



DOI: [10.29298/rmcf.v13i70.1162](https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i70.1162)

Artículo revisión

Aportaciones científicas del Programa de Plantaciones Forestales en el INIFAP

Scientific contributions from the Forest Plantation Program at INIFAP

Xavier García-Cuevas^{1*}

José Trinidad Sáenz-Reyes²

Hipólito Jesús Muñoz-Flores²

Adrián Hernández-Ramos³

Agustín Rueda-Sánchez⁴

Jonathan Hernández-Ramos¹

Gabriela Orozco-Gutiérrez⁵

Abstract

The National Institute for Research on Forests, Agriculture and Livestock (INIFAP) has six Forest Systems, among them, the Forest Plantations System (FPS), which includes three research lines, nine products to be obtained, and three specific objectives. The aim of this work was to compile and analyze information of research publications in books and scientific journals made in the FPS 35 years after the creation of INIFAP. A search was made on the websites of publications between 1985 and 2021 of books and articles in scientific journals, using keywords. We analyzed 9 works related to the ecological characterization of degraded habitat, 26 on the production of quality plants that have had an impact on components to produce millions of plants, and 61 for the establishment and management of CFPs; 84.2 % deal with the growth species, of which in 2020 the existence of 230 341 ha of CFPs and 101 577 ha of agroforestry systems (AS) were reported. These research studies have served as the basis for implementing development programs that contribute to the economy of rural inhabitants at the regional and national levels.

Key words: Climate change, germplasm, forest modeling, forest plantations, productive potential, plant production.

Resumen

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) cuenta con seis Sistemas Forestales (SF) para fortalecer la investigación. Dentro de ellos, el Sistema de Plantaciones Forestales (SPF) incluye tres líneas de investigación, nueve productos por obtener y tres objetivos específicos. El objetivo de este trabajo fue compilar y analizar la información de publicaciones de investigación en libros y revistas científicas realizadas en el SPF del INIFAP a los 35 años de su

creación. Se hizo una búsqueda en sitios de la web de publicaciones entre 1985 y 2021 de libros y artículos científicos, usando palabras clave. Se analizaron nueve trabajos relacionados con la caracterización ecológica de hábitat degradado, que son la base para el establecimiento de plantaciones forestales de reforestación (PFR) con al menos 86 especies de importancia comercial, 26 sobre producción de plantas de calidad que han tenido impacto en componentes para producir millones de plantas y 61 para establecimiento y manejo de PFC, donde 84.2 % son sobre el crecimiento de las especies, de las cuales en 2020 se reporta la existencia de 230 341 ha de PFC y 101 577 ha de sistemas agroforestales (SA). Estas investigaciones han sido la base para implementar programas de desarrollo que contribuyen a la economía de los habitantes rurales a nivel regional y nacional.

Palabras clave: Cambio climático, germoplasma, modelación forestal, plantaciones forestales, potencial productivo, producción de plantas.

Fecha de recepción/Reception date: 15 de mayo de 2021

Fecha de aceptación/Acceptance date: 27 de enero de 2022

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Chetumal. México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Uruapan. México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Saltillo. México.

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. México.

⁵Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Tecomán. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: garcia.xavier@inifap.gob.mx

Introducción

En el mundo, las plantaciones forestales comerciales (PFC) son una estrategia para incrementar la producción, reducir el déficit de materias primas, generar desarrollo y disminuir la presión sobre los bosques naturales. Entre 2000 y 2010 la superficie de PFC aumentó 6 %; para el año 2016 cubrían 264 millones de hectáreas (7 % de la superficie forestal mundial); de ellas, 30 % se concentró en Asia, y la mayoría tenían fines industriales (FAO, 2016).

En México, en los años 50 se estableció una PFC de 6 400 ha de *Eucalyptus* spp. en San Luís Potosí; y en Oaxaca, de 1974 a 1980 se plantaron 10 000 ha con *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Bar. y Golf. (Prodefo, 2000).

A partir del año 2000, la Comisión Nacional Forestal (Conafor) inició el Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan) y para el 2019 se habían plantado 230 341 ha (78.38 % del total nacional) en ocho estados del país; principalmente, con *Eucalyptus grandis* W. Hill, *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (21 %), *Cedrela odorata* L. (17 %), *Gmelina arborea* Roxb. (11 %), *Pinus* sp. (10 %), *Swietenia macrophylla* King (9 %), *Tectona grandis* L. f. (9 %), *Agave lechuguilla* Torr. (7 %), *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. & Arg. (4 %), *Chamaedora* spp. (3 %), *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. (2 %), algunas especies de pino navideño (2 %) y otros taxones (5 %) (Conafor, 2020).

Por otra parte, desde la creación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en 1985, ha existido el Programa de Plantaciones Forestales (PPF), hoy con tres líneas de investigación y nueve productos (Cuadro 1); en el cual se han generado tecnologías para la producción de planta, el establecimiento, evaluación y manejo de PFC (INIFAP, 2018).

Cuadro 1. Líneas de investigación y productos por obtener en el PPF del INIFAP.

Línea de investigación	Productos
1. Caracterización ecológica de hábitat degradado	1.1 Tecnología para el establecimiento y manejo de PF con fines de recuperación (PFR)
2. Tecnología para la producción de plantas forestales de calidad	2.1. Métodos para la conservación y propagación de especies recalcitrantes prioritarias y endémicas
	2.2. Tecnología para la producción de plantas de calidad
3. Establecimiento y manejo de PFC	3.1. Tecnología para el establecimiento y manejo de PFC
	3.2. Modelos de crecimiento, incremento y rendimiento para PFC
	3.3. Tablas de volúmenes y tablas de producción por especies
	3.4. Mapas de potencial productivo para PFC
	3.5. Mapas con áreas de potencial productivo para PFC ante escenario de cambio climático
	3.6. Indicadores de productividad de biomasa y captura de carbono en PF

Fuente: INIFAP (2018).

Por lo anterior, el objetivo del presente documento es compilar y analizar la información de publicaciones de investigación plasmada en libros, publicaciones especiales y revistas científicas realizadas por investigadores del PPF del INIFAP, a los 35 años de su creación.

Metodología

Se hizo una búsqueda en sitios de la *web*, como *Docplayer*, *Google Chrome*, *Google Scholar*, *Redalyc*, *ResearchGate* y *SciELO* de las publicaciones generadas entre 1985 y 2021, se incluyeron libros científicos, libros técnicos, publicaciones especiales y revistas científicas; las palabras claves usadas fueron los nombres de investigadores, títulos de trabajos, términos relacionados con líneas de investigación, productos y objetivos del PPF del INIFAP. Dado que algunos documentos integran más de una especie, a cada una de ellas se le denominó estudio. Se obtuvieron frecuencias de la información obtenida e impactos en los que han contribuido las tecnologías a nivel regional o nacional de acuerdo a las líneas de investigación y productos que integran el PPF del INIFAP (2018) (Cuadro 1).

La búsqueda resultó en 97 publicaciones, con un promedio anual de 2.7 publicaciones; distribuidas en las tres líneas de investigación del PPF del INIFAP (Cuadro 1; figuras 1 y 2).

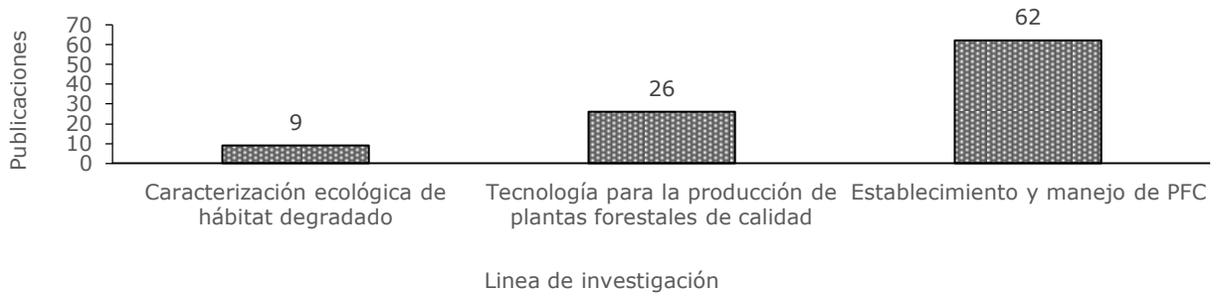


Figura 1. Publicaciones por línea de investigación del PPF del INIFAP.

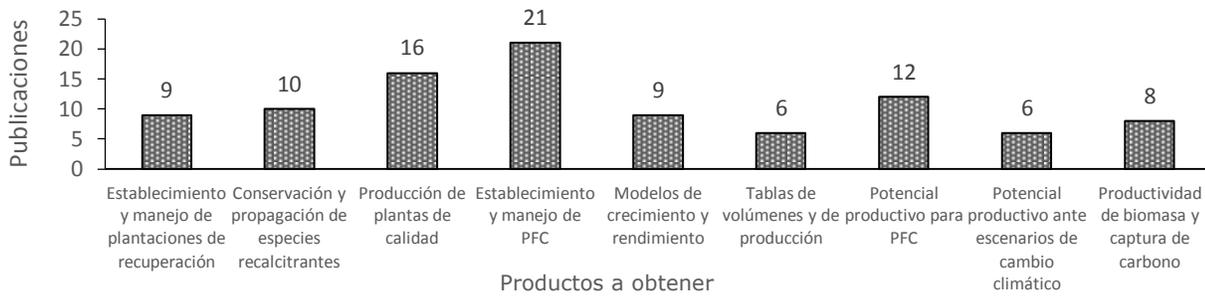
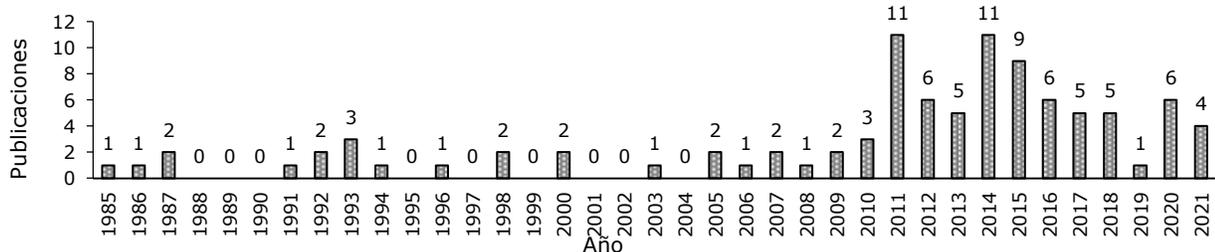


Figura 2. Publicaciones por productos del PPF del INIFAP.

El número de publicaciones se incrementó a partir del año 2011 al 2021, años en los que se publicó 71.9 % de los documentos revisados (Figura 3).



En las
97

publicaciones incluidas en la presente revisión, las especies estudiadas fueron 128 en 228 estudios (Figura 4).

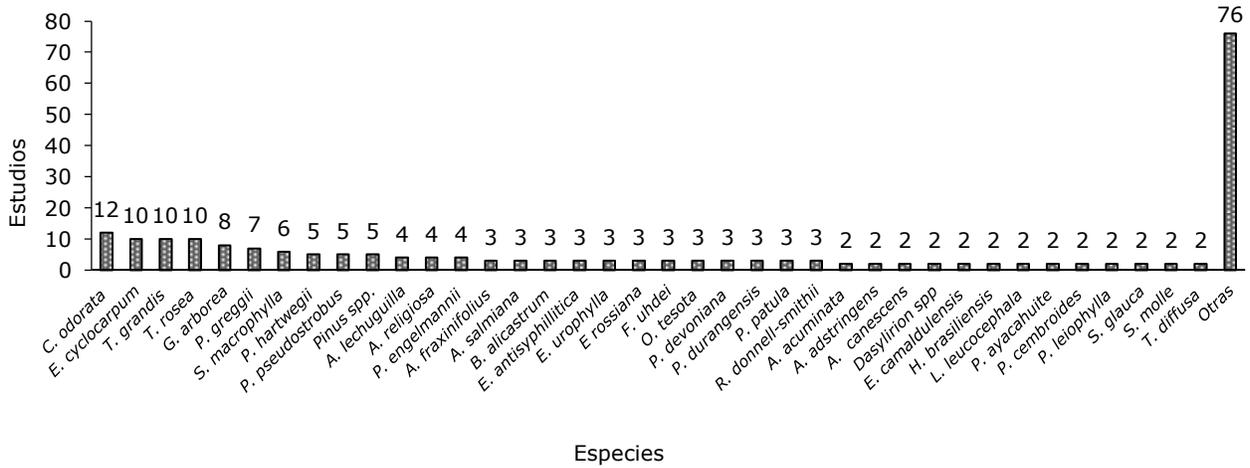


Figura 4. Estudios por especie publicados por investigadores del PPF del INIFAP.

Caracterización ecológica del hábitat degradado

Se ubicaron nueve trabajos referentes a 86 especies de importancia comercial y en la Figura 5 se observa que sobresalen la caracterización de especie y usos y manejo de las mismas, que concentran 87.9 % de los estudios.

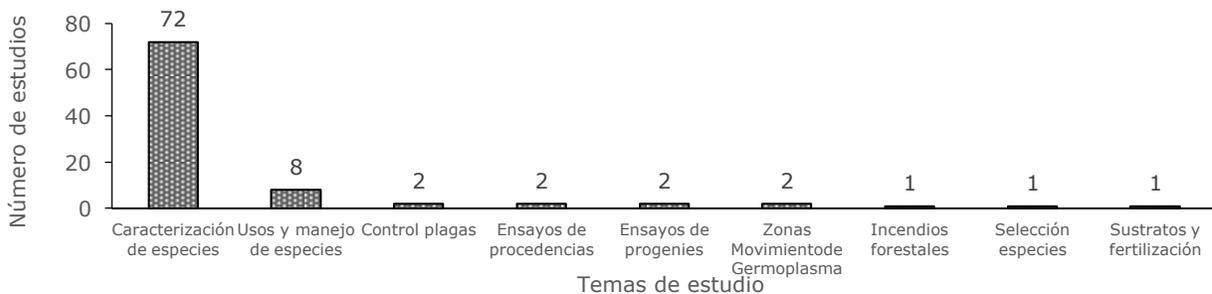


Figura 5. Temas en la línea de investigación 1.1 del PPF del INIFAP.

En bosque de clima templado, Alarcón e Iglesias (1992) determinaron en Chihuahua las mejores mezclas de sustratos y rutinas de fertilización para producir plántulas de *Pinus durangensis* Martínez en invernadero; Muñoz *et al.* (2010) evaluaron *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. en PFR, de protección (PP) y PFC en Michoacán y concluyen que la Sierra Purépecha tiene áreas apropiadas para su establecimiento; Rueda *et al.* (2013a) caracterizaron 72 especies forestales, sus requerimientos y zonas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales en Jalisco.

Hernández y Benavides (2015) para *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham. y *P. hartwegii* Lindl. en el Estado de México, comprobaron la sensibilidad a los oxidantes fotoquímicos por efecto del ozono; y determinaron un índice de daño en el follaje de las 20 procedencias estudiadas; y Flores *et al.* (2021) identificaron Zonas de Movimiento de Germoplasma (ZMG) para la restauración con especies de los géneros *Pinus* y *Abies* y determinaron que 27 ZMG correspondían a tierras forestales como áreas prioritarias: 7 418 975 ha de baja producción y 9 389 577 ha de degradación media y baja.

Para el ecosistema tropical, Rodríguez *et al.* (1993) evaluaron en vivero las progenies con mejores desarrollos para *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch. y *Simarouba glauca* DC.; Sánchez y Velázquez (1998) lograron el control de larvas de *Hypsipyla grandela* (Zeller) en *Cedrela odorata* L. con *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., en 71 % y de 91 % con *Bacillus thuringiensis*. En Quintana Roo, García *et al.* (2010) evaluaron la dispersión de semillas por avión, la germinación y el crecimiento de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en zonas incendiadas; a los 90 días 25 % de la semilla dispersada produjo plántulas con una altura promedio de 40 cm.

Para zonas áridas, Martínez (2013) compiló información sobre *Lippia berlandieri* Schauer, *Prosopis* spp., *Agave lechuguilla*, *Dasyllirion* spp., *A. salmiana* B. Otto ex Salm-Dyck ssp. *crassispina* (Trel.) Gentry, *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., *Turnera diffusa* Willd. ex Schult. y *Olneya tesota* A. Gray. en poblaciones naturales y

clasificó el potencial productivo y zonificación para su aprovechamiento y conservación.

En México, de 1993 a 2019 se han establecido 2 296 794 ha de PFR (Figura 6), con más de dos mil millones de plantas (Semarnat, 2020), donde el INIFAP ha generado tecnología para producción de planta, establecimiento y manejo de las plantaciones y son referentes para los plantadores (Prieto y Sáenz, 2011).

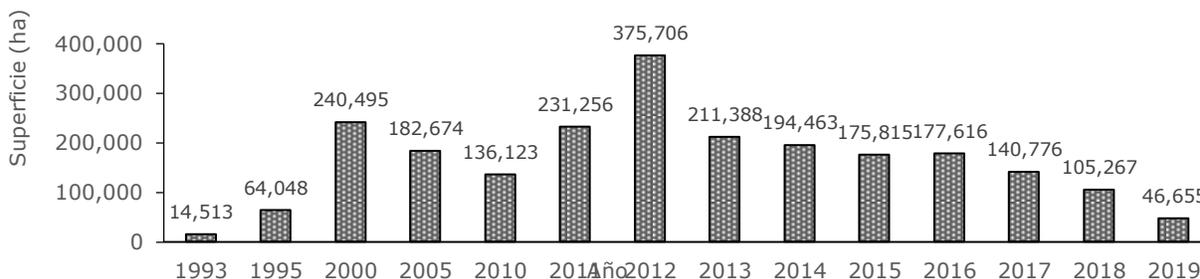


Figura 6. Superficies de reforestación en los últimos años en México.

Tecnología para la producción de plantas forestales de calidad. Se ubicaron 26 trabajos de investigación sobre 27 especies que han tenido impacto en el sector forestal; principalmente, en cuanto a la calidad de semillas, porcentajes y velocidad de germinación, eliminación de la dormancia, calidad de planta en vivero y supervivencia en campo.

Con el surgimiento de la Conafor en el año 2000, se inició la producción masiva de plantas de calidad para el establecimiento de PFR y PFC. Al respecto, el INIFAP ha contribuido con la generación de tecnología que incrementa hasta en 40 % la calidad de planta, y la supervivencia de las plantaciones en 80 % (Prieto y Sáenz, 2011).

Además, se han generado métodos para la conservación y propagación de especies recalcitrantes prioritarias y endémicas. Las semillas recalcitrantes tienen limitantes

para el almacenamiento y posterior propagación (Magnitskiy y Plaza, 2007); contrario a lo que ocurre con las ortodoxas. En el INIFAP se han realizado 29 estudios con 27 especies, lo cual ha resultado en el almacenamiento por varios años de semillas, que en forma natural pierden viabilidad en dos a tres meses; asimismo se ha logrado su posterior reproducción (Parraguirre y Camacho, 1992) (Figura 7).

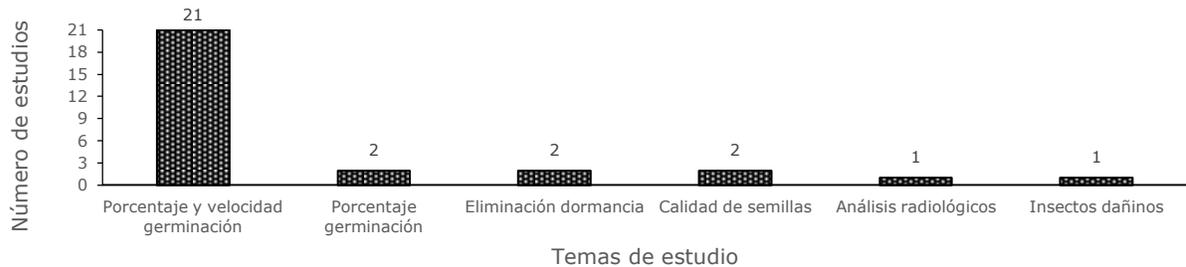


Figura 7. Temas referentes a la producción de planta forestal del PPF del INIFAP.

En clima templado, Camacho (1985; 1987), Camacho y Ramírez (1987) concluyen que el remojo es la mejor opción para estimular la germinación de *Schinus molle* L.; sus semillas pueden almacenarse hasta mes y medio, sin reducción del porcentaje de germinación, y la dormancia se elimina cuando las semillas se remojan durante 24 horas; mientras que, para *Eysenhardia polystachya* (Ortega) Sarg. con la separación del pericarpio se obtiene una germinación completa y rápida. De la Garza y Nepamuceno (1986) hicieron análisis radiológicos de semillas forestales aplicados en análisis de control de viabilidad de las semillas de distintas especies; Camacho y Molina (1991) determinaron que la estratificación y el desalado suprimen la dormancia en *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., ya que más de 50 % de diez utrículos con semilla germinaron después de someterlas al tratamiento antes indicado.

Bustamante-García *et al.* (2012a; 2012b) estudiaron los insectos que afectan la semillación, calidad, polinización y potencial de producción de semillas en *Pinus engelmannii* Carr., sus resultados mostraron que *Leptoglossus occidentalis*

Heidemann es el agente causal del mayor daño en el desarrollo de las semillas; Bustamante-García *et al.* (2014) determinaron calidad y potencial de semilla de *P. durangensis*; obtuvieron promedios de 100.3 semillas por cono, de ellas 73.4 % estaban llenas, 53.4 % de germinación y las semillas abortadas fueron dañadas por *L. occidentalis* en las etapas tempranas de su desarrollo. Prieto *et al.* (2014) generaron una metodología para determinar la cantidad y calidad de semilla en conos, así como la germinación media diaria, velocidad de germinación y valor de germinación.

Para el clima tropical, Parraguirre y Camacho (1992) establecieron los porcentajes y velocidad de germinación para 21 especies e indican que el tiempo para lograr 75 % de germinación es el indicador adecuado para lograr una buena germinación; y Camacho (1994) describió la inhibición en la germinación de semillas y las técnicas para eliminar latencia, de manera natural o bien por la acción de tratamientos químicos o mecánicos.

Tecnología para la producción de plantas de calidad. El éxito de las PF depende de la calidad de las plantas producidas en vivero. En campo, no se ha tenido la supervivencia deseada; así, de 2013 a 2015 el porcentaje de supervivencia tuvo un promedio de 54.2 % (Conafor, 2020). En México, entre 2018 y 2019, en 154 viveros se produjeron 80 989 872 plantas (Conafor, 2020).

Los investigadores del INIFAP han publicado 13 trabajos sobre 18 especies que apoyan el trabajo de los viveristas forestales; principalmente, en lo referente a la calidad de las plantas (Figura 8). Por ejemplo, Prieto *et al.* (2011) evaluaron los indicadores de calidad de planta en 51 viveros forestales de Chihuahua, Durango, Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán; en los cuales, de 2005 a 2009 se produjeron 43.2 millones de plantas año⁻¹ para reforestar 40 016 ha año⁻¹.

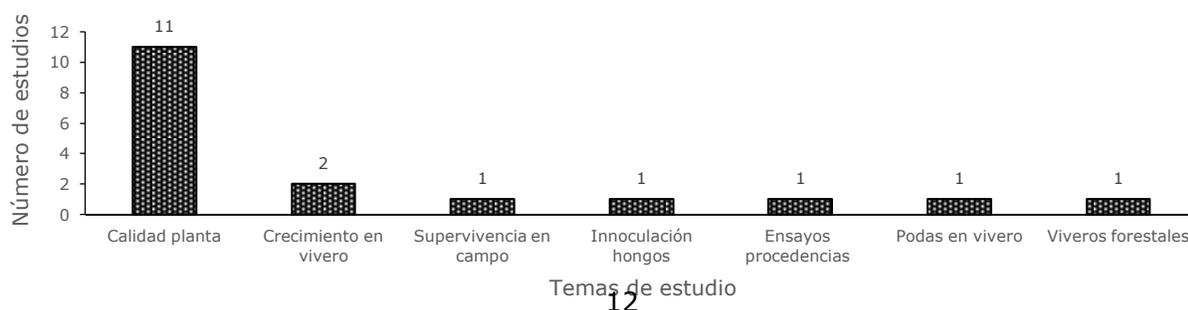


Figura 8. Temas referentes a la producción de planta de calidad del PPF del INIFAP.

En clima templado frío, Prieto y Sáenz (2011) describieron la calidad de planta de especies latifoliadas y coníferas en los viveros de cinco estados de la Sierra Madre Occidental; y Rueda *et al.* (2012, 2014a) hicieron lo propio para Jalisco y Nayarit. Estos autores indican que las plantas de latifoliadas y de coníferas producidas son de calidad media, de acuerdo a los estándares establecidos en la NMX-170-SCFI-2016.

Benavides *et al.* (2011a; 2011b) realizaron un diagnóstico en vivero de procedencias de *P. hartwegii* Lindl. y de *Abies religiosa* (Kunth) Schltld. *et* Cham. del Eje Neovolcánico, en el cual no obtuvieron variación entre ellas; Sáenz *et al.* (2014a) determinaron la calidad de planta en especies del género *Pinus*; Muñoz *et al.* (2015a) hicieron lo mismo para taxones de coníferas, ambos en Michoacán, sus resultados evidenciaron que las plantas fueron calificadas como de calidad alta.

Sigala *et al.* (2015) evalúan la supervivencia en plantaciones de *P. pseudostrobus* Lindl.; ellos concluyen que el diámetro es la variable morfológica que más se relaciona con el riesgo de mortalidad en los sitios de plantación; Martínez *et al.* (2015) determinan el efecto de la inoculación de *Russula delica* Fr. sobre planta de *P. engelmannii* Carr.; los mejores resultados los obtuvieron con la inoculación en riego a una dosis baja y el mayor porcentaje de micorrización, cuando se inoculó el sustrato con una dosis alta; Sáenz *et al.* (2017) evaluaron la calidad de planta de *P. pseudostrobus* L. en respuesta a la fertilización; los autores señalan que el sustrato con 2 kg de Osmocote m⁻³ + biofertilizante líquido compuesto al 5 % y aplicado cada 30 días derivó en mejores resultados en las variables morfológicas y fisiológicas.

Gómez *et al.* (2017), en Oaxaca al estudiar el potencial genético en vivero de procedencias de *P. greggii* Englem. observaron un comportamiento diferenciado a nivel de variedad; y Pineda *et al.* (2020) en una investigación sobre atributos morfológicos registraron buena calidad para *P. greggii*, *P. leiophylla* Schiede ex

Schltdl. & Cham., *P. cembroides* Zucc., *P. ayacahuite* Ehren. y *P. hartwegii*. Basave *et al.* (2021) examinaron el efecto de la poda aérea en la calidad morfológica de plantas de *Caesalpinea coriaria* (Jacq.) Willd, y concluyeron no se recomienda su uso en vivero.

Para el clima tropical, Patiño y Marín (1993) abordan temas de planeación y establecimiento de viveros, producción, manejo y transporte de plantas forestales; y Patiño *et al.* (1993) proponen formas de selección de semilla, producción, manejo y transporte de planta, determinación del sitio, establecimiento y aspectos económicos en PF de *Gmelina arborea* Roxb. y Santiago *et al.* (2015), en Veracruz para *Hevea brasiliensis* producida con diferentes mezclas de sustrato en bolsa vs contenedor indican que el sustrato tiene mayor influencia en el crecimiento de las plantas.

Establecimiento y manejo de PFC

Tecnología para el establecimiento y manejo de PFC. En 2020, la Conafor registró la existencia de 230 341 ha de PFC, 78.4 % ubicadas en ocho estados del país y 101 577 ha de sistemas agroforestales (SA), 77 % distribuidas en cinco estados (Conafor, 2020). En esta línea se han publicado 22 trabajos sobre 38 especies forestales comerciales; de ellos, 47.4 % versan sobre evaluaciones del crecimiento de especies (Figura 9).

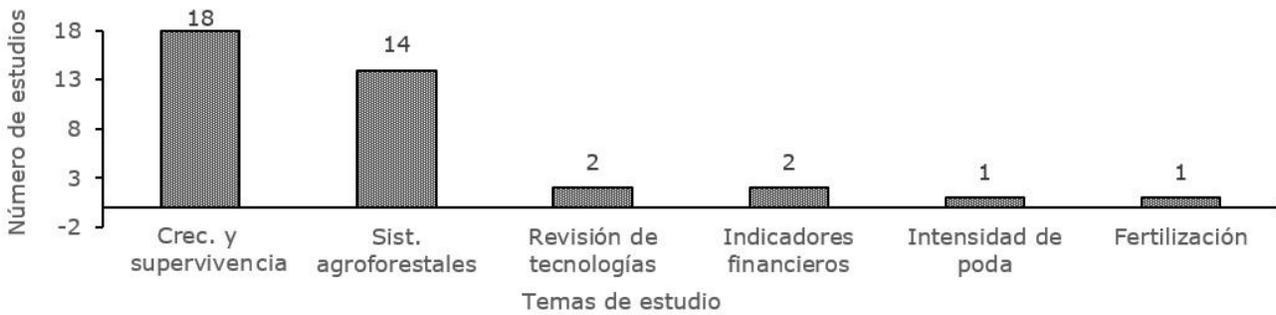


Figura 9. Temas en la línea de investigación sobre tecnología para el establecimiento y manejo de PFC del INIFAP.

En este contexto, García *et al.* (2005) probaron intensidades de poda en el crecimiento de *Alnus acuminata* spp. *glabrata* (Fernald) Furlow y concluyen que la poda a 50 % de la altura no afecta el crecimiento en altura, pero si el incremento en diámetro; Muñoz *et al.* (2009) evaluaron el crecimiento y la supervivencia de PFC de *Tectona grandis* L. f., *Acrocarpus fraxinifolius* Wight et Arn. y *G. arborea* en Michoacán, e indican que *G. arborea* tiene potencial para el desarrollo de PFC en el trópico seco; López *et al.* (2010) en un estudio sobre el crecimiento de una plantación mixta en Veracruz registra a *G. arborea* con los mayores incrementos en todas sus variables; y Hernández *et al.* (2011) en una plantación mixta de *C. odorata* L., *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, *T. grandis* y *S. macrophylla* señalan a *T. grandis* con crecimiento superior en comparación con las otras tres especies.

Muñoz *et al.* (2011a) determinaron la supervivencia y crecimiento de PFC con *G. arborea*, *T. grandis*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *C. odorata* y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. en Michoacán; los autores recomiendan las que obtuvieron los mejores resultados con base en su productividad; Muñoz *et al.* (2011b) en la región Purhépecha en una investigación referente al crecimiento, supervivencia y fitosanidad en PFC de *P. pseudostrobus* Lindl. y *P. greggii*; concluyeron que estos crecieron igual y su estado fitosanitario fue sano en 95.12 %.

Muñoz *et al.* (2011c) documentan la tecnología generada para seis especies de latifoliadas nativas e introducidas; Sáenz *et al.* (2012) compilan información sobre taxones de *Pinus* para la generación de sus mapas de áreas potenciales para PFC en Michoacán; y García *et al.* (2011), en Quintana Roo definieron indicadores financieros para PFC de *Swietenia macrophylla*, los cuales les sirven a los productores y financiadores en el proceso de toma de decisiones.

De igual manera, Muñoz *et al.* (2013) estudiaron PF de *T. rosea* y *E. cyclocarpum* en diferentes contenedores. *T. rosea* en contenedores de fibra de coco mostró mayor supervivencia que en charolas de poliestireno; mientras que, para *E. cyclocarpum* no hubo diferencias en los diferentes tipos de envases. Sáenz *et al.* (2014b) aplicaron fertilización en PF de *P. pseudostrobus* en Michoacán, registraron mayores incrementos con biofertilizante líquido compuesto y la fórmula de 20 g de 14-07-12 NPK, con valores de 27.9 y 16 % superiores, con respecto al testigo; Guzmán y Cruz (2014) determinaron el crecimiento en campo de *Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Schiede ex Standl., ellos concluyen que la especie presenta variación morfológica del fruto y de los porcentajes de fruto con una semilla.

Muñoz *et al.* (2015b) en Puebla estimaron el crecimiento, supervivencia y fitosanidad en una PFC de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, *P. greggii* y *P. patula*; afirman que *P. greggii* y *P. patula* tienen buen potencial para PFC; Mejía *et al.* (2015) en Durango determinaron la supervivencia y desarrollo de 72 plantaciones de coníferas; e indican que en la mayoría, la supervivencia fue superior a 60 % y podrían incorporarse al aprovechamiento debido a su excelente crecimiento. Muñoz-Flores *et al.* (2019) hicieron algo similar para *P. pseudostrobus* plantado en diferentes fechas en Michoacán y documentan mayor crecimiento y supervivencia, cuando se planta a inicio de la temporada de lluvias. Finalmente, Muñoz *et al.* (2021) evaluaron en Michoacán la supervivencia y crecimiento de *Guadua aculeata* Rupr. ex E. Fourn., *G. inermis* Rupr. ex E. Fourn., *G. amplexifolia* Presl. y *G. angustifolia* Kunth; consignan que *G. inermis* tuvo una buena adaptación a las condiciones del sitio de plantación.

Otro tema importante es el referente a los SA; por ello, Sáenz *et al.* (2014b; 2016) definen superficies potenciales para el establecimiento de sistemas silvopastoriles con especies de pino y cultivos forrajeros; sus resultados confirman la productividad y rentabilidad de *Pinus michoacana* Martínez asociado con *Festuca arundinaceae* Schreb. var. *cajun*; aplicaron fertilización en sistemas silvopastoriles con *Pinus devoniana* Lindl. y *Chloris gayana* Kunth; y un sistema silvopastoril con *P. devoniana* asociado con *Avena sativa* L. var. *Avemex*; y Muñoz *et al.* (2014) establecieron SA, todos ellos en Michoacán.

Cuevas-Reyes *et al.* (2020) evaluaron la rentabilidad de un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. asociada con *Cynodon dactylon* (L.) Per.; además definieron indicadores financieros y superficies potenciales para establecer SA, así como los rendimientos y rentabilidad con diferentes componentes forestales y agrícolas, los cuales servirán para la toma de decisiones por parte de los productores.

Modelos de crecimiento, incremento y rendimiento para las PFC. El conocimiento del crecimiento y rendimiento a través de modelos alométricos de árboles o rodales permite reconstruir el desarrollo, lo cual es básico para la planeación del manejo de las PFC (Hernández-Ramos *et al.*, 2019). Al respecto, se han publicado nueve trabajos sobre cinco especies, 75 % referidos a curvas de crecimiento e índice de sitio (Figura 10).

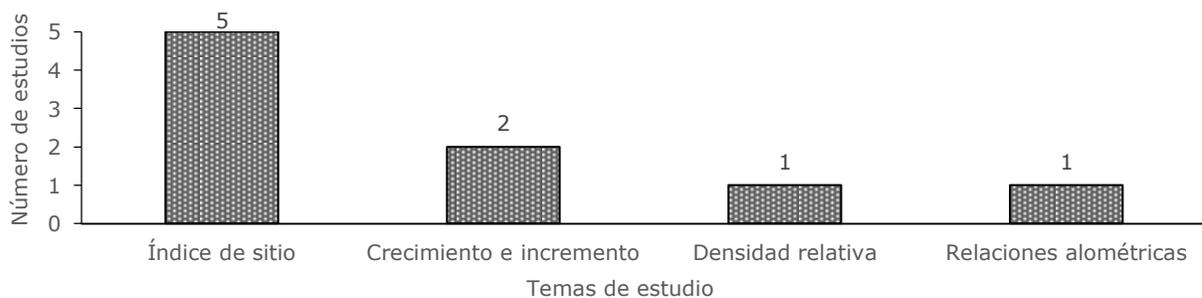


Figura 10. Temas en la línea de investigación referente a los modelos de crecimiento, incremento y rendimiento para las PFC del PPF del INIFAP.

Esta es un área de oportunidad para el desarrollo de investigaciones. Al respecto, García *et al.* (1992) y García y Rodríguez (2005) modelaron el crecimiento en altura y diámetro para *S. macrophylla* y *C. odorata*; García *et al.* (1996) elaboraron una guía de densidad para el manejo de PFC de *S. macrophylla*. Las ecuaciones generadas han servido para definir pautas para el manejo de las más de 2 500 ha de PFC de especies preciosas en Quintana Roo.

Se han propuesto Índices de Sitio (IS) para calificar a las PFC de acuerdo con la productividad del lugar. García *et al.* (1998; 2007; 2021) generaron ecuaciones de altura dominante (*Ad*) para *S. macrophylla* y *C. odorata*; Gómez *et al.* (2009) lo hicieron para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maide y *Eucalyptus urophylla* S.T Blake; Tamarit *et al.* (2014a) para *T. grandis*. Ordaz-Ruíz *et al.* (2020) ajustaron ecuaciones alométricas para PFC de *P. patula*. Las ecuaciones generadas se han utilizado para definir la productividad de los suelos para el establecimiento de PFC de las especies antes citadas en Quintana Roo, Tabasco, Campeche y Estado de México.

Tablas de volúmenes y de producción por especie. Las ecuaciones de volumen, sistemas de ahusamiento y volumen permiten estimar las existencias reales para cada árbol o parte del mismo, y por unidad de superficie; al mismo tiempo, es factible determinar el nivel de confiabilidad de dichas estimaciones. Los investigadores del INIFAP han publicado seis investigaciones sobre cinco especies forestales (Figura 11); este tema ha sido poco estudiado, lo que representa una gran oportunidad para su desarrollo.

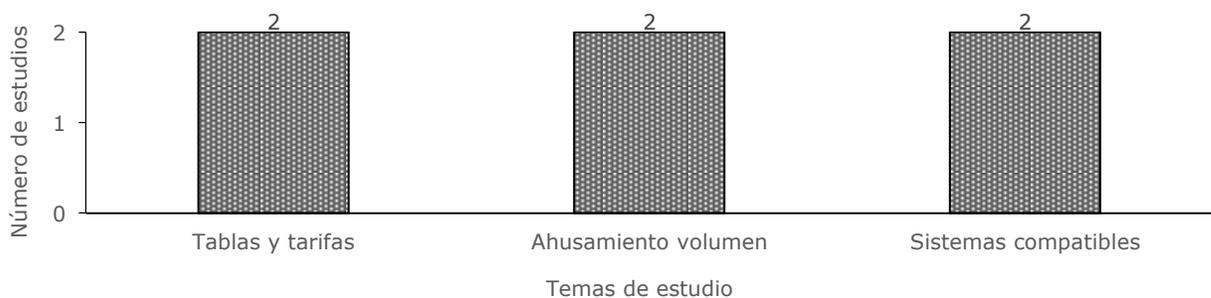


Figura 11. Temas en la línea de investigación referente a las tablas **de volúmenes y de producción** por especie del PPF del INIFAP.

En este contexto, Muñoz (2000) elaboró tarifas y tablas de volúmenes para *E. camaldulensis*; Honorato (2011) generó un modelo para *A. fraxinifolius* que estima diámetros y volúmenes a diferentes alturas; Muñoz *et al.* (2012) ajustaron modelos para volumen en PF de *P. greggii*. Por su parte, Tamarit *et al.* (2014b) construyeron un sistema de cubicación de árbol individual, a partir de una función segmentada de ahusamiento para *T. grandis*; Hernández *et al.* (2017a; 2017b) ajustaron sistemas compatibles de ahusamiento-volumen para PFC de *P. greggii* y *E. urophylla*. En el sur y sureste, esos sistemas sirven para estimar existencias en 17 500 ha de *T. grandis* y 12 500 ha de *E. urophylla* (Tamarit *et al.*, 2014b; Hernández *et al.*, 2017a).

Mapas de potencial productivo para plantaciones forestales comerciales. El Gobierno Federal impulsa una política forestal planificada; lo que requiere conocer la ubicación de las áreas con mayor potencial para cada especie (Muñoz *et al.*, 2018). El personal científico del INIFAP ha publicado 12 investigaciones sobre 32 especies de interés, la mayor parte para taxones de clima templado frío (68.8 %) (Figura 12).

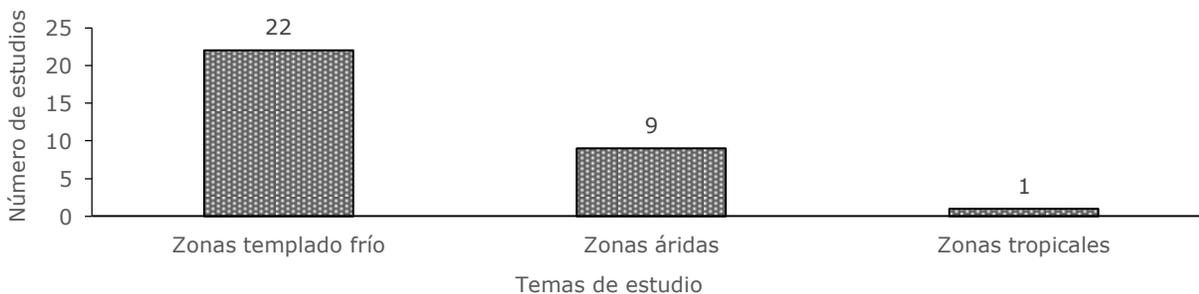


Figura 12. Ecosistemas abordados en la línea de investigación mapas de potencial productivo para plantaciones forestales comerciales del PPF del INIFAP.

En bosques de clima templado, Sáenz et al. (2011) realizaron la regionalización de áreas potenciales para PFC en Michoacán; Rueda et al. (2006) en Jalisco lo hicieron para para 10 especies de *Pinus*, en los que sobresalieron *Pinus devoniana* f. *procera* y *Pinus montezumae* Lamb con más de 500 mil hectáreas; Muñoz et al. (2011d) realizaron algo similar para *P. pseudostrobus* y *P. greggii* en Michoacán, e identificaron superficies con buen potencial para PFC.

Rueda et al. (2007) para *Pinus tenuifolia* Benth., *Eucalyptus globulus* Labill., *Roseodendron donnell-smithii* Rose, *T. rosea*, *E. cyclocarpum* y *C. odorata* determinaron superficies potenciales para PFC en Jalisco; y Muñoz et al. (2015b; 2016; 2017; 2018) para cuatro especies de *Pinus* en clima templado y para *E. cyclocarpum*, *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. y *Brosimum alicastrum* Swarts., en zona tropical de Michoacán.

En zonas tropicales, Reynoso et al. (2016) identifican 135 869 ha (17 % del área total) como potenciales para PFC de *Agave americana* L. en Chiapas.

En zonas áridas, Castillo-Quiroz et al. (2014a; 2014b) elaboraron mapas de áreas con alto potencial para PFC con *A. lechuguilla* en Coahuila y Tamaulipas, estimaron una superficie potencial de 106 272 ha en Tamaulipas y 1 194 877 ha en Coahuila; Martínez et al. (2015) hizo lo mismo para *Lippia berlandieri* Schauerer, *A. lechuguilla* Torr, *Dasyilirion* spp., *Agave salmiana* Otto ex Salm.-Dyck ssp. *crassispina* (Trel.) Gentry, *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., *Olneya tesota* A. Gray y *Agave angustifolia* Haw.

Los trabajos antes citados han servido como guías para que productores e instituciones tomen decisiones para el establecimiento de PFC (Rueda et al. 2006). Como resultado, gran parte de las 230 341 ha de PFC (Conafor, 2020) se han seleccionado con apoyo de los mapas de áreas de potencial productivo.

Mapas con áreas de potencial productivo para PFC ante escenarios de cambio climático. Identificar áreas de conservación, refugio y zonas futuras de cultivo es fundamental para la conservación de los recursos naturales (Hernández et al., 2018). El personal científico del INIFAP ha publicado siete investigaciones sobre

seis especies (Figura 13); en las cuales se indican cambios de la distribución de las especies ante diferentes escenarios de cambio climático.

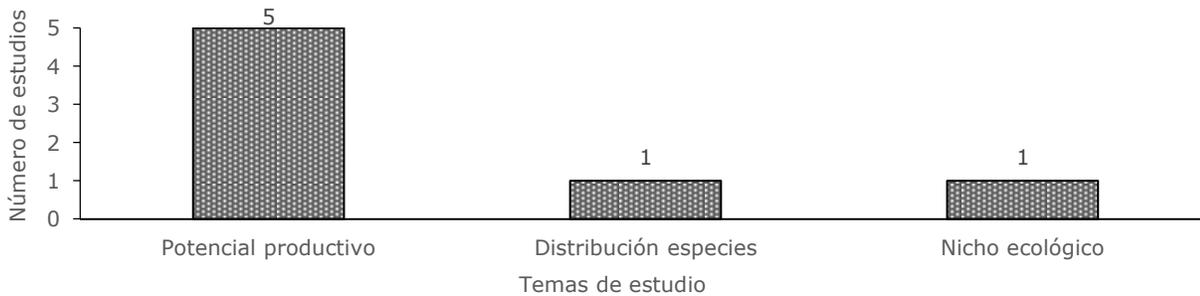


Figura 13. Temas en la línea de investigación. Mapas con áreas de potencial productivo para PFC ante escenarios de cambio climático del PPF del INIFAP.

Rueda-Sánchez *et al.* (2017) en Jalisco elaboraron mapas de potencial productivo actual y futuro de PFC para *C. odorata*, *T. rosea* y *E. cyclocarpum*; mostraron que los cambios ante escenarios futuros tendrán consecuencias para el hábitat de las especies debido al cambio climático. Rueda *et al.* (2018) hicieron lo mismo para *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *R. donnell-smithii*; y señalan que con los escenarios considerados, las áreas de distribución para el establecimiento de PFC no se afectarán de manera importante, ya que disminuirán entre de 9 a 12 %, respecto a las áreas óptimas actuales.

Hernández *et al.* (2018) modelaron la distribución histórica, actual y futura bajo dos escenarios climáticos para *C. odorata*; los autores evidencian que la especie tiene altas probabilidades de una reducción de su nicho ecológico en el país. Por su parte, Reynoso *et al.* (2018) utilizaron el concepto de nicho ecológico para generar áreas potenciales para PFC ante los efectos del cambio climático; la variable de mayor influencia para la presencia o ausencia de *P. oocarpa* y *P. pseudostrobus* fue la altitud (84.5 % y 97.3 %, respectivamente). Estos resultados delimitan las zonas óptimas para el establecimiento de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal (UPGF) para las dos especies.

Indicadores de productividad de biomasa y captura de carbono en las PF. A consecuencia del cambio climático originado por los gases de efecto invernadero existe la necesidad de la captura de carbono (C) en la biomasa (B) y en los suelos, las PF son la opción para el secuestro y almacén de C (Acosta *et al.*, 2020). En el INIFAP se han desarrollado estudios sobre el particular que han originado ocho publicaciones sobre 13 especies forestales; de las cuales, 48 % se refieren a la determinación de existencias de B y C secuestrado en las PFC (Figura 14).

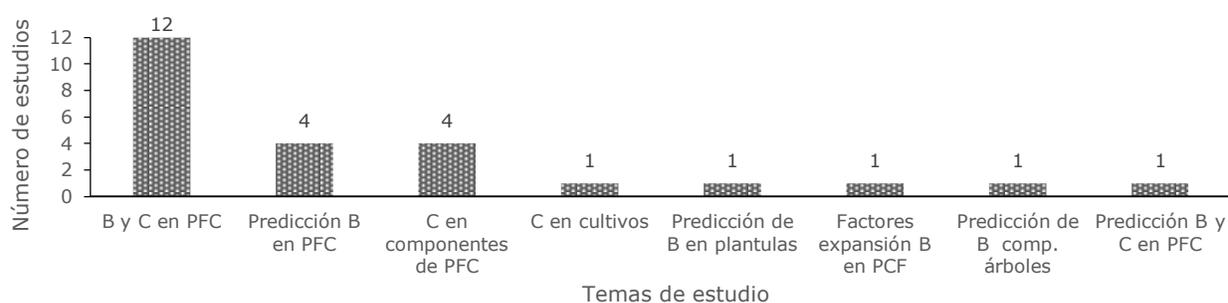


Figura 14. Temas en la línea de investigación sobre indicadores de productividad de biomasa y captura de carbono en las PF del PFC del INIFAP.

González *et al.* (2012) simularon con el modelo *RothC* los cambios de C del suelo en sistemas maíz-calabaza, comparado con SA y monocultivos con *Ricinus communis* L., y obtuvieron una tasa de cambio del C orgánico en el suelo ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) entre 0.1 y 0.7 después de 40 años de simulación de cambio de uso del suelo con PF de especies tropicales sin manejo; mientras que, con manejo fue de -0.2 a 0.3. Rueda *et al.* (2013b; 2014b) estimaron B y C en PFC de ocho especies tropicales y ajustaron ecuaciones para su predicción; sus resultados indicaron que *T. grandis*, y *E. cyclocarpum* presentaron los más altos contenidos de B y el mayor potencial de almacenamiento de C; Sigala *et al.* (2016) ajustaron ecuaciones para predecir B (aérea, raíz y total) en plántulas de *P. pseudostrobus* bajo diferentes sistemas de producción; sus resultados evidenciaron que el diámetro fue la mejor variable predictora.

Hernández *et al.* (2017c) a partir de las existencias de B generaron factores de expansión de B (FEB) en PFC de *E. urophylla*. El FEB promedio de B total y del fuste fue 510.09 kg m^{-3} y 472.56 kg m^{-3} ; además el factor de conversión biomasa de fuste a biomasa total fue 1.17. También, estimaron $156.08 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de volumen y 80 Mg ha^{-1} de B aérea en las plantaciones evaluadas.

González *et al.* (2018) en Jalisco, para PFC de *T. rosea*, *T. grandis*, *G. arborea* y *E. cyclocarpum* evaluaron los cambios de C orgánico al modificarse el uso de suelo de agrícola a una PF; determinaron que la tasa de cambio del C orgánico del suelo ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) después de 40 años de simulación con plantaciones sin manejo fue entre 0.1 y 0.7; mientras que, con manejo fue de -0.2 a 0.3. Acosta *et al.* (2020) determinaron el C en herbáceas, arbustos y hojarasca en una PF mixta; los autores señalaron que *E. cyclocarpum* tuvo mayor cantidad de C total y *T. grandis* el menor contenido (73.94 Mg ha^{-1} y 45.63 Mg ha^{-1}). En el suelo, el C disminuyó en aproximadamente 35 %, conforme aumentó la profundidad.

Martínez *et al.* (2020) ajustaron ecuaciones para predecir B en follaje, ramas, tallo y raíz de *P. hartwegii* en PFR del Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan y obtuvieron ecuaciones en función del diámetro a la base. Sáenz *et al.* (2021) estimaron la B y C en plantaciones mixtas y ajustaron modelos de B aérea para cuatro especies tropicales, sus resultados indicaron que el diámetro normal fue un buen predictor de la B aérea seca total de las especies. *T. grandis*, *G. arborea* y *E. cyclocarpum* presentaron el contenido de biomasa más alto (161 , 134 y 130 kg ha^{-1} , respectivamente); y el mayor potencial de almacenamiento de carbono (144.6 , 120.8 y 117.5 Mg ha^{-1} , respectivamente). Finalmente, Benavides *et al.* (2021) en plantaciones de *C. odorata* de Jalisco y Colima generaron ecuaciones para predecir la B y C, las cuales tuvieron niveles de confiabilidad superiores a 97 %.

Lo anterior evidencia que las PF son una opción viable para la fijación de C, ya que maximizan la producción de volumen por unidad de superficie y tienen una alta capacidad de almacenamiento de C. Por otra parte, la madera se transforma en productos de uso duradero, por lo que el C fijado permanecerá en las estructuras por largos períodos (González *et al.*, 2019).

Conclusiones

El énfasis de las investigaciones publicadas ha correspondido a la línea de investigación sobre el establecimiento y manejo de PFC, le siguen en orden decreciente la de tecnología para producción de plantas de calidad y tecnologías para sistemas agroforestales en ecosistemas templado y tropical. Se han generado tecnologías para determinar parámetros morfológicos de calidad de planta para especies, tanto de clima templado como tropical con un aumento en la supervivencia de hasta 70 % en campo.

Algunas áreas de oportunidad identificadas, en función de los aportes de conocimiento incluidos en las publicaciones consideradas en la presente revisión, se refieren a los modelos de crecimiento, cubicación, potencial productivo ante escenarios de cambio climático para apoyar el manejo y la selección de áreas con potencial para el establecimiento de PFC.

La mayoría de los estudios publicados versan sobre evaluaciones de especies de climas tropicales, seguido de las propias del templado frío y por último las de zonas áridas; lo cual implica que se han descuidado aspectos de ecología de los taxones de esos ecosistemas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Xavier García-Cuevas, José Trinidad Sáez-Reyes, Hipólito Jesús Muñoz-Flores, Adrián Hernández-Ramos, Agustín Rueda-Sánchez, Jonathan Hernández Ramos y

Gabriela Orozco-Gutiérrez: compilación, redacción, revisión y discusión del documento.

Referencias

Acosta M., M., F. Carrillo A., E. Buendía R., J. D. Benavides S., E. Flores A. y L. González M. 2020. Carbono en suelo, hierbas y arbustos en una plantación forestal en Jalisco, México. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* 11 (6): 1377-1387. Doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2427>.

Alarcón M. y L. Iglesias G. 1992. Influencia del sustrato y la fertilización sobre el desarrollo de *Pinus durangensis* Mtz., en invernadero. *Ciencia Forestal en México* 17 (71): 27-61. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/959Pinus%20durangensis.pdf> (2 de agosto de 2020).

Basave V., E., V. M. Cetina A., M. Á. López L., C. Ramírez H., C. Trejo y V. Conde M. 2021. La poda aérea como práctica cultural en vivero para *Caesalpinea coriaria* (Jacq.) Willd. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12 (63): 139-162. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i63.799>.

Benavides M., H., M. O. Gazca G., S. F. López L., F. Camacho M., D. Y. Fernández G., M. P. de la Garza L de L. y F. Nepamuceno M. 2011a. Crecimiento inicial en plántulas de 12 procedencias de *Pinus hartwegii* Lindl. bajo condiciones de vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2 (5): 73-89. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i5.584>.

Benavides M., H., M. O. Gazca G., S. F. López L., F. Camacho M., D. Y. Fernández G., M. P. de la Garza L. y F. Nepamuceno M. 2011b. Variabilidad en el crecimiento de plántulas de ocho procedencias de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schlecht. et Cham., en condiciones de vivero. *Madera y Bosques* 17(3): 83-102. Doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2011.1731144>.

Benavides S., J. D., O. Torres G., J. G. Flores G., M. Acosta M. y A. Rueda S. 2021. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono aéreos de *Cedrela odorata* L. en plantaciones forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12 (65): 90-11. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.791>.

Bustamante-García, V., J. A. Prieto-Ruíz, R. Álvarez-Zagoya, A. Carrillo-Parra, J. J. Corral-Rivas and E. Merlín-Bermudes. 2012a. Factors affecting seed production of *Pinus engelmannii* Carr. in seed stands in Durango State, Mexico. *Southwestern Entomologist* 37 (3): 350-359. Doi:<https://doi.org/10.3958/059.037.0311>.

Bustamante-García, V., J. A. Prieto-Ruíz, E. Merlín-Bermudes, R. Álvarez-Zagoya, A. Carrillo-Parra y J.C. Hernández-Díaz. 2012b. Potencial y eficiencia de producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango, México. *Madera y Bosques* 18 (3): 7-21. Doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2012.183355>.

Bustamante-García, V., J. Á. Prieto-Ruiz, A. Carrillo-Parra, R. Álvarez-Zagoya, H. González-Rodríguez and J. J. Corral-Rivas. 2014. Seed production and quality of *Pinus Durangensis* Mart., from seed areas and a seed stand in Durango, Mexico. *Pakistan Journal of Botany* 46 (4): 1197-1202. <http://www.pakbs.org/.../06.pdf>. (15 de diciembre de 2020).

Camacho M., F. 1985. Identificación del mecanismo que inhibe la germinación de *Schinus molle* L. y forma de eliminarlo. *Ciencia Forestal en México* 10 (55): 35-49. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MX19900107153> (2 de diciembre de 2020).

Camacho M., F. 1987. Germinación de la semilla de palo dulce (*Eysenhardia polystachya* (Ortega) Sarg.) en siembras densas. *Ciencia Forestal en México* 12 (62):3-13.

<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1167> (5 de diciembre de 2020).

Camacho M., F. y M. Ramírez P. 1987. Dormición química de semillas de pirú (*Schinus molle* L.) en tres tipos de siembra. *Ciencia Forestal en México* 12 (62): 15-31. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/citationstylelanguage/get/associacao-brasileira-de-normas-tecnicas?submissionId=1168> (4 de noviembre de 2020).

Camacho M., F. y P. Molina. 1991. Enfriamiento en húmedo para eliminar la dormición de las semillas de chamizo, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. *Ciencia Forestal en México* 16 (69): 59-75. http://www.renida.net.ni/cgi-bin/opac_cenida/wxis.exe?IsisScript=cenida.xis&Accion=busqueda&TipoBusqueda=simple&TxtBusq=F03%2F%287%29&PrimerRegistro=201&base=renida&pub_nac=no (7 de noviembre de 2020).

Camacho M., F. 1994. Dormición de semillas: Causas y tratamientos. Ed. Trillas. México, D.F., México. 125 p.

Castillo-Quiroz, D., O. U. Martínez-Burciaga, D. Y. Ávila-Flores, F. Castillo-Reyes and J. D. Castillo-Chaparro. 2014a. Identification of potential areas for establishment of plantations of *Agave lechuguilla* Torr. in Coahuila, Mexico. *Open Journal of Forestry* 4: 520-526. Doi:<http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2014.45056>.

Castillo-Quiroz., D., O. U. Martínez-Burciaga, L. J. Ríos-González, J. A. Rodríguez-de la Garza, T. K. Morales-Martínez, F. Castillo-Reyes y D. Y. Ávila-Flores. 2014b. Determinación de áreas potenciales para plantaciones de *Agave lechuguilla* Torr. para la producción de etanol. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* 6 (12): 4-12. <http://www.actaquimicamexicana.uadec.mx/?p=416> (4 de diciembre de 2020).

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2020. El sector forestal mexicano en cifras 2019. Bosques para el bienestar social y climático. Zapopan, Jalisco, México. 100 p. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/1/7749El%20Sector%20Forestal%20Mexicano%20en%20Cifras%202019.pdf> (7 de junio de 2021).

Cuevas-Reyes, V., J. E. Reyes J., M. Borja B., A. Loaiza M., B. I. Sánchez-Toledano, T. Moreno G. y C. Rosales N. 2020. Importancia del matorral desértico micrófilo para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Mearns, 1898) en Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11 (62): 90-110. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.759>.

De la Garza L., P. y F. Nepamuceno M. 1986. Análisis radiográfico de semillas forestales en México. *Ciencia Forestal en México* 11 (59): 1-14. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1201> (15 de diciembre de 2020).

Flores G., A., M.E. Romero S., 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): 5-27. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i63.813>.

García C., X., C. Parraguirre L. y B. Rodríguez S. 1992. Modelos de crecimiento para una plantación de coba (*Swietenia macrophylla* King). *Ciencia Forestal en México* 17 (71): 87-102. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/1097> (10 de agosto de 2020).

García C., X., C. Parraguirre L. y H. Ramírez M. 1996. Guía de densidad para manejo de plantaciones de (*Swietenia macrophylla* King) caoba. *Ciencia Forestal en México* 21 (80):79-95. <https://biblat.unam.mx/es/revista/ciencia-forestal-en-mexico/articulo/guia-de-densidad-para-manejo-de-plantaciones-de-swietenia-macrophylla-king-caoba> (11 agosto de 2020).

García C., X. 1998. Índice de sitio para caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Quintana Roo, México. *Ciencia Forestal en México* 23 (84): 9-18. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/issue/download/85/p2484> (6 de agosto de 2020).

García C., X. y B. Rodríguez S. 2005. Crecimiento e incremento de *Cedrela odorata* L. (cedro rojo) en Quintana Roo, México. Revista Trópico Rural 1 (3): 19-39. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61711316006.pdf> (2 de agosto de 2020).

García C., X., J. G. Flores G. y J. D. Benavides-Solorio. 2007. Índice de sitio para *Cedrela odorata* L (cedro rojo) en Quintana Roo, México. Ciencia Forestal en México 32 (101): 71-92. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/825> (8 de agosto de 2020).

García C., X., E. Velazco B., B. Rodríguez S., A. González H. y F. Camacho M. 2010. Evaluación de la siembra aérea con *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb en el ejido Leona Vicario, Quintana Roo. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 1 (2): 109-119. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v1i2.6409>.

García C., X., B. Rodríguez S. y J. Islas G. 2011. Evaluación financiera de plantaciones forestales de caoba en Quintana Roo. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 2 (7): 7-25. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i7.562>.

García C., X. C. Toledo Ch., J. Hernández R., J.A. Mendoza M., y A. Hernández R. 2021. Índice de sitio para plantaciones forestales comerciales de *Cedrela odorata* L. en Quintana Roo, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 12(64): 93-114. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i64.793>.

García M., J. J., H. J. Muñoz F., J. T. Sáenz R. y J. García S. 2005. Efecto de podas en plantaciones de aile (*Alnus acuminata* spp. *glabrata* (Fern.) (Furrow) en Nuevo San Juan Parangaricutiro. Ciencia Forestal en México 30(97):63-77. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/862> (4 de diciembre de 2020).

Gómez T., J., H. M. De los Santos P., A. M. Fierros G. y J. R. Valdez L. 2009. Modelos de crecimiento en altura dominante para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *E. urophylla* S. T. Blake en Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana 32 (2): 161-169. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v32n2/v32n2a12.pdf> (5 de diciembre de 2020).

Gómez C., M., E. Pérez M., S. Orozco C., H. J. Muñoz F., J. T. Sáenz R., G. Rodríguez O. y A. Hernández H. 2017. Variación intraespecífica en planta de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. en condiciones de vivero. Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México 3 (3): 123-139. <https://docplayer.es/89890820-Revista-mitigacion-del-dano-ambiental-agroalimentario-y-forestal-de-mexico.html> (5 de agosto de 2020).

González M., L., E del C. Moreno P., K. Laksmi R., A. Báez P. y M. Acosta M. 2012. Simulación de los cambios de carbono orgánico del suelo en sistema de cultivo con higuera por el modelo RothC. Pesquisa agropecuaria brasileira 47 (11): 1647-1654. Doi:<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001100012>.

González M., L., M. Acosta M., F. Carrillo A. y A. Rueda S. 2018. Simulación de los cambios de carbono orgánico del suelo en especies tropicales arbóreas con el modelo Roth C 26.3. Interciencia 43 (4): 269-274. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/05/269-6146-GONZALEZ-43-04.pdf> (18 de diciembre de 2020).

González B., O., P. Suatunce C. y L. Simba O. 2019. Carbono acumulado en la biomasa aérea en plantaciones de *Terminalia ivorensis* A. Chev (terminalia) y *Gmelina arborea* Roxb (melina), en el Litoral ecuatoriano. Ciencia y Tecnología UTEQ 12(1): 51-56. Doi:10.18779/cyt.v12i1.232.

Guzmán P., A. M. y E. Cruz C. 2014. Manejo de plantaciones de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*) en áreas de la selva baja caducifolia. Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México 1(1): 159-166. https://www.researchgate.net/profile/ayala_alejandro/publication/273886905_future_ambiental_sostenibility_of_agropecuary_production_systems_in_mexico/links/550f9c2d0cf21287416bab25/future-ambiental-sostenibility-of-agropecuary-production-systems-in-mexico.pdf (22 de noviembre de 2020).

Hernández M., E., J. L. López A. y V. Sánchez M. 2011. Crecimiento en diámetro y altura de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 2(7): 27-42.

Doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i7.565> (16 de marzo de 2020).

Hernández R., J., H. M De los Santos P., J. R. Valdez L., J. C. Tamarit U., G. Ángeles P., A. Hernández R., B. Méndez L. y A. Peduzzi. 2017a. Estimación del volumen comercial en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* con modelos de volumen total y de razón. *Agrociencia* 51 (5): 561-580. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n5/1405-3195-agro-51-05-00561-en.pdf>. (20 de octubre de 2020).

Hernández R., J., A. Hernández R., J. J. García M., X. García C., G. G. García E., H. J. Muñoz F. y E. H. Olvera D. 2017b. Sistema compatible de ahusamiento-volumen comercial para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. en Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8 (39): 59-70. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i39.43>.

[Hernández R. J., H. M. De los Santos P., J. R. Valdez L., J. C. Tamarit U., G. Ángeles P., A. Hernández R., A. Peduzzi y O. Carrero. 2017c. Biomasa aérea y factores de expansión en plantaciones forestales comerciales de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. *Agrociencia*. 51\(8\): 921-938. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30253817008.pdf> \(7 de noviembre de 2020\).](https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i39.43)

Hernández R., J., R. Reynoso S., A. Hernández R., X. García C., E. Hernández M., J. V. Cob U. y D. Sumano L. 2018. Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México. *Acta Botánica Mexicana* 124: 117-134. Doi: <https://doi.org/10.21829/abm117.2016.1173>.

Hernández-Ramos, J., A. [Hernández-Ramos, X. García-Cuevas., J. J. García-Magaña, M. Martínez-Salvador, M. Samperio-Jiménez y J. A. Hernández-Vargas. 2019. Ecuaciones alométricas de altura-diámetro para bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht. & Cham. En Hidalgo, México. *Acta Universitaria*. 29: 1-13. Doi:<http://doi.org/10.15174/au.2019.1908>.](https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i39.43)

Hernández T., T. y H. M. Benavides M. 2015. Sensibilidad de 20 procedencias de pino y oyamel a los oxidantes fotoquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias*

Forestales 6 (30): 32-51. Doi:
<https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i30>.

Honorato S., J. A. 2011. Modelos volumétricos fustales para *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. en plantaciones agroforestales de la sierra norte de Puebla. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 2 (6): 55-72. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i6.574>.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2018. Programa de desarrollo del INIFAP, 2018-2030. Mayor productividad en armonía con el medio ambiente. Ciudad de México, México. 237 p. <https://www.gob.mx/inifap/documentos/programa-de-desarrollo-del-inifap-2018-2030> (2 de octubre de 2020).

López A., J. L., V. Sánchez M. y E. Hernández M. 2010. Crecimiento inicial de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 1 (2): 65-79. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v1i2.638>.

Magnitskiy S., V. y Plaza, G.A. 2007. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. Agronomía Colombiana. 25(1): 96-103. Agronomía Colombiana 25(1): 96-103. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a11.pdf> (11 de marzo de 2021).

Martínez S., M. 2013. Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México. INIFAP-Sitio Experimental La Campana. Cd. Aldama, Chihuahua. Libro técnico Núm. 5. 217 p. https://www.researchgate.net/profile/Martin-Martinez-Salvador/publication/261323618_Libro_zonas_aridas/links/00463533dceec7f70700000000/Libro-zonas-aridas.pdf (1 de agosto de 2020).

Martínez S., M., D. E. Hermosillo R., A. S. Mojica G. y J. A. Prieto A. 2015. Potencial productivo y zonificación para el uso y manejo de especies forestales de zonas áridas. INIFAP-Sitio Experimental La Campana. Cd. Aldama, Chih., México. Publicación especial Núm. 13. 119 p.

Martínez N., L. E., H. Sarmiento L., J. A. Sigala R., S. Rosales M. y J. B. Montoya A. 2015. Respuesta a la inoculación inducida de *Russula delica* Fr. en plantas de *Pinus engelmannii* Carr. en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7 (33): 108-117. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i33.93>.

Martínez L., J. E., F. Carrillo A., M. Acosta M., M. E. Romero S. y R. Pérez M. 2020. Ecuaciones alométricas para estimar carbono en brinzales de *Pinus hartwegii* Lindl. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 11 (60): 144-160. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i60.726>.

Mejía B., J. M., J. L. García R. e H. J. Muñoz F. 2015. Evaluación de plantaciones de cuatro especies forestales en el estado de Durango. Reaxión 2 (2). http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Evaluacion_plantaciones_cuatro_especies_forestales_Durango.html (8 de diciembre de 2020).

Muñoz F., H. J. 2000. Tablas de volumen para *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 25(88): 75-92. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/924> (12 de septiembre de 2020).

Muñoz F., H. J., V. M. Coria Á., J. J. García S. y M. Balam C. 2009. Evaluación de una plantación de tres especies tropicales de rápido crecimiento en Nuevo Urecho, Michoacán. Ciencia Forestal en México 34 (106): 61-87. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/684> (24 de septiembre de 2020).

Muñoz F., H. J., O. Gutiérrez G., M. C. Avalos V. y J. G. Magaña J. 2010. Factores ambientales de *Pinus patula* Schl. et Cham. y su adaptación a las condiciones de la Sierra Purépecha, Michoacán. Foresta Veracruzana 12 (2): 27-33. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49719770005> (5 de agosto de 2020).

Muñoz F., H. J., J. A. Prieto R., A. Rueda S. y M. Alarcón B. 2011a. (comps.). Evaluación de plantaciones forestales en la Sierra Madre Occidental. INIFAP-CIRNOC. Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo., México. Libro técnico Núm. 5. 208 p.

- Muñoz F., H. J., G. Orozco G., V. M. Coria A., J. J. García S., Y. Y. Muñoz V. y G. Salvador C. 2011b. Evaluación de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus greggii* Engelm. con dos densidades de plantación en Michoacán, México. *Foresta veracruzana* 13 (1): 29-35. <https://www.redalyc.org/pdf/497/49719786005.pdf> (5 de diciembre de 2020).
- Muñoz F., H. J., J. T. Sáenz R. y A. Rueda S. 2011c. Especies promisorias de clima tropical para plantaciones forestales comerciales en Michoacán. INIFAP-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. Libro técnico Núm. 11. 202 p.
- Muñoz F., H. J., J.T. Sáenz R., J.J. García S., E. Hernández M. y J. Anguiano C. 2011d. Áreas potenciales para establecer plantaciones forestales comerciales de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus greggii* Engelm. en Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2 (5): 29-44. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i5.585>.
- Muñoz F., H. J., J. C. Velarde R., J. J. García M., J. T. Sáenz R., E. H. Olvera D. y J. Hernández R. 2012. Predicción de volúmenes de fuste total para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. *Revista Mexicana Ciencias Forestales* 3 (14): 11-22. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i14.471>.
- Muñoz F., H. J., J. J. García M., G. Orozco G., V. M. Coria Á. y M. B. Nájera R. 2013. Evaluación de una plantación con dos especies tropicales cultivadas en diferentes tipos de envases. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4 (18): 28-43. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i18.387>.
- Muñoz F., H. J., J. J. García M., G. Orozco G., V. M. Coria Á. y Á. Martínez C. 2014. Evaluación de dos módulos agroforestales con cultivo en callejones en la Sierra Purépecha, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5 (22): 40-57. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i22.349>.
- Muñoz F., H. J., J. T. Sáenz R., V. M. Coria A., J. J. García M., J. Hernández R. y G. E Manzanilla Q. 2015a. Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(27): 72-89. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i27.282>.

Muñoz F., H. J., J. T. Sáenz R., G. Magaña J., M. C. Ávalos V. y M. Vega. 2015b. Áreas potenciales para establecer plantaciones comerciales de pino en la Sierra Purhépecha, Michoacán. *Foresta Veracruzana* 17 (2): 35-42. <https://www.redalyc.org/pdf/497/49743956005.pdf> (5 de noviembre de 2020).

Muñoz F., H. J., H. Zaragoza O., H. Zaragoza P., J. J. García M. y B. Ramírez R. 2015b. Comparación del crecimiento de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, *Pinus greggii* Engelm. y *Pinus patula* Schl. et Cham. en plantaciones comerciales establecidas en Hueyapan, Puebla. *Foresta Veracruzana* 17 (1): 1-8. <https://www.redalyc.org/pdf/497/49742125001.pdf> (10 de noviembre de 2020).

Muñoz F., H. J., J. T. Sáenz R., A. Rueda S., D. Castillo Q., F. Castillo R. and D.Y. Ávila F. 2016. Areas with potential for commercial timber plantations of *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. in Michoacán, México. *Open Journal of Forestry* 6: 476-485. Doi:<http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2016.65036>.

Muñoz F., H. J., Castillo-Quiroz, D., Castillo-Reyes, F., Sáenz Reyes, J. T., Ávila-Flores, D. and Rueda-Sánchez, A. 2017. Potential areas for commercial timber plantations of *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. in Michoacán, México. *Open Journal of Forestry* 7(1): 48-57. Doi:<http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2017.71004>

Muñoz F., H. J., J. T. Sáenz R., A. Rueda S., M. Gómez C., D. Castillo Q. y F. Castillo R. 2018. Áreas potenciales para plantaciones forestales con *Brosimum alicastrum* Sw., con fines de restauración. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9 (45): 7-32. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.133>.

Muñoz-Flores, H. J., J. T. Saézn-Reyes, R. Barrera-Ramírez, J. Hernández-Ramos, J. J. García-Magaña y D. Castillo-Quiroz. 2019. Fechas de plantación y su influencia en el desarrollo de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en Michoacán, México. *Revista Bio Ciencias* 6: e524. Doi:<https://doi.org/10.15741/revbio.06.e524>.

Muñoz F., H. J., J. T. Sáenz R., J. Hernández R., G. Orozco G. y R. Barrera R. 2021. Plantación de cuatro especies de bambú establecidas en el trópico seco de Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12(65): 45-66. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.788>.

Ordaz-Ruíz, G., J. Hernández-Ramos, G. G. García-Espinoza, A. Hernández-Ramos, P. Delgado-Valerio y J. J. García-Magaña. 2020. Relaciones alométricas para plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schldl. et Cham. en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11 (60): 98-119. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i60.705>.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2016. El estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma, Italia. 137 p. <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/a-i5588s.pdf> (28 de octubre de 2020).

Parraguirre L., C. y F. Camacho M. 1992. Germinación de semillas de veintidós especies forestales tropicales. *Ciencia Forestal en México* 17 (72): 3-26. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/view/1063> (19 de octubre de 2020).

Patiño V., F. y J. Marín C. 1993. Viveros forestales: Planeación, establecimiento y producción de planta. INIFAP- Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México. Serie: Libro técnico s/n. 159 p.

Patiño V., F., A. Rodríguez P., J. Marín Ch. y E. Días M. 1993. Melina (*Gmelina arborea* Roxb): Producción de planta, establecimiento y manejo de plantaciones. INIFAP-Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México. Serie: Libro técnico s/n. 167 p.

Pineda O., T., E. Flores A., A. Flores G., E. Buendía R., V. Guerra de la C. y F. Islas G. 2020. Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11 (62): 165-174. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.809>.

Prieto R., J. A. y J. T. Sáenz R. 2011. Indicadores de calidad de planta en los viveros forestales de la sierra madre occidental. INIFAP-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Durango, México. Libro técnico Núm. 3. 210 p.

Prieto R., J. A., V. Bustamante G., H. J. Muñoz F. y R. Álvarez Z. 2014. Análisis de conos y semillas en coníferas. *In*: Garza O., F., J. A. Guevara G., H. Villalón M. y A. Carrillo P. (eds.). Tecnologías en el manejo sustentable de los recursos naturales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, NL., México. pp. 27-44.

Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco (PRODEFO). 2000. Manual de silvicultura y manejo de bosques templados. Ciclo económico forestal. Guadalajara, Jal., México. 135 p.

Reynoso S., R., W. López B., A. López L., A., J.A. Ruíz C., I. Castro M., P. Cadena I., L.M. Valenzuela N. y R. Camas G. 2016. Áreas potenciales para el cultivo del agave (*Agave americana* L.) en la meseta Comiteca, Chiapas. *Agro Productividad* 9(2):56-61.

<https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/721/590>

(5 diciembre de 2020).

Reynoso S., R., M. J. Pérez H., W. López B., J. Hernández R., H. J. Muñoz F., J. V. Cob U. y Reynoso S. M. 2018. El nicho ecológico como herramienta para predecir áreas potenciales de dos especies de pino. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(48): 47-70. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.114>.

Rodríguez S., B., J. A. Contreras G. y X. García C. 1993. Evaluación en vivero de progenies de sacchacah (*Dendropanax arboreus*) y negrito (*Simarouba glauca*). *Ciencia Forestal en México* 18(74):3-24. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/1046> (3 de septiembre de 2020).

Rueda S., A., J. A. Ruiz C., J. G. Flores G. y E. Talavera Z. 2006. Potencial productivo para 11 especies de pino en Jalisco. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. CIRPAC, INIFAP. Guadalajara, Jalisco México. Libro Técnico Núm. 1. 175 p.

Rueda S., A., J. A. Ruiz C., J. D. Benavides S. y J. G. Flores G. 2007. Definición de áreas favorables para seis especies forestales tropicales en el estado de Jalisco.

SAGARPA-CIRPAC-INIFAP. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México. Libro Técnico. Núm. 5. 165 p.

Rueda S., A., J. D. Benavides S., J. Á. Prieto R., J. T. Sáenz R., G. Orozco G. y A. Molina C. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(14): 69-82. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i14.475>.

Rueda S., A., G. Ramírez O., J. A. Ruíz C., F. Moreno S., A. González H., O. U. Martínez B., J. T. Sáenz R., H. J. Muñoz F., A. Molina C. y V. M. Jiménez E. 2013a. Requerimientos agroecológicos de especies forestales. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. Libro técnico No. 3. 239 p. https://backend.aprende.sep.gob.mx/media/uploads/proedit/resources/requerimientos_agroe_f89fdf46.pdf (16 de marzo de 2020).

Rueda S., A., J. T. Sáenz R., A. Gallegos R., D. González E., J. A. Ruíz C., J. D. Benavides S., E. López A. y M. Acosta M. 2013b. Estimación de biomasa y carbono de las especies *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Swietenia macrophylla* King, *Tabebuia rosea* (Bertol.) A. DC., *Cedrela odorata* L., *Tectona grandis* L. F. y *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. en Jalisco. In: Salcedo P., E., E. Hernández Á., J. A. Vázquez G., T. Escoto G. y N. Díaz E. (eds.). Recursos forestales en el occidente de México. Diversidad, manejo, producción, aprovechamiento y conservación. Serie Fronteras de Biodiversidad. 4 Tomo II. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México pp. 252-284.

Rueda S., A., J. D. Benavides S., J. T. Sáenz R., H. J. Muñoz F., J.A. Prieto R. y G. Gutiérrez O. 2014a. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(22):58-72. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i22.350>.

Rueda S., A., A. Gallegos R., D. González E., J. A. Ruiz C., J. D. Benavides S., E. López A. y M. Acosta M. 2014b. Estimación de biomasa aérea en plantaciones de *Cedrela odorata* L. y *Swietenia macrophylla* King. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(25):8-17. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i25.300>.

Rueda-Sánchez, A., J. A. Ruíz-Corral., J. D. Benavides-Solorio, G. Medina-García y A. Molina-Castañeda. 2017. Áreas potenciales para plantaciones forestales ante escenarios de cambio climático en el estado de Jalisco, México. *Revista Mitigación del daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México* 3(3): 61-74. <https://docplayer.es/89890820-Revista-mitigacion-del-dano-ambiental-agroalimentario-y-forestal-de-mexico.html> (25 de octubre de 2020).

Rueda S., A., J. T. Sáenz R., H. J. Muñoz F., J.A. Ruíz C., M. Gómez C. y A. Molina C. 2018. Áreas potenciales para plantaciones comerciales con *Pinus maximinoi* y *Roseodendron donnell-smithii* ante cambio climático en Jalisco, México. *Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México* 4 (4): 29-43. https://www.academia.edu/37242951/Pub_Mit_Da%C3%B1o_Amb_ENE_JUN_2018_pdf (16 de marzo de 2020).

Sáenz R., J. T., H. J. Muñoz F., A. Rueda S., F. J. Villaseñor R. y J. Anguiano C. 2011. Regionalización de áreas potenciales para plantaciones forestales comerciales en Michoacán. INIFAP-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich., México. Libro Técnico Núm. 12. 254 p.

Sáenz R., J. T., H. J. Muñoz F. y A. Rueda S. 2012. Monografías de especies forestales para plantaciones comerciales en clima templado de Michoacán. INIFAP-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich., México. Libro Técnico Núm. 14. 213 p.

Sáenz R., J. T., H. J. Muñoz-Flores, C. M. Á. Pérez-Díaz, A. Rueda-Sánchez y J. Hernández-Ramos. 2014a. Calidad de planta en el vivero "Morelia" en el estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(26):98-110. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i26.299>.

Sáenz R., J. T., H. J. Muñoz F., A. Rueda S., J. E. Sáenz C., y R. Barrera R. 2014b. Fuentes alternativas de fertilización en el establecimiento de plantaciones forestales. *Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México* 1 (1): 73-84. https://www.researchgate.net/profile/ayala_alejandro/publication/273886905_futu

re_ambiental_sostenibility_of_agropecuary_production_systems_in_mexico/links/550f9c2d0cf21287416bab25/future-ambiental-sostenibility-of-agropecuary-production-systems-in-mexico.pdf (8 de noviembre de 2020).

Sáenz R., J. T., J. Jiménez O., H. J. Muñoz F., A. Rueda S., J. E. Sáenz C. y J. Hernández R. 2016. Fertilización en sistema silvopastoril en la cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México 2 (2): 178-187. <https://docplayer.es/96578015-Issn-revista-mitigacion-del-dano-ambiental-agroalimentario-y-forestal-de-mexico.html> (10 de septiembre de 2020).

Sáenz R., J. T., L. M. Acosta I., H. J. Muñoz F., J. J. García M. y D. Castillo Q. 2017. Calidad de planta de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en vivero con fertilización de lenta liberación y biofertilizante. Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México 3 (3): 85-97. <https://docplayer.es/89890820-Revista-mitigacion-del-dano-ambiental-agroalimentario-y-forestal-de-mexico.html> (19 de noviembre de 2020).

Sáenz R., J. T., A. Rueda S., J. D. Benavides S., H. J. Muñoz F., D. Castillo Q. y J. E. Sáenz C. 2021. Ecuaciones alométricas, biomasa y carbono en plantaciones forestales tropicales en la costa de Jalisco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 12(65):26-44. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.856>.

Sánchez M., V. y C. Velázquez E. 1998. Evaluación de dos insecticidas biológicos en el control de *Hypsipyla grandela* Zeller, barrenador de brotes de las meliáceas. Ciencia Forestal en México 23(83):33-39. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/961> (22 de agosto de 2020).

Santiago T., O., J. J. Vargas H., A. Aldrete, J. López U. y A. M. Fierros G. 2015. Sustratos y tamaños de contenedor en el desarrollo de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 6(31):94-113. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i31.199>.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2020. Superficie reforestada (hectáreas). Consulta temática. http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/wfservlet?ibif_ex=d3_rforest0906&ibic_user=dgeia_mce&ibic_pass=dgeia_mce&nombrentidad=* &nombreatio=*conafor, 2006 (3 de junio de 2021).

Sigala R., J. A., M. A. González T. y J. A. Prieto R. 2015. Supervivencia en plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en función del sistema de producción y precondicionamiento en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 6(30):20-31. Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i30.205>.

Sigala R., J. A., M. A. González T., J. A. Prieto R., E. Basave V. y J. Jiménez P. 2016. Relaciones alométricas para predecir biomasa en plantas de *Pinus pseudostrobus* cultivadas en diferentes sistemas de producción en vivero. Bosque 37(2):369-378. Doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002016000200015>.

Tamarit U., J. C., H. M. De los Santos P., A. Aldrete, J. R. Valdez L., H. Ramírez M. y V. Guerra De la C. 2014a. Ecuaciones dinámicas de índice de sitio para *Tectona grandis* en Campeche, México. Agrociencia 48:225-238. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v48n2/v48n2a8.pdf> (4 de diciembre de 2020).

Tamarit U., J. C., H. M. De los Santos P., A. Aldrete, J. R. Valdez-Lazalde, H. Ramírez M. y V. Guerra C. 2014b. Sistema de cubicación para árboles individuales de *Tectona grandis* L. f. mediante funciones compatibles de ahusamiento - volumen. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 5 (21):58-74. Doi: <http://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.759>.



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.