

Motivaciones agroforestales para la erradicación de *Paulownia elongata* en Colombia.

Yaned Meneses Salazar

Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD-
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Ingeniería Agroforestal
Medellín
2020

Motivaciones agroforestales para la erradicación de *Paulownia elongata* en Colombia.

Yaned Meneses Salazar

Director:

Mauro Albeiro Bravo Ing. Agroforestal. Esp.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD-

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Ingeniería Agroforestal

Medellín

2020

Nota de aceptación

Comité de Escuela

para optar por el título de Ingeniera Agroforestal

_____.

Jurado 1

_____.

Jurado 2

_____.

Director del trabajo de grado

Medellín, Antioquia, Septiembre de 2020

Reconocimientos

A Ing.. Mauro Albeiro Bravo, director de trabajo de grado por su acompañamiento irrestricto y sus valiosos aportes profesionales.

A nuestra Alma Mater, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD-, por haber dado la oportunidad de superación profesional. A las directivas, docentes, personal administrativo y a todos los estudiantes que acompañaron este proceso de conocimiento profesional y personal.

Al ingeniero forestal Carlos Vásquez y al ingeniero ambiental Gonzalo Ríos, por suministrar toda la información que dio sustento a la presente investigación.

A Dios: Por nuestras Vidas y porque nos permite disfrutar del apoyo de nuestras familias las cuales estuvieron de forma incondicional en cada etapa de este proceso, porque creyeron en mi propósito y esfuerzo profesional y personal.

Nuestros Padres: Mil bendiciones por la Vida y por enseñarnos e inculcarnos Fe y Principios.

Yaned

Resumen

En Colombia, al igual que en otros países del mundo, caso europeos y particularmente en la China, país originario de la especie forestal *Paulownia elongata* (denominada Tormentosa en Colombia), perteneciente a la familia *Paulowniaceae*, se ha venido cultivando dicha especie, como una nueva alternativa en el campo agroforestal, que en un corto y mediano plazo ofrece beneficios, no solo en la calidad de su madera para fines comerciales, sino por su capacidad de recuperación, control y estabilización del problema de erosión y sus consecuencias eco-ambientales, es decir, el uso para reforestaciones en terrenos agrarios abandonados y/o degradados; hasta el año 2018, se pensaba que dichos beneficios, gracias a la profundidad de su sistema radicular y su capacidad de producción de biomasa y de fijación de CO₂, al igual su potencial aprovechamiento del follaje para el agro, convertía esta especie en una excelente alternativa en la explotación maderera del país, no obstante, después de diversos estudios por parte del Instituto Colombiano Agropecuario-ICA- con el apoyo del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, concluyen, parcialmente, que dicha especie representa un alto riesgo de invasión, conllevando a su prohibición a partir del año 2019, hasta tanto no se agoten estudios científicos que avalen su permanencia no solo en Colombia sino en América Latina. En consecuencia, los objetivos del estudio permiten identificar las motivaciones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las Corporaciones Autónomas para suspender su importación y producción hasta tanto no se agoten los técnicos y fitosanitaria, que permitan determinar el comportamiento de esta especie en el ecosistema colombiano

Descriptores palabras claves: *Paulowniaceae*, Biomasa, Reforestación, Cultivo energético, Especies Invasoras.

Summary

In Colombia, as in other countries of the world, European cases and particularly in China, a country originating from the forest species *Paulownia elongata* (called Tormentosa in Colombia), belonging to the *Paulowniaceae* family, this species has been cultivated, as a new alteration in the agroforestry field, which in the short and medium term offers benefits, not only in the quality of its wood for commercial purposes, but also for its ability to recover, control and stabilize the erosion problem and its eco-environmental consequences, that is, the use for reforestation on abandoned and / or degraded agricultural land; Until 2028, it was thought that these benefits, thanks to the depth of its root system and its capacity to produce biomass and fix CO₂, as well as its potential use of foliage for agriculture, made this species an excellent alternative. in the country's logging, however, after various studies by the Colombian Agricultural Institute-ICA- with the support of the Biological Resources Research Institute Alexander von Humboldt, partially conclude that said species represents a high risk of invasion, leading to its ban from 2019, until scientific studies that support its permanence are not exhausted, not only in Colombia but in Latin America. Consequently, the objectives of the study allow us to identify the motivations of the National Authority for Environmental Licenses, ANLA, and the Autonomous Corporations to suspend their importation and production until the technical and phytosanitary products are exhausted, which allow determining the behavior of this species in the Colombian ecosystem

Key word descriptors: *Paulowniaceae*, Biomass, Reforestation, Energy cultivation, Invasive Species.

Contenido

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1 Descripción del problema.....	14
1.2 Formulación del problema.....	16
1.3 Sistematización del problema	16
JUSTIFICACIÓN.....	18
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
3.1 Objetivo general	22
3.2 Objetivos específicos	22
MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	23
4.1 Estado del arte	23
4.2 Elementos teóricos	27
4.2.1 Características botánicas.....	27
4.2.2 Requerimientos agroambientales.....	29
4.2.3 Usos.	30
4.2.4 Implementación de la especie.	32
4.2.5 Vulnerabilidad a las enfermedades.....	33
DISEÑO METODOLÓGICO	35
5.1 Enfoque.....	35
5.2 Diseño.....	35
5.2.1 Fuentes primarias.....	36
5.2.2 Fuentes secundarias.....	36
5.3 Técnicas e instrumentos	37
5.4 Procedimiento de recolección y análisis de la información	37
HALLAZGOS Y DISCUSIÓN.....	39
6.1 Características botánicas, usos, beneficios y riesgos agro-forestales de la especie <i>Paulownia elongata</i>	39
6.2 Razones y motivaciones para la erradicación de la especie <i>Paulownia</i> en Colombia.	42
6.3 Justificaciones técnico-científicas contra la prohibición de la producción y comercialización de la <i>Paulownia elongata</i> en Colombia.....	46
6.3.1 Pronunciamento de los expertos.....	46
6.3.2 Estudio de Caso.....	49

6.2 Discusión de resultados	52
CONCLUSIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

Lista de Cuadros

Cuadro 1 <i>Fundamentación Noológica</i>	38
Cuadro 3 <i>Requerimientos del árbol y requerimientos edafoclimáticos de la zona</i>	49
Cuadro 4 <i>Costos demandados por etapa</i>	50
Cuadro 5 <i>Costos demandados por etapa según AGROPAUCOL</i>	51

Lista de Ilustraciones

<i>Ilustración 1</i> Presentación semilla y forraje inicial. Fuente: Agrodesierto, (2007).....	27
<i>Ilustración 2.</i> Floración temprana. Fuente: Agrodesierto, (2007).....	28
<i>Ilustración 3</i> Árbol de <i>Paulownia</i> 10 años, 20 m. alto, 0.70 tronco. Fuente: Agrodesierto, (2007).	28
<i>Ilustración 4</i> Tallo antes de dos años. Fuente: Agrodesierto, (2007).....	31
<i>Ilustración 5</i> Ciclo Energético de la <i>Paulownia</i> . Fuente: Paulownia Professional, (2018).	41

Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

De acuerdo con Dillen, Djomo, Vanbeveren y Ceulemans (2013) cada vez se presiona más la utilización de combustibles fósiles como alternativa para la producción energética la cual se hace menos viable y sostenible ambientalmente.

Al demandar un alto componente de recursos naturales no renovables, según Ardila (2017), se encuentra una latente amenaza de extinción o agotamiento; así mismo, desencadena en forma exponencial, en problemas ambientales que hoy son fiel reflejo y manifestación del cambio climático, resultado de la alta emisión CO₂ que se suma a múltiples contaminantes atmosféricos.

En el segundo escenario, relacionado directamente con los beneficio ambientales y energéticos que pueden lograrse en la actividad forestal propiamente dicha, especies que logran prevenir o al menos mitigar los efectos de la deforestación indiscriminada, de acuerdo con Ardila (*et; al*, 2017), plantaciones como la teca y el cedro, que igualmente ofrecen algunos beneficios ambientales, solo son explotables a los 20 o 30 años, situación que a la luz de hoy es insostenible.

Ante el escenario anterior, surge como alterativa de solución la plantación de la especie *Paulownia elongata*, que no obstante ha sido explotada desde hace 3.000 años por los chinos, hasta hace solo cerca de tres (3) años, ha logrado ser parte de los proyectos forestales en Colombia, y que según Zhu (1986) y Bergmann (2003), en sus ensayos, lograron detectar de esta especie, altos rendimientos en biomasa, para atender la alta demanda energética, al igual como alterativa maderera de alta calidad para la producción de proyectos no estructurales, livianos en

la industria de la ebanistería, cuenta con una alta capacidad para prevenir o mitigar la pérdida de suelos y su consecuente degradación en materia de erosión, permitiendo la recuperación de los mismos y la estabilización de los suelos por medio de la fijación de altas cantidades de CO₂.

Bajo el escenario anterior, Ardila (*et; al*, 2017), quien logra las primeras plantaciones de la especie en Colombia, específicamente en el sur de Cali, con fines de comercialización y como alternativa de sustitución de especies eco-ambientales amigables para el medio ambiente, manifiesta como, a través del cultivo de la *Paulownia*, en Colombia, se logra a través de un cultivo relativamente corto (entre 1 a 5 años), y con una sola siembra, una vida útil hasta de 70 años; situación que ha sido validada por los productores chinos y europeos, que al igual que en Colombia poseen diversos climas y por lo tanto, como lo establecieron los estudios de Fernández, Villanueva, Lerma y Oyros (2017), dicha especie ofrece toda su viabilidad de adaptación para ser desarrollada genéticamente en diversos climas, permitiendo impactar positivamente en los procesos de reforestación con fines maderables y energéticos, lo cual lo ha postulado, según (Woods 2008), en el contexto internacional como el llamado “el árbol futuro”.

No obstante, después de diversos estudios por parte del Instituto Colombiano Agropecuario-ICA- con el apoyo del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, concluyen, parcialmente, que dicha especie representa un alto riesgo de invasión, conllevando a su prohibición a partir del año 2019, hasta tanto no se agoten estudios científicos que avalen su permanencia, no solo en Colombia sino en América Latina.

Ante dicha determinación se han pronunciado los empresarios que durante más de 4 años le apostaron a viabilizar el proyecto de importación, producción y comercialización de la especie, decisión que les ha demandado importantes inversiones económicas y dedicación de tiempo para hacer de dicha especie, una nueva alternativa de protección del eco-sistema y, por

consiguiente, consideran que sus derechos se han visto vulnerados en la medida en que las autoridades competentes, caso el ICA, entre otras, fueron responsables, en su momento de haber realizado estudios rigurosos para determinar, en ese momento histórico, la prohibición o no del ingreso de la *Paulownia elongata* en Colombia.

En consecuencia, los objetivos del estudio permitirán identificar las motivaciones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las Corporaciones Autónomas para suspender su importación y producción hasta tanto no se agoten los técnicos y fitosanitaria, que permitan determinar el comportamiento de esta especie en el ecosistema colombiano

1.2 Formulación del problema

En consecuencia al planteamiento de la problemática anterior, se formula el siguiente cuestionamiento: ¿Cuáles son las motivaciones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las Corporaciones Autónomas para suspender la importación, producción y comercialización de la *Paulownia elongata* en Colombia?

1.3 Sistematización del problema

- ¿Cuáles son las características y usos de la especie *Paulownia elongata*, en cuanto a los beneficios o riesgos agroforestales?
- ¿Cuáles son las razones por las cuales la especie *Paulownia elongata*, ha sido considerada como especie alto riesgo de invasión en Colombia, que da origen a la pérdida de la biodiversidad?
- ¿Cuáles son las justificaciones técnico-científicas manifestadas por los empresarios que han visto vulnerados sus derechos al ser notificados de la prohibición de la importación y siembra de esta especie?

- ¿Cuáles deben ser los estudios técnico-científicos que deben surtir las autoridades ambientales para su decisión final sobre la viabilidad o no de la importación, producción y comercialización de la especie *Paulownia elongata* en Colombia?

Justificación

De acuerdo con Llano, (2009), existen en el mundo 17 especies de *Paulownia*, de las cuales siete (7) son originarias de la China, lo cual se ha convertido en un referente de confianza para que sea adoptada a nivel mundial por sus bondades forestales y energéticas, toda vez que por sus altas propiedades generadoras de biomasa lignocelulósica, la cual es utilizada para la producción energética, cuenta con un alto potencial al desarrollarse antes de los tres (3) años, a diferencia de otras especies arbóreas cuyo beneficio tarda décadas.

En este sentido, para Martínez, García, López y Otros (2010), muchos países, caso Colombia, se han sensibilizado respecto a la problemática ambiental al registrarse altos niveles de calentamiento global, lo cual demanda la sustitución de recursos no renovables por aquellos naturales renovables (Michelena y Martín 2008).

En Colombia, Ardila *et al* (2016) indica que las semillas importadas desde China son altamente amigables con temperaturas que van desde el nivel del mar hasta los 2.850 msnm; así mismo, es apta para climas tanto templados como tropicales, soportando amplios rangos que se ubican entre -20 °C en plena dormancia y máximas absolutas de 41 °C. Es decir, podría afirmarse que la gran mayoría de zonas de Colombia, se encuentran potencialmente aptas para su producción.

Según Salguero (2015), en relación con la *Paulownia* indica que ninguna especie generadora de biomasa, logra en menos de cinco (5) años, una altura de 25 a 30 metros, convirtiéndose en un excelente aliado para que los campesinos diversifiquen su producción, innovando sus cultivos y, por ende, mejorando sus niveles de rentabilidad por los múltiples beneficios que aporta esta especie al sector agrícola y forestal.

Como caso particular de la especie *Paulownia*, para el sector papelerero, representa una latente oportunidad que no se ha encontrado con especie alguna en el mundo, toda vez que, como lo reitera Ardila (*et al*, 2016), apenas a un año de ser sembrada la planta, su biomasa ya es apta en la producción de aglomerados y pulpa de papel.

Así mismo, solo con año y medio, viene siendo utilizada en la industria de la madera para cercamientos, y seis meses después, logra atractivas flores de alta utilidad para producción de miel de abejas y jalea real, a la vez que en forma simultánea, sus raíces alcanzan una profundidad de nueve (9) metros, cuyo beneficio directo se refleja en su capacidad de reforestación, mitigación de la erosión y alta generación de nitrógeno, el cual ha sido comparado con algunas leguminosas, con su consecuente y positivo impacto ambiental.

En general, y en concordancia con el objeto de estudio desde las prácticas agroforestales, la siembra de la *Paulownia*, según Díaz, Luna y Keil (2002), pronosticaban para Colombia un excelente aliado para los productores y agricultores, caso cultivos de té, maíz, trigo y otros cereales. Al igual, gracias a la altura lograda en corto tiempo y su producción de grandes flores, permite neutralizar las altas corrientes de viento y por ende, de la transpiración y evaporación, manteniendo una temperatura más estable en el cultivo asociado. Y al tiempo de su caída de flores, las cuales almacenan altos contenidos de grasas, azúcares y proteínas, se convierte en un excelente insumo orgánico propio para alimentar cerdos, ovejas y conejos, o utilizadas como fertilizante para estimular la producción agro forestal.

Pero este escenario favorable para esta naciente especie en Colombia, e incluso en Latinoamérica, dio un giro inesperado, cuando los estudios científicos que se han venido realizando en Colombia por más de una década, solo hasta el año pasado, 2019, se han pronunciado negativamente sobre esta especie, al considerarla propia de las especies invasoras

que más estragos causan en los bosques y mares del país, incluyendo el pez león, la hormiga loca, el caracol gigante africano, la rana toro o el camarón jumbo asiático.

Lo anterior ha generado diversas polémicas en favor y en contra de estas decisiones, tal es el caso de Baptiste (2019), participante de estudios rigurosos a través del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, quienes recomiendan o conceptúan sobre la *Paulownia elongata*, afirmando que “si la especie presenta unas características biológicas que facilitan que sea una invasora, como puede serlo la rapidez de su estrategia reproductiva, se recomienda darle un manejo de mayor cuidado”.

Dicha posición, contraria a las decisiones tomadas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, y las Corporaciones Autónomas (2019), abre un escenario de confrontaciones y polémicas decisiones en adelante hasta tanto no se agoten los estudios científicos que corroboren las decisiones de estas autoridades ambientales, o que por el contrario abran una nueva puerta de oportunidad en pro, no solo del eco-sistema colombiano, sino de la continuidad de los empresarios que hoy viven de dicha actividad.

En lo profesional, como futuros ingenieros agroforestales, no se puede estar al margen de las nuevas alternativas que, de forma positiva, impactan el agro a través de nuevas especies como el supuesto caso que ocupa con la *Paulownia elongata*, que si bien ha sido adoptada en diversos países del mundo, hasta hace menos de tres (3) años, se viene explotado en Colombia y que hoy, contrariamente a lo que se consideraba hasta hace solo un año, ha sido objetada su importación, producción y comercialización en Colombia al considerarse una especie altamente invasora con los riesgos que ello conlleva.

Por lo tanto, tiene toda la pertinencia sobre esta nueva especie abordar los estudios necesarios para determinar sobre sus eventuales beneficios o riesgos agroforestales, en materia de

reforestación y por lo tanto, la polémica sobre si representa un excelente sustituto de los combustibles fósiles para la generación de energía por su alto contenido de biomasa o por el contrario, su negativo aporte sobre el eco-sistema en materia de pérdida de la biodiversidad y su consecuente deforestación y contaminación.

Objetivos de la investigación

3.1 Objetivo general

Determinar las motivaciones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las Corporaciones Autónomas para suspender la importación, producción y comercialización de la *Paulownia elongata* en Colombia.

3.2 Objetivos específicos

- Establecer las características botánicas y usos de la especie *Paulownia elongata*, en cuanto a los beneficios o riesgos agro-forestales.
- Interpretar las razones por las cuales la especie *Paulownia elongata*, ha sido considerada como especie alto riesgo de invasión en Colombia, que da origen a la pérdida de la biodiversidad.
- Establecer las justificaciones técnico-científicas manifestadas por los empresarios que han visto vulnerados sus derechos al ser notificados de la prohibición de la importación y siembra de esta especie.
- Caracterizar los estudios técnico-científicos que deben surtir las autoridades ambientales para su decisión final sobre la viabilidad o no de la importación, producción y comercialización de la especie *Paulownia elongata* en Colombia.

Marco conceptual y teórico

4.1 Estado del arte

Realizando un rastreo de los más recientes estudios sobre la *Paulownia elongata*, de acuerdo con Llano (2009), en su estudio titulado “Fisiología y Bioquímica de *Paulownia imperialis*, *Paulownia elongata* y *Paulownia fortunei* en condiciones de campo e invernadero bajo diferente humedad en el suelo”, logró, mediante un trabajo experimental, evaluar la tolerancia a estrés hídrico de tres especies de *Paulownia*, desarrolladas en condiciones de campo o invernadero evaluando las respuestas fisiológicas, bioquímicas y morfológicas. Dichas especies experimentales fueron la *P. elongata* (S. Y. Hu), *P. fortunei* (Seemann & Hemsley) y *P. imperialis* (Siebold & Zuccarini).

Dicho estudio se llevó a cabo en cuatro (4) fases: en su etapa inicial logra determinar la humedad del suelo y los correspondientes análisis fisiológicos; posteriormente le realizan dichas mediciones fisiológicas; en su tercera fase, realiza los análisis bioquímicos y por último, las observaciones en el microscopio electrónico de barrido de dichas especies.

A modo de conclusiones, el estudio permitió demostrar como la *P. fortunei* es la especie dentro de las 17 variedades de *Paulownia*, la que menos tolerancia presenta al estrés hídrico, contrario a las *P. imperialis* y *P. elongata*.

En similar estudio experimental, Salguero (2015), aborda la investigación sobre “crecimiento, supervivencia e intercambio gaseoso de dos clones de *Paulownia elongata* × *fortunei* al primer año de desarrollo vegetativo en tres sitios del centro sur de Chile”. Como

variables de tipo cuantitativo empleadas consideró los incrementos alcanzados en altura total, diámetro a la altura de cuello e índice de crecimiento, y la supervivencia al final del primer año de desarrollo vegetativo.

Culminando el estudio experimental, estos dieron cuenta como en aquellos sitios que presentan comportamientos edafoclimáticas más favorables, se logra un mayor crecimiento de la especie, no obstante sigue su versatilidad para producirse en temperaturas bajo cero y hasta superiores a 40 grados; así mismo, no se detectaron importantes diferencias entre los clones utilizados; esto es, considerando variables de temperatura, humedad relativa y especialmente la humedad del sitio de prueba, se determinó mayor favorabilidad en el cultivo de ambos clones de *Paulonia*.

En el estudio experimental llevado a cabo sobre “adaptabilidad de tres especies forestales, del género *Paulownia* (*P. fortunei*, *P. elongata*, e híbrido entre *fortunei* x *elongata*). A las condiciones de sitio “Estepa Espinosa” de Tunshi, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo”, Guilcapi (2015), presenta una técnica metodología tipo ensayo, previa a la plantación de la especie, recomendando en primer lugar, la importancia en la determinación y reconocimiento del área en estudio, esto es, cuando se georeferencia la zona experimental o en su defecto, cuando se tiene asertividad sobre la siembra, factores como accesibilidad, topografía y disponibilidad de agua para riego, se constituyen en los principales factores a considerar.

Una vez sorteada esta etapa preliminar, se procede a realizar una medición del área experimental, de tal suerte que se logre delimitar el área donde se han de estudiar unidades experimentales; paso seguido, se debe llevar a cabo un registro climático, lo cual puede lograrse con la instalación de una mini-estación meteorológica, que permita, en tiempo real, el registro de datos e información climática, igual que logre correlacionar el comportamiento de las especies

arbóreas. Por lo tanto, en dicha estación se registran datos relativos a temperatura, humedad, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento y los niveles de precipitación.

Así mismo, según Guilcapi (*et al*, 2015), considera de importancia, en el proceso de reforestación de la especie *Paulownia*, en cualquiera de sus referencias o familias, las diferentes prácticas pre culturales y culturales. Con respecto a las pre-culturales, se consideran la preparación del suelo en lo que respecta a la adecuación del lote, limpieza del material vegetal y los procesos de arado y rastra. Posteriormente, se procede con actividades como el balizado, hoyado, fertilización de acuerdo a las condiciones del terreno y tipo de árbol o especie; para continuar, una vez realizadas las actividades de preparación, como la plantación propiamente dicha, mediante técnicas según el caso, como sistema rectangular o cuadrangular, según su densidad.

Por último, no menos importante, un adecuado manejo pos-siembra mediante el proceso de riego, el cual depende directamente del nivel de precipitación y la temperatura del lugar.

En segundo lugar, se presentan las actividades denominadas culturales, que se corresponden con todo el proceso o la fase posterior a la siembra y que de ellas depende en forma directa, el éxito de la siembra; por lo tanto, actividades como control de malezas, frecuencia de podas, permiten la eliminación de brotes laterales que afectan el crecimiento y desarrollo de la planta.

Según el artículo elaborado por Fernández, Villanueva, Lerma y Otros (2017), sobre “estudio de *Paulownia* como cultivo forestal de rotación corta para fines energéticos en condiciones mediterráneas”, *Paulonia* es una especie arbórea que presenta una excelente rectitud de fuste según el factor de forma obtenido. Sin embargo, en su interior, en su sección medular,

su fuste es hueco al menos durante su primer año, por lo que se debe conocer el volumen que este abarca para estimar la biomasa real producida por hectárea.

Los resultados de este estudio permiten llegar a la conclusión de que a nivel de producción, y basándose en otros cultivos energéticos, la selección de paulonia es una alternativa viable en rotaciones cortas para fines energéticos en condiciones mediterráneas. Su crecimiento rápido, y sus propiedades físicas y energéticas observadas, pueden hacer que esta especie en regímenes de corta rotación resulte muy recomendable como biomasa para combustible.

Consecuente de lo anterior, la Asociación Española de Normalización y Certificación [Aenor], recomienda a los cultivadores de *Paulownia*, en cualquiera de sus 17 especies que hoy se cultivan a nivel mundial, e independientemente de sus bondades forestales y energéticas, debido a que en muchos países, caso de América Latina, esta práctica apenas comienza a desarrollarse a mayor escala en el último quinquenio, se requieren estudios más profundos, previos a la decisión de incursionar en esta especie, que permitan determinar la occlusión posible a presentarse en el proceso de proyectar los niveles de biomasa, especialmente cuando se trata de estudios como el anterior, cuando su objetivo es realizar la plantación de corta rotación; así mismo, considerar los eventuales efectos de la variabilidad genética, tanto en términos de crecimiento en volumen y de producción de biomasa.

4.2 Elementos teóricos

4.2.1 Características botánicas.



Ilustración 1 Presentación semilla y forraje inicial. Fuente: Agrodesierto, (2007).

En su caracterización morfológica, según Zhu (*et; al*, 1986), sus semillas son ligeras, pequeñas y aladas, requiriendo alto nivel de luz para lograr su germinación y crecimiento, ya que esta especie no puede regenerar de forma natural bajo un dosel arbóreo; por cuanto sus hojas, Caparros, Díaz, Ariza, López & Jiménez, (2008), la caracterizan como especie caducifolia, por lo tanto presenta copa ancha y ramas de crecimiento horizontal, al igual, su color verde y gran tamaño en forma ovalada y acorazonada de 20 a 40 cm centímetros de ancho.

Continuado con Caparros, Díaz, Ariza, López & Jiménez, (2008) (*et; al*, 2009), al referirse a su floración se produce una vez por año, especialmente en el otoño y permanecen cerradas hasta la primavera, lapso en el cual reflejan flores hermafroditas en panículas terminales de 30 a 40 cm de longitud con forma piramidal. De allí que sus frutos, corresponden con una capsula leñosa dehiscente de forma ovoide, puntiaguda, de 3 a 5 cm con numerosas y pequeñas semillas, de color verde claro.



Ilustración 2. Floración temprana. *Fuente:* Agrodesierto, (2007).

Considerado la especie propiamente dicha, la *Paulownia*, Zhao (1986), la describe en términos de sus principales atributos, en los cuales está su rápido crecimiento en las diversas regiones, que a diferencia de otras especies como la teca, puede alcanzar alturas superiores de los 40 cm, y al cabo de 10 años promedio, lograr un diámetro entre los 25 y 45 cm, al igual respecto a su volumen de madera puede ubicarse en los 0,3 – 0,5 m³.



Ilustración 3 Árbol de *Paulownia* 10 años, 20 m. alto, 0.70 tronco. *Fuente:* Agrodesierto, (2007).

Es de tener en cuenta que cuando se presentan óptimas condiciones, dichos niveles son mucho más atractivos, toda vez que estos volúmenes de madera pueden lograr los 4 – 4,5 m³, con un crecimiento anual en diámetro de 3 – 4 cm.

4.2.2 Requerimientos agroambientales.

Caparros, Díaz, Ariza, López & Jiménez, (et; al, 2008), al referirse a los requerimientos de la precipitación que demanda esta especie, han validado como su nivel de crecimiento es mayor cuando se encuentra en zonas de precipitaciones altas (800 mm o más), bajo la condición que dichos suelos presenten un buen drenaje o salida. Y preferiblemente, cuando las aguas lluvia se precipiten con una distribución relativamente uniforme.

En cuanto a la temperatura se refiere, para Zhu (et; al, 1986), estas familias logran una rápida adaptación en general a todo clima, pero siendo ideal conservar el rango de temperaturas en las cuales pueden desarrollarse de forma ágil, soportando mínimas absolutas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y máximas absolutas de $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pero para Dillen, Djomo, Vanbeveren, y Ceulemans (2013), no obstante esta especie es amigable con altos rangos de temperatura, demostraron, mediante diversos ensayos en Europa y China, como su mejor nivel es cuando se enfrenta a temperaturas en el rango entre los $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura media diaria.

En consideración opuesta a la anterior, Muñoz (2011), enfatiza en que si bien es cierto, ante temperaturas cálidas, la *Paulownia* logra su mayor desarrollo, también es cierto que, para el caso colombiano, por ejemplo, país en la cual se le ha denotado “Tormentosa” por el empresario Ardila (2016), en diversos ensayos en la región del sur, Pamplona, Pasto, entre otros, su comportamiento ha demostrado su capacidad de adaptarse y soportar temperaturas hasta de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Asociado a los niveles de temperatura en algunos casos, se encuentra una relación con sus niveles de luminosidad, es así como Chinese Academy of Forestry (1986), consideraron que este factor, al igual que en la mayoría de las especies, es muy determinante, no solo para optimizar la germinación de las semillas sino para estimular el crecimiento de las plántulas, por lo tanto, es

una especie que requiere de luz intensa; en tanto, cuando se trata de erosionadas o abandonadas, incluso que han sido devastadas por la quema, logran regenerarse para reforestar sus suelos, y es allí donde ha sido considerada la *Paulownia*, como especie única para dichos fines.

Por último, de acuerdo con Chinese Academy of Forestry (*et; al*, 1986), al referirse a los factores de altitud y viento, con relación a la altitud, se ha comprobado a nivel mundial como dicha especie, unas más que otras entre las 17 existentes, pueden adaptarse desde el nivel del mar hasta los 2.700 metros, pero igualmente se ha comprobado que ante altitudes ubicadas en los rangos entre los 600 y 1500 msnm, se logra su óptimo desempeño, tanto para fines energéticos como forestales; así mismo, el factor viento, considerado como el más importante agente dispersor de las semillas, se recomienda que su plantación atienda vientos promedio entre los 0,5 a 1,0 km desde el árbol madre.

Respecto a dicha variable, Martínez, García, López y Otros (*et; al*, 2010), entre los principales beneficios que presta la *Paulownia*, es precisamente servir de protector a otras especies menores ante las altas corrientes de viento, pero reiteran que si es cierta esta capacidad de la especie por su robustez y tamaño, también es cierto que en su etapa de inicial crecimiento, hasta los 2 años aproximadamente, no se recomienda que esté plantada en zonas que la exponen a altas corrientes, toda vez que a temprana edad, las hojas de los arboles jóvenes se verán afectadas por altas corrientes y ser fácilmente vulneradas.

4.2.3 Usos.

Gracias a la característica de su hojas de copa ancha y ramas de crecimiento horizontal, y gran tamaño en forma ovalada y acorazonada de 20 a 40 cm centímetros de ancho., presentan un beneficio adicional una vez se desprenden del árbol, en la industria pecuaria como alimento para los porcinos, entre otras especies animales.

Dado que sus frutos corresponden con una capsula leñosa dehiscente de forma ovoide, puntiaguda, de 3 a 5 cm con numerosas y pequeñas semillas, la hace atractiva en la industria maderera no estructurada, es decir, para artículos livianos como puertas, ventanas, adornos, entre otros.



Ilustración 4 Tallo antes de dos años. *Fuente:* Agrodesierto, (2007).

Ante la versatilidad que a nivel mundial ha presentado esta especie, a diferencia de otras que han sido y siguen siendo utilizadas para fines energéticos y forestales, la *Paulownia* según Castellanos (2019), dicha especie presenta cualidades significativamente más beneficios que las demás, al referirse a los requerimiento edafoclimáticos, de los cuales, las condiciones del suelo, cuando ofrecen un adecuado nivel de fertilidad, crece mucho mejor; al igual son bastante tolerantes a suelos pobres, devastados y erosionados, en los cuales se presenta su alta demanda por sus beneficios hacia la reforestación, incluso, sus hojas se convierten, aparte de alimento para la pecuaria, es un excelente fertilizante, a excepción de aquellos suelos con más de 30% de arcilla y suelos rocosos. Al igual, Moncada (2007), alude a otro beneficio asociado a su crecimiento, cuando son cultivadas en suelos con bajo contenido de humus, con baja fertilidad y con un pH del suelo entre 5 y 8.

De igual forma, sus raíces presentan una verticalidad, en su primer año, entre 2 a 3 metros hasta los 9 metros en su edad adulta, característica que convierte esta especie en una gran alternativa para mitigar crecidas. Y a la vez, constituye una excelente especie para recuperar tierras erosionadas y deforestadas, logrando su estabilización agroforestal. Así mismo, gracias a su altitud, logra su óptimo desempeño, tanto para fines energéticos como forestales, conservando los requerimientos en términos de vientos promedio desde el árbol madre.

4.2.4 Implementación de la especie.

Una vez determinada su caracterización en su taxonomía, morfología, entre otros aspectos, se aborda el proceso de plantación, iniciando por la preparación del terreno, que de acuerdo con Rojas e Ibarra, (2003), es quizás el paso más definitivo para lograr un árbol de condiciones óptimas, tanto para sus beneficios forestales como para su aprovechamiento en la industria energética. Esto es, se pretende crear las condiciones favorables de crecimiento, lo cual está influenciado por la rugosidad y la vegetación del sitio, que pueden estar abandonados, erosionados o fértiles, de los cuales dependerá la intervención en cuanto a tratamiento con herbicidas para control de malezas y arbustos, al igual el arado para aflojar el suelo y de esa manera permitir un mejor crecimiento óptimo de su raíz.

Es importante considerar las recomendaciones de Agrosierto (*et; al*, 2007), respecto a la segunda etapa de preparación, establecimiento de plantaciones, al considerar que no es recomendable emplear semillas, excepto cuando se trate de estudios o ensayos de laboratorio, toda vez que las calidades son variables; por lo tanto, es recomendable la utilización de clones bien seleccionados y en especial a través de la micro propagación, ya que permiten ser plantados en forma directa en el suelo.

Así mismo, para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2012), no debe emplearse los esquejes de raíz, no solo por sus altos costos, sino por lo difícil que resulta su establecimiento, toda vez que el paso inicial es vivero para luego ser trasplantadas al campo; por otro lado, cuando son plantados directamente al suelo, la planta se vuelve más vulnerable a las enfermedades y plagas, esto es, desde los campos fitosanitario y productivo, la especie a través de la micro propagación, se corresponden con una oportunidad más segura y confiable.

Con respecto al sistema de riego y control de maleza, muy importante en el proceso de plantación y post-plantación, especialmente por que dicha especie es altamente frágil en su primer año de vida, Caparros, Díaz, Ariza, López y Jiménez (et; al, 2008), recomiendan que en cuanto al suministro por riego, es preferiblemente hacerlo en la estación seca, y el cual debe ser suministrado después de 7 u 8 días de su plantación, toda vez que el agua es el elemento crítico y determinante para la sobrevivencia de estas especies. Por su parte, en cuanto al control de malezas, recomiendan periódicas labranzas, y en lo necesario alternarlas con el uso de herbicidas, toda vez que dichas prácticas permiten, entre otros beneficios, facilitar el suministro de abono y fertilizantes, la poda y el control fitosanitario.

4.2.5 Vulnerabilidad a las enfermedades.

Por último, es pertinente abordar la problemática que en general a nivel mundial se exponen todo tipo de especies alboreas, de las cuales la familia de la *Paulownia* no es la excepción, tales son sus vulnerabilidades ante el asecho de las plagas y enfermedades, las cuales tuvieron su origen en la China y se han desarrollado en Estados Unidos y Europa, al igual, en Colombia, se han detectado plagas y enfermedades similares al igual que los métodos e insumos como fertilizantes para evitarla o mitigar altos impactos.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (et; al, 2012), manifiesta que dada la naturaleza y características de su forraje grande y de alto contenido de nutrientes, además de su alta resistencia, en el caso de Asia, viene siendo atacada por plagas de insectos fitófagos que le pueden afectar, como son: *Agrotis ypsilon* (Rott.) *Grylotalpa unispina* Saussure, *Empoasca flavescens*, *Cicadalla viridis* L.

Así mismo, respecto a las enfermedades potenciales, según Pantoja (2014), una de las enfermedades más importantes de esta especie es la que se conoce como “escoba de bruja”, que se propaga por el empleo de material contaminado y por insectos chupadores de savia. Esta enfermedad supuestamente está localizada en las áreas de distribución natural de la *Paulownia* en Asia, aunque también ha aparecido en Estados Unidos

Diseño metodológico

Metodológicamente el estudio se apropia de los requerimientos exigidos en la investigación cualitativa mediante la técnica de revisión documental, en repuesta al objeto de estudio correspondiente a las motivaciones del ICA, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las Corporaciones Autónomas para suspender la importación, producción y comercialización de la *Paulownia elongata* en Colombia. Para ello la determinación de su enfoque, diseño, las fuentes de información y población bajo estudio, permiten la ruta de la investigación.

5.1 Enfoque

De acuerdo con Sampieri (2012), en la disciplina agroforestal de la cual hace parte la presente investigación corresponde al enfoque cualitativo, toda vez que pretende caracterizar las políticas que, en materia forestal, han formulado las autoridades ambientales de Colombia respecto a la incidencia que ha generado la producción y comercialización de *Paulownia elongata* en el país, esto es la conveniencia o no de su erradicación.

5.2 Diseño

De los estudios cualitativos hace parte la investigación documental o bibliográfica cuya finalidad es para Hurtado (2012), la de obtener, seleccionar, compilar, organizar, interpretar y analizar información acerca del objeto de estudio, esto es, la legislación, normatividad, estudios piloto, pruebas científicas, entre otros pronunciamientos de organizaciones privadas y estatales que, de una parte argumentan sobre los beneficios de la especie y por otra parte, el pronunciamiento de las autoridades nacionales sobre su inconveniencia.

En coherencia con el diseño metodológico, Briones (2000), expresa la importancia de definir los tipos o clases de fuentes de información requeridas en el proceso investigativo, las cuales se formulan a continuación.

5.2.1 Fuentes primarias.

En este caso, las fuentes primarias, según Méndez (2006), corresponden a la captura de información directa de los sujetos bajo estudio que, para el caso, las conforman dos expertos: el ingeniero forestal Carlos Vásquez quien asesoró diversos cultivos de la especie y el ingeniero ambiental Gonzalo Ríos, magíster en desarrollo sostenible y medio ambiente, investigador y asesor ambientalista experto en especies invasoras y quien participó de un ensayo en el Ecoparque Periland, municipio de Cajicá (Cundinamarca).

5.2.2 Fuentes secundarias.

Denominadas por Toro y Parra (2008), como fuente documental o de segunda mano, propia de los estudios históricos, esto es, la investigación documental se apropia como técnica de investigación cualitativa para la recopilación y selección de información a través de la lectura de documentos, libros, repositorios, revistas indexadas con artículos de revisión, grabaciones, filmaciones, periódicos, hemerografía, bibliografías, entre otras herramientas y fuentes de información.

En particular, los pronunciamientos realizados por entidades como el Comité Técnico Nacional de Especies Introducidas o Trasplantadas Invasoras del Gobierno colombiano, El Ministerio de Ambiente, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, el Consejo Nacional de la Cadena Forestal, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las Corporaciones Autónomas, Procuraduría General de la Nación, entre otras.

5.3 Técnicas e instrumentos

De acuerdo con la problemática identificada se acude a las técnicas propias de los estudios cualitativos de orden documental. Esto es, en la revisión documental, según Calderón, Maldonado y Londoño (2014), esta técnica propia de los estudios históricos cualitativos, permite identificar las investigaciones elaboradas con anterioridad, las autorías y sus discusiones, esto es, permite delinear el objeto de estudio que para el caso corresponde a la situación actual de la especie bajo estudio.

Sobre dicha técnica, propia de los estudios sociales, Oullet (1982), expresa:

“La reseña de escritos constituye la piedra angular de la organización sistemática de una investigación. En efecto, ningún investigador serio no arriesgaría emprender una investigación sin tener, previamente, verificado el estado de la cuestión al nivel de los escritos sobre el tema investigado. La selección de un problema de investigación exige familiarizarse con los pasos efectuados sobre el tema de investigación” (p.95).

5.4 Procedimiento de recolección y análisis de la información

En coherencia con los objetivos de estudio, la investigadora se apropia de la Fundamentación Noológica, es decir, según Hurtado (et; al, 2012), se basa en un análisis de contenido documental que permite la comprensión holística de la investigación. Por lo anterior, la fundamentación noológica, para el objeto de estudio de la presente investigación, aborda dicha metodología holística para apropiar los siguientes marcos de conocimiento, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

En términos generales, mediante la fundamentación Noológica se construye la investigación con un enfoque holístico o integrador que apropiándose de las fases analítica,

comparativa y explicativa del proceso investigativo operacionalizado desde lo conceptual, lo teórico, lo referencial, lo historiográfico, lo legal y situacional, permite sustentar la presente investigación. Esto es, continuando con Hurtado (et; al 2012), lo que se pretende es generar una posición crítica de la investigadora que supere lo meramente teórico.

Cuadro 1 *Fundamentación Noológica*

Marco /fundamentación	Descripción	Autor
Conceptual	Permite el análisis y la descripción de los conceptos básicos y asociados con el planteamiento del problema o pregunta de investigación.	Hurtado (et; al, 2012)
Teórica	Se inicia con la revisión y comparación de las teorías que han de ofrecer rigor científico al estudio. Esto es, proceso de desarrollar aquellas teorías que permitirán comprender y sustentar la investigación, por lo tanto tributan a validación de la hipótesis o supuesto de estudio.	Sampieri (et; al, 2012)
Epistémica	Concebida como elemento filosófico que estudia los principios, fundamentos, extensión y métodos del conocimiento que dan soporte a las teorías apropiadas por el investigador. Al integrarse con la comprensión holística, permitirá, mediante la revisión documental, someter los hallazgos a comparaciones, desde diferentes perspectivas, ofreciendo profundidad y solidez a todo el proceso investigativo.	Rodríguez, (2006)
Historiográfica	En coherencia con la investigación histórica, se apropia de dicha reseña, tanto histórica como cultural, delimitando y describiendo el contexto en el cual se desarrolla el estudio, para el caso la situación actual de la <i>Paulownia elongata</i> en Colombia.	Briones (et; al 1999)
Legal	Contextualizar la región de análisis desde lo legal para comprender su legislación y normatividad propia en la cual debe sustentarse todo análisis y acción si es del caso.	Hurtado (et; al, 2012)

Fuente: (Hurtado, 2012; Rodríguez, 2006).

Hallazgos y discusión

En coherencia con los objetivos del estudio, el presente capítulo aborda la información recabada tanto por fuentes primarias como secundarias, en concordancia con el estado del arte y los soportes teóricos de rigor científico que le dan validez a la investigación.

6.1 Características botánicas, usos, beneficios y riesgos agro-forestales de la especie *Paulownia elongata*

Previa la caracterización de la especie, para Ríos (2020), es importante aludir a los sistemas agroforestales (SAF) como alternativa ambiental en favor de las especies pecuarias, toda vez que algunas especies, no invasoras, son generadoras permanentes de alimento, contribuyendo al desarrollo y producción de especies animales; así mismo, con otros organismos, logran integrarse en tiempo y espacio, para el adecuado y eficiente aprovechamiento del suelo; esto es, tributan a la disponibilidad de minerales, fauna microbiológica y consistencia de los mismos.

Consecuencia de lo anterior para Vásquez en el 2020:

“Pese a que en los últimos 5 años las autoridades ambientales han encontrado diversas motivaciones para la erradicación de la *Paulownia tormentosa*, nosotros los defensores de su producción, no solo por su atractivo comercial en el sector maderero, sino por los beneficios que esta especie representa en los SAF, por ser de fácil adaptabilidad y, gracias al ancho de sus hojas, logra una importante concentración de nitrógeno, al igual para el pastoreo por el forraje que produce; así mismo, al contar con una profunda raíz de algo más de 9 metros, previene la erosión y por su aspecto frondoso generan microclimas gracias a su capacidad de generar sombra; todo ello sumado a los controladores biológicos originados en la integración de organismos y aves”.

De acuerdo con Ríos (et; al, 2020), la *Paulownia* tormentosa no solo ha venido contribuyendo con los SAF en Colombia sino como legado desde la China por más de un siglo, cuyo principal beneficio, no solo por su rápido crecimiento convirtiéndose en materia prima para la industria de madreara, sino que debe ser contextualizada dentro de un desarrollo armónico que impacta las regiones desde lo social, ambiental y económico.

Con ensayos realizados en algunas zonas de Colombia en diversas latitudes desde los -24° hasta los 45° , han sido testimonio de su aporte económico, principalmente por su contribución a las comunidades campesinas, además de su aporte al ecosistema al prevenir o mitigar efectos adversos en los SAF originados por la incapacidad del estado en controlar producciones extensivas que de forma sistemática, erosionan y degradan cultivos, ocasionando, a la vez, quemas sin control alguno, deforestación y la consecuente pérdida de biodiversidad.

Lo anterior lo corroboran estudios que datan desde finales del anterior milenio, cuando Wang y Shogren (1992), vaticinaban sobre las bondades de la *Paulownia* tormentosa como una real alterativa económico-ambiental, especialmente para garantizar a los ganaderos el desarrollo auto sostenible de su actividad, al suministrar, gracias a sus características orgánicas, altos contenidos de nitrógeno y otros nutrientes fertilizantes para ser aprovechados en proceso de compost, lo cual se refleja en la optimización de insumos no agrícolas aptos para los cultivos, esto es, de acuerdo con Latorre y Ruano (2009), enfatizan en las bondades de frondosas hojas con alto contenido nutritivo, propias para ser procesadas en ensilaje, especialmente para las especies rumiantes.

De igual forma resalta cómo la *Paulownia* viene siendo utilizada como materia prima para la producción del bioetanol como se aprecia en la siguiente figura. En tal sentido, investigaciones científicas en Estados Unidos han logrado el desarrollo de una nueva tecnología

a partir de la combinación de métodos termoquímicos y biotecnológicos cuyo resultado es la extracción de 511 litros de etanol de una tonelada de madera seca, razón por la cual suele llamarse al árbol “pozo petrolífero”.

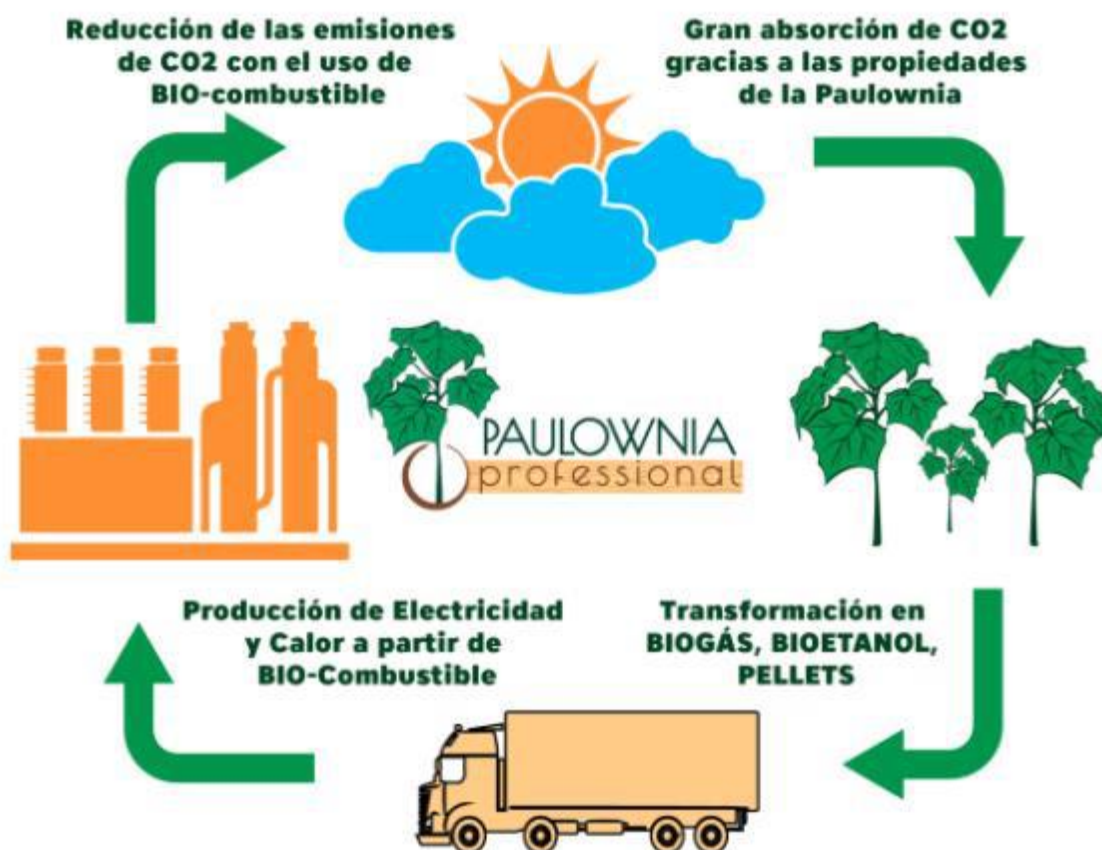


Ilustración 5 Ciclo Energético de la *Paulownia*. Fuente: Paulownia Professional, (2018).

Continuado con Vásquez (et; al 2020), esta especie se ha convertido en un importante referente por los atributos ya mencionados, pero en forma específica su capacidad de generar microclimas, permite el desarrollo tanto de la industria maderera en tan solo 5 años de su plantación, como su contribución en cultivos alternos y la explotación pecuaria, fortaleciendo los suelos en las praderas, mitigando efectos adversos de la producción extensiva.

En forma muy especial, por su capacidad de aumentar la disponibilidad de biomasa para los bovinos, al igual por su capacidad de generar sombra, igualmente contrarresta el impacto de

las altas temperaturas y en consecuencia, evitando el estrés de estos animales, lo que en última instancia ofrece al ganadero un mayor coste/beneficio en su actividad económica.

6.2 Razones y motivaciones para la erradicación de la especie *Paulownia* en Colombia.

Las motivaciones de las diferentes autoridades ambientales de Colombia aluden, principalmente al alto riesgo que representa la especie sobre la biodiversidad y su consecuente deforestación y contaminación.

Para iniciar, Ríos (et; al, 2020), presenta una síntesis del recorrido de motivaciones que han manifestado algunos organismos de control en el territorio nacional, de las cuales se destacan las siguientes:

Inicialmente, a finales de 2017 se pronuncia La Dirección de Bosques Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS, solicitando a los institutos que conforman el Comité Técnico Nacional de Especies Introducidas y/o Trasplantadas Invasoras, Al Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI-, al INVEMAR, Al Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt, Al Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia y al Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico-IIAP-, un informe técnico y científico minucioso que dé cuenta sobre los impactos negativos asociados a la especie exótica *Paulownia* tormentosa; al igual dicho estudio debería ser complementado con un estudio igualmente científico que logre determinar el potencial impacto de la especie al ser considerada como invasora.

Frente a esta última exigencia se presenta mayor interés, toda vez que ya el ICA se había pronunciado sobre esta y otras especies con alto impacto invasor frente a otras especies alboreas, informe que fue surtido bajo el liderazgo del Instituto de investigaciones Alexander von Humboldt, en apoyo del CABI como centro de investigación agro ambiental y del Global

Invasive Species Database, y cuyos resultados finales concluyen cómo la *Paulownia tormentosa* como especie exótica, en cuanto a sus cálculo de riesgo fue catalogado en la categoría 7.64 correspondiente al Riesgo de introducción como de Nivel de riesgo: ALTO.

En un segundo pronunciamiento, mismo año, fines de noviembre, fue El Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, bajo fuentes secundarias a partir de los datos suministrados del CABI, elabora un informe sobre “Evaluación de riesgo de invasión de *Paulownia tormentosa* STEUD (*Paulowniaceae*). Entre los primeros hallazgos del estudio se logra determinar cómo el cálculo de riesgo de la introducción de la especie arroja 6.69, esto es, de acuerdo a los rangos científicos que miden el nivel de riesgo y categorizan una especie en su impacto invasor, ubica a *Paulownia tormentosa* como una especie invasora de Alto riesgo para la diversidad biológica, al menos para aquellas zonas geográficas en las cuales se encontrababa cultivada la especie.

En consecuencia, la normatividad al respecto en el contexto colombiano, expresa:

“(a) prohibir cualquier ingreso al país de semillas u otro vehículo de propagación de esta especie; (b) restringir o prohibir su uso; (c) vigilar aquellas plantaciones preexistentes para contener la expansión por efecto de semillas transportadas por el viento y (d); realizar investigaciones de campo, en las plantaciones ya establecidas que se aproximan a la edad de floración y fructificación, para conocer sobre la dispersión asociada a actividades humanas, la capacidad de producir compuestos alelopáticos, la toxicidad para la fauna silvestre, la posibilidad de hospedar patógenos y como responde al pastoreo y al fuego” (radicado 2018116963-1-000 de 2018).

En un tercer momento reciente, es el pronunciamiento que el año inmediatamente anterior, 2019, realiza El Consejo de Estado Sala de lo Contencioso Administrativo Sección Primera, en el cual alude a las autoridades de control agroforestal para que intervengan

técnicamente aquellas especies de origen foráneo que ya han sido introducidas al país, de tal forma que se adopten las medidas de alertas temprana para la detección y de control.

Así mismo, dar un manejo adecuado para la erradicación de los brotes puntuales de la especie, para evitar que se dispersen y generen efectos nocivos; y en el extremo de la situación, para escalar hacia las autoridades competentes lideradas por el Ministerio del medio ambiente, según competencias y erradicar la especie de forma definitiva o temporal según condiciones forestales y biológicas.

Consecuente con la ponencia del Consejo de Estado, se procede, a finales de 2019, compulsar copia del informe a la principal línea de autoridad del Sistema Nacional Ambiental-SINA- con el fin que sea dicha entidad quien lidere nuevos estudios de carácter técnico-científico, que logren determinar el real nivel de riesgo asociado a patógenos, plagas y enfermedades vinculadas a la especie, incluyendo, además, un plan de acción con su cronología y matriz de responsabilidades hacia su control definitivo.

De acuerdo con Ríos (et; al, 2020), las acciones anteriores fueron el resultado de una acción legal o acción popular que demandaba el derecho al ambiente sano, interpuesta por vecinos de algunas plantaciones de la especie, ante lo que El Consejo de Estado justificó y determinó la existencia de suficiente acervo probatorio, para concluir sobre una medida cautelar decretada por el Tribunal Administrativo, al considerar que la *Paulownia Tormentosa* se declara como especie exótica alto nivel de riesgo por su poder invasor y, por lo tanto, es categorizada como especie invasora de alta amenaza para la diversidad biológica en el contexto nacional.

De acuerdo con Ríos (et; al, 2020), pese a los estudios anteriores, y ante las demandas de los empresarios que le han apostado a la especie durante más de una década, El Consejo de Estado decide agotar otras instancias sobre el nivel de riesgo de la especie en los ecosistemas

colombianos, y es así como se ordena al Instituto Alexander von Humboldt y al Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, para que profundicen sobre los estudios elaborados y aborden aquellos que sean necesarios que permitan, en definitiva, categorizar el nivel de riesgo y, por consiguiente, las eventuales amenazas de la especie para los ecosistemas del país.

Para Castellanos (et; al, 2019), fruto de los estudios y acciones populares emanadas por algunos particulares que reclamaban el derecho al aire limpio, las entidades de control de Colombia recomendaron la erradicación de la especie bajo el argumento de ser de alto riesgo de invasión. No obstante dicha declaración, aún se conservan algunas plantaciones a nivel nacional, destinadas especialmente como cultivos maderables, pero bajo incertidumbre total de perder las inversiones realizadas a la fecha.

Para Ríos (et; al, 2020), la posición del Comité Técnico Nacional de Especies Introducidas o Trasplantados Invasoras del Gobierno colombiano, cuya principal competencia es la de evaluación de los eventuales riesgos que se pueden originar con el ingreso de especies no nativas, es la de salvaguardar los ecosistemas de Colombia como segundo país más biodiverso del mundo.

De otra parte, complementa Vásquez (et; al,), al considerar que aún los estudios realizados por las autoridades ambientales, caso la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las Corporaciones Autónomas, no pueden ser concluyentes para tomar una decisión tan drástica y con los efectos colaterales de tipo social y económico que ello implica, y más bien es el reflejo del referente que han tomado de países como Brasil, Argentina y Paraguay donde fue introducido en la década de 1950 y las autoridades han apoyado los agricultores de la especie.

Pero según Vásquez (et; al, 2020), el principal temor es por lo acontecido en Estados Unidos, donde estas plantaciones datan desde mediados del siglo XIX, pero han tomado la decisión de erradicarlo por ser considerada especie invasora en 12 de sus estados.

Para Baptiste (2019), la decisión de erradicar la especie a partir de finales de 2019, es considerada una decisión mediática de esta entidad, la cual se respalda más en el pronunciamiento que tiempo atrás había hecho el Consejo Nacional de la Cadena Forestal a los reforestadores de plantaciones comerciales sobre los inconvenientes de la *Paulownia*, al advertir sobre la carencia que, desde su introducción, se tubo de estudios rigurosos, científicos que en su momento de forma preventiva, hubieran tomado la decisión de su introducción, situación que hoy, como dicen los empresarios “pasó factura” la cual tienen que pagar con creces.

6.3 Justificaciones técnico-científicas contra la prohibición de la producción y comercialización de la *Paulownia elongata* en Colombia.

6.3.1 Pronunciamiento de los expertos.

Ha sido la apuesta en los últimos 5 años de diversos empresarios colombianos por la defensa de la importación, siembra y comercialización de la especie *Paulownia*, tanto para fines maderables como por sus aportes forestales y al ecosistema en tratar de prevenir de efectos adversos como la erosión de los campos y praderas de ríos.

Haciendo un recorrido cronológico sobre las posiciones de reconocidos investigadores en la ciencia y práctica agroforestal, se cuenta con Saik y Toomey (1986), quienes al realizar varios experimentos, concluyen cómo las cifras de la especie *Paulownia* tormentosa, la humedad relativa del aire en esas plantaciones registra entre 7% a 12% superior a los cultivos realizados a campo abierto, logrando reducir la temperatura entre 1 y 2 grados celsius, al igual una disminución de la velocidad del viento en un 50 %, lo que se traduce, a la vez, en un incremento de la producción hasta en algo más de un 30%.

Para Aguilar, Villalobos y Salgado (2001), los experimentos en campo han caracterizado la *Paulownia* de registrar alta adaptabilidad y rápido crecimiento, en algo menos de 5 años. Al igual que en el resto del mundo donde se encuentran estas plantaciones a escala industrial y de apoyo a algunas especies animales, en Latinoamérica donde se presentan los mayores ecosistemas protegidos, la especie ha contribuido de forma contundente con la recuperación de suelos pobres, explotación minera a cielo abierto y suelos deforestados y erosionados; así mismo, se logra comprobar que el ancho de sus flores no solo se convierten en una especie de sombrilla para sombra en ganaderías sino que tienen uso medicinal por su capacidad de generar nitrógeno.

Con un análisis similar al anterior, Calle, Murgueitio y Chará (2012), igualmente reconocen de la *Paulownia* su rápido crecimiento, permitiendo su utilidad desde el primer año, tanto para la industria maderera y para uso ornamental; así mismo, en el efecto o variable climatológica presenta su principal aporte para generar sombra y contribuir con el reposo invernal; su emisión de oxígeno permite absorber en promedio 21.7 Kg. de CO₂ y expulsa cerca de 6 kg. por día (23.950 y 686 kh/ha respectivamente), bondad que no es superada por especie alborea alguna en el mundo.

Dichas características se reflejan en el incremento del contenido orgánico de suelos erosionados, procesando y filtrando contaminantes en el ascenso de soluciones a su sistema vascular. No menos importante, su contribución a especies animales y la producción de biocombustibles ciclo cerrado, gracias a su capacidad generadora de biomasa.

Con respecto a las especificaciones de los suelos más aptos para la plantación de la *Paulownia* tormentosa, aparte de responder favorablemente en diversos climas, según las investigaciones de Muñoz y Cancino (2014), esta especie es de alta adaptabilidad en suelos, más sin embargo los experimentos demuestran que para optimizar su desarrollo se recomiendan

suelos profundos, no inferiores a 25% de arcilla y más de 50% de porosidad, menos del 1% de salinidad, y pH entre 5 y 8,9. Sin embargo, cuando la textura y el drenaje del suelo sean favorables, también se han registrados adecuados comportamientos de la especie.

Gutiérrez, Villalobos, Ávila y Morales (2015), presentan una síntesis de los principales beneficios de la *Paulownia*, como lo es su uso o en la industria maderera en diversas categorías, como la elaboración de instrumentos musicales, casas y otros accesorios. Desde sus beneficios agroforestales se ha constituido en una excelente alternativa para la actividad ganadera suministrando forraje, gracias a su concentración de proteína cruda que registra niveles entre el 17% al 21 %, tal como sucede con la alfalfa.

Por ello se recomienda a los agricultores dedicados a la especie, para lograr su rápido crecimiento y frondosidad de sus hojas, el suministro de fertilizantes, especialmente aquellos a base de nitrógeno.

En otro frente de análisis, y como que se puede corroborar con el estudio de caso siguiente, para Gutiérrez, Villalobos, Ávila y Morales (et; al, 2015), no solo es suficiente atribuirle a la *Paulownia* tormentosa los beneficios ya descritos, sino que esto debe ser analizado a partir de los sectores de producción por Ha plantada, es decir, medir su coste/beneficio, ante lo cual manifiestan, según experimentos en campo, sus bajos costos de cultivo y mantención en su etapa de crecimiento, lo cual se logra porque dicha especie no requiere labranza, como tampoco fumigación con pesticidas, gracias a que es un árbol altamente resistente al ataque de plagas y algunas enfermedades.

Por último, no menos importante, Fernández, Oliver, Lerma y Otros (2017), participan en España en una prueba de cultivo de la *Paulownia* expuesta a altas temperaturas, paralelamente

con un cultivo de cítricos, a través de cuyo experimento se logra concluir que la especie es una excelente alternativa en rotaciones cortas.

6.3.2 Estudio de Caso.

Se lleva a cabo un experimento de plantación de 1 Ha de *Paulownia* tormentosa a partir de la ecuación de un sistema agroforestal en una región colombiana de alta temperatura, bajo las coordenadas 6°15'51.5"N 71°04'08.5"W, a orillas de río.

Para la experimentación, cuyo objetivo es determinar sus bondades agroforestales pero al igual en comparación al coste/beneficio que ofrece dicha especie, para lo cual el Centro de Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial (CEDEAGRO) del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), en Colombia, ofrece su principal aporte con su laboratorio de agrobiotecnología, necesario principalmente en la etapa de germinación de las semillas in-vitro, conservando el material vegetal durante un periodo de 3 meses.

Así mismo, para su etapa de vivero se procede al cambio de bolsa hasta cumplir sus 3 meses más, para lograr climatizarlas, lo cual ocurre cuando la especie logre una altura de 15 cm; posteriormente, se trasladan al lugar definitivo de siembra, conservando una distancia de 3 mts entre surcos y 3 mts entre plantas, con una densidad de siembra de 1,111 plantas/ha-1.

La siguiente tabla refleja algunas especificaciones consideradas en el experimento.

Cuadro 2 *Requerimientos del árbol y requerimientos edafoclimáticos de la zona*

Parámetros	Requerimiento del árbol	Especificaciones del suelo
Tipo de suelo	Buen drenaje y no muy arcilloso	Con textura franco arcillosa
Nivel freático	2 - 2,5 m	2 - 2,5 m
Altura	60 a 2.400msnm	190 msnm
pH suelo	5 a 8	5.12 a 5.37
Pluviometría medio	150 mm (mínimo)	346 mm
Temperatura	Fácil adaptabilidad a diversos	Temperatura promedio 27.5

	climas, soportando mínimas absolutas de -20° C y máximas absolutas de 45° C,	° C
Clima	Adaptabilidad a diferentes climas	Cálido-húmedo y cálido seco

Fuente: Tomado de Ibarra, Cleves y Fernández, (2018).

La germinación in-vitro obedece al método de propagación implementado, para lo cual se hizo necesario previo al ensayo, una exhaustiva desinfección del material vegetal, por un periodo de 24 horas, procediendo a ubicar las semillas en el medio de cultivo conservando una temperatura de 29°C, fotoperiodos 16/8 sometiendo el cultivo a ocho horas diarias en ausencia de luminosidad con el fin de inducir la germinación y crecimiento de la especie *Paulownia*, permaneciendo en el laboratorio por 90 días calendario.

En cuanto al marco utilizado en el ensayo de plantación de la *Paulownia* se dispuso de un área de 3 m x 2 m - 2,5 m x 4 m dependiendo del tipo del uso de la plantación, los rendimientos observados 35-45 ton/Ha/año (30% humedad). Lo anterior bajo la consideración de otros expertos que registran cómo la especie logra una altura de 20 mts, en un periodo entre 48 y 60 meses.

Considerando que uno de los objetivos del experimento es precisamente la determinación de los costos, se emplearon dos métodos de costeo, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Cuadro 3 Costos demandados por etapa

Descripción (etapa)	Año 1 (\$)	Año 2 (\$)	Año 3 (\$)	Año 4 (\$)	Año 5 (\$)	Totales (\$)
Laboratorio	\$ 1.198.000					\$ 1.198.000
Vivero	1.220.000					1.220.000
Adecuación del terreno	550.000					550.000
Siembra	700.000					700.000
Fertilización	660.000	480.000	480.000	480.000	480.000	2.580.000
Control fitosanitario	450.000	600.000	600.000	600.000	600.000	2.850.000
Totales:	4.778.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	1.080.000	\$9.098.000

Fuente: Tomado de Ibarra, Cleves y Fernández, (et; al, 2018).

Como se aprecia en la tabla anterior, para la estructura de costeo del ensayo se determinaron en inicio en 3 etapas fundamentales: inicialmente, la fase 1 responde al uso del laboratorio de agrobiotecnología suministrado por CEDEAGRO, etapa en la cual se inicia con la germinación, fase en la cual se demandan costos para compra de semilla y de bandejas germinado; así mismo, los costos que demanda la mano de obra en todo el proceso.

Seguidamente se aborda la fase de vivero, en la cual se costea la turba canadiense, la bolsa de polipropileno, el riego y la mano de obra para dicha fase o etapa. Con respecto al terreno la técnica de labranza mínima insumos (enmiendas, fertilizantes), fue utilizada para su adecuación; en tanto, en la fase de siembra se costearon los fertilizantes y la mano de obra asociada o directa a dicha etapa. Así mismo, para periodos anuales se costea la aplicación de fertilización, controles fitosanitarios preventivos y la mano de obra para su aplicación.

Por su parte, el método siembra por esqueje a diferencia de la hectárea, es recomendado por la empresa AGROPAUCOL, partiendo igualmente de germinación in-vitro.

Cuadro 4 Costos demandados por etapa según AGROPAUCOL

Descripción	Año 1(\$)	Año 2 (\$)	Año 3 (\$)	Año 4 (\$)	Año 5 (\$)	Totales (\$)
Adecuación tierra	\$1.750.000					\$1.750.000
Siembra	4.750.000					4.750.000
Fertilización	1.520.000	1.320.000	1.320.000	1.320.000	1.320.000	6.800.000
Control fitosanitario	1.620.000	870.000	870.000	870.000	870.000	5.100.000
Total/mes:	9.640.000	2.190.000	2.190.000	2.190.000	190.000	\$18.400.000

Fuente: Tomado de AGROPAUCOL, (2020).

Para el caso, el precio de cada esqueje ofrecido por la empresa es de \$4.500, por lo que se evidencia un mayor costo en la siembra, como lo muestra la tabla anterior; por lo tanto, la estructura de costeo para el sistema de producción proyectado para el año 1, mediante la técnica de propagación en el terreno adecuado, es de \$4.778.000, en comparación al año 1 sugerido por AGROPAUCOL que asciende a \$9.640.000, con su técnica recomendada de la propagación de esquejes; por lo tanto, se presenta una diferencia de \$4.820.000 debido a la compra de semillas y el precio por cada esqueje. De todos modos, independientemente del sistema de producción establecido, las bondades de la especie, a nivel forestal, se conservan.

6.2 Discusión de resultados

Para el caso se retoma la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las motivaciones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las Corporaciones Autónomas para suspender la importación, producción y comercialización de la *Paulownia elongata* en Colombia?

Ante dicho cuestionamiento, específicamente el ICA, declara tajantemente a la *Paulownia* en Colombia como especie no grata por su alto impacto negativo en los ecosistemas (caso la alteración del hábitat), incremento sistemático sobre la vulnerabilidad a las invasiones, con capacidad para modificar patrones sucesionales, forma monocultivo, reducción ostensible de la biodiversidad nativa y amenaza o causa pérdida de especies nativas.

En tal sentido, culmina la petición del ICA a otras entidades competentes para la formulación de un programa para determinar las mediciones dasométricas y la ubicación georeferenciada de las más radicales especies invasoras, caso la Paulonia y con ella Nim o Neem y Tulipán Africano.

Para Vásquez (et; al, 2020), este fue quizás la “punta del aisber” que el ICA utilizó para dar apertura a todo un proceso con soporte técnico-científico para declarar la especie de alto nivel de riesgo y amenazas para otras especies y los ecosistemas colombianos en general, razón por la cual determinó y ordenó a una comisión interdisciplinaria para la elaboración de cronograma de eliminación y reposición progresiva y priorizada, con especies nativas adecuadas por diferentes tipos de emplazamientos.

Según el investigador, hace referencia precisamente a que en su momento histórico, las entidades de control caso el mismo ICA y ANLA, no agotaron los controles necesarios de forma preventiva y haber realizado los estudios técnico-científicos que permitieran, en su momento, identificar el real comportamiento de adaptación ecológica, manejo silvicultural, plagas, enfermedades e información de las propiedades físico-mecánicas de la madera, que conlleven fomentar la reforestación comercial a partir de esta especie.

De acuerdo con las fuentes anteriores, se aprecia que la decisión del ICA ha sido más de manera preventiva, es decir, se abre una ventana de oportunidad para los empresarios y agricultores de la especie, hasta tanto el Ministerio de Medio Ambiente, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las Corporaciones Autónomas, adelanten estudios que permitan recopilar información técnica y fitosanitaria, sobre el comportamiento de esta especie en los ecosistemas nacionales.

Y es precisamente su gran bondad de rápido crecimiento, que ha llamado la atención de los científicos y entidades de control eco ambiental, al considerarlo potencialmente peligrosa, toda vez que pese a estar en zonas bajo incendio, su alta capacidad de rebrote y la volatilidad de miles de semillas originan la reproducción en otras latitudes y ambientes intervenidos como

pastizales y rondas de ríos, situación que dificulta su control y ha sido una alarma para decidir sobre su erradicación.

Conclusiones

En respuesta a la información recabada en fuentes primarias y secundarias, se logra concluir a partir de los objetivos específicos:

Diferentes investigadores consideran la especie como una nueva alternativa para el desarrollo económico de agricultores y ganaderos por sus principales atributos como su rápido crecimiento, que a diferencia de otras especies como la teca, puede alcanzar alturas superiores y al cabo de 10 años lograr un diámetro entre los 25 y 45 cm. Con respecto al volumen de madera puede ubicarse en los 0,3 – 0,5 m³.

En cuanto a los requerimientos agroambientales, su nivel de crecimiento es mayor cuando se encuentra en zonas de precipitaciones altas (800 mm o más), lluvias uniformes y suelos bien drenados.

En cuanto a la temperatura, logra una rápida adaptación en general a todo clima, pero siendo ideal conservar el rango de temperaturas medias y altas en las cuales pueden desarrollarse de forma rápida, soportando mínimas absolutas de -20 °C y máximas absolutas de 45 °C. No obstante esta especie es amigable con altos rangos de temperatura. Mediante diversos ensayos en Europa y China, se indicó su mejor comportamiento a temperaturas entre los 24 °C y 29 °C.

Entre los principales beneficios que presta *Paulownia*, es precisamente servir de protector a otras especies menores ante las altas corrientes de viento por su robustez y tamaño, sin embargo, en su etapa de inicial crecimiento, hasta los 2 años aproximadamente, no se recomienda que esté plantada en zonas que la exponen a altas corrientes ya que a temprana edad, las hojas de los árboles jóvenes se verán afectadas por altas corrientes.

Con respecto a sus principales usos, gracias a sus hojas anchas y ramas de crecimiento horizontal y de gran tamaño en forma ovalada y acorazonada de 20 a 40 cm de ancho pueden generar sombra, materia orgánica y además pueden ser utilizadas como alimento para animales. Por otro lado, esta especie es atractiva en la industria maderera no estructurada, es decir, para artículos livianos como puertas, ventanas, adornos, entre otros.

Las razones por las cuales la especie *Paulownia elongata*, ha sido considerada como especie alto riesgo de invasión en Colombia se debe a que esta da origen a la pérdida de la biodiversidad, deforestación y contaminación. El Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, bajo fuentes secundarias a partir de los datos suministrados del CABI, elaboró un informe sobre evaluación de riesgo de invasión de *Paulownia tomentosa* STEUD (*Paulowniaceae*). Entre los primeros hallazgos del estudio se logró determinar cómo el cálculo de riesgo de la introducción de la especie arroja 6.69, de acuerdo a los rangos científicos que miden el nivel de riesgo y categorizan una especie en su impacto invasor, lo que ubica a *Paulownia tomentosa* como una especie invasora de alto riesgo para la diversidad biológica, al menos para aquellas zonas geográficas en las cuales se encontraba cultivada la especie. Ello lleva al ICA a tomar la decisión, a finales del año 2019, a suspender y prohibir tanto la importación de la semilla como su cultivo y posterior comercialización, hasta tanto no se agoten otros estudios científicos que den cuenta de su nivel de peligrosidad y latente amenaza a otras especies por su poder invasor.

Como tercer propósito se pretende establecer las justificaciones técnico-científicas manifestadas por los empresarios que han visto vulnerados sus derechos al ser notificados de la prohibición de la importación y siembra de esta especie, empresarios que han sido pioneros en la importación y producción de la especie, consideran que pese a que en los últimos 5 años las

autoridades ambientales han encontrado diversas motivaciones para la erradicación de la *Paulownia tormentosa*, ellos han agotado estudios técnico-científicos que dan cuenta de las bondades de la especie y su incidencia en el desarrollo social, ambiental y económico para el país.

Dicha defensa la argumentan, no solo por su atractivo comercial en el sector maderero, sino por los beneficios que esta especie representa en los SAF, por ser de fácil adaptabilidad y, gracias al ancho de sus hojas, logra una importante concentración de nitrógeno, al igual para el pastoreo por el forraje que produce; así mismo, al contar con una profunda raíz de algo más de 9 metros, previene la erosión y por su aspecto frondoso generan microclimas gracias a su capacidad de generar sombra; todo ello sumado a los controladores biológicos originados en la integración de organismos y aves.

En tal sentido, se apoyan en diversos experimentos en campo que han caracterizado la *Paulownia* de registrar alta adaptabilidad y rápido crecimiento, en algo menos de 5 años. Al igual que en el resto del mundo donde se encuentran estas plantaciones a escala industrial y de apoyo a algunas especies animales, en Latinoamérica donde se presentan los mayores ecosistemas protegidos, la especie ha contribuido de forma contundente con la recuperación de suelos pobres, explotación minera a cielo abierto y suelos deforestados y erosionados; así mismo, se logra comprobar que el ancho de sus hojas no solo se convierten en una especie de sombrilla para sombra en ganaderías sino que tienen uso medicinal por su capacidad de generar nitrógeno.

Adicionalmente, la adaptación de la *Paulownia* a las condiciones presentadas en diversos microclimas ha demostrado la viabilidad para su implementación, esto de acuerdo con los requerimientos exigidos por el árbol según los diferentes autores consultados y las características climáticas, edáficas expuestas en los terrenos de ensayo, observando que su crecimiento ha sido

óptimo y se han adaptado adecuadamente, lo que concluye que dicha especie permite establecer una práctica agropecuaria autosostenible por cuanto integra, de manera armónica, factores ambientales, sociales y económicos, siendo soportable, equitativo, viable para mejorar las condiciones en las que se desarrolla la ganadería bajo modalidad pastoreo extensivo.

Por último, sobre caracterizar los estudios técnico-científicos que deben surtir las autoridades ambientales para su decisión final sobre la viabilidad o no de la importación, producción y comercialización de la especie *Paulownia elongata* en Colombia, en respuesta al fallo del Consejo de Estado, se procede, a finales de 2019, compulsar copia del informe a la principal línea de autoridad del Sistema Nacional Ambiental-SINA- con el fin que sea dicha entidad quien lidere nuevos estudios de carácter técnico-científico, que logren determinar el real nivel de riesgo asociado a patógenos, plagas y enfermedades vinculadas a la especie, incluyendo, además, un plan de acción con su cronología y matriz de responsabilidades hacia su control definitivo.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, Villalobos y Salgado, (2001). Cultivo in vitro de *Paulownia* (*Paulownia tomentosa*). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Ardila y Osorio, (2016). *Paulownia*. El mundo del Campo. Tomado de: <http://agropaucol.com/>.
- Asociación Española de Normalización y Certificación [Aenor]. 2016a. UNE-EN-ISO 18134-1. Biocombustibles sólidos. Métodos para determinar el contenido de humedad. Método de secado del horno.
- Baptiste, (2019). Semana Sostenible y Diálogo Chino. Recuperado de: <https://dialogochino.net/chinese-empress-tree-declared-invasive-species-in-colombia/>.
- Briones, (2000). La Formulación de Problemas de Investigación Social. 2a ed. Bogotá: Uniandes.
- Caparros S., M. J. Díaz, J. Ariza, F. López & Jiménez, L. (2008). New perspectives for *Paulownia fortunei* L. valorisation of the autohydrolysis and pulping processes. *Bioresource Technology*, 99, 741–749. doi: 10.1016/j.biortech.
- Castellanos (2019), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Calderón, Maldonado y Londoño, (2014). Guía para construir estados del arte. Recuperado el 10 de marzo de 2015, de [www.colombiaaprende.edu.co/html /.../articles-322806_recurso_1.pdf](http://www.colombiaaprende.edu.co/html/.../articles-322806_recurso_1.pdf).
- Calle, Murgueitio & Chará, (2012). Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration (239 ed., Vol. 63). Roma, Italy: Unasyuva.
- Chinese Academy of Forestry, (1986). Beijing -1 ICP131018045: Chinese Academy of forestry,

the office of the Chinese Academy of forestry.

https://www.researchgate.net/institution/Chinese_Academy_of_Forestry (consultado: 04, 03, 2018).

Díaz, Luna, Keil, Otaño y Peri, (2002). Tratamiento de la madera de *Populus nigra* CV. Itálica ante la preservación con creosota y CCA. *Investigaciones Agrarias y Sistemas Forestales*, 11(2), 325–338.

Dillen, Djomo, Vanbeveren & Ceulemans, (2013). Biomass yield and energy balance of a short-rotation poplar coppice with multiple clones on degraded land during 16 years. *Biomass and Bioenergy*, 56, 157–165. doi: 10.1016/j.biombioe.

Fernández, Villanueva, Lerma y Oyros (2017). Estudio de *Paulownia* spp. como cultivo forestal de rotación corta para fines energéticos en condiciones mediterráneas. Instituto de Ecología, A.C. México.

Guilcapi, (2015). Adaptabilidad de tres especies forestales, del género *Paulownia* (p. *fortunei*, p. *elongata*, e híbrido entre *fortunei* x *elongata*). A las condiciones de sitio “estepa espinosa” de Tunshi, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo”. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba – Ecuador.

Gutiérrez, Villalobos, Ávila y Morales, (2015). Evaluación de Cuatro dosis de fertilización en el desarrollo de *Paulownia* en Zumpango, Estado de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 39 - 46.

Hurtado, (2012). Metodología de la investigación: guía para una comprensión holística de la ciencia (4a. ed.). Bogotá-Caracas: Cica-Sypal y Quirón.

Ibarra, Cleves y Fernández, (2018). Perspectivas ambientales y financieras para la implementación de un sistema agroforestal con *Paulownia tomentosa* en el municipio de Puerto Rondón, Arauca-Colombia. I Congreso Iberoamericano y XXXI Congreso Internacional en Administración de Empresas Agropecuarias, 2018.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, (2019).

Investigación en biodiversidad y servicios ecosistémicos para la toma de decisiones.

Latorre y Ruano, (2009). Caracterización energética de la biomasa de *Paulownia* sp. procedente de plántulas cultivadas de una savia. Montes, 77-82.

Lucas, (2010). El cultivo de Paulonia (*Paulownia elongata* x *fortunei*) para la obtención de madera y biomasa en Castilla-La Mancha: Primeros resultados. Foresta, 47/48, 106-110.

Llano, (2009). Fisiología y Bioquímica de *Paulownia imperialis*, *Paulownia elongata* y *Paulownia fortunei* en condiciones de campo e invernadero bajo diferente humedad en el suelo.

La Paz, B.C.S.

Mahecha, (2003). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. Rev Col Cienc Pec, 11-18.

Martínez, García, López y Otros (2010). El cultivo de Paulonia (*Paulownia elongata* x *fortunei*) para la obtención de madera y biomasa en Castilla-La Mancha: Primeros resultados.

Foresta, 47/48, 106-110.

Méndez (2006). Metodología, guía para elaborar diseños de investigación en ciencias sociales, económicas, contables y administrativas. 2ed. Bogotá D.C: Norma.

Ministerio de Medio Ambiente, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las

- Corporaciones Autónomas, (2019). Escenario de confrontaciones y polémicas decisiones en adelante hasta tanto no se agoten los estudios científicos que corroboren las decisiones de estas autoridades ambientales.
- Moncada, (2007). *Paulownia*; lista y adaptada al territorio colombiano. Diario El Colombiano. Medellín. Tomado de: <http://www.elcolombiano.com/>
- Muñoz y Cancino, (2014). Antecedentes de *Paulownia elongata* x *fortunei* para la producción de bioenergía. Concepción, Chile: Ícaro Impresores Ltda.
- Muñoz, (2011). Experiencias en plantaciones endoenergéticas. Documento presentado en el seminario La energía del futuro viene de los bosques. Talca, Chile.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2012). Resultado de Río+20 en medidas prácticas dendroenergía para un futuro sostenible.
- Oullet, (1982). Processus de recherche: un aproche systématique. Sillery: Les Presses de l'Université du Québec.
- Pantoja, (2014). Erosión del Suelo. PROMETEO, Investigación, Formación y Desarrollo. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador.
- Rojas e Ibarra, (2003). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. Población y Desarrollo. Paraguay.
- Salguero, (2015). Crecimiento, supervivencia e intercambio gaseoso de dos clones de *Paulownia elongata* x *fortunei* al primer año de desarrollo vegetativo en tres sitios del centro sur de Chile. Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción.
- Sampieri, (2012). El Método Etnográfico. Universidad de los Andes. Módulo 5. Medellín.
- Saik y Toomey, (1986). *Paulownia*. El maravilloso árbol de China. CIID, 11 - 12.

Toro y Parra, (2008). Método y Conocimiento de la Metodología de la Investigación. Medellín:

EAFIT.

Wang y Shogren, (1992). Characteristics of the crop -*Paulownia* system in china. Agriculture,

Ecosystems y Environment, 145 - 152.

Zhao, Yao & Xin, (1986). *Paulownia* in China: cultivation and utilization. China: The Chinese

Academy of Forestry Beijing-Asian Network for Biological Sciences and International

Development Research Centre.