

RELACIÓN ENTRE DIÁMETRO NORMAL, ALTURA TOTAL Y GRAVEDAD ESPECÍFICA EN BOSQUES TEMPLADOS DE OAXACA¹

RELATE BETWEEN NORMAL DIAMETER, TOTAL HEIGHT AND SPECIFIC GRAVITY OF TEMPERATE FORESTS OF OAXACA

Y. Pérez-Alavez ^{1*}; G. Rodríguez-Ortiz ¹; S. Lozano-Trejo ¹; P.M. Martín ²

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Carretera al ITAO S/N, San Jesús Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, C. P. 71233.

²Department of Forestry and Environmental Resources, North Carolina State University, Raleigh, 27606, USA.

* E-mail: yazminprz720@gmail.com

Fecha de envío: 01, junio, 2026

Fecha de publicación: 20, julio, 2026

Resumen:

La relación existente entre las dimensiones del árbol y la gravedad específica de la madera es importante en proyectos de calidad maderable y de secuestro de carbono. El presente estudio analizó la relación entre el diámetro normal (*DN*) y la altura total (*AT*) con la gravedad específica (*GE*) de la madera. Los resultados mostraron una correlación significativa entre *GE-DN*, donde los grupos taxonómicos de *Pinus* (*P. patula*, *P. douglasiana*, *P. oaxacana*) alcanzaron los mayores valores de *DN* y *AT*, mientras que las latifoliadas (*Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Arbutus xalapensis*) mantuvieron valores superiores de *GE*. El análisis de correlación de Pearson evidenció una relación negativa significativa entre *DN* y *GE* ($r = -0.62$, $p < 0.01$), confirmando el compromiso fisiológico entre productividad y calidad tecnológica de la madera. Estos hallazgos aportan evidencia científica para fortalecer los programas comunitarios de manejo forestal en Oaxaca, integrando criterios de crecimiento, calidad y sostenibilidad.

Palabras clave: calidad, dureza, manejo forestal, sostenibilidad.

Abstract:

The relationship between tree dimensions and wood specific gravity is important in timber quality and carbon sequestration projects. This study analyzed the relationship between diameter at breast height (DBH) and total height (THH) with wood specific gravity (SG). The results showed a significant correlation between SG and DBH, with *Pinus* taxonomic groups (*P. patula*, *P. douglasiana*, *P. oaxacana*) exhibiting the highest DBH and THH values, while broadleaf species (*Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Arbutus xalapensis*) maintained higher SG values. Pearson's correlation analysis revealed a significant negative relationship between DBH and SG ($r = -0.62$, $p < 0.01$), confirming the physiological link between productivity and technological quality of the wood. These findings provide scientific evidence to strengthen community forest management programs in Oaxaca by integrating growth, quality, and sustainability criteria.

Keywords: quality, hardness, forest management, sustainability.

¹ Resultados de investigación de tesis de doctorado.

INTRODUCCIÓN

El manejo silvícola constituye una estrategia esencial para incrementar la productividad y calidad de los bosques templados. Las variables dasométricas como el diámetro normal (*DN*) y la altura total (*AT*) son indicadores fundamentales del crecimiento y la dinámica de los rodales, mientras que la gravedad específica (*GE*) de la madera representa un parámetro tecnológico clave para evaluar resistencia mecánica, durabilidad y capacidad de almacenamiento de carbono (Briseño-Reyes et al., 2020; FAO, 2025; Pérez-Alavez et al., 2023).

La aplicación de tratamientos de aclareo y poda favorece el incremento en el diámetro normal (*DN*) y la altura total (*AT*), al reducir la competencia y mejorar la disponibilidad de recursos (Sáenz-Romero et al., 2012; Pretzsch et al., 2014). Asimismo, en bosques templados de Oaxaca se ha documentado que los tratamientos silvícolas generan diferencias significativas en la acumulación de biomasa arbórea, modificando la productividad de los rodales de acuerdo con la intensidad de manejo aplicada. Ambrosio-Lazo et al. (2025) reportaron mayores cantidades de biomasa en áreas sin manejo en comparación con rodales sometidos a distintos tratamientos silvícolas, lo que evidencia que las intervenciones forestales alteran la estructura y dinámica del crecimiento arbóreo. Por otra parte, la gravedad específica (*GE*) de la madera se ha identificado como un factor crítico para determinar la calidad tecnológica y el valor comercial de los productos forestales (Henin et al., 2018; Moreno-Fernández et al., 2023). La integración conjunta de variables dasométricas, productividad forestal y atributos tecnológicos de la madera permite equilibrar producción, conservación y captura de carbono, fortaleciendo la sostenibilidad de los programas de manejo forestal a largo plazo (Majlingova, 2025; Vistin-Guamantaqui et al., 2022).



La biometría forestal ha permitido establecer relaciones cuantitativas entre estas variables, facilitando la construcción de modelos de crecimiento y rendimiento aplicables en diferentes contextos (Ferraz-Filho et al., 2026; FAO, 2025). En bosques naturales, la silvicultura busca equilibrar productividad, conservación y servicios ecosistémicos mediante tratamientos como podas y aclareos, que modifican la competencia y la disponibilidad de recursos (CONAFOR, 2025; Liu et al., 2026).

Los tratamientos silvícolas, especialmente los aclareos, incrementan la resiliencia de los bosques frente a sequías, plagas y disturbios naturales, consolidando su papel en la adaptación al cambio climático (Bottero et al., 2017; Chagnon et al., 2025; Sohn et al., 2016). Asimismo, se ha señalado que los sistemas de regeneración adaptativa permiten diseñar esquemas más sostenibles y genéricos para la gestión forestal (Majlingova, 2025; Palik et al., 2020).

A nivel global, se han identificado patrones en la variación de la densidad de la madera vinculados a factores ecológicos como la altura de la especie y el tamaño de las semillas, con implicaciones directas en el cálculo de biomasa y carbono (Bastin et al 2020; Liu et al., 2026; Mo et al., 2024; Zhu et al., 2025). Estos hallazgos refuerzan la necesidad de integrar criterios de crecimiento y calidad tecnológica en los programas de manejo forestal sostenible. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del diámetro normal y altura total en la calidad tecnológica de la madera (GE), identificando patrones de correlación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en 2025 en rodales templados de la Sierra Sur de Oaxaca, pertenecientes a San José del Pacífico en el lugar denominado “El encino” caracterizados por la presencia de especies de *Pinus oaxacana* Mirov, *P. douglasiana* Hartw, *P. leiophylla*, Schl. et Cham, *P. patula* Schl. et Cham, *P. pseudostrobus* Lind. *Quercus rugosa* Neé, *Q. laurina* Humb. Bonpl, *Q. crassifolia*, Humb. Bonpl, *Alnus acuminada* Kunth y *Arbutus xalapensis* Kunth. El clima es templado subhúmedo, con altitudes que oscilan entre 2000 y 2800 m.

Muestreo de sitios

Se establecieron 60 sitios de muestreo en los diferentes tratamientos silvícolas, donde se obtuvo diámetro normal (DN) a 1.30 m, altura total (AT) con pistola Haga y gravedad específica (GE) de la madera esta se llevó a cabo tomando una rodaja de cada especie de encinos y hojosas para el caso del género *pinus* se tomó una viruta, posteriormente se llevaron al laboratorio para obtener su peso verde y se metieron a una estufa de secado hasta obtener su peso constante, la fórmula es

$GE = \frac{\text{peso seco (g)}}{\text{volumen cm}^3}$. Se establecieron sitios de 400 m², en donde se inventariaron todos los árboles mayores a 5 cm de diámetro.

Manejo y análisis de datos

Se realizaron análisis descriptivos por especie con el fin de identificar tendencias generales en las variables medidas. Se realizó la prueba de correlación de Pearson ($\alpha = 0.05$) entre *AT-GE* y *DN-GE*. Se realizaron gráficos comparativos para visualizar la distribución de *DN*, *AT* y *GE* por especie y diagramas de dispersión para explorar las relaciones entre las variables en el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores oscilaron entre 5 y 89 cm para *DN*, 2 y 40 m para *AT*, y 0.44 a 0.75 g cm⁻³ para *GE*, reflejando una amplia variabilidad estructural y tecnológica entre especies (Tabla 1).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de diámetro normal (*DN*), altura total (*AT*) y gravedad específica (*GE*) por especie

Table 1. Descriptive statistics of normal diameter (*DN*), total height (*AT*) and specific gravity (*GE*) by species

Especie	Nº de árboles	DN (cm)	AT (m)	GE (g cm ⁻³)
<i>Pinus patula</i>	254	55.8 ± 14.2	31.2 ± 5.4	0.46 ± 0.02
<i>Pinus douglasiana</i>	303	61.7 ± 15.8	33.5 ± 6.1	0.52 ± 0.01
<i>Pinus oaxacana</i>	53	56.7 ± 12.4	29.8 ± 4.7	0.46 ± 0.01
<i>Quercus laurina</i>	259	18.4 ± 9.2	10.5 ± 3.6	0.70 ± 0.02
<i>Quercus rugosa</i>	105	20.1 ± 8.5	9.8 ± 3.1	0.59 ± 0.01
<i>Alnus acuminata</i>	278	22.3 ± 7.6	11.2 ± 3.4	0.54 ± 0.01
<i>Arbutus xalapensis</i>	81	19.6 ± 6.8	9.5 ± 2.9	0.75 ± 0.02

Media± desviación estándar

Las especies de *Pinus* (*P. patula*, *P. douglasiana*, *P. oaxacana*) poseen tamaños mayores en *DN* y *AT*, mientras que las latifoliadas (*Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Arbutus xalapensis*) mantuvieron valores superiores de *GE* (Tabla 1), lo que

sugiere una relación inversa entre el crecimiento y densidad de la madera (Bottero et al., 2017; Sáenz-Romero et al., 2012; Shmulsky y Jones, 2019).

Los promedios y desviaciones estándar evidenciaron que *P. douglasiana* alcanzó los mayores valores de *DN* (61.7 ± 15.8 cm) y *AT* (33.5 ± 6.1 m), mientras que *Q. laurina* y *A. xalapensis* presentaron las mayores densidades ($GE = 0.70 \pm 0.02$ y 0.75 ± 0.02 g cm⁻³) (Tabla 1). Estos datos concuerdan con Wentzel et al. (2024) y Cuny et al. (2025), quienes señalan que las coníferas muestran mayor crecimiento volumétrico y las latifoliadas mayor densidad y resistencia mecánica. La baja variabilidad observada en *DN* y *AT* en *Alnus acuminata* y *Arbutus xalapensis* sugiere una mayor homogeneidad, posiblemente asociada a su plasticidad ecológica y capacidad de regeneración en aclareos.

La correlación entre el *DN* y *AT* es altamente significativa (0.78) lo que indica que los árboles con mayor diámetro tienden también a alcanzar mayores alturas (Tabla 2). La relación es consistente con la teoría de la alometría forestal, donde el crecimiento radial y vertical están estrechamente vinculados por la disponibilidad de recursos y la competencia por luz. Estudios en bosques templados de México y Sudamérica han documentado este patrón en *Pinus patula* y *P. douglasiana*, confirmando que los tratamientos silvícolas que reducen la competencia favorecen tanto el diámetro como la altura (Anton et al., 2015; Moreno-Fernández et al., 2018; Sohn et al., 2016; Sáenz-Romero et al., 2012).

Tabla 2. Matriz de correlaciones entre diámetro normal (*DN*), altura total (*AT*) y gravedad específica (*GE*).

Table 2. Correlation matrix between normal diameter (*DN*), total height (*AT*) and specific gravity (*GE*).

Variable	Diámetro normal (cm)	Altura total (m)	Gravedad específica (g cm ⁻³)
Diámetro normal (cm)	1	0.78**	-0.62**
Altura total (m)		1	-0.21 ^{ns}
Gravedad específica (g cm ⁻³)			1

**Altamente significativo ($p \leq 0.05$), ^{ns}no significativo ($p > 0.05$).

Por otro lado, el *DN* y *GE* tienen una correlación negativa significativa (-0.62) este hallazgo refleja un trade-off fisiológico: a mayor crecimiento en diámetro, la densidad de la madera disminuye. El fenómeno se explica porque los árboles que crecen rápidamente producen mayor proporción de madera juvenil, caracterizada por menor compactación de fibras y menor resistencia mecánica. Investigaciones en Europa y América Latina han señalado que este compromiso entre productividad y calidad tecnológica es común en coníferas bajo manejo intensivo (FAO, 2025; Bottero et al., 2017; Moreno-Fernández et al., 2023). En términos prácticos, implica que los programas de manejo deben balancear la producción volumétrica con la calidad de la madera, según los objetivos productivos.

La relación entre *AT* y *GE* no fue significativa (-0.21) esto indica que la altura no influye directamente en la densidad de la madera. Esto puede deberse a que la densidad está más relacionada con factores fisiológicos internos (edad cambial, proporción de madera juvenil vs. madura, que con la dimensión vertical del árbol. Estudios recientes en latifoliadas (*Quercus laurina*, *Arbutus xalapensis*) confirman que la densidad se mantiene elevada independientemente de la altura, lo que las hace valiosas para usos estructurales y energéticos (FAO, 2025; Wentzel et al., 2024; Zhu et al., 2025).

Los boxplots evidencian diferencias marcadas entre grupos taxonómicos: las especies de *Pinus* (*P. douglasiana*, *P. patula*, *P. oaxacana*) presentan los mayores valores de *DN* y *AT*, con medianas superiores a 50 cm y 30 m respectivamente. Las latifoliadas (*Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Arbutus xalapensis*) muestran valores menores de *DN* y *AT*, pero destacan por su mayor *GE* (0.70–0.75 g cm⁻³). *Alnus acuminata* ocupa una posición intermedia, con crecimiento moderado y densidad media (≈ 0.54 g cm⁻³) (Figura 1).

Estos resultados confirman que las especies de *Pinus* responden favorablemente a los tratamientos silvícolas, mostrando mayor incremento en diámetro y altura, lo que coincide con estudios de Sáenz-Romero et al. (2012) y Chagnon et al. (2025). Por el contrario, las latifoliadas mantienen una densidad específica superior, reflejando una estrategia fisiológica orientada a la resistencia mecánica y la durabilidad de la madera (Moreno-Fernandez et al., 2023; Wentzel et al., 2024).

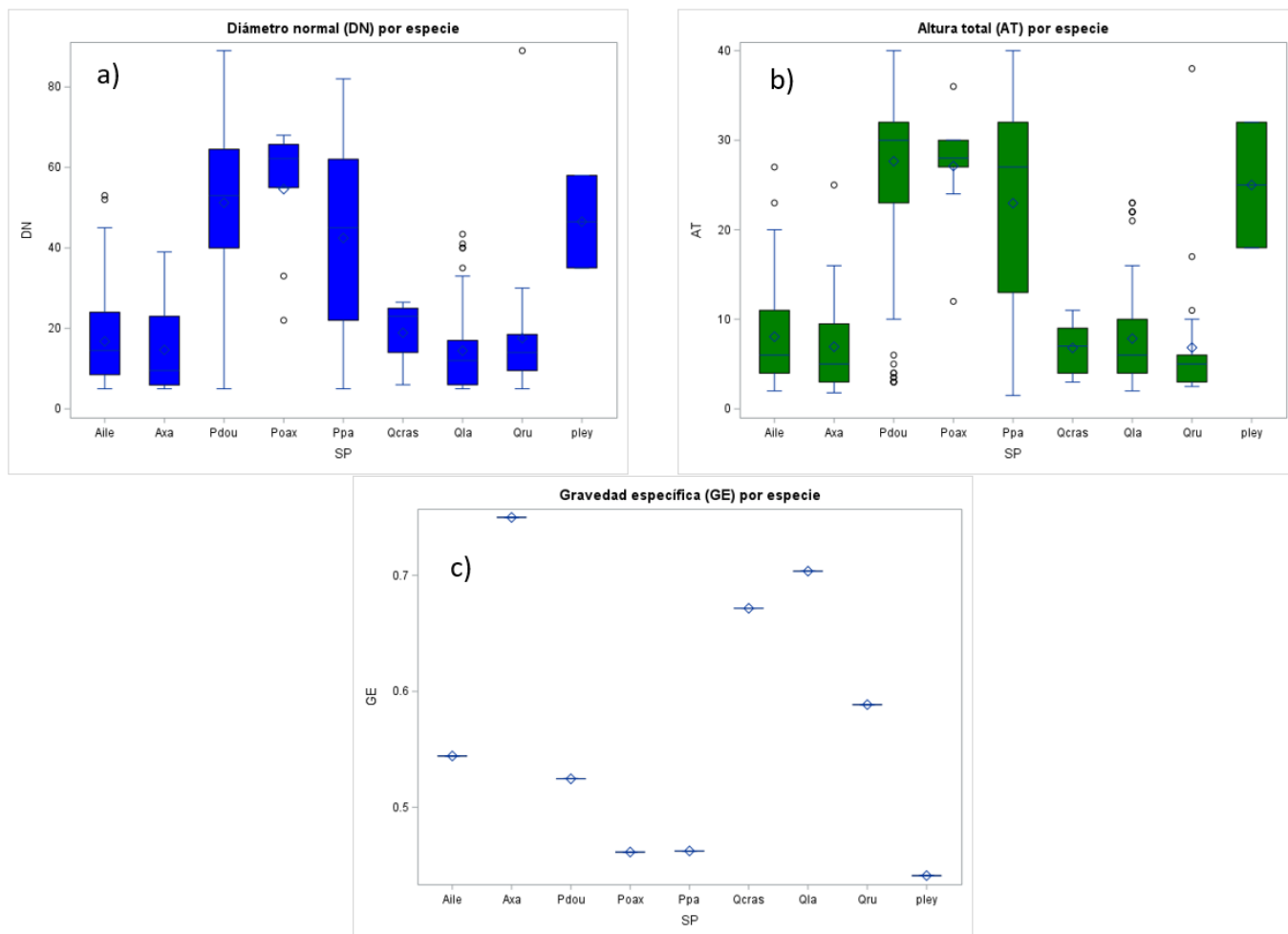


Figura 1. Boxplots comparativos de diámetro normal (DN), altura total (AT) y gravedad específica (GE) por especie. Aile = *alnus acuminata*, Axa = *arbutus xalapensis*, Pdou = *pinus douglasiana*, Ppa = *pinus patula*, Qcras = *Quercus crassifolia*, Qla = *Quercus laurina*, Qru = *Quercus rugosa*, Pley = *pinus leiophilla*.

Figure 1. Comparative boxplots of normal diameter (DN), total height (AT) and specific gravity (GE) by species. Aile = *alnus acuminata*, Axa = *arbutus xalapensis*, Pdou = *pinus douglasiana*, Ppa = *pinus patula*, Qcras = *Quercus crassifolia*, Qla = *Quercus laurina*, Qru = *Quercus rugosa*, Pley = *pinus leiophilla*.

La variabilidad observada en los boxplots también sugiere que la respuesta al manejo depende de la estructura anatómica y la tasa de crecimiento de cada especie. En términos de manejo forestal, esto implica que los tratamientos deben ajustarse según el objetivo productivo: volumen en coníferas o calidad tecnológica en latifoliadas.

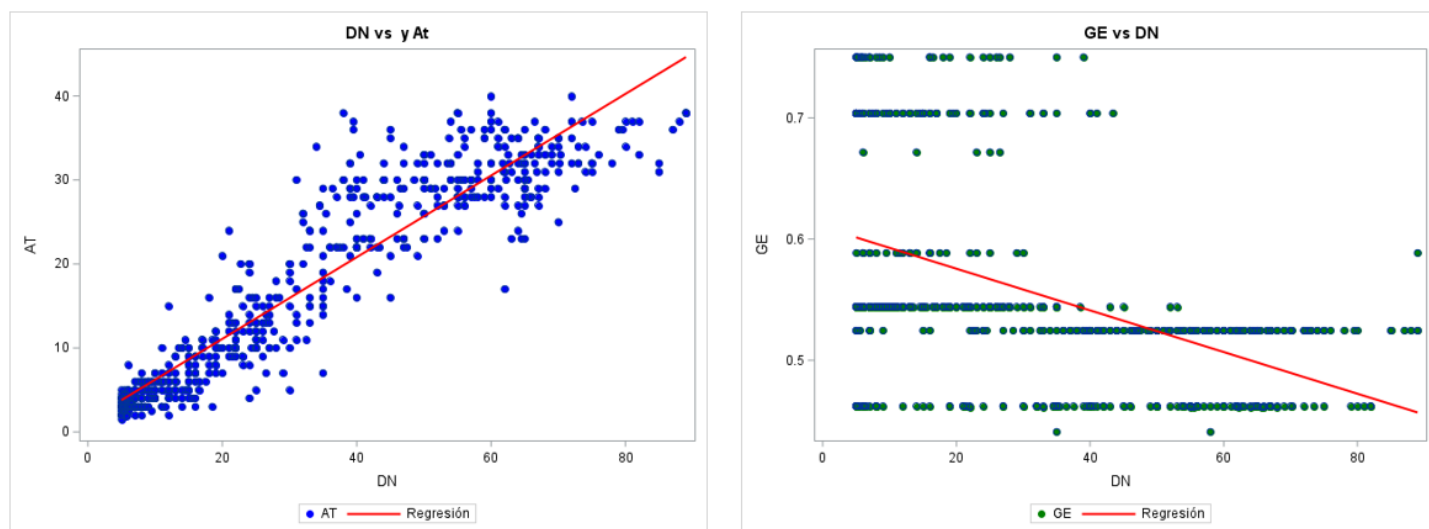


Figura 2. Diagramas de dispersión diámetro normal (*DN*), altura total (*AT*) y gravedad específica (*GE*).

Figure 2. Scatter diagrams of normal diameter (*DN*), total height (*AT*) and specific gravity (*GE*).

La relación principal entre el *AT-GE* (-0.21) es una correlación negativa no significativa. Los puntos se distribuyen con una tendencia inversa, indicando que los árboles con mayor altura alcanzan menor *GE*. Por otro lado, el *DN-GE* tienen una correlación negativa significativa (-0.62). La tendencia descendente muestra que el aumento en diámetro se asocia con una reducción en la densidad de la madera.

La correlación negativa entre *DN-AT* con la *GE* confirma la coherencia alométrica del crecimiento arbóreo: el desarrollo radial y vertical están interrelacionados por la competencia por luz y nutrientes (Pretzsch et al., 2014). La correlación negativa evidencia el trade-off fisiológico entre productividad y calidad tecnológica, ampliamente documentado en bosques templados y tropicales (FAO, 2025; Zhu et al., 2025).

En el ámbito de la calidad de la madera, investigaciones en *Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst. muestran que las propiedades tecnológicas varían significativamente bajo diferentes condiciones silvícolas, confirmando la influencia directa de los tratamientos en la densidad y resistencia (Wentzel et al.,

2024). De manera similar, estudios en *Pinus sylvestris* L. han identificado que las propiedades mecánicas de la madera escalan con la distancia a la copa, lo que refleja la interacción entre crecimiento y calidad (Cony et al., 2025).

Este patrón implica que los tratamientos silvícolas intensivos, aunque aumentan el volumen, pueden reducir la densidad y resistencia de la madera. Por ello, los programas de manejo deben equilibrar la intensidad de las intervenciones para optimizar tanto el crecimiento como la calidad del producto final. Estas relaciones son fundamentales para los programas comunitarios de manejo forestal, donde la sostenibilidad requiere integrar criterios de crecimiento, densidad y resiliencia ecológica (Majlingova, 2025; Vistin-Guamantaqui et al., 2022).

CONCLUSIÓN

La relación negativa entre el diámetro normal (*DN*) y la altura total (*AT*) con la gravedad específica (*GE*) de la madera evidencia el trade-off fisiológico entre productividad y calidad tecnológica de la madera; sin embargo, la densidad de la madera está más asociada a factores fisiológicos internos que al crecimiento vertical, lo que refuerza la importancia de seleccionar especies según el destino industrial. *Quercus* y *Arbutus* mantienen mayor densidad de madera, lo que las hace valiosas para usos estructurales. Los resultados son relevantes para los programas comunitarios de manejo forestal, donde la sostenibilidad depende de equilibrar producción maderable, conservación de biodiversidad y captura de carbono. Se recomienda que los planes de manejo integren indicadores de crecimiento (*DN* y *AT*), junto con la calidad tecnológica (*GE*), ajustando la intensidad de los tratamientos silvícolas, según los objetivos productivos: volumen en coníferas y resistencia en latifoliadas.

Agradecimientos

Esta investigación está financiada por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), a través de la beca número 677125 del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), con el tema de investigación “Potencial de secuestro de carbono en rodales con aprovechamiento maderable del Sur de Oaxaca”.

LITERATURA CITADA

- Ambrosio-Lazo, A., Rodríguez-Ortiz, G., Santiago-García, W., & Lozano-Trejo, S. (2025). Influencia de tratamientos silvícolas en la acumulación de biomasa arbórea. *Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato*, 7(1), 136–147. <https://doi.org/10.15174/cia.v7i1.161>
- Anton, L., Mather, A., Stokes, M., et al. (2015). Formación excepcional de garganta fluvial a partir de inundaciones poco destacadas. *Nature Communications*, 6, 7963. <https://doi.org/10.1038/ncomms8963>
- Bastin, J. F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., ... Crowther, T. W. (2020). The global tree restoration potential. *Science*, 365(6448), 76–79. <https://doi.org/10.1126/science.aax0848>
- Bottero, A., D'Amato, A. W., Palik, B. J., Bradford, J. B., Fraver, S., Battaglia, M. A., & Asherin, L. A. (2017). Density-dependent vulnerability of forest ecosystems to drought. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1605–1614. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12847>
- Briseño-Reyes, J., Corral-Rivas, J. J., Solis-Moreno, R., Padilla-Martínez, J. R., Vega-Nieva, D. J., López-Serrano, P. M., Vargas-Larreta, B., Diéguez-Aranda, U., Quiñonez-Barraza, G., & López-Sánchez, C. A. (2020). Modelos individuales de crecimiento de diámetro y altura de árboles para 30 especies en bosques mixtos y de edad desigual de México. *Forests*, 11(4), 429. <https://doi.org/10.3390/f11040429>
- Chagnon, C., Dumont, S., Morin-Bernard, A., Jactel, H., Achim, A., & Moreau, G. (2025). Potential of thinning to increase forest resilience and resistance to drought, pest, windstorm and fire: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 590, 122788. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122788>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2025). *Programa Estratégico Forestal para México 2025*. Guadalajara: CONAFOR. <http://conafor.gob.mx>
- Cuny, H., Bontemps, J.-D., Besic, N., Colin, A., Hertzog, L., Squin, A., Marchand, W., Vega, C., & Leban, J.-M. (2025). Wood density variation in European forest species: Drivers and implications for multiscale biomass and carbon assessment in France. *EGUsphere*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-4152>
- FAO. (2025). *Global Forest Resources Assessment 2025*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/forest-resources-assessment>
- Ferraz-Filho, A. C., Ribeiro, A., Porfírio, K. P., & Gomes De Araújo, E. J. (2026). Advances in forest biometrics, inventory, and modelling of growth and yield. *Forests*, 17(3), 366. <https://doi.org/10.3390/f17030366>
- Henin, J.-M., Pollet, C., Jourez, B., & Hébert, J. (2018). Impact of tree growth rate on the mechanical properties of Douglas fir lumber in Belgium. *Forests*, 9(6), 342. <https://doi.org/10.3390/f9060342>
- Liu, S., Liu, X., Chen, Q., Xin, W., Yang, S., & Wang, J. (2026). Short-term effects of thinning on stand carbon density and sediment carbon burial indicators

- in *Kandelia obovata* plantations. *Forests*, 17(3), 356. <https://doi.org/10.3390/f17030356>
- Majlingova, A. (2025). From sustainability to regeneration: A systems approach to mountain forestscape restoration. *Sustainability*, 17(9), 4001. <https://doi.org/10.3390/su17094001>
- Mo, L., Crowther, T. W., Maynard, D. S., et al. (2024). The global distribution and drivers of wood density and their impact on forest carbon stocks. *Nature Ecology & Evolution*, 8, 2195–2212. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02564-9>
- Moreno-Fernández, D., Hevia, A., Majada, J., & Cañellas, I. (2018). Do common silvicultural treatments affect wood density of Mediterranean montane pines? *Forests*, 9(2), 80. <https://doi.org/10.3390/f9020080>
- Moreno-Fernández, D., Hevia, A., Alberdi, I., & Cañellas, I. (2023). Influence of silvicultural operations on the growth and wood density properties of Mediterranean pines. In T. F. Fonseca & A. C. Gonçalves (Eds.), *Conifers – From seed to sustainable stands* (pp. 1–25). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1003005>
- Palik, B. J., D'Amato, A. W., Franklin, J. F., & Johnson, K. N. (2020). *Ecological silviculture: Foundations and applications*. Waveland Press.
- Pérez Alavez, Y., Rodríguez-Ortiz, G., Santiago-García, W., Campos-Angeles, G. V., Martín, M. P., & Lozano-Trejo, S. (2023). Gravedad específica de la madera en especies arbóreas para proyectos de carbono. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(2). <https://doi.org/10.60158/rma.v10i2.395>
- Pretzsch, H., Biber, P., Schütze, G., Uhl, E., & Rötzer, T. (2014). Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870. *Nature Communications*, 5, 4967. <https://doi.org/10.1038/ncomms5967>
- Sáenz-Romero, C., Rehfeldt, G. E., Crookston, N. L., Duval, P., & Beaulieu, J. (2012). Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán State, México: Impacts on the vegetation. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 35(4), 334–345. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000400010
- Shmulsky, R., & Jones, P. (2019). Silvicultural practices and wood quality. In *Wood and wood-based materials* (pp. 215–240). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119426400.ch11>
- Sohn, J. A., Saha, S., & Bauhus, J. (2016). Potential of forest thinning to mitigate drought stress: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 495, 119183. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119183>
- Vistin-Guamantaqui, D. A., Muñoz Jácome, E. A., Ati Cutiupala, G. M., & Vaca-Cárdenas, M. E. (2022). Carbon bonds, a sustainability alternative in the Chimborazo Fauna Production Reserve. *Madera y Bosques*, 28(1), e2812089. <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812089>

Wentzel, M., Pesenti, H., Droppelmann, F., & Rolleri, A. (2024). Propiedades de adelgazamiento de la madera de *Nothofagus alpina* en tres condiciones silvícolas diferentes. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 26(7). <https://doi.org/10.223>

