



Divulgación técnica

Diciembre, 2024

Departamento de Investigación Forestal

Investigación para la producción y conservación del pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder)

Introducción

Dentro de las especies con una distribución restringida en Guatemala, se encuentra el pinabete *Abies guatemalensis* Rehder; endémica del altiplano del país; con una distribución limitada a las partes altas de los departamentos de Totonicapán, Huehuetenango, San Marcos, Sololá, Quetzaltenango y Jalapa; especie adaptada a altitudes arriba de los 2,800 msnm.

El pinabete tiene una alta importancia ecológica, cultural y comercial. Esto conlleva una presión sobre la especie y su ecosistema. Actualmente la amenaza de pérdida de hábitat continua, principalmente por expansión de la frontera agrícola, urbanización e incendios forestales. A esto se les suman las plagas, la baja tasa de regeneración natural y las necesidades ecológicas que lo hacen un árbol vulnerable a cambio climático (Martínez-Arévalo, 2016). Por esto, la especie es clasificada en la categoría “en peligro de extinción” de la lista roja de -UICN- (Gardner 2013), en la categoría I de la lista CITES (CITES 2013) y en la categoría 1 de la lista LEA.

Lo anterior impulsó la protección del pinabete a través del Reglamento para el manejo de Plantaciones y Áreas Productoras de semilla de Pinabete y la Estrategia Nacional para la Conservación de Pinabete 2019-2028. Ambos documentos constituyen la base legal y técnica para promover la conservación *ex situ* e *in situ*.

Uno de los ejes de la estrategia contempla la necesidad de priorizar y realizar investigación que permita la mejor toma de decisiones en los diferentes programas de conservación y producción. El presente artículo aborda un resumen de algunas investigaciones gestionadas y ejecutadas en el periodo 2019-2024 por el Instituto Nacional de Bosques -INAB- en conjunto con la academia y con el apoyo de Asociación de Cooperación al Desarrollo Integral de Huehuetenango -ACODIHUE-.

El INAB en colaboración con la Facultad de Agronomía de la USAC, realizó la estimación de la cobertura forestal del ecosistema natural del pinabete, utilizando imágenes satelitales *Planet*. Cano (2023) estimó la cobertura utilizando el algoritmo de Máxima Entropía -MaxEnt- en el que

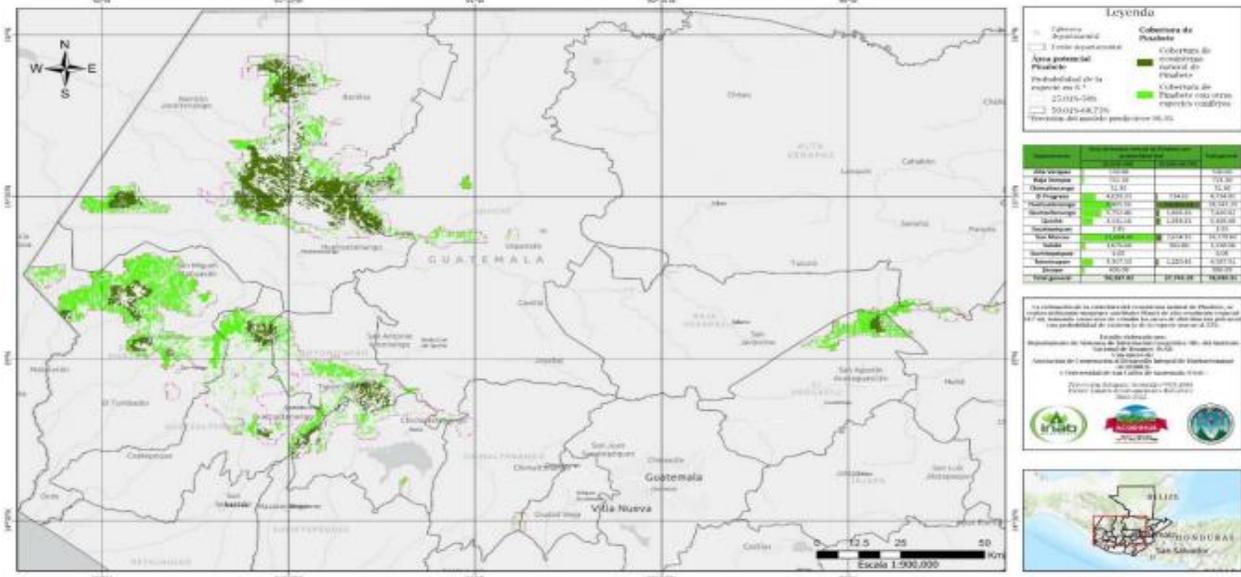


se procesaron muestras de presencia de la especie y datos climáticos y topográficos del territorio de Guatemala, como resultado se cuenta con un mapa de cobertura de la especie (Figura 1).

Se estimó que para el año 2020 el área potencial del pinabete era de 78,031.31 ha; con mayor representación en los departamentos de Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Quiché y Sololá.

Figura 1

Mapa de cobertura del ecosistema natural de pinabete del año 2020 República de Guatemala.



Nota. Extraído de Cano, 2023

Otro de los ejes de la Estrategia Nacional para la Conservación de Pinabete son las plantaciones voluntarias para satisfacer la demanda de árboles de navidad, reduciendo así la presión de tala ilegal en bosques naturales, en este sentido, el INAB, ha

promovido el establecimiento de plantaciones a través de los programas de incentivos forestales PINFOR, PROBOSQUE y PINPEP donde se han obtenido los siguientes resultados (ver tabla 1).

Tabla 1.

Proyectos de incentivos forestales de pinabete en la modalidad de plantaciones

Departamento	Proyectos	Área (ha)	Monto incentivado (Q.)
San Marcos	58	42.75	488,276.62
Jalapa	1	6.34	82,420.00
Quetzaltenango	27	18.35	237,886.75
Totonicapán	9	15.39	149,937.20
Baja Verapaz	1	3	37,200.00
Chimaltenango	8	77.32	823,127.56
Huehuetenango	51	338.55	3,781,991.02
Sololá	6	5.69	82,637
Quiché	18	7.27	103,152
Totales	179	514.66	5,1786,627.45



Como parte de las acciones de fomento para plantaciones de pinabete, el INAB generó el “paquete tecnológico forestal” que contiene los principales resultados de investigaciones, documentos científicos, manuales técnicos y experiencias documentadas que aportan conocimientos y técnicas como insumos para la toma de decisiones en el cultivo de pinabete, y permitan alcanzar los objetivos y metas del silvicultor.

Según las experiencias documentadas se puede decir que *Abies guatemalensis* está demostrando aptitudes competitivas fuera del bosque natural, al establecerse en distintos sistemas que van desde plantaciones puras, mixtas y sistemas agroforestales, bajo buenas condiciones de manejo y sitio; hasta modelos más complejos de manejo como los de restauración forestal, inclusive en suelos menos productivos cuya capacidad de uso es protección. Cabe indicar que el objetivo principal de las plantaciones es la producción de árboles navideños, siendo pocas las plantaciones destinadas para la protección y restauración (INAB, 2019).

Uno de los ejemplos más conocidos del manejo de plantaciones puras en el área central, corresponde a la Finca El Espinero, ubicada en el municipio de Tecpán, Chimaltenango; quienes se han dedicado por más de 15 años al cultivo de pinabete para árboles de navidad, y aunque han tenido que implementar algunas actividades como la protección contra heladas, manejo integrado de plagas y enfermedades; la especie se ha desarrollado con éxito, demostrando con ello su aptitud en sistema de monocultivo (Figura 2) (INAB, 2019).

Figura 2

Arreglo de plantación pura de Abies guatemalensis Rehder, finca El Espinero, Chimaltenango.

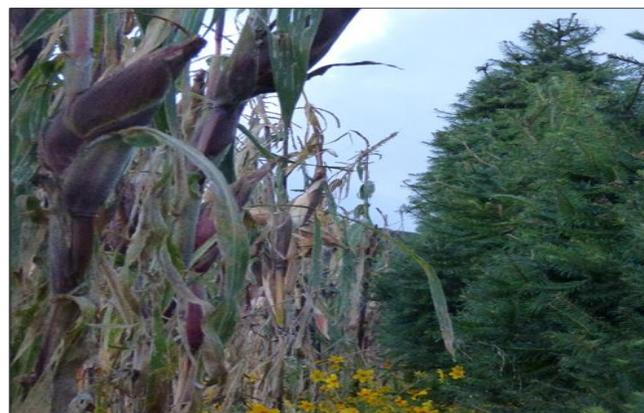


Nota. Extraído de INAB, 2019.

Varios ejemplos potencializan la aptitud de la especie para su combinación con cultivos agrícolas, aunque la mayoría de estos sistemas agroforestales sugieren el manejo de un menor número de árboles por unidad de área en comparación con las plantaciones puras, con la ventaja que le permite al reforestador la generación de ingresos adicionales en los primeros años derivado de los cultivos agrícolas. Por otro lado, el manejo agronómico de los cultivos agrícolas beneficia al pinabete, principalmente por la fertilización, además, permite mantener libre de malezas el terreno, proporcionando así mejores condiciones para el desarrollo de los árboles.

Figura 3

Sistema agroforestal Pinabete-Maíz, Tejutla, San Marcos.



Nota. Extraído de INAB, 2019.



En los últimos años, los productores de pinabete han identificado una plaga en sus plantaciones y bosques, conocida como la enfermedad del alga verde. Esta afección se caracteriza por la formación de una “capa verde” que crece sobre las hojas y bloquea la absorción de la luz solar, esto provoca la muerte de las ramas. Además de comprometer la salud del árbol, esta enfermedad afecta su valor estético, impactando negativamente la comercialización de los árboles de Navidad.

Consciente de esta problemática, el INAB en colaboración con la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), realizó en 2020 un proyecto de investigación titulado "Caracterización de algas y hongos asociados a la enfermedad del 'alga verde' del pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en Guatemala". Este estudio se centra en identificar y describir los organismos asociados a la enfermedad como un primer paso para entender su comportamiento y generar estrategias de manejo. Para cumplir con este objetivo, Villalobos (2020) colectó muestras en tres plantaciones de pinabete donde ya fue reportada la enfermedad del alga verde: finca Billeben, finca Valle Alto y finca Buena Vista.

Figura 4
Pinabetes infestados con la enfermedad del alga verde en la finca Valle Alto, Chimaltenango.



Nota. Extraído de Villalobos, 2020. A) B) Ramas con infestación ligera, C) D) E) F) ramas con infestación severa

Villalobos (2020) identificó que la enfermedad del alga verde del pinabete es causada por una biopelícula de algas y hongos que se forma sobre el tronco, ramas y hojas; encontró en total 3 géneros de algas y 10 especies de hongos en las fincas Billeben, Valle Alto y Buena Vista que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.
Géneros de algas y hongos encontrados en las plantaciones de pinabete.

Clasificación	Localidades		
	Finca Billeben Guatemala	Finca Valle Alto Chimaltenango	Finca Buena Vista San Marcos
Algas			
<i>Desmococcus</i> spp.	X	X	X
<i>Klebsormidium</i> spp.	X	X	
Trebouxioiphyceae	X		
Hongos			
<i>Aspergillus</i> sp.	X		
<i>Fusarium equiseti</i>		X	
<i>Fusarium graminearum</i>		X	
<i>Fusarium</i> sp.		X	
<i>Mucor hiemalis</i>			X
<i>Mucor</i> sp.		X	
<i>Trichoderma koningiopsis</i>			X
<i>Trichoderma viride</i>			X
<i>Trichoderma</i> sp.	X		
<i>Ulocladium</i> sp.	X		

Nota. Extraído de Villalobos, 2020.

Villalobos (2020) también observó que los árboles que se encontraban bajo sombra presentaban una mayor infestación de la enfermedad del alga verde. El INAB (2019) menciona que la sombra y la humedad favorecen el crecimiento de algas, lo cual es apoyado por numerosas referencias. Las algas terrestres dependen de la humedad ambiental para obtener agua, y son propensas a desecación si se exponen directamente a la luz solar. Tomando esto en consideración, la falta de podas y raleo en las plantaciones de pinabete podrían favorecer el desarrollo de la enfermedad, ya que disminuyen la iluminación en la copa del árbol (INAB, 2019).

Con estos antecedentes el INAB en colaboración con la Facultad de Agronomía de la USAC, desarrolló el proyecto de investigación



“Evaluación de métodos de control para la enfermedad del alga verde en las Plantaciones De Pinabete (*Abies Guatemalensis* Rehder), Chimaltenango, Guatemala” realizado por Sequén.

Sequén (2024) llevó a cabo ensayos de campo utilizando 12 tratamientos que combinaron control mecánico mediante podas (para modificar la densidad de cobertura) y control químico con dosis mínimas recomendadas por el fabricante (ver Tabla 3). La hipótesis planteada fue que la reducción de la cobertura de copas, junto con la aplicación de diferentes productos químicos, contribuiría al control de la enfermedad del "alga verde". Se propuso que la disminución de la densidad de las copas permitiría una mayor entrada de luz, mientras que los productos químicos actuarían directamente sobre el conjunto patogénico (algas y hongos) responsable de la enfermedad.

Tabla 3.
Tratamientos utilizados para el control del alga verde.

Factor A	Factor B		Tratamientos
Porcentaje de cobertura	Producto	Dosis	
Cobertura 1 (65%)	Sulfato de cobre pentahidratado	1 l/ha	A1B1
	Azufre elemental	1.5 kg/ha	A1B2
	Amonio cuaternario	1%	A1B3
	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Streptomyces lydicus</i> , <i>Trichoderma harzianum</i>	1.5 l/ha	A1B4
Cobertura 2 (35%)	Sulfato de cobre pentahidratado	1 l/ha	A2B1
	Azufre elemental	1.5 kg/ha	A2B2
	Amonio cuaternario	1%	A2B3
	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Streptomyces lydicus</i> , <i>Trichoderma harzianum</i>	1.5 l/ha	A2B4
Cobertura 3 (25%)	Sulfato de cobre pentahidratado	1 l/ha	A3B1
	Azufre elemental	1.5 kg/ha	A3B2
	Amonio cuaternario	1%	A3B3
	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Streptomyces lydicus</i> , <i>Trichoderma harzianum</i>	1.5 l/ha	A3B4

Nota. Extraído de Sequén, 2024.

La variable de estudio fue la reducción de la severidad, el cual se refiere a la proporción del árbol infectado por la enfermedad, expresada en porcentaje (Sequén, 2024).

Sequén (2024) determinó mediante análisis estadístico que la mejor interacción entre los

tratamientos que influyen en la reducción de la severidad de la enfermedad. Corresponde al tratamiento (A2B3) con los factores amonio cuaternario con la densidad de cobertura a un 35%.

Dado que el porcentaje de cobertura de 35% obtuvo mejores resultados Sequén (2024) afirma que tuvo efectos en la reducción de severidad de la enfermedad, debido a que para este porcentaje de cobertura se realizaron podas de formación disminuyendo así la cobertura de copas para que las ramas de los árboles no se intercepten entre ellas, y así evitar que la humedad relativa del ambiente contribuya al desarrollo de la enfermedad. Según el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático ICC (2022) se mantuvo un 82.1% de humedad relativa en promedio durante los meses de la investigación.

Es importante resaltar lo que expone Sequén, (2024) que los productos sulfato de cobre pentahidratado, azufre elemental y el producto biológico de *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* y *Streptomyces lydicus*, se utilizaron aplicando las dosis mínimas recomendadas por las casas comerciales de cada producto, por lo que se deduce que se pudo obtener mejores resultados con dosis mayores al mínimo utilizado.

Consideraciones

Se han generado más investigaciones en el marco de la conservación de la especie de pinabete (*Abies Guatemalensis* Rehder) en los últimos años, estas se incluyen como referencias para consulta.

El papel de la academia en la investigación es de suma importancia, para los años 2023 y 2024 se han implementado proyectos de investigación con el Centro Universitario de Nor-occidente, estos aún se encuentran en etapas de redacción y revisión de los resultados, pero sin duda vendrán a aportar a la conservación y manejo de la especie y su ecosistema.



Redacción y edición

Departamento de Investigación Forestal

Referencias:

Cano, A. 2023. Estimación de la cobertura distribución del ecosistema Natural de pinabete (*abies guatemalensis* rehder), al año 2020, Utilizando imágenes planet de la república de Guatemala, C.A. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). 2020. Estrategia Nacional para la Conservación de Pinabete para el período 2019-2028. Documento técnico No. 06-2020. Guatemala.

Instituto Nacional de Bosques. 2019. Paquete Tecnológico Forestal para Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, versión 1.0. Guatemala, Departamento de Investigación Forestal. 58 p. (Serie técnica DT-032-2019).

Martínez-Arévalo, J.V. 2016. «Los bosques de *Abies guatemalensis* Rehder de San Marcos, Guatemala: una oportunidad para su restauración ecológica». Ciencia, Tecnología y Salud. 3(1): 27-46.

Monge, E. (2022). Caracterización de la diversidad genética y botánica de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en dos plantaciones del occidente de Guatemala. [Tesis de licenciatura, Universidad del Valle de Guatemala].

Villalobos, A. (2020). Caracterización de algas y hongos asociados a la enfermedad del “alga verde” del pinabete. [Tesis de licenciatura, Universidad del Valle de Guatemala].

Sequén, G. (2024). Evaluación de métodos de control para la enfermedad del “alga verde” (complejo patogénico) en las plantaciones de *Abies guatemalensis* rehder, Chimaltenango, Guatemala. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].

Bibliografía citada disponible
para consulta en el Centro de



CINFOR-WEB

**CENTRO DE INFORMACIÓN
FORESTAL**