

Universidad Zamorano

Departamento de Ambiente y Desarrollo

Ingeniería Ambiente y Desarrollo



**Universidad
Zamorano®**

Proyecto Especial de Graduación

**Evaluación de la distribución de *Spathodea campanulata* P.Beauv
(Bignoniaceae) en el campus de la Universidad Zamorano,
Honduras**

Estudiante

Natalia Elizabeth Osorio Banegas

Asesores

Diego Obando, M.Sc.

Jeffrey Díaz, M.Sc.

Honduras, agosto 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector i.a.

ANA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

VICTORIA CORTÉS MATAMOROS

Directora Departamento Ambiente y Desarrollo

JULIO NAVARRO

Secretaría General

Contenido

Contenido.....	3
Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figuras	5
Índice de Anexos	6
Resumen.....	7
Abstract	8
Introducción	9
Metodología.....	12
Área y Alcance del Estudio	12
Caracterización de la Condición y Distribución de <i>Spathodea campanulata</i>	14
Análisis Comparativo de la Densidad de la Madera por Categorías Diamétricas	17
Revisión de Estrategias Internacionales de Manejo de <i>Spathodea campanulata</i>	19
Resultados y Discusión	21
Distribución, Condición y Parámetros Estructurales de <i>S. campanulata</i>	21
Densidad de la Madera y Variación por Clases Diamétricas	29
Conclusiones	34
Recomendaciones	35
Referencias.....	36
Anexos.....	39

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Categorías del estado estructural de la especie evaluado en campo	15
Cuadro 2 Ecuación alométrica para estimar biomasa aérea.	16
Cuadro 3 Indicadores promedio de DAP y área basal total	25
Cuadro 4 Comparación de densidad (g/cm^3) según clase diamétrica (DAP)	29
Cuadro 5 Estrategias de manejo forestal aplicadas a <i>Spathodea campanulata</i>	32

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación geográfica del sitio de estudio.....	13
Figura 2 Mapa de distribución de árboles en el campus central	22
Figura 3 Mapa de distribución de árboles en zona productiva.....	23
Figura 4 Distribución de frecuencias del DAP	25
Figura 5 Distribución del volumen individual estimado por árbol de <i>Spathodea campanulata</i>	26
Figura 6 Volumen de copa por árbol de <i>S. campanulata</i>	27
Figura 7 Captura estimada de biomasa, carbono y CO ₂ equivalente.....	28
Figura 8 Comparación de densidad por clase diamétrica	30

Índice de Anexos

Anexo A Ilustración de las semillas de <i>Spathodea campanulata</i> dentro de la vaina	39
Anexo B Etapas clave en la prevención de especies exóticas invasoras	40
Anexo C Legislación llevada a cabo en Brasil	41
Anexo D Datos de individuos arbóreos en la zona de la biblioteca	42
Anexo E Registro de árboles en el camino al pivote y área de acuicultura (AH)	43
Anexo F Datos de individuos arbóreos en las cercanías del currículo general	44
Anexo G Datos de individuo arbóreos en el área del CEDA	46

Resumen

Las especies exóticas invasoras representan una amenaza para la biodiversidad local, ya que pueden desplazar especies nativas y alterar el equilibrio de los ecosistemas. *Spathodea campanulata*, conocida como llama del bosque, es una especie introducida con fines ornamentales en zonas tropicales. El objetivo de este estudio fue evaluar la presencia y distribución de *S. campanulata* en el campus de la Universidad Zamorano, Honduras. Se realizó un censo en 421.15 ha, registrando variables de crecimiento (DAP, altura total, altura comercial y diámetro de copa) y el estado fitosanitario de cada individuo. El volumen, la biomasa aérea y el carbono almacenado se estimaron mediante ecuaciones alométricas. Además, se comparó la densidad de la madera entre clases diamétricas y se revisaron estrategias de manejo aplicadas en otros países. Se identificaron 124 árboles distribuidos principalmente en zonas cercanas a caminos y edificaciones. La biomasa aérea estimada fue de 25,909 kg, con un almacenamiento de 13,758 kg de carbono, equivalentes a 50,444 kg de CO₂ capturado. La densidad de la madera osciló entre 0.27 y 0.48 g/cm³, sin encontrarse diferencias significativas entre clases diamétricas. Los resultados evidencian que, aunque *S. campanulata* no presenta actualmente un comportamiento invasivo en el campus, su ubicación y características podrían favorecer su expansión y generar impactos sobre la biodiversidad nativa en el futuro. Estos hallazgos constituyen una línea base para futuras estrategias de manejo y conservación en el campus, y resaltan la importancia de evaluar su comportamiento durante distintas épocas del año.

Palabras clave:

Abstract

Invasive exotic species pose a threat to local biodiversity, as they can displace native species and alter ecosystem balance. *Spathodea campanulata*, commonly known as the African tulip tree, is an introduced species cultivated for ornamental purposes in tropical areas. This study aimed to assess its presence and distribution on the campus of Zamorano University, Honduras. A census was conducted over 421.15 ha, recording growth variables (DBH, total height, commercial height, and crown diameter) and the phytosanitary condition of each tree. Volume, aboveground biomass, and stored carbon were estimated using allometric equations, while wood density was compared among diameter classes and management strategies from other countries were reviewed. A total of 124 trees were identified, mainly near roads and buildings. The estimated aboveground biomass was 25,909 kg, with 13,758 kg of stored carbon, equivalent to 50,444 kg of captured CO₂. Wood density ranged from 0.27 to 0.48 g/cm³, with no significant differences among diameter classes. Although *S. campanulata* currently shows no invasive behavior on campus, its location and characteristics could facilitate its spread and impact native biodiversity in the future. These findings provide a baseline for future management and conservation strategies and emphasize the importance of monitoring its behavior throughout the year.

Keywords: African tulip tree, aboveground biomass, Exotic species, forest management.

Introducción

Las invasiones biológicas ocurren cuando especies son introducidas en nuevas áreas donde se reproducen, extienden y persisten. En un sentido estricto el movimiento de las especies no es algo novedoso ni un fenómeno realizado exclusivamente por los humanos (Schüttler y Karez, 2009). Las especies invasoras son plantas, animales, agentes patógenos y otros organismos que han sido transportados por las personas fuera de su área de distribución original, ya sea de manera intencional o accidental, y que terminan causando daños al ambiente y a los medios de vida de las comunidades humanas. Diversos estudios realizados dan a conocer que la especie *Spathodea campanulata* es invasora, ya sea, por sus características y sus reacciones con los ecosistemas (Rubio y Calama, 2023). Este árbol es potencialmente invasor por presentar características como: fácil dispersión y rápido crecimiento, que se adapta a diferentes tipos de suelos presentando una alta regeneración natural, características que la vuelven invasora según su comportamiento en el tiempo (Carrillo y González, 2005).

En la actualidad, el llama del bosque está incluido en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Francis y Lowe, 2000). Ha sido ampliamente introducida como planta ornamental en varias regiones de América tropical (Santos et al., 2017). Esta especie produce una variedad de compuestos químicos como mecanismo estratégico de defensa contra los insectos (Santos et al., 2017). Algunas de estas proteínas actúan como insecticidas mediante mecanismos oxidativos, generando especies reactivas de oxígeno y radicales libres en el tracto digestivo de los insectos (Buttoud, 2015). Como consecuencia, pueden afectar procesos digestivos clave al inhibir enzimas catalíticas de carbohidratos y alterar el crecimiento y desarrollo de las plagas (Ayala et al., 2024).

Según Lugo et al. (2011), en Honduras se conoce poco sobre las especies que han invadido el país y los daños que están provocando, las especies invasoras que se han estudiado

son principalmente plantas y según el *Catálogo de Plantas Vasculares de Honduras* de Sutherland (2008), se han registrado 414 especies introducidas. En este contexto, además de los impactos ecológicos que genera su presencia, resulta relevante evaluar el potencial de almacenamiento de carbono y el aprovechamiento de la biomasa de *S. campanulata*, ya que la remoción o sustitución de individuos podría implicar la pérdida de reservas importantes de carbono y afectar el balance de captura de CO₂ en el área de estudio. Contar con estos datos no solo permite dimensionar su aporte al secuestro de carbono, sino también definir estrategias de manejo forestal que consideren si es viable su remoción, sustitución por especies nativas o un aprovechamiento controlado de su madera y biomasa.

En Argentina, se realizó un estudio sobre la llama del bosque donde se evaluó su impacto sobre la fauna nativa, específicamente en insectos. Al revisar 656 flores, se encontraron 151 insectos muertos dentro de 115 de ellas. Entre los insectos afectados se identifican principalmente abejas nativas como *Scaptotrigona jujuyensis*, además de otros grupos como dípteros, coleópteros, hemípteros y arácnidos. Esto indica que el contenido de las flores, como el néctar y el mucílago, podría estar provocando la muerte de estos organismos en ciertas condiciones (Ayala et al., 2024; Choque, 2017).

Una investigación realizada a cabo en Brasil por Castagnino et al. (2024) reveló que las flores de *Spathodea campanulata* están implicadas en la mortalidad de diversas especies de abejas, en particular de las abejas sin aguijón *Trigona spinipes* (50%) y *Partamona helleri* (24%). Así mismo, en algunos países como Argentina, Brasil y Colombia se reportan acciones locales de prohibición e incluso erradicación de la especie a través de decretos administrativos municipales. En su lugar de origen, se ha documentado que *Spathodea campanulata* coloniza rápidamente áreas perturbadas, formando masas densas que desplazan a la vegetación nativa, favorecida por su alta producción de semillas, capacidad de regeneración y tolerancia a diferentes tipos de suelos (Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R(2009). De forma

complementaria, también se reconoce en África por sus propiedades medicinales y ha sido utilizado para tratar diversas enfermedades, según, Ngameko et al. (2020) *Spathodea campanulata* es una planta medicinal tradicionalmente utilizada en África para la prevención y el tratamiento de enfermedades del riñón y del sistema urinario, la piel, el tracto gastrointestinal y la inflamación en general. Se ha descubierto que los extractos de esta planta son activos contra enfermedades proliferativas, que involucran células cancerosas y bacterias.

Se analizó la presencia y distribución de la especie llama del bosque en diversos sectores del campus de Universidad Zamorano. A partir de ello, se espera contribuir a la evaluación del impacto que esta especie invasora puede estar generando sobre la fauna nativa del lugar, destacando la importancia de comprender su comportamiento en este entorno y de considerando posibles estrategias de manejo dentro del campus. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo general realizar un censo y análisis de la distribución y condición de *Spathodea campanulata* en el campus, considerando sus diferentes estados de crecimiento, el potencial aprovechamiento de su biomasa y su contribución al secuestro de carbono, con el propósito de generar información que facilite su manejo adecuado. Para ello se determinaron los siguientes objetivos específicos; 1) Evaluar la condición y distribución actual de la especie *Spathodea campanulata* en el campus de la Universidad Zamorano, mediante un censo y medición de variables de crecimiento. 2) Comparar la densidad de la madera de *Spathodea campanulata* entre categorías diamétricas definidas a partir del DAP. 3) Revisar estrategias internacionales de manejo de *Spathodea campanulata* para identificar opciones aplicables en la Universidad Zamorano.

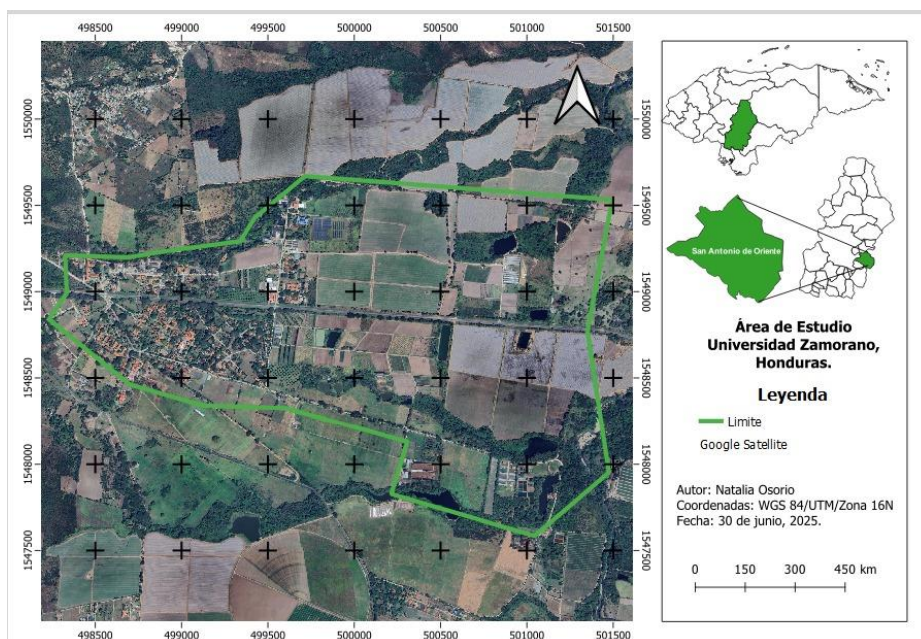
Metodología

Área y Alcance del Estudio

La investigación se llevó a cabo en el campus de la Universidad Zamorano, ubicada en el municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras, a una altitud de 820 msnm. Esta región se caracteriza por un clima tropical seco, con una precipitación anual de 1,105 mm y una temperatura promedio mensual de 25 °C (Duarte y Montaña, 2020). La Universidad Zamorano cuenta con una amplia biodiversidad y extensas áreas naturales; Sin embargo, el estudio se desarrolló exclusivamente dentro del campus, incluyendo sitios específicos como biblioteca, currículo general, el campus central, residencia de maestros, Centro Estudiantil de Desarrollo Académico (CEDA) y zonas productivas (Figura 1). En el campus central se encuentran especies arbóreas distintivas de la región, las cuales fueron incorporadas en distintas etapas y hoy conforman parte de su diversidad biológica. De acuerdo con Alvarado Pineda y Carpintero Miranda (2011), es importante definir el alcance del área de estudio considerando la viabilidad de implementar un plan de manejo futuro. Esto debido a que la mayoría de las decisiones administrativas y técnicas se fundamentan dentro de límites previamente establecidos.

Figura 1

Ubicación geográfica del sitio de estudio



La identificación de *Spathodea campanulata* se realizó mediante recorridos en las áreas del campus Zamorano, tratando de alcanzar todas las áreas objetivo y los individuos arbóreos de la especie en tamaños superiores a 2 cm de diámetro. Algunos individuos habían sido previamente reportados en la plataforma de ciencia ciudadana. Esta especie puede reconocerse fácilmente por sus características morfológicas distintivas. Según Connor y Francis (2002), sus hojas son grandes, de 31 a 61 cm de largo, compuestas por 5 a 19 folíolos. Las flores, de aproximadamente 10 cm de longitud, presentan una forma irregular y un color rojo anaranjado brillante, aunque en algunos casos se han reportado variantes de color amarillo.

Estas aparecen en racimos terminales en árboles jóvenes, de entre 3 y 4 años. Además, las flores poseen un cáliz puntiagudo y curvado de tono marrón claro, junto con cuatro estambres amarillo pálido y anteras marrones. El período de floración varía según la ubicación, y sus botones florales contienen agua que puede expulsarse en forma de chorro al ser perforados. Los racimos florales producen de una a cuatro vainas alargadas, de 15 a 25 cm de

longitud, que maduran en aproximadamente cinco meses (Francis y Lowe, 2000). Sus semillas, dispersadas por el viento, son de color marrón claro, ligeras y rodeadas por un ala membranosa blanca (Anexo A). Los recorridos para identificar y registrar la especie se realizaron en vehículo por las vías más alejadas del campus central y a pie dentro de las áreas boscosas en forma lineal y de zigzag en la fase exploratoria inicial. Una vez identificado un individuo, se procedió al registro y medición de las variables de crecimiento.

Caracterización de la Condición y Distribución de *Spathodea campanulata*

Durante el censo se midieron a los individuos de la especie distintos parámetros morfométricos, tales como:

Ubicación espacial y coordenadas.

Diámetro a la altura del pecho (DAP): medición del tronco a 1.3 m desde el nivel del suelo.

Altura total: distancia desde la base del árbol hasta el extremo de la copa.

Altura comercial: altura desde la base hasta el inicio de la copa o ramificación principal.

Diámetro de copa: medición del ancho de la copa, tomando dos diámetros perpendiculares (en cruz), y calculando el promedio entre ambos.

También se evaluó el estado estructural de cada árbol, mediante la metodología propuesta por San Francisco Recreation & Parks Department (2012). Para ello, se aplicó la clasificación visual de cinco categorías, desde árboles completamente sanos hasta árboles muertos, considerando síntomas visibles en el árbol. Esta categorización se presenta en el Cuadro 1:

Cuadro 1*Categorías del estado estructural de la especie evaluado en campo*

Rango	Descripción
1	Árbol muerto (totalmente seco, sin hojas)
2	Árbol severamente dañado (tronco roto, inclinado > 45°)
3	Árbol con daños moderados (ramas rotas, inclinación leve)
4	Árbol con buena estructura, pero signos leves de estrés o daño
5	Árbol sano, erecto, sin daños visibles

Nota. Tomada de la clasificación del estado estructural según daños visibles, conforme a San Francisco Recreation & Parks

Department (2012)

Posteriormente, a partir de la información registrada en campo se calcularon métricas relevantes como; el área basal, el volumen total y el volumen de copa, este último puede ser importante en la estimación futura de impacto en especies de abejas nativas. La estimación del área basal total es fundamental para conocer cuánto espacio ocupan los árboles en el área de muestreo. Para ello, se aplicó la Ecuación 1 utilizando el DAP de cada árbol:

$$AB = \frac{\pi}{4} D^2 \quad [1]$$

Donde:

AB = Área basal del árbol (m²)

D = Diámetro a la altura del pecho (DAP) en metros

Para estimar el volumen de los árboles evaluados, se empleó la formula general del volumen forestal, para ello, se utilizó la Ecuación 2.

$$v = F \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times h \quad [2]$$

Donde:

V = Volumen del árbol (m³)

F = Factor de forma (adimensional)

D = Diámetro a la altura del pecho (DAP) en metros

H = Altura total del árbol en metros

Además, para estimar el volumen de copa de los árboles, se utilizó la Ecuación 3.

$$v = \frac{4}{3} \times \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times \left(\frac{H}{2}\right)$$

Donde:

V = Volumen de copa (m^3)

D = Diámetro promedio de copa

H = Altura total de copa del árbol en (m)

Esta fórmula permite una aproximación geométrica adecuada para representar el volumen ocupado por la copa de los árboles en el espacio tridimensional.

La estimación del volumen aprovechable, así como la biomasa en la madera pueden ser parámetros para considerar en planes futuros de manejo forestal de la especie, igualmente, el conocimiento de la cantidad del carbono aéreo almacenado por la especie.

Se realizó una revisión de literatura con el fin de respaldar el análisis de los resultados obtenidos en este estudio y comparar los valores registrados con antecedentes de investigaciones previas. Uno de los estudios relevantes es el realizado por Lugo et al. (2011) en Puerto Rico, donde se evaluaron variables similares de este trabajo. Según Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R (2009), una ecuación alométrica de biomasa es una herramienta matemática que permite estimar el tamaño de una parte u órgano de un árbol a partir de la medición de otras variables. En este caso, las ecuaciones utilizadas fueron generadas por Lugo et al. (2011) mediante análisis de regresión, relacionando la masa seca de los árboles con variables como el diámetro y la altura, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Ecuación alométrica para estimar biomasa aérea.

Parámetro de regresión (kg)	D^2H (cm, m)
Biomasa de madera	$81 + 76 * D^2H$
Biomasa total	$81 + 77 * D^2H$

A partir del valor de la biomasa de los árboles evaluados, se estimó el carbono almacenado utilizando como factor de expansión el valor de 53.1 (Lugo et al., 2011).

Finalmente, para calcular el dióxido de carbono almacenado, se aplicó la Ecuación 4:

$$CO_2 = C \times \frac{12}{44} \quad [4]$$

Donde:

C = Es la cantidad de carbono estimado a partir de la biomasa, expresada comúnmente en kilogramos o toneladas.

Valor 44 = masa molecular del dióxido de carbono (CO₂), expresada en g/mol.

Valor 12 = masa atómica del carbono (C), expresada en g/mol

Análisis Comparativo de la Densidad de la Madera por Categorías Diamétricas

Para determinar y comparar la densidad de la madera en árboles de diferentes tamaños, la clasificación diamétrica se estableció a partir de la distribución de los diámetros a la altura del pecho (DAP) obtenida en el objetivo 1. Con base en esta información, los árboles fueron agrupados inicialmente en cinco categorías, según la frecuencia de sus (DAP). Sin embargo, para facilitar el análisis comparativo, dichas categorías fueron reorganizadas en tres grupos: pequeño, mediano y grande. A partir de esta clasificación, se evaluó si existían diferencias significativas en la densidad de la madera entre estos tres grupos de tamaño, considerando los valores promedio obtenidos para cada clase diamétrica. La densidad de la madera representa una variable clave, ya que indica la cantidad de carbono que la planta ha invertido en su estructura. De acuerdo con Chave (2002), la densidad puede variar dentro de un mismo individuo a lo largo de su desarrollo, así como entre árboles de la misma especie. Las ramas y las partes externas del tronco suelen tener menor densidad que la médula.

Para analizar la densidad se tomaron muestras de madera de los árboles vivos utilizando un barreno o sacabocado de madera. El análisis de virutas de madera en el tronco constituye un método no destructivo que permite estudiar el crecimiento arbóreo en el pasado, su relación

con el clima y diversas propiedades como la densidad, color y textura, las cuales dependen del tamaño de las células leñosas (Gutiérrez y Ricker, 2013). Esta técnica no representa un riesgo para el árbol, y no es necesario cubrir el orificio de extracción (Chave, 2002).

El muestreo se realizó a la altura del pecho, ya que en este punto es más fácil aplicar la presión necesaria para extraer la muestra. Además, en la base del tronco los anillos de crecimiento son más antiguos, mientras que en la parte superior son más recientes (Gutiérrez y Ricker, 2013).

Se aplicó un análisis estadístico inferencial para comparar la variabilidad de la densidad entre las distintas categorías de tamaño, lo que permitió determinar si existían diferencias significativas. Cada categoría contó con cinco repeticiones, con el fin de reducir el error experimental (Choque, 2017).

La densidad de la madera se definió como la relación entre la masa del material seco en estufa y el volumen verde, el cual corresponde al volumen de agua desplazado por la muestra recién extraída. Este valor se conoce como gravedad específica de la madera (GSM o WSG, por sus siglas en inglés) y es un indicador útil para estimar biomasa, carbono almacenado y determinar posibles usos de la madera, ya que refleja qué tan densa o liviana es. Las muestras destinadas a la medición de volumen se conservaron en bolsas herméticas para conservar su humedad mientras se transportaban a laboratorio, sin ningún tratamiento de secado. El volumen verde se calculó usando la Ecuación 5:

$$V = \frac{\pi}{4}(D^2L) \quad [5]$$

Dónde:

V = Representa el volumen verde (cm³)

D = El diámetro de la muestra (cm)

L = Longitud de la muestra (cm)

El peso seco se obtuvo utilizando el procedimiento descrito por Chave (2002). Las muestras fueron colocadas en crisoles antes del secado; por cada muestra se utilizaron dos o tres crisoles, dividiendo el contenido entre ellos para reducir el margen de error en el pesaje. En total, se evaluó quince muestras, estas fueron secadas en un horno ventilado hasta alcanzar un peso constante, lo cual tomó entre 48 y 72 horas. Durante el proceso, se pesaron a intervalos regulares para verificar que el peso seco se estabilizara. Inmediatamente después de ser retirado del horno, se realizó el pesaje final, ya que en zonas tropicales el aire suele estar saturado de humedad. Una vez obtenidas las masas secas, se aplicó la Ecuación 6, con la cual se calculó la densidad de la madera, permitiendo así realizar comparaciones entre las diferentes categorías de tamaño.

$$D = \frac{\text{Masa seca}}{\text{Volumen}} \quad [6]$$

Dónde:

D: Densidad de la madera (g/cm³)

M: Masa seca de la madera (g)

V: Volumen verde (cm³)

Revisión de Estrategias Internacionales de Manejo de *Spathodea campanulata*

Con el objetivo de identificar qué tipo de manejo forestal se ha aplicado a *Spathodea campanulata* en otros países, se realizó una revisión de literatura en Google Scholar entre los años 2023 y 2024, utilizando las palabras clave “manejo de *Spathodea campanulata*”, “control del tulipán africano” y “especies forestales invasoras”, en idioma español. El periodo de búsqueda se limitó a estos dos años con el fin de recopilar información actualizada y relevante sobre estrategias recientes de manejo, considerando que las políticas, técnicas y enfoques para el control de especies invasoras pueden variar con el tiempo y adaptarse a nuevos hallazgos científicos o marcos normativos. Se localizaron 38 documentos científicos y se descartaron aquellos sin relación directa con la especie o que no presentaban resultados claros,

seleccionando finalmente 12 estudios relevantes. Las estrategias identificadas se clasificaron en tres categorías principales: control biológico, medidas legislativas y regulatorias, y restricción y erradicación local. La información recopilada se organizó en una tabla que detalla, para cada país o región, la estrategia aplicada, los métodos empleados y los resultados obtenidos.

Resultados y Discusión

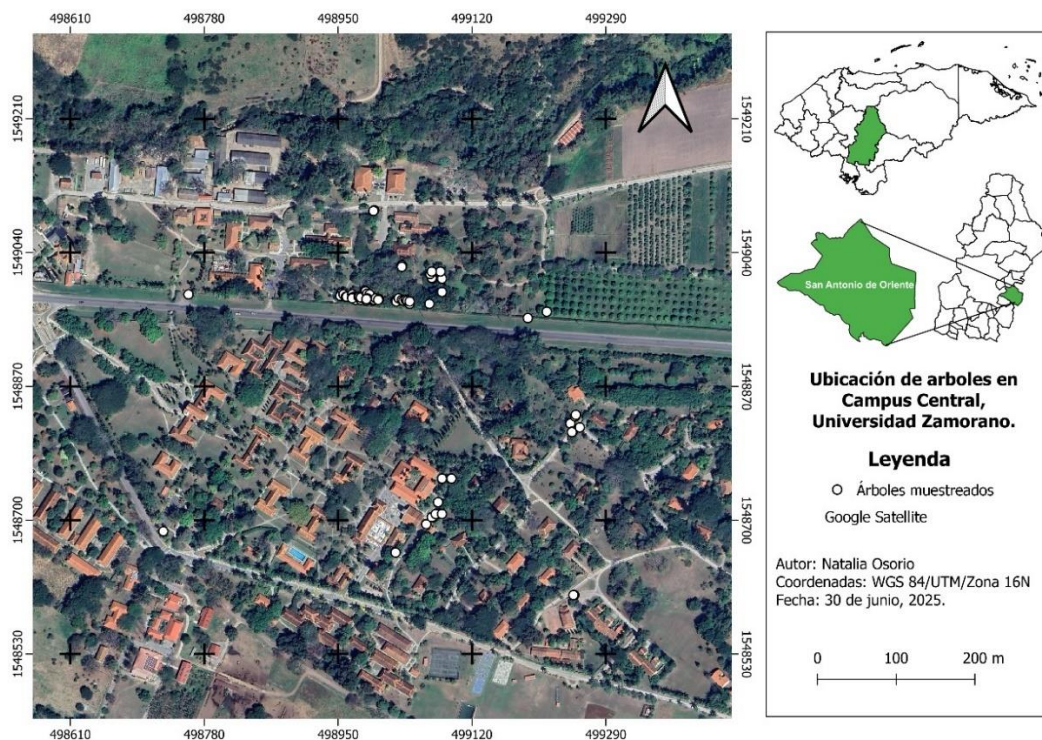
Distribución, Condición y Parámetros Estructurales de *S. campanulata*

Durante los recorridos realizados en el campus Zamorano, la identificación de los árboles se apoyó en características visibles en el momento del muestreo, ya que no se observó floración activa. En su lugar, se reconocieron los individuos principalmente por la presencia de sus frutos alargados y leñosos, además, se tomó en cuenta el porte del árbol, representado con fustes no muy rectos ni bien definidos, así como las hojas compuestas, de disposición opuesta, con folíolos ovalados, de margen entero y ápice agudo. Como apoyo complementario, se consultaron registros previos en la aplicación iNaturalist, lo cual facilitó ubicar algunos de los primeros ejemplares y ampliar la búsqueda a zonas aledañas. Cada árbol identificado fue registrado con su respectiva ubicación geográfica para su análisis posterior.

Fueron encontrados y registrados 124 individuos de *Spathodea campanulata* distribuidos en el área seleccionada de muestreo correspondiente a 421.15 ha. No obstante, considerando que la universidad abarca un total de 4,500 ha, la cantidad de área muestreada representa solo un 9.36% respecto al área total de la Universidad. En la Figura 2, para el área del campus central se observó una distribución en grupos y pocos árboles aislados, lo cual sugiere que la presencia de los árboles corresponde a siembras planificadas con propósito ornamental.

Figura 2

Mapa de distribución de árboles en el campus central

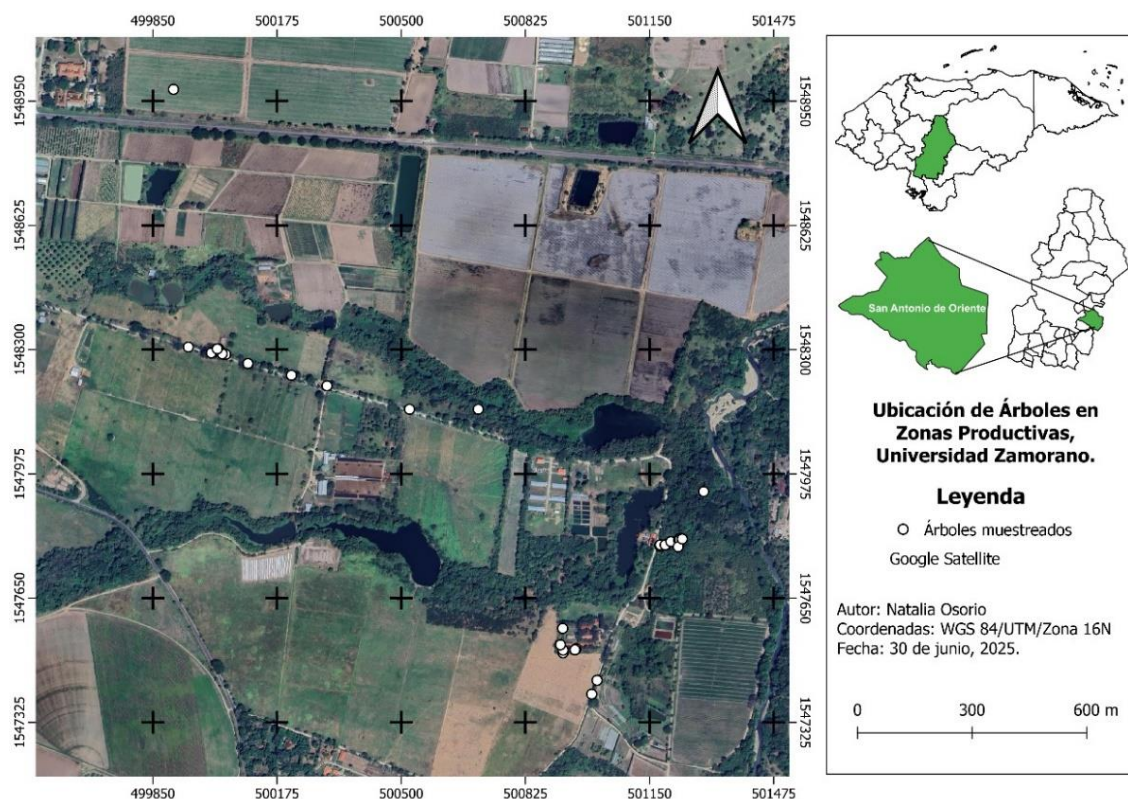


Como se observa en el mapa, en el área que abarca el campus central de la Universidad Zamorano, se registró 101 individuos de *Spathodea campanulata*. Se observó un mayor agrupamiento de árboles en la zona de ciencias básicas y con tamaños similares se encuentran distribuidos en línea recta paralelos a la vía panamericana. También se registraron árboles frente a la biblioteca y la residencia de maestros, en ambos casos organizados en filas paralelas a caminos y estructuras viales. Estas evidencias refuerzan la idea de que la presencia de la especie en esta zona responde a decisiones ornamentales y de sombra, así mismo, no se observó presencia de regeneración natural importante.

La Figura 2, corresponde a zonas productivas del campus de Zamorano, específicamente entre ganado lechero y acuacultura. En esta área se identificaron 23 individuos del tulipán africano, todos ubicados a lo largo del borde de las calles. Al igual que en el campus central, esta disposición lineal indica una siembra planificada con fines ornamentales

Figura 3

Mapa de distribución de árboles en zona productiva

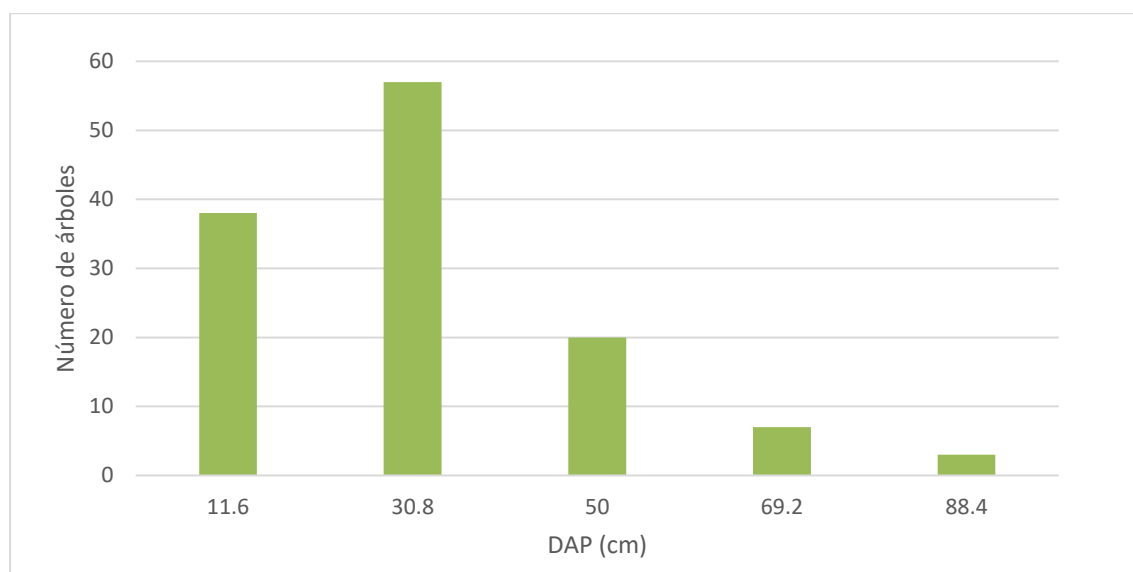


A pesar de su clasificación como especie invasora a nivel mundial, en el campus Zamorano la especie *Spathodea campanulata* no presenta un comportamiento de expansión activa. Esto se puede deber, en gran parte, a que la mayoría de las áreas del campus ya se encuentran cubiertas por vegetación arbórea establecida, lo que limita la disponibilidad de espacios abiertos para su establecimiento. La especie se reporta como poco tolerante a la sombra, lo que significa que sus plántulas no logran desarrollarse bajo el dosel cerrado de árboles existentes. Estudios realizados en las islas Hawái han demostrado que *Spathodea campanulata* tiende a establecerse solo en zonas perturbadas como bordes de caminos o tierras agrícolas abandonadas, mientras que fracasa en áreas con cobertura boscosa densa debido a la baja disponibilidad de luz (Larrue et al., 2014). A esto se suma que, incluso si las semillas son dispersadas por el viento, su alcance suele ser limitado. Investigaciones sobre su dinámica de dispersión indican que, en condiciones de baja velocidad del viento bajo el dosel

forestal, las semillas apenas se alejan entre 0.5 y 26 m del árbol progenitor, lo cual reduce significativamente su capacidad de colonizar nuevas áreas (Larrue et al., 2020). Esta combinación de factores ecológicos refuerza la conclusión de que, en el contexto de Zamorano, su presencia responde exclusivamente a plantaciones planificadas sin evidencia de expansión natural.

Se identificó que varios de los individuos presentan deformaciones visibles en el tronco, como curvaturas irregulares, bifurcaciones a baja altura y desarrollo asimétrico, lo cual podría estar relacionado con podas previas, competencia por luz durante su crecimiento o condiciones limitantes de crecimiento. Respecto al estado estructural de los árboles evaluados según la metodología Alvarado Pineda y Carpintero Miranda (2011) 92 individuos se clasificaron como sanos. Un 22.58% (28 árboles) presentó signos leves de afectación, solo un 1.61% (2 árboles) mostró afectación moderada, mientras que un 0.81% (1 árbol) presentó daños severos. Finalmente, se identificó un árbol muerto (0.81%), sin hojas ni brotes, evidenciando ausencia total de actividad.

La distribución de frecuencias del DAP (diámetro a la altura del pecho), mostrada en la Figura 4, fue elaborada con base en una tabla de frecuencias agrupadas. Para ello, se dividió el rango total de los datos (2 a 98 cm) en cinco clases con una amplitud aproximada de 19.2 cm. A cada clase se le asignó un intervalo específico, se determinó su marca de clase y se contabilizó la frecuencia absoluta de individuos. La clase más representativa fue la de 30.8 cm, con 56 árboles, seguida por la de 11.6 cm con 38 individuos. Las frecuencias disminuyen en las clases superiores, registrándose 20, 7 y 3 individuos en las clases de 50, 69.2 y 88.4 cm respectivamente. Este patrón sugiere una estructura poblacional dominada por árboles de diámetros intermedios.

Figura 4*Distribución de frecuencias del DAP*

En resumen, para describir la población de individuos de *Spathodea campanulata* en el campus, se calcularon indicadores como el DAP promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variación y el área basal total, con el fin de caracterizar su distribución estructural.

Cuadro 3*Indicadores promedio de DAP y área basal total*

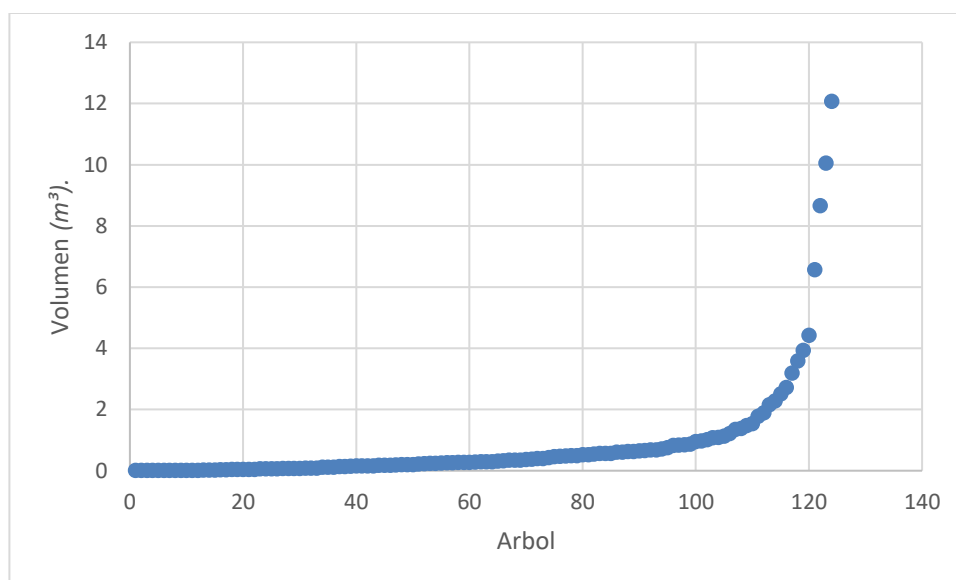
Variables	Valor
DAP promedio (cm)	31.23
Desviación estándar (cm)	18.53
Coficiente de variación (%)	59.34
Área basal (m ²)	12.84

Los árboles presentan un diámetro promedio a 31.23 cm, con una desviación estándar de 18.53 cm evidenciando que hay árboles con diámetros muy distintos entre sí al igual que lo expresa el coeficiente de variación con 59.34%. El área basal total fue de 12.84 m², calculada aplicando la (Ecuación 1) a cada individuo de los 124 árboles muestreados. Este valor representa la suma de las secciones transversales de los troncos, medidas a una altura estándar de 1.3 m desde el suelo.

En la Figura 5 se presenta el volumen individual estimado (m^3) para los 124 árboles evaluados de *Spathodea campanulata*. En el eje X se enumeran los árboles de forma ascendente, mientras que en el eje Y se presenta el volumen correspondiente a cada individuo. Se observa que la mayoría de los árboles tienen volúmenes bajos, concentrándose en valores menores a $2 m^3$. No obstante, algunos árboles presentan volúmenes mucho mayores, lo cual resalta la alta variabilidad estructural entre los individuos. Esta diferencia puede deberse a condiciones particulares de crecimiento, edad o manejo.

Figura 5

Distribución del volumen individual estimado por árbol de Spathodea campanulata



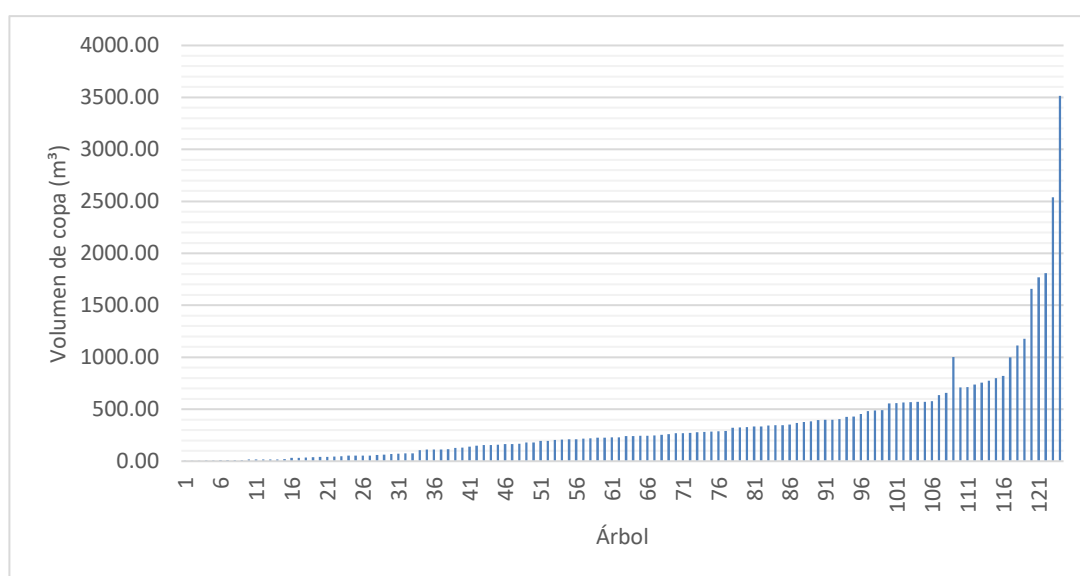
En total, el volumen de madera estimado para los 124 árboles fue de $105.31 m^3$, lo que representa la cantidad aproximada de biomasa leñosa presente en el área evaluada. La presencia de unos pocos árboles con volúmenes significativamente mayores sugiere que estos individuos concentran una proporción considerable de la biomasa total del sitio.

La distribución del volumen de copa la Figura 6 muestra la distribución del volumen de copa de 124 árboles de *Spathodea campanulata* presentes en el campus universitario, con un volumen total estimado de $44,557.41 m^3$. No obstante, este valor representa un aporte estructural limitado en el contexto general del área estudiada. La mayoría de los individuos posee copas moderadas ($\leq 1,000 m^3$), mientras que unos pocos superan ampliamente este valor, destacándose por su tamaño y

dominancia estructural. Se observó que el tamaño de copa presenta variaciones, las cuales pueden ser respuesta principalmente a la distribución espacial, competencia por luz y nutrientes. Estos valores de volumen de copa pueden ser importantes durante la etapa de floración, debido a la afectación que la especie presenta en las abejas nativas y en las cuales a mayor volumen de copa se esperaría mayor floración.

Figura 6

Volumen de copa por árbol de S. campanulata



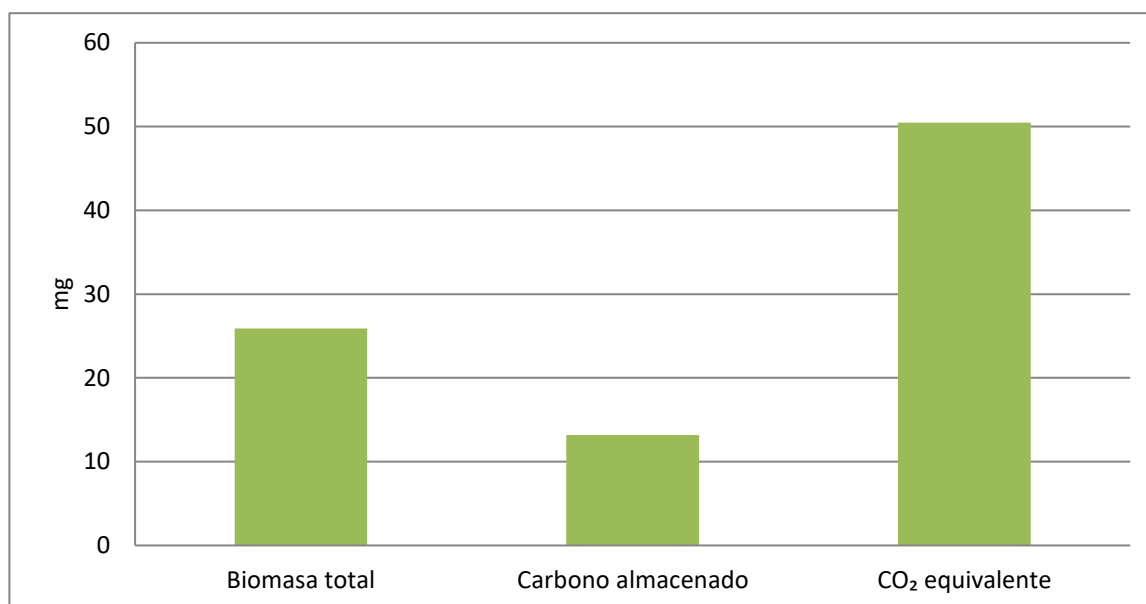
La baja densidad relativa, la ubicación específica de los árboles, su buen estado fitosanitario y la alta variabilidad en tamaño entre individuos sugieren una población heterogénea en genética y desarrollo por sitio específico. Esto sugiere la importancia de mantener un monitoreo frecuente, especialmente en áreas no evaluadas, para prevenir una posible dispersión no deseada de esta especie reconocida internacionalmente por su potencial invasor.

A partir de las variables de crecimiento medidas en campo, se estimó la biomasa aérea, el carbono y el CO₂ equivalente almacenado en los individuos de *Spathodea campanulata* mediante el uso de ecuaciones alométricas (Cuadro 2). En la Figura 7, se resume que, en el área total evaluada, los individuos acumulan aproximadamente 25.90 mg de biomasa aérea, de los cuales cerca del 47%

corresponde a carbono, es decir, 13.19 mg de carbono. A partir de este valor, y aplicando la Ecuación 4, se estimó un total de 50.45 mg de CO₂ equivalente.

Figura 7

Captura estimada de biomasa, carbono y CO₂ equivalente



Estos resultados reflejan una contribución muy baja en términos de captura de carbono, especialmente si se comparan con los valores promedio registrados en áreas urbanas de Estados Unidos, donde la biomasa aérea alcanza aproximadamente 50 mg/ha (US Forest Service, NaN). La diferencia entre ambos valores evidencia la baja cobertura y densidad arbórea del sitio evaluado, que registra apenas 0.29 árboles por hectárea, añadiendo, con individuos distribuidos de forma dispersa y sin evidencia de regeneración activa.

Comparando estos datos con los resultados obtenidos por Lugo et al. (2011) en Puerto Rico, la diferencia es aún más marcada. En su estudio, *Spathodea campanulata* presentó valores de biomasa aérea que oscilaron entre 60 y 296 mg/ha, superando incluso a especies nativas dominantes como *Dacryodes excelsa*, *Prestoea montaña*, *Pinus caribaea* y *Swietenia macrophylla*. Cabe recalcar, que el estudio de (Lugo et al., 2011) se realizó en un área de 9 ha, donde se estimó una densidad promedio de 100 árboles por hectárea, lo cual contrasta con los datos obtenidos en la Universidad Zamorano.

También, si se compara con los datos del bosque nublado en la Reserva Biológica Uyuca, donde las especies del género *Quercus* capturan hasta 388.32 mg de CO₂ por hectárea, la diferencia es mucho mayor (Martinez Orellana, 2022). En este estudio, el valor de CO₂ equivalente fue de apenas 0.12 mg/ha. Estos datos corresponden únicamente a las 421.15 ha evaluadas dentro del campus, lo que representa solo una parte del área total de la Universidad Zamorano, la cual abarca aproximadamente 4,500 ha. En general, los resultados muestran que *Spathodea campanulata*, bajo las condiciones actuales, no presenta un comportamiento invasivo ni un impacto importante en cuanto a cobertura o captura de carbono.

Densidad de la Madera y Variación por Clases Diamétricas

La densidad de la madera es una propiedad clave en estudios forestales, ya que influye directamente en la estimación de biomasa, el contenido de carbono y la calidad del recurso para diversos usos. Según Chave (2002), esta característica no es uniforme dentro del árbol: suele ser menor en las ramas y en las zonas externas del tronco, y mayor en la médula. Además, la densidad refleja el esfuerzo energético que realiza la planta para construir su estructura, por lo que resulta esencial al momento de evaluar el potencial de uso de una especie.

En este estudio se midieron las densidades de 15 árboles de *Spathodea campanulata*, como se muestra en el Cuadro 4, se agruparon en tres clases diamétricas (DAP: 11.6, 50 y 88.4 cm) con el objetivo de comparar entre grupos de tamaño.

Cuadro 4

Comparación de densidad (g/cm³) según clase diamétrica (DAP)

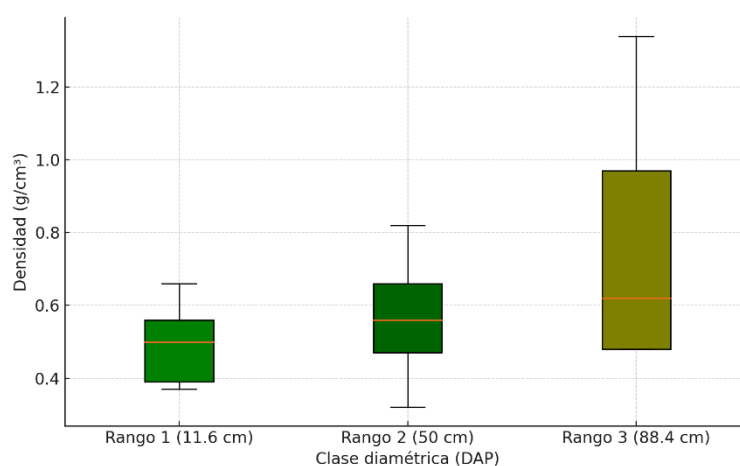
Árbol	Clase diamétrica 1 (11.6 cm)	Clase diamétrica 2 (50 cm)	Clase diamétrica (88.4 cm)
1	0.37	0.32	0.48
2	0.27	0.27	0.97
3	0.20	0.30	0.62
4	0.39	0.31	1.03
5	0.30	0.46	0.48

Nota. La densidad de la madera (g/cm³) fue estimada para cada clase diamétrica con base en mediciones realizadas a 1.30 m de altura, correspondiente al diámetro a la altura del pecho (DAP).

A pesar de la dispersión observada, el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas entre los grupos. La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis confirmó que las diferencias no son estadísticamente significativas ($p = 0.252$). En la Figura 8 se presenta la comparación visual de las densidades por clase diamétrica.

Figura 8

Comparación de densidad por clase diamétrica



Los resultados obtenidos se sitúan dentro del rango reportado para esta especie en otros países. Los resultados del análisis confirman que *Spathodea campanulata* posee una madera liviana, con densidades que oscilan entre 0.20 y 1.03 g/cm³, lo que la hace adecuada para usos no estructurales. Esta característica, junto con su facilidad de trabajo y secado rápido, permite su aprovechamiento en aplicaciones como la fabricación de contrachapado, papel, objetos artesanales y elementos de carpintería ligera Connor y Francis (2002) señala que el peso específico de *Spathodea campanulata* varía entre 0.30 y 0.45 g/cm³ en Gabón, de 0.24 a 0.27 g/cm³ en Filipinas.

De forma coincidente, Lugo et al. (2011) indica que esta especie presentó en Puerto Rico una densidad promedio de 0.27 g/cm³. Esta coincidencia con los valores obtenidos en el estudio indica que los resultados están dentro de los rangos conocidos para la especie. Sin embargo, las variaciones hacia valores más altos en el estudio podrían deberse a factores como la edad de los árboles, el tipo de suelo, la disponibilidad de agua o las condiciones climáticas específicas del sitio. En resumen,

aunque se observaron diferencias individuales entre árboles, la densidad de la madera no varió de forma significativa entre los distintos tamaños evaluados, lo que puede interpretarse como uniformidad de esta característica dentro de la población estudiada.

Los resultados del análisis confirman que *Spathodea campanulata* posee una madera liviana, con densidades que oscilan entre 0.20 y 1.03 g/cm³, valores que, en su promedio, se sitúan por debajo del umbral de 0.50 g/cm³ establecido para las maderas ligeras. Esta característica, junto con su facilidad de trabajo y secado rápido, permite su aprovechamiento en aplicaciones como la fabricación de contrachapado, papel, objetos artesanales y elementos de carpintería ligera (Connor y Francis, (2002).

Adicionalmente, más allá de sus propiedades físicas, esta especie también destaca por su valor etnobotánico en diversas regiones tropicales. Según Bosch (1994), en África Occidental la madera se utiliza para artesanías, mientras que en Etiopía es comúnmente empleada como leña y para la producción de carbón vegetal. Se cultiva comercialmente en Filipinas con fines de contrachapado, y sus semillas, flores, hojas y corteza tienen múltiples aplicaciones medicinales tradicionales. La Global Invasive Species Database (2010) complementa esta información al señalar que en Singapur la madera se utiliza para fabricar papel, y que otras partes del árbol son empleadas en la medicina tradicional para tratar fiebre, enfermedades de la piel, dolencias digestivas e inflamaciones. Estas evidencias respaldan que *Spathodea campanulata*, pese a su carácter exótico, puede representar una fuente alternativa de productos útiles cuando se gestiona adecuadamente y se controla su expansión en entornos sensibles.

Revisión de Estrategias Internacionales de Manejo

Los resultados de la revisión de literatura realizada mediante “Google Scholar”, entre los años 2023 y 2024, se presentan en la Tabla 5. Países como Argentina, Brasil y Tonga han implementado medidas concretas para el manejo de *Spathodea campanulata*. Entre las acciones aplicadas se encuentran la eliminación de árboles, el uso de enemigos naturales para frenar su expansión y la

promulgación de leyes que exigen su control en zonas específicas. En el caso de Argentina, se prohibió su cultivo y se eliminaron ejemplares tras comprobarse que causaba la muerte de insectos nativos, especialmente abejas (Anexo C). En el caso del campus de Zamorano, estas experiencias pueden orientar la formulación de un plan de manejo que prevenga la expansión de la especie y sus posibles impactos a futuro. Este enfoque puede apoyarse en esquemas como el que se muestra en el Anexo B, donde se ilustran las etapas para el control de especies invasoras según el momento de su ingreso y el nivel de ocupación del área.

Cuadro 5

*Estrategias de manejo forestal aplicadas a *Spathodea campanulata**

País/ Región	Estrategia aplicada	Detalles	Fuente
Tonga	Control biológico en el campo	Liberación de ácaro (<i>Colomerus spathodeae</i>) y escarabajo (<i>Paradibolia coerulea</i>) para controlar el vigor, reducir la floración y limitar la regeneración de la especie.	SPREP (2024)
Brazil	Legislación y control en unidades de conservación	Evaluación de especificidad en laboratorio y Decreto y leyes (Decreto 9.080/2017, CDB ratificado en Brasil) exigen controlar o erradicar especies invasoras; autoriza decomiso y sanciones.	Ana & Lima (n.d.)
Argentina	Restricción y erradicación local	Se prohibió su cultivo y se eliminaron ejemplares tras evidenciar que causaba muerte en insectos nativos, especialmente abejas.	Ayala y otros (2024)

A continuación, se identifican alternativas viables para sustituir a *Spathodea campanulata*, siendo *Tabebuia rosea* una de las especies con mayor potencial. Esta especie neotropical destaca por su rápido crecimiento, adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y edáficas, y su valor ornamental y maderable. De acuerdo con Rueda Sánchez et al. (2021), *T. rosea* es ampliamente utilizada en programas de reforestación y en paisajismo urbano, gracias a su capacidad para integrarse armónicamente en los ecosistemas sin representar un riesgo invasivo. A nivel local, Molina Castillo (2012) demostró que esta especie presenta un buen desempeño en las condiciones del campus de la Universidad Zamorano, mostrando propiedades físicas y mecánicas adecuadas. Su carácter nativo, no invasor y funcional la convierte en una alternativa sólida para promover una cobertura arbórea más

sostenible, con mayor capacidad de captura de carbono y un mejor equilibrio ecológico en comparación con *Spathodea campanulata*.

Adicionalmente, especies como *Swietenia macrophylla* también representan opciones viables para el reemplazo, ya que combinan una alta calidad de madera con valor comercial y buena adaptabilidad ambiental, como lo indican Rueda Sánchez et al. (2021). *Swietenia macrophylla* es ampliamente utilizada en programas de restauración y reforestación por su valor maderable, rendimiento forestal y resistencia en diversos contextos tropicales. Según Alvarado Pineda y Carpintero Miranda (2011), esta especie mostró un comportamiento vigoroso en Zamorano, con bajo nivel de afectación por plagas y buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas del campus, lo que refuerza su utilidad en programas de manejo forestal y paisajismo institucional. Dado que ambas especies ya se encuentran presentes en el campus, se conoce su aprovechamiento como alternativas reales y sostenibles para el reemplazo de *Spathodea campanulata*.

Conclusiones

En el censo realizado sobre 421.15 ha del campus de la Universidad Zamorano en Honduras, se encontraron 124 árboles de la especie *Spathodea campanulata*, ubicados principalmente en áreas cercanas a edificaciones y caminos. Esta cantidad representa una baja densidad comparado con otros estudios en el trópico, la distribución espacial evidencia que la especie se estableció con fines ornamentales y las categorías de tamaño no demuestran un potencial de invasión. No se observó regeneración abundante ni competencia importante con especies nativas.

La densidad de la madera de la especie *Spathodea campanulata* varió entre 0.40 y 1.03 g/cm³, lo que permite clasificarla como una madera liviana. Los resultados de densidad entre diferentes clases diamétricas no evidenciaron diferencias significativas, lo que indica una cierta uniformidad en esta propiedad dentro de la población evaluada. Esta madera podría ser utilizada en fines no estructurales, tales como artesanías, carpintería ligera o como leña.

La implementación de estrategias de manejo forestal para el control de *Spathodea campanulata*, derivadas de casos documentados en contextos tropicales internacionales, sugiere la sustitución de esta especie invasora por alternativas nativas y sostenibles, como *Tabebuia rosea* y *Swietenia macrophylla*, ya presentes y adaptadas a las condiciones locales, seleccionadas por su alta adaptabilidad y menor riesgo de comportamiento invasivo.

Recomendaciones

El área evaluada representa menos del 10% del área total de la Universidad Zamorano. Realizar una exploración más amplia permitirá evaluar si existen áreas donde la especie se desarrolle de manera invasora.

De este estudio no se evidencia que la especie represente una amenaza inmediata, según la información obtenida en el censo arbóreo. Sin embargo, se recomienda evaluar opciones de manejo, ya que otros estudios podrían señalar un impacto negativo sobre la diversidad nativa. Entre las posibles medidas están: prohibir nuevas siembras, reemplazar los individuos por especies nativas o manejar los árboles mediante podas o control de rebrotes, lo cual ayudaría a reducir significativamente la cantidad de flores durante la época de floración.

Es recomendable realizar monitoreo ocasional en las áreas cercanas a los puntos de presencia de la especie para detectar cambios en la regeneración natural y realizar el manejo oportuno.

Referencias

- Alvarado Pineda, E. y Carpintero Miranda, M. (2011). Comportamiento y manejo de *Swietenia macrophylla* King y *Azadirachta indica* A. Juss en Zamorano, Honduras. [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2a2b4f59-d4c8-4fcb-b735-90a62f8b9d97/content>
- Ayala, F., Avalos, A. y Cajade, R. (2024). El tulipanero africano *Spathodea campanulata* (Bignoniaceae) en la Argentina: Impacto de una planta exótica sobre la mortalidad de entomofauna nativa. *Ecología Austral*, 34(2), 322–329. <https://doi.org/10.25260/ea.24.34.2.0.2352>
- Bosch, C. (1994). *Spathodea campanulata*. <https://prota.prota4u.org/protav8.asp?g=pe&p=Spathodea%20campanulata>
- Buttoud, G. (2015). *Promoviendo La Agroforestería En La Agenda Política*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6a784625-677d-4c37-86de-2fcf3a57047a/content>
- Carrillo, J. y González, G. (2005). *Diámetro apropiado para la extracción de núcleos de concreto en estudios de vulnerabilidad sísmica de edificios*.
- Castagnino, G., Cutuli, M., Meana, A. y Pinto, L. (2024). Mortality of stingless bees on *Spathodea campanulata* Beauv. (Bignoniaceae) flowers. *Revista Brasileira De Saúde E Produção Animal*, 25, Artículo e20230031. <https://doi.org/10.1590/S1519-994020230031>
- Chave, J. (2002). Medición De Densidad De Madera En Árboles Tropicales Manual De Campo. https://rainfor.org/wp-content/uploads/sites/129/2022/07/wood_density_spanish1.pdf
- Choque, R. (2017). Como cubicamos nuestra madera. https://www.unodc.org/documents/bolivia/DIM_Manual_Como_cubicamos_la_madera.pdf
- Connor, K. y Francis, K. (2002). *Spathodea campanulata* P. Beauv. <https://research.fs.usda.gov/treesearch/42351>
- Duarte, P. y Montaña, C. (2020). *Manual de procedimientos para elaboración de mapas de variabilidad espacial de suelos y su aplicación en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. [bdigital.zamorano.edu. https://bdigital.zamorano.edu/items/7538ac17-87a1-44c3-bdfd-c0ec4d2d62b6](https://bdigital.zamorano.edu/items/7538ac17-87a1-44c3-bdfd-c0ec4d2d62b6)
- Francis, J. y Lowe, C. (2000). *Silvics of Native and Exotic Trees of Puerto Rico and the Caribbean Islands*. https://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/Bioecologia_gtr15.pdf#page=496
- Global Invasive Species Database. (2010). *Spathodea campanulata*. <https://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=75>
- Gutiérrez, G. y Ricker, M. (2013). Manual para tomar virutas de madera con el barreno de Pressler en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos. https://www.snieg.mx/DocAcervoINN/documentacion/inf_nvo_acervo/SNIGMA/Inv_Nac_For_Suelos/INFyS_2013_Anexo_manual_virutas_madera.pdf

- Larrue, S., Daehler, C., Vautier, F. y Bufford, J. L. (2014). Forest Invasion by the African Tulip Tree (*Spathodea campanulata*) in the Hawaiian Islands: Are Seedlings Shade-Tolerant? *Pacific Science*, 68(3), 345–358. <https://doi.org/10.2984/68.3.4>
- Larrue, S., Meyer, J.-Y., Fumanal, B., Daehler, C., Chadeyron, J., Flores, M. y Mazal, L. (2020). Seed Rain, Dispersal Distance, and Germination of the Invasive Tree *Spathodea campanulata* on the Island of Tahiti, French Polynesia (South Pacific). *Pacific Science*, 74(4). <https://doi.org/10.2984/74.4.8>
- Lugo, A. E., Abelleira, O. J., Collado, A., Viera, C. A., Santiago, C., Vélez, D. O., Soto, E., Amaro, G., Charón, G., Colón, H., Santana, J., Morales, J. L., Rivera, K., Ortiz, L., Rivera, L., Maldonado, M., Rivera, N. y Vázquez, N. J. (2011). Allometry, biomass, and chemical content of Novel African Tulip Tree (*Spathodea campanulata*) Forests in Puerto Rico. *New Forests*, 42(3). <https://doi.org/10.1007/s11056-011-9258-8>
- Martinez Orellana, L. I. (2022). *Estimación de Carbono Forestal para Quercus sp. en parcelas permanentes de monitoreo en Reserva Biológica Uyuca, Honduras* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0f0fe646-ff36-4951-bfac-b04ea6a1675f/content>
- Molina Castillo, P. (2012). Comportamiento y manejo de *Tabebuia rosea* (Bertol) DC en Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/dc446f7f-de6d-40ae-a8d0-002234bfd966/content>
- Ngnameko, C. R., Marchetti, L., Zambelli, B., Quotadamo, A., Roncarati, D., Bertelli, D., Njayou, F. N., Smith, S. I., Moundipa, P. F., Costi, M. P. y Pellati, F. (2020). New Insights into Bioactive Compounds from the Medicinal Plant *Spathodea campanulata* P. Beauv. And Their Activity against *Helicobacter pylori*. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/antibiotics9050258>
- Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R. (2009). *Spathodea campanulata* Bignoniaceae Beauv. https://apps.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Spathodea_campanulata.PDF
- Rubio, A. y Calama, R. (2023). *El papel de los bosques como sumideros de carbono*. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/papel-bosques-como-sumideros-carbono-2_16715
- Rueda Sánchez, A., Benavides Solorio, J. d. D., Sáenz Reyes, J. T., Muñoz Flores, H. J., Castillo Quiroz, D. y Sáenz Ceja, J. E. (2021). Evaluación de plantaciones de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. y *Swietenia macrophylla* King en el Centro-Occidente de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(67). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.866>
- San Francisco Recreation & Parks Department (2012). Tree Assessment South Park. <https://sfrecpark.org/DocumentCenter/View/1805/Updated-Certified-Arborist-Report-November-2015-PDF>
- Santos, V. H., Minatel, I. O., Reco, P. C., Garcia, A., Lima, G. P. y Silva, R. M. (2017). Peptide composition, oxidative and insecticidal activities of nectar from flowers of *Spathodea campanulata* P. Beauv. *Industrial Crops and Products*, 97, 211–217. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.025>

- Schüttler, E. y Karez, C. (2009). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe*. *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe*. *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe*.
<https://bvearmb.do/bitstream/handle/123456789/4949/182768spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sutherland, C. (2008). *Catálogo de las plantas vasculares de Honduras: Espermatofitas* (1. ed.). Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA).
- US Forest Service. (NaN). *Forest Benefits*. <https://www.fs.usda.gov/science-technology/loss-of-open-space/forest-benefits>

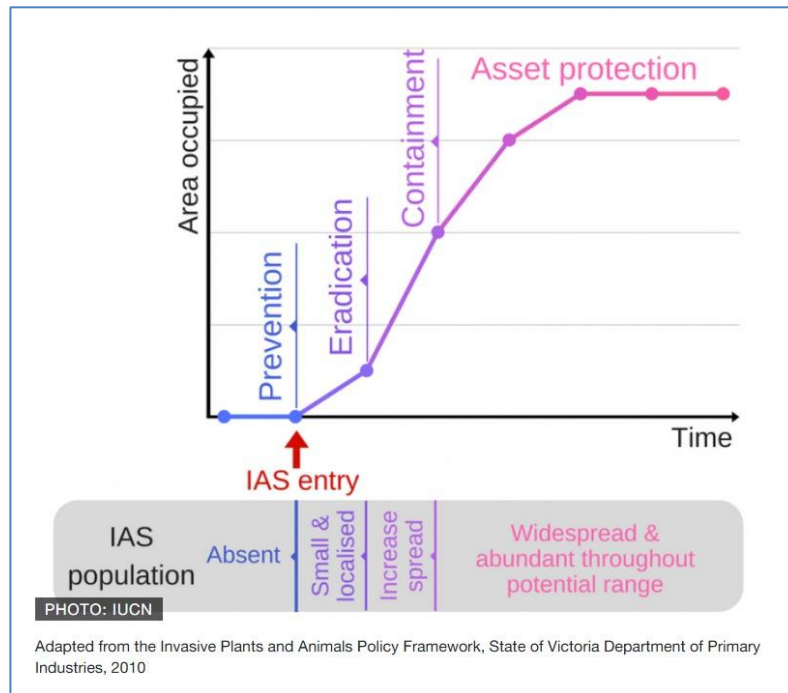
Anexos**Anexo A**

Ilustración de las semillas de Spathodea campanulata dentro de la vaina



Anexo B

Etapas clave en la prevención de especies exóticas invasoras



Nota. (Invasive Alien Species and Climate Change, 2025).

Anexo C

Legislación llevada a cabo en Brasil

LEI Nº 17.694, DE 14 DE JANEIRO DE 2019

Procedência: Depta. Ana Paula Lima
Natureza: [PL /0066.8/2018](#)
DOE: [20.934](#) de 15/01/2019
Veto parcial mantido - MSV [0034/2019](#)
DOE: [20.980](#) de 22/03/2019
Alterada pela Lei [18.323/2022](#);
Fonte: ALESC/GCAN.

Proíbe a produção de mudas e o plantio da *Spathodea Campanulata*, também conhecida como Espatódea, Bisnagueira, Tulipeira-do-Gabão, Xixi-de-Macaco ou Chama-da-Floresta e incentiva a substituição das existentes.

O GOVERNADOR DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Faço saber a todos os habitantes deste Estado que a Assembleia Legislativa decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º Ficam proibidos em toda a extensão territorial do Estado de Santa Catarina, a produção de mudas e o plantio das árvores da espécie *Spathodea Campanulata*, também conhecida como Espatódea, Bisnagueira, Tulipeira-do-Gabão, Xixi-de-Macaco ou Chama-da-Floresta.

§ 1º As árvores da espécie exótica *Spathodea Campanulata* devem ser cortadas e as mudas eventualmente produzidas devem ser descartadas.

§ 2º Para a execução do corte de árvores da espécie exótica *Spathodea Campanulata* devem ser observadas as condicionantes previstas no art. 255 da [Lei nº 14.675 de 13 de abril de 2009](#) - Código Estadual do Meio Ambiente.

§ 3º Quando se tratar da retirada de árvores *Spathodea Campanulata* existentes em locais públicos e/ou destinados à arborização urbana, os espécimes suprimidos deverão ser substituídos por árvores nativas. (NR) ([Redação dos §§ 1º, 2º e 3º, incluída pela Lei 18.323 de 2022](#))

Art. 2º (Vetado)

*Art. 2º Compete ao Poder Executivo Estadual, através do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA), promover campanhas publicitárias no sentido de tornar público os efeitos danosos da árvore que trata esta Lei e de incentivar a substituição das existentes por espécies nativas. ([Redação do art. 2º, vetada e mantida pela ALESC através da MSV 0034, de 2019](#)).

Art. 3º O descumprimento do disposto nesta Lei sujeitará o infrator ao pagamento de multa, no valor de R\$ 1.000,00 (mil reais) por planta ou muda produzida, a ser aplicada em dobro no caso de reincidência.

Art. 4º (Vetado)

Anexo D

Datos de individuos arbóreos en la zona de la biblioteca

N.º	Coordenadas (N, E)	D.A.P (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)	Diámetro de Copa (m)	Estado Estructural
1	09499065 - 1548719	2.8	2.8	1.5	3.6	1
2	0499062 - 1548695	9.5	3.8	1	5.25	1
3	0499023 - 1548659	4.8	4	0.8	5.1	1
4	0499074 - 1548707	7	4	1.8	2.25	1
5	0499071 - 1548704	6.5	2.5	1.8	3.75	1
6	0499069 - 1548704	7.3	3.5	1.8	3	1
7	0499074 - 1548708	26.5	10.4	4	3.3	1
8	0499077 - 1548723	11.8	6	4	2.25	1
9	0499082 - 1548708	50	9.2	2.1	7.5	1
10	0499082 - 1548753	45.8	11	2	4.75	3
11	0499094 - 1548753	59	7.8	2.3	13.2	2
12	0499245 - 1548823	29.4	9.8	7.6	4	2
13	0499248 - 1548813	31.9	8.8	1.9	7.5	2
14	0499251 - 1548832	13	7.6	2	3.3	1
15	0499247 - 1548812	29	9.6	2	2.85	2
16	0499247 - 1548812	21	9.6	4	5.7	1
17	0499252 - 1548834	15.8	6.4	3	4.6	2
18	0499257 - 1548818	24	8	6.5	3.1	1
19	0499250 - 1548605	38	8.8	1.8	8.35	1
20	0499249 - 1548605	36.7	9	2	9.5	1
21	0498728 - 1548686	15.3	5.8	1.6	3.4	2

Anexo E

Registro de árboles en el camino al pivote y área de acuacultura (AH)

N.º	Coordenadas (N, E)	D.A.P (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)	Diámetro de Copa (m)	Estado Estructural
22	501176.66 - 1547788.08	22	7.8	1.8	8.915	2
23	501178.39 - 1547785.28	83	14.4	2.5	18.35	2
24	501178.18 - 1547789.48	42.5	11	2	17.73	2
25	501191.14 - 1547789.26	27.3	9.6	2	7.45	2
26	501206.15 - 1547798.00	51.7	10.6	2	17.85	2
27	501226.56 - 1547802.09	89.4	19.2	2	18.7	2
28	501229.69 - 1547805.41	33.9	14.4	11.4	10.3	2
29	501230.44 - 1547806.41	16.5	8	1.5	9.7	2
30	501229.58 - 1547803.31	19.5	7	2	10.15	2
31	501225.26 - 1547784.40	12	8.4	2	10.15	2
32	500701.93 - 1548144.12	24	9.6	2	8.75	2
33	500521.95 - 1548144.12	15.5	10.6	2.2	7.9	2
34	500305.97 - 1548205.55	56	7.6	3	13.6	2
35	500212.98 - 1548233.2	16	12.8	16	15.73	2
36	500098.99 - 1548263.92	22.5	10	22.5	15	2
37	500003 - 1548291.57	43.7	18.4	4.6	8.15	2
38	499943.01 - 1548306.93	22.5	10	2	3.5	1
39	501014 - 154751	30	8	4	8	2
40	500956 - 1547515	27.5	13	10	6.5	1
41	500958 - 1547518	7.6	4	1	2	2
42	500955 - 1547515	7.5	3	1	5	2
43	500924 - 1547507	37	22	5	6.5	2
44	500924 - 1547514	10	7	2	6.5	2
45	500917 - 1547528	28	10	2	6.5	2
46	501013 - 1547435	34.9	17	4	8	2
47	500923 - 1547571	15	10.2	4	8	2
48	500999 - 1547399	13	7	2	3	1
49	501236 - 1547805	49.5	8	2	7	1
50	0501239 - 1542816	26.5	7	6	5.5	1
51	051294 - 1547929	21	20	12	8.5	1
52	0501292 - 1547929	12.5	7	4	3	1
53	N: 1548302.120 E: 500018.656	71.5	32	20	7	1
54	500022.485 - 1548302.367	26.3	18	14	6.5	1
55	500012.228 - 1548295.627	34.4	21	16	4.2	1
56	500032.167 - 1548289.195	72.3	10	8	6.8	1
57	500036.950 - 1548288.274	32	10	8	4.65	2
58	500040.628 - 1548287.774	65	13	7	5.65	2
59	500031.738 - 1548289.327	40.1	14	5	6.05	2
60	14.005441389756818, - 87.00130488758771	47.3	14	4	5.6	1

Anexo F

Datos de individuos arbóreos en las cercanías del currículo general

N.º	Coordenadas (N, E)	D.A.P (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)	Diámetro de Copa (m)	Estado Estructural
61	0498954 - 1548988	38	9	5	7.2	1
62	048956 - 1548983	37	9.8	2	6.15	1
63	0498953 - 1548985	57	8.2	4	7.3	1
64	0498958 - 1598985	16	7.2	2	5.5	1
65	0498958 - 1548986	24.2	6.8	3	7.1	1
66	0498760 - 1548987	20	9.2	3	9.45	1
67	0498957 - 1548987	26	7.8	4	6.65	2
68	0498960 - 1548984	27.1	8.4	5.4	8	1
69	0498961 - 1548984	24.9	9	1.4	7.25	1
70	0498968 - 1548987	47	11	4	10.5	1
71	0498970 - 1548984	36	7	3.6	10.5	1
72	0498972 - 1548980	20	9.5	3	5.5	1
73	0498968 - 1548983	27.3	10	3.4	8	1
74	0498968 - 1548982	31.2	12	2.8	9.5	1
75	0498979 - 1548980	38	11	4.6	6.5	1
76	0498976 - 1548984	12.3	6.4	3.2	7	1
77	0498977 - 1548984	42	13.7	5.8	11.8	1
78	0498979 - 1548983	25	5	1.4	5.4	1
79	0498979 - 1548983	33	11	6	3.2	1
80	049894 - 1548992	27.8	6.4	5.6	6.5	1
81	0498984 - 1548992	17	5.4	1.6	5	1
82	0498985 - 1548991	61.3	14.8	5.6	6.5	1
83	0498987 - 1548988	42	14	3.8	4	1
84	0498990 - 1548987	59.1	7.8	5.2	9.5	1
85	0498987 - 1548982	23.9	7.2	5.6	8	1
86	0498986 - 1548979	16.5	7.4	4.2	3.5	1
87	0498995 - 1548979	35.3	4.8	2	2	3
88	0498996 - 1548980	12.5	4	3.2	5	1
89	0498998 - 1548982	22.6	5.8	4	5	2
90	0499002 - 1548981	39.6	10.2	4.6	6.5	1
91	0499001 - 1548980	10	5.8	2.4	1.5	2
92	0499904 - 1548981	7	4.6	2.2	2	2
93	0499023 - 1548979	43.5	9.2	3.8	10	1
94	0499024 - 1548978	26.5	7.6	3.4	8	1
95	0499027 - 1548982	22.5	9.4	5	6.5	1
96	0499031 - 1548980	44.5	9.4	5.6	9	1
97	0499033 - 1548979	15	4	2.2	5	2
98	0499036 - 1548980	27	7.2	5.8	6.5	2
99	0499038 - 1548979	14.5	7.6	2.4	2	2
100	0499041 - 1548975	38	11.8	7.4	9.5	2

N.º	Coordenadas (N, E)	D.A.P (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)	Diámetro de Copa (m)	Estado Estructural
101	0499041 - 1548978	46	12.2	5	9.5	1
102	0499066 - 1548975	35	7	5.8	6.5	1
103	0498996 - 1549094	39.6	9	7.2	11	2
104	0498995 - 1549093	69	10.4	1.8	11	1
105	0498961 - 1249028	62	11.2	2	11	1
106	499082 - 1549007	39	13	7.5	8.5	1
107	499082 - 1548990	30	13	7.5	7	1
108	499069 - 1549008	28	8.2	4	5	1
109	499070 - 1549007	30	10.2	5	6.5	1
110	499069 - 1549008	28	7.6	4.3	6.5	1
111	499067 - 1549013	31	10.5	5.3	8	1
112	499031 - 1549024	42	12.9	4.4	6.5	1
113	499031- 1549024	52	16.6	8.1	8	1
114	499031 - 1549022	41	15.7	8.6	6.5	1
115	0499191 - 1548957	4	3	1.6	2.5	1
116	04991 - 1548967	2	3	1.4	1.65	1
117	0499215 - 1548965	8	2.6	1.2	2.1	1
118	099250 - 1548964	4	2.6	1.2	2.1	1
119	498986 - 1548981	98	11.3	8.2	7	1
120	499080- 1549016	36	11	3.8	6.05	1
121	0499069-1549016	25	15	9	6.8	2

Anexo G*Datos de individuo arbóreos en el área del CEDA*

N.º	Coordenadas (N, E)	D.A.P (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)	Diámetro de Copa (m)	Estado Estructural
122	0498534 -1548816	38.5	9	4.2	6.7	1
123	0498497- 1548790	67.5	12.2	2	9.4	1
124	0498492 - 1548777	37	12	2	2.575	1