CONTENIDO DIGITAL

Noticiencia FORESTAL

SANIDAD FORESTAL

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

Estrategia Nacional de Sanidad Forestal

Introducción

Los bosques están sujetos a una gran cantidad de alteraciones que a su vez, están enormemente influenciadas por el clima. Perturbaciones tales como los incendios forestales, sequías, deslizamientos, invasiones de especies, brotes de insectos, enfermedades, tormentas y huracanes, influyen en la composición, estructura y función de los bosques. Se presume que el cambio climático impactará en la vulnerabilidad de los bosques ante las perturbaciones y afectará también la frecuencia, intensidad, duración y ritmos de las mismas. Por ejemplo, el aumento de materiales combustibles, mayores temporadas de exposición a incendios y la incidencia de condiciones ambientales de incendios más extremos, como consecuencia del cambio climático, se supone incrementarán la actividad de incendios en los bosques. El cambio climático afectará también las dinámicas de las perturbaciones ocasionadas por las plagas forestales autóctonas, de insectos y patógenos, facilitando al mismo tiempo el establecimiento y la difusión de las especies exóticas invasoras. (FAO 2009).

Todos estos impactos en los árboles y bosques, sin lugar a dudas, producirán daños generalizados en el sector forestal. Los cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales y bosques plantados (debido a los cambios en las temperaturas y a los regímenes de las precipitaciones) y los eventos extremos y desastres (huracanes, sequías, incendios y enfermedades) producirán impactos negativos en la función productiva de los ecosistemas forestales que, a su vez, repercutirán en las economías locales. Los modelos de producción y comercialización de los productos forestales se verán alterados por las especies que crecerán más competitivamente en regiones de mayores altitudes y latitudes (FAO 2009).

Por el contrario, los mercados se podrían saturar debido al aumento de la mortalidad arbórea producida por infestaciones de plagas, tal y como se ha experimentado con los insectos descortezadores en la región norte de México en los años 2012 al 2013.

También son consideradas como amenaza las especies de origen exótico con alto potencial de riesgo de introducción y establecimiento en territorio nacional, así como las ya presentes en ecosistemas naturales, plantaciones forestales comerciales y viveros forestales; por lo anterior, la Estrategia Nacional de Sanidad Forestal constituye la política pública del Gobierno Federal que integra las estrategias y líneas de acción para proteger los recursos forestales contra la presencia de agentes causales de plagas y enfermedades, bajo un esquema articulado de alerta temprana, monitoreo y diagnóstico de la condición de los ecosistemas forestales, así como el control y manejo de las plagas y enfermedades forestales.

Figura 1. *Euwallacea* sp

Especie de origen exótico

En este sentido, la Gerencia de Sanidad mediante un proceso de planeación participativa, diseñó la Estrategia Nacional de Sanidad Forestal, como instrumento de planeación táctica e intervención que permite definir las estrategias a implementar, las acciones concretas a desarrollar, el diseño y planteamiento de indicadores, el establecimiento de metas en función de las necesidades y disponibilidad de recursos. Los objetivos, estrategias, acciones puntuales y actividades que se desarrollaran, se alinean al Programa Nacional Forestal 2019-2024 y a los principios rectores del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.

Figura 2. Reuniones de trabajo del personal técnico de la Gerencia de Sanidad Forestal

II. Desarrollo

A través del proceso de planeación participativa para la integración de la Estrategia Nacional de Sanidad Forestal, se identificó el problema central que se quiere atender, el cual es: Los ecosistemas forestales naturales e inducidos presentan riesgo de afectación de plagas y enfermedades de origen nativo o exótico, una vez reconocido este, se identificaron las causas en sus diferentes niveles que pueden contribuir a la generación del problema identificado; En este punto, se destacan algunas de las causas identificadas:

Figura 3. Causas identificadas, primer, segundo y tercer orden.

A partir del problema planteado y sus causas, se determinaron los efectos o consecuencias que resultan ante su existencia; efectos directos: Disminución de la capacidad productiva de los ecosistemas forestales, pérdida y disminución de los bienes y servicios generados por los ecosistemas forestales del país, los cuales tienen un efecto en la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales y ambientes forestales inducidos, lo que trae como consecuencia el deterioro de la calidad de vida.

II.I. Objetivos, medios y fines

A partir del análisis del árbol de problemas, se integró el árbol de objetivos; estableciendo primeramente el objetivo central que se quiere alcanzar en torno al problema planteado, el cual es: Proteger los ecosistemas forestales naturales e inducidos de factores que deterioran la cobertura vegetal; con base en ello se definieron los medios para alcanzarlo, entre los que podemos indicar: Manejo forestal eficiente, aprovechamiento forestal sustentable, coordinación intra e interinstitucional eficiente, participación de gobiernos estatales para la atención de plagas forestales, seguridad en actividades forestales, suficiente vigilancia y monitoreo fitosanitario, así como la oportuna respuesta a problemas fitosanitarios; por último se identificaron los fines que se quieren obtener, los cuales son: mantener la capacidad productiva de los ecosistemas forestales, reducir el riesgo de contingencias fitosanitarias y lograr la provisión de bienes y servicios ambientales. Con lo anterior salvaguardar la salud de nuestros ecosistemas y mejorar la calidad de vida.

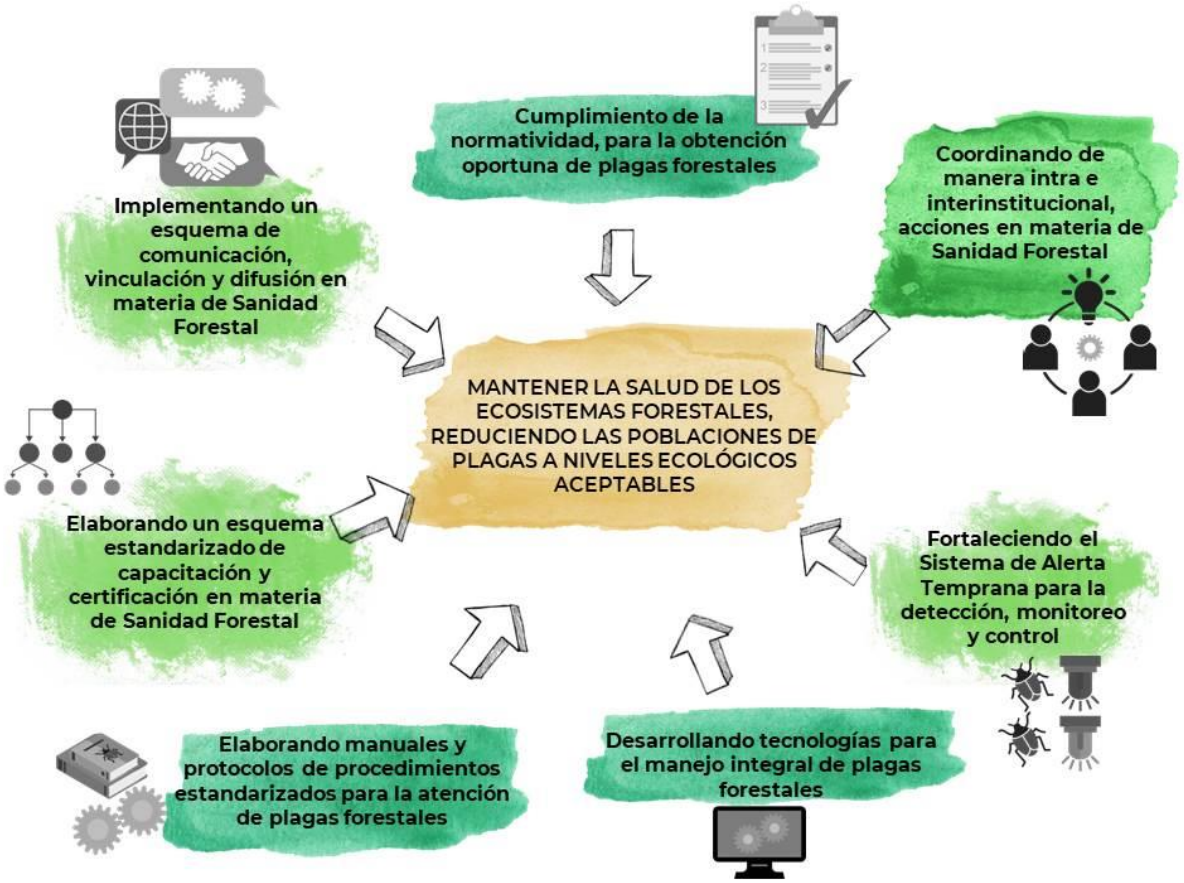

Figura.4. Estrategias operativas

Para el logro de las estrategias de intervención planteadas, es necesario establecer las líneas a seguir a corto, mediano y largo plazo para cada una, con el propósito de dar un seguimiento puntual a la atención de las plagas forestales y evaluar los alcances obtenidos; a continuación se presentan las acciones puntuales con relación a la estrategia que atiende (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estrategias operativas y acciones puntuales

ESTRATEGIA	ACCIÓN PUNTUAL
1. Cumplimiento a las atribuciones establecidas en la normatividad, para la oportuna atención de plagas forestales. Mediante esta estrategia se fortalecerá el cumplimiento de la normatividad en materia de Sanidad Forestal por parte de los diferentes actores involucrados y responsables.	**1.**Promover la actualización de la normatividad para hacerla eficiente y oportuna en la atención de plagas forestales. **2.** Establecer protocolos de seguimiento para permitir ser más eficaces al cumplimiento de la normatividad vigente. **3.** Promover la creación de grupos de atención fitosanitaria para la revisión, actualización e implementación de la normatividad aplicable en Áreas Naturales Protegidas Federales, Estatales, Municipales y Voluntarias. **4.** Difundir las obligaciones, procedimientos y sanciones establecidas en la normatividad vigente, para dar a conocer a los involucrados sus obligaciones y responsabilidades.
2. Fortalecimiento de la coordinación intra e interinstitucional en materia de Sanidad Forestal. A través de esta estrategia se impulsará la coordinación efectiva con dependencias del sector ambiental y agrícola de los tres órdenes de gobierno y en su caso con instancias de enseñanza e investigación	**1.** Firmar convenios de colaboración con dependencias federales del sector ambiental y agrícola, estatales, municipales; y en su caso con instancias de investigación y enseñanza para coordinar esfuerzos en materia de Sanidad Forestal. **2.** Promover la participación activa y la organización del sector ambiental obligado para atender las plagas forestales. **3.** Fortalecer la coordinación efectiva interna para la atención de plagas forestales. **4.** Promover la integración y fortalecimiento de un sistema para el registro de colecciones científicas, de referencia y acervos electrónicos de resguardo de plagas forestales.

Cuadro 1. Estrategias operativas y acciones puntuales

ESTRATEGIA	ACCIÓN PUNTUAL
3. Fortalecimiento del Sistema de Alerta Temprana para la detección, monitoreo y control de plagas forestales. El Sistema de Alerta Temprana en Sanidad Forestal es un esquema conceptual que se integra de 4 componentes que son: Conocimiento del Riesgo, Medición y Monitoreo, Difusión y Comunicación y Capacidad de Respuesta.	**1.** Fortalecer el conocimiento de riesgo de posible presencia de plagas forestales nativas y exóticas, para orientar las acciones operativas en materia de sanidad. **2**. Fortalecer y actualizar los sistemas de vigilancia y monitoreo de plagas forestales para la detección oportuna. **3.** Fortalecer los esquemas de atención para el manejo y control de plagas forestales para su eficaz combate y tratamiento. **4.** Fortalecer e implementar el Manejo Integrado de plagas forestales para ser eficientes y reducir el impacto en los ecosistemas forestales.
4. Impulso al desarrollo y uso de tecnologías para el manejo integral de plagas forestales. Las acciones puntuales de esta estrategia buscan impulsar actividades de investigación, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías no amigables al medio ambiente, lo que permitirá contribuir al manejo integrado de plagas en los ecosistemas forestales del país.	**1.** Integrar una agenda nacional de investigación y desarrollo tecnológico en materia de Sanidad Forestal. **2.** Priorizar e impulsar las demandas necesarias de investigación que permitan predecir la presencia de plagas forestales, considerando en su caso escenarios de cambio climático. **3.** Generar nuevas alternativas de manejo y control integral de plagas forestales para hacer uso de nuevas tecnologías y reducir el uso de químicos en los ecosistemas forestales. 4. Promover el uso de los paquetes tecnológicos generados para el manejo y control de plagas forestales.
5. Diseño y elaboración de manuales y protocolos que contengan procedimientos estandarizados para la atención de plagas forestales. Esta estrategia busca actualizar y generar documentos (manuales, protocolos, lineamientos, guías, etc.), de carácter técnico, administrativo y/o jurídico, que permitan desarrollar procedimientos estandarizados, lo que facilitará el desarrollo de las acciones y la toma de decisiones de manera informada en materia de Sanidad Forestal.	**1.** Elaborar y/o actualizar protocolos y manuales de procedimientos internos de carácter técnico, administrativo y/o jurídico que permita la mejor toma de decisiones y orientar las acciones en materia de Sanidad Forestal.

Cuadro 1. Estrategias operativas y acciones puntuales

ESTRATEGIA	ACCIÓN PUNTUAL
6. Fortalecimiento de un esquema estandarizado de capacitación y certificación en materia de Sanidad Forestal. Con esta estrategia se homologarán las capacidades técnicas y de conocimientos jurídicos del personal externo e interno que atiende el tema de sanidad, a fin de formar y contar con cuadros técnicos especializados y certificados, con lo cual se mejorarán las acciones en materia de sanidad forestal y se orientará adecuadamente a los dueños y poseedores del recurso forestal. .	**1.** Desarrollar el esquema de fortalecimiento de las capacidades técnicas y jurídicas de manera escalonada y estandarizada para mejorar el desempeño en campo de los técnicos.
7. Implementación de un esquema de comunicación, vinculación y difusión en materia de Sanidad Forestal. En materia de sanidad forestal existe información pública, sin embargo se encuentra dispersa y con una presentación poco entendible para ciertos sectores de la población, por lo que con esta estrategia se pretende generar acciones de comunicación y difusión con la intención de dar a conocer de manera oportuna y diferenciada información en materia de sanidad forestal. Además se fortalecerá las plataformas públicas digitales con participación multidisciplinaria, con contenidos acordes al público objetivo.	**1.** Desarrollar el plan de comunicación y difusión que incluya los mecanismos operativos en materia de Sanidad Forestal, para la consulta y orientación de los actores involucrados. **2.** Integrar y fortalecer las plataformas públicas con participación multidisciplinaria en materia de sanidad forestal con contenidos acordes al público objetivo para la difusión de las acciones en la atención de plagas. **3.** Generar un sistema de registro de reporte ciudadano para recibir avisos de posible presencia de plagas y atenderlos con oportunidad.

IV. Indicadores y metas

Las estrategias y líneas de acción planteadas en la Estrategia Nacional de Sanidad Forestal, se medirán a través de un indicador de resultado y 52 indicadores de gestión.

Indicador de resultado

1. **Porcentaje de vegetación forestal sin aviso de presencia de plagas forestales**

El indicador mide el porcentaje de la superficie con vegetación forestal de bosques, selvas, matorral xerófilo y manglar que se encuentra libre de presencia de plagas y enfermedades.

Indicadores de gestión (de proceso)

Los 52 indicadores de gestión están enfocados a evaluar la operación administrativa de la estrategia, son de corto, mediano y largo plazo y relativos a datos numéricos sobre su aplicación; estos indicadores se estarán evaluando cada año conforme a los Programas Anuales de Trabajo y algunos en los componentes y actividades de la Matriz de indicadores para Resultados (MIR).

V. Referencias

CONAFOR, Comisión Nacional Forestal, Edición preliminar febrero de 2020. Estado que Guarda el Sector Forestal en México 2019, Zapopan Jalisco.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable LGDFS. 2018.

Reglamento de Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 2014.

Reglas de Operación del Programa de apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2020.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie VI-2014.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2009. Los impactos del cambio climático en la Sanidad Forestal, sanidad y bioseguridad forestal, documento de trabajo FBS/34S.

Ley de Planeación. 2018.

Programa Nacional Forestal 2019-2024. Versión preliminar. México. 2019.

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, Gobierno de la República, México. 2019. Disponible: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019

SEMARNAT/CONAFOR, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Comisión Nacional Forestal. Marzo, 2020. Sistema Nacional de Gestión Forestal (SNGF).

Sistema de Alerta Temprana y Evaluación de Riesgo en Sanidad Forestal

Los Sistemas de Alerta Temprana conocidos como SAT, son un conjunto de procedimientos e instrumentos, a través de los cuales se monitorea una amenaza o evento adverso (natural o antrópico) de carácter previsible y se recolectan y procesan datos e información, obteniendo pronósticos o predicciones temporales de su acción y posibles efectos (Matveeva 2006).

El Sistema de Alerta Temprana y Evaluación de Riesgo (SATyER) en sanidad forestal, es un conjunto de componentes relacionados entre sí, que proveen información a los diversos actores (autoridades ambientales, silvicultores, prestadores de servicios) vinculados con áreas forestales expuestas a una posible amenaza de plagas. Su objetivo es proporcionar información a los actores involucrados en la protección de ecosistemas forestales; permitiéndoles actuar de manera oportuna y eficaz, para reducir o evitar daños a estos ecosistemas por el ataque de plagas forestales.

Su implementación a nivel nacional, se fundamenta en lo establecido en el Artículo 112 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y el Artículo 176 de su Reglamento. Se integra de cuatro componentes (Figura 1) que a su vez, abarcan una serie de acciones que se describen a continuación (adaptado de CENAPRED 2017):

Figura 1. Componentes del Sistema de Alerta Temprana y Evaluación de Riesgo en Sanidad Forestal

1. Conocimiento del riesgo

Los riesgos surgen de la combinación temporal y espacial de diversos factores ambientales idóneos para la presencia de plagas y de vulnerabilidades de los ecosistemas forestales al ataque de estos organismos. Se integra con Mapas de Alerta Temprana que muestran las áreas que requieren atención prioritaria por su alto nivel de riesgo de posible presencia de plagas; siendo una herramienta que permite focalizar acciones de carácter operativo como la vigilancia y el monitoreo. En la Comisión Nacional Forestal, actualmente se generan mapas mensuales para dos de los principales grupos de plagas: Insectos Descortezadores e Insectos Defoliadores (Figuras 2 y 3).

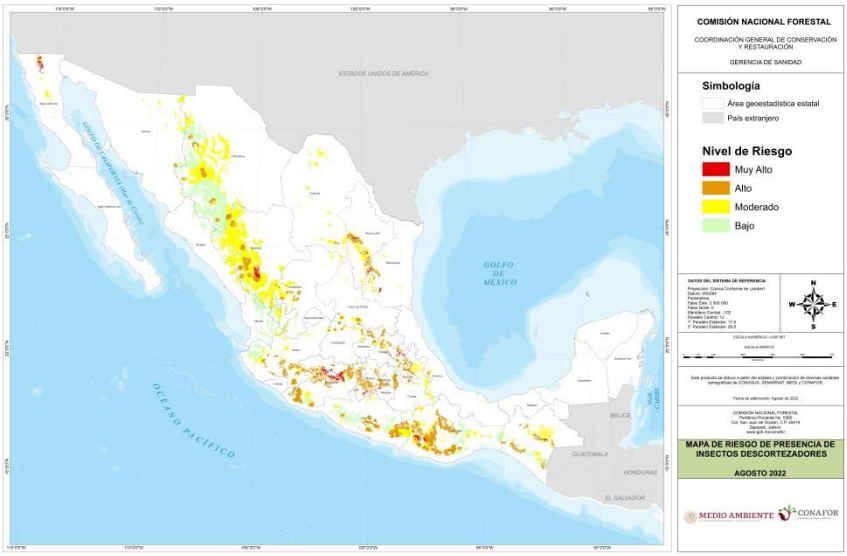

Figura 2. Mapa de riesgo de presencia de Insectos Descortezadores (Agosto 2022).

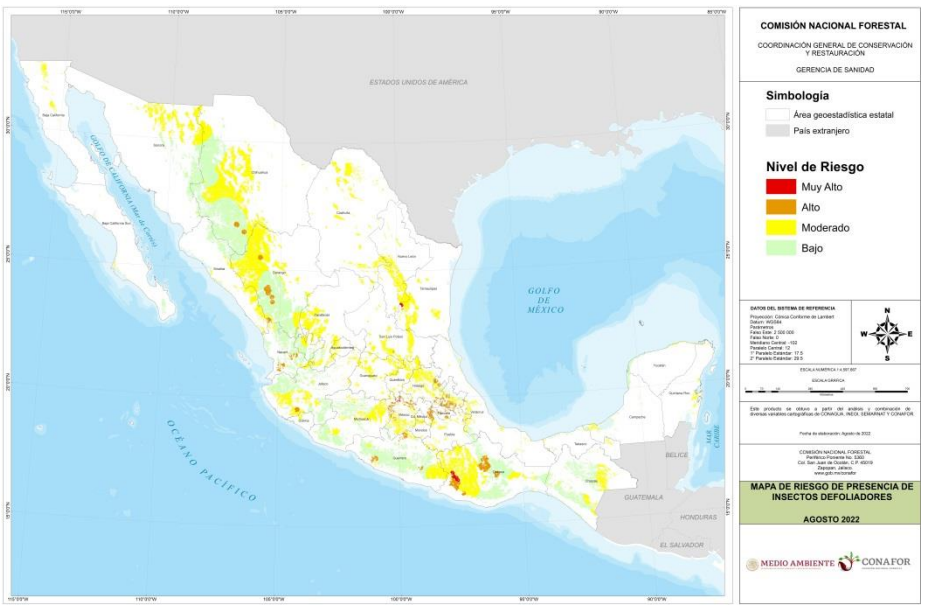

Figura 3. Mapa de riesgo de presencia de Insectos Defoliadores (Agosto 2022).

1. Conocimiento del riesgo

También trimestralmente, se publican mapas para Escarabajos Ambrosiales Exóticos, y de forma anual para Plantas Parásitas (Figuras 4 y 5). Adicionalmente y de acuerdo a las Alertas Fitosanitarias que se presenten, se van elaborando Mapas de Riesgo a nivel de especie de plaga, así por ejemplo, se tienen publicados, entre otros, para *Euplatypus parallelus*, *Coptoborus psuodotenuis*, *Sphaeropsis sapinea*, *Scyphophorus acupunctatus*. Dicha información se puede consultar y descargar en formato shapefile en la siguiente liga:
http://sivicoff.cnf.gob.mx/frmMapasdeRiesgodePlagasForestales.aspx

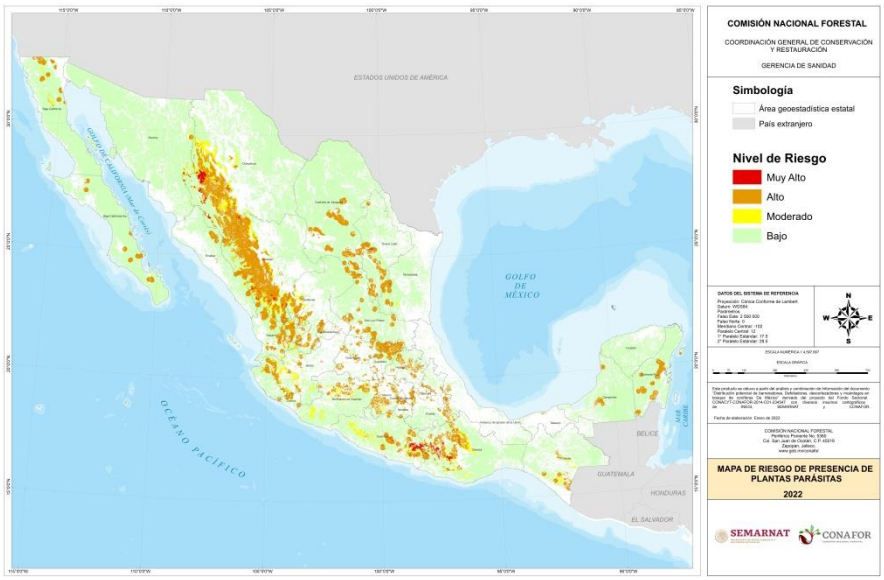

Figura 4. Mapa de riesgo de presencia de Plantas Parásitas (2022).

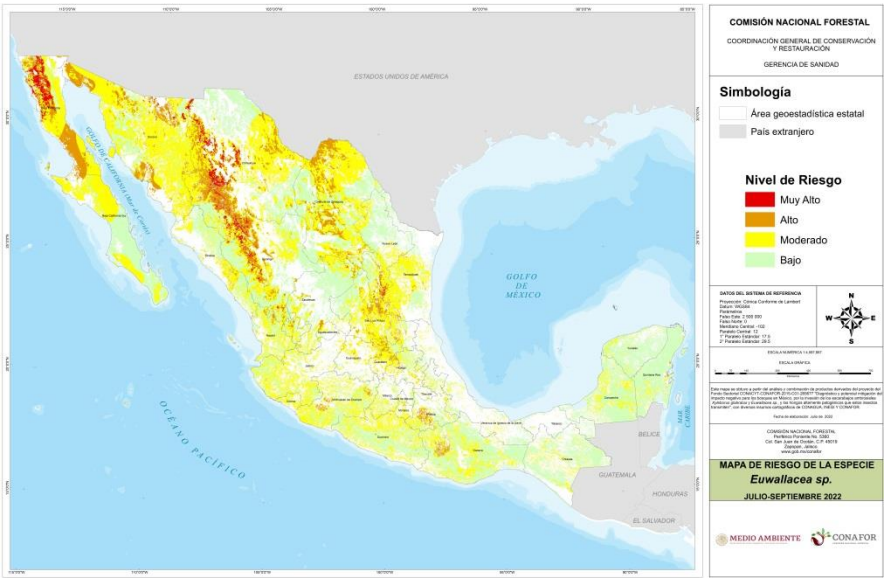

Figura 5. Mapa de Riesgo de Presencia de Escarabajos Ambrosiales Exóticos (Julio-Septiembre 2022).

2. Medición y monitoreo de plagas forestales

Una vigilancia y monitoreo continuo de plagas en ecosistemas forestales, basados en el conocimiento científico y previo del riesgo, permite la detección temprana de problemas fitosanitarios, focalizando los recursos y esfuerzos para el oportuno combate, control y manejo de plagas forestales; reduciendo daños a los ecosistemas. Las acciones involucradas son, entre otras: Monitoreo aéreo, monitoreo terrestre, diagnóstico fitosanitario, elaboración de Informes Técnicos Fitosanitarios, colecta y determinación taxonómica de plagas forestales, implementación y seguimiento de programas específicos de vigilancia de plagas exóticas y uso de la aplicación móvil del Sistema Integral de Vigilancia y Control Fitosanitario Forestal (SIVICOFF) (Figuras 6, 7 y 8).

Figura 6. Prospección aérea para detección de áreas con posible presencia de plagas.

Figura 7. Diagnóstico fitosanitario en campo

Figura 8. Vigilancia de Escarabajos Ambrosiales: A) y B) Establecimiento de rutas de trampeo, C) Revisión de trampas.

3. Difusión y comunicación

Se establecen vías, instrumentos y protocolos apropiados de comunicación a diferente nivel territorial (estatal, regional, nacional) y de actores involucrados (autoridades, prestadores de servicios forestales, silvicultores, asociaciones, instituciones de enseñanza e investigación y ciudadanos en general). La información que se difunde debe ser clara, comprensible y útil, de tal forma que se permita su uso y replicación en todo momento. Debe asegurarse que llegue a las personas interesadas e involucradas en el sistema.

En este sentido, se ha diseñado e implementado un protocolo de difusión en materia de sanidad, que permite dar cumplimiento a lo establecido en este componente; mediante la actualización continua del módulo público del SIVICOFF (alerta temprana, reportes estadísticos de afectación, informes de acciones operativas, material de consulta, noticias y eventos), la publicación de información en redes sociales de la Comisión Nacional Forestal y la operación del Centro Nacional de Evaluación de Riesgo y Alerta Fitosanitaria Forestal (Figuras 9 y 10).

El SIVICOFF (http://sivicoff.cnf.gob.mx/Default.aspx), una de las principales herramientas que complementan y fortalecen la operación del SATyER, es una plataforma informática que se integra de dos módulos y una aplicación móvil: 1) Módulo Externo, disponible al público en general para la consulta de información en materia de sanidad forestal, 2) Módulo Interno, de uso restringido, permite el seguimiento y control del registro de plagas a nivel nacional, y 3) Aplicación Móvil, permite el registro en tiempo real de diversas acciones operativas en campo respecto a la situación fitosanitaria de los ecosistemas forestales, en conexión con el Módulo Interno.

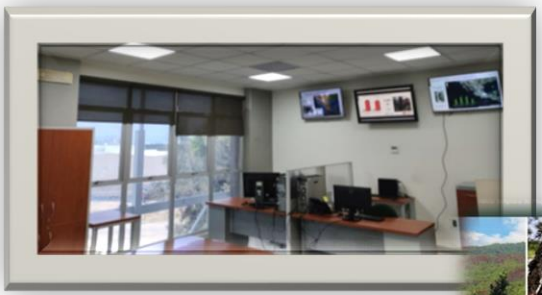

Figura 9. Centro Nacional de Evaluación de Riesgo y Alerta Fitosanitaria Forestal

Figura 10. Vista de la página frontal del SIVICOFF (sección pública)

4. Capacidad de respuesta

Se refiere a la integración de planes de respuesta o de operación para saber qué hacer ante una posible contingencia fitosanitaria. La capacitación, los ejercicios de preparación y los simulacros son esenciales para garantizar una rápida y eficaz respuesta para proteger la salud y permanencia de los ecosistemas forestales.

El fortalecimiento de los Comités Técnicos Estatales de Sanidad Forestal, la capacitación continua del personal técnico operativo, la generación de nuevas alternativas de combate y control fitosanitarios a través de investigación científica aplicada, el desarrollo de protocolos preventivos, planes y manuales de procedimientos, así como la capacitación en el Sistema de Comando de Incidentes (SCI) para la atención de posibles contingencias fitosanitarias, son acciones que se desarrollan en el marco de la capacidad de respuesta del SATyER.

Una de las estrategias que también forma parte de este componente, es la asignación de apoyos vía Reglas de Operación del Programa de Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable y de los Lineamientos de Operación del Programa de Compensación Ambiental por Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales, que incluyen la operación de brigadas de sanidad forestal, brigadas de protección forestal en sanidad, subsidios a tratamientos fitosanitarios y atención de las contingencias fitosanitarias (Figuras 11, 12 y 13).

Figura 11. Aplicación de tratamientos fitosanitario

Figura 12. Operación de brigadas de sanidad forestal

Figura 13. Implementación del Sistema de Comando de Incidentes en el estado de Oaxaca

Referencias

CENAPRED, 2017. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Ponencias del Seminario Sistemas de Alerta Temprana. Consultado en agosto de 2017: https://www.gob.mx/cenapred/articulos/consulta-las-ponencias-del-seminario-sistemas-de-alerta-temprana-116910

Matveeva, A. 2006. *Early Warning and Early Response: Conceptual and Empirical Dilemmas*. Issue Paper No.1. Global Partnership for the Prevention of Armed Conflict (GPPAC). European Centre for Conflict Prevention, The Hague.

Noticiencia FORESTAL
CONTENIDO DIGITAL

La pudrición de cuello y raíz en teca, una enfermedad silenciosa

Angel Nexticapan Garcéz[1], Sandy Guardia Chalé[1], Daisy Perez Brito[1], Rodolfo Martin Mex[1], Anuar Magaña Álvarez[1], Alberto Cortes Velázquez[1], José Cibrián Tovar[2] y Andrés Quijano Ramayo[1]

Centro de Investigación Científica de Yucatan[1]
Forestal Milenio[2]

La Teca (*Tectona grandis* Linn.) forma parte de las plantaciones forestales comerciales establecidas en México. Las primeras plantaciones de esta especie, datan de inicios de los noventas del siglo pasado, tomando un mayor impulso en el año 2000 y años más tarde ya se contaba con una superficie cercana a las 35, 000 has, distribuidas en los estados de Campeche, Chiapas, Nayarit, Tabasco y Veracruz. Su importancia radica en el rápido crecimiento que tiene y el alto valor que alcanza la madera en el mercado internacional, además de que el establecimiento de este tipo de plantaciones contribuye a disminuir la presión comercial sobre los bosques nativos. Como es una especie introducida, las plantaciones están constantemente expuestas a diversos daños de tipo fitosanitario, de los cuales, en algunos casos, se carece de información.

En 2014, en una plantación comercial de teca establecida en el estado de Campeche, fue reportada una enfermedad, cuyo daño era la pudrición de raíces en árboles causando mortalidad en plantas de 4 a 8 años de edad. El agente causal fue identificado como *Kretzschmaria zonata* por la descripción morfológica del estroma y ascosporas (Cibrián *et al*., 2014). En ese mismo año, en una plantación de teca de 800 has, establecida en Tizimín, Yucatán, se encontraron plantas con síntomas similares a los reportados en Campeche, la diferencia fue que la plantación de Tizimín tenía dos años de edad, lo que despertó mucha preocupación, pues se trataba de una plantación muy joven, para el caso específico de esta plantación se tenía la sospecha de que podría estar involucrado el hongo *Kretzschmaria zonata,* sin embargo, no se tenía la evidencia del agente causal, ni mayor información sobre cuál sería su comportamiento en esta región, lo cual incrementaba el riesgo de que los daños observados se extendieran al resto de las siembras que estaban en proceso.

La Teca (*Tectona grandis* Linn.) forma parte de las plantaciones forestales comerciales establecidas en México. Las primeras plantaciones de esta especie, datan de inicios de los noventas del siglo pasado, tomando un mayor impulso en el año 2000 y años más tarde ya se contaba con una superficie cercana a las 35, 000 has, distribuidas en los estados de Campeche, Chiapas, Nayarit, Tabasco y Veracruz. Su importancia radica en el rápido crecimiento que tiene y el alto valor que alcanza la madera en el mercado internacional, además de que el establecimiento de este tipo de plantaciones contribuye a disminuir la presión comercial sobre los bosques nativos. Como es una especie introducida, las plantaciones están constantemente expuestas a diversos daños de tipo fitosanitario, de los cuales, en algunos casos, se carece de información.

En 2014, en una plantación comercial de teca establecida en el estado de Campeche, fue reportada una enfermedad, cuyo daño era la pudrición de raíces en árboles causando mortalidad en plantas de 4 a 8 años de edad. El agente causal fue identificado como *Kretzschmaria zonata* por la descripción morfológica del estroma y ascosporas (Cibrián *et al*., 2014). En ese mismo año, en una plantación de teca de 800 has, establecida en Tizimín, Yucatán, se encontraron plantas con síntomas similares a los reportados en Campeche, la diferencia fue que la plantación de Tizimín tenía dos años de edad, lo que despertó mucha preocupación, pues se trataba de una plantación muy joven, para el caso específico de esta plantación se tenía la sospecha de que podría estar involucrado el hongo *Kretzschmaria zonata,* sin embargo, no se tenía la evidencia del agente causal, ni mayor información sobre cuál sería su comportamiento en esta región, lo cual incrementaba el riesgo de que los daños observados se extendieran al resto de las siembras que estaban en proceso.

Problemática de la enfermedad

De acuerdo con algunos plantadores, la mayor inversión en el establecimiento de una plantación forestal comercial de teca, ocurre en los primeros 4 a 8 años, y el monto de la inversión puede llegar hasta un 60%, este modelo contrasta con otro tipo de cultivos, donde los montos de inversión van proporcionalmente al desarrollo del cultivo. Esto implica, que, durante los primeros años, se deben minimizar los riesgos que puedan afectar la plantación, y dentro de estos riesgos a disminuir están los de índole fitosanitario, de tal manera que, el hecho de observar síntomas de pudriciones en raíces que causan mortalidad de plantas, a una edad tan temprana de la plantación, sin duda fue una alarma importante de que esta enfermedad podía poner en riesgo las plantaciones forestales de teca. Por ello, se destinaron recursos y se sumaron esfuerzos para generar información referente al diagnóstico y algunas estrategias que se puedan realizar para el manejo del agente causal de esta enfermedad.

Síntomas

En las primeras etapas, los síntomas son indetectables, debido a que la infección inicial es en raíces y no destruye de manera inmediata los vasos conductores, por lo que los arboles a pesar de que puedan estar infectados son asintomáticos. Los síntomas aéreos visibles son: reducción en el crecimiento y diámetro de tallo con respecto a otras plantas de la misma edad, el follaje de árboles infectados presenta hojas pequeñas, las raíces presentan áreas necróticas, quebradizas y posteriormente, un ligero desarrollo micelial. A medida que la infección avanza se forman pequeñas grietas en la base de los tallos, posteriormente estas grietas aumentan de tamaño llegando a levantar parte de la corteza del árbol, a continuación, se da la formación de un tejido hiperplásico (faldón) y es en este momento cuando la pudrición del tejido, ya está muy avanzada y se observa la formación estromática del hongo. Adicionalmente, las plantas reducen considerablemente el diámetro del tallo, presentan defoliación parcial o total del árbol, y pérdida de anclaje, lo que puede ocasionar que el árbol caiga. Figura 1.

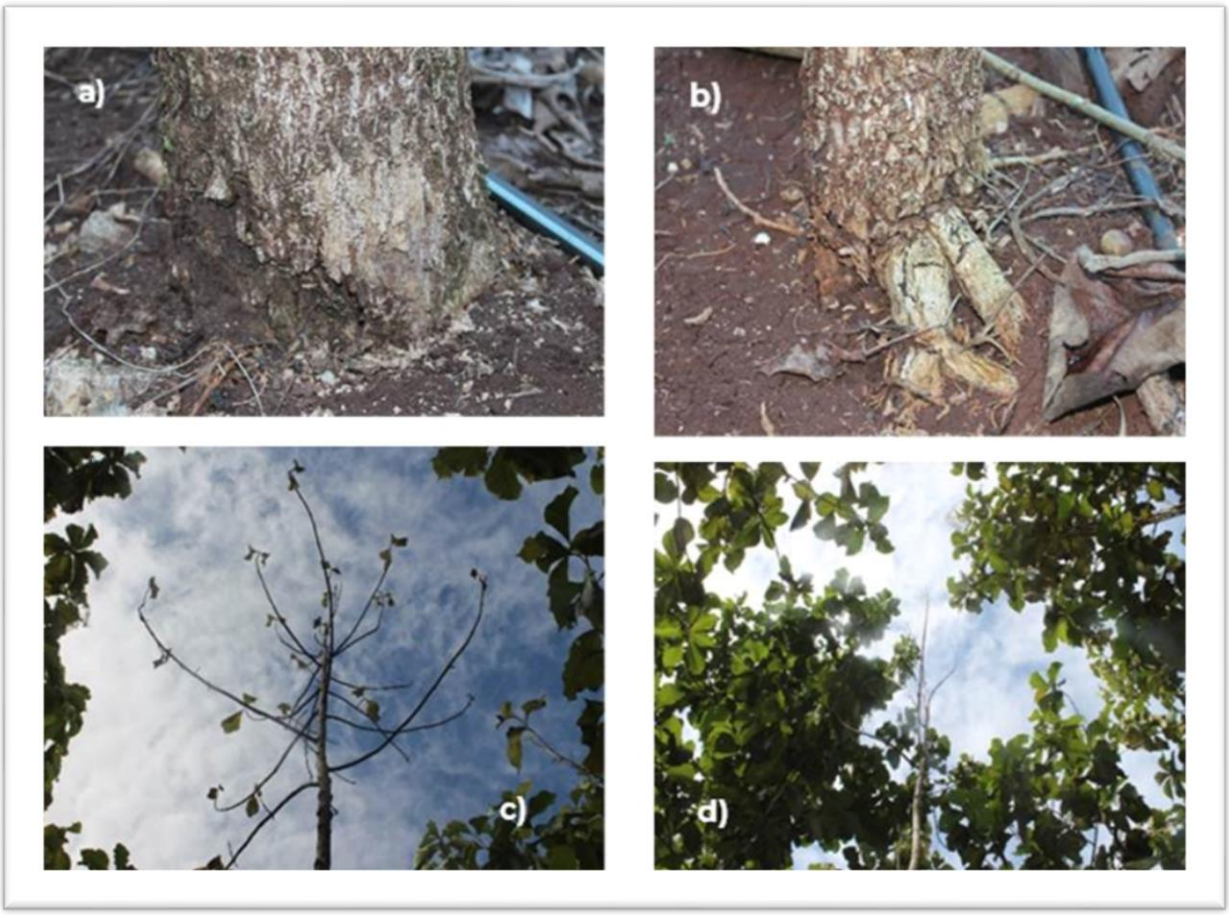

Figura 1. Síntomas causados por *Kretzschmaria zonata* en plantas de teca
a) Síntomas iniciales en tallo, b) síntomas iniciales en raíz, c) y d) síntomas en follaje

Síntomas

Figura 1. e) síntomas avanzados en raíz f) síntomas internos en tallo, g) formación de estroma de K *zonata* en la base del tallo y h) formación de faldón en la base del tallo.

Los primeros retos

Diagnóstico

Uno de los aspectos a resolver fue el diagnóstico de la enfermedad por técnicas morfológicas. Los aislamientos que se encontraron, de manera recurrente en las muestras con síntomas, fueron hongos pertenecientes a los géneros *Fusarium*, *Lasiodiplodia* y *Kretzschmaria*, lo cual llevó al desarrollo de un protocolo de aislamiento de hongos que causan pudriciones en madera, utilizando medios específicos para detectar hongos que degradaran lignina. De los géneros aislados, el único con actividad ligninolítica en medio de cultivo fue *Kretzschmaria*. Posteriormente por métodos morfológicos el hongo fue identificado con *Kretzschmaria zonata* (Rogers and Ju 1998). El proceso de diagnóstico de *K. zonata* por técnicas convencionales era muy tardado, por lo que dada la vocación del laboratorio GeMBio, el equipo se dio a la tarea de diseñar un método para la detección de este hongo, utilizando herramientas de biología molecular, lo que llevó al desarrollo de iniciadores para la detección de *K. zonata,* en muestras de tejido enfermo, mediante técnicas de PCR, de tal manera, que lo que antes llevaba un proceso de semanas e incluso un par de meses, ahora era posible en días (Magaña *et al*., 2022).

Postulados de Koch

Para tener la certeza de que K. *zonata* era el agente causal de la pudrición de cuello y raíz en teca, se infectaron de manera artificial, plántulas de teca con los patógenos aislados (*Fusarium*, *Lasiodiplodia* y *Kretzschmaria*) solos y en combinación, seis meses posteriores a la inoculación se observaron síntomas de pudrición de raíces en las plantas que fueron inoculadas únicamente con *Kretzschmaria*, las plantas inoculadas con *Fusarium* y *Lasiodiplodi*a no presentaron ningún síntoma. Estas pruebas permitieron conocer el tiempo transcurrido desde que el hongo tuvo contacto con la planta sana hasta que se observaron los primeros síntomas en raíces, (6 meses), aunque en la parte aérea no siempre se observaron síntomas, el conocer el tiempo que lleva el proceso de infección en la planta, nos permite afirmar que en condiciones de campo, el hecho de observar una planta sin síntomas aéreos visibles, o sin pudrición visible de raíces, no necesariamente es un indicador de que la planta está sana y que podría estar infectada de K. *zonata*, lo cual hace a esta enfermedad más compleja de lo que parece.

Los primeros retos

La generación de estrategias de manejo

Una vez confirmado el diagnóstico, la pregunta obligada era ¿qué podemos hacer para manejarla? Como ya se contaba con colonias puras de los hongos aislados, se iniciaron pruebas de efectividad biológica *in vitro*, las cuales consistieron en confrontar en condiciones controladas, a diversos insumos tanto biológicos, extractos vegetales como fungicidas químicos, y evaluar si alguno tenía la capacidad de inhibir el crecimiento de *K. zonata*. Los resultados obtenidos indican que los biofungicidas (*Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis*) fueron capaces de inhibir el crecimiento micelial de *K. zonata* en condiciones *in vitro* desde un 50 a un 70%, mientras que los extractos vegetales a pesar de no estar diseñados como fungicidas, presentaron una inhibición entre el 40 al 60 %, los fungicidas químicos inhibieron en un 100%. Estos resultados fueron alentadores ya que, por primera vez, permitían tener una lista de insumos con efecto positivo en la inhibición del crecimiento de *K. zonata.* Con esta información, se establecieron una serie de ensayos con plantas de teca, en condiciones de invernadero, para evaluar tratamientos preventivos y tratamientos curativos, para el manejo de la enfermedad. Los tratamientos preventivos consistieron en aplicar a plántulas de teca cultivadas en contenedores (bolsas) en condiciones de invernadero, los productos (biológicos, extractos y químicos) que resultaron efectivos en los ensayos de laboratorio (*in vitro*) y posteriormente, inocular *K. zonata* de manera artificial, y esperar si había algún efecto en las plantas tratadas respecto a la presencia de síntomas. Para el caso de los tratamientos curativos, el proceso consistió en inocular de manera artificial *K. zonata* en plantas de teca, y posteriormente aplicar los tratamientos (fungicidas químicos), evaluando la efectividad en ambos casos. Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos con potencial para el manejo preventivo de *K. zonata* en plantas de teca.

Producto	Ingrediente activo	Dosis evaluada	Tipo de aplicación	Efectividad
Probacil®	*Bacillus subtilis*	2 ml/L	Suelo	61.4
Serenade®	*Bacillus subtilis*	5 g/L	Suelo	75.8
Glumix®	*Glomus* spp	15g / planta	Sustrato	71.0
Fullkover®	Extracto orgánico + micro organismos. benéficos	0.75 ml/L	Suelo	80.7
Best Ultra F®	Extracto orgánico + micro organismos. benéficos	5 ml/L	Foliar	61.4

Los primeros retos

Logros obtenidos

El estudiar esta enfermedad, nos ha permitido generar información que contribuya a disminuir los riesgos que causa en plantaciones forestales comerciales de teca. Logros:

- ❑ Identificar agente causal de la pudrición de cuello y raíz en teca.
- ❑ Contar con un método de diagnóstico rápido y certero que permite detectar *K. zonata* aun en plantas asintomáticas.
- ❑ Conocer que el proceso de infección en la planta se da en un periodo de seis meses.
- ❑ Se encontraron cinco tratamientos con muy buenos resultados en el manejo preventivo de la enfermedad (60 a 80% de efectividad), de los cuales tres corresponden a productos biológicos (*Bacillus subtilis*, y micorrizas) y dos a extractos vegetales.
- ❑ En los tratamientos curativos con fungicidas químicos, su efectividad como tratamiento curativo fue muy baja (35 a 50%), lo que indica que una vez que la infección inicia, es complejo detenerla con la aplicación de fungicidas químicos.

Conclusiones

A pesar de que la pudrición de cuello y raíz, es una enfermedad que tiene enormes ventajas sobre teca, por ser un hongo de suelo, lo que le confiere una gran adaptación, se cuenta con un método de diagnóstico rápido y preciso del agente causal de esta enfermedad, así como resultados de efectividad de productos biológicos que representan una opción viable para el manejo preventivo de *K. zonata,* los cuales se pueden implementar de manera inmediata en los procesos de establecimiento de nuevas plantaciones de teca. Sin embargo, faltan muchos aspectos por investigar y conocer de esta enfermedad, por lo que las empresas y productores plantadores de teca deben poner atención en este patógeno, e invertir tiempo y recursos para conocer más sobre esta enfermedad. En el laboratorio GeMBio del CICY, seguimos trabajando para tener mayor información que nos permita entender mejor la enfermedad y tener más alternativas para el manejo de la pudrición de cuello y raíz en teca causada por *Kretzschmaria zonata*.

Referencias

Cibrián Tovar, D.; Pérez Vera, O.A.; García Díaz, S.E.; Medel Ortiz, R.; Cibrián Tovar, J. *Kretzschmaria zonata* (Lév.) PMD Martin, causante de la pudrición del cuello y la raíz de teca. Rev. Mex. Cienc. For. 2014, 5, 110-118. https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i25.307

Magaña-Álvarez, A.; Quijano-Ramayo, A.; Nexticapan-Garcéz, A.; Cibrián-Tovar, J.; Guardia-Chalé, S.; Sánchez-Rodríguez, Y.; Cortés-Velázquez, A.; Valencia-Yah, T.; Martín-Mex, R.; Ortega-Ramírez, M.E.; Pérez-Brito, D. Design of Species-Specific Primers for Early Detection of *Kretzschmaria zonata*, the Causal Agent of Root and Neck Rot of Teak (*Tectona grandis*). Forests 2022, 13, 1175. https://doi.org/10.3390/f13081175

Rogers, J. D, and Ju, Y. M. 1998. The genus *Kretzschmaria*. Mycotaxon 68:345.

CRÉDITOS

Fotografías : Portada e interiores: Gerencia de Sanidad Forestal

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Sectorial Conacyt-Conafor Proyecto: 2017-3-292434. Evaluación de estrategias de manejo de la enfermedad de cuello y raíz causada por *Kretzschmaria zonata* en Teca (*Tectona grandis*) en el trópico y subtrópico de México.

A la empresa Bienes Ecoforestales SPR de RL, por las facilidades otorgadas para realizar diferentes evaluaciones en su plantación de teca.

Al personal técnico de la Gerencia de Sanidad Forestal, por su apoyo en la elaboración de los contenidos e imágenes que conforman este número.

El contenido de esta publicación digital fue generada por la Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología de la Unidad de Educación y Desarrollo Tecnológico, en la Coordinación General de Producción y Productividad.