

INIAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Manejo integrado de la enfermedad "MUERTE REGRESIVA" EN TECA (*Tectona grandis* L.f.)

Ministerio de Agricultura y Ganadería

República del Ecuador

Gobierno del Encuentro

Juntos lo logramos

Estación Experimental Tropical Pichilingue
INIAP

Estación Experimental Tropical Pichilingue
INIAP

Estación Experimental Tropical Pichilingue
INIAP

Manejo integrado de la enfermedad
"MUERTE REGRESIVA" EN TECA
(*Tectona grandis* L.f.)

AUTORIDADES

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR
Sr. Guillermo Alberto Santiago Lasso Mendoza

MINISTRA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
Ing. Tanlly Vera Mendoza

DIRECTOR EJECUTIVO DEL INIAP
Ing. Andrés Andrade Espinel

DIRECTOR DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE
Dr. Luis Pinargote García

DIRECTOR DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PORTOVIEJO
Ing. Jim Ochoa Ramos

FOTOGRAFÍAS
Tomadas por los autores

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN
Diego Enríquez Cañizares

IMPRESIÓN
INDIGO480

ISBN
978-9942-22-532-0

JUNIO 2021

REVISIÓN TÉCNICA

Interna

Comité de publicaciones de la Estación Experimental Pichilingue (EETP): M.Sc. Wuellins Durango, M.Sc. Ignacio Sotomayor, Dra. Consuelo Díaz y M.Sc. Iván Garzón.
Dirección de Gestión de Conocimiento Científico y Dirección de Transferencia de Tecnología del INIAP.

Revisión por pares externos

Miguel Guara Requena, Ph.D. (España). Doctor en Biología (Botánica) por la Universidad de Valencia. Profesor titular de la Universidad de Valencia (UV), Departamento de Botánica y Geología. Director del máster propio de la Universidad de Valencia en Control y Gestión de Plagas.

Carlos Belezaca Pinargote Ph.D. (Ecuador). Doctor en Microbiología por la Universidad Austral de Chile. Profesor titular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). Coordinador del Programa de Maestría en Manejo Forestal Sostenible.

Vera, D.; Cañarte, E.; Navarrete, B.; Espinoza, G.; y Borja, E. 2021. Manejo integrado de la enfermedad "muerte regresiva" en teca (*Tectona grandis* L.f.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ecuador. Primera Edición. 124p.

AUTORES

Danilo Vera, PhD.; Edwin Borja, M.Sc.; Gema Espinoza, Ing.
Departamento de Protección Vegetal (DPV). Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP). Km. 5 vía Quevedo-El Empalme, cantón Mocache, Los Ríos. Teléfonos: 593 5 2783128 / 593 5 2783044 / 593 5 2783138.
Correo electrónico: pichilingue@iniap.gob.ec

Ernesto Cañarte, Ph.D.; Bernardo Navarrete, M.Sc. *Departamento de Protección Vegetal. Estación Experimental Portoviejo (EEP).* Km12 vía Portoviejo-Santa Ana, cantón Portoviejo, Manabí.
Teléfono 593 2 2726806.
Correo electrónico: portoviejo@iniap.gob.ec

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial, sin autorización de los autores.

"Este documento se ha realizado con la ayuda financiera de la Unión Europea, a través de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo AECID. Las opiniones expresadas en el mismo no representan necesariamente la opinión oficial de la Unión Europea ni de la Cooperación Española".

Primera Edición, 2021
© Ministerio de Agricultura y Ganadería
Av. Amazonas y Av. Eloy Alfaro
www.agricultura.gob.ec

La reproducción parcial o total de esta publicación, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando sea autorizada por los autores y se cite correctamente la fuente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA
PROHIBIDA SU VENTA

Ministerio de Agricultura y Ganadería

República del Ecuador

Gobierno del Encuentro

Juntos lo logramos

INIAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Manejo integrado de la enfermedad "MUERTE REGRESIVA" EN TECA (*Tectona grandis* L.f.)

Danilo Vera Coello, Ph.D.
Ernesto Cañarte Bermúdez, Ph.D.
Bernardo Navarrete Cedeño, M.Sc.
Gema Espinoza Zambrano, Ing.
Edwin Borja Borja, M.Sc.

MANUAL TÉCNICO No. 120

2021

Apoyo de **la Unión Europea** al desarrollo del **Talento Humano, Innovación y Transferencia** de Tecnología en el Ecuador

EMBAJADA DE ESPAÑA EN ECUADOR

Cooperación Española

Financiado por la Unión Europea

Estación Experimental Tropical Pichilingue
INIAP

Agradecimiento

Los autores expresan un cordial agradecimiento al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), a su director ejecutivo Ing. Andrés Andrade Espinel, por su apoyo durante la ejecución del proyecto.

Una mención especial a la Unión Europea, por su financiación a través de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) del presente proyecto, el cual no hubiese sido posible trabajar por el bien del productor de teca ecuatoriano.

Al Dr. Anthony Cognato, taxónomo, profesor de Michigan State University (MSU), USA; por su contribución en la identificación taxonómica de los insectos encontrados en las plantaciones estudiadas.

A los Doctores María Antonieta de Cal y Cortina y Manuel González del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), ESPAÑA por sus aportes científicos durante la ejecución del proyecto.

Al Gobierno Nacional de la República del Ecuador, a través la Subsecretaría de Producción Forestal (SPF) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), por facilitar la base de datos de georreferenciación de las plantaciones de teca y el apoyo interinstitucional con el INIAP.

Al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAAE), a través de los técnicos M.Sc. Ricardo Andrade y Lcdo. Carlos Valle, por el apoyo en la consecución de los permisos para el traslado de especímenes entre provincias y envío al extranjero para la identificación de los hongos e insectos escolítidos.

Un profundo agradecimiento a los revisores externos; Dr. Miguel Guara y Dr. Carlos Belezaca por la valiosa contribución técnica y científica en la redacción de esta guía.

Al comité de publicaciones de la EETP y a la Dirección de Gestión del Conocimiento Científico y de Transferencia de Tecnología del INIAP por sus aportes a esta publicación.

Un agradecimiento al equipo técnico del DPV- EETP; Dra. Karina Solís y Mgs. Sofía Peñaherrera por su colaboración durante la ejecución del proyecto teca. Así también, a los Sres. Jorge Morán y Jaime Carranza por la ayuda en las diversas actividades de campo e invernadero.



A la Estación Experimental Portoviejo (EEP) co-ejecutora del proyecto, por brindar apoyo técnico y logístico, a través del Departamento de Protección Vegetal, sección Entomología, en especial al Ing. Antonio Pinargote por el apoyo brindado en las actividades de campo y laboratorio.

Al M.Sc. Iván Garzón e Ing. Mario Iza del Departamento de Biotecnología de la EETP, por su colaboración en la extracción, cuantificación y amplificación de Ácido Desoxirribonucleico (ADN).

Al M.Sc. Jimmy Pico del Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental Central de la Amazonía (EECA), quien brindó apoyo para la colecta de muestras de árboles con síntomas de la enfermedad y levantamiento de información de línea base, en las plantaciones de teca en la región Amazónica.

Al equipo de administración técnica y financiera a través de la Dirección y Departamentos de Contabilidad, Financiero, Administración Técnica, Planificación, Bodega y Compras públicas de la EETP, por el apoyo constante en el manejo y ejecución de los recursos del proyecto.

A los Ings. Patricio González y Rodrigo Aguayo, técnicos del grupo Reybosques y al Ing. James McPerson, productor de teca, por facilitarnos sus instalaciones para el desarrollo del estudio de dinámica poblacional de escolítidos.

A los Ings. Freddy Quiroz, Juan Carlos Aguilar y Juan Carlos Salazar, por el apoyo en las visitas a las plantaciones de teca en la provincia de Esmeraldas, El Oro y Manabí, respectivamente.

Un reconocimiento especial a los productores de teca en Ecuador, por su carismática manera de recibir al equipo técnico, siempre mostrar ese espíritu de colaboración a la hora de facilitar la información requerida durante la investigación y permitir la fotodocumentación que se presenta en este manual.

A la Asociación Ecuatoriana de Productores de Teca y Maderas Tropicales (ASOTECA), por el constante interés en la consecución de resultados de las actividades de investigación del proyecto.

También se le agradece al Sr. Gustavo Cadme, por la ilustración gráfica y al Arq. David Borja, por el diseño de esquemas de esta publicación.

Presentación

En Ecuador, durante los últimos años, se ha observado la presencia de un problema patológico conocido como "muerte regresiva", que está ocasionando la pérdida de unidades productivas a gran escala y que ponen en riesgo la continuidad de las plantaciones de teca, debido a la disminución de los márgenes de rentabilidad. Este problema patológico ha sido reportado por productores y se considera que está creciendo rápidamente, afectando significativamente las principales zonas productoras de teca en el Litoral y en la Amazonía.

Investigaciones realizadas por un equipo multidisciplinario de especialistas del INIAP, con el apoyo financiero de la AECID a través del proyecto 2017/0000400109 "ETIOLOGÍA DE LA PRINCIPAL ENFERMEDAD EN TECA EN ECUADOR Y EL ROL DE LOS INSECTOS EN SU DISPERSIÓN" y con el apoyo técnico de instituciones como el INIA-España y la Universidad Estatal de Michigan, permitieron obtener información relevante de este problema fitosanitario.

En el presente documento titulado MANEJO INTEGRADO DE LA ENFERMEDAD "MUERTE REGRESIVA" EN TECA (*Tectona grandis* L.f.), se resumen las características del estado de las plantaciones muestreadas de las principales zonas productoras de teca en Ecuador, además se presentan los resultados concluyentes de la investigación, así también se ilustran gráficamente las recomendaciones para el manejo de este problema fitosanitario. Este documento se constituye en una fuente de consulta científica para productores de teca, estudiantes, técnicos extensionistas y profesores.

Los autores

Estación Experimental Tropical Pichilingue
INIAP

Resumen

El cultivo de teca en Ecuador ha adquirido gran importancia, principalmente por el alto valor de su madera. Actualmente, se han incrementado exponencialmente sus áreas de cultivo, ubicando al país entre los principales exportadores de teca en el mundo. Sin embargo, el problema fitosanitario conocido como "muerte regresiva" está diezmando las plantaciones. El INIAP, con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, AECID, a través del proyecto 2017/0000400109 "ETIOLOGÍA DE LA PRINCIPAL ENFERMEDAD EN TECA EN ECUADOR Y EL ROL DE LOS INSECTOS EN SU DISPERSIÓN" ha realizado estudios para determinar su agente causal y determinar el rol de los insectos en su dispersión. La presente publicación, tiene como propósito presentar los resultados obtenidos durante la investigación del proyecto, además, de las recomendaciones generadas por más de cinco años de experiencia desarrolladas por el equipo multidisciplinario del INIAP trabajando en el cultivo de teca.

Summary

In Ecuador, teak is of great significance, due to the high value of its timber. Nowadays, the areas planted with teak are increased exponentially, being recognized worldwide between the main teak exporters. However, the disease known as "dieback" is decimating important planted areas. INIAP, with the support of the Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), throughout the project 2017/0000400109 "ETIOLOGÍA DE LA PRINCIPAL ENFERMEDAD EN TECA EN ECUADOR Y EL ROL DE LOS INSECTOS EN SU DISPERSIÓN" has developed studies to determine the etiology of the disease and the role of insects in its dispersion. This guide, has the purpose to show the results obtained during the project research in addition to the recommendations generated for more of five years of experiences obtained from the INIAP multidisciplinary teak team.

Tabla de contenidos

1. Antecedentes 19

2. La teca en Ecuador, características y tipos de plantaciones 21

2.1. Tipos de plantaciones en función del manejo 24
2.1.1. Plantaciones poco intervenidas 24
2.1.2. Plantaciones intervenidas con prácticas forestales deficitarias 26
2.1.3. Plantaciones intervenidas con prácticas forestales adecuadas 27

3. Determinación del agente causal de la "muerte regresiva" 29

3.1. Muestreo 29
3.2. Aislamiento de microorganismos e identificación molecular 31
3.3. Postulados de Koch para determinar el agente causal de la "muerte regresiva" 35
3.3.1. Síntomas externos en plantas inoculadas 36
3.3.2. Síntomas internos en plantas inoculadas 37

4. Reconocimiento de síntomas de "muerte regresiva" en campo 41

4.1. Síntomas externos 42
4.1.1. Brotes epicórmicos 42
4.1.2. Clorosis 43
4.1.3. Pérdida de dominancia. 44
4.1.4. Marchitez 45
4.1.5. Cancrosis 46
4.2. Síntomas internos 48

5. Insectos barrenadores asociados a plantaciones de teca en Ecuador 51

5.1. Estrategias de monitoreo. 51
5.1.1. Observación directa 51
5.1.2. Trampas para intercepción de vuelo para insectos 54
5.1.3. Uso de troncos "trampas" o "centinela" 57
5.2. Especies de barrenadores asociados e identificados en teca 61
5.2.1. Distribución 63
5.2.2. Características de barrenadores de teca (familia Curculionidade) en Ecuador 65
5.2.2.1. Subfamilia Scolytinae 66
5.2.2.2. Subfamilia Platypodinae 71
5.2.3. Familia Bostriquidae 72
5.3. Fluctuación poblacional 72

5.4. Daño 73
5.5. Capacidad de Scolytinae en la dispersión de microorganismos causantes de "muerte regresiva" 78

6. Monitoreo fitosanitario en plantaciones comerciales de teca 81

6.1. Muestreo al azar 83
6.2. Muestreo sistémico 83
6.3. Muestreo estratificado 84
6.4. Muestreo mediante teledetección 84

7. Manejo de la enfermedad "muerte regresiva". 87

7.1. Condiciones climáticas, geofísicas, edáficas y nutricionales que favorece el manejo de la "muerte regresiva" 88
7.2. Manejo de insectos barrenadores de la teca 89
7.3. Labores culturales para el manejo de la enfermedad 95
7.3.1. Selección de material de siembra 95
7.3.1.1. Reproducción por semilla 95
7.3.1.2. Propagación vegetativa por esquejes 96
7.3.2. Control de arvenses (malezas) 97
7.3.3. Poda 99
7.3.3.1. Época de poda 100
7.3.3.2. Consideraciones para realizar una poda adecuada 101
7.3.3.3. Herramientas utilizadas en la poda 102
7.3.3.3.1. Manera adecuada de utilizar las herramientas de poda 103
7.3.3.3.2. Desinfección de herramientas 104
7.3.3.4. Proteccion de heridas utilizando caldo bordelés 105
7.3.3.4.1. Pasos para la preparación de caldo bordelés 105
7.3.3.4.2. Herramientas para la protección de heridas 106
7.3.3.5. Procedimiento para proteger heridas ocasionadas por la poda 107
7.3.4. Raleo 108
7.3.5. Manejo de rebrotes para el renuevo de plantaciones 109
7.3.6. Prácticas deficitarias de manejo forestal 110
7.3.6.1. Manejo inadecuado de rebrotes 110
7.3.6.2. Heridas innecesarias en los árboles 111
7.3.6.3. Presencia de tocones en el fuste 112
7.3.6.4. Fuentes de inóculo en la plantación 113

Referencias Bibliográficas 114
Abreviaturas 117
Glosario de términos 118
Biografía de los autores 120

Índice de figuras

Figura 1. Georreferenciación de plantaciones comerciales de teca en Ecuador (puntos azules) registrados por la Subsecretaría de Producción Forestal SPF (2017), y (cruces rojas) de plantaciones muestreadas por INIAP (2020). **22**

Figura 2. Plantación poco intervenida de aproximadamente nueve años de edad. **24**

Figura 3. Vista general de plantaciones poco intervenidas. a) Plantación con un irregular crecimiento y desarrollo del fuste. b) Patrón de plantación no visible. c) Árbol sin podar que muestra pérdida de dominancia. d) Brote muy desarrollado, denotando la falta poda a tiempo. **25**

Figura 4. Vista general de plantaciones intervenidas con prácticas forestales deficitarias. a) Raleo inadecuado, sectores con baja densidad de plantas (zonas más claras) y alta densidad de plantas (zonas más oscuras). b) Desigual distanciamiento entre plantas, con poda y raleo inconclusas. **26**

Figura 5. Vista general de plantaciones intervenidas con prácticas forestales adecuadas. a) Época lluviosa. b) Época seca. **27**

Figura 6. Secciones (discos) de fuste mostrando síntomas internos de "muerte regresiva". a) Tercio inferior. b) Tercio medio. c) Tercio superior. **29**

Figura 7. Medios de cultivos utilizados para aislar organismos relacionados a la "muerte regresiva". a) Selección de muestras. b) Muestras sembradas en medio de cultivo. c) Muestras sembradas en sándwiches de zanahoria. **31**

Figura 8. Colonias de microorganismos. a) *F. graminarum.* b) *F. solani.* c) *F. oxysporum.* d) *C. fimbriata.* e) *L. theobromae,* de siete días de crecimiento. **32**

Figura 9. Proceso de inoculación en plantas de teca con microorganismos asociados a la "muerte regresiva". a) Corte del tallo. b) Inoculación con un microorganismo. c) Protección de herida con algodón y cinta plástica. **35**

Figura 10. Síntomas externos observados en plantas de teca inoculadas con *C. fimbriata, F. oxysporum* y *L. theobromae.* a) Clorosis (amarilleamiento). b) Marchitez. c) Pudrición seca o cancro. d) Necrosis foliar. e) Brotes epicórmicos creciendo cerca del punto de inoculación. f) Muerte de la planta. **36**

Figura 11. Sección de una planta de teca disecada longitudinalmente, mostrando el área necrosada (síntoma interno), producto de la inoculación de microorganismos asociados a la "muerte regresiva". **37**

Figura 12. Longitud de área afectada (necrosis) en plantas inoculadas con aislados de microorganismos asociados a "muerte regresiva". *F. oxysporum* (F.o.), *F. solani* (F.s.), *C. fimbriata* (C.f.), *L. theobromae* (L. t.). **38**

Figura 13. Síntomas externos. a) Inicio de amarilleamiento en las hojas apicales. b) Abundancia de brotes epicórmicos en el tercio inferior del fuste. **42**

Figura 14. Síntomas de clorosis inicial. a) Amarilleamiento de hojas apicales. b) Descenso de clorosis al tercio medio del dosel del árbol. c) Inicio de necrosis del ápice del árbol. **43**

Figura 15. Pérdida de dominancia apical. a) Transición del amarilleamiento al necrosamiento en hojas, predominando el vigor de los brotes. b) Árbol manteniendo los brotes vivos, como mecanismo de sobrevivencia. **44**

Figura 16. Síntomas externos avanzados. a) Necrosado total de las hojas. b) Defoliación total del árbol. **45**

Figura 17. Síntomas de Cancrosis. a) Exudados emitidos desde el interior del fuste y mancha necrótica que avanza a la parte baja. b) Agrietamiento y exudado que avanza de forma descendente desde el tercio superior del fuste. c) Avance del exudado hasta el tercio medio del fuste. **46**

Figura 18. Visualización interna del fuste mediante cortes transversales. a) Colonización de microorganismo ocasionando necrosado. b) Herida externa donde ocurrió el ingresó del microorganismo causante de la enfermedad. c) Sección del tronco sin síntomas (duramen) oscura. d) Sección del tronco sin síntomas cuya parte central aún no se ha secado. **48**

Figura 19. Cortes longitudinales de secciones de árboles de teca mostrando síntomas internos de la enfermedad "muerte regresiva". a) Inicio de la infección. b) Avance longitudinal de la infección. c) Líneas necróticas (círculo café). **49**

Figura 20. Observación directa con el uso de lupas del daño de barrenadores en árboles de teca seleccionados aleatoriamente en la plantación. **52**

Figura 21. Muestreo direccionado de insectos barrenadores de la madera en árbol de teca con sintomatología de la enfermedad. **52**

Figura 22. Sección de tronco de teca con sintomatología de la "muerte regresiva", evidenciando la presencia de aserrín a causa de perforaciones de insectos de la subfamilia Scolytinae. **53**

Figura 23. Elaboración de trampa de intercepción de vuelo, fabricada con botella plástica de un litro de capacidad, con abertura para la entrada de los barrenadores. **54**

Figura 24. Colocación de alcohol etílico en gel (desinfectante de manos), en trampa de intercepción de vuelo. **55**

Figura 25. Trampa de intercepción de vuelo, sujetada con alambre en el fuste de un árbol de teca a un metro sobre el nivel del suelo. **55**

Figura 26. Diversidad de escarabajos de la madera atraídos por el alcohol en gel y capturados 24 horas después de colocadas las trampas. **56**

Figura 27. Colecta de insectos en trampa de intercepción de vuelo, utilizando pincel para recuperar los individuos del alcohol en gel y conservarlos en frascos con alcohol 96%. **56**

Figura 28. Separación en laboratorio de la diversidad de individuos de la subfamilia Scolytinae capturados en trampas de intercepción colocadas en las plantaciones de teca. **57**

Figura 29. Preparación de troncos trampa o "centinela" de 20 cm de longitud, libres de "muerte regresiva". **57**

Figura 30. Tratamiento con alcohol etílico 70% de los troncos "centinelas" descortezados previo a su colocación en la plantación. **58**

Figura 31. Troncos "centinelas" descortezados listos para ser ubicados en la plantación de teca. **58**

Figura 32. Troncos "centinelas" colgados a 1m de altura del suelo y sostenidos con alambre dentro de una plantación de teca. **59**

Figura 33. Estado de los troncos "centinelas" retirados del campo 30 días después, mostrando abundantes perforaciones y aserrín provocadas por insectos Scolytinae. **59**

Figura 34. Diversidad de insectos Scolytinae recuperados de un tronco "centinela" 30 días después de permanecer en una plantación de teca. **60**

Figura 35. Relación porcentual de la población de Scolytinae (Curculionidae) frente a otros grupos de familias de coleópteros registrados en las plantaciones de teca evaluadas. **61**

Figura 36. Especímenes del orden Coleoptera presentes en plantaciones de teca del Litoral ecuatoriano. a) Familia Curculionidae: Scolytinae. b) Familia Cerambycidae. c) Familia Bostrichidae. **61**

Figura 37. Distribución de especies de escolítidos en cinco provincias de Ecuador. **63**

Figura 38. Frecuencia relativa de especies de escolítidos encontradas en Ecuador. **65**

Figura 39. Dinámica poblacional de barrenadores de la madera (Curculionidae: Scolytinae), asociado a plantaciones de teca en tres localidades/provincias de Ecuador, 2019-2020. **73**

Figura 40. Sección de tronco de teca mostrando galerías ocupadas por larvas de Scolytinae (Curculionidae), cumpliendo su biología en el interior de la madera. **73**

Figura 41. Sección de tronco de teca mostrando abundantes galerías provocadas por insectos barrenadores de la subfamilia Scolytinae (Curculionidae). **74**

Figura 42. Trozas de teca. a) Trozas sin daños. b) Trozas sin valor comercial, afectadas por perforaciones/aserrín provocadas por insectos barrenadores. **74**

Figura 43. Secciones de troncos de teca de 20 cm con perforaciones provocadas por insectos barrenadores de la subfamilia Scolytinae (Curculionidae), evaluadas en laboratorio. **75**

Figura 44. Estados del ciclo biológico de la subfamilia Scolytinae presentes en galerías observadas en troncos de teca con perforaciones. a) Larva. b) Pupa. c) Adulto. **75**

Figura 45. Troncos sanos de teca junto a troncos infestados con Xyleborus sp. (Curculionidae), confinados bajo condiciones controladas para estudiar la dinámica de sus perforaciones. **76**

Figura 46. Troncos sanos de teca confinados con troncos infestados con una especie de barrenador Scolytinae (Curculionidae), para estudiar la dinámica de sus perforaciones. **76**

Figura 47. Dinámica de la presencia de perforaciones (valores promedios) provocadas por una especie de barrenador *Xyleborus* sp. (Curculionidae: Scolytinae), en troncos centinelas ubicados en jaulas entomológicas de la EEP, 2020-2021. **77**

Figura 48. Relación de las poblaciones de adultos de Scolytinae capturados en trampas de botellas plásticas con atrayente de alcohol en gel, con el porcentaje de incidencia de "muerte regresiva", en plantaciones de teca del Litoral ecuatoriano, 2019-2020. **78**

Figura 49. Recuperación de microorganismos a partir de macerados de insectos barrenadores Scolytinae (Curculionidae), presentes en galerías de troncos de teca. **79**

Figura 50. Prueba de laboratorio para determinar la transmisibilidad de microorganismos en insectos barrenadores Xileborus sp. (Curculionidae: Scolytinae), infesatando troncos de teca confinados en jaulas entomológicas. **79**

Figura 51. Formas de dispersión de árboles enfermos en una plantación. a) Aleatoria. b) Agregados. c) Regular. **82**

Figura 52. Esquema del muestreo al azar en una plantación de teca. **83**

Figura 53. Patrón de muestreo sistemático (línea amarilla) usados para monitoreo de problemas sanitarios en plantaciones de teca. a) Rombo. b) Zigzag. c) Diagonal. **83**

Figura 54. Esquema del muestreo estratificado de la "muerte regresiva" dentro de una plantación. a) Muestreo en área con baja incidencia. b) Muestreo en área con alta incidencia. **84**

Figura 55. Muestreo de una plantación de teca que presenta síntomas de "muerte regresiva", utilizando la técnica de teledetección. a) Fotografía aérea de una plantación de teca, los círculos naranja señalan arboles muertos. b) Imagen procesada en color RGB. El color rojo indica los árboles muertos y áreas sin vegetación, color verde muestra las copas de los árboles de teca, color amarillo indica árboles de teca con hojas que presentan marchitez y el color azul indica árboles de otras especies. **85**

Figura 56. Restos de material de raleo: de árboles, troncos y ramas que deben ser retirados de rodal de teca, por ser focos permanentes de infestación de insectos barrenadores de la madera. **89**

Figura 57. Raleo sanitario de árbol de teca infestado por escarabajos ambrosiales y síntomas de la enfermedad "muerte regresiva". **90**

Figura 58. Adulto de individuo de la familia Histeridae, colectado en Portoviejo, Manabí. **91**

Figura 59. Acopio de trozas de madera en condiciones de finca. **92**

Figura 60. Reproducción de teca por semilla. a) Germinación en semillero. b) Plántulas trasplantadas o repicadas a fundas de polietileno. c) Plantas listas para trasplante a campo. **95**

Figura 61. Propagación vegetativa de teca mediante esquejes. a) Esqueje para multiplicación. b) Almácigo con esquejes sembrados. c) Esquejes con brotes. **96**

Figura 62. Plantaciones con y sin manejo de arvenses. a) Eficiente. b) Deficiente. **97**

Figura 63. Poda adecuada en una plantación adulta de teca. a) Uso de podadora de altura y vestimenta de protección usada durante la poda. b) Lugar adecuado para realizar un corte de la rama con podadora de altura. **99**

Figura 64. Precipitación media mensual de diez años (2010-2020) registrado en la estación meteorológica del INAMHI en la EETP. La línea verde indica los meses recomendados para realizar la poda. **100**

Figura 65. Tipos de cortes al realizar la poda. La línea negra indica un corte adecuado y la línea roja señala los errores cometidos durante la ejecución de esta actividad. **101**

Figura 66. Herramientas utilizadas en la poda. a) Tijera de una mano. b) Tijera telescópica o de dos manos. c) Serrucho de podar. c) Podadora de altura. **102**

Figura 67. Uso adecuado de herramientas de poda. a) Corte con tijera. b) Corte con serrucho. c) Corte con podadora de altura. **103**

Figura 68. Elaboración práctica de utensilio para desinfección de herramientas. a) Tela de algodón y botella plástica con tapa. b) Perforación en la tapa para encajar la tela. c) Utensilio elaborado. **104**

Figura 69. Desinfección de herramientas. a) Serrucho. b) Tijera de podar de una mano. **104**

Figura 70. Preparación del caldo bordelés. a) Medidas de los ingredientes en estado sólido. b) Preparación de la pasta bordelés mediante la agregación de agua. c) Mezcla de sulfato de cobre con hidróxido de calcio. d) Homogeneización de la pasta bordelés. **105**

Figura 71. Herramientas que se pueden usar para cubrir y proteger heridas después de la poda. a) Algodón. b) Tela de algodón. c) Esponja. d) Rodillo. e) Brocha. **106**

Figura 72. Proceso de protección de heridas después de la poda. a y b) Momento antes de cubrir la herida con la pasta. c y d) Herida cubierta con la pasta. **107**

Figura 73. Esquema de marcación de árboles que se eliminarán en el primer raleo. **108**

Figura 74. Rebrote de cuatro años de edad. **109**

Figura 75. Manejo inadecuado de rebrotes. a) Tocón con más de un rebrote; se puede apreciar que ninguno tiene un desarrollo adecuado. b) Agrupación de rebrotes débiles y en exceso. a pesar de ser una planta adulta se puede ver que todos los rebrotes se han desarrollado de manera homogénea, compitiendo por espacio y nutrientes. c) Plantación adulta con más de un rebrote por tocón. **110**

Figura 76. Heridas en el fuste. a) Durante la poda. b) Involuntarias por uso inadecuado de herramientas. **111**

Figura 77. Tocón de ramas mal podadas. a) Parte superior: presencia de una herida cicatrizada; parte baja: la herida no cicatrizada al dejar un tocón largo. b) Desgarre provocado por una poda mal realizada. c) Herida grande sin cicatrizar, que da lugar a la emisión de otro brote en el mismo lugar. **112**

Figura 78. Árboles muertos dentro de la plantación. a) Árbol con marchitez en medio de una plantación joven. b) Árboles que presentan la enfermedad, cortados y abandonados dentro de la plantación. **113**

Índice de tablas

Tabla 1. Microorganismos aislados de muestras de teca colectadas en plantaciones comerciales en diferentes provincias del país. **33**

Tabla 2. Especies de escarabajos barrenadores encontrados en plantaciones de teca en cinco provincias de Ecuador. **62**

Tabla 3. Distribución de especies de escolítidos en cinco provincias de Ecuador. **64**

Tabla 4. Microorganismos aislados provenientes de galerías, ocasionadas por insectos barrenadores de la subfamilia Scolytinae en troncos centinelas de teca, ubicados en las localidades de: Olmedo (Manabí), El Empalme (Guayas) y Buena Fe (Los Ríos). 2019-2020. **78**

Tabla 5. Requerimientos climáticos óptimos para el cultivo de teca en Ecuador. **88**





1 Antecedentes

La teca (*Tectona grandis* L.f.) es una especie originaria de Birmania, Tailandia y algunas zonas de la India. El primer país americano en donde se introdujo, fue Trinidad y Tobago (Chaves y Fonseca, 1991). En su lugar de origen alcanza alturas de más de 40 m y 1,5 m de diámetro (CATIE, 1986). Se desarrolla bien en suelos bien drenados y con aproximadamente un metro de profundidad (Briscoe, 1995). La teca produce una de las mejores y más bellas maderas que existen, de excelente calidad, durabilidad, resistente al calor, lluvia y agua de mar. Es utilizada para la construcción de embarcaciones terrestres, acuáticas y acabados lujosos (Lamprecht, 1990).

En Ecuador se han incrementado las áreas dedicadas a este cultivo, que se encuentran establecidas entre los 5 y 650 metros sobre el nivel del mar (ms.n.m.). Al país fue introducida hace aproximadamente 70 años, en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, provincia de Los Ríos. Actualmente, se estima una superficie plantada de 45.000 ha distribuidas en las provincias de: Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Guayas, Esmeraldas y Sucumbíos (Vera et al., 2019). Según INIAP (2015); se realizaron recorridos por algunas plantaciones comerciales de teca en varias provincias del Ecuador, donde pudo constatar la presencia del problema fitosanitario conocido como "muerte regresiva".

Una vez conocido el problema, el INIAP y con el apoyo financiero de la AECID a través del proyecto "Etiología de la principal enfermedad en teca en Ecuador y el rol de los insectos en su dispersión" realizaron actividades de investigación mediante el muestreo fitosanitario y evaluación de la incidencia de la enfermedad en las provincias productoras de teca del país, donde colectaron microorganismos asociados a la enfermedad (INIAP, 2020). Posteriormente, los microorganismos más frecuentes fueron analizados molecularmente e inoculados en plántulas de teca para determinar el agente causal.

Para la determinación del rol de los escolítidos en la dispersión de la enfermedad, se colocaron trampas en las plantaciones muestreadas a fin de colectar insectos escolítidos, transmisores de este tipo de problemas fitosanitarios. Igualmente, para determinar la dinámica poblacional de estos insectos, se evaluaron periódicamente el número de insectos capturados en trampas. Finalmente, la capacidad de transmisión de los escolítidos fue determinada mediante el uso de trampas tipo "centinela" (INIAP, 2020).

Este documento técnico tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas en laboratorio e invernadero, así como las experiencias adquiridas en las visitas a las plantaciones comerciales de teca en el país.



Panorámica de una plantación adulta de teca en el Litoral ecuatoriano, provincia Los Ríos

2 La teca en Ecuador, características y tipos de plantaciones

La teca es una especie maderable, introducida a Ecuador hace más de 70 años. Actualmente está cultivado en casi todas las provincias del Litoral, en la Amazonía y zonas bajas de varias provincias de la Sierra ecuatoriana, dando una idea del alto grado de adaptabilidad que tiene este planta a diferentes zonas agroecológicas. Se los puede encontrar entre los 5 y 823 ms.n.m., con pendientes entre 0,01% a 7,41% (Figura 1).

En función a la base de datos de 1016 plantaciones de teca georreferenciadas en Ecuador y el uso del conjunto de herramientas CAPFITOGEN (Parra-Quijano et al., 2015), éstas se encuentran en el rango de temperatura media anual de 21,3 y 25,9 ºC, (481-3541 mm) de precipitación anual, así como también, se han adaptado a suelos con pH superficial entre 4,5 y 7,7.



Plantación comercial de teca de cinco años de edad durante época seca Provincia del Guayas, Estación Experimental Litoral Sur

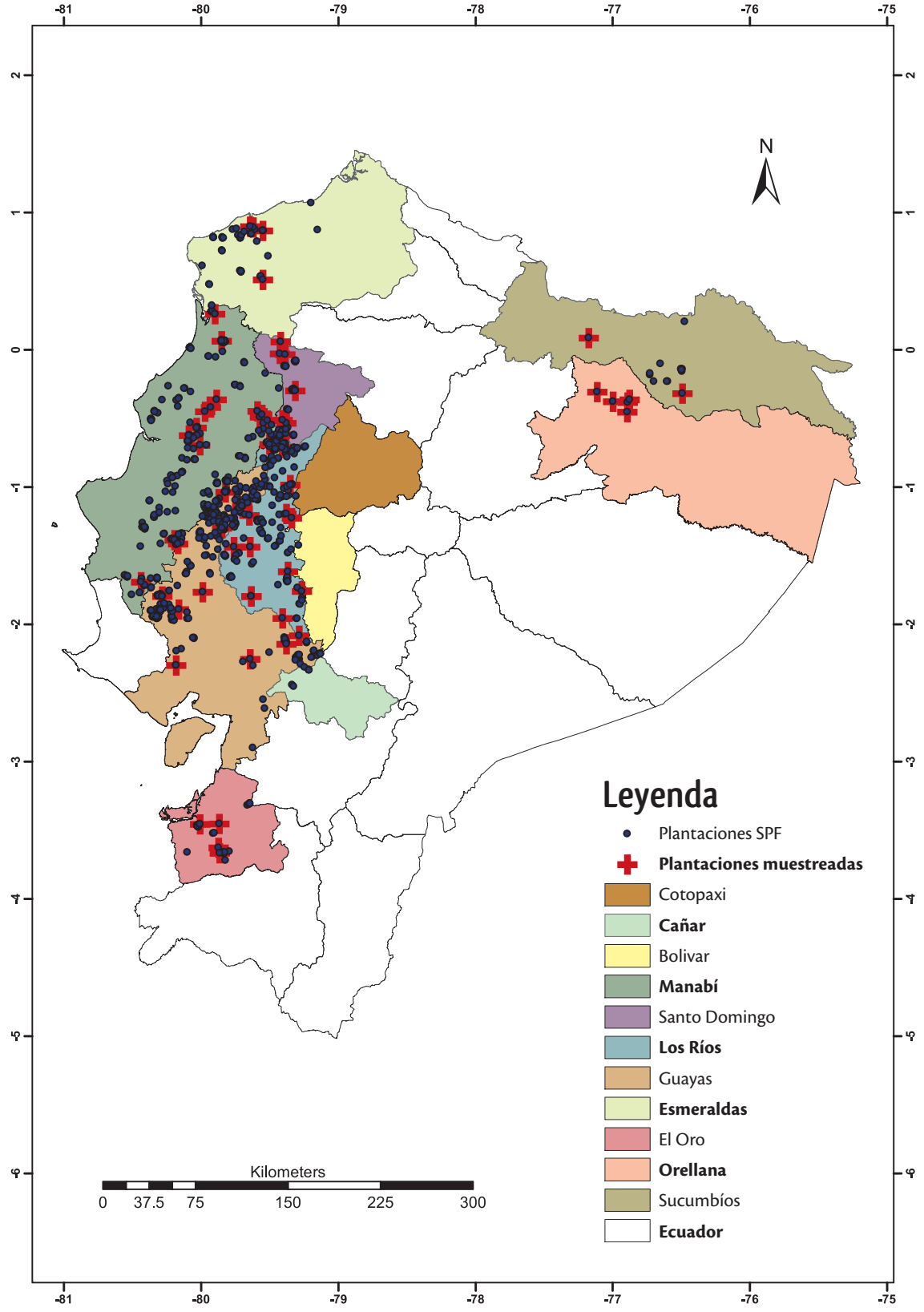


Figura 1. Georreferenciación de plantaciones comerciales de teca en Ecuador (puntos azules) registrados por la Subsecretaría de Producción Forestal SPF (2017), y (cruces rojas) de plantaciones muestreadas por INIAP (2020).



Pérdida de las hojas durante la época seca en una plantación de teca en la provincia del Guayas

2.1. Tipos de plantaciones en función del manejo

Considerando las observaciones realizadas durante la ejecución del proyecto, se clasificaron en tres tipos de plantaciones basados en el manejo forestal que realizan los productores ecuatorianos:

1. Plantaciones poco intervenidas.
2. Plantaciones intervenidas con prácticas forestales deficitarias.
3. Plantaciones intervenidas con prácticas forestales adecuadas.

2.1.1. Plantaciones poco intervenidas

En estas plantaciones, generalmente, no se realizan labores de manejo forestal. El productor hace énfasis en realizar el manejo durante los primeros años, es decir, hasta el establecimiento de la plantación. A partir de ahí, la fertilización, control de malezas, raleos y podas son descuidadas. En la figura 2 donde observamos que a pesar de ser una plantación de aproximadamente nueve años no se observa el patrón de una plantación, donde existe heterogeneidad en el crecimiento y desarrollo de los árboles.



Figura 2. Plantación poco intervenida de aproximadamente nueve años de edad.

La falta de labores de manejo forestal como poda y raleo, promueven el crecimiento y desarrollo irregular del fuste (Figura 3a), observándose pérdida de patrones de plantación (Figura 3b). La práctica de estas labores a destiempo favorecen el desarrollo de ramas que promueven la pérdida de dominancia (Figura 3c, d) y permiten el incremento de brotes epicórmicos (abundancia de ramas) en la parte basal del fuste, reduciendo el ingreso de luz al suelo. En estos casos es necesario realizar podas y raleos para mejorar el aspecto de la plantación.



Figura 3. Vista general de plantaciones poco intervenidas. a) Plantación con un irregular crecimiento y desarrollo del fuste. b) Patrón de plantación no visible. c) Árbol sin podar que muestra pérdida de dominancia. d) Brote muy desarrollado, denotando la falta de poda a tiempo.

2.1.2. Plantaciones intervenidas con prácticas forestales deficitarias

En este tipo de plantaciones se realizan labores forestales de manera deficitaria, errónea y/o fuera de tiempo. En la mayoría de los casos estas pueden provocar el efecto contrario al planificado, llegando incrementar los costos operativos de la plantación, además de aumentarse la posibilidad de ocurrencia de problemas fitosanitarios.

Es importante considerar que existen varios factores que pueden influir en la ejecución deficitaria de alguna labor determinada. Así por ejemplo, el raleo de una plantación si bien puede ser planificado con anterioridad, la determinación de ejecutar esta labor se debe realizar de acuerdo a la estación del año (preferiblemente durante la época seca), estado de desarrollo de los árboles, grado de luminosidad que atraviesa los estratos internos de la plantación, además del grado de ataque o de focos de "muerte regresiva" presentes.

En la figura 4a, se observa que después de realizado el raleo, aún existen áreas con alta densidad de plantas, mientras que, en otras áreas de la plantación se aprecia mayor paso de luz hacia el suelo. Así, se generan zonas con diferentes tipos de competencia entre plantas, que promueven el crecimiento desigual de los árboles en la plantación. La figura 4b, muestra distintos distanciamientos entre plantas, ocasionados por la eliminación de plantas intermedias (raleo) de forma incorrecta.

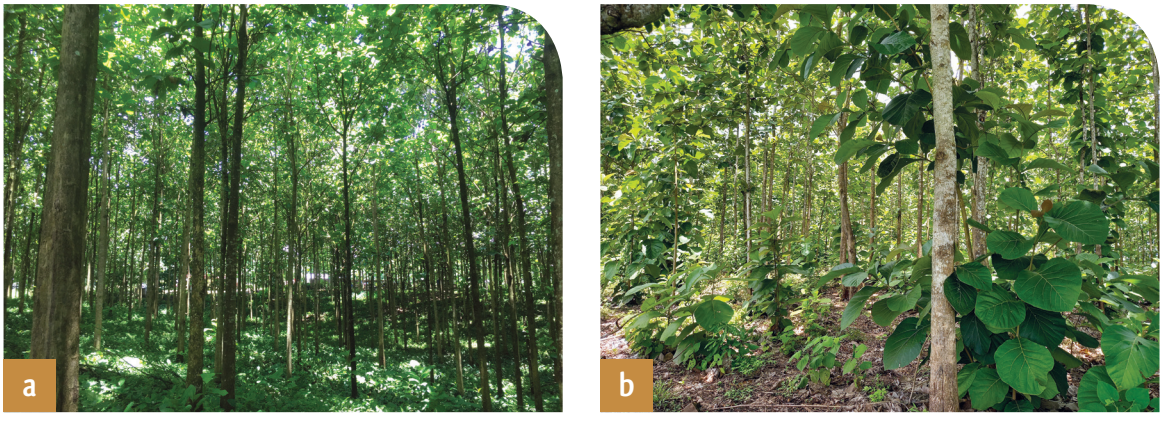


Figura 4. Vista general de plantaciones intervenidas con prácticas forestales deficitarias. a) Raleo inadecuado, sectores con baja densidad de plantas (zonas más claras) y alta densidad de plantas (zonas más oscuras). b) Desigual distanciamiento entre plantas, con poda y raleo inconclusas.

2.1.3. Plantaciones intervenidas con prácticas forestales adecuadas

Se considera como plantación intervenida con prácticas forestales idóneas, a aquellos cultivos de teca donde se realizan las labores culturales o de manejo de forma planificada y ajustada a las necesidades de la plantación. Es decir, el raleo es realizado considerando los distanciamientos de siembra y estado de desarrollo de los árboles (grado de competencia entre plantas), porcentaje de árboles suprimidos y/o de plantas enfermas, las podas realizadas de acuerdo al número de ramas presentes, grosor y disposición de las mismas. En este tipo de plantaciones, la protección de heridas, ocasionadas por la poda, es considerada una labor obligatoria, además de contar con un plan anual de manejo de arvenses.

Un aspecto importante a considerar es la estación del año. Para el caso de Ecuador, existen dos periodos/épocas muy marcados, la lluviosa y la seca, donde las plantaciones de teca cambian de aspecto, siendo que, durante la época de lluvias los árboles promueven el follaje, como es el caso de la figura 5a, mientras que durante la época seca, se provoca la defoliación como medida de supervivencia de la planta (Figura 5b).

La estacionalidad tiene un rol fundamental en el proceso de manejo de la plantación, pues durante la época lluviosa, se prioriza el manejo de arvenses y en caso necesario la fertilización, mientras que, durante la época seca se debe realizar las labores de raleo y de poda.

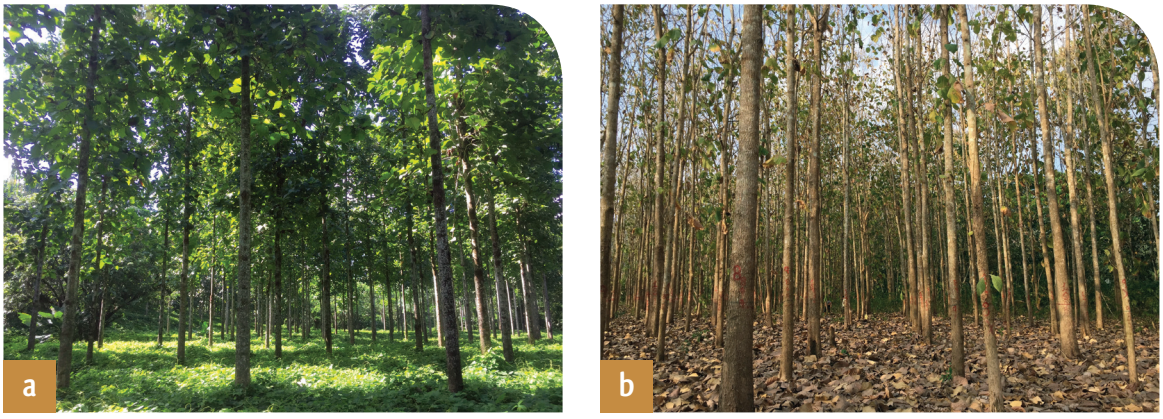


Figura 5. Vista general de plantaciones intervenidas con prácticas forestales adecuadas. a) Época lluviosa. b) Época seca.



Corte transversal de un árbol de teca con síntomas de "muerte regresiva", para aislamiento de microorganismos e identificación del agente causal

3 Determinación del agente causal de la "muerte regresiva"

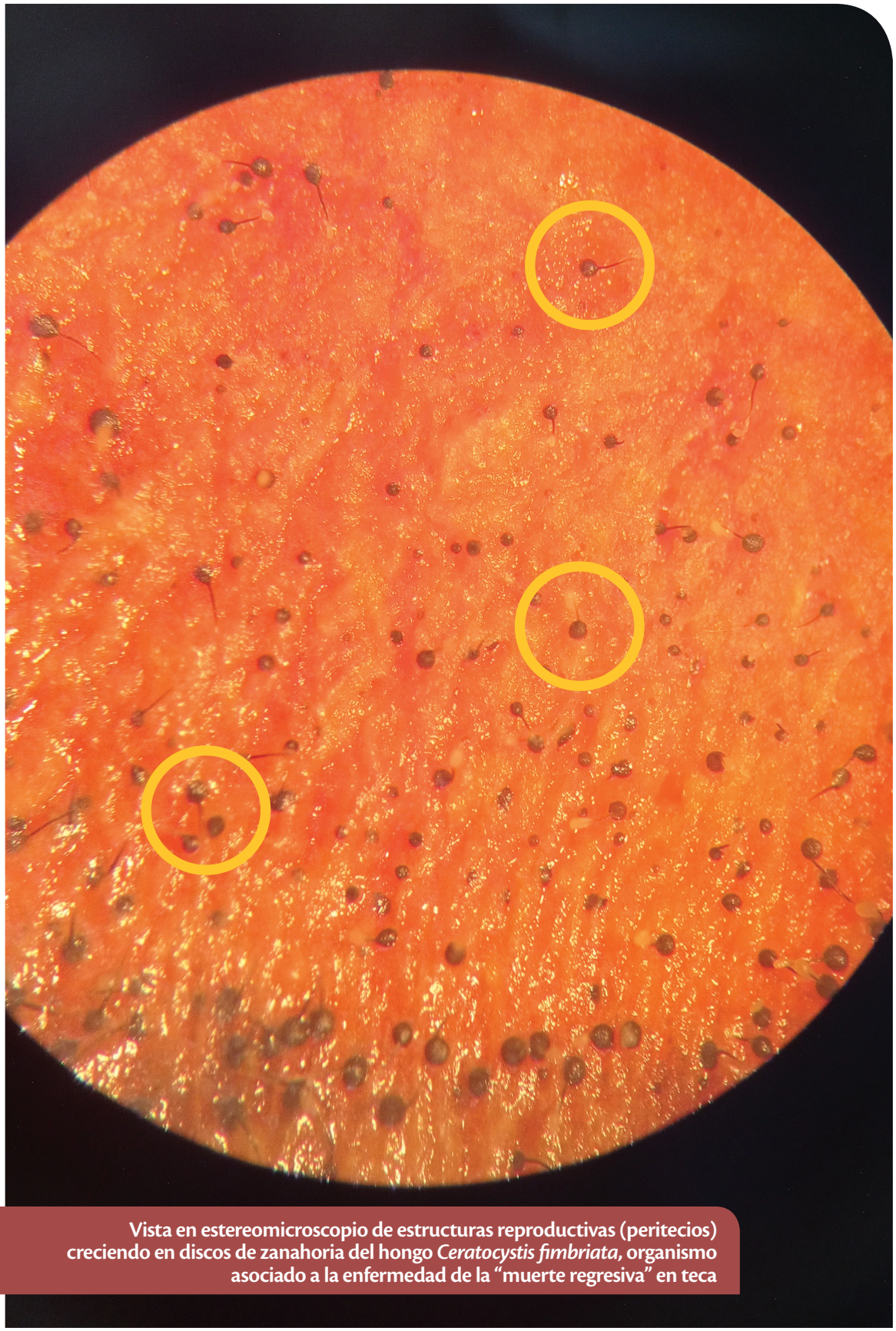
La determinación del agente causal de la "muerte regresiva" constituye el primer paso considerado como línea base para el desarrollo de estrategias de manejo de este problema fitosanitario. Ante este hecho, se derivaron muchas preguntas e inquietudes: ¿la ocurrencia de la "muerte regresiva" es general en todas las zonas del país? o ¿se encuentra restricta a varias zonas ecogeográficas?, ¿la incidencia de la enfermedad es igual en cada zona o presenta variantes? En este sentido, fue necesario realizar colectas, donde se muestrearon 61 plantaciones comerciales distribuidas en las principales provincias productoras de teca del país.

3.1. Muestreo

En la figura 6, se observa el tipo de tejido vegetal colectado durante el muestreo a las plantaciones. Se identificaron árboles con características de la enfermedad y se colectaron secciones definidas del tercio inferior (Figura 6a), medio (Figura 6b) y superior (Figura 6c) del fuste, se etiquetaron y luego se trasladaron al laboratorio del Fitopatología de la EETP para realizar el diagnóstico.



Figura 6. Secciones (discos) de fuste mostrando síntomas internos de "muerte regresiva". a) Tercio inferior. b) Tercio medio. c) Tercio superior.



Vista en estereomicroscopio de estructuras reproductivas (peritecios) creciendo en discos de zanahoria del hongo *Ceratocystis fimbriata*, organismo asociado a la enfermedad de la "muerte regresiva" en teca

3.2. Aislamiento de microorganismos e identificación molecular

En el laboratorio de Fitopatología del DPV, las muestras fueron procesadas para aislar los microorganismos presentes de las plantaciones afectadas por "muerte regresiva". Se utilizaron los medios de cultivo papa dextrosa agar (PDA) (Figura 7a, b) y sándwiches de zanahorias (Figura 7c). Para la identificación, se observaron sus estructuras reproductivas mediante microscopía de luz y el uso de claves taxonómicas.



Figura 7. Medios de cultivos utilizados para aislar organismos relacionados a la "muerte regresiva". a) Selecciones de madera para siembra en PDA. b) Muestras sembradas en medio de cultivo. c) Muestras sembradas en sándwiches de zanahoria.

Para confirmar molecularmente los resultados de la identificación taxonómica, se realizó la extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) y se enviaron al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) España. La figura 8, muestra las características morfológicas de los crecimientos *in vitro* de estos microorganismos que corresponden a tres especies de *Fusarium: F. oxysporum* Schltdl., *F. solani* (Mart.) Sacc., y *F. graminarum* Schwabe (Figuras 8a, b, c), destacando dentro de ellas la especie *F. oxysporum; Ceratocystis fimbriata* Ellis y Halst. f. (Figura 8d) y *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon y Maubl. (Figura 8e).

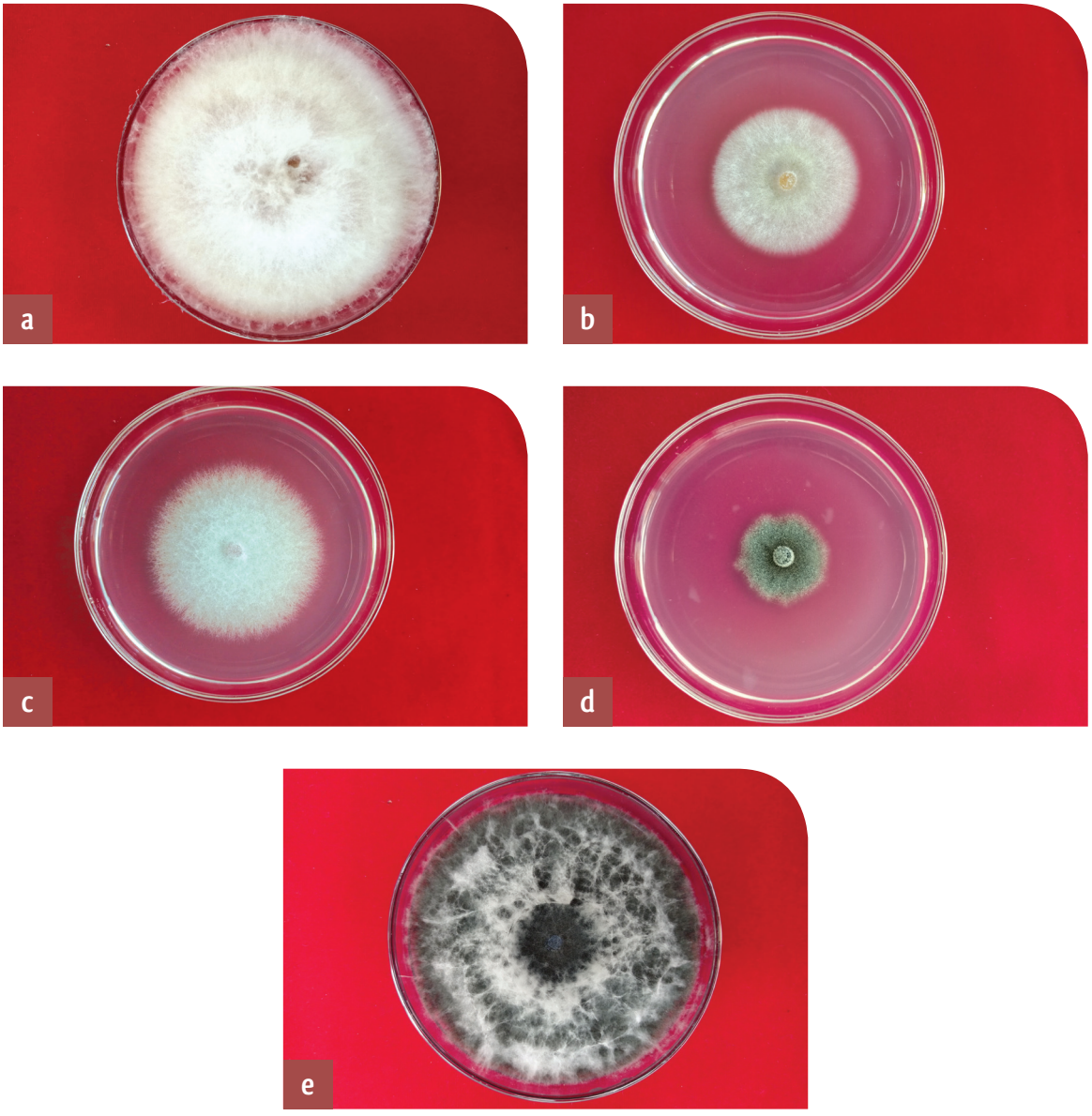


Figura 8. Colonias de microorganismos. a) *F. graminarum.* b) *F. solani.* c) *F. oxysporum.* d) *C. fimbriata.* e) *L. theobromae,* de siete días de crecimiento.

Cuando se hizo una revisión detallada de la ocurrencia de los microorganismos identificados en las principales provincias donde se cultiva teca en Ecuador, se comprobó que el más frecuente fue el género Fusarium, mismo que estuvo presente en todas las provincias muestreadas. En el caso de *Lasiodiplodia* sp., no sé observó en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, mientras que *Ceratocystis* sp., fue encontrado en las provincias de Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos y El Oro.

Adicionalmente se constató la presencia del género *Trichoderma* spp. (hongo benéfico), que estuvo presente en las provincias de Manabí, Guayas, Esmeraldas, Sucumbíos y Orellana (Tabla 1).

En estudios anteriores se han encontrado en teca las siguientes microorganismos: *Fusarium* sp., *Ceratocystis* sp., *Lasiodiplodia* sp., *Trichoderma* sp. (Belezaca-Pinargote et al., 2019; Borja et al., 2019).

Tabla 1 . Microorganismos aislados de muestras de teca colectadas en plantaciones comerciales en diferentes provincias del país.

Provincias	*Fusarium* spp.	*Lasiodiplodia theobromae*	*Ceratocystis fimbriata*	*Trichoderma* spp.
Manabí	●	●	●	●
Guayas	●	●		●
Esmeraldas	●	●		●
Sto. Dgo. de los Tsáchilas	●		●	
Los Ríos	●	●	●	
El Oro	●	●	●	
Sucumbíos	●	●		●
Orellana	●	●		●



Inoculación de microorganismos asociados a la enfermedad de "muerte regresiva" en una planta de teca

3.3. Postulados de Koch para determinar el agente causal de la "muerte regresiva"

Para comprobar que los organismos aislados e identificados morfológica y molecularmente son capaces de causar los mismos síntomas observados en los árboles con "muerte regresiva", se utilizó la técnica de los "Postulados de Koch" (Gröschel, 1982). Para ello, se realizaron inoculaciones en plantas de teca de 18 meses de edad con los microorganismos: *C. fimbriata, F. oxysporum, F. graminarum, F. solani y L. theobromae.* Las figuras 9a, b y c muestran el proceso de inoculación utilizado.



Figura 9. Proceso de inoculación en plantas de teca con microorganismos asociados a la "muerte regresiva". a) Corte del tallo. b) Inoculación con un microorganismo. c) Protección de herida con algodón y cinta plástica.

Una vez realizada la inoculación, las plantas de teca permanecieron bajo condiciones de invernadero hasta la aparición de la sintomatología, la misma que fue clasificada según el tipo de síntomas: externos e internos.

3.3.1. Síntomas externos en plantas inoculadas

La evaluación fue realizada utilizando una escala diagramática para medir la severidad (Vera et al., 2019). Los organismos inoculados tanto individualmente como en mezcla causaron síntomas que se relacionaron con los observados en el campo, es decir, necrosis del ápice foliar (Figura 10a), marchitez (Figura 10b), pudrición seca o cancro (Figura 10c), necrosis apical (Figura 10d), brotes epicórmicos (Figura 10e) y muerte de la planta (Figura 10f).



Figura 10. Síntomas externos observados en plantas de teca inoculadas con *C. fimbriata*, *F. oxysporum* y *L. theobromae*. a) Clorosis (amarilleamiento). b) Marchitez. c) Pudrición seca o cancro. d) Necrosis foliar. e) Brotes epicórmicos creciendo cerca del punto de inoculación. f) Muerte de la planta.

3.3.2. Síntomas internos en plantas inoculadas

Para observar la sintomatología interna se disecó el tallo longitudinalmente, tratando de cubrir el punto donde se hizo la inoculación. Se evaluaron las variables: longitud de la infección arriba de la inoculación, longitud de la infección debajo de la inoculación, longitud total de la infección, ancho de la infección y área de la infección. Los valores se midieron en mm utilizando un calibrador Vernier (Figura 11).



Figura 11. Sección de una planta de teca disecada longitudinalmente, mostrando el área necrosada (síntoma interno), producto de la inoculación de microorganismos asociados a la "muerte regresiva".

Todos los microorganismos inoculados en las plántulas de teca causaron infección, tanto los que fueron inoculados individualmente como en mezcla (Figura 12). Sin embargo, el nivel de infección (longitud de necrosis) varió según el microorganismo y/o combinación. *C. fimbriata* provocó mayor longitud de necrosis cuando fue inoculado solo, mientras que en combinación se destacaron tres aislados de Ceratocystis, Ceratocystis + Lasiodiplodia y el de Fusarium + Lasiodiplodia.

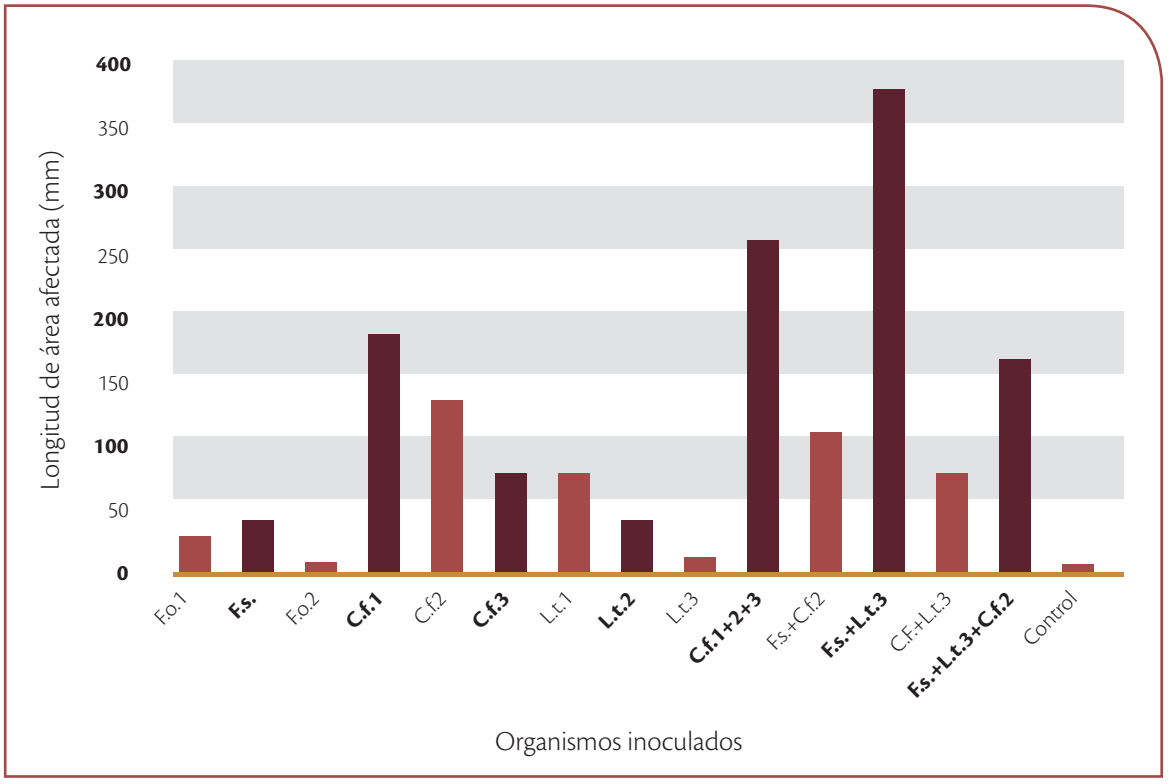


Figura 12. Longitud de área afectada (necrosis) en plantas inoculadas con aislados de microorganismos asociados a "muerte regresiva". *F. oxysporum* (F.o.), *F. solani* (F.s.), *C. fimbriata* (C.f.), *L. theobromae* (L. t.).

Los resultados obtenidos mediante los postulados de Koch determinaron que *C. fimbriata, L. theobromae y F. oxysporum* causaron infección en plantas de teca. Por tanto, pueden ser considerados como agentes causales de la "muerte regresiva". Sin embargo, es importante tener en cuenta el grado de patogenicidad de cada uno de ellos, siendo *C. fimbriata* el que tuvo mayor agresividad.

Los resultados obtenidos bajo condiciones de invernadero concuerdan con lo observado en campo. Donde los tres microrganismos fueron detectados en las plantaciones de teca afectadas con "muerte regresiva". Así también, los síntomas presentados en las plantas inoculadas también fueron similares a los observados en campo.



Grupo de técnicos y agricultores realizando un reconocimiento de síntomas internos de la enfermedad "muerte regresiva", en la provincia del Guayas

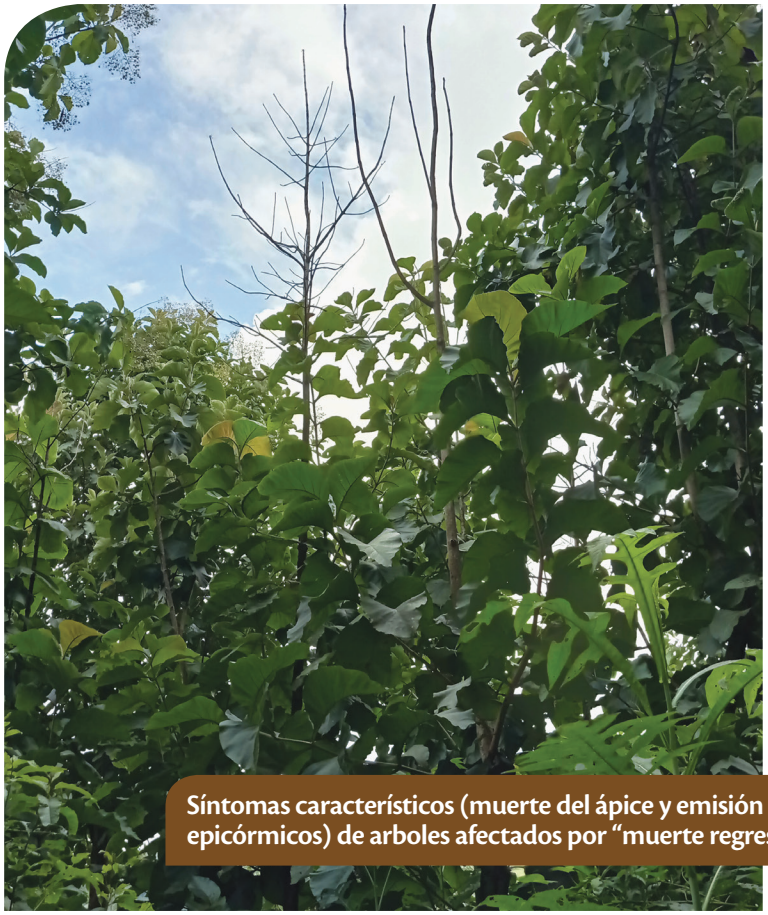


Plantación de teca de 10 años de edad con alta incidencia de la enfermedad "muerte regresiva", en la provincia de Orellana

4 Reconocimiento de síntomas de "muerte regresiva" en campo

Uno de los aspectos importantes para el reconocimiento de la enfermedad "muerte regresiva" son los síntomas que presentan las plantas con este problema. Por ello, el reconocimiento temprano de la expresión en la planta afectada por los organismos causales es de fundamental importancia para la implementación de medidas fitosanitarias que ayuden a reducir el problema.

En la presente sección, se discuten los aspectos más relevantes referente a la sintomatología externa e interna observada en el campo, durante los dos años de muestreo, realizados los investigadores del INIAP en las principales provincias productoras de teca del Ecuador.



Síntomas característicos (muerte del ápice y emisión de brotes epicórmicos) de arboles afectados por "muerte regresiva"

4.1. Síntomas externos

Los síntomas son expresiones fisiológicas anormales en una planta huésped (Arguedas, 2008), que en el caso de la "muerte regresiva" en teca, generalmente, se manifiestan de manera espontánea; dependiendo del grado de afectación y de la fortaleza o debilidad del árbol. Según las estimaciones basadas en las observaciones en campo, la expresión de síntomas en una planta infectada puede demorar dos años o más. Entre los principales síntomas externos son distinguibles: producción masiva de brotes epicórmicos, clorosis (amarilleamiento), pérdida de dominancia apical, marchitez en todo el árbol, y cancrosis.

4.1.1. Brotes epicórmicos

Son yemas inhibidas o latentes, que son suprimidas por los brotes en el ápice (parte más alta del árbol) y que activan su crecimiento cuando el árbol se ve amenazado por factores como: el ataque de microorganismos patógenos, sequía, defoliación excesiva (Barrio-Anta et al., 2008). En la figura 13a se muestra un árbol joven con síntomas de amarilleamiento y brotes epicórmicos, la figura 13b presenta brotes epicórmicos en el tercio medio y parte basal.



Figura 13. Síntomas externos. a) Inicio de amarilleamiento en las hojas apicales. b) Abundancia de brotes epicórmicos en el tercio inferior del fuste.

4.1.2. Clorosis

Inicialmente se observa un amarilleamiento en las hojas apicales (Figura 14a). Luego, la clorosis avanza hasta el tercio superior del árbol (Figura 14b) y finalmente el amarilleamiento avanza de manera descendente (Figura 14c).



Figura 14. Síntomas de clorosis inicial. a) Amarilleamiento de hojas apicales. b) Descenso de clorosis al tercio medio del dosel del árbol. c) Inicio de necrosis del ápice del árbol.

4.1.3. Pérdida de dominancia

Cuando los árboles pierden la dominancia apical (muerte del ápice), presentan un crecimiento desordenado estimulando la producción de brotes epicórmicos y concentrando la energía necesaria en su desarrollo. En la figura 15a, se observa la pérdida del crecimiento apical y en la figura 15b, predomina el desarrollo de los brotes epicórmicos.



Figura 15. Pérdida de dominancia apical. a) Transición del amarilleamiento al necrosamiento en hojas, predominando el vigor de los brotes. b) Árbol manteniendo los brotes vivos, como mecanismo de sobrevivencia.

4.1.4. Marchitez

Esta es la fase final de un árbol afectado con la "muerte regresiva". En estas condiciones el árbol ha perdido la capacidad de sobrevivir (Figura 16a), incluyendo los brotes epicórmicos que también se marchitan (Figura 16b).



Figura 16. Síntomas externos avanzados. a) Necrosado total de las hojas. b) Defoliación total del árbol.

4.1.5. Cancrosis

Este síntoma se ha observado en árboles que presentan la enfermedad, aunque no es frecuente. Sin embargo, podría estar relacionado con la "muerte regresiva". El árbol emite exudados desde el interior del fuste hacia la parte externa, avanzando de forma descendente (Figura 17a). En síntomas más avanzados de cancrosis, se observa también agrietamiento o rajaduras (Figura 17b), coloraciones café o manchas de color marrón con bordes negros (Figuras 17c).



Figura 17. Síntomas de Cancrosis. a) Exudados emitidos desde el interior del fuste y mancha necrótica que avanza a la parte baja. b) Agrietamiento y exudado que avanza de forma descendente desde el tercio superior del fuste. c) Avance del exudado hasta el tercio medio del fuste.



Corte transversal de una sección de un fuste, presentado necrosado en la albura

4.2. Síntomas internos

Estos síntomas se observan en la parte interior del árbol al realizar cortes en el fuste. Generalmente, presenta un necrosado, manchas de color café claro a café oscuro que avanza en la albura y duramen, bloqueando la circulación de agua y nutrientes (Figura 18a). Comúnmente, la afectación se inicia cuando los microorganismos causantes de la enfermedad, encuentran una vía de ingreso (heridas), ocasionadas generalmente en las labores de manejo forestal, daños por insectos y/o factores abióticos (viento) (Figura 18b). Las figuras 18c, d; muestran dos secciones de madera sana.



Figura 18. Visualización interna del fuste mediante cortes transversales. a) Colonización de microorganismo ocasionando necrosis. b) Herida externa donde ocurrió el ingresó del microorganismo causante de la enfermedad. c) Sección del tronco (duramen) sin síntomas aparentes de la enfermedad. d) Sección del tronco sin síntomas cuya parte central aún no se ha secado.

Una vez que el patógeno ingresa, empieza el proceso de infección y a medida que ésta avanza se va produciendo la colonización del tejido circundante (albura). Las figuras 19a, b, c; muestran las líneas necróticas en sentido paralelo a la medula del árbol (sistema vascular).



Figura 19. Cortes longitudinales de secciones de árboles de teca mostrando síntomas internos de la enfermedad "muerte regresiva". a) Inicio de la infección. b) Avance longitudinal de la infección. c) Líneas necróticas (círculo café).



Revisión de trampa de intercepción de vuelo para captura de insectos barrenadores de teca



5 Insectos barrenadores asociados a plantaciones de teca en Ecuador

Existe un grupo muy diverso de insectos que causan daño a la madera, unos por alimentarse directamente de ella (xilófagos) y otros la dañan construyendo galerías, donde depositan sus huevos. Estos insectos pertenecen a órdenes como Hymenoptera (avispas y hormigas carpinteras), Blattodea (termitas), Lepidoptera (polillas) y principalmente Coleoptera (escarabajos de la corteza y de ambrosia). Al ser la celulosa un compuesto de difícil digestión, varios de estos insectos han encontrado en microorganismos simbiontes (bacterias y protozoos), una manera de aprovechar los nutrientes de la madera; mientras que, los que no se alimentan directamente de ella, aprovechan las galerías para cultivar hongos simbiontes que sirven de alimento para ellos y sus larvas; este es el caso de los llamados escarabajos de ambrosía, coleópteros en su mayoría pertenecientes a las subfamilias Scolytinae y Platypodinae de la familia Curculionidae. Aunque no es regla general, el hongo cultivado por los escolítidos resulta ser patogénico para el hospedante, provocando enfermedades vasculares potencialmente letales para el árbol. Este puede ser el caso de la llamada "muerte regresiva", enfermedad de sintomatología compleja que ha venido afectando las plantaciones de teca en el Ecuador en los últimos años.

5.1. Estrategias de monitoreo

El monitoreo de escolítidos en plantaciones comerciales de teca, se puede realizar de varias maneras. Una de ellas es la observación directa de las perforaciones en el árbol. Otra técnica es el uso de trampas de intercepción de vuelo y de troncos de madera sana (troncos "trampa" o "centinela").

5.1.1 Observación directa

Para ello se deberán revisar aleatoriamente los árboles de teca, determinando con ayuda de una lupa la presencia o ausencia de perforaciones (Figura 20), con lo cual se estableció el porcentaje de infestación. Paralelamente, en aquellas plantaciones que evidencien daño por "muerte regresiva" se deberá efectuar un muestreo direccionado, seleccionando árboles con sintomatología de la enfermedad, a los cuales se les realizará una revisión externa y visual a lo largo del tronco, contabilizando el número de perforaciones por árbol (Figura 21).



Figura 20. Observación directa con el uso de lupas del daño de barrenadores en árboles de teca seleccionados aleatoriamente en la plantación.



Figura 21. Muestreo direccionado de insectos barrenadores de la madera en árbol de teca con sintomatología de la enfermedad.

En algunas ocasiones, la evaluación se facilita por la presencia de aserrín en los troncos (Figura 22). Cuando se evidencien perforaciones, será necesario proceder a descortezar la parte afectada con la finalidad de constatar la presencia de agujeros en la madera, o en su defecto se trata de un descortezador, en cuyo caso el daño es superficial. Para el caso de la "muerte regresiva" son importantes aquellos perforadores de la madera.



Figura 22. Sección de tronco de teca con sintomatología de la "muerte regresiva", evidenciando la presencia de aserrín a causa de perforaciones de insectos de la subfamilia Scolytinae.

5.1.2. Trampas para intercepción de vuelo para insectos

El uso de trampas de intercepción, permite la captura de una diversidad de adultos de la subfamilia Scolytinae asociados a las plantaciones de teca. Esta se puede construir artesanalmente, utilizando una botella plástica reciclable de un litro de capacidad, a la cual se realiza una abertura de 9 x 17 cm, que servirá de entrada para los barrenadores (Figura 23). En su interior se colocará como atrayente 100 mL de alcohol en gel (desinfectante de manos), que es apropiado por su mayor conservación en campo (Figura 24).



Figura 23. Elaboración de trampa de intercepción de vuelo, fabricada con botella plástica de un litro de capacidad, con abertura para la entrada de los barrenadores.



Figura 24. Colocación de alcohol etílico en gel (desinfectante de manos), en trampa de intercepción de vuelo.

La trampa debe ser colocada a una altura de 1 a 2 m sobre el nivel del suelo, sostenida con alambre en el fuste del árbol escogido (Figura 25). 24 horas después de colocadas las trampas, deberán ser revisadas para observar la diversidad de escarabajos (Figura 26) e inmediatamente recuperar los especímenes capturados, que pueden ser conservados en frascos conteniendo alcohol al 96% (Figura 27).



Figura 25. Trampa de intercepción de vuelo, sujetada con alambre en el fuste de un árbol de teca a un metro sobre el nivel del suelo.



Figura 26. Diversidad de escarabajos de la madera atraídos por el alcohol en gel y capturados 24 horas después de colocadas las trampas.



Figura 27. Colecta de insectos en trampa de intercepción de vuelo, utilizando pincel para recuperar los individuos del alcohol en gel y conservarlos en frascos con alcohol 96%.

En el laboratorio se realiza la separación y conteo del número de individuos de Scolytinae capturados (Figura 28). En estudios realizados por INIAP (Muñoz et al., 2020), se determinó que de 1202 especímenes de Scolytinae capturados en 300 trampas, colocadas a 1 y 2 metros de altura del sobre el nivel del suelo; el 59% se capturaron en trampas ubicadas a 1 m y el restante 41% en las ubicadas a 2 m del suelo.



Figura 28. Separación en laboratorio de la diversidad de individuos de la subfamilia Scolytinae capturados en trampas de intercepción colocadas en las plantaciones de teca.

Con el uso de estas trampas se pueden capturar de 10 a 12 escarabajos (principalmente escolítidos) en las primeras 24 horas de colocadas. Esto sucede por la atracción que ejerce el alcohol etílico sobre este grupo de coleópteros.

5.1.3. Uso de troncos "trampas" o "centinela"

Otra técnica de monitorear y capturar escarabajos de la corteza y de ambrosia asociados a teca y otras especies forestales, es la utilización de "troncos centinelas", que son secciones de troncos de aproximadamente 20 cm de longitud, cortados de las ramas o tronco de un árbol sano (Figura 29).



Figura 29. Preparación de troncos trampa o "centinela" de 20 cm de longitud, libres de "muerte regresiva".

Previo a su distribución en la plantación, se recomienda retirar la corteza de los troncos y sumergirlos en alcohol etílico 70% por 60 segundos (Figura 30). Dejarlos en reposo por cinco minutos (Figura 31) y estarán listos para ser instalados en la plantación. Estos troncos "centinela", deben ser colgados a 1 - 2 m de altura sobre el nivel del suelo, sostenidos con alambre (Figura 32), a la espera que sean libremente colonizadas por hembras adultas de los Scolytinae. Se ha determinado con este método la captura de hasta 45 adultos de Scolytinae, a los 15 días de su colocación en las plantaciones. Mientras que, cuando no se usa alcohol ni se descorteza, este número disminuye a cuatro individuos (Navarrete et al., 2021).



Figura 30. Tratamiento con alcohol etílico 70% de los troncos "centinelas" descortezados, previo a su colocación en la plantación.



Figura 31. Troncos "centinelas" descortezados listos para ser ubicados en la plantación de teca.



Figura 32. Troncos "centinelas" colgados a 1m de altura sobre el nivel del suelo y sostenidos con alambre dentro de una plantación de teca.

Es importante considerar que estos barrenadores responden positivamente a la liberación de sustancias volátiles al ambiente por parte de la planta hospedera, los cuales, al combinarse con olores alcohólicos le sirven de orientación en la búsqueda de su hospedero. Por otra parte, al descortezar los troncos trampas "centinelas" y sumergirlos en alcohol, se favorece la agregación de estos organismos en las trampas (Figura 33).



Figura 33. Estado de los troncos "centinelas" retirados del campo 30 días después, mostrando abundantes perforaciones y aserrín provocadas por insectos Scolytinae.

Con relación al tiempo de permanencia de las trampas en el campo, se ha determinado que dejándolas 15 días en la plantación, se obtienen los mismos resultados que cuando permanecen 30 días en el campo. Luego del retiro de las trampas, estas son llevadas al laboratorio para contabilizar la cantidad de individuos capturados en cada tronco (Figura 34).



Figura 34. Diversidad de insectos Scolytinae recuperados de un tronco "centinela", 30 días después de permanecer en una plantación de teca.

Estas técnicas de monitoreo, se pueden implementar en las mismas parcelas de monitoreo permanente que, las plantaciones de teca tecnificadas. No obstante, en aquellas plantaciones donde no hagan ese registro, se pueden colocar un mínimo de 10 trampas de alcohol o 10 trampas de troncos "centinela" en áreas de 1 hasta 10 ha. Para la observación directa, se pueden escoger aleatoriamente 10 sitios de muestreo, en cada uno de los cuales, se debe revisar los troncos de 10 árboles en busca de evidencias de presencia de escolítidos (orificios y aserrín).

5.2. Especies de barrenadores asociados e identificados en teca

En estudio realizado con trampas fabricadas con botellas plásticas, utilizando como atrayente, alcohol en gel al 70% para la captura de insectos del orden Coleoptera, en 50 plantaciones de teca, de las principales provincias productoras de este árbol maderable (Los Ríos, Guayas, Manabí, Santo Domingo de los Tchácchilas y Esmeraldas), se identificaron siete familias (Figura 35).

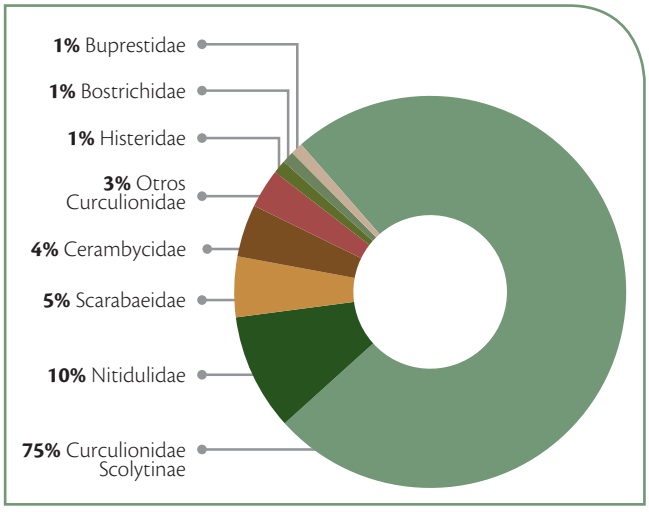


Figura 35. Relación porcentual de la población de Scolytinae (Curculionidae) frente a otros grupos de familias de coleópteros registrados en las plantaciones de teca evaluadas.

Se determinó que, el 76% de los 1.452 individuos capturados, eran de la sub familia Scolytinae (Figura 36a). El restante 24%, de especímenes colectados en campo, se distribuyó entre individuos de las familias Nitidulidae, Scarabaeidae, Cerambycidae (Figura 36b) y, otros Curculionidae, Histeridae, Buprestidae y Bostrichidae (Figura 36c).

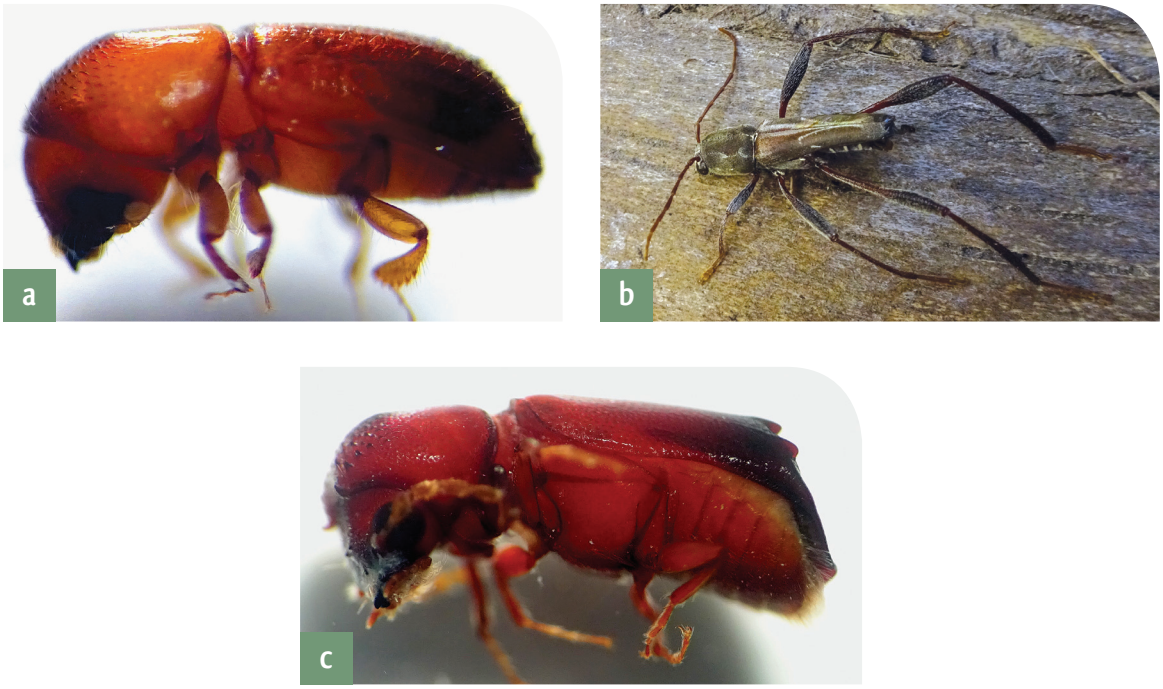


Figura 36. Especímenes del orden Coleoptera presentes en plantaciones de teca del Litoral ecuatoriano. a) Familia Curculionidae: Scolytinae. b) Familia Cerambycidae. c) Familia Bostrichidae.

Además, se han identificado las siguientes especies de insectos barrenadores: *Corthylus* spp., una especie de la tribu Corthylina, *Hypothenemus* sp.1, *Hypothenemus* sp.2, *Hypothenemus eruditus, Hypothenemus javanus, Hypothenemus seriatus, Cryptocarenus* spp., *Xyleborus affinis, Xyleborus ferrugineus, Xileborinus bicornatulus, Xylosandrus curtulus, Sampsonius dampfi, Premnobius cavipennis* y una especie de la sufamilia Platypodinae. Así mismo, se reportó algunos especímenes de la familia Bostrichidae. Estas especies de escolítidos fueron identificadas por el Dr. Anthony Cognato, autoridad mundial del grupo escolitidae, con sede en la Universidad Estatal de Michigan, Estados Unidos.

Las especies mencionadas pertenecen a dos subfamilias (Scolytinae y Platypodinae). Los escolítidos, se encuentran distribuidos en cuatro tribus. Para las tribus Corthylini, Xyleborini, Prenmobini, el hábito alimenticio es xilema-micetófago, lo cual indica que estos, barrenan el xilema de los árboles, para construir galerías donde crían su descendencia, que alimentan con un hongo simbionte transportado en su cutícula (micangios); y se los conoce como escarabajos ambrosiales (Tabla 2). Por su parte, los integrantes de la tribu Scolytini tienen preferencia por alimentarse de semillas y tejido medular de ramas, aunque algunas especies también poseen hábitos ambrosiales.

Tabla 2. Especies de escarabajos barrenadores encontrados en plantaciones de teca en cinco provincias de Ecuador.

Familias	Subfamilia	Tribu	Subtribu	Género y especie	Hábito alimenticio
Curculionidae	Scolytinae	Corthylini	Corthylina	*Corthylus* sp.	Xilema -Micetófago
			Corthylina		
		Scolytini	Cryphalina	*Hypothenemus* sp.1	Principalmente Ramas, pero algunas especies son micetófagas
				Hypothenemus sp.2	
				Hypothenemus eruditus	
				Hypothenemus javanus	
				Hypothenemus seriatus	
				Cryptocarenus sp.	
		Xyleborini	Xyleborina	*Xyleborus affinis*	Xilema -Micetófago
				Xyleborus ferrugineus	
				Xyleborinus bicornatulus	
				Xylosandrus curtulus	
				Sampsonius dampfi	
		Premnobiini	Premnobiina	*Premnobius cavipennis*	Xilema -Micetófago
	Platypodinae				Xilema -Micetófago
Bostrichidae					Floema

5.2.1. Distribución

En la figura 37, se observa que los escolítidos están distribuidos en las cinco provincias donde se realizaron los muestreos en plantaciones de teca, destacando por su presencia en todas las provincias la especie *Hypothenemus* sp.1. La especie *Hypothenemus eruditus* fue registrado en cuatro provincias, mientras que *Premnobius cavipennis* y *Xyleborus affinis* en tres de las provincias evaluadas. El resto de especies, se registraron solamente una, en cada provincia, con excepción de *X. ferrugineus* que se encontró en dos provincias.

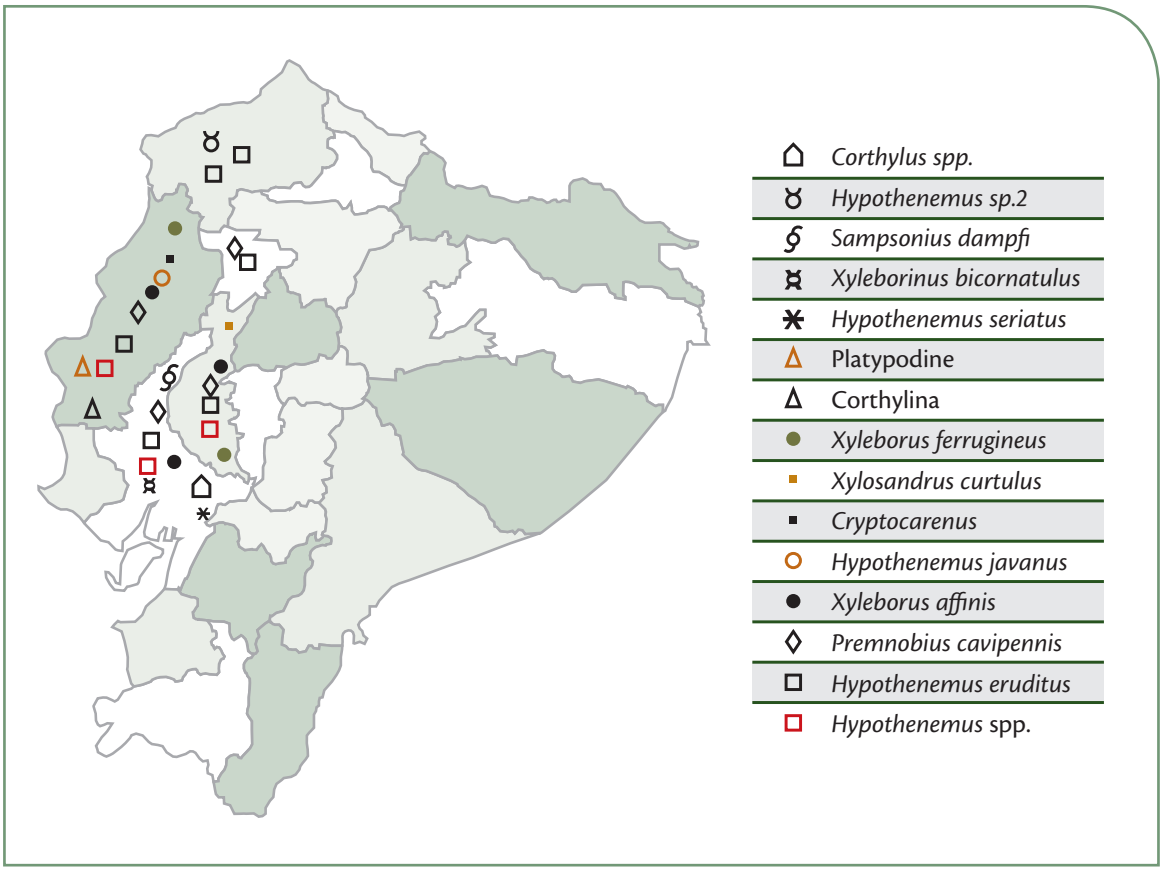


Figura 37. Distribución de especies de escolítidos en cinco provincias de Ecuador.

En la tabla 3, se observa que, la provincia con mayor número de especies de escolítidos fue Manabí, con nueve especies, mientras que, en Santo Domingo de los Tsáchilas, se reportó solamente dos especies.

Tabla 3. Distribución de especies de escolítidos en cinco provincias de Ecuador.

Especies de Scolytinae	Provincias evaluadas				
	Manabí	Los Ríos	Guayas	Esmeraldas	Santo Domingo de los Tsáchilas
Corthylus sp.			●		
Corthylina	●				
Hypothenemus sp.1	●	●	●	●	●
Hypothenemus sp.2				●	
Hypothenemus eruditus	●	●	●	●	
Hypothenemus javanus	●				
Hypothenemus seriatus			●		
Cryptocarenus	●				
Xyleborus affinis	●	●	●		
Xyleborus ferrugineus	●	●			
Xyleborinus bicornatulus			●		
Xylosandrus curtulus		●			
Sampsonius dampfi			●		
Premnobius cavipennis	●	●	●		●
Platypodine	●				
TOTAL	**9**	**6**	**8**	**3**	**2**

Las especies de escolítidos encontradas con más frecuencia en las trampas de alcohol fueron *Hypothenemus* sp.1 (34,21%), *H. eruditus* (23,10%), *Premnobius cavipennis* (19,56) y *Xyleborus affinis* (12,28%). El resto no superaron el 3% (Figura 38).

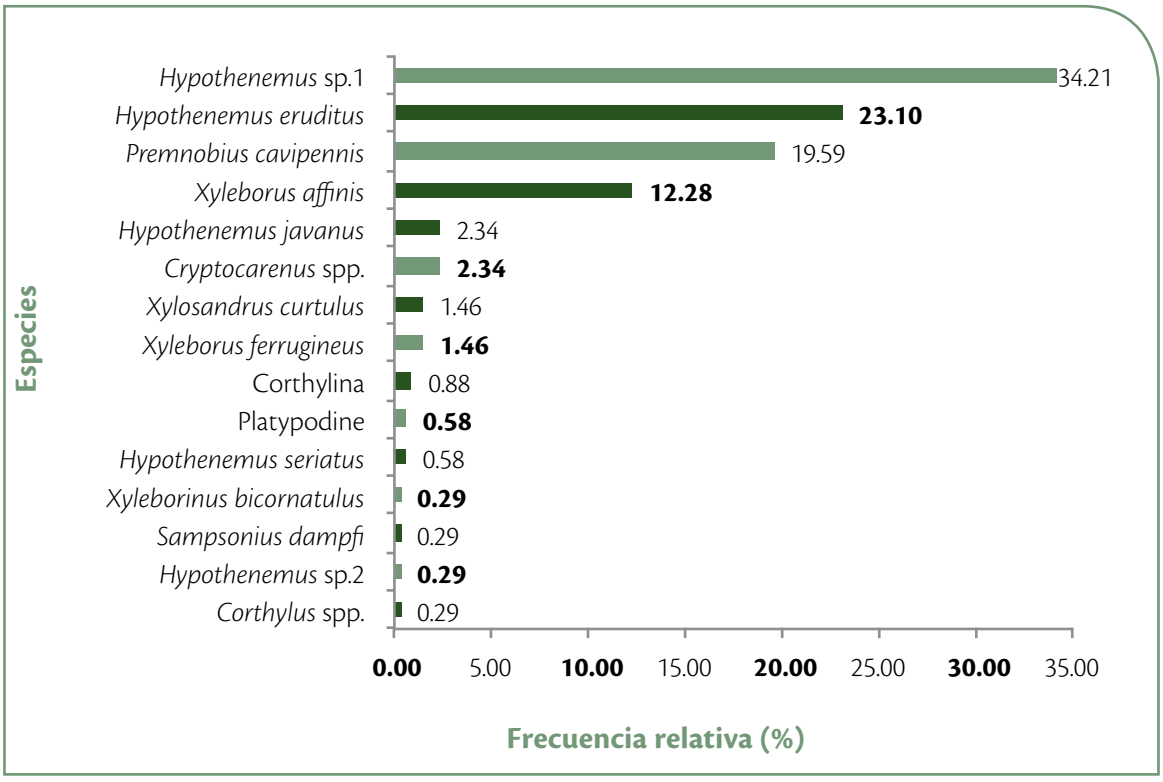


Figura 38. Frecuencia relativa de especies de escolítidos encontradas en Ecuador.

De muestreos realizados por el INIAP en el año 2015, en secciones de troncos de teca con presencia de la enfermedad "muerte regresiva", en cinco plantaciones en las provincias de Manabí y Los Ríos, se logró determinar la presencia en galerías de las especies *Xyleborus ferrugineus, Xyleborus affinis, Coptoborus vespatorius* e *Hypothenemus* sp. Estas fueron identificadas por el Dr. Wills Flowers, taxónomo de coleópteros de Florida AM University, con sede en Tallahassee, Florida, Estados Unidos.

Otros autores, además de las ya reportadas en este documento, han encontrado otras especies asociadas a teca en Ecuador como: *Scolytus* sp., *Coptoborus* spp., *Xyleborus spinulosus, X. volvulus, Xylosandrus morigerus, Corthylus insignis, C. minutissimus* e *Ips* spp. (Flores et al., 2010; Martínez et al., 2017; Vera et al., 2019; Solano et al., 2020).

5.2.2. Características de los barrenadores de teca (familia Curculionidae) en Ecuador

Los escarabajos barrenadores de teca en Ecuador, están agrupados en dos subfamilias de la familia Curculionidae (Scolytinae y Platypodinae), siendo Scolytinae la de mayor riqueza de especies encontradas. A continuación, se describe brevemente las principales características de los grupos reportados en teca:

5.2.2.1. Subfamilia Scolytinae

Es la más diversa y abundante. Sus miembros se caracterizan por su tamaño pequeño 1-6 mm y cuerpo cilíndrico. Antenas cortas y terminadas en mazo, además, presentan una espiga larga en el ápice de la tibia anterior.

Tribu Corthylini

Subtribu Corthylina

Los individuos de esta subtribu son escarabajos de largo pronoto, antenas con largas setas, declive del macho con armadura, vellosidad reducida, todas las especies de esta subtribu son ambrosiales, es decir que se alimentan del hongo que cultivan en las galerías.

Especie	Distribución	Altitud ms.n.m.	Precipitación mm	Espécimen
Corthylus sp.	Guayas	21	600-900	
Corthylina	Manabí	98	100-1200	

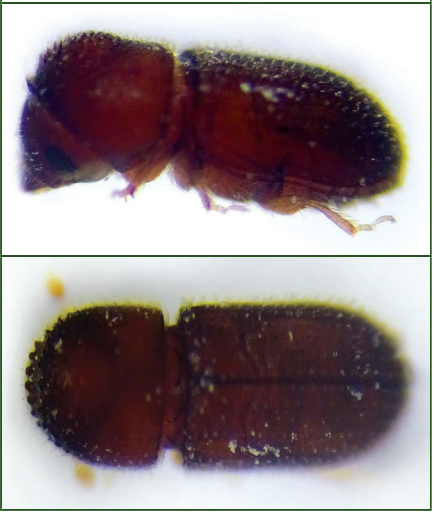


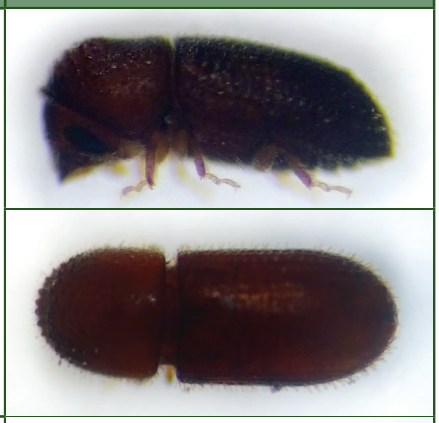
Tribu Scolytini

Pronoto aplanado, cabeza saliente, protibia con un gancho en la punta. Élitros entre planos y ligeramente curvos.

Subtribu Cryphalina

Escarabajos de distribución mundial, con mayor diversidad en Asia y Oceanía. Usualmente con setas largas, tarsos con último segmento bilobulado. Estos insectos se alimentan principalmente de corteza y medula en ramas y endospermo de semillas, pero algunas especies son micetófagas.

Especie	Distribución	Altitud ms.n.m.	Precipitación mm	Espécimen
Hypothenemus sp.1	Manabí, Guayas, Los Ríos, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas	12-372	600-2700	
Hypothenemus sp.2	Esmeraldas	200	1500-2000	

Especie	Distribución	Altitud ms.n.m.	Precipitación mm	Espécimen
Hypothenemus eruditus	Manabí Los Ríos Guayas Esmeraldas	21-224	700-2700	
Hypothenemus javanus	Manabí Guayas Los Ríos	183	1000-1200	
Hypothenemus seriatus	Guayas	183	500-700	
Cryptocarenus sp.	Manabí	58	900-1100	

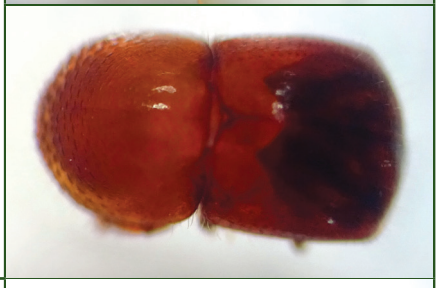
Tribu Xyleborinii

Escarabajos con cabeza cubierta por el pronoto, protibia usualmente plana con más de seis dentículos. Casi todos sus ejemplares son de comportamiento ambrosial, viviendo en simbiosis con sus hongos.

Subtribu Xileborina

Club de la antena de forma aplanada, con el primer segmento antenal fuertemente esclerosado. Pronoto fuertemente convexo, con asperezas en el declive.

Especie	Distribución	Altitud ms.n.m.	Precipitación mm	Espécimen
Xyleborus affinis	Manabí Guayas Los Ríos	12-220	800-2700	
Xyleborus ferrugineus	Manabí Los Ríos	18-220	1000-2700	

Especie	Distribución	Altitud ms.n.m.	Precipitación mm	Espécimen
Xyleborinus bicornatulus	Guayas	12	800-1000	 
Xylosandrus curtulus	Los Ríos	68	2000-2200	 
Sampsonius dampfi	Guayas	78	700-900	 



Tribu Premnobiini

Existen debates que ubican esta tribu de origen africano, como una subtribu parte de Xyleborini (Atkinson y Equiua, 1985) o Ipsiini (Bateman et al., 2017). Sin embargo, varios autores, (Rabaglia et al., 2006; Bright, 2021) la ubican como una tribu independiente, cuya característica principal es el club de la antena, muy aplanado y la pregula, situada al ras de la superficie ventral de la cabeza. Todas las especies tienen comportamiento ambrosial.

Especie	Distribución	Altitud ms.n.m.	Precipitación mm	Espécimen
Premnobius cavipennis	Manabí Guayas Los Ríos Santo Domingo de los Tsáchilas	12-251	700-900	

5.2.2.2. Subfamilia Platypodinae

La gran mayoría de especies con hábito ambrosial en los bosques y plantaciones forestales del mundo, pertenecen a las subfamilias Scolytinae y Platypodinae. Los individuos de esta última subfamilia se caracterizan porque su cabeza es igual de ancha que el pronoto, el que tiene una constricción lateral en el medio. El club de la antena carece de suturas y el tarso uno, es más largo que los tarsos del dos al cinco, combinados y también más largo que la tibia.

Especie	Distribución	Altitud ms.n.m.	Precipitación mm	Espécimen
Platypodinae	Manabí	65	900-1000	

5.2.3. Familia Bostrichidae

Esta familia agrupa especies de tamaño diminuto a pequeños (2 a 24mm). Forma característica, la mayoría desde amplia, pero mayormente estrecha y cilíndrica. Con élitros de lados paralelos, la cabeza inclinada hacia abajo y aparentemente en la superficie ventral del protórax, casi o completamente oculta en vista dorsal; pronoto globoso y tuberculado o con dientes rugosos en la porción anterior. Mazo antenal con 3 o 4 segmentos a menudo separados y con crecimiento a un lado. Color marrón, café oscuro a negro. Tarso 5-5-5 a menudo con el primer segmento pequeño.

Especie	Distribución	Altitud ms.n.m.	Precipitación mm	Espécimen
Bostrichidae	Manabí	21-44	900-1800	

5.3. Fluctuación poblacional

Cuando se estudió la fluctuación poblacional de los Scolytinae asociados a plantaciones, establecidas, con regímenes pluviométricos distintos (Olmedo-Manabí, 1150 mm; El Empalme-Guayas, 1900 mm y; Buena Fe-Los Ríos, 2780 mm), se observó alto sincronismo de la dinámica de las poblaciones de estos organismos, en los tres regímenes pluviométricos. Las mayores poblaciones se presentan en las tres localidades, en la época seca (noviembre y diciembre). A partir de enero, las poblaciones comenzaron a decrecer, presentándose en junio, julio y agosto las más bajas poblaciones de estos barrenadores (Figura 39). Se aprecia, además, que las lluvias y altas temperaturas asociadas a este período, no son favorables para el desarrollo de estos escarabajos de la madera.

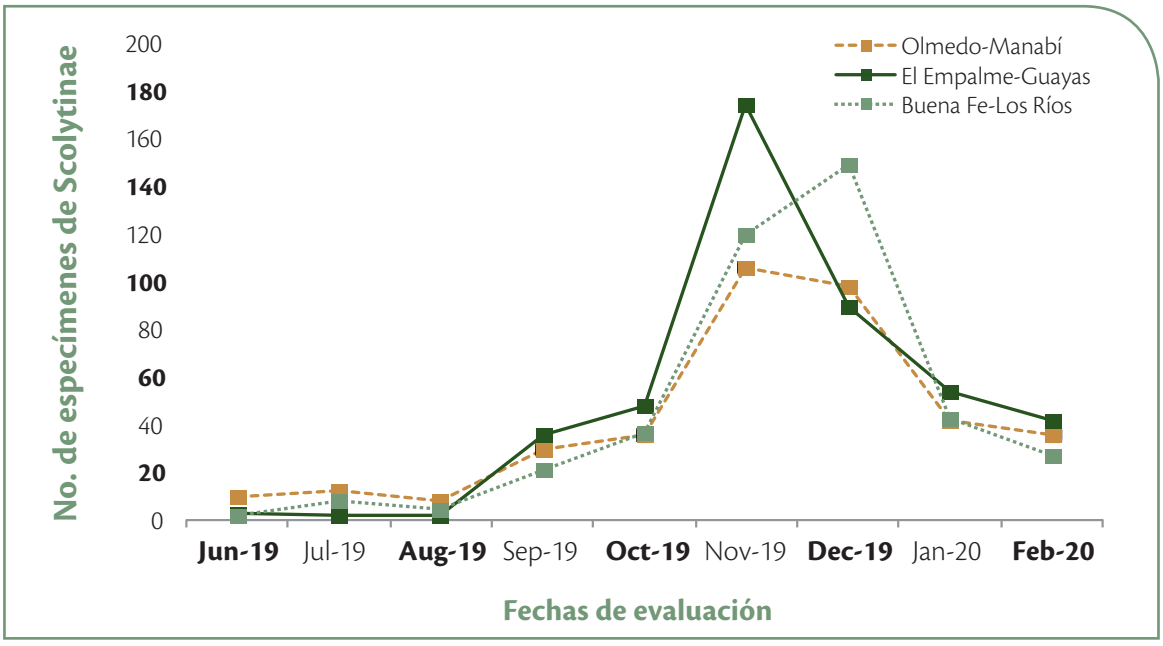


Figura 39. Dinámica poblacional de barrenadores de la madera (Curculionidae: Scolytinae), asociado a plantaciones de teca en tres localidades/provincias de Ecuador, 2019-2020.

5.4. Daño

Por ser un grupo de insectos que desarrolla gran parte de su vida en el interior de los troncos (Figura 40), los miembros de las subfamilias Scolytinae y Platypodinae, tienen el potencial de causar daños directos cuando infestan y construyen galerías en árboles de teca (Figura 41).



Figura 40. Sección de tronco de teca mostrando galerías ocupadas por larvas de Scolytinae (Curculionidae), cumpliendo su biología en el interior de la madera.



Figura 41. Sección de tronco de teca mostrando abundantes galerías provocadas por insectos barrenadores de la subfamilia Scolytinae (Curculionidae).

Este daño se traduce en perjuicio económico para el productor, al no poder obtener y comercializar la madera sana (Figura 42a), dando como resultado trozas que se infestan fácilmente con la presencia de barrenadores que forman galerías y/o insectos presentes que desvalorizan la calidad (Figura 42b). Así también, los orificios y heridas causados por estos escarabajos, se convierten en la vía de entrada para bacterias y hongos oportunistas.

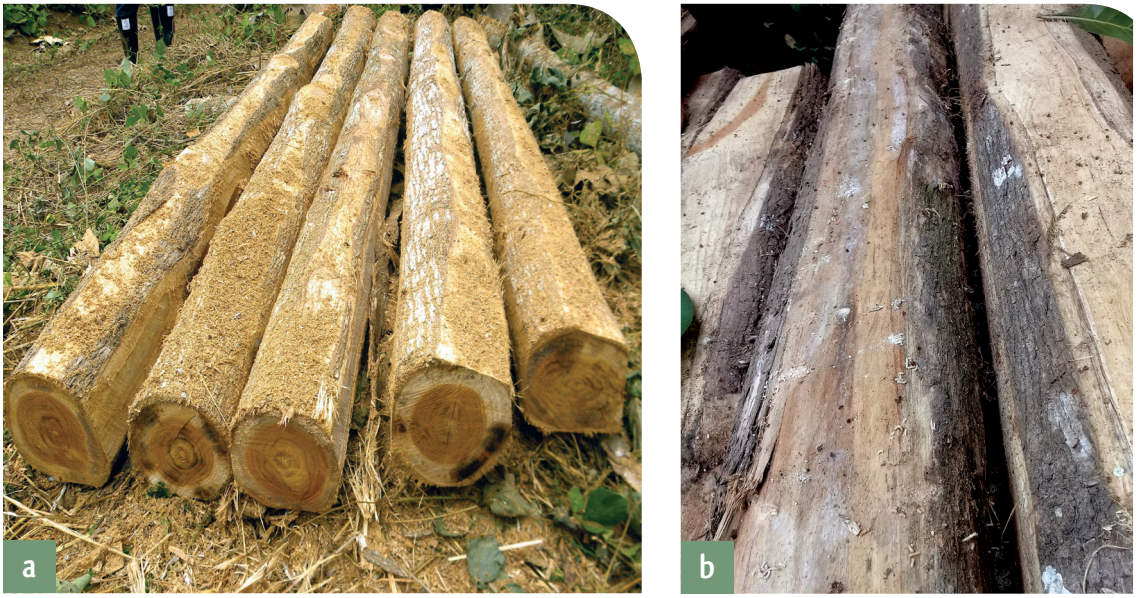


Figura 42. Trozas de teca. a) Trozas sin daños. b) Trozas sin valor comercial, afectadas por perforaciones/aserrín provocadas por insectos barrenadores.

En segmentos de troncos de 20 cm de longitud, provenientes de árboles con perforaciones en plantaciones de teca (Figura 43), localizadas en el Litoral ecuatoriano, se cuantificó un promedio de 4,35 perforaciones, conteniendo 0,5 larvas (Figura 44a); 0,1 pupas (Figura 44b) y 1,8 adultos de escolítidos (Figura 44c). Sin embargo, estos valores pueden llegar un máximo de 67 perforaciones, con 7 larvas, 2 pupas y 24 adultos de Scolytinae. (Figura 45).



Figura 43. Secciones de troncos de teca de 20 cm con perforaciones provocadas por insectos barrenadores de la subfamilia Scolytinae (Curculionidae), evaluadas en laboratorio.

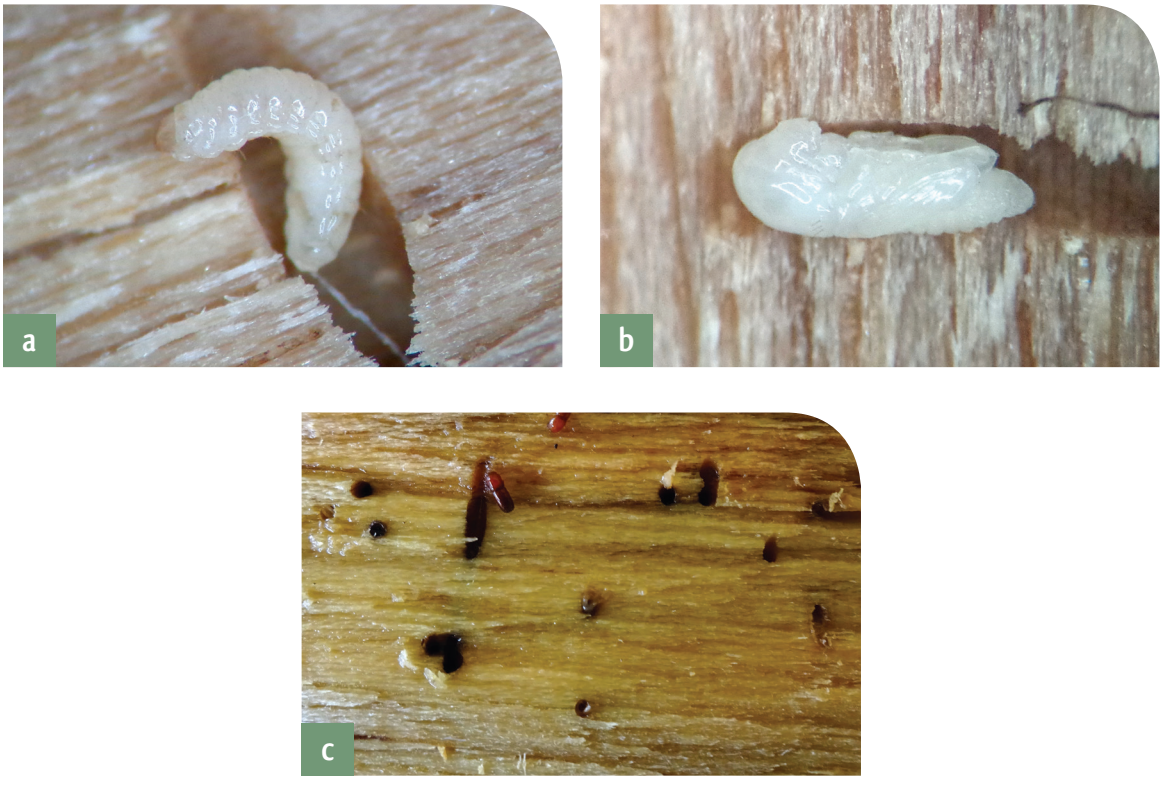


Figura 44. Estados del ciclo biológico de la subfamilia Scolytinae presentes en galerías de troncos de teca con perforaciones. a) Larva. b) Pupa. c) Adulto.



Figura 45. Sección de tronco de teca con alta presencia de perforaciones provocadas por insectos barrenadores de la subfamilia Scolytinae (Curculionidae).

La capacidad de infestación de los insectos Curculionidae: Scolytinae, fue corroborada a nivel de laboratorio, empleando como modelo a *Xyleborus* sp. Para el efecto se introdujeron troncos de teca sanos e infestados en jaulas entomológicas durante 45 días (Figura 46). Los resultados indicaron que, estos barrenadores tienen una alta velocidad de establecimiento y colonización, observando que las perforaciones pasaron de un promedio de 4,6 a 35,15 perforaciones, en 33 días (Figura 47).



Figura 46. Troncos sanos de teca junto a troncos infestados con Xyleborus sp. (Curculionidae), confinados bajo condiciones controladas para estudiar la dinámica de sus perforaciones.

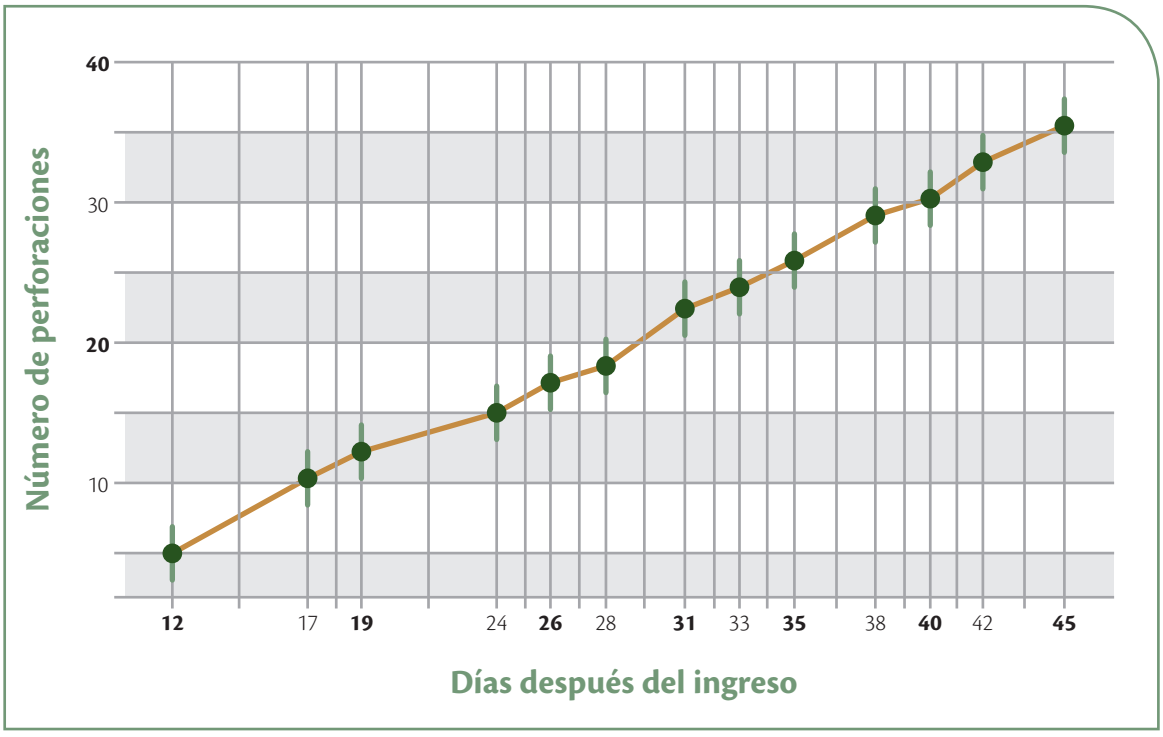


Figura 47. Dinámica de la presencia de perforaciones (valores promedios) provocadas por una especie de barrenador *Xyleborus* sp. (Curculionidae: Scolytinae), en troncos centinelas ubicados en jaulas entomológicas de la EEP, 2020-2021.

Del comportamiento observado, el mayor peligro sucede en las infestaciones de escolítidos con hábitos ambrosiales, cuyo hongo simbionte es patogénico. Esto ha sucedido con plantaciones de aguacate en Florida, California e Israel, con las especies *X. glabratus* y *Ewallacea fornicatus* que transmiten hongos ambrosiales causantes de muerte regresiva y la asociación *X. compactus* con *F. solani*, causante de enfermedades vasculares en café en el norte de África (Egonyu y Torto, 2018). Este fenómeno podría estar ocurriendo en las plantaciones de teca de Ecuador, en el caso de la "muerte regresiva". Al respecto, cuando se relacionan las poblaciones promedio de adultos de Scolytinae, con el porcentaje de incidencia de "muerte regresiva", en plantaciones de teca, en varias provincias del Litoral ecuatoriano, se observó un paralelismo entre las poblaciones de estos Scolytinae con la incidencia de la "muerte regresiva", en las provincias de Los Ríos, Guayas y Esmeraldas. La diferencia se presenta en la provincia de Manabí, donde, se contabilizaron las mayores poblaciones totales de Scolytinae, contrariamente se reportó una baja incidencia de la "muerte regresiva" en las plantaciones evaluadas (Figura 48). Este comportamiento probablemente obedece a que, las condiciones ambientales de la provincia, no le son favorables al desarrollo de la enfermedad en teca.

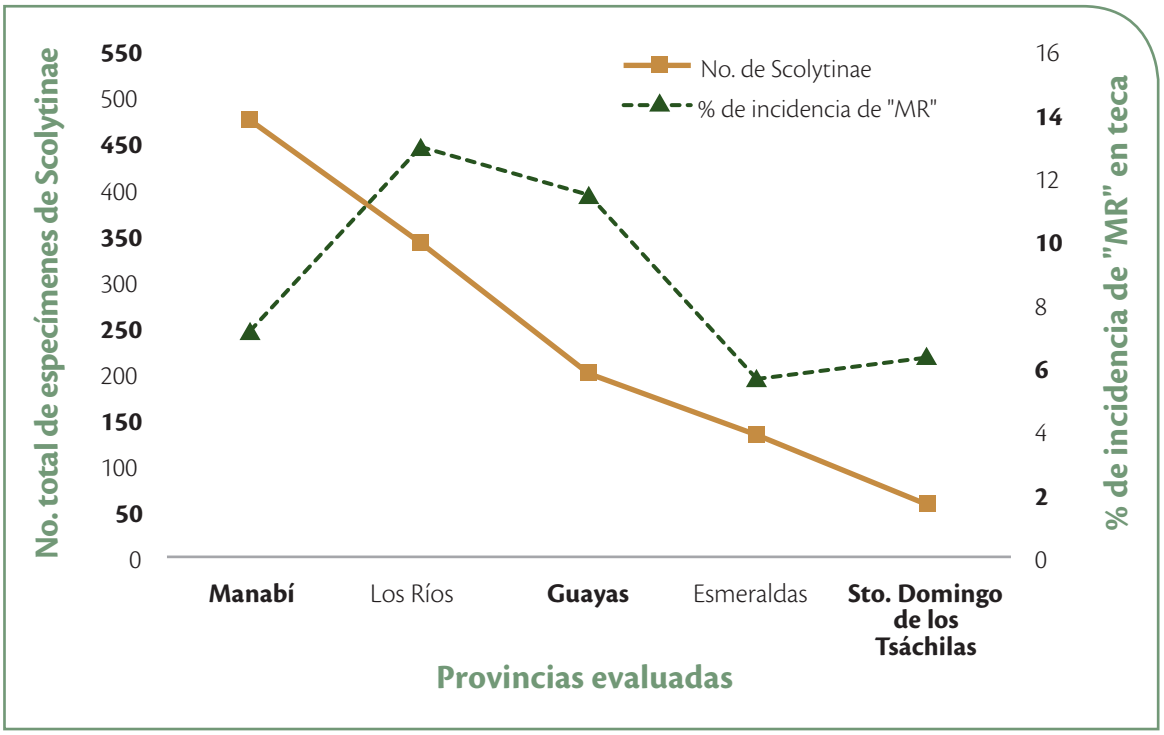


Figura 48. Relación de las poblaciones de adultos de Scolytinae capturados en trampas de botellas plásticas con atrayente de alcohol en gel, con el porcentaje de incidencia de "muerte regresiva", en plantaciones de teca del Litoral ecuatoriano, 2019-2020.

5.5. Capacidad de Scolytinae en la dispersión de microorganismos causantes de "muerte regresiva".

En los estudios realizados en campo y laboratorio, fue posible determinar la presencia de microorganismos causantes de la enfermedad "muerte regresiva", en las galerías efectuadas por barrenadores de la subfamilia Scolytinae, en trocos "centinela" ubicados en tres zonas del Litoral ecuatoriano (Tabla 4). Así mismo, se ha determinado la presencia de estos organismos en los macerados de estos insectos barrenadores de teca (Figura 49).

Tabla 4. Microorganismos aislados provenientes de galerías, ocasionadas por insectos barrenadores de la subfamilia Scolytinae en troncos centinelas de teca, ubicados en tres provincias productoras de teca, 2019-2020.

Olmedo-Manabí	El Empalme-Guayas	Buena Fe-Los Ríos
Lasiodiplodia sp.	*Lasiodiplodia* sp.	*Fusarium* spp.
Fusarium spp.	*Fusarium* spp.	*Lasiodiplodia* sp.



Figura 49. Recuperación de microorganismos a partir de macerados de insectos barrenadores Scolytinae (Curculionidae), presentes en galerías de troncos de teca.

Para corroborar la presencia y transmisibilidad de microorganismos fungosos en insectos adultos, se estableció un experimento bajo condiciones controladas de laboratorio (Figura 50). Con este propósito, se introdujeron en una jaula entomológica un tronco de teca infestado por *Xyleborus* sp. junto a cuatro troncos sanos. Previo al confinamiento, se verificó que, el tronco barrenado tenía la presencia de los microorganismos *Lasiodiplodia* sp. y *Fusarium* spp. citados en la tabla 4. A partir de este momento se evaluó un tronco cada 10 días, determinando en ellos la presencia de estos hongos en sus galerías y en el cuerpo de los insectos.



Figura 50. Prueba de laboratorio para determinar la transmisibilidad de microorganismos en insectos barrenadores *Xyleborus* sp. (Curculionidae: Scolytinae), infesatando troncos de teca confinados en jaulas entomológicas.

Los resultados permitieron confirmar que, los hongos detectados en el tronco inicialmente infestado, fueron los mismos reportados en los cuatro troncos invadidos por estos barrenadores, demostrándose así, la capacidad de estos escolítidos de ambrosia en dispersar esporas de estos microorganismos de troncos infectados con "muerte regresiva" a troncos sanos.



Fotografía aérea de una plantación de teca con problemas fitosanitarios. Cortesía: Juan Carlos Aguilar

6 Monitoreo fitosanitario en plantaciones comerciales de teca

En una plantación afectada por muerte regresiva, la determinación de la incidencia (número de árboles enfermos) y de la severidad (intensidad del daño) debe ser realizada de forma oportuna y ajustada a la realidad. Para ello, el monitoreo es considerado una herramienta básica que permite: a) identificar la forma del foco infeccioso, b) conocer el tamaño de la afectación, c) determinar la dirección y cambios recurrentes, d) identificar el momento de aparición o progreso de la enfermedad. De esta manera se puede obtener una visión concreta del grado de infección del agente causal (Vera et al., 2019).

Las bases del monitoreo se establecen a través del muestreo, que permite analizar y compilar información de la muestra proveniente de una población, sin que sea necesario intervenir en su totalidad. Existen diversas técnicas de muestreo, la elección de la técnica que mejor se ajuste, depende de varios factores, entre los principales están: el comportamiento espacial de la enfermedad en el campo; tipo de diseminación predominante (aérea o a través del suelo) y objetivo del muestreo (reconocimiento de problemas fitosanitarios, determinación de la intensidad del daño, determinación de poblaciones de árboles, estado de desarrollo de plantaciones, entre otras).

Un aspecto importante a considerar dentro del muestreo es la determinación de la forma de dispersión del microorganismo: dispersión aleatoria en donde la presencia de árboles enfermos es al azar (Figura 51a); dispersión en agregados, agrupación de árboles enfermos dentro de un área (Figura 51b) y dispersión regular, árboles enfermos uniformemente distribuidos (Figura 51c).



Vista frontal de plantación de teca, en la provincia de Los Ríos

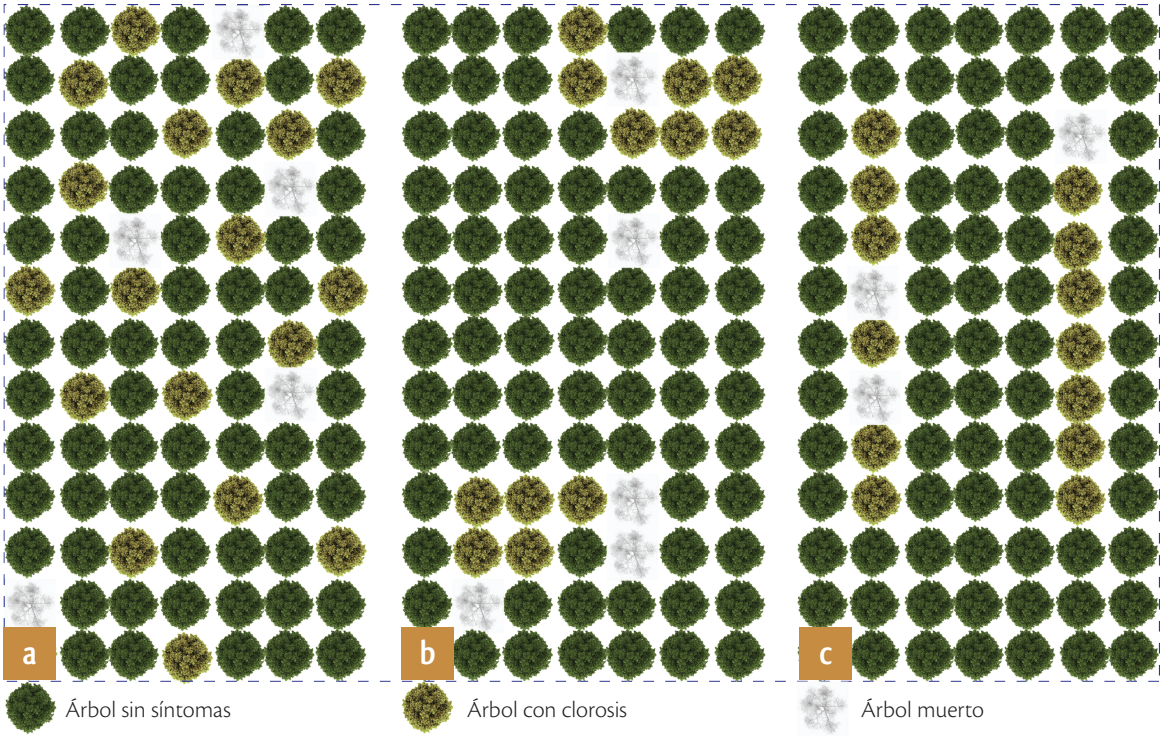


Figura 51. Formas de dispersión de árboles enfermos en una plantación. a) Aleatoria. b) Agregados. c) Regular.



Registro de datos de problemas fitosanitarios en plantación de teca, en la provincia de Manabí

6.1. Muestreo al azar

Consiste en la recolección de muestras de forma aleatorizada. Se utiliza cuando las árboles enfermos se encuentran distribuidos uniformemente dentro de la plantación. En la figura 52, se presenta el esquema de muestreo al azar en una plantación.

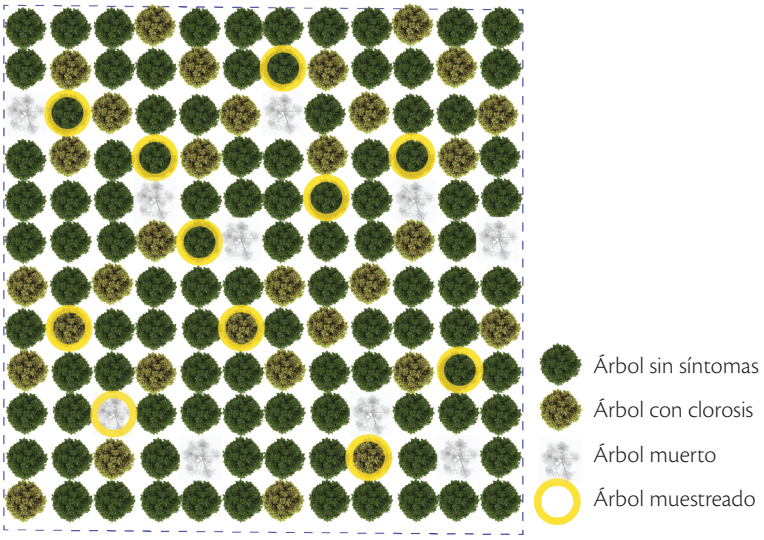


Figura 52. Esquema del muestreo al azar en una plantación de teca.

6.2. Muestreo sistemático

Se fundamenta en el uso de patrones sistemáticos (rombo, zigzag y en diagonal), para el muestreo de plantaciones. El uso de este tipo de muestreo depende de la extensión del área y topografía del terreno (Figura 53).

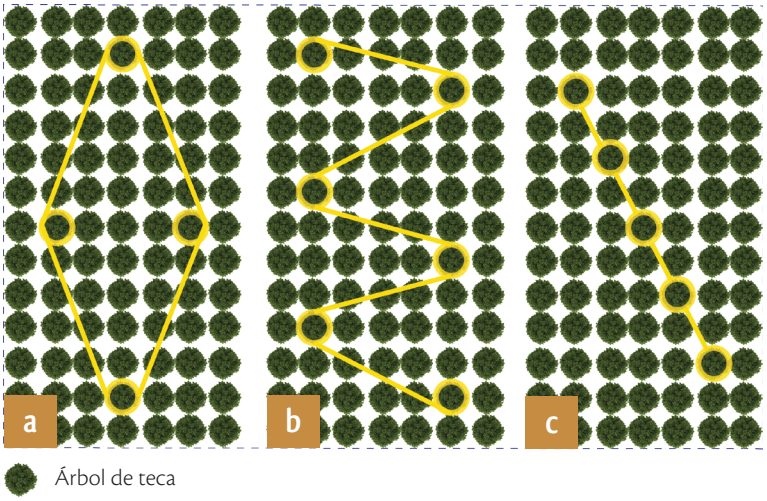


Figura 53. Patrón de muestreo sistemático (línea amarilla) usados para monitoreo de problemas sanitarios en plantaciones de teca. a) Rombo. b) Zigzag. c) Diagonal.

6.3. Muestreo estratificado

Se realiza este tipo de muestreo en plantaciones heterogéneas, para ello se divide el área de muestreo en estratos homogéneos. A fin de obtener mayor representatividad del área a muestrear. Para el efecto, se considera la topografía del terreno, la edad de la plantación, intensidad de la afectación, entre otros. En la figura 54, se muestra el esquema de una plantación dividida en estratos según el grado de afectación, es decir, en caso que existan áreas con baja incidencia del problema, se forma un grupo (estrato) de evaluación con estos árboles (Figura 54a), mientras que, cuando el problema se presenta en un área determinada específica, se forma otro estrato o grupo (Figura 54b).

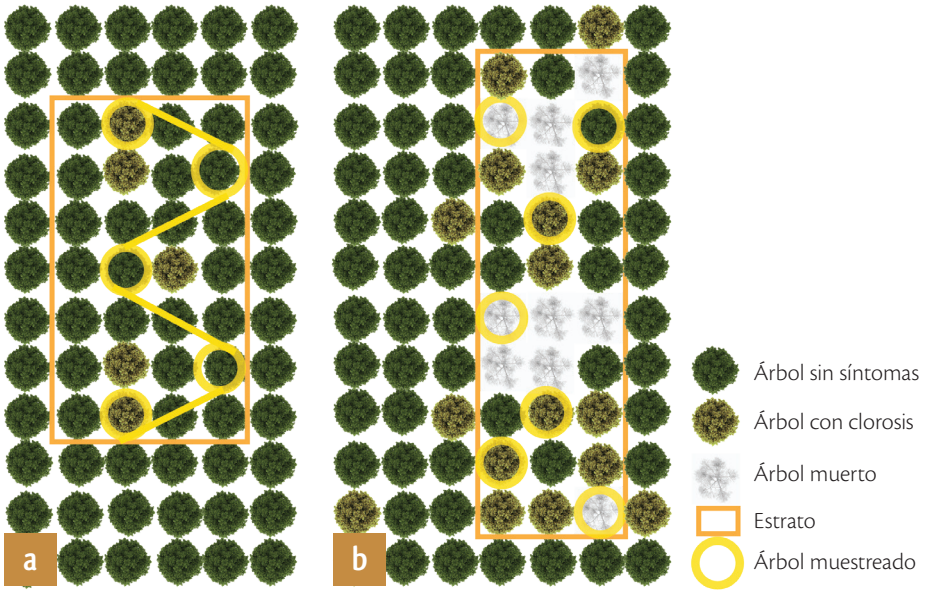


Figura 54. Esquema del muestreo estratificado dentro de una plantación afectada con "muerte regresiva". a) Muestreo en área con baja incidencia. b) Muestreo en área con alta incidencia.

6.4. Muestreo mediante teledetección

La teledetección es una alternativa que puede complementar los sistemas tradicionales de muestreo en campo, utilizando sensores remotos que permiten detectar y mapear problemas sanitarios en plantaciones (Cubero et al., 2019). De manera general, se define a la teledetección como una técnica que se utiliza para obtener información sin tener contacto directo con el objeto de estudio. Esta técnica de muestreo tiene como objetivo capturar, tratar y analizar imágenes digitales tomadas desde satélites artificiales o drones (Pérez y Muñoz, 2006). La figura 55a, muestra una plantación de teca con síntomas de muerte regresiva y la figura 55b, corresponde a una fotografía aérea procesada a color RGB (acrónimo en inglés de los colores rojo, verde, azul).

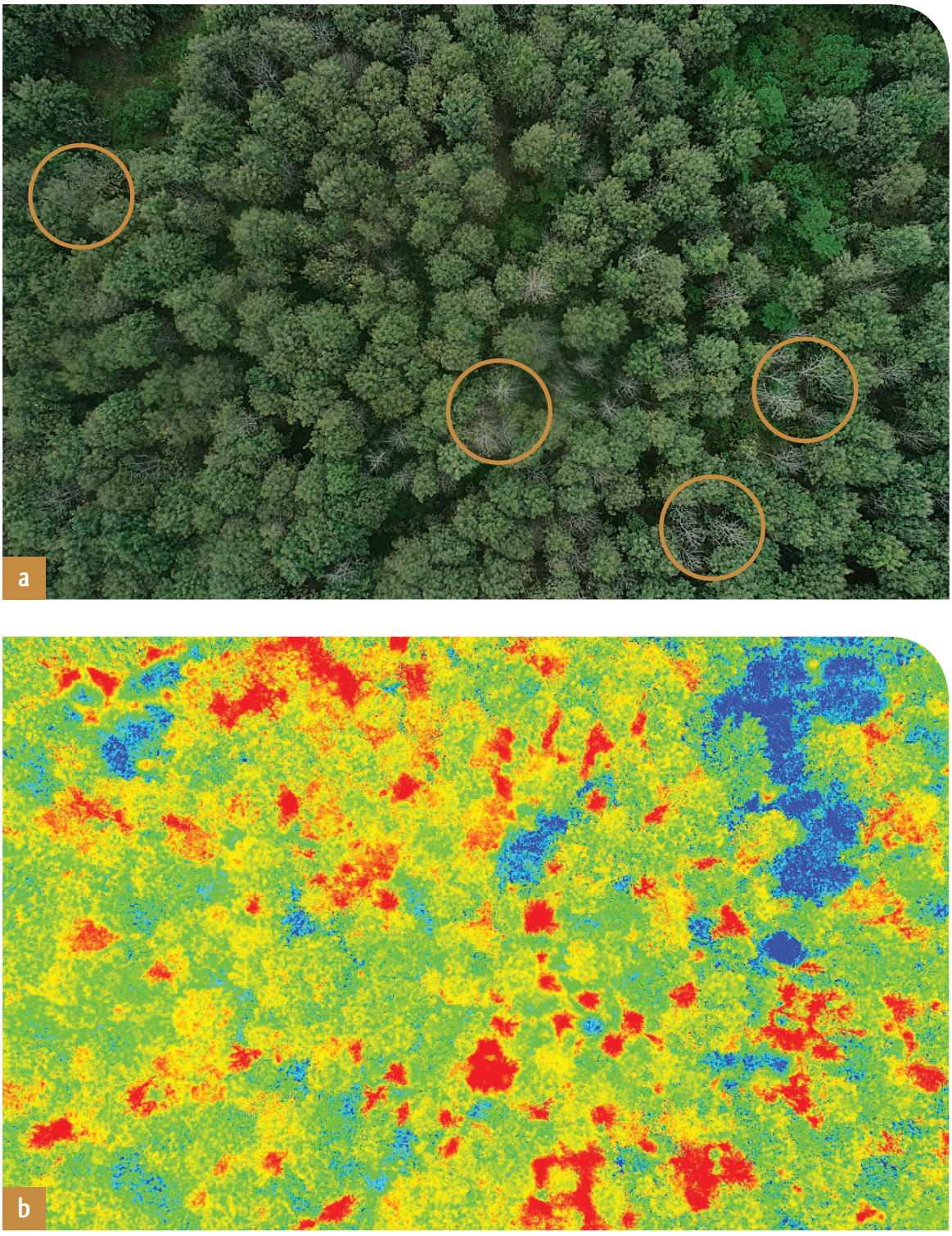


Figura 55. Muestreo de una plantación de teca que presenta síntomas de "muerte regresiva", utilizando la técnica de teledetección. a) Fotografía aérea de una plantación de teca, los círculos amarillos señalan árboles muertos. b) Imagen procesada en color RGB. El color naranja indica los árboles muertos y áreas sin vegetación, color verde muestra las copas de los árboles de teca, color amarillo indica árboles de teca con hojas que presentan marchitez y el color azul indica vegetación de otras especies.



Panorámica de una plantación de teca en la que se aprecia la pérdida de las hojas durante la estación seca. En primer plano, se observa un árbol con emisión de brotes epicórmicos, síntoma característico de "muerte regresiva"

7 Manejo de la enfermedad "muerte regresiva"

La "muerte regresiva" es una enfermedad ocasionada por microorganismos que provocan el marchitamiento y posterior muerte de los árboles. Los síntomas son producidos por los microorganismos que invaden el árbol través del sistema vascular, provocando un "bloqueo" de su sistema circulatorio. De este modo, se interfiere con el paso gradual de agua y minerales desde las raíces a las hojas y a la vez de fotoasimilados desde las hojas hacia las raíces. Este hecho genera un lento proceso de inanición, que se manifiesta por la clorosis apical, el marchitamiento y posterior muerte del árbol. Si bien, este proceso ha sido explicado de forma rápida, en el campo, ocurre de manera muy lenta y en la mayoría de los casos, la expresión de los síntomas puede ocurrir varios años después de haber iniciado el proceso de penetración de los microorganismos en el árbol, posterior infección y colonización del agente causal. Por tanto, cuando se observan los primeros síntomas de la enfermedad, el organismo ya ha colonizado gran parte del árbol, dificultando la detección inicial y a su vez el control.

Debido a la naturaleza de la infección, la manera más lógica de manejar este tipo de problemas fitosanitarios es a través de medidas preventivas que ayuden a reducir la infección inicial en el árbol. A continuación se detallan las principales labores culturales que reducen significativamente el inóculo inicial y tienen un efecto directo sobre la incidencia de esta enfermedad.



Plantación comercial de teca con adecuado manejo silvicultural

7.1. Condiciones climáticas, geofísicas, edáficas y nutricionales que favorecen el manejo de la "muerte regresiva"

En la presente sección se detallan los requerimientos climáticos, geofísicos y edáficos que favorecen el cultivo de la teca, los mismos que predisponen el adecuado desarrollo de la plantación y del manejo de la "muerte regresiva". En el tabla 5, se detallan las condiciones óptimas para un adecuado desarrollo.

Tabla 5. Requerimientos climáticos para el cultivo de teca en Ecuador.

Requerimientos/Unidades	Valores
Temperatura (°C)	22 - 27
Precipitación (mm/año)	1500 - 3 000
Heliofanía (%)	75 - 94
Altitud (ms.n.m.)	0 - 300

Jácome Mena et al (2016).

Los suelos ideales para el cultivo de teca son de origen aluvial y calcáreo con pH neutros, fértiles, profundos, bien drenados con suficiente aireación, oxigenación y capacidad de retención de humedad. Además, ésta especie no tolera suelos pesados con mucho contenido de arcilla, ni muy livianos con mucho contenido de arena (Jácome-Mena et al., 2016).

El cultivo de teca, al igual que otras especies forestales requiere de una nutrición balanceada, basada en fuentes de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S). Sin embargo, aún existen controversias entre varios autores, acerca de los requerimientos nutricionales de esta especie, pues varía según el genotipo, la edad de la plantación y de la cantidad que pueda suplir el suelo. Entre los beneficios de una nutrición adecuada se destacan el desarrollo de la plantación y el aumento de las defensas ante problemas fitosanitarios (Alvarado y Raigosa, 2012).

7.2. Manejo de insectos barrenadores de la teca

Los escarabajos de la corteza y de ambrosia pueden ocasionar pérdidas importantes en plantaciones de teca, ya sea por daño físico o por daño indirecto relacionado con su capacidad de dispersar esporas de hongos fitopatógenos. En ese sentido, es necesario mantener bajas poblaciones de estos insectos, para lo cual se debe aplicar un programa de manejo forestal que cree condiciones adversas para la sobrevivencia y reproducción de escolítidos. Esta planificación debe basarse en principios de manejo integrado de plagas, que incluye entre otros el monitoreo constante, a través de las técnicas antes descritas, así como la prevención mediante medidas silviculturales y de ser necesaria la intervención con medidas de mitigación.

Los escolítidos, prefieren infestar árboles estresados y débiles, por lo que es necesario plantar un material genético adaptado a la zona de producción, realizar las labores de poda, raleo y fertilización oportunamente, con el objetivo de que los árboles estén en óptimas condiciones forestales.

Como medida de prevención se recomienda en lo posible, eliminar los desechos de madera presentes en la plantación, como son los materiales de raleo, restos de árboles, troncos y ramas (Figura 56), ya que, estos constituyen sitios de cría de los escarabajos de corteza y ambrosia. Estos restos forestales deben salir del rodal para su destrucción, ya sea por entierro o chipeado con motosierra. Es aconsejable la aplicación de un insecticida de contacto sobre el material eliminado, para evitar la colonización de nuevas hembras de escolítidos. El mismo tratamiento deben recibir los árboles fuertemente infestados. De no hacerlo, se convierten en focos de dispersión de escarabajos y hongos. En estas circunstancias, es apropiado, inmediatamente la aplicación de insecticidas o aspersión de cal, cubrir los trozos de madera con una lona de plástico, creando así una cámara de control, evitando, además, la salida de los escarabajos.



Figura 56. Restos de material de raleo: de árboles, troncos y ramas, que deben ser retirados de rodal de teca, por ser focos permanentes de infestación de insectos barrenadores de la madera.

Otro aspecto a considerar es que, este grupo de insectos, tiene la característica de ser atraídos por terpenos, alcoholes y otras sustancias volátiles emitidas por el tejido recién cortado o muerto. Por lo que, sitios de podas, raleos y cortes (Figura 57), pueden constituirse en fuente de atracción de escarabajos, razón que, obliga a doblar los esfuerzos de monitoreo durante la realización de estas actividades en la plantación. Se recomienda incorporar a la pasta bordelés un insecticida de ingestión y proceder a proteger inmediatamente las heridas. Posterior a estas labores, se puede hacer un trampeo masivo, utilizando trampas de intercepción de vuelo o troncos trampa "centinela" sin corteza y sumergidos en alcohol, como fue descrito anteriormente, con la finalidad de concentrar en estos troncos trampas, la mayor cantidad de hembras fundatrices de estos barrenadores visitantes de las plantaciones de teca, evitando que infesten arboles sanos. Los troncos trampas, deben ser monitoreados y destruidos al menos cada 15 días durante la época de mayor fluctuación.



Figura 57. Raleo sanitario de árbol de teca infestado por escarabajos ambrosiales y síntomas de "muerte regresiva".

En términos generales, el uso de insecticidas químicos, aplicados en forma invasiva o generalizados, no es una medida recomendada, debido a que, estos insectos pasan la mayor parte de su vida en el interior del tronco, donde se protegen de cualquier sustancia que pueda afectarlos. En estas circunstancias, la única oportunidad de intervención es cuando el insecto empieza a barrenar la corteza. En condiciones y épocas donde se espere una llegada masiva de hembras colonizadoras, esto es después de una poda o raleo, es posible hacer aplicaciones localizadas dirigidas al tronco de los árboles vecinos y a aquel que ha sido identificado como tronco barrenado, pudiéndose utilizar insecticidas de contacto como los del grupo piretroide.

El control biológico natural, es un factor de mortalidad presente también en barrenadores de la corteza. De acuerdo a lo observado en Ecuador, se puede mencionar la presencia en plantaciones de teca, de escarabajos de la familia Histeridae (Figura 58) que, han sido reportados como importantes depredadores de insectos barrenadores.



Figura 58. Adulto de individuo de la familia Histeridae, colectado en Portoviejo, Manabí.

Las áreas de la plantación que se usen para acopiar madera (Figura 59), deben revisarse periódicamente, para detectar de forma oportuna las infestaciones. La madera cosechada que, es atacada por insectos, pierde su calidad y representa una pérdida económica para el productor. Además, estas áreas se convierten en focos permanentes de atracción para escolítidos. Para la evaluación de estos depósitos, se recomienda la observación directa y uso de trampas de alcohol en gel. Se sugiere no dejar por mucho tiempo estas trozas en la finca.



Figura 59. Acopio de trozas de madera en plantación comercial de teca.



Árbol de teca con características deseables: fuste recto y reducido número de ramas bajeras, en la provincia de Orellana



Planta de teca reproducida por semilla de cuatro meses de edad, lista para ser trasplantada

7.3. Labores culturales para el manejo de la enfermedad

El manejo forestal es el conjunto de labores que se realizan en una plantación, con el objetivo de brindar las condiciones adecuadas para el óptimo desarrollo de esta especie. Las labores que encaminan el buen desarrollo de la plantación son: Selección del material de siembra, fertilización, control de arvenses, poda, raleo y manejo de rebrotes (Ugalde-Arias, 2013).

7.3.1. Selección de material de siembra

Para el establecimiento de las plantaciones de teca en Ecuador, los productores comúnmente adquieren las plantas desde viveros comerciales, o en su defecto elaboran sus propios semilleros. Sin embargo, en la mayoría de los casos no cumplen con los estándares de calidad como; la identificación de progenitores con características deseable, es decir, (fuste recto, vigorosos y libres de plagas y enfermedades). Además, se cuenta con dos tipos de reproducción: sexual (semilla) y en algunos casos asexual (clonal por esquejes).

7.3.1.1. Reproducción por semilla

Este tipo de reproducción es el más común, para ello se recolectan las semillas de árboles padres seleccionados, de los que se hereda el 50% de sus características. Posteriormente, en un semillero se germinan (Figura 60a), de allí se realiza el repique o trasplante de las plántulas obtenidas a fundas de polietileno (Figura 60b). Una vez que la plántula alcanza un tamaño adecuado entre 15 a 20 cm de altura y un diámetro de cuello mayor a 0,5 cm (Figura 60c) se puede realizar el trasplante en su lugar definitivo (CORMADERA, 2001).



Figura 60. Reproducción de teca por semilla. a) Germinación en semillero. b) Plántulas trasplantadas o repicadas a fundas de polietileno. c) Plantas listas para trasplante a campo.

7.3.1.2. Propagación vegetativa por esquejes

Este tipo de propagación es menos habitual. En este caso se conoce que las plantas obtenidas adquieren el 100 % de las características de su progenitor, consiste en obtener plántulas a partir de material vegetal (estacas), de un árbol adulto con características deseables, se colecta la parte vegetativa, ramas jóvenes con crecimiento ortotrópico (crecimiento perpendicular al suelo). Una vez seleccionada la estaca, es sembrada en sustrato preparado, se realizan riegos constantes para inducir la aparición de brotes, después de 45 días se recolectan los brotes que tengan de 2,0 o 2,5 cm de largo y 0,5 a 1,0 cm de diámetro (Figura 61a), luego, se sumergen la base en una solución con enraizante y se siembran en sustrato (Figura 61b), se mantienen hidratadas en cámara húmeda por 30 días, allí se pasan a sombra por 10 días, luego se exponen al sol para su fortalecimiento (Figura 61c) y posteriormente, se continúa con las prácticas culturales como riego, fertilización y control fitosanitario, hasta cuando alcancen entre 15 a 20 cm de altura y un diámetro de cuello mayor a 0,5 cm. En ese momento se encuentran listas para su establecimiento en campo definitivo (Becerra y Silva, 2012; Meza et al., 2015).



Figura 61. Propagación vegetativa de teca mediante esquejes. a) Esqueje para multiplicación. b) Almácigo con esquejes sembrados. c) Esquejes con brotes.

7.3.2. Control de arvenses (malezas)

Las arvenses son aquellas plantas no deseables para un determinado cultivo (Blanco y Leyva, 2007). En el establecimiento de plantaciones de teca es fundamental controlarlas. Su adecuado manejo permite evitar la competencia por nutrientes y espacio (Figura 62a), por tanto, es fundamental mantener esas poblaciones bajas para que su impacto productivo y económico sea reducido. Cuando el control de arvenses es deficitario o atrasado, puede afectar negativamente el desarrollo de la plantación (Figura 62b). Se recomienda realizar esta labor durante los primeros años de establecimiento de la plantación; posteriormente la sombra del cultivo y la acumulación de hojas en la superficie van a reducir la presencia de malezas, por lo cual son más fácil de manejar.





Figura 62. Plantaciones con y sin manejo de arvenses. a) Eficiente. b) Deficiente.



Actividad de poda en una plantación joven de teca en la provincia del Guayas

7.3.3 Poda

La poda es una actividad de silvicultura que consiste en cortar o eliminar ramas vivas o muertas, tejido defectuoso y podrido de un árbol en pie, con el propósito de producir madera de mayor calidad. La poda es necesaria para reducir la presencia de nudos en la madera, ya que su presencia disminuye el valor y la calidad de la misma (Becerra y Silva, 2012).

Se recomienda realizar en los dos primeros años de establecimiento de la plantación para evitar el desarrollo de ramas fuertes y entrecruzadas, que a futuro puedan afectar la calidad de la madera y el desarrollo óptimo del fuste (Barrio-Anta et al., 2008); posteriormente, es necesario continuar con podas hasta obtener un fuste de aproximadamente 12 m (Figura 63a, b).





Figura 63. Poda adecuada en una plantación adulta de teca. a) Uso de podadora de altura y vestimenta de protección usada durante la poda. b) Lugar adecuado para realizar un corte de la rama con podadora de altura.

7.3.3.1. Época de poda

La poda se debe realizar durante la época seca, para favorecer el secado y la cicatrización de las heridas (Becerra y Silva, 2012). En la figura 64, se muestran las medias mensuales de la precipitación de 10 años registrados en la estación meteorológica del Instituto Nacional de Metrología e Hidrología, INAMHI que se encuentra en la EETP. La línea roja indica los meses propicios para realizar la poda, en la zona costera central coincide con los meses de menor precipitación. En las demás regiones de Ecuador, el periodo para realizar la poda puede variar dependiendo el régimen de lluvia.

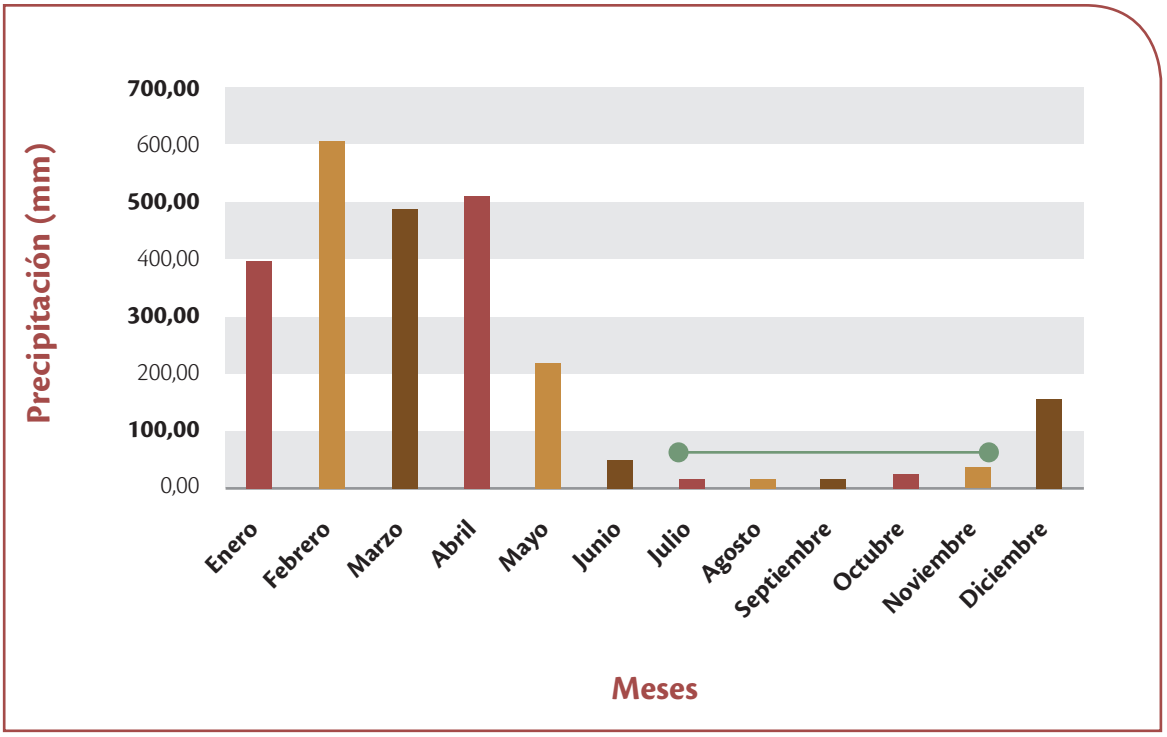


Figura 64. Precipitación media mensual de diez años (2010-2020) registrado en la estación meteorológica del INAMHI en la EETP. La línea verde indica los meses recomendados para realizar la poda.

7.3.3.2. Consideraciones para realizar una poda adecuada

Existen varios criterios en la forma de realizar una poda en árboles. Sin embargo, se considera un principio básico el realizar cortes antes de llegar al tallo principal, a fin de evitar desgarramientos en la corteza.

Cuando se podan ramas grandes, se dificulta la labor, lo recomendable es realizar esta actividad cuando las ramas dispongan de diámetros menores a 3 cm a fin de evitar heridas grandes y obtener una mejor cicatrización (León y Martín, 2014).

Según Basantes y Morales (2016), es contraproducente cortar al ras, el corte debe ser paralelo al fuste del árbol, dejando aproximadamente 0,5 cm con la finalidad de que la herida cicatrice completamente (Figura 65). Cuando se deja un tocón o muñón, la savia que asciende por el fuste, no penetra en el tocón y por tanto, no habrá cicatrización, si el tocón es corto, la cicatrización se produce fácilmente (Becerra y Silva, 2012).

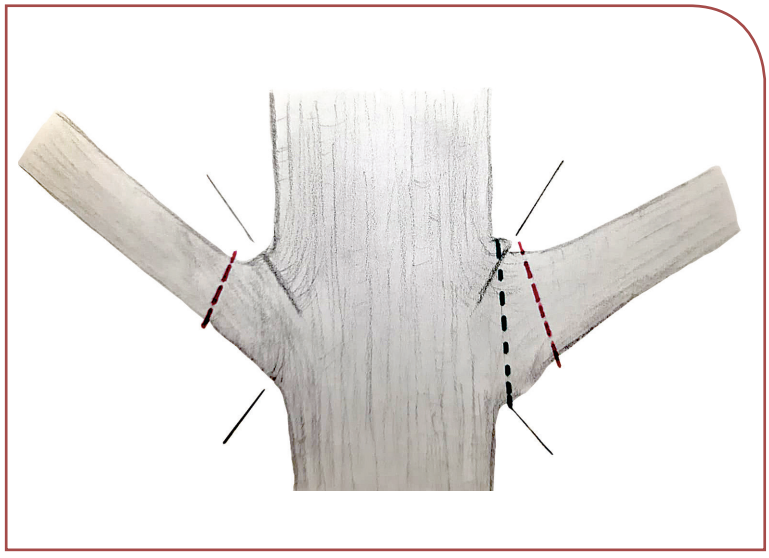


Figura 65. Tipos de cortes al realizar la poda. La línea negra indica un corte adecuado y la línea roja señala los errores cometidos durante la ejecución de esta actividad.

7.3.3.3. Herramientas utilizadas en la poda

Las herramientas mas comunes para realizar la poda son las siguientes:

Tijeras de podar: son herramientas accionadas por la fuerza de empuje; constan de una hoja de corte y otra apoyo. Existen de dos tipos: de una mano, con mango corto (Figura 66a) y las telescópicas o de dos manos, con mango largo y cabezales de acero. (Figura 66b).

Sierras de mano o serruchos: herramientas accionadas por la fuerza de empuje que constan de una hoja de acero dentada, la misma que sirve para realizar cortes de manera uniforme (Figura 66c).

Podadoras de altura: son máquinas accionadas por un motor que mueven un mecanismo de corte (sierra dentada) (Figura 66d).



Figura 66. Herramientas utilizadas en la poda. a) Tijera de una mano. b) Tijera telescópica o de dos manos. c) Serrucho de podar. c) Podadora de altura.

7.3.3.3.1. Manera adecuada de utilizar las herramientas de poda

Para elegir las herramientas de poda se debe considerar el diámetro y la altura de las ramas, así evitar daños en el fuste y favorecer la cicatrización de las heridas. La tijera de una mano se utiliza para cortar ramas pequeñas y poco leñosas de máximo 2,5 cm de diámetro (Figura 67a). Con la sierra se cortan ramas menores de 4 cm de diámetro (Figura 67b). La podadora de altura permite cortar ramas altas y de mayor diámetro (Figura 67c).

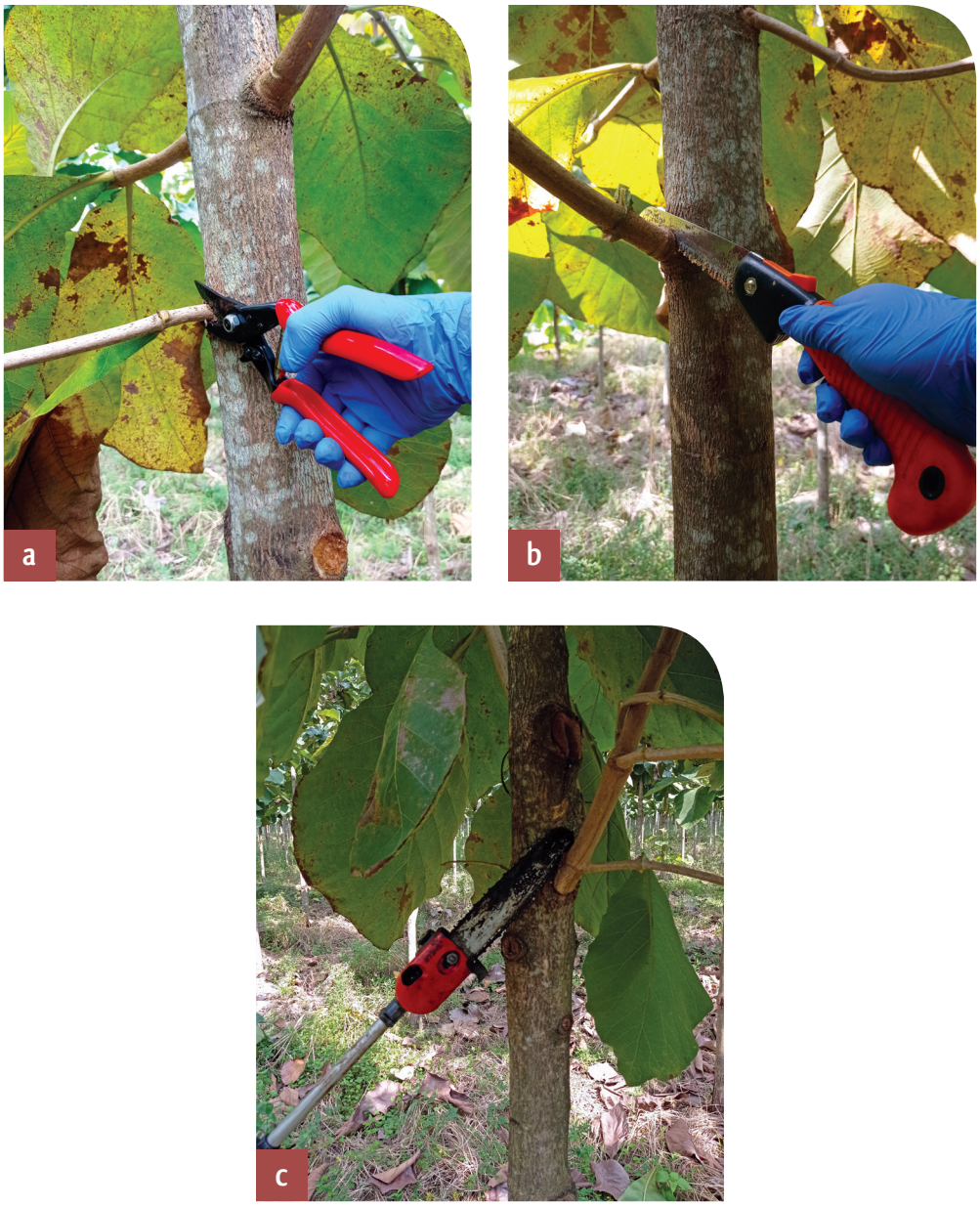


Figura 67. Uso adecuado de herramientas de poda según el grosor de la rama. a) Corte con tijera. b) Corte con serrucho. c) Corte con podadora de altura.

7.3.3.3.2. Desinfección de herramientas

Las herramientas de poda también son consideradas como un medio de diseminación de los microorganismos infecciosos. Cuando se realizan cortes en un árbol enfermo y no se desinfecta la herramienta, se incrementa la posibilidad de diseminar propágulos infectivos a una planta sana. La figura 68a, b, c; propone una opción práctica para la elaboración de un procedimiento casero para desinfectar las herramientas. Como producto desinfectante se puede utilizar alcohol, hipoclorito de sodio, amonio cuaternario, entre otros. En la figura 69a, b; se muestra el proceso adecuado de desinfección del serrucho y de la tijera de podar.

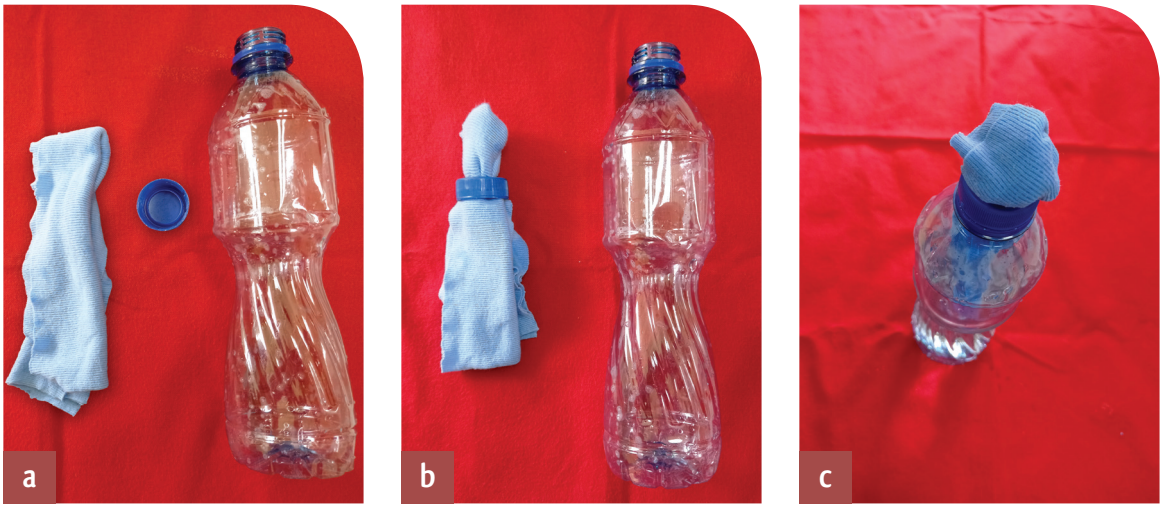


Figura 68. Elaboración práctica de utensilio para desinfección de herramientas. a) Tela de algodón y botella plástica con tapa. b) Perforación en la tapa para encajar la tela. c) Utensilio elaborado.

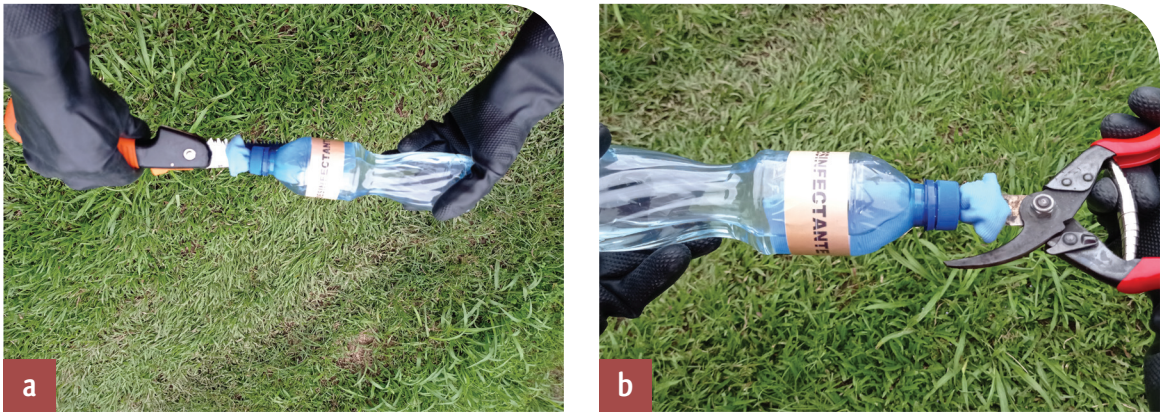


Figura 69. Desinfección de herramientas. a) Serrucho. b) Tijera de podar de una mano.

7.3.3.4. Protección de heridas utilizando caldo bordelés

El caldo bordelés es una pasta, que resulta de la mezcla de hidróxido de cobre o sulfato de cobre más hidróxido de calcio (cal). Desde su descubrimiento se ha utilizado para el tratamiento de algunas enfermedades de origen fúngico (Ulate, 2017). En la actualidad también se usa como un protector de heridas, generando una capa superficial que impide el ingreso de hongos y bacterias; ya que resiste parcialmente al lavado por la lluvia.

7.3.3.4.1. Pasos para la preparación del caldo bordelés

1. Medir los ingredientes utilizando una medida estándar (envase de un tamaño conocido) y mezclarlos en la siguientes proporciones; una parte de hidróxido de cobre o sulfato de cobre y tres partes de hidróxido de calcio (Figura 70a).
2. Agregar agua por separado al fungicida (hidróxido de cobre o sulfato de cobre) y al hidróxido de calcio (cal) (Figura 70b), batiendo hasta obtener la consistencia deseada.
3. Agregar la pasta de hidróxido de cobre o sulfato de cobre a la pasta de hidróxido de calcio (Figura 70c), batiendo constantemente durante todo el proceso hasta homogeneizar la mezcla (Figura 70d).



Figura 70. Preparación del caldo bordelés. a) Medidas de los ingredientes en estado sólido. b) Preparación de la pasta bordelés mediante la adición por separado de agua. c) Mezcla de sulfato de cobre con hidróxido de calcio. d) Homogeneización de la pasta bordelés.

7.3.3.4.2. Herramientas para la protección de heridas

Para proteger las heridas después de la poda, se pueden utilizar herramientas de elaboración casera o a su vez adquirirlos en el mercado como los rodillos y brochas (Figura 71).



Figura 71. Herramientas que se pueden usar para cubrir y proteger heridas después de la poda. a) Algodón. b) Tela de algodón. c) Esponja. d) Rodillo. e) Brocha.

7.3.3.5. Procedimiento para proteger heridas ocasionadas por la poda

Las heridas luego de las podas son inevitables, estas son una entrada para microorganismos patógenos. Por tanto, es primordial protegerlas/cubrirlas de forma adecuada a fin reducir las infecciones en el árbol. Las figuras 72a, b, c, d; muestran como se debe cubrir una herida. Es importante tener presente este proceso sea después o al poco tiempo de haber del corte.



Figura 72. Proceso de protección de heridas después de la poda. a y b) Momento antes de cubrir la herida con la pasta cúprica (caldo bordelés). c y d) Herida cubierta con la pasta.

7.3.4. Raleo

Consiste reducir paulatinamente el número de árboles con la finalidad de estimular el crecimiento de los árboles que quedan, y así mejorar el espacio de crecimiento para la producción máxima de volumen y calidad de madera de las unidades productivas. Esta práctica, también evita la competencia por la luz, la humedad, los nutrientes o el espacio.

Se recomienda realizar el primer raleo cuando los árboles con mejores características de crecimiento (árboles dominantes) alcanzan alturas mayores a 7 m, eliminando aquellos considerados como suprimidos (mal formados, de menor diámetro y altura). En esta práctica se deben también incluir aquellos árboles que tienen problemas de plagas y enfermedades (Figura 73). El momento idóneo y la frecuencia para realizar el raleo dependerá del tamaño de la plantación, densidad poblacional, estado fitosanitario y de las condiciones ambientales ocurrentes. Se recomienda realizar de dos a tres raleos, hasta dejar alrededor de 250 árboles para el aprovechamiento final (Jácome et al., 2016).

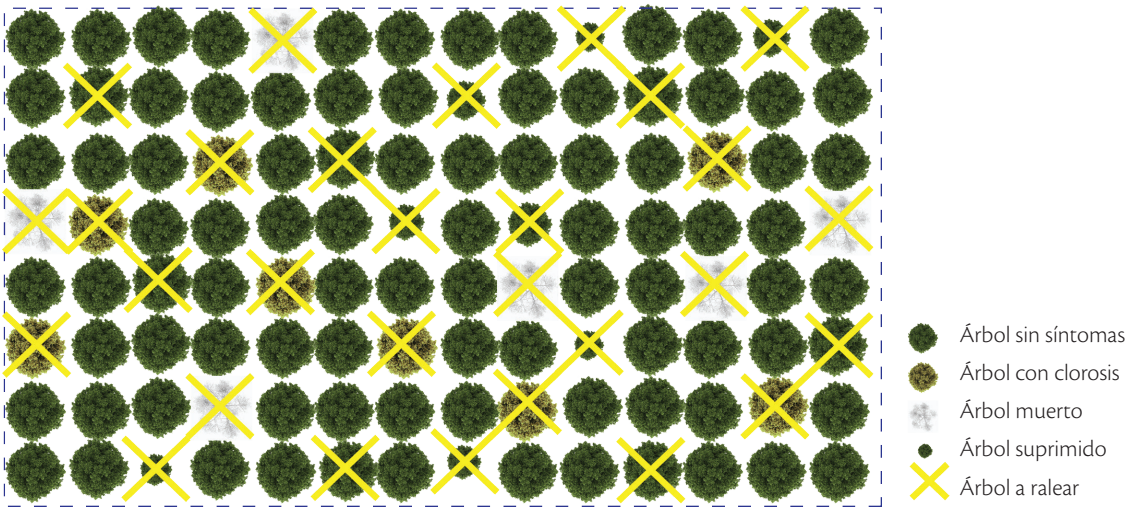


Figura 73. Esquema de marcación de árboles que se eliminarán en el primer raleo.

7.3.5. Manejo de rebrotes para el renuevo de plantaciones

El manejo de rebrotes consiste en seleccionar los renuevos con mejores características (bien formados, vigorosos) y eliminar los que no cumplen los estándares establecidos. Se recomienda dejar un rebrote por tocón para favorecer el desarrollo del diámetro (Ríos et al., 2019). En la figura 74, se observa el desarrollo de un rebrote.

La teca tiene la capacidad de rebrotar a partir de yemas latentes que se encuentran debajo de la corteza del tocón (Valera y Garay, 2017). Con la finalidad de obtener rebrotes homogéneos, rectos y vigorosos; se debe cortar toda la plantación a la vez, para evitar que los árboles remanentes hagan sombra a los renuevos; este corte (tocón) no debe superar los 12 cm de altura sobre el suelo, homogéneos (un corte) y ligeramente inclinado para favorecer el escurrimiento del agua de la lluvia, y así reducir la afectación por problemas fitosanitarios (Pereira et al., 1995).



Figura 74. Rebrote de cuatro años de edad.

7.3.6. Prácticas deficitarias de manejo forestal

Las labores forestales mal realizadas impiden un adecuado desarrollo de una plantación y aumentan el riesgo de ingreso de los agentes que causan la "muerte regresiva". El raleo y la poda son las actividades que más frecuentemente se realizan de manera incorrecta, y que afectan directamente el fuste. A continuación, se ejemplifican las situaciones que deben evitarse para favorecer el desarrollo del fuste.

7.3.6.1. Manejo inadecuado de rebrotes

Cuando se manejan rebrotes en una plantación, se debe tener en cuenta que no todos los rebrotes se dejan desarrollar (Figura 75a). Por ello, se eliminan aquellos que tengan apariencia débil, deformes y no se encuentren bien agarrados al tocón o aquellos que se encuentran en exceso aun cuando presenten desarrollo homogéneo. En la figura 75b, se observan rebrotes desarrollados de manera homogénea, compitiendo por espacio y nutrientes. Se considera como un rebrote adecuado aquel que tenga las características de vigor, rectitud y que se encuentren próximos al suelo (Figura 75c).



Figura 75. Manejo inadecuado de rebrotes. a) Tocón con más de un rebrote; se puede apreciar que ninguno tiene un desarrollo adecuado. b) Agrupación de rebrotes débiles y en exceso, a pesar de ser una planta adulta se puede ver que todos los rebrotes se han desarrollado de manera homogénea, compitiendo por espacio y nutrientes. c) Plantación adulta con más de un rebrote por tocón.

7.3.6.2. Heridas innecesarias en los árboles

Uno de los problemas más comunes dentro de las plantaciones de teca, es cuando las personas encargadas del manejo forestal inconscientemente ocasionan heridas innecesarias con las herramientas. Estas se convierten en vías de ingreso de los microorganismos causantes de la enfermedad "muerte regresiva" o sirven como huésped de hongos e insectos, que afectan la calidad de la madera (Figuras. 76a, b).





Figura 76. Heridas en el fuste. a) Durante la poda. b) Involuntarias por uso inadecuado de herramientas.

7.3.6.3. Presencia de tocones en el fuste

El tocón o muñón es el resultado del corte de una rama que se realizó de manera inadecuada. Este trozo de rama favorece el ingreso de microorganismos que causan la "muerte regresiva" (Figuras 77a, b, c).



Figura 77. Tocón de ramas mal podadas. a) Parte superior: presencia de una herida cicatrizada; parte baja: la herida no cicatrizada al dejar un tocón largo. b) Desgarre provocado por una poda mal realizada. c) Herida grande sin cicatrizar, que da lugar a la emisión de otro brote en el mismo lugar.

7.3.6.4. Fuentes de inóculo en la plantación

Se debe realizar el monitoreo visual constante en las plantaciones, para verificar la presencia de árboles con algún tipo de patología, pues pueden servir como focos de infección o también como refugio de insectos y hongos. Se recomienda sacarlos de la plantación y proporcionarles algún tipo de tratamiento ya sea químico o mecánico (Figuras 78a, b).





Figura 78. Árboles muertos dentro de la plantación. a) Árbol con marchitez en medio de una plantación joven. b) Árboles que presentan la enfermedad, cortados y abandonados dentro de la plantación.

Referencias Bibliográficas

Arguedas, M. (2008). Clasificación de síntomas de enfermedades forestales. *Kurú: Revista Forestal*, 5(15), 1-7.

Atkinson, T.H., Equihua-Martínez, A., 1985. Notes on biology and distribution of Mexican and Central American Scolytidae (Coleoptera). I. Hylesininae, Scolytinae except Cryphalini and Corthylini. Coleopterists Bulletin 39, 227–238.

Barrio-Anta, M., Castedo-Dorado. F., Majada-Guijo, J. y Hevia-Cabal, A. (2008). Manual básico de la poda y formación de los árboles forestales. Artes gráficas Cuesta, S.A. Madrid. 256 p.

Basantes, E. (2016). *Silvicultura y fisiología vegetal aplicada.* Primera Edición electrónica. Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí, Ecuador. 442 p.

Bateman, C., Huang, Y. T., Simmons, D. R., Kasson, M. T., Stanley, E. L., & Hulcr, J. (2017). Ambrosia beetle Premnobius cavipennis (Scolytinae: Ipini) carries highly divergent ascomycotan ambrosia fungus, Afroraffaelea ambrosiae gen. nov. et sp. nov. (Ophiostomatales). *Fungal Ecology*, 25, 41-49.

Belezaca-Pinargote, C., Solano-Apuntes, E., López-Tovar, R., Baque-Mite, R., Ávila-Loor, A., Cóndor-Jiménez, M., Bohóroquez-Barros, T. y Dueñas- Alvarado, D. (2019). Hongos fitopatógenos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y "Muerte regresiva" en plantaciones de *Tectona grandis* L.f (teca) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Boletín Micológico*, 33(2) 17-29.

Becerra, J. y Silva, L. (2012). *Silvicultura de plantaciones y mejoramiento genético*. Primera edición. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 400 p.

Blanco, Y. y Leyva, Á. (2007). Las Arvenses en el Agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivoss Tropicales*, 28(2), 21-28.

Borja, E., Vera, D., Solís, K., Peñaherrera, S., Cañarte, E., Navarrete, B., Muñoz, X., y Guara-Requena, M. (2019). Identificación de microorganismos fúngicos asociados con la muerte regresiva de *Tectona grandis* L.f. en Ecuador. Ponencia presentada en XXVII Congreso Chileno de Fitopatología. Universidad de Tarapacá. Arica, Chile. (p. 38).

Briscoe, C. (1995). Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. Informe Técnico N°270. Patrocinado por proyecto diseminación de cultivos de árboles de uso múltiple. Turrialba, Costa Rica. Pág. 6. Briscoe, C. (1995). Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. Informe Técnico N°270. Patrocinado por proyecto diseminación de cultivos de árboles de uso múltiple. Turrialba, Costa Rica. 6 p.

Bright, D. (2021). A Catalog of Scolytidae (Coleoptera), Supplement 4 (2011–2019) with an Annotated Checklist of the World Fauna (Coleoptera: Curculionoidea: Scolytidae) (1st ed.). Department of Agricultural Biology Colorado State University. 655 p.

CATIE, (1986). Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central. Informe Técnico. Turrialba, Costa Rica. 2019.

Chaves, E. y Fonseca, W. (1991). *Tectona grandis* L.f. especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N° 179. Colección de guías silviculturales, 11, 47.

CORMADERA, (2001). *Guías técnicas para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales productivas en el litoral ecuatoriano.* Quito, Ecuador. 203 p.

Cubero, S., López, S., Aleixos, N., Alegre, V., Rey, B., Ruiz, C., Aguilar, E., y Blasco, J. (2019). XF-ROVIM, un robot para la detección de enfermedades en campo mediante teledetección. Aplicación a la detección de *Xylella fastidiosa. Agroingeniería,* 1-6

Flores, T., Cabezas, F., y Crespo Gutiérrez, R. (2010). Plagas y enfermedades en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.) en la zona de Balzar, provincia del Guayas. *Ciencia y Tecnología,* 3(1), 15.

Gröschel, D. H. M. (1982). The etiology of tuberculosis: A tribute to Robert Koch on the occasion of the centenary of his discovery of the tubercle bacillus. *American Society for Microbiology,* 48(6), 248-250.

Egonyu, J.P. y Torto, B. (2018). Responses of the ambrosia beetle *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidea: Scolytinae) to volatile constituents of its symbiotic fungus Fusarium solani (Hypocreales: Nectriaceae). *Arthropod-Plant Interactions,* 12, 9-20.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2015). Informe de visita técnica sobre el estado fitosanitario de plantaciones de teca en el litoral ecuatoriano. 25 p.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2020). Informe anual. Departamento de Protección Vegetal-Sección Fitopatología. Estación Experimental Tropical Pichilingue. 73 p.

Jácome-Mena, A., Herrera-Ramírez, B., Belezaca-Pinargote, C., Salvatierra-Pilozo, D., Jiménez-Romero, E., Cuasquer-Fuel, E., Veloz-Aguirre, L. y Murillo, O. (2016). *Reservorio genético de teca en Ecuador. Proyecto La Mayronga.* Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 81 p.

Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas (posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido).* deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Eschborn, Alemania. 335 p.

León, M. y Martín, D. (2014). Mamagement of young teak plantations in Panama - Effect of pruning and thinning. Master Thesis nº. 229. Swedish University of Agricultural Sciences. Southern Swedish Forest Reserch Centre. 100 p.

Martínez, M., Castro, J., Villamar-Torres, R., Carranza, M., Muñoz-Rengifo, J., Jiménez, E., Guachambala, M., Heredia-Pinos, M., García-Cruzatty, L., & Mehdi-Jazayeri, S. (2017). Evaluation of the diversity of Scolitids (Coleoptera: Curculionidae) in the forest plantations of the central zone of the Ecuadorian littoral. *Ciencia y Tecnología,* 10(2), 25–32.

Meza, R., Rodriguez, J., Kellen, C. y Espinoza E. (2015). Propagación de árboles de teca *Tectona grandis* L. f. por miniestacas. *Temas Agrarios.* 20:(2) 40-48.

Muñoz, X., Cañarte, E., Navarrete, B., y Vera, D. (2020). Escarabajos presentes en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.f.) afectadas con "muerte regresiva" en el litoral ecuatoriano. [Resumen]. Ponencia presentada en Tercera Convención Internacional de la Universidad Técnica de Manabí 2019. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. (p. 278).

Navarrete, B., Cañarte, E., Muñoz e, X., Borja, E., y Vera D. (2020). Uso de troncos "centinela" como método de captura de insectos Curculionidae: Scolytinae en plantaciones de teca. En Zambrano Cevallos, R. (Editor), Memorias de las XLIV Jornadas Nacionales De Biología, Quito, Ecuador. 55 p.

Parra-Quijano, M., Torres, E., Iriondo, J.M. y López, F. (2015). Herramientas CAPFITOGEN para la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Versión 2.0. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Primera edición. Madrid. 292 p.

Pereira, C., Padilla, S., Aguirre, Z. y Mansur, E. (1995). Manual del extensionista forestal andino. Primera edición. Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. Quito. 233 p.

Pérez, C. y Muñoz. A. (2006). Teledetección: nociones y aplicaciones. Universidad de Salamanca, Salamanca. 358 p.

Rabaglia, R. J., Dole, S. A., & Cognato, A. I. (2006). Review of American Xyleborina (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) Occurring North of Mexico, with an Illustrated Key. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(6), 1034-1056.

Ríos, J., Acuña, E., Valenzuela, L., Cancino, J., Corral, J. y Rosales, R. (2019). Supervivencia y características de rebrotes en tocones de dos años de cultivo dendroenergéticos. *Biotecnoloía y Ciencias Agropecuarias*. 14(1): 145-154.

Solano, E. H., Belezaca, C. E., López Tobar., y Macías, K. P. (2020). Diversidad de escolítidos en trampas en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. (Teca) en la costa ecuatoriana. *Centrosur*, 1(7), 47-55.

Ugalde-Arias, Luis (2013). *Teak: new trends in silvicultura, commercialization and wood utilization*. First edition. Costa Rica. 558 p.

Ulate, R. (2017). Elaboración de caldos minerales protectores. Boletín publicado bajo la supervisión de la Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA) y la Dirección Regional Sarapiquí del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 6 p.

Valera, L. y Garay, V. (2017). Producción vegetal y establecimiento de plantaciones; Propagación asexual de plantas. Guía de apoyo docente. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. 8 p.

Vera, D., Cañarte, E., Navarrete, B., Solís, K., Muñoz, X., Cevallos, V. y Borja, E. (2019). Muestreo de enfermedades vasculares e insectos barrenadores asociados a teca (*Tectona grandis* L.f.) y alternativas para su manejo. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ecuador. Primera edición, Mendieta. 130 p.

Abreviaturas

AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
ASOTECA	Asociación Ecuatoriana de Productores de Teca y Maderas Tropicales
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CORMADERA	Corporación de Desarrollo para el Sector Forestal y Maderero
EECA	Estación Experimental Central de la Amazonía
EEP	Estación Experimental Portoviejo
EETP	Estacón Experimental Tropical Pichilingue
INIA	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
ISBN	International Standard Book Number
MAAE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MSU	Michigan State University
PDA	papa dextrosa agar
SPF	Subsecretaría de Producción Forestal
UTEQ	Universidad Técnica Estatal de Quevedo
UV	Universidad de Valencia

Glosario de términos

Aislamiento: Apartar un microorganismo de la planta huésped bajo condiciones asépticas, creciendo en un medio de cultivo.

Albura: Porción de la madera formada por células vivas y de reserva, forma la parte viva del tallo.

Ambrosía: Producto derivado de hongos, que sirve como alimento de algunas especies de escarabajos de la familia Curculionidae.

Ápice: Segmento terminal del tallo en el que se ubica el meristemo apical.

Brotes epicórmicos: Son yemas adventicias activadas, que aparecen en el fuste del árbol como respuesta a un daño ocasionado ya sea por factores como sequía, estrés, y daños por plagas o enfermedades. Es un mecanismo de recuperación ejercida por el árbol.

Cancro: Lesión necrótica y con frecuencia profunda que se produce en el tallo, ramas de un árbol con tendencia a extenderse y escasa o nula cicatrización. Se caracteriza por una alteración cortical, que afecta a la coloración normal de la corteza, hipertrofias, dispersiones en el área afectada y resquebrajaduras del tejido cortical. En última instancia afecta al cambium vascular. Supone la muerte de los órganos situados por encima de la lesión.

Clorosis: Pérdida de la coloración verde de las hojas (amarilleamiento).

Club antenal: Estructura en forma de maza, propia de las antenas de ciertos escarabajos.

Dominancia apical: Se refiere a la posición que tiene un árbol al mostrar mayor crecimiento hacia la copa (ápice).

Duramen: Parte central del tronco, que ya no cumple la función de transporte, también se lo conoce como corazón de la madera.

Élitros: Alas propias de los coleópteros, caracterizadas por su dureza y por proteger a las alas membranosas durante el reposo.

Espiga: Proyección rígida y alargada del integumento del insecto, usualmente alargada.

Exudado: Sustancia secretada por una planta a través de heridas, cortes, rajaduras y lesiones que rompen la corteza o epidermis.

Floema: Se encarga de conducir los alimentos producidos por las hojas durante el proceso fotosintético hacia la parte inferior de la planta.

Fuste: Es la parte del tallo de los árboles desprovistos de ramas y comprendida entre el suelo y las ramificaciones principales.

Hembras fundatrices: Se refiere a las hembras de escolítidos que inicialmente infestan troncos construyendo galerías, en las cuales establecen colonias producto de su descendencia.

Hojas caducifolias: Hojas con periodos de vida específicos, generalmente se caen del árbol durante una época del año.

Hongos: Organismos eucariotas, sin clorofila, provisto de talo, generalmente filamentosos y ramificado de tamaño microscópico y reproducción preferentemente sexual; viven como parásitos de vegetales, animales o sobre materia orgánica en descomposición.

Infección: Es el resultado de la interacción pató-

geno-huésped, después del proceso de penetración, desarrollo o multiplicación de un ente infeccioso en una planta hospedante.

Marchitamiento: Se caracteriza por una pérdida total de turgencia de las hojas y posiblemente de toda la planta debido a la falta de agua, que a menudo es ocasionada por la presencia de hongos y bacterias en el xilema causando la obstrucción del flujo de agua y minerales.

Medio de cultivo: Son una mezcla de nutrientes que en concentraciones adecuadas y condiciones físicas óptimas permiten el crecimiento de microorganismos en laboratorio.

Micangio: Estructura especializada para transporte de esporas de hongos, encontrada en ciertas especies de escarabajos.

Micetofagia: Hábito alimenticio de organismos que se alimentan de hongos, o de sus productos. Es común en algunas subfamilias de Curculionidae como Scolytinae.

Muerte regresiva: Muerte descendente. Muerte que avanza desde la extremidad de cualquier parte de una planta. Puede o no terminar en la muerte total.

Microorganismo fitopatógeno: Microorganismos que producen enfermedades en las plantas.

Necrosis: Daño o síntoma correspondiente a una zona del vegetal que ha perdido su actividad fisiológica, sin que exista posibilidad de recuperación de la misma.

Parcela de monitoreo permanente: Estrategia de monitoreo utilizado en producción forestal, en la cual se seleccionan parcelas fijas donde los árboles son evaluados en el tiempo.

Peritecio: Estructura reproductiva en forma de saco y en su interior se produce las ascas de tipo sexual de los hongos de la clase ascomycetes.

Pregula: Esclerito ventral, situado inmediatamente detrás del aparato bucal.

Pronoto: Superficie dorsal del primer segmento torácico.

Simbiosis: Situación de estrecha convivencia de dos organismos, que obtienen beneficios de esta relación.

Síntoma: Expresión de una enfermedad. Alteración o cambio de aspecto de los órganos de los árboles afectados por enfermedades, como respuesta a la presencia en los mismos de un organismo patógeno.

Sistema vascular: Se extiende por todo el árbol y está formado por dos tejidos: xilema, que conduce agua y floema, sustancias orgánicas en solución.

Tarsos: Segmento final de la pata del insecto, se divide en cinco tarsomeros y usualmente termina en una uña.

Volátil: Compuesto orgánico que se evapora con facilidad hacia la atmósfera.

Xilema: Tejido leñoso que se encarga de transportar el agua y las sales minerales absorbidos por la raíz hasta las hojas.

Xilofagia: Comportamiento alimenticio de organismos que se alimentan de la madera.

Biografía de los autores



Danilo Vera Coello, Ph.D.

Ingeniero Agrónomo. En el año 2003 obtuvo su grado de magíster en el área de fitopatología en la Universidad Federal de Viçosa, Minas Gerais en Brasil y en el año 2015 obtuvo su grado de Ph.D. en el Departamento de Protección de Plantas en Washington State University, en Pullman, WA., Estados Unidos. Su área de expertise es Fitopatólogo con enfoque en Epidemiología de hongos patogénicos. Desde el año 2000 es investigador del Departamento de Protección Vegetal del INIAP, realizando trabajos en clínica y diagnosis de problemas fitosanitarios además de ser técnico consultor en protección cultivos tropicales y forestales. Durante el año 2016 fue profesor contratado de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en la asignatura de Sanidad Vegetal y Patología Forestal. Dentro de su carrera profesional ha trabajado en varios proyectos internacionales focalizados en el Manejo Integrado de Enfermedades en cultivos tropicales, además de haber participado como expositor y asistente en varios congresos, workshops, simposios en Argentina, Brasil, Estados Unidos, Filipinas, México, Perú, Italia, Venezuela, entre otros. Ha publicado en revistas internacionales indexadas más de 20 artículos científicos. En la actualidad es responsable del Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental Pichilingue del INIAP, sus responsabilidades incluyen la coordinación y ejecución proyectos de investigación en el área de protección de plantas.



Ernesto Cañarte Bermúdez, Ph.D.

Graduado de Ingeniero Agrónomo en 1993 en la Universidad Técnica de Manabí-Ecuador. Desde 1993 investigador del Departamento de Entomología de la Estación Experimental Portoviejo, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP-Ecuador). Obtuvo su maestría en Entomología en 2001 en el Colegio de Postgraduados de México. Doctorado en Entomología en 2014 en la Universidad Federal de Viçosa-Brasil. Experiencia en el Manejo Integrado de Plagas de cítricos, maracuyá, cacao, café, maíz, hortalizas, así como en insecticidas vegetales, control biológico y ecología de ácaros. Por siete años fue profesor de Entomología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM-MFL). Ha participado en 22 proyectos de investigación nacionales e internacionales, en alianza con centros internacionales como el CIAT- Colombia, CIP-Perú y organismos financiadores como FUNDAGRO, COSUDE, GTZ, PROMSA, SENESCYT y actualmente con AECID-España en el proyecto Teca y FAO en el proyecto +Algodón, además de alianzas con universidades como Michigan State y USDA-ARS (USA), ESPOL-CIBE. Miembro de los equipos multidisciplinarios del INIAP de PC, teca, Galápagos, Spodoptera, cocotero, otros. Participación en más de 100 eventos de capacitación como asistente y expositor a nivel nacional y en países como México, Chile, Guatemala, Colombia, Perú, Brasil. Autor y coautor de al menos 90 publicaciones internacionales y nacionales. Ha publicado en México, Chile, Estados Unidos y Brasil. Es Investigador Acreditado y Categorizado por el SENESCYT. Desde el 2015 Responsable del Departamento de Entomología de la Estación Portoviejo del INIAP. Revisor de revistas científicas indexadas como La Técnica, Espamciencia y Neotropical Entomology.



José Bernardo Navarrete Cedeño M.Sc.

Ingeniero Agrónomo (Universidad Técnica de Manabí, 1999) con maestrías en Sanidad Vegetal (Universidad Agraria del Ecuador, 2006) y Entomología y Nematología (University of Florida, 2012). Investigador del Departamento Nacional de Protección Vegetal del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias en las Estaciones Tropical Pichilingue y Portoviejo. Ex miembro de la Comisión Académica de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la UTM. Miembro actual del Comité Técnico de la Estación Experimental Portoviejo. Veinte años de experiencia en Manejo Integrado de Insectos- plagas en cultivos tropicales con énfasis en la identificación preliminar de artrópodos (plagas y benéficos) presentes en agroecosistemas de la costa ecuatoriana, además en el planeamiento y ejecución de proyectos de investigación con enfoque en control biológico, cultural e integrado de insectos dañinos. Ha trabajado en la cría de enemigos naturales con potencial para el control de plagas de importancia económica así como en la evaluación de la eficacia de sustancias insecticidas naturales y de síntesis química. Es autor y coautor de más de 60 publicaciones técnicas, científicas y de difusión, entre ellas 17 artículos científicos en revistas indexadas de USA, Ecuador, Colombia, Paraguay, Venezuela y Malasia. Miembro del Comité de Revisores de las Revistas Espamciencia y La Granja. Investigador acreditado por la SENESCYT con la categoría de Investigador Agregado 1(REG-INV-14-00002).



Gema Espinoza Zambrano Ing.

Ingeniera Agrónoma en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en 2020. Aspirante investigador en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, Departamento de Protección Vegetal, desde noviembre 2020, con el proyecto "Etiología de la principal enfermedad de teca en Ecuador y rol de los insectos en su dispersión".



Edwin Borja Borja M.Sc.

Ingeniero Agrónomo en la Universidad Estatal de Bolívar en 2009, becario de INIAP 2008, con un Máster en Biodiversidad: Conservación y Evolución de los Ecosistemas, premio extraordinario en la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Valencia, España 2016 - 2017. Estudiante del programa de doctorado en Biodiversidad y Biología Evolutiva, en la Universidad de Valencia, España desde 2019. Investigador agropecuario en el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos DENAREF, Estación Experimental Santa Catalina, 2011 - 2016 y del Departamento de Protección Vegetal, de la EETP desde octubre 2018. Es autor y coautor de 18 publicaciones técnicas, científicas y de difusión en sanidad vegetal, manejo, conservación y usos de la agrobiodiversidad. Ha participado en proyectos como: SENESCYT, Fortalecimiento Institucional, Economía agrícola, Agrobiodiversidad y "Etiología de la principal enfermedad de teca en Ecuador y rol de los insectos en su dispersión". Expositor y asistente en congresos nacionales e internacionales (Chile y España). Investigador acreditado por la SENESCYT con la categoría Investigador Auxiliar 1 (No. REGINV-16-01543).

Estación Experimental Tropical Pichilingue
INIAP

Estación Experimental Tropical Pichilingue
INIAP

www.iniap.gob.ec

ISBN: 978-9942-22-532-0

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

El cultivo de teca en Ecuador ha adquirido gran importancia, principalmente por el alto valor de su madera. Actualmente se han incrementado exponencialmente sus áreas de cultivo, ubicando al país mundialmente entre los principales exportadores de teca en el mundo. Sin embargo, el problema fitosanitario conocido como "muerte regresiva" está diezmando las plantaciones. El INIAP, con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, AECID, a través del proyecto 2017/0000400109 "ETIOLOGÍA DE LA PRINCIPAL ENFERMEDAD EN TECA EN ECUADOR Y EL ROL DE LOS INSECTOS EN SU DISPERSIÓN" ha realizado estudios para determinar su agente causal y determinar el rol de los insectos en su dispersión. La presente guía, tiene como propósito mostrar los resultados obtenidos durante la investigación del proyecto, además de las recomendaciones generados por más de cinco años de experiencia obtenidas por el equipo multidisciplinario del INIAP trabajando en el cultivo de teca.







www.agricultura.gob.ec

Apoyo de **la Unión Europea** al desarrollo del **Talento Humano, Innovación y Transferencia** de Tecnología en el Ecuador

EMBAJADA DE ESPAÑA EN ECUADOR

Cooperación Española

Financiado por la Unión Europea

@agroinvestigacionecuador @iniapecuador @iniapecuador

Ministerio de Agricultura y Ganadería

República del Ecuador

Gobierno del Encuentro

Juntos lo logramos

Estación Experimental Tropical Pichilingue
INIAP