</i> H. E. Moore	0.00	0.00	0.00	23 517.33	3 112.06	4 409.50	0.00	0.00
<i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	7 017.41	12 357.17	7 702.45	4 237.14	122.53	1 011.86	0.00	45.40
<i>P. teocote</i> Schiede ex Schltdl. et Cham.	20 260.80	5 116.29	0.00	990.64	0.00	24.16	39.49	0.00
<i>P. oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	0.00	84.71	0.00	9 066.82	0.00	870.05	5.76	0.00
<i>P. montezumae</i> Lamb.	4 269.21	6 329.16	12 807.63	324.31	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>P. devoniana</i> Lindl.	0.00	0.00	0.00	202.73	7 609.81	3 695.75	0.00	0.00
Subtotal	70 657.75	63 068.26	54 033.21	41 460.91	35 122.98	27 863.21	87.55	54.25
<i>A. religiosa</i> (Kunth) Schltdl. & Cham.	54 211.26	0.00	0.00	2 057.49	1 018.05	0.00	0.00	0.00
Subtotal	54 211.26	0.00	0.00	2 057.49	1 018.05	0.00	0.00	0.00
Total	124 869.01	63 068.26	54 033.21	43 518.40	36 141.03	27 863.21	87.55	54.25

Fuente: Elaboración propia con datos de Semarnat (2013 a 2017).

En el Cuadro 3 se observa que las mejores zonas para el género *Pinus*, en orden de importancia, fueron X.3, V.3 y XII.5; en tanto que, para *Abies* fue la zona X3. De manera general, la mejor ZMG fue X.3 lo que puede relacionarse con la densidad de árboles que existe en ella, y el crecimiento e incremento de las masas forestales de la zona (Flores, 2019).

Discusión

En el presente trabajo se estimó el volumen de madera cosechado de los géneros *Pinus* y *Abies* en ZMG, lo cual permitió identificar que ocho especies de pino y una de oyamel tuvieron la mayor contribución al volumen total registrado en las zonas de movimiento de germoplasma. Los resultados del estudio mostraron que la cantidad de m³ de madera de las ZMG fue variable debido a la presencia/ausencia de diferentes taxones en cada zona.

De acuerdo a la información obtenida en los informes anuales estatales de la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos de la Semarnat: *P. patula*, *P. douglasiana*, *P. maximinoi*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. oocarpa*, *P. montezumae* y *P. devoniana* tuvieron la mayor participación en las ZMG. Aunque durante el análisis de datos hubo estados que no se incluyeron por carecer de registros sobre el volumen aprovechado por especie, y solo tenerlos por género; por ejemplo, Durango. La cosecha de madera de cada taxón en las ZMG que se presenta en este trabajo es una aproximación de lo aprovechado.

De manera general, *Pinus* tuvo una tendencia ascendente que se midió por medio de su *TMCA* para la cosecha de 2013 a 2017, al igual que *Abies*; pero este género presentó una significativa disminución en 2017. Lo anterior se debe a que en México existe una mayor distribución de especies de pino que de oyamel, y en consecuencia, la aportación de *Pinus* al volumen maderable nacional y al PIB es mayor (Moctezuma y Flores, 2020). Aunque puede haber incrementos en el volumen aprovechado, como lo indican Torres-Rojo *et al.* (2016) quienes señalan que la cosecha forestal nacional

es variante y no satisface la demanda anual de productos, cuyo déficit es de 6 165.60 millones de dólares (Conafor, 2019).

En relación a la cosecha de madera por ZMG, aquellas con participación significativa de *Pinus* presentaron un volumen promedio por año superior a 20 000 m³; mientras que, para *Abies* fue >50 000 m³. Al respecto, las zonas X.3, V.3, XII.5, XII.3 y X.1 se consideran muy relevantes; ya que de acuerdo con Flores (2018, 2019) cuando el volumen cosechado en una zona es >40 000 m³, esta corresponde a una de alta producción. Característica que se relaciona con la densidad de árboles en los bosques naturales (Ruelas y Dávalos, 1999). En ambos géneros, el mayor volumen aprovechado se concentró en las zonas ubicadas en el centro del país, lo que mostró la necesidad de implementar una gestión sostenible en esa región, debido a que el aprovechamiento de las especies estudiadas es superior al resto de las zonas analizadas.

Las ocho ZMG que más contribuyeron a la cosecha de madera requieren una gestión que permita mantener la producción sostenible por especie; por ejemplo, mediante la autorización legal de los aprovechamientos forestales, y la regulación de la cosecha de los bosques sujetos a cortas ilegales (Caballero, 2005). En cuanto al resto de las ZMG, se necesita la implementación de estrategias para aumentar los volúmenes de corta y sus superficies forestales, a través de acciones que incrementen el porcentaje de sobrevivencia de las plantas utilizadas en los programas de reforestación; además del establecimiento de plantaciones forestales comerciales.

Las especies con mayor participación en la cosecha de madera existente en las ZMG tienen gran relevancia en el sector e industria forestal del país. Así, *P. patula* y *P. oocarpa* se usan en plantaciones debido a su rápido crecimiento y al volumen de madera que logran (Dvorak, 2012; Gwaze *et al.*, 2000); *P. pseudostrobus*, *P. oocarpa* y *P. devoniana* tienen potencial para restaurar zonas de baja o media degradación (Flores *et al.*, 2021); *P. douglasiana*, *P. montezumae* y *P. maximinoi* se utilizan en la industria de aserrío para la producción de escuadría (Zavala y Hernández, 2000); *P. devoniana* se emplea en la industria papelera (Escoto *et al.*, 2017); *P. teocote* es importante para la producción de resina (Wadsworth, 2000); *P. ayacahuite* tiene uso decorativo, como árbol de Navidad (Álvarez *et al.*, 2009); y *A. religiosa* se utiliza para

elaborar pulpa para papel, fabricación de cajas para empaques, postes, vigas, morillos, pilotes, leña y carbón (Arriola *et al.*, 2015).

Los resultados obtenidos sobre volumen de cosecha anual de madera de las especies en estudio demuestran que la regionalización hecha con las ZMG es una alternativa para la gestión de masas arbóreas, ya que está basada en el número y distribución de especies. Estos elementos son los que determinaron que el volumen de madera en las zonas fuera variable, así como las diferencias en la cantidad de madera de las coníferas analizadas.

Conclusiones

Pinus y *Abies* son los principales géneros de coníferas que aportan a la cosecha de madera en las ZMG; y de ellos, la mayor contribución corresponde a los taxones de pino, en particular: *Pinus patula*, *P. douglasiana*, *P. maximinoi*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. oocarpa*, *P. montezumae*. y *P. devoniana*; mientras que, para oyamel es *A. religiosa*. Esto confirma la hipótesis planteada; es decir, que la cosecha de madera de las ZMG depende de las especies presentes.

En relación al impacto que tienen los resultados obtenidos, basados en las preguntas de investigación formuladas, destaca la utilidad de la información generada sobre la producción maderable en las ZMG.

Por otra parte, este estudio es una base para los tomadores de decisión, ya que podrán jerarquizar actividades durante la elaboración de planes y programas de desarrollo forestal con el propósito de realizar más esfuerzos de gestión en las zonas de mayor cosecha de madera para garantizar la sostenibilidad y conservación de las especies que albergan.

En términos de crecimiento, la madera de pino evidencia a lo largo de los cinco años de estudio una tendencia positiva que destaca su importancia en la producción; situación contraria se presenta para el oyamel, que registra un comportamiento negativo. Lo anterior, hace necesaria la intervención de directivos y funcionarios de

diversas dependencias oficiales y de organismos no gubernamentales, así como de los centros de investigación nacionales e internacionales, centros académicos públicos y privados relacionados con la actividad forestal que contribuyan en la orientación hacia la investigación, manejo y transferencia forestal de los recursos monetarios, materiales y de talentos asignados.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Andrés Flores: concepción de la idea, formulación de la metodología, análisis de la información y redacción del manuscrito; Georgel Moctezuma-López: desarrollo de la metodología, análisis de la información y redacción del manuscrito. Ambos autores han leído y están de acuerdo en publicar el documento.

Referencias

Álvarez M., J. G., M. T. Colinas L., J. Sahagún C., A. Peña L. y J. L. Rodríguez-De la O. 2009. Tratamientos de poscosecha en árboles de navidad de *Pinus ayacahuite* Ehren y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Revista Ciencia Forestal en México 34(106): 171–190.

<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/679> (6 de agosto de 2020).

Arriola P., V. J., A. Flores G., A. R. Gijón H., T. Pineda O., V. Jacob-Cervantes y C. Nieto de P. P. 2015. Producción de planta de *Abies religiosa* (Kunth) Schltldl. & Cham. en vivero. Folleto Técnico Núm. 19. Cenid-Comef, INIFAP. México, D.F., México. 61 p.

- Caballero D., M. 2005. La verdadera cosecha maderable en México. *Revista Mexicana Ciencias Forestales* 1(1): 5-16. Doi: 10.29298/rmcf.v1i1.647.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2016. Manual para el establecimiento de unidades productoras de germoplasma forestal. Conafor. Zapopan, Jal., México. 71 p.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2018. Inventario Nacional Forestal y de Suelo (INFyS) 2013–2014. <http://transparencia01.cnf.gob.mx/OpenData/Inventario/> (2 de enero de 2018).
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2019. Estado que guarda el sector forestal en México. Conafor. Zapopan, Jal., México. 412 p.
- Cuevas-Reyes, V. 2017. Análisis del capital humano en el sector agropecuario de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(7): 1653-1659.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n7/2007-0934-remexca-8-07-1653.pdf> (18 de mayo de 2021).
- Dvorak, W. 2012. The strategic importance of applied tree conservation programs to the forest industry in South Africa. *Southern Forests: A Journal of Forest Science* 74(1): 1–6. Doi: 10.2989/20702620.2012.683635.
- Escoto G., T., N. Beas B., H. J. Contreras Q., A. Rodríguez R., S. G. Díaz R., J. Anzaldo H. y R. Vega E. 2017. Caracterización dasométrica y químico - micrográfica de tres especies de pino y su viabilidad de aprovechamiento integral. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8(41): 109-138. Doi:10.29298/rmcf.v8i41.28.
- Flores, A. 2018. Phenotypic variation among natural populations of pines. Implications for the management and conservation of genetic resources. Doctoral thesis. University of Valladolid. Palencia, Spain. 153 p.

Flores, A. 2019. Producción maderable de *Abies religiosa* (Kunth) Schlttdl. & Cham. en zonas de movimiento de germoplasma. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(56): 238–247. Doi:10.29298/rmcf.v10i56.481.

Flores, A., M. E. Romero-Sánchez, R. Pérez-Miranda, T. Pineda-Ojeda y F. Moreno-Sánchez. 2021. Potencial de restauración de bosques de coníferas en zonas de movimiento de germoplasma en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12(63): 4–27. Doi:10.29298/rmcf.v12i63.813.

Gernandt, D. S. y J. A. Pérez-De la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 126–133. Doi:10.7550/rmb.32195.

Gwaze, D. P., H. S. Dungey, M. J. Dieters, P. G. Toon and D. G. Nikles. 2000. Interspecific pine hybrids. I. Genetic parameter estimates in Australia. *Forest Genetics* 7(1): 11–20.
https://www.researchgate.net/publication/45166067_Interspecific_pine_hybrids_I_Genetic_parameter_estimates_in_Australia (6 de agosto de 2020).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2020. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas de Bienes y Servicios. México.
<https://www.inegi.org.mx/temas/pib/#> (20 de mayo 2021).

Moctezuma L., G. y A. Flores. 2020. Importancia económica del pino (*Pinus* spp.) como recurso natural en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11(60): 161–185. Doi:10.29298/rmcf.v11i60.720.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2016. Global forest resources assessment 2015. How are the world's forests changing? FAO. Rome, Italy. 244 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. FAO. Rome, Italy. 164 p.

- QGIS Development Team. 2015. QGIS Geographic Information System (v 2.8.7). Open Source Geospatial Foundation Project. Beaverton, OR, USA. n/p.
- Ruelas M., L. C. y R. Dávalos S. 1999. La industria forestal del estado de Chihuahua. *Madera y Bosques* 5(2): 79–91. Doi:10.21829/myb.1999.521349.
- Rzedowski, J. 1979. *Vegetación de México*. Ed. Limusa, México, D. F., México. 432 p.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2014. Anuario estadístico de la producción forestal 2013. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México, D.F., México. 230 p.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2014. Anuario estadístico de la producción forestal 2014. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México, D.F., México. 227 p.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2016. Anuario estadístico de la producción forestal 2015. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Ciudad de México, México. 227 p.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2016. Anuario estadístico de la producción forestal 2016. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Ciudad de México, México. 228 p.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2018. Ley general de desarrollo forestal sustentable. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México. 36 p.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2020. Anuario estadístico de la producción forestal 2017. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Ciudad de México, México. 285 p.

Torres-Rojo, J. M., R. Moreno-Sánchez and M. A. Mendoza-Briseño. 2016. Sustainable forest management in Mexico. *Current Forestry Reports* 2(2): 93–105. Doi:10.1007/s40725-016-0033-0.

Wadsworth, F. H. 2000. Producción forestal para América tropical. USDA Forest Service. Washington DC, USA. 603 p.

Zavala Z., D. y R. Hernández C. 2000. Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. *Madera y Bosques* 6(2): 41–55. Doi:10.21829/myb.2000.621374.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.