



Historia, vida y poderes de una especie invasora:

estrategia para su control y manejo

Historia, vida y poderes de una especie invasora:

estrategia para su control y manejo

Mario Alberto Quijano Abril
Editor Académico

CATALOGACIÓN EN LA FUENTE

Quijano Abril, Mario Alberto (Ed.)

Historia, vida y poderes de una especie invasora: estrategia para su control y manejo / Mario Alberto Quijano Abril, editor académico; Jorge Alberto Sierra Escobar; Bertha Gaviria Gutiérrez; Rafael Navarro Alzate; María de los Ángeles Castaño López; David Sánchez Gómez; Daniela Marín Henao; Katerine Arcila Arbeláez; José Miguel Rojas Villa.— Rionegro : Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente; Cornare, 2019. ISBN: 978-958-5518-33-9 (impreso); 978-958-5518-34-6 (digital) 100 p.; il.; 24 x 17 cm.

1. Árboles – Enfermedades y plagas. 2. Ecología vegetal. 3. Ojo de poeta – Ecología. 4. Plantas parásitas. 5. Protección de bosques. I. Quijano Abril, Mario Alberto. II. Sierra Escobar, Jorge Alberto. III. Gaviria Gutiérrez, Bertha. IV. Título. 577.32 CDD 21. a ed.

© Universidad Católica de Oriente

© 2019 Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare -Cornare-

ISBN: 978-958-5518-33-9 (impreso)
978-958-5518-34-6 (digital)

Primera edición: diciembre de 2019

Ilustraciones de carátula y portadilla

Erika Torres Hoyos

Fotografías

Grupo de Estudios Florísticos, Herbario de la Universidad Católica de Oriente (Rionegro, Colombia)
Laboratorio de Sanidad Vegetal, Universidad Católica de Oriente (Rionegro, Colombia)

Diseño y diagramación

Divegráficas S.A.S

Editado por

Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente
Sector 3, Carrera 46 n.º 40B-50
Rionegro-Antioquia
fondo.editorial@uco.edu.co



Impreso por

Divegráficas S.A.S
Carrera 53 n.º 54-30 - PBX: 511 7616
Medellín-Antioquia
www.divegraficas.com

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

Se permite la reproducción parcial de la obra, siempre y cuando se haga reconocimiento de los autores, de la Universidad Católica de Oriente y de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare -Cornare-.

Proyecto
**Fomentar prácticas agroambientales para el control y manejo
de especies invasoras de flora en la región CORNARE**

Convenio 377-2019, Cornare- Universidad Católica de Oriente

Cornare
Carlos Mario Zuluaga
Gómez
Director General

**Universidad
Católica de Oriente**
Padre Elkin de Jesús
Narváez Gómez
Rector

**Centro de estudios
Territoriales UCO**
Ruben Zapata Muñoz

Coordinación general del proyecto

Mario Alberto Quijano Abril
Grupo de estudios florísticos
Universidad Católica de Oriente

Equipo técnico

Jorge Alberto Sierra Escobar
Bertha Gaviria Gutiérrez
Rafael Navarro Álzate
Maria de los Ángeles Castaño López
David Sánchez Gómez
Daniela Marín Henao
Katerine Arcila Arbeláez
José Miguel Rojas Villa

Interventoría Cornare

Hernán Martínez Barrera

Contenido

Prólogo	9
Introducción	11
Capítulo 1.	
La conquista de América por una especie africana: antecedentes e historia de introducción de <i>Thunbergia alata</i>	13
¿Cómo llegó la especie a nuestro país?.....	16
Capítulo 2.	
Los datos más impactantes de <i>T. alata</i>	21
¿Cómo reconozco a <i>T. alata</i> ?.....	23
¿Cómo se reconoce la planta cuando esta pequeña?.....	25
Aspectos metodológicos.....	25
Resultados.....	27
¿Por qué es tan atractiva su flor?.....	31
Aspectos metodológicos.....	31
Resultados.....	32
Morfología del polen.....	35
Resultados.....	36
¿Quiénes son los visitantes florales?.....	37
Aspectos metodológicos.....	37
Resultados.....	38
Conozcamos las semillas de <i>T. alata</i>	41
¿Por qué en nuestros bosques húmedos las semillas germinan más rápido?.....	41
¿Las semillas germinan más rápido en claros de bosque o en su interior?.....	42
¿Pueden germinar más rápido las semillas que están en el suelo por un tiempo prolongado?.....	44



¿Qué tienen de especial las raíces, tallos y hojas de <i>T. alata</i> que facilitan su poder colonizador?.....	48
Aspectos metodológicos.....	48
Resultados.....	48
¿Su fruto es una catapulta?.....	54
Aspectos metodológicos.....	54
Resultados.....	54
¿Nuestros suelos favorecen el crecimiento de <i>T. alata</i> ?.....	56
Aspectos metodológicos.....	56
Resultados.....	59
¿Cómo invade <i>T. alata</i> ?.....	61
Aspectos metodológicos.....	61
Resultados.....	61
¿Tiene enemigos esta invasora?.....	65
Aspectos metodológicos.....	65
Resultados.....	65
Capítulo 3.	
Estrategia para el control y manejo de <i>T. alata</i> en el Oriente antioqueño	67
¿Cómo manejarla?.....	69
Glosario	88
Bibliografía	92

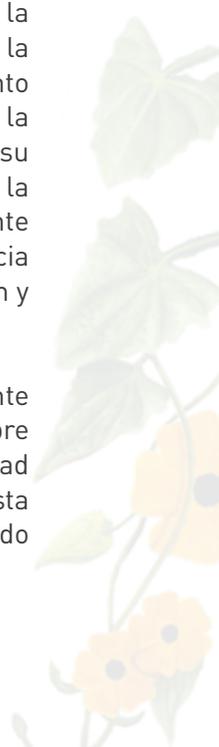
Prólogo

Una vez más la alianza interinstitucional que desde muchos años atrás hemos forjado entre Cornare y La Universidad Católica de Oriente, aporta como resultado importante al territorio, un acervo de información científica para hacerle frente a uno de los grandes flagelos silenciosos a los que se enfrenta la biodiversidad del Oriente Antioqueño.

En efecto, a través de esta integración, se plasma en el documento denominado “Historia, vida y poderes de una especie invasora”, una serie de lineamientos y de técnicas importantes orientadas al manejo y control de la especie invasora ojo de poeta (*Thunbergia alata*), también conocida como la susanita de ojos lindos, referenciada así por su vistoso color naranja con un centro profundo de color negro, que desafortunadamente fue y sigue siendo una especie “mimada” en algunos jardines de nuestro territorio, lo que ha provocado su crecimiento acelerado, invadiendo y deteriorando cada vez más las coberturas de bosques que son arropadas en su paso arrollador.

Sin duda, esta es una gran paradoja, que muchos aún no alcanzan a interpretar. El por qué atacar la naturaleza. El por qué gestar actividades de erradicación de una especie que hace parte de la naturaleza. De ahí la importancia del enfoque con el que se estructuró este libro. Partiendo de la recuperación de datos e información asociada a la historia, el comportamiento y sus formas de manifestación de esta herbácea, pero, sobre todo, en la contextualización clara de las afectaciones ambientales asociadas a su propagación. Es pertinente acotar, como se destaca en este texto, que la especie ojo de poeta, fue introducida al País hace ya muchos años proveniente de África y que se cultivó sin ningún control, ocasionando una abundancia inusual, que se aprecia en nuestro diario recorrer por las vías de la Región y en general del Departamento de Antioquia.

Este Libro, asociado a otras publicaciones que se han hecho recientemente sobre las especies invasoras, contribuirá a generar conciencia, pero sobre todo apoyo de las Instituciones, las Empresas, los Gremios y de la Comunidad en general, para que Juntos avancemos en la erradicación y control de esta especie invasora y de otras que, como el retamo espinoso, están alterando nuestros ecosistemas en gran parte de los municipios de la Región



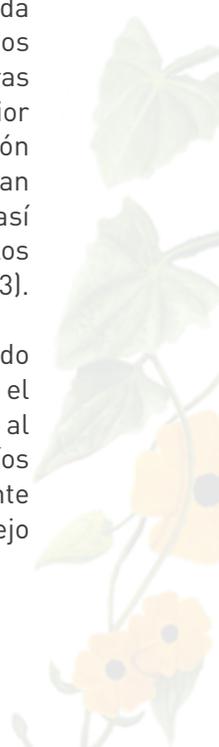
Introducción

Las invasiones biológicas pueden estar representadas por plantas, animales e incluso microorganismos. Estas se presentan cuando las especies exóticas llegan a un nuevo sitio en el cual pueden potencialmente establecerse y reproducirse, a veces de forma muy acelerada. Esto hace que sus efectos sean muy difíciles de predecir.

Cada día las invasiones biológicas de plantas son más frecuentes a nivel mundial y se consideran una de las principales causas de pérdida de biodiversidad. Sus efectos provocan una alteración de los procesos que ocurren al interior de los ecosistemas, afectando la composición y estructura de las comunidades vegetales autóctonas. Esto ocurre principalmente por la fragmentación de los bosques que da lugar al surgimiento de nuevos focos de invasión.

Las especies de plantas invasoras son organismos que tienen una capacidad superior de acoplarse a nuevas condiciones ambientales, lo que, a diferencia de otras plantas, les permite establecer un amplio rango de distribución y un asentamiento en hábitats ya ocupados por otras especies (Sakai et al, 2001). Se conoce además que dichas especies propician la pérdida de diversidad biológica generando competencia y alterando los espacios propios de plantas nativas. El proceso de movilización de especies invasoras se inicia con el traslado directo o indirecto por parte del hombre y la posterior colonización de la planta al ecosistema, dando lugar a que se dé una invasión exitosa. Cabe resaltar que la mayoría de las especies invasoras presentan una alta tasa de reproducción y un amplio rango de adaptación logrando así determinar el éxito de dichas especies. Además, su éxito depende de los beneficios que le puede aportar el ecosistema receptor (Rios & Vargas, 2003).

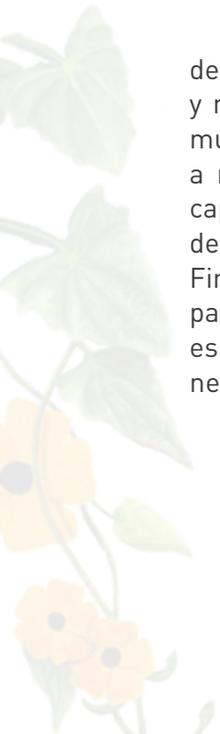
A nivel nacional las investigaciones sobre plantas invasoras han sido escasas. Diversos autores han encaminado esfuerzos para fomentar el conocimiento sobre el número de especies de plantas que están alterando al ecosistema y sus características biológicas, pero aún existen muchos vacíos en cuanto a su manejo y control adecuados. Dada la falta de claridad frente a este tema, se debe establecer como prioridad su conocimiento y manejo adecuado, para implementar lineamientos efectivos de control.



El Oriente antioqueño es una de las regiones de Colombia con mayor crecimiento poblacional en los últimos años, lo cual ha generado diversos tipos de intervención antrópica. Dichas alteraciones han propiciado la colonización de especies invasoras en el territorio causando daños considerables. Con el objetivo de abordar esta problemática, en el año 2015 la Universidad Católica de Oriente formuló el primer listado de especies vegetales introducidas y potencialmente invasoras para la región, utilizando la metodología I3N y dando a conocer cuáles son las especies presentes en el territorio y como su establecimiento podría afectar la dinámica de los ecosistemas. Una de las especies destacadas en este listado fue el ojo de poeta por su colonización agresiva en los ecosistemas de la región.

La especie invasora ojo de poeta (*Thunbergia alata*) es una hierba perenne trepadora con hojas sagitadas y flores axilares de color anaranjado, naturalizada y originaria del este de África. Esta especie ha sido introducida por su atractivo ornamental desde África a Europa y luego a América. Actualmente es considerada una planta invasora agresiva, principalmente en áreas tropicales y subtropicales de todo el mundo.

En el presente trabajo se dan a conocer diferentes aspectos de la historia de vida de esta invasora, así como algunos lineamientos para su control y manejo. El primer capítulo contiene un recuento histórico, en el cual se muestra cual fue su movimiento a lo largo del continente hasta la llegada a nuestro territorio, basado en la cronología de los sucesos. El segundo capítulo presenta los elementos base que propician el conocimiento acerca de la historia de vida y la relación ecológica de *T. alata* en el ecosistema. Finalmente, el libro cierra con un capítulo en el cual se propone una estrategia para el manejo y control de la especie. Cabe resaltar que esta propuesta no es una camisa de fuerza, dado que esto puede variar de acuerdo con las necesidades de la comunidad afectada.





CAPÍTULO I

La conquista de América por una especie africana:
antecedentes e historia de introducción de
Thunbergia alata.



Primera ilustración registrada de Ojo de poeta (*Thunbergia alata*) en 1825. Información presentada en el libro Sims, J. (1801). Curtis's botanical magazine, or, flower-garden displayed. Botanical magazine, or, Flower-garden displayed. Vol LII.



¿Cómo llegó la especie a nuestro país?

Desde los orígenes de las civilizaciones, el individuo y las comunidades han venido evolucionando en constante relación con las plantas. Reconocer el medio y lo que constituye el mismo, ha marcado el devenir de las sociedades que se han desarrollado conjunto a la diversidad biológica que acompaña su entorno. Las consideraciones acerca de las plantas van desde su uso alimenticio, ritual, hasta ornamental por diferentes grupos humanos, por lo que su uso es tan diverso como la vegetación misma.

La gran diversidad biológica que ofrecía el continente de América al momento de ser visitado por los europeos despertó curiosidad y asombro en quienes no asemejaban gran parte de lo que estaban experimentando con su lugar de procedencia. La espesura de los bosques y su vegetación interna estimularon a los primeros colonos que no dieron tregua en llevar consigo representantes de algunas plantas, iniciándose desde entonces un insistente desplazamiento de fauna y flora entre Europa y América.

La mayoría de las especies exóticas introducidas a las Islas Occidentales fueron intencionalmente traídas como plantas ornamentales de jardín, otras fueron utilizadas con fines agrícolas para alimentar a los colonizadores que venían con el proyecto de explorar el territorio. Asimismo, algunos ejemplares se fueron introduciendo sucesivamente por personas que se establecieron en el territorio y en medio de su intento por recrear y representar paisajes europeos, irían transformando y construyendo una nueva idea del paisaje natural, en el cual se reemplazaba alguna vegetación nativa por una exótica. Algunas plantas introducidas irían colonizando los espacios fuera de su rango de distribución natural, y tendrían mayor éxito de establecimiento en lugares perturbados o de escasa vegetación nativa, en consecuencia, como sucedió con el ojo de poeta.

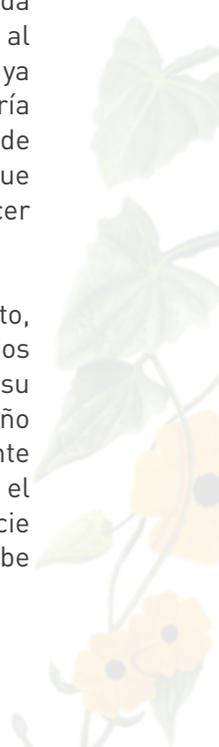
De acuerdo con Pysek (1998), Acanthaceae es una de las familias más dependientes de la intervención humana junto con Fabaceae, Rosaceae, Solanaceae y Liliaceae. Entre la familia Acanthaceae que se encuentran en las islas tropicales, se destaca la presencia del "Ojo de poeta", "Susanita de ojos negros", "colombiana", entre otras denominaciones que ha conservado la *T. alata*. Sus llamativas flores, además de su permanente floración las hacen un atractivo para quienes las han transportado por kilómetros alrededor del mundo hasta sus jardines. En América particularmente se introdujo en el

siglo XIX con fines ornamentales, iniciándose desde entonces una distribución por diversos espacios del territorio en sus ecosistemas más variados.

Según la Revista Botánica de Curtis en su nombre original Curtis's Botanical Magazine or Flower-Garden Display publicada por primera vez en 1787, la especie fue descrita y compartida en una de sus publicaciones en 1825 por el médico y taxónomo John Sims y el naturalista y botánico explorador checo Wenceslas Bojer. El ejemplar fue colectado y visto por primera vez en la Isla Mauricio ubicada en dirección al oriente de África en el mismo año difundido. La publicación correspondiente a ese año trató como tema principal las plantas ornamentales introducidas y cultivadas al aire libre. *T. alata* ha sido una planta con un éxito invasivo en los países tropicales en la actualidad, no obstante, no se ha determinado históricamente la razón por la cual la planta fue llevada a otras latitudes, sin embargo, varios autores coinciden en sustentar que la belleza de la planta, en especial su flor, hicieron desearla en los jardines que para entonces era una de las actividades más reiteradas por la élite.

Bajo esta perspectiva *T. alata* se introdujo como ornamental en las Indias Occidentales durante la segunda mitad del siglo XIX. Por primera vez se registró en colecciones de herbarios para esta zona en 1870, en Martinica. Un año después ya se nombraba y se sabía de la presencia de la planta en América, puntualmente en República Dominicana y para 1874 ya estaba depositada en el Herbario Nacional de Trinidad (Meyer, 2004). Su dispersión, según lo demuestran algunos datos se dio de manera rápida y generalizada alcanzando varias latitudes del mundo. Desde su posible introducción al continente, pasaron alrededor de cinco años para que el ojo de poeta ya se clasificara como una planta "cultivada en jardines" (Meyer, 2004). Sería entonces para 1876 que la especie empezaría a conservar una visión propia de ornamental y su distribución se daría en consecuencia de la misma idea que acompaña al ojo de poeta, es decir, con la función específica de embellecer los espacios.

Para Colombia aún no se ha registrado su introducción ni periodo exacto, sin embargo, el médico y geógrafo Manuel Uribe Ángel da algunos indicios de su aparición en la región de Antioquia, dejando registro de ello en su compendio de *Geografía general del Estado de Antioquia en Colombia*. Para el año de 1885 "la colombiana" como era reconocida en ese momento comúnmente ya estaba catalogada en sus descripciones sobre flora de Antioquia. En el presente año la planta del ojo de poeta se caracterizaba como una especie propia de la región, y su presencia era alta en lugares intervenidos. Uribe



adicionalmente, proporciona algunas descripciones de los entornos visibles que existían para aquél entonces, dejando en evidencia que el ambiente ya se encontraba lo suficientemente perturbado por la sociedad antioqueña que medía el progreso en términos materiales. “Desgraciadamente, el antioqueño, ignorante e imprevisor hasta ahora, ha preferido la formación de escasas praderas, a la opulencia y valía de sus florestas vírgenes. El hacha del montañés ha caído sin piedad sobre bosques llenos de tesoros naturales acumulados” (Ángel, 1885).

Considerando las fechas precisas que se tienen de su movimiento por el continente americano, de manera oportuna cabe mencionar que el ojo de poeta comienza a ser una especie naturalizada o establecida. En 1900 se asumía que la planta conservaba la cualidad de ser “espontánea”, es decir que ya contaba con la capacidad propia de dispersión, sin necesidad de ser intervenida o transportada por el hombre. Aun así, no se tiene certeza sobre el lugar preciso en que la planta comenzó a colonizar nuevos espacios, pero sí la antigüedad con que empezaría a establecerse en otros ecosistemas naturales que no corresponden al de su origen. De igual manera, desde la fecha podría suponerse el momento en el cual la especie pudo iniciar ciertas alteraciones de los entornos con su presencia. En 1901 la planta ya conservaba la misma clasificación para Guadalupe, Dominique, Martinique, Barbados y Trinidad (Meyer, 2004). Aunque no es muy reciente su introducción a un hábitat que no corresponde al suyo, para Colombia podría calcularse sucedió en la década de 1880 sin establecerse las causas detalladas, pero según información suministrada la planta pudo haber ingresado al territorio con propósitos ornamentales.

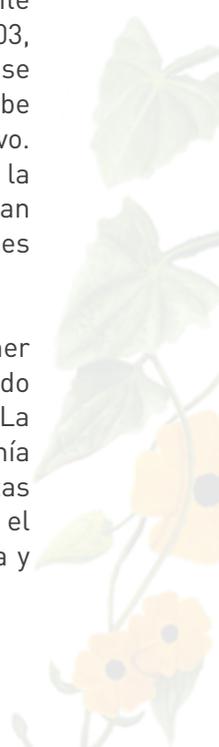
Las plantas han estado presentes dentro de las construcciones y representaciones humanas, acompañando cada proceso del hombre en su desarrollo y transformación en el tiempo. Desde sus primeras manifestaciones en América, las plantas exóticas introducidas con fines ornamentales o agrícolas de manera inocua terminarían alterando algunos ecosistemas presentes en el trópico. Las primeras introducciones pudieron haberse realizado con la traída de víveres y animales que los hispanos utilizaban para su alimentación, sin concebirse para el periodo las consecuencias que traería en el tiempo. Se considera que la llegada de Europa a América en términos de introducción de fauna y flora simboliza la llegada de algunos enemigos naturales. En suma, según algunas descripciones de cronistas y viajeros durante el periodo colonial y posterior republicano, la vegetación sufrió una mayor alteración con la presencia de las poblaciones europeas que cargaban consigo la permanente idea de adquisición; así lo detalla Uribe en “Geografía general y compendio histórico del estado de Antioquia en Colombia”.

“El centro del Estado está hoy casi literalmente talado y desnudo de su antiguo ropaje natural. No sucedía lo mismo cuando el país fue descubierto por los españoles, porque entonces muchos de los indios vivían bajo los árboles, a causa de no tener terrenos cultivados y abiertos. Hoy las cercanías del Magdalena, las vertientes para el Atrato, y la parte inculta del norte y nordeste del Estado, son los únicos puntos que conservan a este respecto su antigua virginidad” (Ángel, 1885).

Conforme a la antigüedad de la introducción de algunos especímenes y la notoriedad de su dominio en otros ecosistemas, la preocupación sobre la alta presencia de algunas plantas exóticas apenas es objeto de análisis a finales del siglo XX. Es a partir de la década de los setenta que el tema empieza a ser tratado en foros nacionales y regionales y es hasta el año de 1996 que se inicia el proceso de recolección de información científica respecto a inventarios de biodiversidad en Colombia (Baptiste *et al.*, 2010). De lo anterior se refleja que los estudios que se han generado sobre los alcances de especies invasoras en Colombia, es un tema reciente respecto a la misma introducción de individuos que se empieza a generar desde el mismo siglo XVI y que hasta la actualidad sigue vigente.

La repetición de eventos de introducción conlleva a que las especies superen barreras geográficas que no podrían alcanzar sin la intervención del humano, dando lugar a procesos de homogenización de la biodiversidad en el mundo, es decir que la frecuencia y la cantidad sumado al ambiente alterado incrementan las posibilidades de establecimiento (Olden y Poff 2003, Lockwood *et al.*, 2005). No todas las plantas exógenas al ser introducidas se convierten en una especie invasora, el éxito de su establecimiento se debe a la capacidad de adaptación y simulación de su hábitat propio o nativo. La perturbación del nuevo ecosistema dado por la transformación en la vegetación, la expansión de la frontera agrícola y el cambio climático, han sido algunos factores que han favorecido la dispersión de algunas especies invasoras (Baptiste *et al.*, 2010).

Acorde a los registros del Herbario Nacional Colombiano, el primer individuo de *T. alata* para nuestro país, corresponde a un ejemplar herborizado en 1939 por Enrique Pérez Arbeláez y José Cuatrecasas en alrededores de La Vega, Cundinamarca (Baptiste *et al.*, 2010), y para el caso de Antioquia se tenía un registro en 1940 por parte de Lorenzo Uribe Uribe. Las fechas expuestas han arrojado información suficiente para integrar algunas nociones sobre el desplazamiento y éxito de dispersión de la especie alrededor de América y



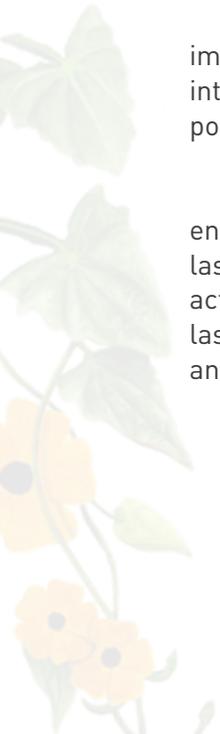
Colombia específicamente. Sin embargo, siguen siendo insuficientes para determinar con exactitud el ingreso de la planta al contexto del Oriente antioqueño. No se puede prescindir de la importancia del estudio en el territorio y lo que puede generar en la apertura de nuevos panoramas investigativos más amplios respecto a la especie, la cual actualmente se considera altamente invasora en la región.

La información disponible sugiere que la introducción, movimiento y desplazamiento del ojo de poeta ha sido dinámico en los últimos dos siglos. En síntesis, el contenido anterior tuvo como propósito la reconstrucción de un breve recorrido histórico sobre la introducción y establecimiento del ojo de poeta, abarcando desde un contexto general, la llegada a República Dominicana, hasta llegar a uno particular como el caso de Antioquia.

Actualmente el ojo de poeta sigue conservando una connotación de especie ornamental, afianzando su presencia en los lugares de mayor perturbación, mientras es utilizada como cerca viva en los espacios urbanos o de influencia cercana. Sus flores anaranjadas y frondosidad siguen contrastando con cultivos, plantas de tipo ornamental y vegetación nativa, involucrando la conservación de la última, dado su rápido crecimiento y dispersión por los bosques. Hoy el ojo de poeta habita donde habita el hombre, siendo éste aun su mayor difusor, por lo tanto, no es ajeno avistar la especie que fue traída desde África desde el siglo pasado y continua en una insistente invasión de los bosques andinos amenazando la flora autóctona de la región.

Las plantas y las ideas que nacen alrededor de ellas se perpetúan en el imaginario como costumbres, lo que hace que en la memoria se conserve intacta la imagen del paisaje que en nuestro contexto ha estado atravesada por vegetación que se ha transformado constantemente.

El ojo de poeta se ha convertido en símbolo de colonización, de variación en el paisaje visible y de los riesgos que pueden ocasionar la introducción de las plantas que son propias de otros ecosistemas y latitudes. Las invasiones actualmente son el resultado de un legado histórico que deja en evidencia las modificaciones que han sufrido los ecosistemas naturales del Oriente antioqueño.





CAPÍTULO 2

Los datos más impactantes de *T.alata*.

Los datos más impactantes de *T. alata*.

En la actualidad se evidencia que la mayor afectación dentro de los ecosistemas terrestres está dada por la introducción de especies y el desconocimiento acerca de sus características y las funciones ecológicas que presentan. Es por tal motivo que la intención de este capítulo está basada en el conocimiento general de la especie invasora *T. alata*, abordando diferentes aspectos tales como su reproducción, morfología, comportamiento e interacción en el ambiente. Con el presente capítulo se espera generar nuevo conocimiento sobre los rasgos que caracterizan a esta planta, lo cual nos llevará a comprender su funcionamiento y su indiscutible adaptabilidad.

No es posible diseñar una estrategia adecuada para el control de una especie invasora si no comprendemos su historia de vida, fisiología y morfología. La presente guía está construida para que la comunidad conozca diferentes aspectos de esta especie y puedan adelantar esfuerzos para su control en nuestra región.

¿Cómo reconozco a *T. alata*?

Thunbergia alata Bojer ex Sims es una hierba trepadora con hojas simples, opuestas, deltoides de 4 – 7 cm de largo y 2 – 6 cm de ancho, con margen irregularmente dentado, ápice agudo, base cordada, pecíolo de 2 - 5 cm de longitud. En sus flores existen variantes de color blanco o amarillo, con marcas color púrpura oscuro en el tubo floral. Tiene la capacidad de invadir áreas transformadas antropicamente, zonas húmedas, iluminadas; además se encuentra en alambrados, mallas, bordes de quebradas donde se extiende y forma un tapete extenso de vegetación (figura 1), además puede trepar sobre los árboles y taparlos completamente (Calderón, 2003).





 **Figura 1.** invasión de *T.alata* en su condición de trepadora.

¿Cómo se reconoce la planta cuando esta pequeña?

Aspectos metodológicos

Para determinar cómo crece la especie y como es todo su desarrollo en etapa de plántula, se implementó una metodología en la cual inicialmente se realizó una colecta de alrededor de 150 semillas de *T. alata*, estas semillas fueron recolectadas en diferentes zonas del Altiplano del Oriente antioqueño.

Por otro lado, se determinó como era la germinación de semillas y el crecimiento de la plántula, para lo cual se utilizó un espacio de vivero para la siembra y germinación del material colectado; dicho espacio se encontraba ubicado en las instalaciones de la Universidad Católica de Oriente en el municipio de Rionegro, Antioquia a 2080 m s.n.m., una temperatura promedio de 18,5°C y una humedad relativa de 80% (IDEAM, 2005). Las semillas tratadas previamente se sembraron en 3 bandejas rectangulares de 10 cm×25 cm×50 cm de 50 cavidades sobre una mezcla de turba como sustrato (figura 2).



Figura 2. montaje de las bandejas de germinación en el vivero.

Se aplicó riego periódicamente de forma manual y en cada bandeja de germinación se sembraron un máximo de 50 semillas. Cada bandeja se separó y se marcó con un código, número de individuo y fecha de siembra.

Posteriormente se realizó la descripción y caracterización de plántulas, la cual se efectuó a partir del material biológico procedente de las pruebas de germinación. Cada plántula fue evaluada según algunas etapas de desarrollo (figura 3) que se pueden identificar a partir de la expansión total de algunas estructuras (Garwood, 1996). La primera etapa comenzó después de la germinación con el desarrollo de las raíces primarias, la expansión de los tallos de soporte (epicótilo) y las estructuras cotiledonares. En la segunda etapa continuaron expandiéndose estructuras como tallos de soporte y raíces. La característica de esta fase fue la expansión completa de la primera lamina foliar y el inicio en la expansión del segundo nodo foliar. La tercera etapa se caracterizó por la expansión completa de la segunda lámina foliar y el inicio en la expansión del tercer nodo foliar. En la cuarta etapa se dio la expansión completa de la tercera lámina foliar y el inicio en la expansión del cuarto nodo. La quinta etapa inició justo después del estadio de plántula en la que los demás nodos foliares se desarrollaron; en esta etapa se observaron los primeros cuatro o cinco nodos foliares. Para la descripción morfológica en cada fase se extrajeron entre 5 y 10 especímenes obtenidos a partir de las pruebas de germinación con el fin de observar variaciones en forma y tamaño de las plántulas.

Finalmente, se registraron caracteres morfológicos específicos de raíz, hipocótilo, cotiledones, epicótilo y hojas reportados en Garwood (2009). Estos caracteres fueron observados con ayuda de un estereoscopio y se consignaron en una base de datos en Excel. Además, se realizó un registro fotográfico de la plántula en cada estadio y se tomaron fotografías de estructuras particulares que se consideren de importancia para la identificación.



Resultados

La plántula de *T. alata* presenta una germinación epigea, fanerocotilar, crecimiento erecto en primeras etapas y voluble en etapas posteriores. Raíz axonomorfa y presencia de raíces adventicias. Hipocótilo circular (figura 4) de 3,1-5,6 cm de largo y 0,16-0,17 cm de grosor con pubescencia densa de tricomas simples y largos. Cotiledones foliáceos, de 1,7-2,3 cm de largo y 1,8-2,4 cm de ancho, dimórficos, uno engrosado en la parte medio-central de la lámina, con ápice redondeado, base lobulada con lóbulos agudos (sagitada), el otro con lámina uniformemente aplanada, con ápice redondeado a levemente lobulado, base truncada a redondeada; ambos con margen entero a irregular, venación pinnada con 3 venas principales bifurcadas, venas principales laterales levemente curvadas, venas de menor orden reticuladas (figura 5); pecíolo acanalado de 1,3-1,9 cm de largo; pubescencia moderada de tricomas simples y cortos; presencia de yemas axilares. Epicótilo circular de 0,17-0,18 cm de grosor y de longitud variable (plástica) con pubescencia moderada de tricomas cortos; presenta un engrosamiento por encima de la inserción de los cotiledones de color morado oscuro de 0,20-0,22 cm de grosor. Protófilas simples opuestas de 3,3-3,5 cm de largo y 2,5-2,8 cm de ancho, lámina triangular a levemente ovada, ápice agudo, base truncada, margen crenado, venación pinnada con vena principal simple de terminación apical, venas secundarias alternas ramificadas de origen basal y terminación pre-marginal, venas terciarias reticuladas; pecíolo alado y aplanado de 1,3-1,5 cm de largo; pubescencia moderada de tricomas cortos. Todos sus caracteres se aprecian en la figura 6.



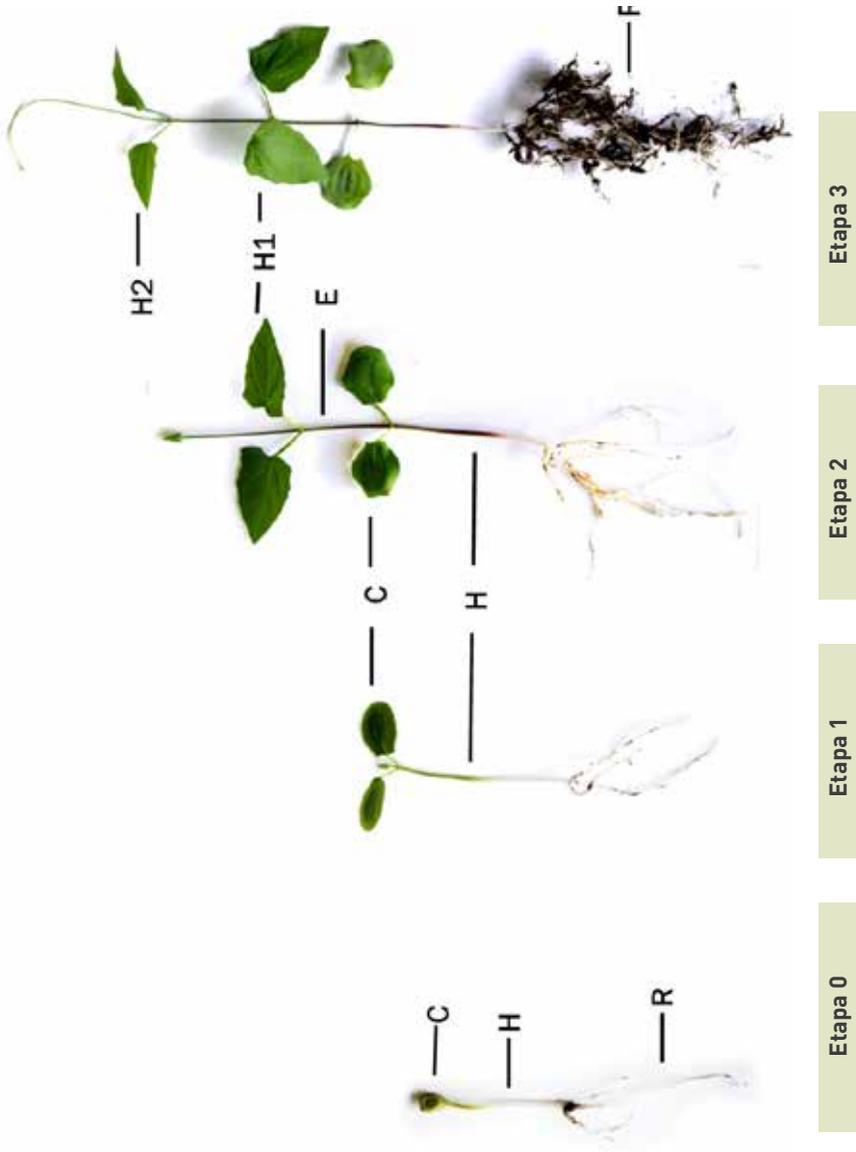
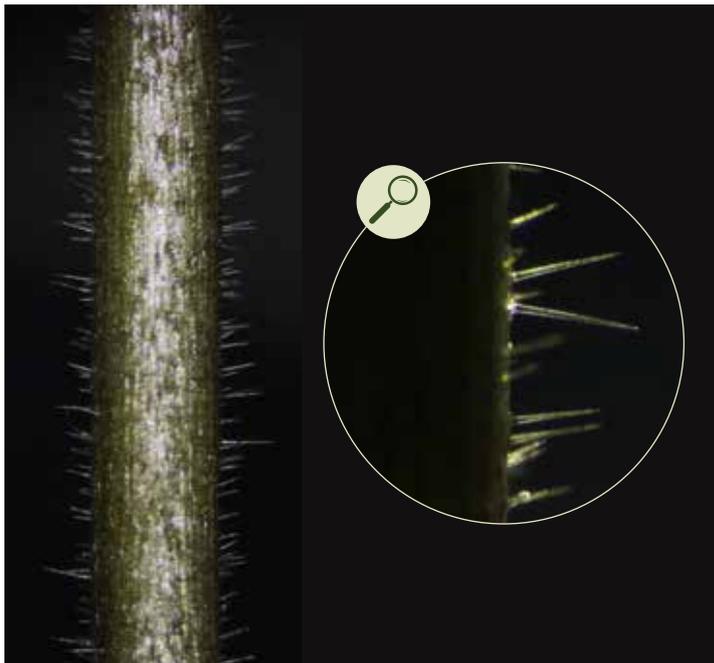


Figura 3. desarrollo de la plántula y sus etapas, C: cotiledón H: hipocótilo, R: raíz, H1: primeras hojas, H2: hojas del segundo nodo foliar.



 **Figura 4.** Cotiledones de *T. alata*. A) cotiledón engrosado y B) cotiledón con lamina uniforme.



 **Figura 5.** Hipocótilo de *T. alata* con sus tricomas.

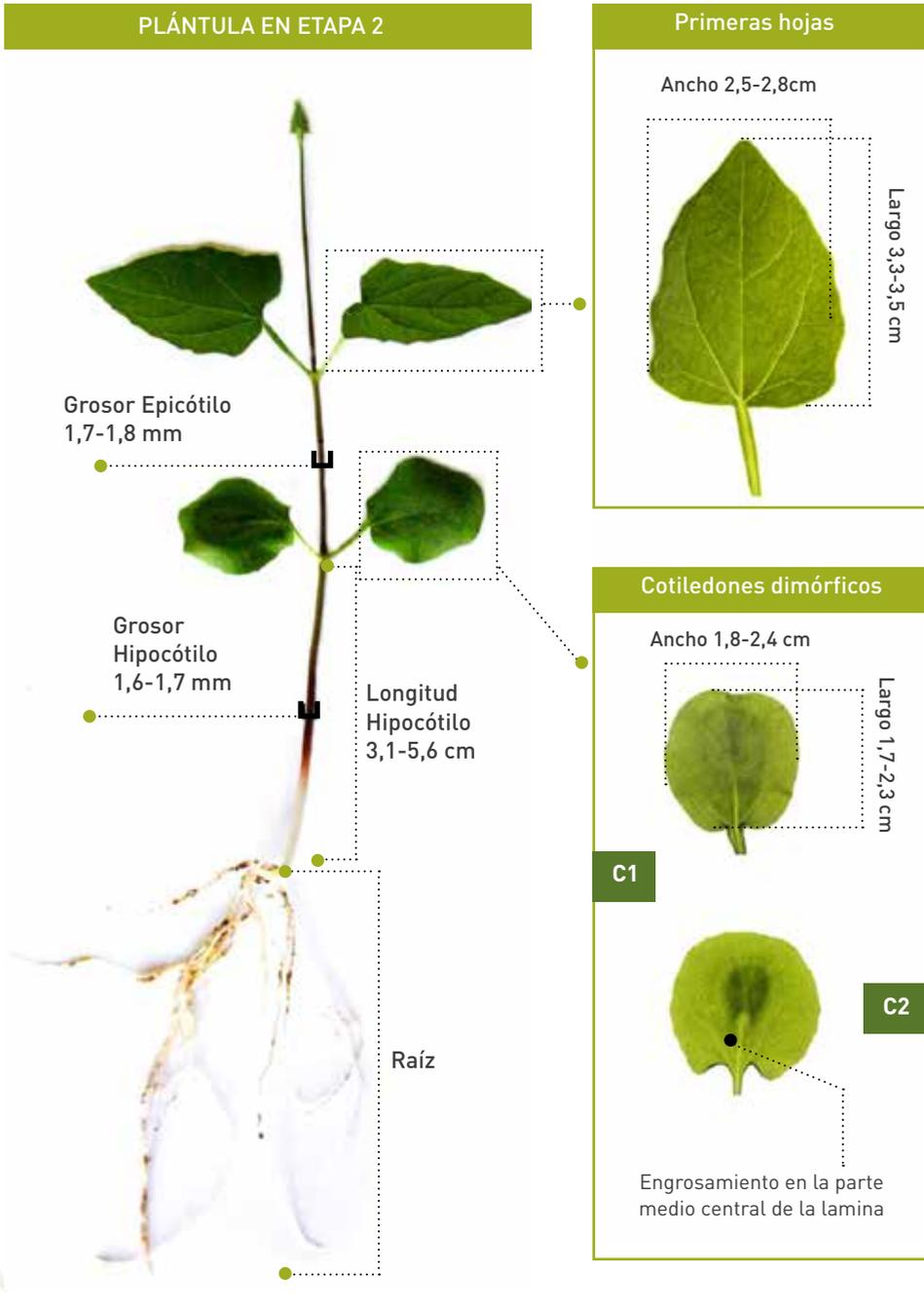


Figura 6. Características de la plántula de *T. alata* y sus medidas.

¿Por qué es tan atractiva su flor?

Aspectos metodológicos

Para la descripción morfológica de la flor, se realizó una colecta de alrededor de 150 flores de *T. alata* (figura 7), estas flores fueron recolectadas en diferentes zonas del altiplano del Oriente antioqueño para determinar posibles variaciones. De igual manera, se realizó una disección de las flores para poder hacer la posterior descripción y se determinó la medida de sus partes.



Figura 7. Flor y fruto de *T. alata*.

Resultados

Su flor presenta brácteas de color verde con tricomas filiformes multicelulares de forma ovada con ápice agudo que alcanzan a medir aproximadamente 2,7 cm de largo y 1,7 cm de ancho, es gamosépala con quince lóbulos de color verde cuya superficie está cubierta de tricomas, también es gamopétala con cinco lóbulos de color anaranjado en la parte externa con ausencia de tricomas (figura 8). El tubo de la corola posee un diámetro de 0,56 cm, y con una longitud de aproximadamente 2,5 cm. La cara interna del tubo es de color morado oscuro y presenta tricomas pluricelulares con una glándula secretora de néctar con una densidad alta en la parte distal y baja en la parte proximal. La parte proximal de la cara externa del tubo es de color vinotinto, que se torna traslucido hacia la parte distal y en su interior se aprecian unas franjas lineares de color blanco.

El pedúnculo floral mide alrededor de 2 a 4 cm, con tricomas filiformes que se dividen en tres partes y son multicelulares, miden entre 0,6 y 0,7 mm (figura 9). Presenta un ovario supero con cuatro carpelos y cuatro lóculos, el estigma es bilobulado, el lóbulo adaxial es largo y se pliega hacia la parte interna y su lóbulo abaxial es más corto pero extendido (figura 10); el estilo es de color blanco y mide 1,59 cm, los estambres presentan una inserción dorso-basal plumosa y globosa y miden alrededor de 1,22 cm (figura 11).



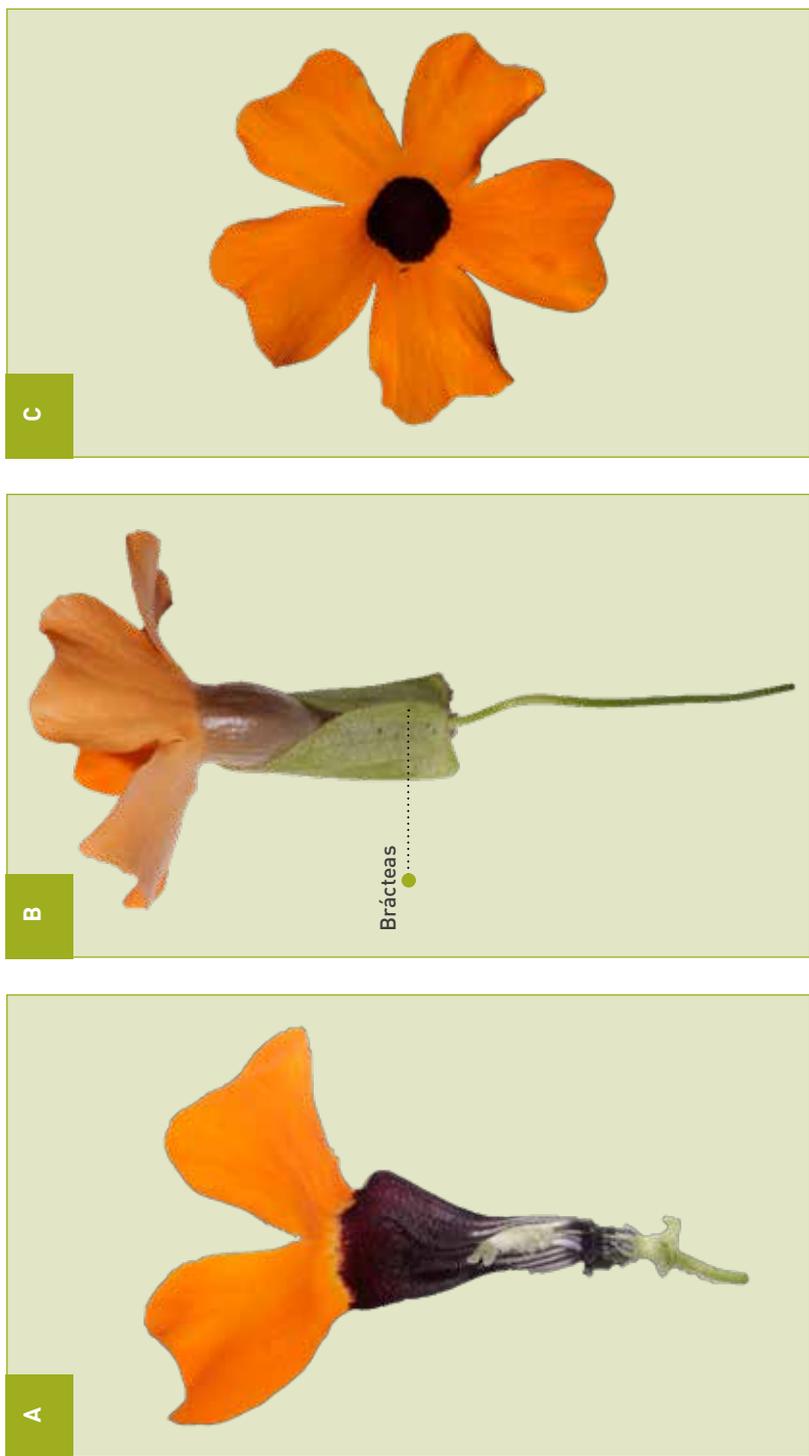
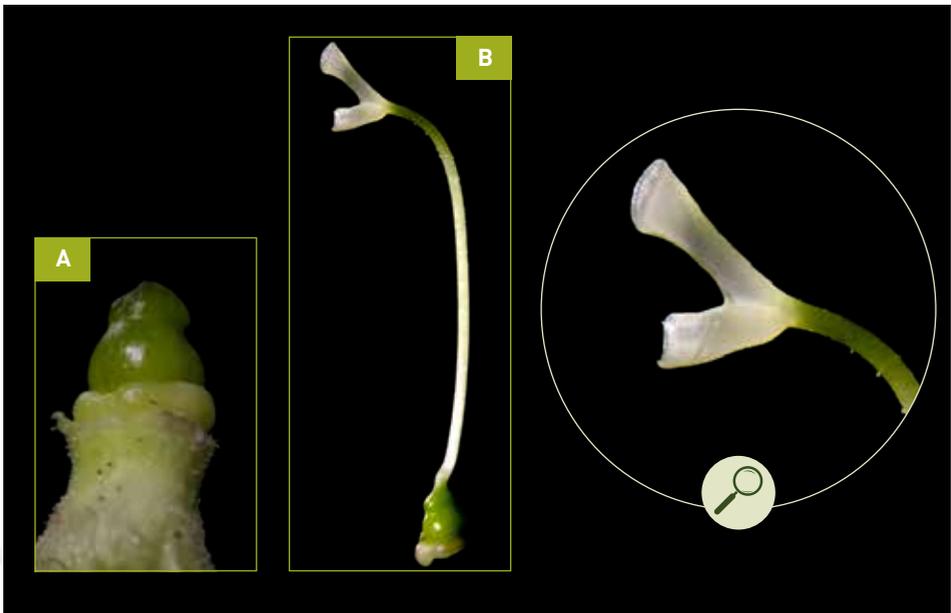


Figura 8. Flor de *T. alata* A) Corte longitudinal de la flor, B) flor con brácteas, C) pétalos fusionados.





 **Figura 9.** Indumento del pedúnculo.



 **Figura 10.** Detalle del pistilo. A) Ovario B) estigma.



Figura 11. Detalle del tubo de la corola A) Corte longitudinal del tubo de la corola, B) Estambre C) Grano de polen.

Morfología del polen

Para realizar los análisis palinológicos se desarrolló la metodología planteada por Fonnegra (1992), la cual se basa principalmente en utilizar la acetólisis de Erdtman (1969) con algunas modificaciones. Esta técnica consiste en la hidrólisis ácida del polen, en la que se usa el reactivo de Erdtman, el cual es una solución de ácido sulfúrico concentrado y anhídrido acético (1:9). Estos dos reactivos son altamente corrosivos, por ende, son usados para degradar los tejidos orgánicos y el protoplasma de los granos de polen, de esta manera se vuelve la exina transparente y facilita su observación en el microscopio.

Para la observación y el montaje del grano de polen se procedió a seguir los siguientes pasos; inicialmente se disectaron los estambres de los botones florales sobre papel filtro, esto se hizo con ayuda de estereoscopio, pinzas y estiletes; luego se colocaron los estambres en tubos cónicos y se trituro el material para así liberar los granos de polen; posteriormente se fijó el material con 5 ml de ácido acético glacial para que se conservara el

material por 24 horas, además se centrifugó el material por 5 minutos a 2000 rpm, con posterior descarte de sobrenadante; finalmente se adicionó 6 ml de solución de acetólisis (ácido sulfúrico concentrado y anhídrido acético, 1:9, 0,4 ml y 5,6 ml).

Además, se preparó gelatina glicerizada para hacer los respectivos montajes y describir el grano de polen; para preparar esta mezcla se disolvieron 50 g de gelatina en polvo en 175 ml de agua destilada hirviendo para que se conservara la muestra caliente, luego se diluyeron 7 g de fenol en 150 ml de glicerina bidestilada y esta solución se agregó a la preparada anteriormente; finalmente se filtró la mezcla a través de lana de vidrio o gasa doblada y con un embudo caliente.

Resultados

El grano de polen de *T. alata* es una mónade grande 50,19 (52,10) 53,96 X 50,24 (52,52) 54,80 μm en vista ecuatorial, 50,63 (52,66) 54,69 μm eje ecuatorial. Isopolar radial. Forma Oblato-Esferooidal; P/E: 0,97; ámbito esferoidal. Colpoespiralado de 2,41 μm de ancho. Exina rugulada, tectada; 3,63 μm de grosor, sexina 2,48 μm , nexina 1,60 μm (figura 12).



 **Figura 12.** Grano de polen *T. alata* observados en 100X. Vista ecuatorial de la estructura pared celular (A y D). Vista ecuatorial de la escultura y ornamentación de la pared celular, aberturas (colpoespiral) (B y E). Vista polar (C y F).

¿Quiénes son los visitantes florales?

Conocer la interacción planta-insecto permite establecer las relaciones ecológicas entre la polinización y la reproducción de las plantas, a partir de esto se puede determinar si la especie es generalista, es decir, visitada y polinizada por un amplio grupo de especies de animales o por otro lado especialista apetejada solo por un reducido grupo de organismos. Después de un cuidadoso análisis consideramos que *T. alata* es una especie generalista, visitada por diferentes grupos de insectos. Seguramente uno de los aspectos más importantes en el éxito reproductivo de esta planta tiene que ver con estas relaciones.

Aspectos metodológicos

Para el muestreo de visitantes florales, se siguió la metodología propuesta por Vaissiere et al. (2011), donde fue seleccionada un área de estudio y se determinó un cuadrante con un área de 1 m², luego se realizó un conteo de las flores de ojo de poeta que se encontraban dentro del cuadrante y posteriormente se realizaron observaciones de 15 minutos cada hora durante tres horas diarias por cinco semanas. Durante las observaciones se registraron datos como el tiempo de visita y el número de flores visitadas. Además, se realizó una colecta de los visitantes por especie (figura 13).



Figura 13. Colecta de visitantes florales y polinizadores A) implementos usados, B) técnica de colecta.

Resultados

Al evaluar la interacción de *T. alata* con los visitantes florales (figura 14) se puede establecer que, sin duda alguna, su mayor estrategia es la atracción generalizada de especies de insectos. Esta planta es visitada por diferentes especies de insectos como lo son: *Bombus atratus*, *Apis mellifera*, *Augocholra* sp, así como algunas especies de la familia Curculionidae y Nitidulidae (figura 16). Debido a la diversidad de especies encontradas se confirma el carácter generalista de *T. alata*. La presencia de múltiples visitantes florales facilita la polinización, lo cual tiene un efecto directo en su rápida colonización. Especies como *Apis mellifera* y *Bombus atratus* fueron observadas en contacto directo con las partes reproductivas de la flor y al ser colectados se evidenció la alta cantidad de polen que tenían impregnado en su cuerpo (figura, 15). Una de las preguntas que dejamos abiertas en este análisis, es si gran parte de los visitantes encontrados son polinizadores efectivos de la especie, ya que mediante la metodología empleada no se puede asegurar que tales especies realicen esta función.

En el estudio se determinó que los individuos de la especie *Augocholra* sp invertían alrededor de 2 minutos por cada flor, visitando así de 10 a 15 flores dentro del cuadrante. La especie *Paratrigona* sp. visitó 15 flores en cinco minutos, no le tomaba mucho tiempo posarse en ellas, así mismo se determinó que *Bombus atratus* el cual acostumbra a introducir la totalidad de su cuerpo en el tubo floral, visitó 20 flores en el transcurso de los 15 minutos de muestreo, durante las 5 semanas. Esta última especie de visitante floral fue una de las más comúnmente encontradas en el estudio.

Asimismo, se pudo evidenciar que los individuos de la abeja africanizada (*Apis mellifera*) entraban en contacto directo con las anteras, por lo cual esta especie podría también ser considerada como un polinizador efectivo del ojo de poeta. La abeja africanizada también fue un visitante frecuente reportándose 24 individuos en 12 días de la totalidad del muestreo.

Así mismo los individuos pertenecientes a las familias Nitidulidae y Curculionidae visitaron 6 flores en las cuales invirtieron 3 y 4 minutos respectivamente. De estas especies se colectaron 5 individuos por cada una. Este grupo de insectos visita las flores para alimentarse de sus pétalos o estructuras sexuales, convirtiéndolos en herbívoros frecuentes (Figura, 16).

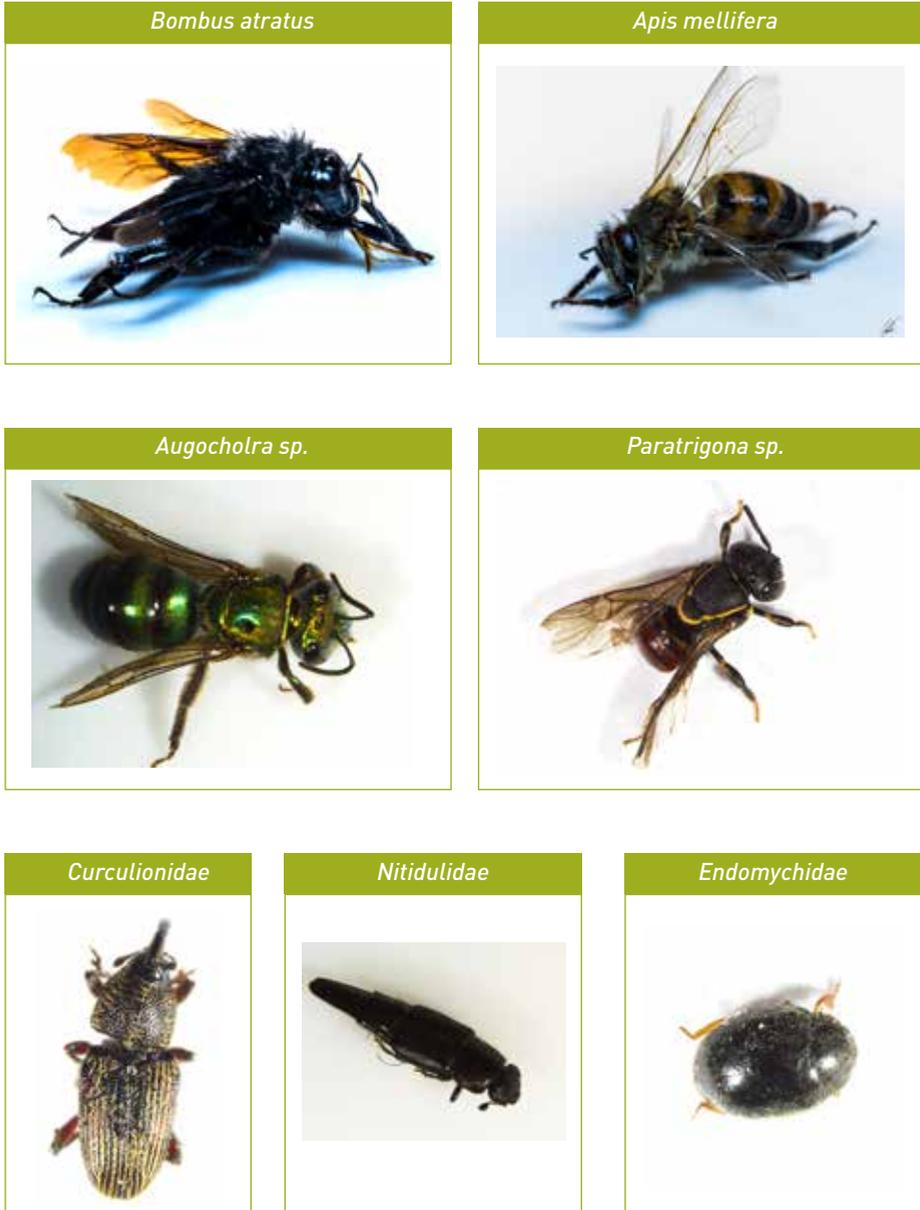


 **Figura 14.** Interacción de la especie *Bombus atratus* con ojo de poeta.



 **Figura 15.** Visitantes florales y posibles polinizadores.





 **Figura 16.** Visitantes florales.

Conozcamos las semillas de *T. alata*.

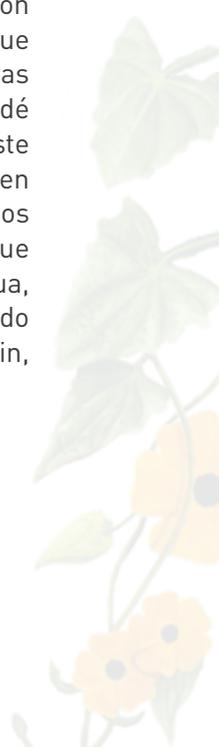
¿Por qué en nuestros bosques húmedos las semillas germinan más rápido?

Aspectos metodológicos

Para responder a estos interrogantes fue necesario evaluar la permeabilidad de las semillas de *T. alata* en un tiempo determinado, siguiendo la metodología propuesta por Baskin & Baskin, (2014). Se tomaron 9 gramos de semillas, estas fueron pesadas en una balanza digital Leadzm 3000 X 0.01 G y luego dispuestas dentro de una caja Petri de vidrio con papel filtro húmedo a temperatura ambiente. Después, en intervalos de una hora durante 6-24 horas se retiraron del papel, fueron secadas y pesadas nuevamente. El porcentaje del consumo de agua se tomó como el aumento de la masa de la semilla desde el momento cero hasta el tiempo que duró el experimento.

Resultados

Los resultados obtenidos demuestran que las semillas de *T. alata* son altamente permeables y la absorción de agua de estas se da en poco tiempo, logrando solo en tres horas alcanzar un incremento en su masa del 152.03% (Figura 17). Sin embargo, el efecto que puede generar esta condición respecto a la viabilidad de las semillas es principalmente que ayuda a que el metabolismo se activado de forma rápida, debido que biológicamente las semillas necesitan de una rehidratación como primer paso para que se dé la emergencia de la radícula (germinación) (Baskin & Baskin, 2014). En este sentido, es una característica que ayuda a explicar la viabilidad que tienen las semillas de *T. alata* en diferentes microclimas que podrían ser adversos para la germinación de otras especies, ya que existen semillas con testas que están constituidas por una estructura celular que limita el ingreso del agua, favoreciendo así el desarrollo de algún tipo de latencia seminal y retrasando la germinación hasta que se den las condiciones necesarias (Baskin & Baskin, 2014; de Souza et al., 2015; Sautu et al, 2007).



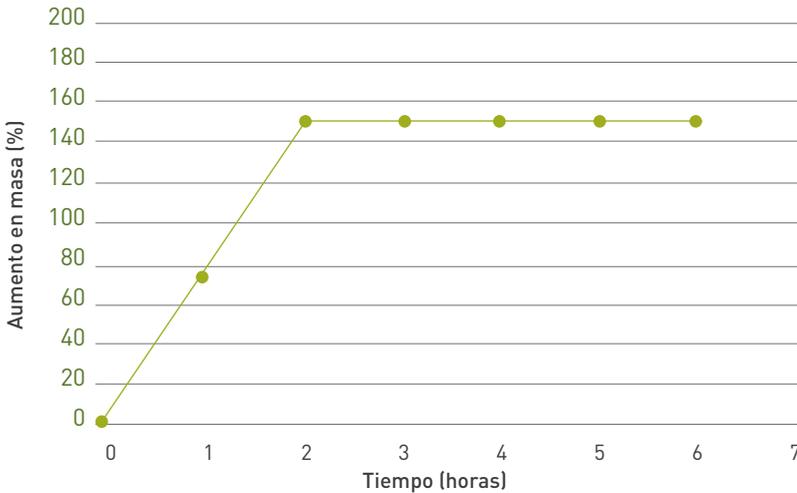


Figura 17. Absorción de agua por semillas de *T. alata* en un tiempo dado.

¿Las semillas germinan más rápido en claros de bosque o en su interior?

Aspectos metodológicos

Para dar respuesta a esta pregunta fue necesario coleccionar frutos completamente desarrollados de *T. alata* en diferentes individuos de la morfoespecie. Todos los frutos coleccionados fueron dispuestos en un recipiente plástico durante 3 días hasta que se diera la dehiscencia de ellos y así poder extraer las semillas. Después de haber extraído las unidades de dispersión (diásporas) de todos los frutos y limpiadas, fueron sembradas dentro 1 a 7 días después de coleccionadas. Se empleó un sustrato compuesto 100% por turba comercial, usando bandejas de germinación de 50 cavidades, con una dimensión de 50 por 25 cm. Para medir la influencia lumínica en la germinación, se usaron 4 tratamientos; el tratamiento 1 (T1) constó de una bandeja con 50 semillas sometidas a 100% de luz, el tratamiento 2 (T2) estuvo compuesto por el mismo número de repeticiones, pero con un 50% de luz, el tratamiento 3 (T3) por su parte estuvo sometido a una intensidad lumínica del 25% y el tratamiento 4 (T4) se realizó con ausencia total de luz.

Para controlar las condiciones lumínicas, cada bandeja con los tratamientos 2, 3 y 4 fueron tapadas con polisombra comercial, para ello fue necesario disponer diferentes capas por tratamiento, con el fin de garantizar las variaciones lumínicas antes mencionadas. En este sentido, las capas de polisombra se dispusieron de la siguiente forma; T2 una sola capa de

polisombra, T3 2 capas y T4 3 capas (Figura 18). Todos los ensayos se llevaron a cabo en uno de los invernaderos de la Universidad Católica de Oriente. La germinación se monitoreó todos los días hasta 4 semanas sin emergencia de la radícula y se evaluaron variables tales como la longitud media del periodo de germinación en días (MGL) y el porcentaje de germinación para cada tratamiento.



 **Figura 18.** Tratamientos lumínicos para *T. alata*, T1, T2, T3, T4 de derecha a izquierda.

Resultados

Con los resultados obtenidos, se puede afirmar que las semillas de *T. alata* presentan mayor viabilidad bajo condiciones de poca luminosidad. Debido a que el mayor porcentaje de germinación se dio en el tratamiento 4 con un 90% respectivamente (Tabla 1). Por otro lado, el menor porcentaje de germinación se dio en el tratamiento 2 (Tabla 1). A pesar de esto, no hubo una amplia variación en cuanto a la longitud media del periodo de germinación, ya que el valor más alto fue para T2 con 18,18 días y el mínimo fue para T3 con 16,48 días. Esto demuestra que las semillas de *T. alata* no presentan ningún tipo de latencia, ya que para considerar una semilla latente el MGL de esta debe superar los 30 días (Baskin & Baskin, 2014; Baskin & Baskin, 2004; de Souza et al., 2015; Sautu et al., 2007). Además, se observó una mejor respuesta a la germinación en condiciones de baja luminosidad, no obstante, las plántulas provenientes de las semillas sometidas al tratamiento 1 presentaron mejor desarrollo con respecto a las del tratamiento 4. Esto puede ser debido a las necesidades lumínicas que requieren las estructuras fotosintéticas a medida que la plántula se va desarrollando.

Tabla 1. Longitud media del periodo de germinación y % de germinación para cada tratamiento.

Tratamiento	Nº semillas germinadas	MGL (días)	% de germinación
1	35	17.57	70
2	28	18.18	52
3	39	16.48	78
4	45	17.47	90

¿Pueden germinar más rápido las semillas que están en el suelo por un tiempo prolongado?

Aspectos metodológicos

Para responder esta pregunta se realizó un muestreo en un área específica invadida por la especie, el cual consistió en delimitar 3 zonas de 1 m² que presentaran bancos de plántulas. En cada parcela se extrajo 0.2 m³ de suelo, que luego fueron llevados al laboratorio para tamizarlos, extraer las semillas y realizar su respectivo conteo (figura 19). Del número total de semillas encontradas en cada parcela, se tomaron 150 por parcela y se sembraron 3 repeticiones de 50 semillas en cajas de Petri. A estas se les evaluó el porcentaje de germinación y el tiempo medio de germinación (MGT).

Por otro lado, se realizó la comparación del estado de la testa de sus semillas, para lo cual se escogieron algunas semillas de las extraídas anteriormente del suelo y fueron comparadas con las tomadas directamente de frutos maduros. El análisis fue hecho con la ayuda de un estereoscopio ZEISS modelo Stemi305.



 **Figura 19.** Procesamiento para determinar los bancos de semillas A) toma de muestras suelo B) marcación de las muestras para su posterior análisis C) Tamizaje de las muestras de suelo para extracción de semillas D) Lavado y conteo de semillas.

Resultados

En las tres parcelas se obtuvo un 100% de germinación, lo que indica que las semillas de *T. alata* que son almacenadas en el suelo son viables y que el tiempo medio en el cual pueden germinar no superan los tres días (Tabla 2). Este fenómeno de rápida germinación puede estar influenciado por la microbiota del suelo, debido a que estos microorganismos desgastan notoriamente la testa seminal, facilitando la hidratación de las semillas.

De esta forma las semillas generan la capacidad de disminuir el tiempo de absorción de agua, activar su metabolismo y poder germinar. En conclusión, la viabilidad de las semillas evaluadas en esta sección superó la obtenida en el anterior apartado con semillas colectadas directamente de la planta, lo que refleja aún más el potencial que tiene esta especie para propagarse de forma sexual en condiciones naturales.

Tabla 2. Tiempo medio de germinación en las semillas de *T. alata*.

MGT en días						
Parcela	n Datos	$\mu \pm D.E$	C.V	Min	Max	% de germinación
1	150	2.67 \pm 1.55	58.25	0.8	4.96	100
2	150	2.67 \pm 2.03	76.25	0.32	5.6	100
3	150	2.67 \pm 1.69	63.29	0.64	4.12	100
Total	450	2.67 \pm 1.70	63.76	0.32	5.6	

μ = media, D.E= desviación estándar, C.V= coeficiente de variación, Min= valor mínimo, Max= valor máximo, MGT= tiempo medio de germinación.

Antes de caer al suelo las semillas presentan protuberancias en la superficie dorsal y ventral, agrupadas en forma de crestas (Figura 20 A, B). No obstante, la región interna difiere de la externa en amplitud, siendo esta última un poco más ancha. Las crestas generalmente pueden estar interconectadas formando un patrón reticulado, o pueden estar formando anillos concéntricos que a veces son discontinuos (Balkwill & Campbell-Young, 1999).

En contraste, las semillas colectadas del suelo presentaron un avanzado deterioro de estas depresiones en su testa (Figura 20 C) y la superficie ventral es mucho más amplia en comparación con las semillas extraídas del fruto (Figura 20 D). Además, la superficie de estas semillas es completamente lisa y de un color café más claro, lo que muestra el desgaste sucesivo de la testa producto de su interacción con microorganismos del suelo, los cuales influirán de manera determinante en su rápida germinación.



Figura 20. Comparación morfológica de semillas colectadas en bancos y semillas extraídas de frutos A) vista dorsal de la semilla tomada directamente del fruto B) vista ventral de la semilla tomada directamente del fruto C) vista dorsal de la semilla tomada del banco en el suelo D) vista ventral de la semilla tomada del banco en el suelo.



¿Qué tienen de especial las raíces, tallos y hojas de *T. alata* que facilitan su poder colonizador?

Aspectos metodológicos

Para dar respuesta a esta pregunta fue necesario realizar cortes transversales en diferentes ejes caulinares (tallos), hojas y raíces de *T. alata*. Cada tejido fue fijado en una solución FAA (Formaldehído, Alcohol y Ácido acético) durante 48 horas a 4 °C. Después de la fijación, se deshidrataron en series de etanol (50, 60, 70, 80, 90 y 95%). Posteriormente, fueron embebidos en HistoChoice® dos veces durante 12 horas cada una. Luego se infiltraron en una solución compuesta por HistoChoice® y parafina Paraplast® 2:1 durante 24 horas, luego en una solución 1:1 durante 24 horas y finalmente 3 series de 24 horas en 100% Paraplast®. Las secciones anatómicas fueron de 5-7 µm de espesor, utilizando un microtomo rotatorio Leica RM2125 con cuchillas desechables. En el caso de tallos leñosos este procedimiento se hizo a mano alzada. Algunos cortes fueron teñidos con una solución 1:2 de Safranina y Azul de Alcian, mientras que los demás, se colorearon con Azul de Toluidina al 0.5%.

Resultados

Las secciones transversales de ejes caulinares maduros de *T. alata* revelaron la ausencia de medula, característica de especies del género *Thunbergia* (Carlquist, 1988) (Figura 21). Además, se observó el crecimiento anómalo que presenta el tejido conductor xilema (Figura 22), el cual está conformado por vasos de xilema de un tamaño superior a las traqueidas que son de tipo vasicéntricas (Figura 21). Este tipo de traqueidas brindan al tejido conductor de las lianas soporte estructural, debido que estas pueden ser más resistentes frente a la diseminación de una embolia que los mismos vasos y por lo tanto pueden continuar conduciendo agua en caso tal que los vasos se desactiven de forma temporal (Carlquist, 1988; H., 1908).

Los vasos de xilema o tráqueas están rodeados por parénquima axial de tipo apotraqueal, formando una vaina alrededor del tejido conductor, el cual puede funcionar como un seguro de conducción al hidrolizar almidón en

azúcares, transfiriendo estos azúcares a los vasos y de esta forma facilitar el aumento del volumen de agua dentro de los vasos por presión osmótica (Carlquist, 1988) (Figura 21 C). Además, el parénquima apotraqueal puede ayudar a regenerar el tejido conductor averiado por heridas (Dobbins & Fisher, 1986), sin embargo, el papel de este tejido es brindar flexibilidad y potencialmente reducir el daño mecánico de las lianas (Carlquist, 1988), a su vez este parénquima se encuentra rodeando el floema en *T. alata* y de acuerdo con algunos autores protege la integridad del floema interxilar que presentan estas especies (Carlquist, 1988; Dobbins & Fisher, 1986).

La flexibilidad que le confiere este tejido a los tallos permite que esta especie pueda crecer rápida y eficazmente, alcanzando alturas hasta de más de 3 metros. Gracias a este óptimo y vigoroso crecimiento *T. alata* reduce la cantidad de luz que pueda llegar a la planta que utiliza como soporte o en la vegetación por donde esta pueda desarrollarse, causando un efecto negativo en la actividad fotosintética del hospedero.

En el tallo maduro, todos estos tejidos presentaron una alta concentración de lignina adyacentes a fibras de esclerénquima de tipo libriforme de pared gruesa, relacionadas con el hábito de crecimiento de esta especie (Carlquist, 1988) (Figura 21 B). A nivel cortical es posible observar parénquima fotosintético esponjoso (Figura 21 C), además hay presencia de una capa de suberina próxima a la epidermis (Figura 21 B). La epidermis es uniestratificada conformada por células altamente lignificadas con disposición asimétrica y forma que varía de semicircular a elíptica (Figura 21), confiriendo así resistencia mecánica a los tallos de *T. alata*. En contraste, el corte del tallo principal no presentó lignificación en la epidermis (Figura 22)



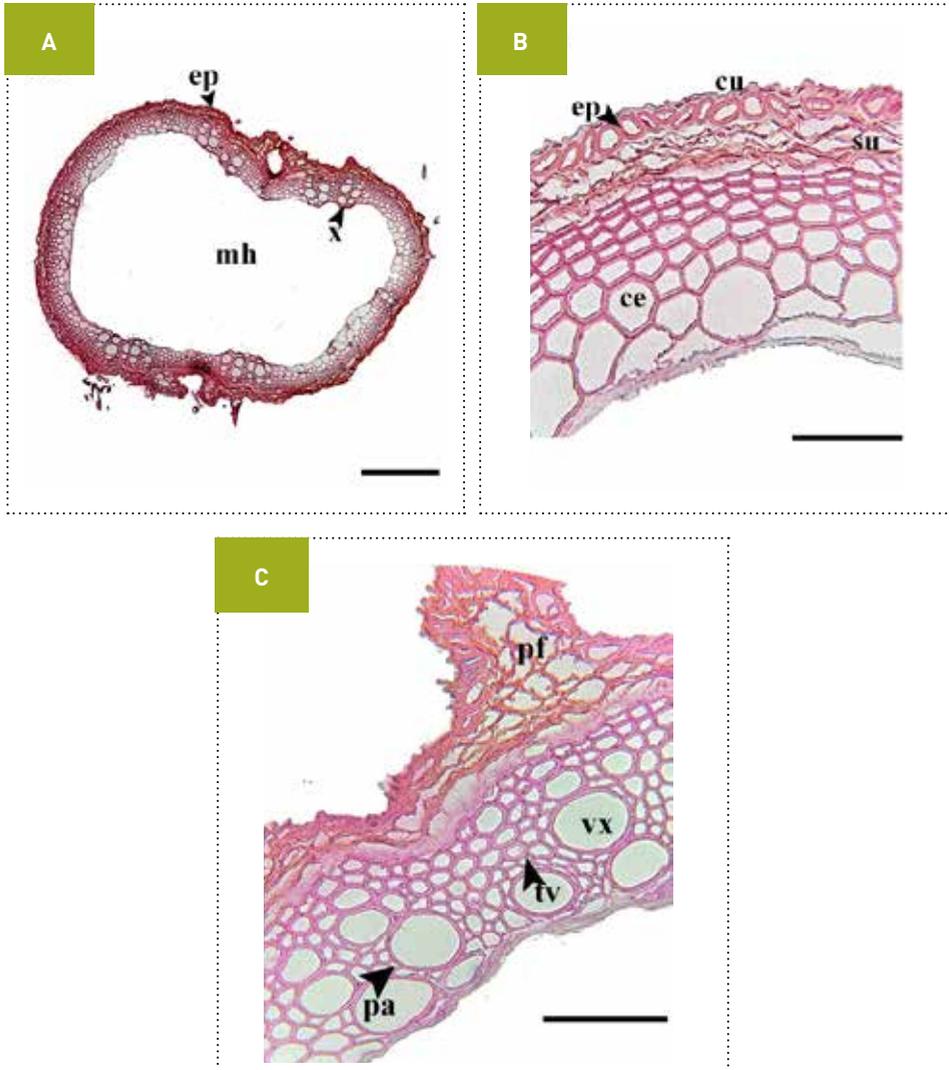


Figura 21. Corte transversal de eje caular maduro de *T. alata*: (ep= epidermis; mh= medula hueca; x= xilema; cu= cutícula; su= suberina; ce= células de esclerenquima; pa= parénquima axilar apotraqueal; tv= traqueidas vasicéntricas; vx= vasos de xilema; pf= parénquima fotosintético). Barra de escala A= 100 µm, B y C 500 µm.

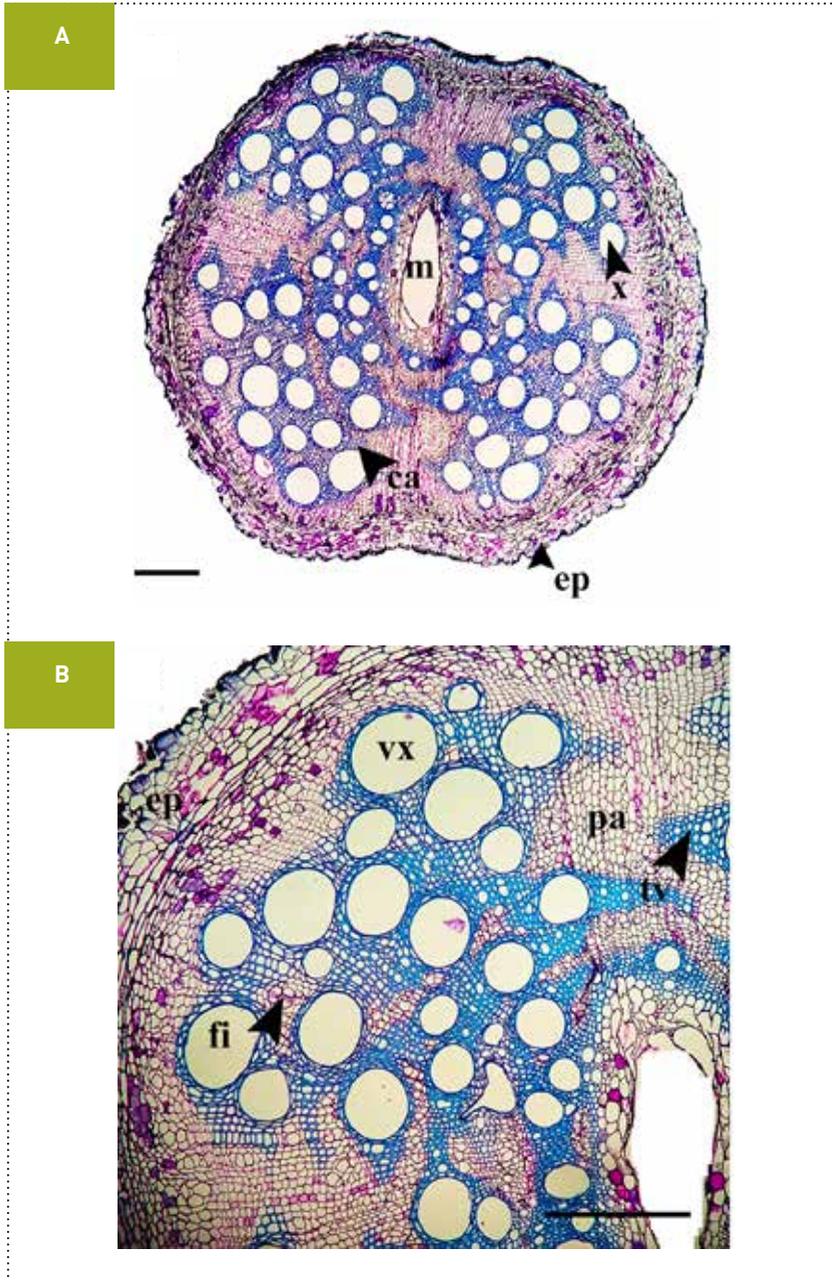


Figura 22. Corte transversal de tallo principal de *T. alata*: (pa= parénquima axilar apotraqueal; tv= traqueidas vasicéntricas; vx= vasos de xilema; ca= crecimiento anómalo; fi= floema interxilar; ep= epidermis; x= xilema; m= medulla;). Barra de escala A= 100 μ m y B= 500 μ m.

En cuanto a la composición anatómica de la hoja, se pudo observar la presencia de una epidermis uniestratificada (Figura 23 A, B), seguido por células parenquimáticas fotosintéticas en empalizada. Además, se observó células de parénquima fotosintético esponjoso (Figura 23 B), lo que indica que esta planta presenta un metabolismo tipo C3, debido a la presencia de los dos tipos de parénquima fotosintético en el mesófilo. Por otro lado, se evidenció en las células del haz vascular cristales de oxalato de calcio en forma de rafidios (Figura 23 C), los cuales son usados por las plantas como un mecanismo de defensa contra depredadores y como reserva de calcio, el cual es necesario para su metabolismo. Finalmente, se observó la pared celular de tráqueas que son de tipo espiraladas (Figura 23 D).

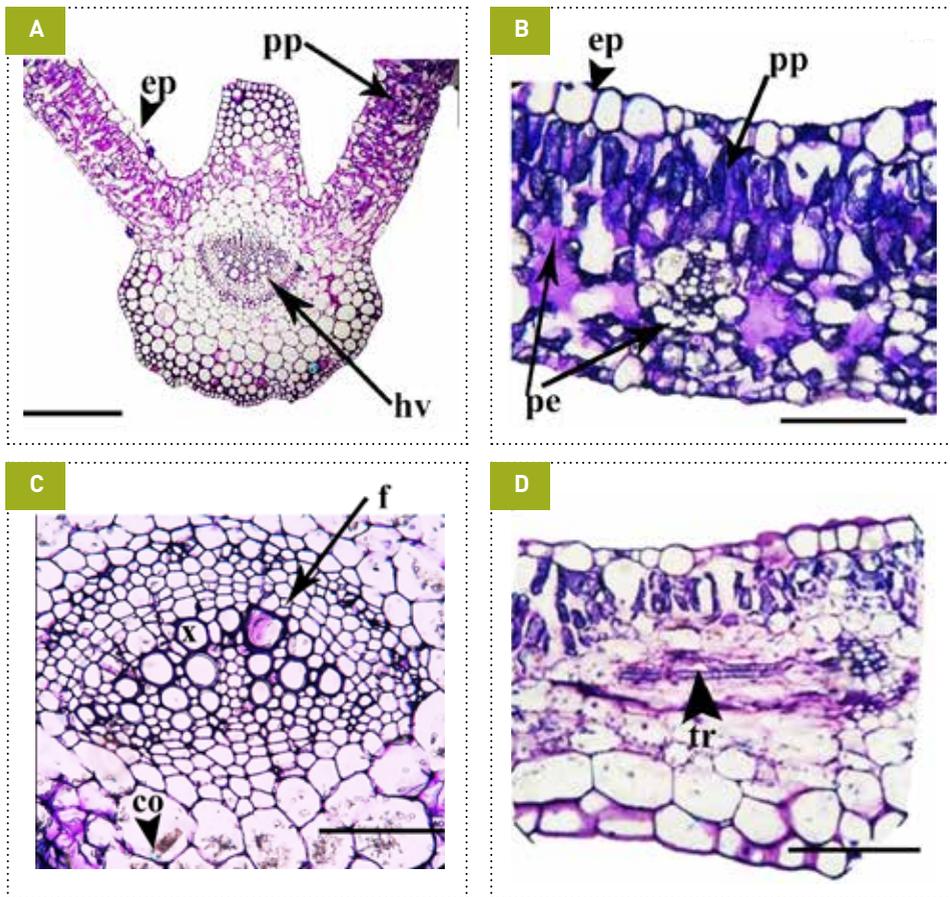


Figura 23. Corte transversal de hoja de *T. alata*: [pp= parénquima fotosintético en palizada ; ep= epidermis; x= xilema; pe= parénquima fotosintético esponjoso; f= floema; hv= haz vascular; co= cristales de oxalato de calcio; tr= tráqueas]. Barra de escala A= 100 μ m, B, C y D 500 μ m.

A nivel de raíz, se pudo observar el haz vascular radial alterno con células de xilema altamente lignificadas y rodeadas por el tejido conductor floema (Figura 24), seguido del periciclo y la endodermis. El córtex se compuso principalmente por parénquima fundamental y células taníferas (figura 24).

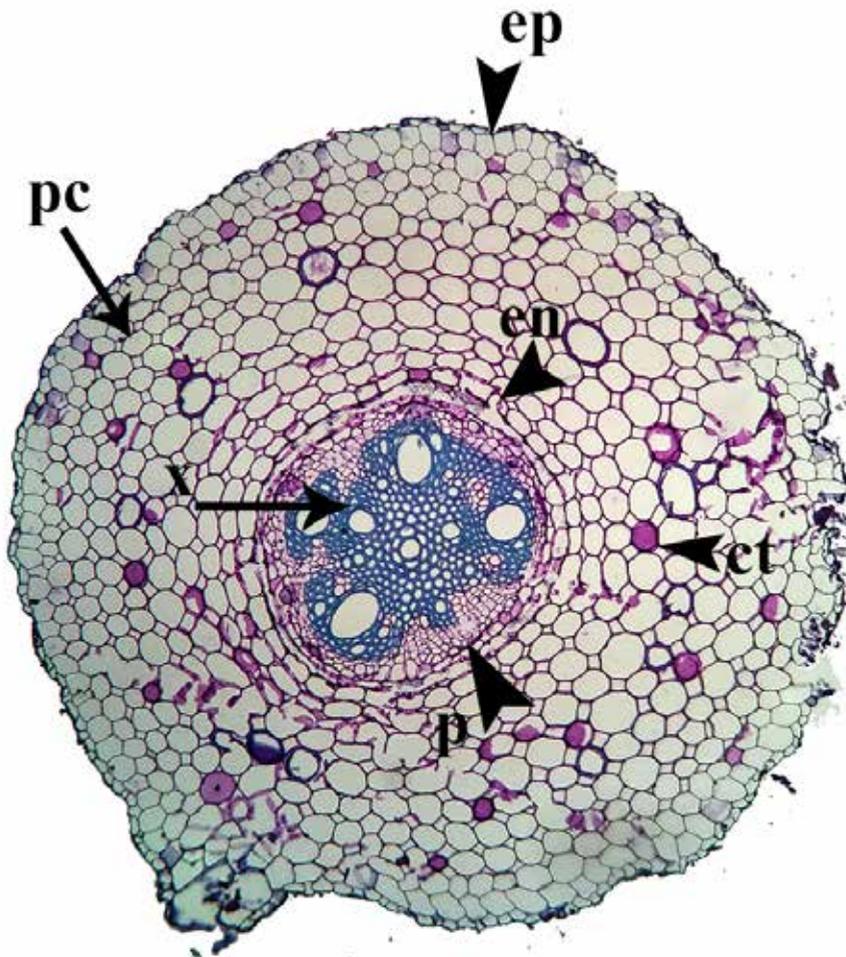


Figura 24. Corte transversal de raíz de *T. alata*: (ep= epidermis; x= xilema; ct= células taníferas; pc= parénquima cortical; en= endodermis; p= periciclo). Barra de escala 300 μ m.

¿Su fruto es una catapulta?

Aspectos metodológicos

Para la descripción morfológica del fruto, se realizó una colecta de alrededor de 150 frutos de *T. alata* en diferentes etapas de maduración (figura 26), estos frutos fueron recolectados en diferentes zonas de invasión para determinar las variaciones que se pudieran presentar.

De igual manera, se evaluó el periodo de maduración de los frutos y se determinó cuantas semillas contenían cada uno de ellos, finalmente se realizó su descripción morfológica.

Resultados

Los frutos de *T. alata* (figura 25), están conformados por valvas, que miden de 1,5 a 2,5 cm de longitud y ayudan con el proceso de expulsión de las semillas. En el proceso de apertura del fruto, las valvas comienzan a acumular energía potencial, hasta que sufren un proceso de dehiscencia, el cual favorece la estrategia de expulsión de sus semillas por varios metros, funcionando a modo de catapulta. A partir de los ensayos realizados en laboratorio se determinó que las semillas son lanzadas de 2 a 3 metros (figura 27). Al disectar los frutos fueron encontradas dos semillas por lóculo para un total de cuatro semillas.



Figura 25. Fruto de *T. alata*.



 **Figura 26.** Etapas de maduración del fruto.





 **Figura 27.** Partes del fruto de *T. alata*.

¿Nuestros suelos favorecen el crecimiento de *T. alata*?

Aspectos metodológicos

La metodología estuvo separada por dos actividades independientes pero relacionadas, la primera fue la toma y evaluación de raíces de *T. alata* y suelos recolectados en algunas zonas con problemas de invasión. La segunda actividad correspondió a un experimento para conocer la respuesta del ojo de poeta a la inoculación de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA).

Las muestras de raíces y suelo de ojo de poeta fueron recolectadas en diferentes veredas pertenecientes a los municipios de Rionegro, Marinilla, El Carmen de Viboral y La Unión. Las características generales de cada sitio se presentan en la tabla 3. Además, en las instalaciones de la Universidad Católica de Oriente, se realizó el experimento principal de respuesta micorrizal de ojo de poeta.

Tabla 3. Ubicación de los sitios de muestreo.

Municipio	Vereda	Coordenadas	Altitud msnm	Descripción
Rionegro	Barrio Santa Ana	6°9'3,34" N 75°21'57,41" O	2101	Invasión en el campus universitario asociada a especies ornamentales y nativas.
Marinilla	San Bosco	6°9'8,91" N 75°17'37" O	2132	Invasión en pasto de corte, seto de eugenio, y sendero con guayabos
El Carmen	La Palma	6°5'51" N 75°19'51" O	2141	Invasión en seto de eugenio
La Unión				

Para el muestreo de raíces y suelo se seleccionaron sitios con un alto grado de invasión de ojo de poeta (tabla 3). Se colectaron mínimo cinco raíces (de diferentes individuos) y cinco muestras de suelo por sitio. Las raíces se colectaron de plantas adultas o juveniles de ojo de poeta. Para evitar confusión con otras raíces del suelo, solo se procesaron raíces finas que estuvieran adheridas a la raíz principal de la planta. De esta forma se garantizó que la raíz evaluada fuera de ojo de poeta. Todas las raíces fueron llevadas al laboratorio de microbiología de suelos de la Universidad Católica de Oriente. De otro lado, se tomó una submuestra (100 g aproximadamente) de suelo por raíz colectada, preferiblemente del rizoplano, que es la parte de la raíz que está en contacto con el suelo, y es donde mayor cantidad de microorganismos se encuentran. Las muestras de suelos también fueron llevadas al laboratorio.

Se realizó un experimento aleatorio con dos tratamientos, uno con presencia de micorrizas y otro con ausencia de estas, y cinco repeticiones por tratamiento, para un total de diez unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo compuesta por potes de 100 g de suelo y una plántula de ojo de poeta.

Para el experimento se utilizó como sustrato de crecimiento una muestra de suelo orgánico, procedente de un horizonte A de Andisol. Es suelo fue secado al aire, y tamizado a 4 mm. Además, su pH fue ajustado entre 5,8 y 6,2. El suelo fue esterilizado en autoclave a 120 °C y 0,1 MPa por una hora y en dos periodos con diferencia de 24 horas. Además, el suelo fue ajustado a una concentración de fosforo de 0,02 mg/L por medio de una isoterma de adsorción con base en la metodología propuesta por Fox & Kamprath (1970). Una vez listo el suelo, se llenó cada pote con 100 g de suelo.

Se utilizó un inóculo multiesporico de hongos formadores de micorriza arbuscular (HFMA) comercial, el cual fue probado por medio de la técnica del número más probable de propágulos micorrizales infectivos (NMP) de Porter (1979). A cada pote con el tratamiento positivo se le aplicó 5 g de inóculo.

Para la producción de las plántulas de *T. alata*, se sembraron las semillas en cajas de Petri, con papel filtro previamente humedecido y esterilizado. Una vez germinadas las semillas, se sembraron en su respectiva unidad experimental y tratamiento.

Las semillas pregerminadas de ojo de poeta fueron sembradas en sus respectivos potes con suelo, cinco para los tratamientos positivos con inóculo (HFMA) y cinco para los tratamientos negativos (sin inóculo). Todos los potes o vasos fueron perforados en su base con el fin de suministrar agua y nutrientes por capilaridad. A la segunda semana, cada plántula recibió 5 mL de solución nutritiva Hoagland libre de fósforo durante cada quince días. A los dos meses después de la siembra se cosecharon las plántulas para analizar sus respectivas variables respuesta.

El conteo de esporas se realizó solo a las muestras de suelo de campo, el cual consiste en tomar una submuestra de 20 g de suelo por sitio, colocándolas en un beaker de 500 mL con 300 mL de agua y 0,15 g de pirofosfato de sodio. Se agitó por 15 minutos y se transfirió el sobrenadante sobre una batería de tamices (250, 106 y 53 μm) que se centrifugó con una solución azucarada al 70% durante 5 min. Se vertió el contenido de cada tubo en su respectivo tamiz y se lavó con agua corriente. Posteriormente el sedimento producto de esta centrifugación fue recogido en papel filtro (Habte y Osorio, 2001). Finalmente se realizó el conteo de esporas en el estereoscopio. Para la Masa seca aérea de las plántulas, se cosecharon a los 60 días después de la siembra del experimento. la determinación de la masa seca aérea se realizó luego de secar el material vegetal a 60 °C por 72 horas (Habte y Osorio 2001).

La colonización micorrizal se determinó tanto para las raíces del experimento como para las obtenidas en campo. La colonización se determinó por el método del intercepto (Giovannetti y Mosse, 1980) a partir del número de campos positivos (presencia de arbusculos, vesículas e hifas) en el interior de la raíz. Para esto las raíces más finas se aclararon con KOH al 10% (Phillips y Hayman 1970) y luego se tiñeron con fucsina ácida al 0,15 % en ácido láctico (Kormanik et al. 1980). Después las raíces teñidas se colocaron en cajas de Petri cuadrículadas para su observación en estereoscopio.

Resultados

Todas las raíces sin excepción tuvieron alta colonización por HFMA (figura 28); en todos los sitios se observaron valores similares. Es de resaltar la alta colonización encontrada en el municipio de La Unión, que en promedio obtuvo 69% de colonización micorrizal. Desde el punto de vista estadístico no hubo diferencias significativas comparando la media de los sitios (figura 29). Esta alta colonización micorrizal es un aspecto muy ventajoso para ojo de poeta, pues le permite obtener del hongo todos los beneficios antes mencionados, como tolerancia a la sequía, control indirecto de enfermedades de raíz, y mejor exploración del suelo en busca de nutrientes. Sin duda, uno de los factores que podría explicar la gran colonización de *T. alata* en nuestros ecosistemas son los tipos de suelo, especialmente su microbiota, la cual está sirviendo como aliada, facilitando su rápido crecimiento y desarrollo.



Figura 28. Raíz de ojo de poeta colonizada por HFMA.

En estudios realizados en diferentes ecosistemas en Brasil, Zangaro et al. (2012) encontraron alta colonización micorrizal en pastizales y matorrales, con valores promedio entre el 60 y 70%, datos similares a los aquí encontrados. Lo que sugiere que en general las plantas que crecen en áreas abiertas son favorecidas por hongos micorrizales. Es de resaltar que ojo de poeta tiene una afinidad por dichas áreas.

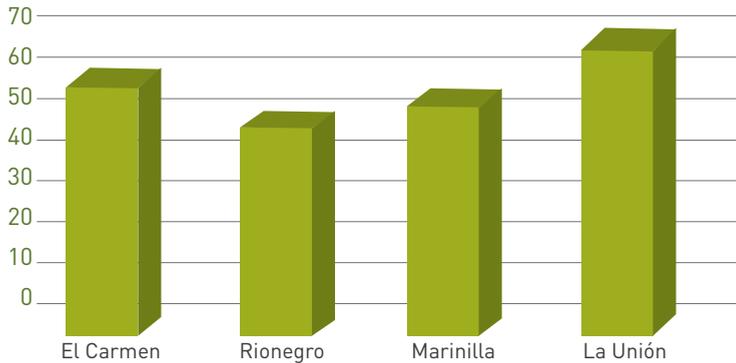


Figura 29. Porcentaje de colonización micorrizal de raíces de ojo de poeta, promedio de todos los sitios evaluados.

En todos los sitios evaluados se encontraron esporas, estadísticamente hablando no se encontraron diferencias significativas entre las muestras comparadas. El municipio con mayor cantidad de esporas fue la Unión con 424 esporas por cada 100 gramos de suelo (figura 30). Comparando los datos de colonización micorrizal con el número de esporas, se puede evidenciar que existe una tendencia similar, a mayor cantidad de esporas mayor colonización (figura 29).

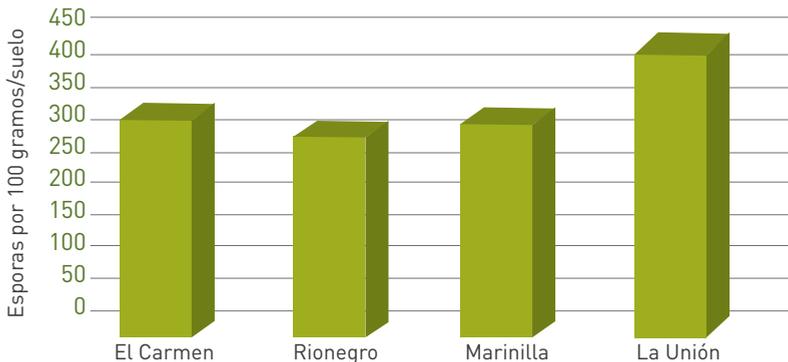


Figura 30. Conteo de esporas de hongos formadores de micorriza arbuscular de los cuatro sitios evaluados.

¿Cómo invade *T. alata*?

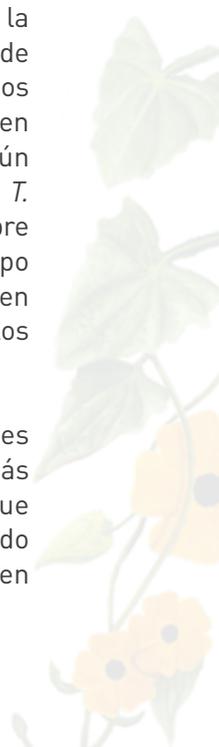
Aspectos metodológicos

Con el objetivo de realizar una descripción del crecimiento y colonización de *T. alata* en las especies de hospederos, se realizaron visitas de campo en diferentes zonas invadidas por la especie. En dichas visitas se tomaron datos de la forma de crecimiento, en diversas etapas de desarrollo, desde el estado de plántula, hasta individuos maduros. Así mismo, estas observaciones fueron realizadas en dos ambientes lumínicos, como claros de bosque o potreros y bosques con dosel. Dichos esquemas fueron realizados en campo y posteriormente fueron comparados para los ambientes muestreados.

Resultados

Debido a las diversas características que presenta esta invasora, ha logrado colonizar la vegetación del altiplano del Oriente antioqueño, generando así diversos efectos negativos sobre la flora autóctona de los bosques andinos. Una de las principales características que hacen de esta una “super planta” es su hábito de crecimiento, ya que puede trepar por diversos soportes y colonizarlos rápidamente hasta cubrirlos en su totalidad. Este fenómeno lo puede lograr a partir de densas capas de tallos y hojas, las cuales a su vez impiden que los árboles y arbustos, que cumplen el papel de soporte, reciban la radiación solar necesaria para su desarrollo y crecimiento adecuados (figura 31). Esta condición altera procesos básicos como la fotosíntesis y la captura de CO_2 en las especies de plantas que son colonizadas. Esta forma de crecer de las plantas trepadoras ha llamado la atención de muchos biólogos y naturalistas durante muchos años, entre ellos Charles Darwin. Con base en sus observaciones, Darwin definió cinco tipos de plantas trepadoras según su forma de crecimiento y sostén sobre el soporte, dentro de los cuales *T. alata* se clasifica como una “*twining plant*” o una planta que se envuelve sobre los árboles formando densas trenzas sobre estos (Darwin, 1865). Este tipo de plantas trepadoras posee varias etapas de crecimiento que se pueden caracterizar según las estructuras que utiliza para adherirse al soporte, los movimientos que realiza y la frecuencia en la que estos ocurren.

Una vez *T. alata* ha llegado a la etapa de plántula, el ápice y las secciones del tallo más cercanas a éste adoptan una posición particular: el eje más distal de la planta se curva y adquiere una posición arqueada mientras que las secciones proximales al sustrato se mantienen verticales. Este estado va acompañado de un movimiento que inicia con una rotación del eje en



todas las direcciones trazando circunferencias en el eje horizontal. Este se considera un movimiento exploratorio, denominado circumnutación, que es menos frecuente en las etapas más tempranas de crecimiento, pero que se caracteriza por movimientos circulares con un radio máximo que incrementa las posibilidades de encontrar un soporte. Cuando la *T. alata* ha encontrado un árbol o arbusto que le pueda brindar un soporte vertical, los movimientos y patrones rítmicos de rotación cambian drásticamente. La circumnutación se hace más periódica, con un radio menor de rotación y es acompañada por una ondulación de los tallos a medida que se elonga sobre el soporte y que ocurre en los dos o tres internodos por debajo del ápice dando lugar a un envolvimiento de forma helicoidal. Una vez que se ha apoyado completamente, la planta inicia su crecimiento vertical (Darwin, 1965-1980; Isnard & Skill, 2009).

Es importante notar que la colonización inicial de un soporte por *T. alata* está determinado tanto por el radio de rotación de los ejes como por el diámetro del cilindro que el soporte presente. En un bosque, por ejemplo, esta planta será más exitosa en colonizar los árboles y arbustos con un diámetro del tronco mínimo, mientras que los árboles con troncos más gruesos permanecerán fuera del área de invasión inicial. Sin embargo, una vez la planta ha llegado al dosel del bosque, podrá alcanzar el follaje de árboles de mayor tamaño y altura y afectar también su crecimiento y procesos vitales.

Así mismo, la dispersión y colonización de ojo de poeta se puede apreciar en todo el territorio colombiano, esta varía entre los 2000 y los 2900 m s.n.m. aproximadamente como se observa en la figura 32 A, en este escenario presentado se determina que las observaciones más relevantes están datadas entre 2450 y 2650 m s.n.m., de igual manera hay presencia de datos atípicos los cuales se salen del rango analizado.

Para el caso del Oriente antioqueño, se determina que las observaciones de la especie se encuentran registradas entre los 1500 y 2900 m s.n.m., dentro de este rango se encuentran las altitudes concordantes con el altiplano del Oriente antioqueño. Dicho rango se establece a partir de las observaciones registradas en la plataforma iNaturalist. De igual manera, en la figura 32 B se observan datos atípicos lo que hace inferir que hay diversas observaciones de la fuera de este rango.



Figura 31. Hábito de crecimiento de *T. alta* y estrategia para la colonización del hospedero.

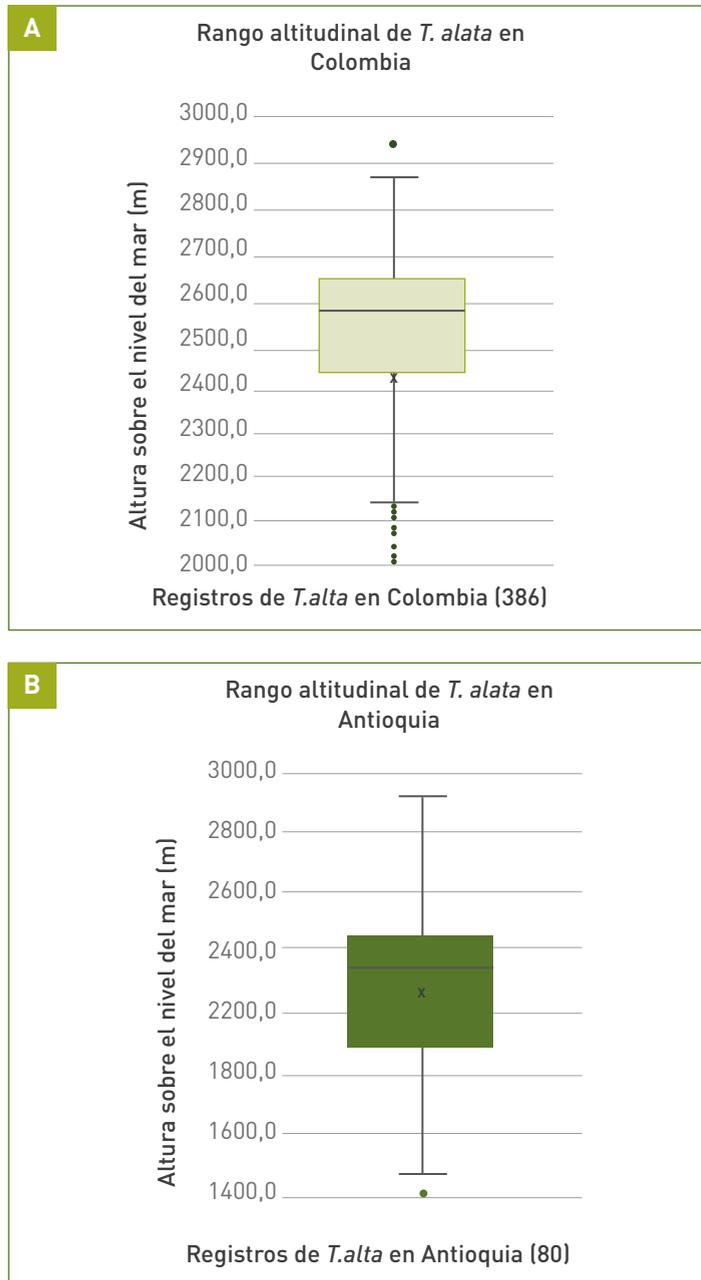


Figura 32. Distribución de ojo de poeta en el territorio, A) distribución en Colombia B) distribución en el Oriente antioqueño.

¿Tiene enemigos esta invasora?

Aspectos metodológicos

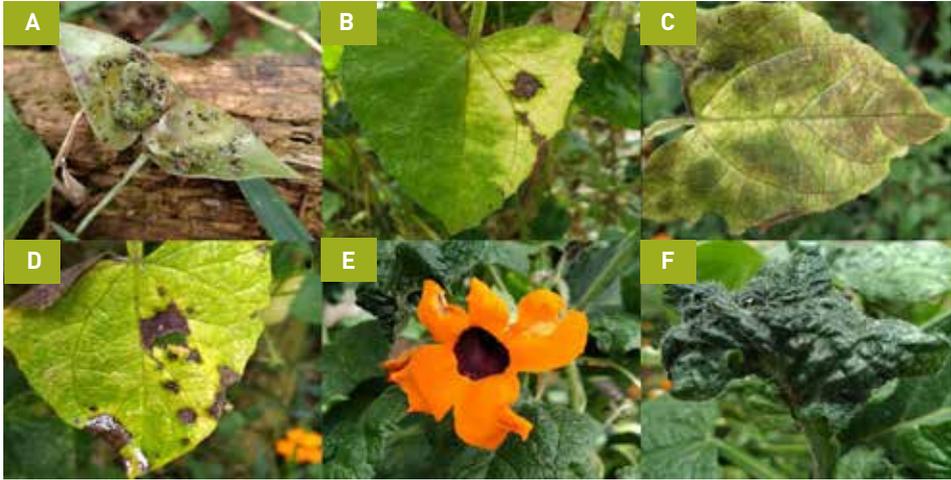
Para resolver esta pregunta fue necesario realizar un muestreo en el cual se colectó todo tipo de material vegetal de *T. alata*, que presentará algún tipo síntoma visible o signo de daño. Principalmente marchitez, pecas, manchas, moteados cloróticos y/o pudriciones. Llevadas las muestras al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad Católica de Oriente (LSV-UCO), se determinó por características morfológicas, las posibles causas de afección con su respectiva identificación, apoyados en los protocolos de laboratorio y con el uso de claves (Barnett & Hunter, 1972).

Resultados

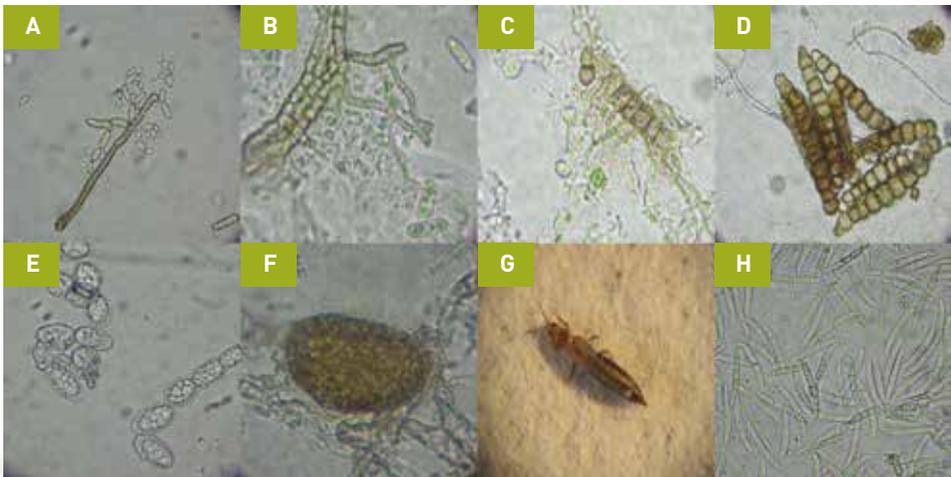
Se encontraron frutos con manchas necróticas y puntos blanquecinos producto de la alimentación por parte de insectos (figura 33 A), esta sintomatología fue causada por una especie de áfido *Macrosiphium* sp asociado a los hongos, *Cladosporium* sp y *Colletotrichum* sp (Figura 34 A, B). Además, se observaron hojas con clorosis unilateral y manchas necróticas desde el margen, hacia el centro de la hoja (Figura 33 B). De acuerdo con los resultados de laboratorio, son varios los agentes causales de estas lesiones: *Bipolaris* sp y *Alternaria* sp (Figura 34 C, D). Para *T. alata* y en general para el género *Thunbergia*, se ha documentado la existencia de un hongo del género *Alternaria* (*Alternaria thunbergiae*), que ataca este tipo de plantas, el cual para Suramérica solo ha sido reportado en Brasil (Melo *et al.*, 2009; Newbery *et al.*, 2019). Sin embargo, no se ha evaluado si este microorganismo puede llegar a ser limitante para en el desarrollo de *T. alata*.

También se hallaron hojas con manchas grisáceas formando una capa sectorial en el mesófilo con apariencia de ceniza (Figura 33 C). De la cual se pudo observar en laboratorio el hongo *Oidium* sp (Figura 34 E). Sin embargo, también se halló la presencia del hongo *Ampelomyces* sp que actúa como agente controlador de microorganismos patógenos (Prieto, 1977) (Figura 34 F). Así mismo, hubo hojas con machas cloróticas y necróticas asociadas a perforaciones por insectos (Figura 33 D), donde fue posible encontrar la presencia de hongos como *Bispora* sp, *Phyllosticta* sp y *Puccinia graminis* (Roya). Finalmente, se colectaron flores y hojas con encrespamiento y arrugamiento (Figura 33 E, F), síntomas causados por el ataque en conjunto de trips, áfidos, ácaros y el hongo *Fusarium* sp (Figura 34 G, H).

Finalmente, en rizosfera de *T. alata* se encontraron nematodos fitoparásitos *Paratylenchus* sp., *Hemicycliophora* sp., y depredadores de nematodo y otros microorganismos como *Mononchus* sp., *Aphelenchus* sp. y *Dorylaimus* sp.



 **Figura 33.** Sintomatologías observadas en campo. frutos con manchas necróticas y puntos blanquecinos B) hojas con clorosis unilateral C) hojas con presencia de hongo *Oidium* sp D) hojas con hongos como *Bispora* sp, *Phyllosticta* sp E-F) síntomas causados por el ataque en conjunto de trips, áfidos y ácaros.



 **Figura 34.** Agentes causales de las sintomatologías presentes en las estructuras colectadas de *T. alata*. [A; *Cladosporium* sp, B; *Colletotrichum* sp, C; *Alternaria* sp, D; *Bipolaris* sp, E; *Oidium* sp, F; *Ampelomyces* sp, G; Trips y H; *Fusarium* sp].



CAPÍTULO 3

• Estrategia para el control y manejo de *T. alata*
en el Oriente antioqueño

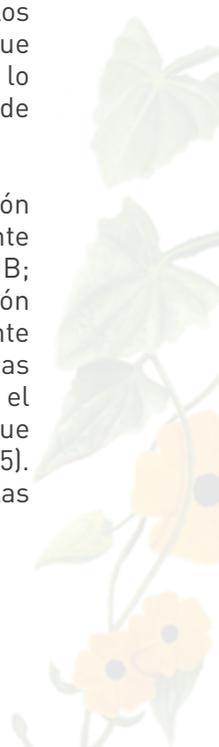
¿Cómo manejarla?

T. alata, es una planta herbácea trepadora de flores llamativas naranja, que en Antioquia florece y fructifica durante todo el año. En Colombia se considera una especie invasora, porque está afectando los ecosistemas y especies nativas. Es una planta originaria de África, se cree que llegó como planta ornamental y se ha naturalizado en zonas andinas perturbadas (CORNARE, Circular No. 29 del 2015). El hábito de crecimiento que presenta esta especie hace que se limite la entrada de luz al follaje de la planta hospedera y por ende altera su desarrollo y crecimiento.

Al hablar acerca de las invasiones de ojo de poeta en Colombia no se tiene un dato preciso de la época de su introducción, pero en 1885 Manuel Uribe Ángel en su compendio de geografía general del estado de Antioquia en Colombia ya describía e identificaba la colombiana o Susanita como también se le conoce, esta planta fue catalogada en la sección de plantas aromáticas por lo que queda suponer que para este tiempo no contaba con una connotación negativa o no se consideraba aún como una planta que perjudicara el ambiente.

Por diversas razones ecológicas, sociales y culturales y el gran aporte de nutrientes en los suelos del Oriente antioqueño el establecimiento o la invasión de *T. alata* se vio tan favorecida. De igual manera es importante resaltar que los disturbios ocasionados antropocámicamente favorecen su adaptación en los ecosistemas (Baptiste *et al.*, 2010). En Colombia se conocen pocos registros sobre su distribución actual y aún se desconocen los rangos de altura en los que ocurre su invasión. De igual manera, las interacciones potenciales que puede generar contribuyen a que su establecimiento sea predominante, lo cual se ve reflejado en su elevada tasa de crecimiento, su concentración de nutrientes y la fecundidad (Santamaria *et al.*, 2008).

Según CORNARE (2018), actualmente se determina que la invasión asciende a más de 3000 hectáreas, dicha invasión se encuentra presente en las zonas de vida bosque montano (bhM) y bosque montano bajo (bhMB; Holdridge, 1987). Se han presentado reportes de diversos focos de invasión en las zonas rurales de los municipios que conforman el altiplano del Oriente antioqueño. Estas se asocian con alteraciones antrópicas de los ecosistemas y el alto grado de invasión que afecta incluso a áreas conservadas. Para el caso exacto del Oriente antioqueño se encuentran individuos aislados que forman tapetes, los cuales cubren la superficie de los terrenos (figura 35). Además, se pueden encontrar aglomeraciones densas a lado de las vías y las orillas de las fuentes hídricas.





 **Figura 35.** Invasión de ojo de poeta. Municipio de Rionegro.

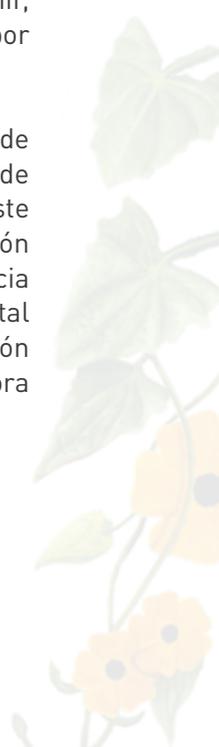
La invasión de *T. alata* se ha convertido en un gran problema para los ecosistemas, debido a que ha generado efectos nocivos en las zonas donde se establece. Dada su problemática es indispensable realizar estrategias de manejo que cuenten con una detección temprana de las zonas afectadas, lo cual previene posibles alteraciones que se puedan presentar a futuro. Dichas alteraciones están asociadas a los cambios que se pueden presentar en la composición, estructura y los procesos de funcionamiento en los ecosistemas.

Cuando se habla de un control o un manejo de las especies invasoras es necesario establecer un diseño que se pueda efectuar de manera ordenada y secuencial para tratar la invasión. Dicho manejo engloba acciones de prevención, erradicación, control y monitoreo para estas especies en particular. Este diseño es considerado integral debido a que adopta todas aquellas medidas necesarias para la realización de actividades que permitan prevenir la expansión de la especie.

Para establecer un mecanismo de control y manejo es importante conocer y tener presentes algunos términos asociados a las invasiones biológicas, debido a que el común de la gente no conoce los diferentes aspectos técnicos de los procesos de invasión y colonización.

Un manejo integral debe establecer metodologías como la presentada en la figura 36, en la cual se observan los principales pasos para realizar un proceso eficaz que permita controlar las especies invasoras. En este plan se definen las actividades necesarias para identificar, valorar, prevenir, corregir, mitigar y compensar las alteraciones ambientales ocasionadas por la presencia de *T. alata*.

Esta herramienta permite a la comunidad estructurar mecanismos de apropiación social, en los cuales la población pueda hacer uso eficiente de las metodologías planteadas y pueda lograr el objetivo que propone este capítulo. A su vez, se debe tener presente que la carencia en la realización de uno de los pasos propuestos puede llevar a la disminución de la eficiencia en el manejo y eventualmente, al fracaso de las acciones planteadas. Por tal motivo, es fundamental orientar las acciones de control hacia la recuperación de los componentes de biodiversidad afectados por la especie invasora (Cuevas y Zalba, 2013).



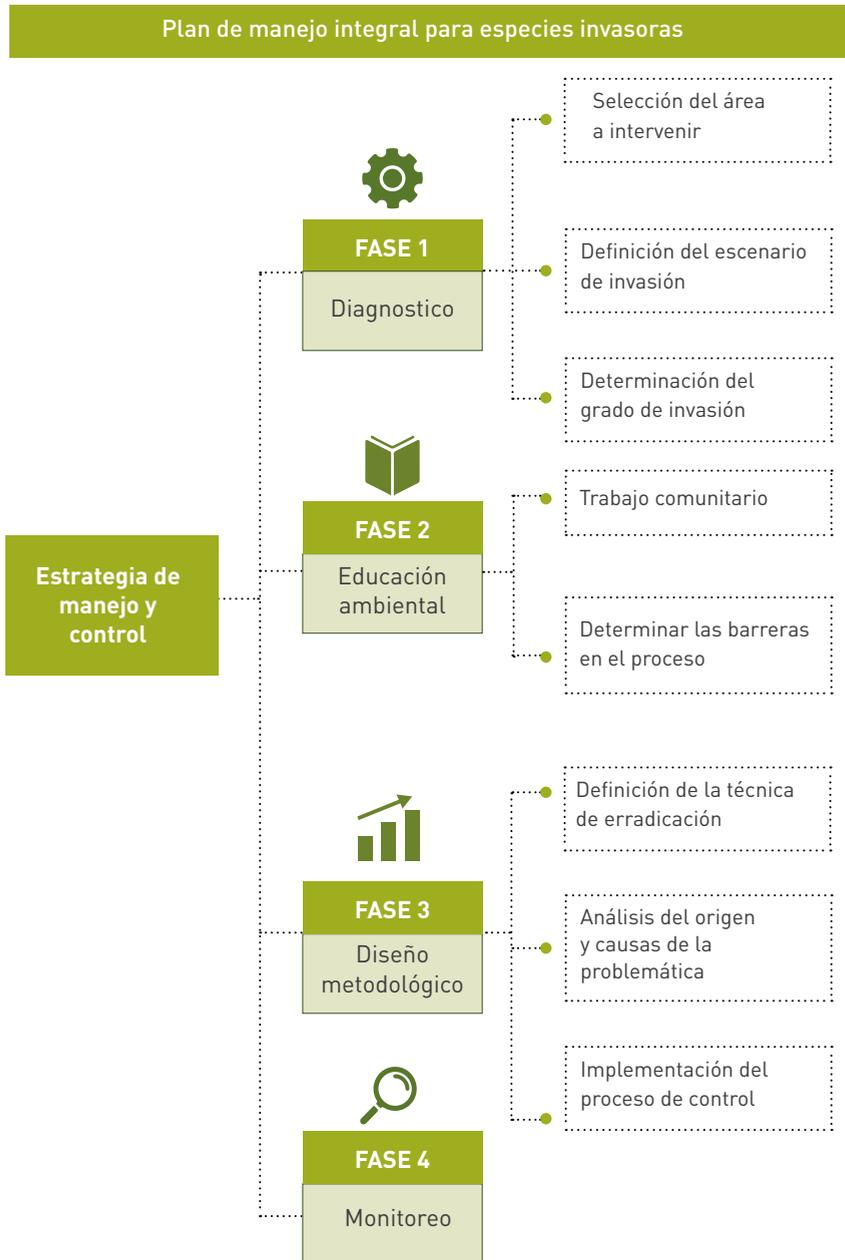


Figura 36. Guía para establecer una estrategia de manejo y control de especies invasoras.

Estos diseños son necesarios para dar prioridad a las áreas que aún no presentan un alto grado de invasión, lo que permite detectar y usar a tiempo las estrategias que sean más efectivas y mejor se acomoden a las condiciones del territorio, incluso tengan mejor rendimiento de costo-beneficio (Randall *et al.* 2008). Cabe aclarar que los análisis previos dan pie a determinar en qué casos es inviable hablar de erradicación, en este caso se deberían determinar alternativas de manejo a corto, largo y mediano plazo según el grado de invasión que presente la zona.

Para desarrollar la estrategia hay que establecer unas fases, las cuales están conformadas por una serie de pasos y estos a su vez se determinan de acuerdo con la distribución, el establecimiento, la participación comunitaria, las barreras ecológicas y por ende las barreras sociales, para así consolidar una estrategia de control y manejo.

La fase 1 es una de las más importantes, pues en esta se realiza un reconocimiento del área y se desarrolla un diagnóstico que permite evidenciar la relación de la especie invasora con su entorno. La fase 2 hace alusión a la creación de escenarios de educación ambiental en los cuales incluyen la participación de diferentes actores de la comunidad, para reconocer diversos aspectos de la historia de vida de la especie y diseñar el mejor mecanismo de control. La fase 3 se enfoca en el diseño de la estrategia para controlar la especie invasora. Finalmente, la fase 4 esta designada para el monitoreo, el cual es de suma importancia para el éxito de la estrategia. Es importante anotar que dichas estrategias pueden variar dependiendo del contexto local.



Fase 1. Diagnóstico

La fase 1, se considera de diagnóstico debido a que está dividida en diversos mecanismos que permiten determinar y caracterizar el área de estudio. Actualmente existen herramientas que facilitan esta fase diagnóstica, tales como mapas, plataformas informáticas para la visualización cartográfica como Google earth, bases de datos de biodiversidad y colecciones biológicas de referencia, entre otras.

Paso 1. Selección del área a intervenir

El primer paso que se debe tener presente en esta fase es el reconocimiento del área afectada. Este paso es indispensable para establecer los puntos estratégicos en los cuales se está distribuyendo la especie. Es importante

aclarar que no es lo mismo tener una invasión de ojo de poeta en un potrero que en bosque maduro, pues las condiciones ambientales varían de manera contrastante, cada zona afectada debe contar con una adecuada estrategia de manejo que dependerá del tipo de ecosistema.

La transformación que presentan los ecosistemas por los focos de invasión (figura 37), da pie para que se origine una pérdida de la funcionalidad del ecosistema. Asimismo, en muchos casos es necesario realizar una reconstrucción histórica de la zona, para determinar cuáles han sido las afectaciones a lo largo del tiempo y como este tipo de impactos pudieron propiciar el fenómeno de invasión.



Figura 37. Foco de invasión presente en zonas de vegetación secundaria baja.

Al seleccionar el área a intervenir se debe tener en cuenta el concepto de la comunidad acerca de cuáles son las zonas de mayor importancia. Es decir, se debe aclarar y concertar con los acueductos, escuelas, juntas de acción comunal entre otros actores, cuáles son las áreas prioritarias para implementar la estrategia de manejo. A su vez se debe contar con la cantidad

de personas necesarias para llevar a cabo los procesos, en algunos casos se podrían gestionar recursos externos para adelantar pago de jornales, o en otros casos la iniciativa podría ser de libre ejecución, organizando a las comunidades en iniciativas colectivas tipo *minga*, donde premia el bien comunitario. Por otro lado, es indispensable determinar cuál es la facilidad de acceso a el área seleccionada, para poder realizar el trabajo. Teniendo en cuenta nuestra compleja geografía, pueden existir áreas invadidas que por sus características topográficas tengan un alto riesgo de accidente en la fase de erradicación.

Paso 2. Definición del escenario de invasión

El segundo paso consiste en definir el tipo de ecosistema invadido, por ejemplo, si es un potrero, un bosque maduro o un bosque intervenido. En cada uno de estos ambientes se distribuyen diferentes tipos de plantas las cuales tienen diferentes hábitos de crecimiento e historias de vida. Asimismo, pueden existir diferencias en aspectos reproductivos de *T. alata* en cada uno de estos escenarios.

Es importante tener en cuenta el hábito de crecimiento de las plantas que están siendo afectadas por *T. alata* para generar una estrategia de erradicación que no las afecte. En el caso de una hospedera de tipo arbustivo, debido a su rigidez podría presentar mayor resistencia a la extracción manual de la invasora sin sufrir daños mecánicos, como por ejemplo la fractura de las ramas. En el caso donde la hospedera sea un individuo de hábito herbáceo (figura 38), cualquier actividad de extracción contundente podría generar daños graves en los sistemas de hojas o ramas de la planta afectada. Es necesario comprender que para el adecuado desarrollo de este paso es necesario conocer los diferentes tipos y formas de crecimiento de la vegetación afectada. De otra forma el mismo proceso de erradicación de la invasora puede acabar por erradicar al huésped. Casos aislados como los evidenciados en zonas de potreros de nuestra región, donde *T. alata* está invadiendo poblaciones de otra invasora como *Ulex europaeus*, ameritarían una estrategia de erradicación que incluyera al hospedero (figura 39).





 **Figura 38.** Caso donde la hospedera de *T. alata* es un individuo de hábito herbáceo.

Para definir adecuadamente el escenario de la invasión es importante realizar una observación cuidadosa de dicho proceso, en la cual se describan una serie de características tales como, la forma de colonización, la cual puede estar dada por la formación de tapetes o usando una hospedera para colonizar, el tipo de sustrato en el cual se desarrolla la invasora y la extensión de la invasión entre otros.



Figura 39. Caso en el que la especie invasora *Ulex europaeus* es invadida por *T. alta*.

Paso 3. Determinación del grado de invasión

Este paso permite establecer y determinar cuál es el grado de invasión que se presenta en determinada área. El grado de invasión nos permite tener una idea de que tan elevados, moderados o bajos son los riesgos que puede generar la planta invasora en el ecosistema. Dicho aspecto puede determinarse de diversas maneras, como por ejemplo el conteo de hospederos a través de la implementación de unidades de muestreo como parcelas, en las cuales se pueda tener un estimado de cuantos individuos de la zona están siendo invadidos. También se puede realizar una fotografía área de la zona de influencia con ayuda de drones, en la cual se evidencien los focos de invasión y se determine su magnitud. Por otro lado, se puede realizar un análisis basado en diversas observaciones a lo largo del territorio usando aplicativos en los que se pueda reportar la presencia de la especie (colombia.inaturalist.org). Establecer el grado de invasión es fundamental para reconocer el daño que se ha ocasionado y así poder complementar los criterios de priorización en la selección de los predios a intervenir (figura 40).



 **Figura 40.** Invasión de *T. alata* con un grado elevado en un bosque secundario de vegetación baja en el Oriente antioqueño.



Fase 2. Educación Ambiental

La fase 2 hace referencia a la creación y puesta en marcha de iniciativas de educación ambiental, en las cuales se crea un vínculo con la comunidad, el cual puede incentivar la conciencia de recuperar los ecosistemas degradados. De igual manera, en esta fase se trata el tema de las barreras, las cuales indican hasta qué punto el contexto local permite implementar los respectivos programas de manejo. Estas barreras deben ser superadas al implementar cierto tipo de estrategias que permitan alcanzar los resultados esperados. La solución a dichas barreras dependerá de diferentes factores inherentes a las comunidades y el área de estudio. Por esta razón dichas estrategias no están incluidas en la presente serie de pasos.

Paso 1. Trabajo comunitario

En este paso se debe explorar la aceptación que se obtendría por parte de la comunidad para poner en funcionamiento la estrategia de control. Asimismo, es importante contar con su participación para así establecer cuáles han sido las problemáticas que se han evidenciado con la presencia de las especies invasoras en su territorio. Es de vital importancia este vínculo debido a que este tipo de proyectos deben ser constantes, y son las comunidades las indicadas para que el proceso continúe.

Toda comunidad tiene diferentes formas de abordar y desarrollar estrategias siempre y cuando se tengan los insumos necesarios para su implementación. En este caso dichos insumos tienen que ver con el conocimiento de la especie a controlar. Es por esta razón que en el capítulo 2 del presente libro se muestran diferentes aspectos de la historia de vida de la especie, con el objetivo de ser transmitidos a las diferentes comunidades en esta fase (figura 41). Conociendo dichos aspectos se pueden generar diferentes iniciativas para el manejo y control.





 **Figura 41.** Talleres enfocados en el componente de educación ambiental sobre la especie invasora.

Diversos estudios realizados sobre especies invasoras destacan que las comunidades son el pilar fundamental para establecer las estrategias de control. Son ellos los que deben tener en cuenta la vulnerabilidad y susceptibilidad de invasión dentro del territorio, para así prevenir y evitar que se dé la colonización de las especies exóticas. A lo largo de esta fase de educación ambiental es necesario enfatizar en la idea de no utilizar a *T. alata* por su atractivo estético ni mucho menos por su condición de floración permanente.

Esta estrategia debería ser abordada en los planes de estudio de formación básica primaria y secundaria. Así mismo, esta iniciativa podría liderarse desde diferentes entidades como lo son los acueductos municipales, juntas de acción comunal y UMATAs correspondientes. Teniendo en cuenta que muchas de las especies invasoras han sido ampliamente distribuidas por su uso como plantas ornamentales, el resultado de estas iniciativas de planificación podría evitar posibles conflictos en los miembros de la comunidad, especialmente en las jornadas de erradicación.

Paso 2. Determinar las barreras en el proceso

Este paso es de suma importancia debido a que permite determinar cuáles son las barreras naturales o antrópicas que se interponen e impiden realizar el manejo integral de la especie, en este contexto se consideran como barreras las restricciones que dificultan el control en las zonas invadidas. Por ejemplo, hay diversas barreras asociadas a condiciones naturales como la topografía, cercanía a fuentes hídricas, alturas, entre otros aspectos desfavorables que limitan el manejo de las invasoras. También, cabe resaltar que hay barreras sociales que limitan la implementación de los procesos de control, debido a

que muchas personas van a estar en total desacuerdo con dicho proceso. A su vez, estas barreras hacen referencia a zonas de alto riesgo (figura 42) en las cuales se pueden encontrar peligros que atentan contra la integridad de las personas encargadas de las actividades.



Figura 42. Invasión presente en cables de energía, lo que representa un riesgo para la comunidad que trata de realizar el control.



Fase 3. Diseño Metodológico

La fase 3 establece el diseño más adecuado para el control y manejo de la especie invasora con la que se está trabajando, en este caso *T. alata*. Los procesos de mitigación y manejo de la invasión se basan en una relación costo- beneficio. Esta relación está dada para satisfacer las necesidades de la comunidad, debido a que se deben implementar herramientas que sean eficientes y de bajo costo. Lo cual conlleva a que se genere un beneficio social. Esta fase es complementaria a la fase de educación ambiental y tiene un importante componente práctico.

Paso 1. Definición de la técnica de erradicación

Con este paso se pretende definir la técnica de erradicación que sea más adecuada. Diversas técnicas se han establecido para controlar especies invasoras en el territorio Colombiano. Aunque cabe resaltar que no todos los mecanismos de manejo y control tienen la misma eficiencia todas las especies, por lo cual se debe determinar la medida acorde a cada contexto. Un caso en especial es la estrategia planteada por Aguilar (2010), en la cual se establece la erradicación de *Ulex europaeus*. Al comparar esta especie con *T. alata*, dos invasoras de alto grado que afectan los ecosistemas, se puede determinar que la primera es una especie muy dependiente de la luz, comúnmente encontrada en potreros o plantaciones bajas, mientras que la segunda puede invadir zonas muy impactadas como potreros pero es afín a bosques maduros y de plantaciones nativas, ya que requiere de un soporte para que su ciclo de vida se lleve a cabo de forma adecuada para su dispersión efectiva.

El ojo de poeta no tiene limitaciones en cuanto a los niveles de luminosidad, además su hábito de trepadora le permite llegar hasta la copa de los árboles para captar la radiación lumínica en el ecosistema. Por otro lado, *Ulex europaeus* es un arbusto leñoso que crea matorrales densos en zonas altamente disturbadas.

Paso 2. Análisis del origen y causas de la problemática

Las bases para formular este plan de manejo son los resultados de varios meses de investigación en los cuales se han abordado diversos aspectos del comportamiento de la especie en el altiplano del Oriente antioqueño. La información generada en torno a la planta y su poder invasivo en los ecosistemas permite determinar cuáles son los problemas y los efectos generados, los cuales se explican en la figura 43.





Figura 43. Origen y problemáticas de la introducción de *T. alata* en nuestro territorio.

A partir del conocimiento de los orígenes de la problemática de invasión dada por esta especie se puede comprender como es que ha alcanzado efectos tan nocivos en los ecosistemas y a su vez determinar lo que fomenta su potencial colonizador. Así mismo esto permite presentar a la comunidad cuales son las problemáticas que se tienen con las especies invasoras y mostrar a su vez la falta de mecanismos o herramientas que permitan su control. Por otro lado, este esquema de problemas permite determinar las falencias sociales, culturales y de educación ambiental entorno a *T. alata*, lo cual da lugar para proponer medidas viables y efectivas a la hora de realizar el manejo integral.

Paso 3. Implementación del proceso de control

Para el manejo de *T. alata*, se recomienda realizar una erradicación manual de la especie (figura 44), la cual puede ser realizada con ayuda de herramientas como machetes, rastrillos con cuchillas y ganchos de acero que sirvan para alcanzar las partes altas. Al hablar de un control manual a gran escala se presenta una dificultad debido a la cantidad de biomasa que se puede generar, por lo tanto, se debe ser muy cuidadoso a la hora de realizar el control, para así evitar que se dé una dispersión mayor.

Pasos para el proceso de control

- 1 Inicialmente se debe seleccionar el foco de invasión que se desea tratar, determinando muy bien cuales son las especies que cumplen la función de hospederas y evitar daños mecánicos en estas.
- 2 Es importante contar con la herramienta necesaria para realizar el proceso como machetes, costales rastrillos, ganchos, picadoras entre otras.
- 3 Se debe tener en cuenta el uso de medidas de protección como guantes, gafas, ropa y calzado adecuado.
- 4 Con el machete, los rastrillos o ganchos se comienzan a remover el material vegetal de las partes más altas, teniendo mucha cautela de no esparcir el material. Para evitar las dispersiones involuntarias se debe colocar un plástico en la zona de trabajo para que los residuos como semillas y esquejes no caigan al suelo y puedan ser recolectados con facilidad.
- 5 A su vez se puede realizar un control más contundente, buscando el punto donde la invasora esta enraizada y cortándola de raíz.
- 6 Luego de tener toda la biomasa recolectada, esta se debe almacenar en costales tratando de no olvidar ningún residuo en la zona.
- 7 A la par que se realiza el control de los individuos adultos, es necesario tener en cuenta los individuos juveniles o plántulas, para esto en el capítulo 2 ofrecemos una completa descripción que permitirá su reconocimiento en campo.
- 8 Si el control que se desea realizar es más exhaustivo y se cuenta con los medios y el personal necesario, se recomienda tomar muestras de suelo, preferiblemente del horizonte superior y tamizarlas para extraer

los cientos de semillas que ahí reposan, las cuales reiniciarán el proceso de recuperación de la invasora (Ver Cap2 figura 19).

- 9 Con todos los residuos almacenados en costales se procederá a picarlos de manera muy fina, esto se puede realizar con machetes, pica pastos e inclusive con una guadañadora. La intención es que el material (tallos, hojas, frutos y plántulas) quede en fracciones muy pequeñas y que no tengan la posibilidad de regenerarse.
- 10 Se debe realizar un hoyo en la tierra, este debe ser de al menos 1m³ y el material de suelo extraído debe ser conservado para su posterior uso.
- 11 La biomasa previamente almacenada en costales se dispone a ser depositada en el hoyo, teniendo mucho cuidado de no dispersar fragmentos de la invasora en los alrededores.
- 12 A continuación, se debe aplicar una capa de óxido de calcio (cal) sobre los residuos dispuestos, para neutralizarlos.
- 13 Se tapa el hoyo, el cual se aconseja marcar para poder ubicar fácilmente el sitio de almacenamiento de los desechos.
- 14 Se recomienda realizar un seguimiento quincenal del hoyo en el que se dispuso toda la biomasa, en el que se pueda observar si se da algún rebrote de la planta, para así realizar un control puntual y eficiente.

El control determinado para *T. alata* hace referencia a una necesidad social y ambiental que se presenta en el altiplano del Oriente antioqueño, dicho esto se considera como una prioridad fomentar y capacitar a la ciudadanía en torno a la estrategia de control, para así aplicar acciones que sean efectivas en el tratamiento de todas las fases involucradas en el proceso. Es importante anotar que la estrategia aquí socializada podrá tener variantes dependiendo del contexto y del escenario seleccionado.



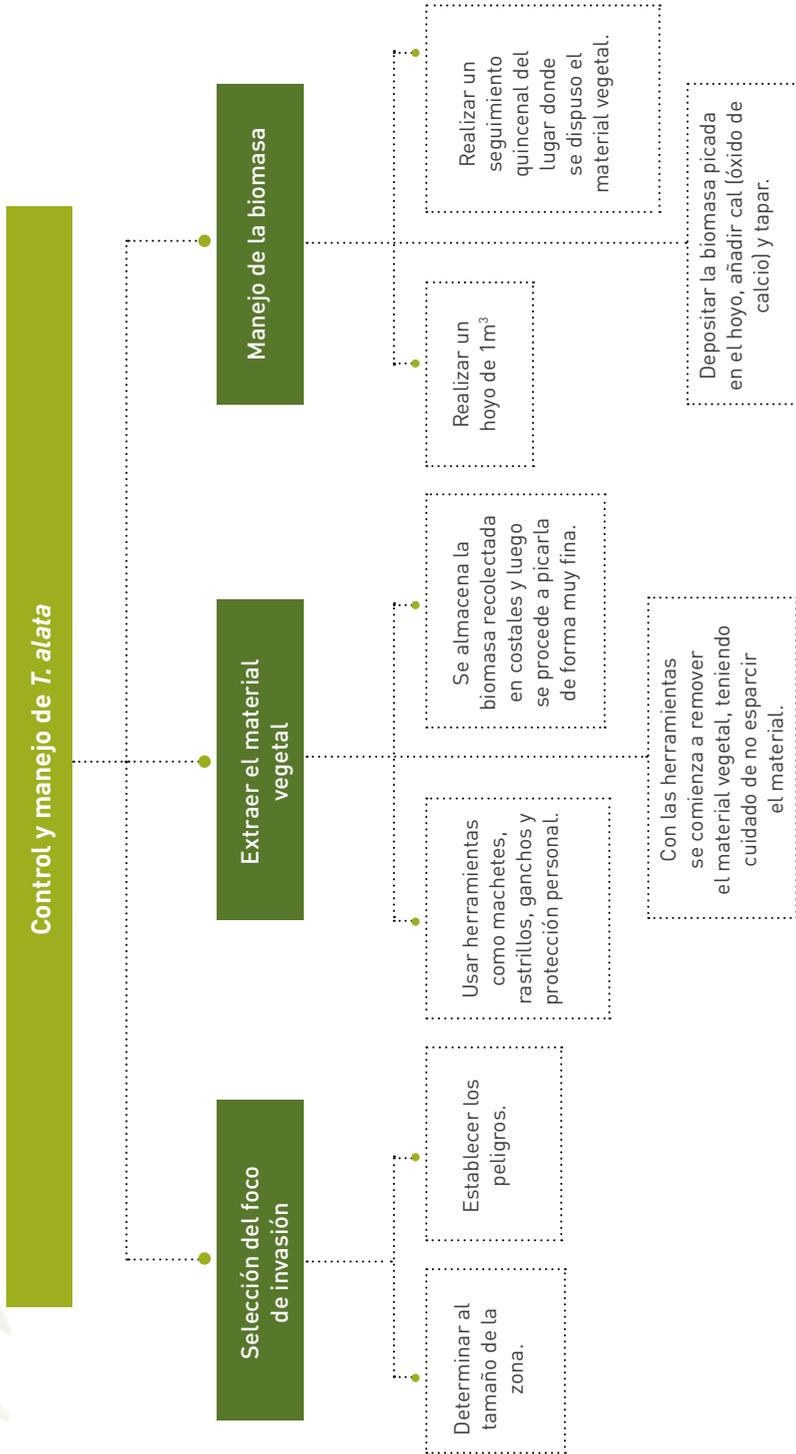


Figura 44. Esquema para realizar el manejo y control de *T. alata* en el Oriente antioqueño.



Fase 4. Monitoreo

La última fase para que la estrategia sea exitosa consiste en realizar un monitoreo constante en el que se pueda verificar la eficiencia del control y así evitar el posible establecimiento de la especie invasora nuevamente, además esta etapa permite generar modificaciones que sean necesarias para mejorar la estrategia. De igual manera, se debe tener presente la consolidación del proceso, esto debido a que se debe evaluar si los riesgos y las barreras fueron superados. Dando lugar al establecimiento de grupos que lideren las acciones y fomenten prácticas agroambientales para el control de las especies invasoras.

De igual manera, en esta fase de monitoreo se debe tener en cuenta el manejo del banco de semillas presente en suelo de la zona donde se realizó el control, es por tal motivo que debe haber un seguimiento de esta para manejar las plántulas en sus primeros estadios, para realizar este control será posible hacerlo de forma manual y hacer uso de herramientas como rastrillos, palas y azadones. Esto permitiría tener un espacio libre y controlado de ojo de poeta.

El monitoreo se considera la fase más importante, en la cual se puede establecer la efectividad del proceso y a su vez levantar información para tener un conocimiento más amplio de la especie, además es necesario establecer con cuanto tiempo se vuelve a presentar la propagación o si en definitiva se inhibe su crecimiento, esto permite que los datos recolectados para el manejo sean robustos y puedan ayudar a mejorar el proceso.



Glosario

Ápice: parte de una hoja o cotiledón de una planta que está más distal de la inserción de la hoja en el tallo y que está más distanciado de la base.

Apotraqueal: Parénquima longitudinal de la madera que no está en relación con los vasos.

Axonomorfa: dicho de una raíz que presenta un eje principal diferenciable y de más grosor y raíces laterales menos gruesas.

Base: parte de una hoja o cotiledón que está más proximal a la inserción de la hoja en el tallo.

Bráctea: hoja modificada que esta junto la flor.

Carpelo: hojas modificadas que envuelven y protegen los óvulos.

Caulinar: (del lat. *caulinaris*, de *caulis*, el tallo), adj. Concerniente al tallo: hojas *caulinares*, por oposición a las basilares o radicales.

Circumnutación: es un tipo de movimiento que se da por la rotación de estos órganos en todas las direcciones posibles. Es un tipo de *nutación* que ocurre en órganos cilíndricos, como tallos, hojas cilíndricas o raíces.

Colpoespiral: Apertura en espiral alargada que atraviesa todo el grano de polen.

Corola: estructura que forma el perianto (sépalos y pétalos) de la flor, la cual protege los órganos reproductivos y a su vez puede servir de atracción para los polinizadores.

Cotiledones: estructuras embrionarias presentes en la *semilla* que cumplen la función de almacenamiento de nutrientes. Una vez la semilla germina la *plántula* utiliza estas reservas para la fase de establecimiento.

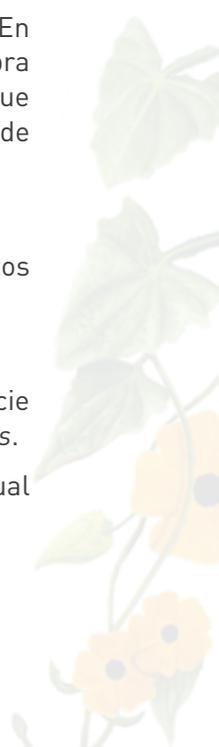
Criptocotilar: es un tipo de germinación en la que los cotiledones no emergen de la testa seminal y permanecen escondidos hasta que las reservas almacenadas se agoten.

Diáspora: Una diáspora consiste en el embrión o en los embriones y el complejo orgánico acompañante que la planta separa de sí para la propagación.

Embrión: etapa inicial del ciclo de vida de una planta que se desarrolla a partir de un ovulo fecundado y que dará lugar a un nuevo individuo.

Epicótilo: tallo que se encuentra por encima de los cotiledones.

- Epigeo:** proceso o estructura que ocurre por encima de la superficie del suelo. i.e. germinación *epigea*: cuando los cotiledones son *epigeos*.
- Estambre:** estructura de la flor que contiene los sacos polínicos, donde se encuentran los granos de polen.
- Estigma:** estructura del gineceo que recibe los granos de polen.
- Estilo:** parte superior del ovario que se prolonga como un tubo por donde pasa el tubo polínico y los gametos masculinos.
- Exina:** Pared celular más externa del grano de polen, la cual se puede dividir en *sexina* (más externa) y *nexina* (más interna).
- Fanerocotilar:** es un tipo de germinación en la que los cotiledones emergen de la testa seminal y quedan totalmente expuestos. i.e. plántula *fanerocotilar*.
- Fibras libriformes:** presentan paredes muy gruesas, puntuaciones simples con canal de la puntuación cilíndrico o infundibuliforme (en forma de embudo aplanado).
- Foliáceo:** que tiene la apariencia de una hoja. i.e. *cotiledones foliáceos*.
- Gamopétala:** pétalos de la flor fusionados o unidos.
- Gamosépalo:** sépalos de la flor fusionados o unidos.
- Germinación:** proceso mediante el cual el embrión contenido en la semilla brota de dentro de la testa seminal, creciendo y diferenciando sus estructuras para convertirse en una planta.
- Germinar:** (del lat. *germinare*, brotar, echar vástagos la planta), v. intr. En las espermatofitas cuando el embrión contenido en la semilla recobra su actividad vital, amortiguada durante más o menos tiempo, se dice que *germina* y el fenómeno recibe el nombre de *germinación*. La absorción de agua y una temperatura adecuada la provocan.
- Gineceo:** conjunto de órganos femeninos de la flor.
- Grano de polen:** es la fuente y la unidad de transporte de los gametos masculinos (o su célula progenitora) de las plantas
- Hipocótilo:** tallo que se encuentra por debajo de los cotiledones.
- Hipogeo:** proceso o estructura que ocurre por debajo o sobre la superficie del suelo. i.e. germinación *hipogea*: cuando los cotiledones son *hipogeos*.
- Hospedero:** Planta que es invadida por un parásito u otra planta y de la cual éste obtiene sus nutrientes.
- Isopolar:** grano de polen en el cual los polos son iguales.



Medula: En los tallos de las eudicotiledóneas, gimnospermas y en los de algunos pteridófitos, dicese, metamórficamente del parénquima incoloro y de membranas sutiles que ocupa la parte interna del cilindro central, limitado al exterior por los haces vasculares.

Mesófilo: Conjunto de tejidos que se hallan entre ambas epidermis de la hoja y entre los nervios de la misma.

Mónade: unidad que consiste en un solo grano de polen.

Nutación: movimiento realizado por las plantas, que se da por la inclinación o rotación sucesiva de las hojas, tallos o raíces en varias direcciones. i.e. *circumnutación*.

Oblato-Esférico: grano de polen casi como una esfera, pero un poco achatado en el polo polar.

Parénquima: Tejido vegetal esponjoso de las células vivas que rellena los intersticios dejados por los vasos y que puede tener funciones diversas según su ubicación, como reservar sustancias, fotosintetizar o rellenar.

Pétalo: hojas modificadas de la corola de la flor, los cuales por lo general son de colores vistosos.

Plántula: etapa inicial de una planta que ocurre después de la germinación de la semilla. Se caracteriza por la presencia de una *radícula*, el *hipocótilo*, el *epicótilo*, los *cotiledones* y las primeras hojas verdaderas.

Protófilas: primeras hojas de la plántula que son diferentes a las de la planta adulta.

Pubescencia: dicho de una superficie vegetal que está cubierta de tricomas pelos.

Radícula: estructura embrionaria y de la plántula que dará lugar a la raíz de la planta adulta después de la germinación.

Sépalo: hojas que pueden ser o no modificadas que hacen parte del cáliz de la flor.

Testa: En la semilla cubierta externa de la misma que puede corresponder o no a la primina del rudimento seminal. La testa suele ser más dura que la endopleura, o parte interna de la cubierta seminal.

Traqueida: Son un tipo de célula conductora del xilema, por donde circula la savia bruta. Son capaces de transportar agua ya que después de madurar las traqueidas pierden sus organelos y citoplasma, quedando como un conducto. Es propio de las gimnospermas.

Tricoma: extensión de las células epidérmicas de las plantas, los cuales pueden verse semejantes a pelos.

Tricomas filiformes multicelulares: son tricomas compuestos por varias células, los cuales forman una especie de hilo.

Tricomas: prolongaciones celulares de origen epidérmico de formas y tamaños variables. Pueden ser simples y filiformes o poseer glándulas y otras estructuras más complejas.

Truncada: dicho del ápice o la base que termina en una sección o plano transversal.

Voluble: hábito de crecimiento de una planta trepadora o enredadera. Necesita de un soporte para crecer.

Xilema: también conocido como leña o madera, es un tejido vegetal lignificado de conducción que transporta líquidos de una parte a otra de las plantas vasculares. Transporta agua, sales minerales y otros nutrientes desde la raíz hasta las hojas de las plantas.



Bibliografía

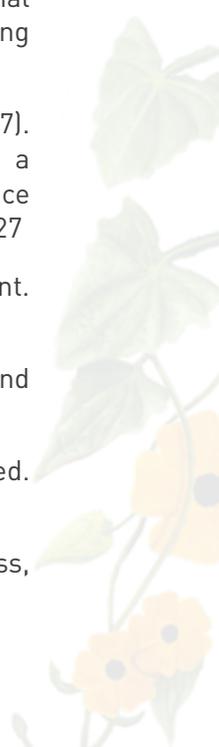
- Aguilar-Garavito, Mauricio. (2010). restauración ecológica en áreas afectadas por *Ulex europaeus* L. (retamo espinoso) en la Serranía el Zuque. localidad 4 San Cristobal, reserva forestal protectora bosque oriental de Bogotá. Bogotá, d. c., Colombia. 10.13140/rg.2.2.21162.62402.
- Ahmed, SH., Abdelgani, ME. y Yassim, AM. (2009) Effects of interaction between Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal (VAM) fungi and Root-Knot Nematodes on Dolichos Bean (*Lablab niger* Medik.) plants. Am. - Eurasian J. Sustain. Agric. 3 (4): 678-683.
- Allen, M. (1996). The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20 th century and a peek into the 21th. Mycological Research, 100 (7) pp. 769-782
- Ángel, M. U. (1885). Geografía general y compendio histórico del estado de Antioquia en Colombia. Imprenta de Victor Goupy Jourdan.
- Balkwill, K., & Campbell-Young, G. (1999). Taxonomic studies in Acanthaceae: Testa microsculpturing in southern African species of *Thunbergia*. Botanical Journal of the Linnean Society. <https://doi.org/10.1006/bojl.1999.0281>
- Baptiste, M.P., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F.P., Gil, D.L., y Lasso C.A. (Eds.). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 200 p.
- Barea, J.M., R. Azcón, and C. Azcón-Aguilar. (2002). Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. Antonie van Leeuwenhoek, 81: 343-351.
- Barnett, H.L. & Hunter, Barry B. (2003). Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth edition. APS PRESS, the American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota 218 p.
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. Seed Science Research, (November). <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>
- Baskin, C., & Baskin, J. (2014). Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Elsevier Inc. All rights reserved. (Vol. 2). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-080260-9.X5000-3>

- Brundrett Mark C. (2009). Micorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means. *Plant Soil*. 320:37-77.
- Calderón, E. (2003). Plantas invasoras en Colombia: una visión preliminar. Instituto Alexander-Von-Humboldt. Programa de Biología de la Conservación, Línea 'Especies Focales'. Bogotá, D.C. 14 de septiembre de 2003. Documento Interno. Instituto Humboldt.
- Cárdenas-López, D., Baptiste M.P. y Castaño N. (Eds). (2017). Plantas exóticas con alto potencial de invasión en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. 295pp.
- Cárdenas-Toro, J., Baptiste, E., Piedad, M., Ramírez, W., Aguilar-Garavito, M., Gutiérrez, F. D. P., & Barrera-Cataño, J. I. (2016). Herramienta para la gestión de áreas afectadas por invasiones biológicas en Colombia.
- Carlquist, S. (1988). Wood anatomy of Acanthaceae: a survey. *Aliso*, 12(1), 201–227. <https://doi.org/10.5642/aliso.19881201.15>
- CORNARE, (2015). Circular No. 29 del 20 de noviembre de 2015. Recuperado de <https://www.cornare.gov.co/circular/Circular-Especies-Invasoras-2015.pdf>. Fecha de acceso: 25 de agosto de 2019.
- CORNARE, (2018). Medidas para el manejo de la especie invasora, 'ojo de poeta' en la región. <http://www.cornare.gov.co/sala-de-prensa/informativo/noticias-corporativas/712-medidas-para-el-manejo-de-la-especie-invasora-ojo-de-poeta-en-la-region>.
- Cuevas, Y. A., & Zalba, S. M. (2013). Efecto del tipo de corte y de tratamientos en el mantillo para la restauración de pastizales naturales invadidos por *Pinus halepensis*.
- Darwin, C. (1865). On the movements and habits of climbing plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 9: 1– 118.
- Darwin, C. (1880). *The power of movement in plants*. John Murray, London, UK.
- De Souza, T. V., Torres, I. C., Steiner, N., & Paulilo, M. T. S. (2015). Seed dormancy in tree species of the Tropical Brazilian Atlantic Forest and its relationships with seed traits and environmental conditions. *Revista Brasileira de Botânica*, 38(2), 243–264. <https://doi.org/10.1007/s40415-014-0129-3>
- 

- Dobbins, D. R., & Fisher, J. B. (1986). Wound Responses in Girdled Stems of Lianas. *Botanical Gazette*. <https://doi.org/10.1086/337595>
- Erdtman, G. (1969). *Handbook of palynology-morphology-taxonomy-ecology*. New York: Hafner Publ. Comp.
- Fonnegra, R. (1992). Análisis palinológico de la miel de abejas del Suroeste Antioqueño. Centro de Investigaciones Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín. 236p.
- Fox, R.L. and Kamprath, E.J. (1970) Phosphate Sorption Isotherms for Evaluating the Phosphorus Requirement of Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 34, 902-907. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1970.03615995003400060025x>
- Fracchia, S., Aranda, A., Gopar, A., Silvani, V., Fernandez, L. y Godeas, A. (2009). Mycorrhizal status of plant species in the Chaco Serrano Woodland from central Argentina. *Mycorrhiza*. 19: 205-214
- Gadkar, V., R. David-Schwartz, T., Kunik, and Y. Kapulnik. (2001). Arbuscular mycorrhizal fungal colonization. Factors involved in host recognition. *Plant Physiology*, 127: 1493-1499.
- Garwood, N. C. (1996). Functional morphology of tropical tree seedlings. *The ecology of tropical forest tree seedlings*.
- Garwood, N. C., & Tebbs, M. (2009). *Seedlings of Barro Colorado Island and the neotropics*. Comstock Pub. Associates-Cornell University Press.
- Giovannetti, M. and B. Mosse. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol*, 84: 489-500.
- Gutiérrez-Bonilla, F. D. P., Baptiste, E., Piedad, M., García, L., Lina, M., Cárdenas, T., ... & Aguilar-Garavito, M. (2017). Plantas exóticas con alto potencial de invasión en Colombia.
- H., A. W. (1908). Systematic Anatomy of Dicotyledons: a Handbook for Laboratories of Pure and Applied Botany. *Nature*, 79(2043), 211-212. <https://doi.org/10.1038/079211a0>
- Habte M, Osorio NW. (2001). Arbuscular Mycorrhizas: Producing and applying Arbuscular Mycorrhizal Inoculum. University of Hawaii, Honolulu; 47 p.
- Haselwandter, K. and G. D. Bowen. (1996). Mycorrhizal relations in trees for agroforestry and land rehabilitation. *Forest Ecology and Management*, 81: 1-17.

- Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. Tropical science center. San José, Costa Rica.
- Isnard, S. and Silk, W. K. (2009), Moving with climbing plants from Charles Darwin's time into the 21st century. *American Journal of Botany*, 96: 1205-1221. doi:10.3732/ajb.0900045
- Jakobsen, I., Abbott, L.K. and Robson, A.D. (1992a). External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. 1. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots. *New Phytologist*, 120: 371-380.
- Jakobsen, I., Abbott, L.K. and Robson, A.D. (1992b). External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. 2. Hyphal transport of ^{32}P over defined distances. *New Phytologist*, 120: 509-516.
- Johansen, A., Jakobsen, I. and E.S. Jensen. (1993). External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. 3. Hyphal transport of ^{32}P and ^{15}N . *New Phytologist*, 1993: 61-68.
- Kormanik, P.P., McGraw, A.C. and Schultz, R.C. (1980). Procedure and equipment for staining a large number of plant samples for endomycorrhizal assay. *Can. J. Microbiol.*, 26: 536-538.
- Lockwood, J. L., Cassey, P. y Blackburn, T. (2005). The role of propagule pressure in explaining species invasion. *Trends in Ecology and Evolution* 20(5): 223-228. DOI: 10.1016/j.tree.2005.02.004.
- López, D. C., Arboleda, N. C., & Toro, J. C. (2011). Plantas introducidas, establecidas e invasoras en Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI".
- Mansfeld-Giese, K., Karsen, J. and Bødker L. (2002). Bacterial populations associated with mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *FEMS Microbiology Ecology*, 41: 133-140.
- Melo, M. P., Soares, D. J., Araújo, J. S. P., & Tostes, G. O. (2009). *Alternaria* leaf spot, caused by *Alternaria thunbergiae*, recorded for the first time on *Thunbergia alata* from Brazil. *Australasian Plant Disease Notes*, 4(1), 23-25. <https://doi.org/10.1071/DN09010>
- Meyer, J. Y., & Lavergne, C. (2004). Beautés fatales: Acanthaceae species as invasive alien plants on tropical Indo-Pacific Islands. *Diversity and Distributions*, 10(5-6), 333-347.

- Mora Goyes, M.F., Rubio, J.A., Gutiérrez, R. y Barrera Cataño, J.I. (2016). Catálogo de Especies invasoras del territorio CAR.
- Newbery, F., Beal, E., & Scrace, J. (2019). First record of *Alternaria thunbergiae* on *Thunbergia alata* in Europe . *New Disease Reports*. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2019.039.014>
- Olden, J. D. y Poff, N. L. R. (2003). Toward a mechanistic understanding and prediction of biotic homogenization. *The American naturalist* 162(4): 442-460. DOI: 10.186/378212.
- Oviedo Prieto, Ramona & Gonzalez-Oliva, Lisbet & Regalado, Ledis & Hechavarría Schwesinger, Lucia & Herrera Oliver, Pedro & A Hernández, Juan & A Castañeira, María & Brull Puebla, Gabriel. (2012). Protocolo para la detección y manejo de plantas invasoras o potencialmente invasoras en áreas naturales y seminaturales de cuba. *Bissea*. 6.
- Phillips, JM, y Hayman, DS. (1970). Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*; 55: 158-161.
- Porter, W. (1979). The "Most Probable Number" method for enumerating infective propagules of vesicular arbuscular micorrizal fungi in soil. *Australian Journal of Soil Research*, 17: 515-519.
- Prieto, M. L. (1977). Plantas silvestres, ornamentales y malezas hospederas de hongos fi topato genos. 5. Seminario Nacional de Fitopatología. Acarigua-Araure (Venezuela). 14-17 Sep 1977.
- Prieto, R. & Gonzalez-Oliva, L. & Regalado, L. & Schwesinger, L. & Oliver, P. & Hernández, J. & Castañeira, M. & Puebla, G.. (2012). Protocolo para la detección y manejo de plantas invasoras o potencialmente invasoras en áreas naturales y seminaturales de cuba. *Bissea*. 6.
- Pysek, P. (1998) Is there a taxonomic pattern to plant invasion. *Oikos*, 82, 282–294.
- Randall, J. M.; L. E. Morse; N. Benton; R. Hiebert & T. Killeffer. (2008). The Invasive Species Assessment Protocol: A Tool for Creating Regional and National List of Invasive Nonnative Plant Negatively Impact Biodiversity. *Invasive Plant Sc. Manag.*, 1:36-49.
- Remy, W., Taylor, T.N., Hass, H. and Kerp H. (1994). Four hundred million year old vesicular arbuscular mycorrhizae. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 91: 11841-11843.

- Rilling, M. (2004). Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystem processes. *Ecology Letters*, 7: 740-754.
- Ríos, Felipe & Vargas, Orlando. (2003). Ecología de las especies invasoras. Pérez Arbelaezia. 14. 119 - 148.
- Ríos, O. V. (Ed.). (2011). La restauración ecológica en la práctica: memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
- Sakai, A. K., Allendorf, F. W., Holt, J. S., Lodge, D. M., Molofsky, J., With, K. A., ... & McCauley, D. E. (2001). The population biology of invasive species. *Annual review of ecology and systematics*, 32(1), 305-332.
- Sánchez, M. (1999). Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. Departamento de Ciencias Básicas. 1-227.
- Santamaría, L., Pericás, J., Carrete, M., & Tella, J. L. (2008). La ausencia de enemigos naturales favorece las invasiones biológicas. *Invasiones biológicas*. (M. Vilà, F. Valladares, A. Traveset, L. Santamaría, P. Castro, Eds.). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid, España.
- Sautu, A. E. (2004). Ecology , Morphology , and Germination Physiology of Tree Seeds in a Tropical Semievergreen Forest in the Panama Canal Watershed , With Special Reference To Seed Dormancy Classes Along a Precipitation Gradient, 121.
- Sautu, A., Baskin, J. M., Baskin, C. C., Deago, J., & Condit, R. (2007). Classification and ecological relationships of seed dormancy in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Seed Science Research*, 17(2), 127-140. <https://doi.org/10.1017/s0960258507708127>
- Sieverding, E. (1991). Vesicular-Arbuscular mycorrhiza management. *Editorial GTZ, Eschbor*, 57-72 pp.
- Silvia, DM. Fuhrmann, JJ., Hartel, PG. y Zuberer, DA. (2005). Principles and applications of soil microbiology. 2nd Edition. Pearson Prentice Hall.
- Sims, J. (1801). Curtis's botanical magazine, or, flower-garden displayed. *Botanical magazine, or, Flower-garden displayed*.
- Smith, S. and D. Read. (1997). *Mycorrhizal Symbiosis*, Ed 2. Academic Press, London, 330 p.
- 

- Smith, S. and V. Gianinazzi-Pearson. (1990). Phosphate uptake and arbuscular activity in mycorrhizal *Allium cepa* L.: Effects of photon irradiance and phosphate nutrition. *Australian Journal of Plant Physiology*, 17: 177-188.
- Triplehorn, C. A. y Johnson, N. F. (2005). Borror and Delong's introduction to the study of insects. 7th Edition Thompson, Brooks/Cole. pp. 864.
- Vaissiere, B.; Freitas, B. M.; Gemmill-Herren, B. (2011). Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma, Italia. 72 p
- Zangaro, W., Pereira-Ansanelo, A., Azevedo Marques L. E., de Almeida-Alves, R., Lirio Rondina, A. B. and Nogueira M. A. (2012). Infection intensity, spore density and inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi decrease during secondary succession in tropical Brazilian ecosystems. *Journal of Tropical Ecology*. 28:453-462. doi:10.1017/S0266467412000399.



Este libro se terminó de imprimir
en los talleres Divegráficas
en el mes de noviembre de 2019.