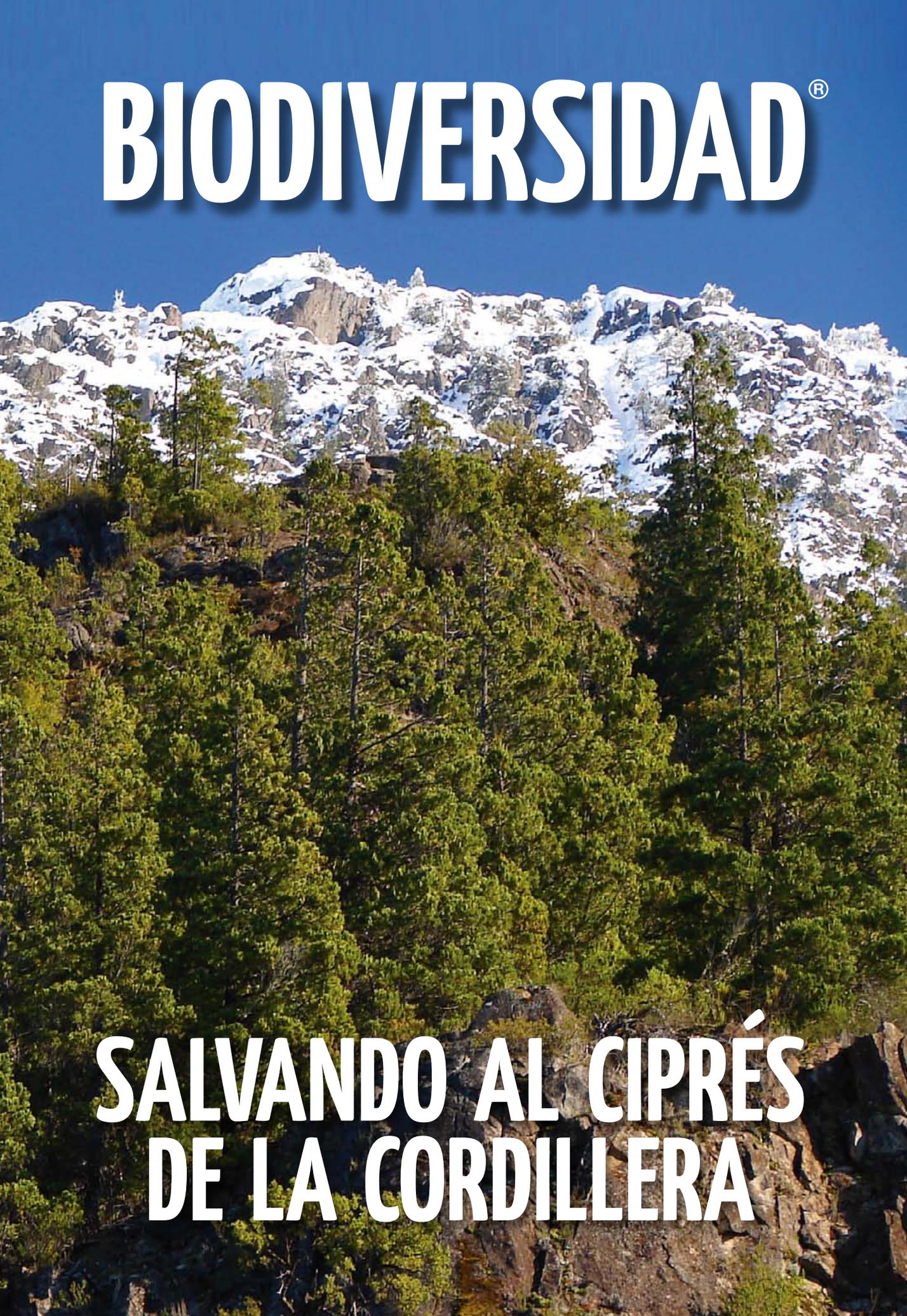


# **BIODIVERSIDAD<sup>®</sup>**



**SALVANDO AL CIPRÉS  
DE LA CORDILLERA**



### Dra. Alina G. Greslebin

Doctora en Biología, docente de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco e investigadora del CONICET en el Centro de Investigaciones Esquel de Montaña y Estepa Patagónica (CIEMEP). Hizo su tesis doctoral en hongos degradadores del bosque andino patagónico. Desde su postdoctorado se encuentra trabajando con la enfermedad conocida como "mal del ciprés". Sus principales temas de interés son la ecología de hongos y la fitopatología.



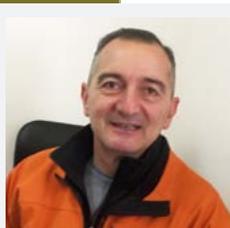
### Dra. María Laura Vélez

Licenciada en Bioquímica de la Universidad Nacional de Córdoba, realizó su tesis doctoral en temas relacionados a la endocrinología. Estudió la acción de endotoxinas bacterianas sobre la función tiroidea. Trabaja en el Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, con enfermedades forestales causadas por el género *Phytophthora*, estudiando la interacción planta-patógeno. Investiga el diseño de posibles estrategias de control.



### Dra. Ludmila La Manna

Bióloga, docente, investigadora del CONICET y del Centro de Estudios Ambientales Integrados de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Investiga sobre suelos forestales: suelos volcánicos, factores abióticos en relación a plagas y enfermedades forestales, efectos del uso de la tierra (forestaciones, uso ganadero) sobre el suelo y la erosión.



### Ingeniero Forestal Oscar A. Troncoso

Ingeniero Forestal graduado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, finalizando el doctorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Naturales de la misma Universidad. Docente-Investigador de la Facultad de Ingeniería Sede Esquel. Director del Instituto de Biotecnología Esquel (INBIES) Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.



### Dr. Jorge Ariel Marfetan

Licenciado en Biotecnología y Doctor en Ciencias Básicas y Aplicadas. Investigó los hongos asociados con hormigas cortadoras de hojas y desarrolló una forma de utilizarlos para estrategias de control biológico. Actualmente investiga en el CIEFAP sobre la utilización de microorganismos, tanto hongos como bacterias, y fitohormonas para controlar el mal del ciprés en Patagonia.



### Ingeniero Forestal Leonardo E. Taccari

Ingeniero Forestal de la Universidad Nacional de la Patagonia. Director del Laboratorio de Semillas del INBIES. Actualmente está desarrollando los protocolos de micro y macropropagación para Ciprés de la cordillera como método de restauración de bosques afectados por *phytophthora austrocedrus* en el marco de su tesis doctoral.



## EDITORIAL

Nuestros bosques patagónicos, que visten las laderas de las montañas y reflejan su esplendor en lagos de frías aguas brindando una postal única, al parecer no se encuentran exentos de la mirada atenta de los investigadores. El ciprés de la cordillera, la conífera de mayor rango de distribución en Argentina, se encuentra bajo lupa debido a una enfermedad que pone en riesgo a la especie y genera mucha inquietud para los amantes de los bosques nativos en particular y de la naturaleza en general. Paso a paso en este tomo de BIODIVERSIDAD iremos descubriendo con los investigadores cómo lograron identificar al agente causante de la enfermedad y las acciones que desarrollan junto con la FUNDACIÓN BOSQUES NATIVOS ARGENTINOS PARA LA BIODIVERSIDAD para lograr curar al ciprés de la cordillera y poder mejorar la calidad de nuestros bosques patagónicos y los servicios ecosistémicos que nos brindan.

*Dr. Nahuel F. Schenone*

## SUMARIO



Entrevista a la Dra. Alina Greslebin

Página 2



### Entrevistas

Dra. Vélez  
Dra. La Manna  
Ing. Ftal. Troncoso  
Dr. Marfetan  
Ing. Ftal. Taccari

Página 10



### El Mal del Ciprés

Informe Especial

Página 14



### Tratamiento

Neutralizando al patógeno causante de la enfermedad

Página 17



### El CIAR

Centro de Investigaciones Antonia Ramos

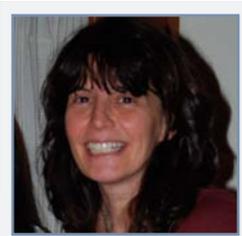
Página 20



# EL CIPRÉS DE LA CORDILLERA



Es la conífera de mayor rango de distribución geográfica de Argentina, que va desde el extremo norte en las cercanías del pueblo de Huingan-có al Norte de la provincia de Neuquén, hasta el extremo sur en los alrededores del pueblo de Corcovado, provincia del Chubut.



## Entrevista a la Dra. Alina Greslebin CONICET - UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SJB

• ¿El Ciprés de la Cordillera es un árbol nativo argentino?

El ciprés de la cordillera es un árbol nativo y endémico del sur de Argentina y Chile. Es la única especie en su género (*Austrocedrus*, que quiere decir “Cedro austral”, “cedro del sur”). Perteneció a la familia Cupressaceae.

Actualmente, el estado de conservación de esta conífera es vulnerable según UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), y se encuentra en la Lista Roja del Sistema de Información de Biodiversidad (SIB).

• ¿En qué zonas se encuentra y qué características tiene?

En Argentina los bosques más desarrollados se encuentran entre los 39° 30' y los 43° 35' de latitud

Sur, aunque está presente hasta los 37° 7' S al norte de Neuquén en forma de bosquetes aislados. En Chile los bosques más desarrollados se encuentran entre los 34° 45' y los 38° de latitud Sur. Es la conífera de mayor rango de distribución geográfica de Argentina, que va desde el extremo norte en las cercanías del pueblo de Huingan-có, al Norte de la provincia de Neuquén, hasta el extremo sur en los alrededores del pueblo de Corcovado, provincia del Chubut.

La superficie de bosques de esta especie en el país alcanza unas 141.000 ha.

Se caracteriza por tener una copa cónica muy compacta y tronco recto con corteza rugosa y grisácea. Pueden alcanzar gran tamaño, con una altura que oscila entre los 20 y 25 m y un diámetro comúnmente de 30 a 50 cm pero que puede ser mayor. Las raíces pueden extenderse largos trechos, proporcionándole gran capacidad de sostén, por lo que esta especie puede crecer en zonas muy empinadas y rocosas.

Es una de las especies endémicas, emblemáticas de los bosques patagónicos argentinos, tiene gran importancia ecológica ya que es la especie de árbol que más ingresa en la estepa junto con la araucaria (*Araucaria araucana*), donde conforma bosquetes que constituyen refugios para la fauna y defensa contra la desertificación.

En cuanto a su valor económico, constituye la segunda especie nativa en importancia forestal luego de la lenga (*Nothofagus pumilio*) gracias su madera de alta calidad y la forma recta de sus troncos.

Durante el proceso de colonización de la región andina, los asentamientos humanos se fueron ubicando en valles productivos cuyas laderas se encuentran cubiertas en gran parte por bosques de ciprés, que proporcionaban madera de buena calidad para la construcción de viviendas y leña.

La superficie ocupada por el ciprés se ha visto reducida en los últimos 100 años por distintos factores, en general de origen antrópico. Los incendios forestales y el uso ganadero posterior, que restringe la regeneración del bosque, han sido históricamente la causa principal, a la que se sumaba la explotación maderera sin planificación ni silvicultura. A estas amenazas se ha sumado un grave problema sanitario que produce la

muerte masiva de los árboles de ciprés de la cordillera y que ha sido denominado “mal del ciprés”.

• ¿Qué es el Mal del Ciprés? Cuándo empieza a “atacar”?

El “mal de ciprés” es una enfermedad forestal registrada en bosques de Ciprés de la Cordillera en Isla Victoria, Parque Nacional Nahuel Huapi, en la década del '40. Para la década del '50 ya había sido registrada fuera de la Isla, en la zona de Epuyén (Chubut) y El Bolsón (Río Negro) y, posteriormente, en distintos lugares de la Patagonia. A la fecha esta mortalidad se encuentra presente en casi toda el área de distribución del Ciprés. Se ha registrado desde la zona de San Martín de los Andes (Neuquén) hasta el límite sur de la distribución (Corcovado, Chubut).

Este problema sanitario se caracteriza por la muerte de las raíces, que ocasiona el amarillamiento y la caída del follaje. Culmina con la muerte del árbol en pie o la caída del mismo, incluso estando aún vivo: al morir sus raíces, su anclaje al suelo se debilita y son más susceptibles al volteo por viento o por nieve.

A pesar de que fue objeto de varios estudios, la causa de esta mortalidad permaneció sin resolverse por más de 60 años. La posibilidad de que un patógeno de las



Inicialmente se describió la sintomatología y se concluyó que la afección aparentemente se iniciaba en las raíces, existiendo factores de sitio que favorecían el desarrollo.

raíces fuera el causante había sido mencionado como una hipótesis plausible en varias oportunidades pero, a pesar de los intentos, durante muchos años no pudo hallarse el agente causal.

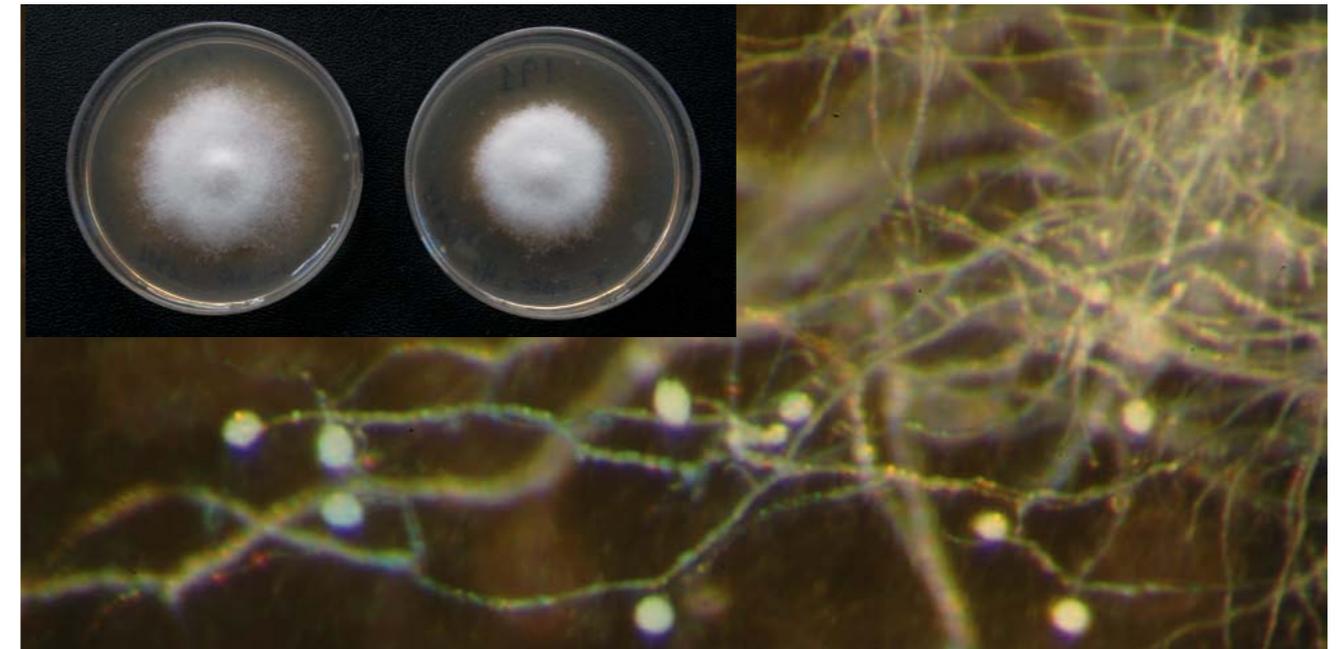
• ¿Cuáles fueron los distintos enfoques de los investigadores para encontrar el causante del Mal?

Desde la detección de la enfermedad se realizaron numerosos estudios para determinar sus causas, que incluyeron la búsqueda de un agente etiológico y la caracterización de los factores abióticos relacionados. Investigadores de distintas universidades y centros de investigación se han ocupado de este tema: Universidad de La Plata (UNLP), Universidad del Comahue (UNComa), Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), Universidad Estatal de Oregon (OSU, EEUU), Universidad Nacional de la Patagonia (UNPSJB), entre otros.

Inicialmente se describió la sintomatología y se concluyó que la afección aparentemente se iniciaba en las raíces, existiendo factores de sitio que favorecían el

desarrollo. También se estudió la distribución espacial de los individuos mostrando que se disponían de forma agregada, lo que sugiere un proceso de contagio, y que las condiciones ambientales, especialmente aquellas relacionadas a una alta humedad del suelo, tienen una asociación evidente con la aparición de la enfermedad y la distribución de los árboles enfermos. Se estudiaron las pudriciones que se desarrollan en las raíces y en la base del tronco de los árboles enfermos y se concluyó que estas no eran las causantes de la enfermedad sino que tendrían una acción secundaria, atacando una vez que los tejidos han muerto por otra causa. En todo ese proceso distintos autores sugirieron que la enfermedad podría estar causada por un patógeno primario del tipo pitiáceo (*Phytophthora* o *Pythium*, mohos acuáticos entre los que se encuentran patógenos vegetales muy importantes), ya que tanto la sintomatología como las condiciones ambientales relacionadas eran concordantes con este tipo de organismo.

Por tal motivo se estudiaron las especies de *Phytophthora* y *Pythium* presentes en el suelo y los cursos de agua de rodales de ciprés enfermos.



• ¿Tuviste alguna percepción especial para orientar tu búsqueda del causante?

Mi propósito era testear la hipótesis de que la enfermedad estaba causada por un patógeno primario del tipo pitiáceo (*Phytophthora* o *Pythium*). *Phytophthora* era la principal candidata ya que en este género se encuentran gran parte de los principales patógenos vegetales del mundo. Por supuesto que tenía una gran ilusión de poder dar con el patógeno y resolver por fin la causa de este problema pero la hipótesis era previa al inicio de mi trabajo, era una idea sugerida por distintos autores y concordante con las condiciones ambientales en las que se desarrollaba principalmente la enfermedad.

• ¿Qué procesos desarrollaste en la búsqueda del Mal causante ?

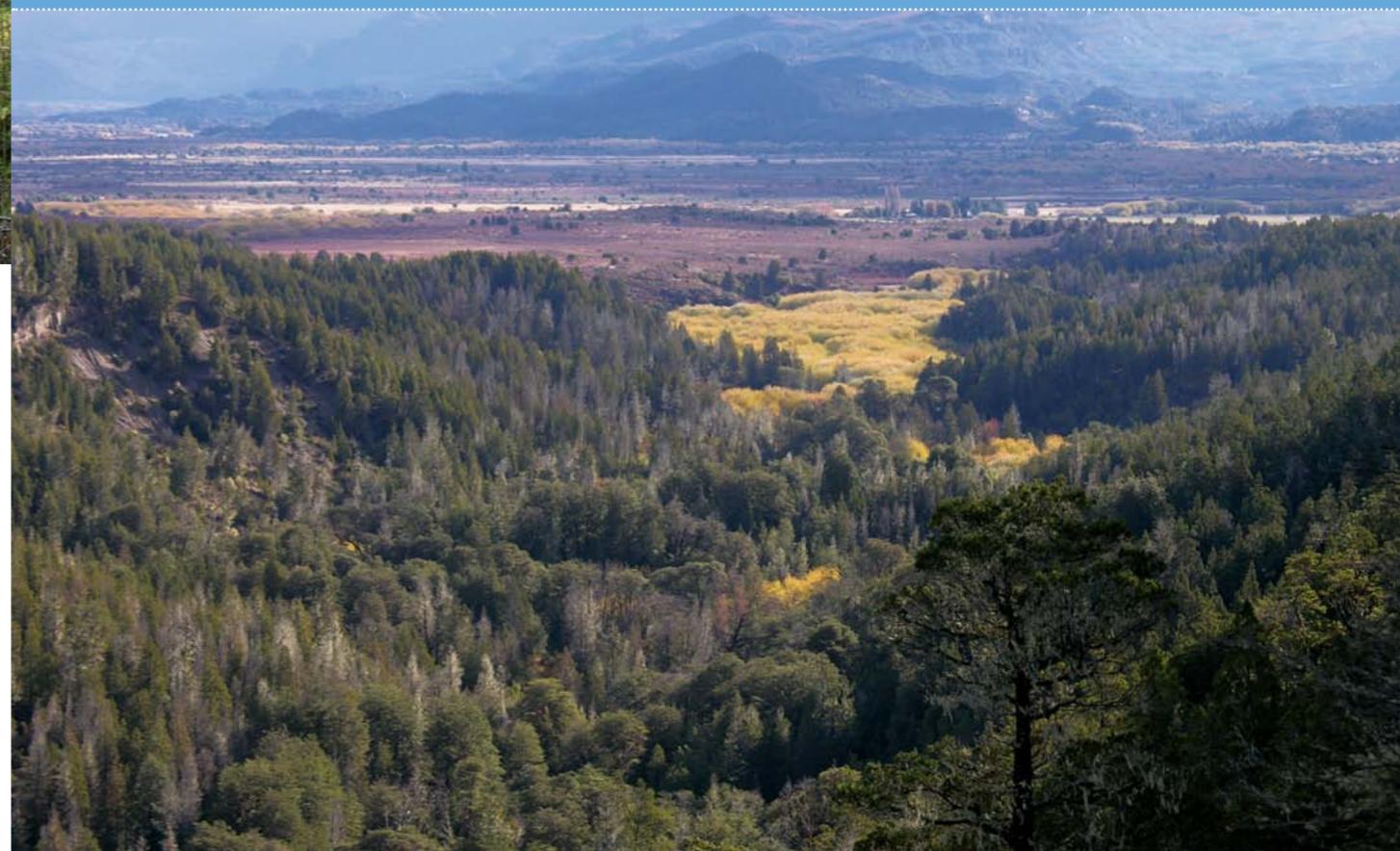
Buscábamos las especies de *Phytophthora* y *Pythium* presentes en los bosques afectados para compararlas con los bosques sanos, con la esperanza de hallar al patógeno pero principalmente centramos la búsqueda en los tejidos del árbol, intentando hallar al patógeno en los tejidos muertos en las raíces afectadas y de la base del tronco. En el suelo viven muchos organismos, muchos de ellos son pitiáceos, pero sólo los patógenos pueden estar en los tejidos afectados. Por eso era tan importante lograr aislar algún organismo de los tejidos. En ese período viajé a Estados Unidos a realizar una pasantía en la Universidad de Oregon (OSU), en el laboratorio de Everett Hansen, quien es

Mi propósito era testear la hipótesis de que la enfermedad estaba causada por un patógeno primario. *Phytophthora* era la principal candidata ya que en este género se encuentran gran parte de los principales patógenos vegetales del mundo.





El hallar el patógeno no fue un fin o una meta, sino el inicio de un camino de estudio para comprender la enfermedad y así poder controlarla.



uno de los principales especialistas en la temática *Phytophthora* en bosques. Allí tuve la oportunidad de capacitarme y establecer un vínculo de colaboración, que continuó con la visita de Everett Hansen a Esquel. En conjunto con este especialista volvimos a intentar aislar el patógeno de los tejidos del árbol. Luego de muchos intentos infructuosos, y cuando estábamos a punto de descartar a *Phytophthora* como el causante de la enfermedad, un análisis del ADN presente en los tejidos muertos reveló la presencia en los mismos de una especie de *Phytophthora* desconocida para la ciencia. A partir de este hallazgo redoblé los esfuerzos para aislar el patógeno, intentando otras técnicas, otros medios de cultivo, probando nuevas formas, etc. Finalmente logramos aislar una especie nueva para la ciencia, *Phytophthora austrocedri* Greslebin & EM Hansen, a partir de los tejidos muertos de las

raíces, el cuello y el fuste de los individuos afectados. Posteriormente, realizamos estudios de patogenicidad, que demostraron que esta especie es altamente patógena para el ciprés y que es la causante primaria de la enfermedad.

• ¿Cómo fue el momento concreto del descubrimiento y qué sentiste?

Fue de una gran emoción. Recuerdo que cuando tuvo los resultados del análisis de ADN Everett me llamó por teléfono desde Estados Unidos, estaba tan emocionado que no quería contarme por e-mail, quería contármelo personalmente. Cuando por fin pude aislarlo fue increíble. Verlo aparecer en las placas de Petri, saliendo de los pedacitos de tejido de ciprés. Luego de años de mucho trabajo con muy pocos resultados,



Finalmente logramos aislar una especie nueva para la ciencia, *Phytophthora austrocedri*, a partir de los tejidos muertos de individuos afectados. Posteriormente, realizamos estudios de patogenicidad, que demostraron que esta especie es altamente patógena para el ciprés.

de trabajar con cientos de aislamientos, finalmente le veía la cara al patógeno. Cuando finalmente lo tuvimos entendí muchas de las dificultades y por qué no se había encontrado antes: es un organismo muy difícil de aislar, con crecimiento muy lento y muy sensible a la temperatura. Es probable que, sin la ayuda de las técnicas moleculares, habría llevado mucho más tiempo hallarlo.

• ¿Cómo fueron los pasos siguientes luego que confirmaras que *Phytophthora austrocedri* era la causante del Mal del Ciprés ?

Una cosa interesante fue la sensación que tuve al hallar el patógeno, en lugar de sentirlo como un fin,

como una llegada a una meta, lo sentí como el inicio de un camino. Conocer la causa en realidad no daba ninguna solución pero marcaba un camino a seguir para lograrla. El primer paso fue definir los aspectos que deberían investigarse de forma prioritaria para poder entender la enfermedad en vistas a avanzar en su control. También fue necesario armar un equipo de trabajo ya que los temas eran muchos y era imposible abarcarlos sola. Así formamos equipo con Laura Vélez, una gran compañera con quien desarrollamos distintas líneas a partir de la incorporación de becarios y cooperaciones con otras instituciones.

• ¿Qué repercusiones generó el descubrimiento en Argentina y en otros países relacionados al tema ?



Se hizo una caracterización química de la resina que produce el Ciprés en respuesta al ataque de *Phytophthora austrocedri* y se pudo observar que esta resina es químicamente distinta a la resina normal de árboles sanos y que algunos de los compuestos diferenciales disminuyen o inhiben el crecimiento del patógeno.

Generó interés de otros científicos que trabajan en el tema, especialmente luego de que la misma especie fue hallada en Reino Unido causando la mortalidad de la especie nativa *Juniperus communis*. De hecho en 2014 se celebró en Esquel un congreso internacional de especialistas que se dedican al estudio del patógeno *Phytophthora*. Este congreso se organiza regularmente patrocinado por la Unión Internacional de Investigación Forestal (IUFRO, por sus siglas en inglés) y el tema es “*Phytophthora* en bosques y ecosistemas naturales”.

• ¿A partir de tu descubrimiento, qué líneas de investigación se desarrollaron para la cura del Mal del Ciprés ?

A partir de ello se abrió un amplio horizonte de investigaciones. Por fin había un camino que seguir. Conocer la causa nos permitía avanzar en investigaciones para encontrar posibles soluciones o formas de control.

El primer paso fue evaluar las áreas enfermas a lo largo de toda la distribución del ciprés para corroborar si en todos los casos eran atribuibles al ataque de *Phytophthora austrocedri*. Este relevamiento permitió discriminar otro tipo de mortalidad, mucho menos frecuente, que no involucra afección de las raíces sino solamente de la copa. A partir de este relevamiento se obtuvieron aislamientos del patógeno de toda el área de distribución para realizar un análisis de la diversidad genética del mismo con el fin de determinar si se trataba de un patógeno exótico o nativo de la Patagonia. Esta información resulta esencial para definir estrategias de control ya que las acciones son totalmente distintas en uno u otro caso. En el caso de un patógeno exótico las acciones de control deben centrarse principalmente en restringir su dispersión y evitar su ingreso a los sitios sanos mientras que en el caso de un patógeno nativo esto no tendría sentido. Los estudios mostraron que se trataba de un patógeno exótico.

También se hicieron estudios sobre las condiciones ambientales que le resultan favorables al patógeno y con esa información se construyeron mapas de riesgo que permiten determinar cuáles son las áreas sanas con mayor y menor riesgo de sufrir la enfermedad.

Esta información también es fundamental para definir acciones de prevención y áreas de conservación. Mientras tanto también se realizaban investigaciones para entender la enfermedad, qué le causa al árbol y cómo éste se defiende. En esta línea se caracterizaron las alteraciones fisiológicas que produce la enfermedad en el árbol desde su inicio y se realizaron estudios histológicos y anatómicos de los tejidos afectados para determinar cómo se desarrolla el patógeno en el árbol, los daños que causa, y aspectos relacionados a la respuesta defensiva del árbol.

En ese sentido también se hizo una caracterización química de la resina que produce el Ciprés en respuesta al ataque de *Phytophthora austrocedri* y se pudo observar que esta resina es químicamente distinta a la resina normal de árboles sanos y que algunos de los compuestos diferenciales tienen acción fungistática (disminuyen o inhiben el crecimiento) sobre *P. austrocedri*.

Otro aspecto investigado, con relación directa al control, fue la posibilidad de realizar control químico de la enfermedad. Para ello se evaluó la eficacia de algunos fungicidas sistémicos para controlar al patógeno en el árbol. Los químicos elegidos son de muy baja toxicidad, inocuos para el ambiente y las personas, y además pueden ser administrados por inyecciones en el tronco del árbol de manera tal de no liberar ningún

químico al ambiente. Dos de los fungicidas testeados mostraron buen desempeño como preventivos de la enfermedad y son buenos candidatos para proteger a los árboles sanos

• ¿ Se dispone ya de un tratamiento -ambientalmente sustentable y económicamente viable- para prevenir el Mal y/o curar los cipreses ya atacados por la *Phytophthora*?

El tratamiento preventivo con fungicidas sistémicos es efectivo y ambientalmente sustentable pero no es económicamente viable a escala del bosque de ciprés en su totalidad. Sí constituye una muy buena alternativa para tratamientos locales. Por ejemplo para proteger individuos de valor singular, para proteger sectores de especial valor para la conservación o para tratar sectores sanos que puedan constituir “barreras” para la dispersión.

• ¿Frente a este tema en general cuál es tu sensación como científica y argentina ?

Me siento orgullosa de haber sido parte del trabajo y de haber contribuido a resolver la gran incógnita sobre el origen de esta enfermedad. También me siento muy satisfecha en cuanto a los avances en el conocimiento y entendimiento de la enfermedad producidos por todo el maravilloso equipo que se ha formado en torno a este tema. También me encuentro esperanzada, y expectante, en cuanto a que la información producida hasta el momento sea utilizada por las autoridades de aplicación para que se traduzca en acciones concretas para la protección de los bosques de ciprés.





Dra. María Laura Vélez  
CONICET - CIEFAP



Dra. Ludmila La Manna  
CONICET - Universidad Nacional de la Patagonia SJB

- ¿Por qué afirman que el patógeno es exótico?
- ¿Se conoce su origen?

Se han realizado estudios comparando el ADN de aislamientos de distintas poblaciones del patógeno de toda el área de distribución del ciprés, y se demostró que se trata de una única población con muy poca diversidad genética, representando prácticamente un clon. Es decir, no hay poblaciones identificadas que correspondan a un determinado lugar, sino que todos los aislamientos se parecen mucho entre sí independientemente del sitio de donde provengan. Esto nos indica que el organismo ha sido introducido a la Patagonia: si el patógeno fuera nativo se esperaría una mayor variabilidad genética, dado que tuvo más tiempo para evolucionar y cambiar, existiendo poblaciones identificables dentro de la población general.

La mortalidad del ciprés de la Cordillera fue detectada por primera vez en la Isla Victoria, Neuquén, en el año 1948. El avance de la enfermedad es característico de un patógeno introducido que ha encontrado un hospedante muy susceptible. En la Isla Victoria se introdujeron numerosas especies leñosas provenientes

de distintos continentes, especialmente durante los años 1920 y 1930. Hipotetizamos que *P. austrocedri* fue introducida en plantas con suelo infectado y que de allí ha pasado a afectar al ciprés. Esto ocurre más frecuentemente observado entre especies de árboles emparentadas. En este sentido, se sabe que al menos 9 especies de coníferas fueron introducidas a Isla Victoria relacionadas al ciprés.

Hasta el día de hoy desconocemos su sitio de origen. Si bien el patógeno fue detectado en Reino Unido causando mortalidad en enebros (*Juniperus communis*), su introducción en Europa podría ser más reciente. Los sitios de origen de coníferas relacionadas al ciprés de la cordillera y al enebro serían buenas áreas para realizar una prospección de *P. austrocedri* y determinar el lugar de origen del patógeno. Esta misma situación es común para otras *Phytophthora*. Por ejemplo, *P. lateralis*, un patógeno de *Chamaecyparis lawsoniana* en Norte América, fue encontrado afectado una *Chamaecyparis* nativa de Taiwán. Así es como se postula que el origen de este patógeno sería Taiwán. Más investigaciones son necesarias para determinar el sitio de origen de *P. austrocedri*.

- ¿Qué nos dicen las condiciones de sitio sobre el Mal del Ciprés?

Los factores de sitio (la ubicación en el paisaje, la topografía, el suelo) pueden ser determinantes en la aparición y el desarrollo de una enfermedad forestal. Por ejemplo, la mortalidad del ciprés es beneficiada en aquellos sitios que faciliten la dispersión del patógeno. Como *Phytophthora austrocedri* tiene esporas flageladas, que requieren de un medio acuoso para dispersarse, los cursos de agua y los suelos mal drenados facilitan la propagación de la enfermedad. Así, los bosques cercanos a cursos de agua, en áreas de pendientes suaves y con suelos de texturas muy finas que impiden un buen drenaje, van a ser los que más probabilidad tengan de que la enfermedad prospere.

- ¿Para qué sirven los mapas de riesgo?

Los modelos de riesgo permiten cuantificar la probabilidad de que un bosque presente síntomas de una enfermedad de acuerdo a las condiciones del sitio donde se ubica. En el caso del Mal del ciprés, los modelos de riesgo se basan en las variables de sitio que favorecen a *Phytophthora* (distancia a cursos de agua, pendiente, tipo de suelo, etc.). Conociendo estas

variables se puede predecir la probabilidad o riesgo de que el bosque se enferme, es decir, el riesgo. Cuando la información de las condiciones de sitio es volcada en mapas y combinada, de acuerdo al modelo de riesgo, se generan mapas de riesgo. Estos mapas permiten visualizar y predecir la probabilidad que tiene un bosque de presentar la enfermedad, en función de su ubicación geográfica. Estos mapas son una herramienta fundamental para el manejo de los bosques.





Ing. Ftal. Oscar A. Troncoso  
Universidad Nacional de la Patagonia SJB

• ¿Qué es la histopatología y cuál es su utilidad en el caso del Mal del Ciprés?

La histopatología es el estudio de tejidos enfermos ya sea con fines de diagnóstico o de investigación. En el caso de mal del ciprés, estudios histopatológicos de los tejidos afectados por *Phytophthora austrocedri* nos han permitido entender cómo es el mecanismo del patógeno dentro del árbol, qué tejidos ataca primero, cómo se mueve para pasar de un tejido a otro, qué daños causa, etc. Pero también permitió conocer la respuesta del árbol: qué le sucede a las células del árbol ante el ataque del patógeno, cómo reaccionan, qué mecanismos de defensa se ponen en acción. Esta información es útil para entender la enfermedad y sus síntomas externos y, fundamentalmente, es útil para entender cómo se defiende el árbol y cuáles podrían ser los puntos débiles del patógeno que podrían ser susceptibles a una respuesta defensiva o a un agente de control exógeno. Toda esta información resulta muy valiosa para avanzar en el control de la enfermedad.



Dr. Jorge Ariel Marfetan  
CONICET - CIEFAP

• ¿Qué se sabe sobre control biológico del Mal del Ciprés?

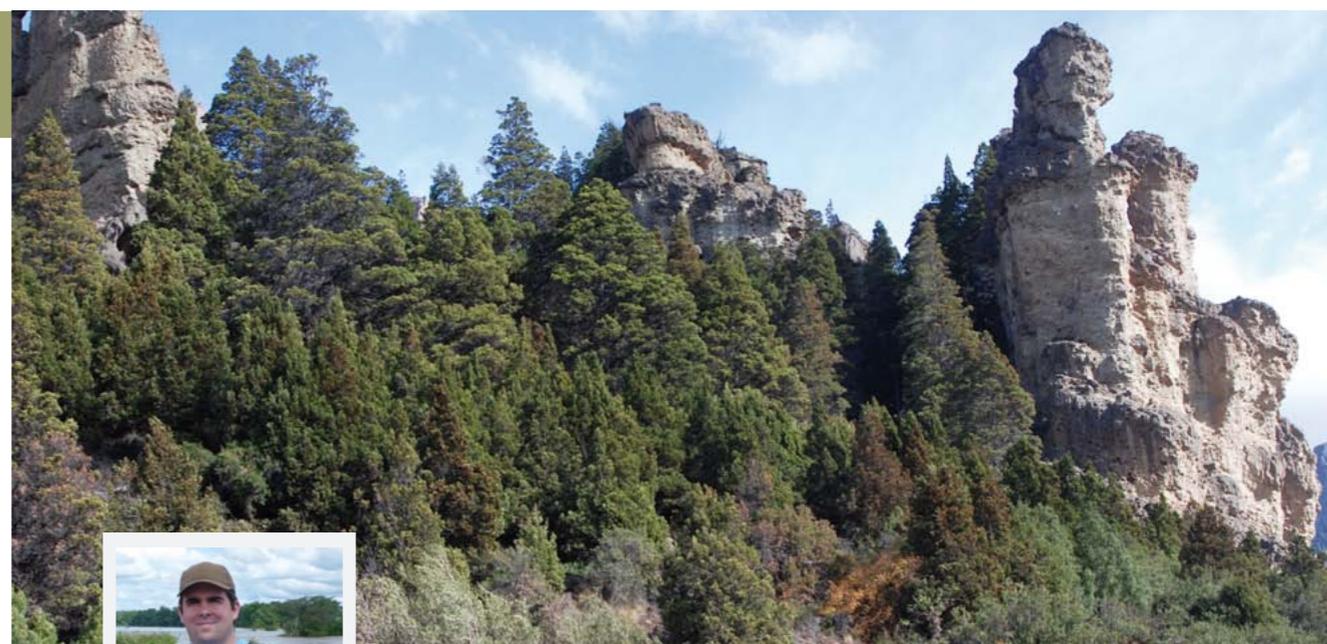
Actualmente se sabe que algunos compuestos químicos como el Metalaxil y el Fosetil-Al son capaces de bajar el impacto de la enfermedad pero suelen ser costosos, en especial si hablamos de bosques nativos de ciprés. En diversos sistemas, como el control de insectos y el control de hongos contaminantes o fitopatógenos, se han utilizados cepas de microorganismos, los cuales contrarrestan el patógeno o plaga en cuestión, con muy buenos resultados. Es por esto que se pensó en la utilización del control biológico como una estrategia alternativa y ecológica al uso de químicos control contra *Phytophthora*.

• ¿Por qué investigar sobre control biológico del Mal del Ciprés?

Dado el alto impacto que tiene el Mal del ciprés en nuestra región, un método para controlar la enfermedad se vuelve totalmente necesario. Nuestro objetivo es utilizar microorganismos que crecen normalmente en los bosques de ciprés (para no introducir ningún organismo extraño al ecosistema). Para esto lo primero que hacemos es aislarlos, probar su capacidad biocontroladora contra *Phytophthora*, luego hacerlos crecer en cantidad para luego inocular las plantas sanas (y aquellas que serán plantadas para reforestar los bosques).

• ¿Creés que sería posible el control biológico del Mal del Ciprés?

Lo bueno es que hasta el momento hemos logrado encontrar 11 microorganismos (hongos y bacterias) que tienen potencial para contrarrestar la enfermedad y hacen que el patógeno no pueda infectar a la planta.



Ing. Ftal. Leonardo Taccari  
Universidad Nacional de la Patagonia SJB

• ¿Por qué resulta importante conocer la forma de reproducir agámicamente el ciprés de la cordillera?

• ¿Cuál es la relación con el Mal del ciprés?

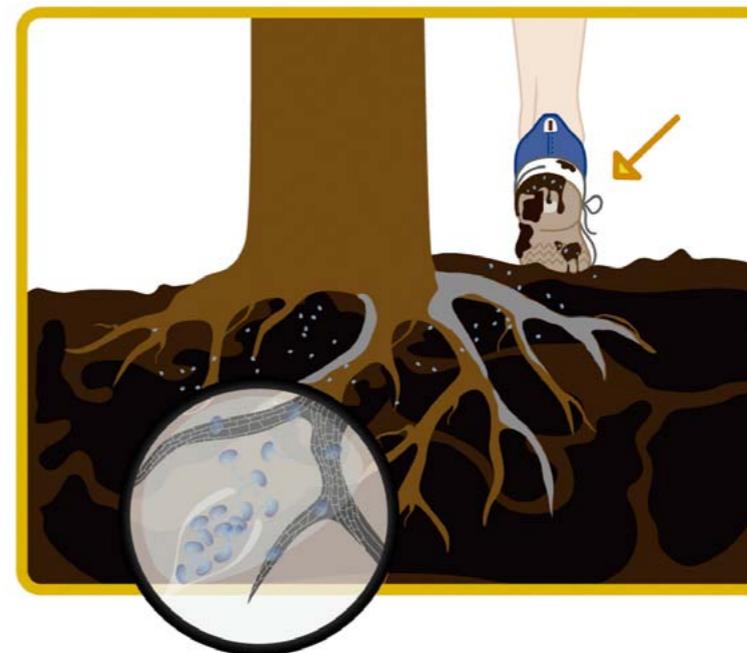
Las especies vegetales habitualmente se reproducen de forma sexual. Esto quiere decir que luego de la polinización, si esta tuvo éxito, se desarrollará una semilla que germinará cuando las condiciones sean las adecuadas. Otra forma menos habitual en la naturaleza, sobre todo cuando hablamos de coníferas como el ciprés, es la reproducción asexual, que sucede cuando alguna porción de la planta logra desarrollarse y generar un nuevo individuo completo. A diferencia de la reproducción sexual, este individuo es completamente igual a aquel que le dio origen, mientras que en la reproducción sexual hay combinación genética y el nuevo individuo lleva consigo características de ambos progenitores.

Hay casos en los que es necesario reproducir fielmente las características de un individuo, por ejemplo cuando se pretende obtener alguna característica particular de un árbol como el crecimiento, la disposición de las ramas, el color de las flores, la resistencia a una enfermedad, la tolerancia a condiciones climáticas adversas, etc. En el caso de control de enfermedades

que afectan grandes superficies, donde resulta imposible utilizar métodos de control químico u otro, la resistencia genética es la mejor opción. En estas circunstancias, la propagación asexual o agámica representa la mejor opción de propagación.

En el caso puntual de la enfermedad que afecta al ciprés de la Cordillera, se busca en el bosque aquellos árboles que puedan presentar algún tipo de tolerancia o resistencia al ataque de *Phytophthora* y, en vez de obtener semillas, de las cuales muchas podrían no ser tolerantes debido a la recombinación genética, se obtienen individuos idénticos a aquel que le dio origen, así tendremos clones resistentes al patógeno, que pueden ser reintroducidos al bosque nativo.

La reproducción agámica se puede llevar a cabo de varias maneras: a través de la obtención de estacas o a partir de una pequeña porción de tejido vegetal, las que se introducen en un recipiente estéril y un medio de cultivo que le proporciona los nutrientes y hormonas necesarios para que esa porción desarrolle un nuevo individuo completo. Las condiciones ambientales, nutricionales y hormonales depende de cada una de las especies, por lo que es fundamental conocerlas para lograr el éxito de su propagación, en este caso particular las del ciprés.



# EL MAL DEL CIPRÉS



En períodos húmedos hay gran cantidad de zoosporas en el suelo y podemos trasladarlas de un lugar a otro en el barro adherido a zapatos, rueda de los vehículos, herramientas, etc

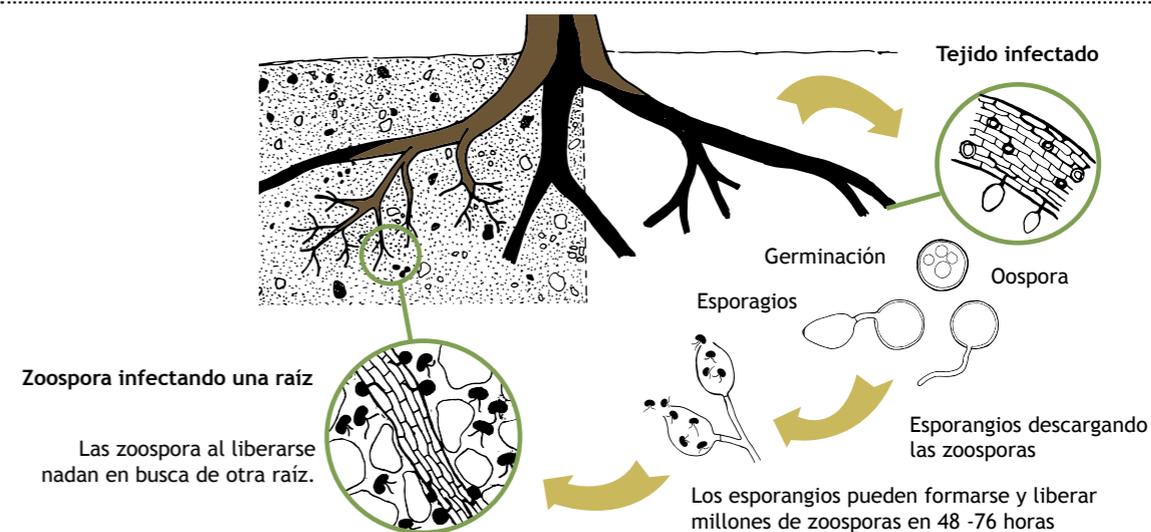
El Mal del Ciprés constituye el problema sanitario más importante de la Patagonia Andina. Afecta al árbol nativo *Austrocedrus chilensis* o ciprés de la Cordillera, especie endémica del sur de Argentina y Chile de gran valor ecológico, económico y social. Esta enfermedad, que produce la declinación y muerte de los árboles, está causada por un patógeno introducido: *Phytophthora austrocedri*. El primer síntoma externo es el cambio de coloración y el marchitamiento del follaje, ocasionado por el ataque del patógeno a las raíces y tejidos de conducción del árbol que reduce o impide el transporte de agua y nutrientes. Se presenta principalmente en suelos con drenaje deficiente y/o que sufren

anegamiento en algún momento del año, porque son condiciones que favorecen la reproducción y dispersión del patógeno.

*Phytophthora* es un tipo de organismo que usualmente habita agua o cursos de agua, ya que se reproduce asexualmente por medio de esporas con flagelos que se desplazan, en suelos anegados y arroyos, para infectar otros árboles y diseminarse hacia otras áreas.

Etimológicamente *Phytophthora* (del griego *phyto*: planta, *phthora*: muerte, destrucción) significa “asesino de plantas”, nombre merecido ya que constituye uno de los principales patógenos vegetales del mundo.

## CICLO DE VIDA DEL PATÓGENO





## ¿QUÉ PODEMOS HACER PARA PROTEGER AL CIPRÉS?

### EVITAR LA DISPERSIÓN DE LA ENFERMEDAD



#### PROTEGER LOS BOSQUES SANOS:

- No trasladando suelo de sitios enfermos a sitios sanos.
- Evitando el ingreso de material vegetal contaminado en sitios sanos.



## TRATAMIENTO AL CIPRÉS

ESTAMOS DESARROLLANDO PRUEBAS PILOTO PARA CONSERVACIÓN - RESTAURACIÓN DEL CIPRÉS DE LA CORDILLERA, CON TRATAMIENTOS MUY ESPECÍFICOS EN ÁREAS AFECTADAS DE LA PROVINCIA DE CHUBUT

El proyecto comprende la aplicación de un fungicida que proteja los árboles sanos del patógeno causante del mal del ciprés. Para asegurar la incorporación del fungicida por parte de los árboles, la aplicación se realiza de modo local, es decir, colocándolo directamente sobre el tronco de los árboles a ser tratados. Si bien existen diversas metodologías, algunos autores hablan de “pintar los troncos” con el fungicida en una preparación muy concentrada y espesa, nosotros utilizamos la aplicación por inyección en el tronco. Las inyecciones garantizan la penetración del químico en el sistema de conducción de los árboles. Las inyecciones utilizadas fueron diseñadas exclusivamente para este fin: poseen la punta roscada, para asegurar que la inyección no se caiga durante la aplicación o que el químico no salga por el mismo agujero donde se encuentra la inyección, y el embolo

tiene un resorte de una dureza considerable, que garantiza que la aplicación sea del 100% del contenido de la inyección. Se debe aplicar una inyección cada 10-15 cms de circunferencia por árbol, es decir que en un árbol de 30 cms de circunferencia debemos aplicar 3 inyecciones. El tiempo de aplicación va desde los 30 minutos hasta las 2 o 3 horas, dependiendo del estado del árbol, ya que el químico debe fluir por los tejidos de conducción por los que el árbol lleva nutrientes a sus diversas partes. Un total de 100 árboles adultos sanos son protegidos de la enfermedad a través de este tratamiento preventivo.

Al mismo tiempo estamos reforestando un área muy afectada con plantas pre-tratadas químicamente de manera preventiva, para que tengan mayores probabilidades de supervivencia. En este caso, dado



que las plantas son muy jóvenes, con una circunferencia de 1 a 3 cms, la aplicación del fungicida se realiza por riego y no por inyección directa.

La acción del fosfito dura de 3 a 5 años en los árboles adultos por lo tanto se requiere de continuidad en el tratamiento. Nuestra idea es ampliar progresivamente el número de árboles y aumentar progresivamente los sectores replantados con árboles pre-tratados. Estamos trabajando para proteger árboles mientras estudiamos/investigamos como salvar al bosque.

El control de las enfermedades causadas por *Phytophthora* es al mismo tiempo complejo y dificultoso. Esto se debe a que el patógeno se encuentra en el suelo, donde persiste incluso en condiciones adversas, gracias a sus estructuras reproductivas de resistencia, llamadas oosporas, que están protegidas por paredes gruesas.

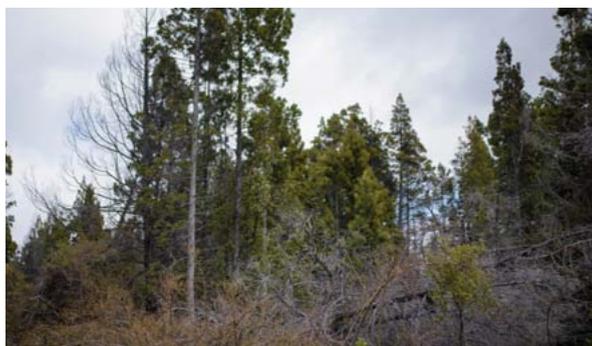
### EN ECOSISTEMAS NATURALES, COMO LOS BOSQUES, LAS ESTRATEGIAS DE CONTROL SE CONCENTRAN PRINCIPALMENTE EN:

- **Erradicación del patógeno:** posible sólo en casos de patógenos introducidos y sólo en una etapa muy incipiente de la invasión. En ese caso se extraen todos los individuos enfermos y todos los individuos susceptibles a la enfermedad alrededor del área afectada. Todo el material se quema para eliminar el inóculo. La erradicación de un patógeno es extremadamente difícil y prácticamente no existen casos exitosos de erradicación.
- **Control químico:** Se trata de la aplicación de fungicidas específicos para controlar al patógeno. Esto se puede hacer por fumigación o por aplicación directa

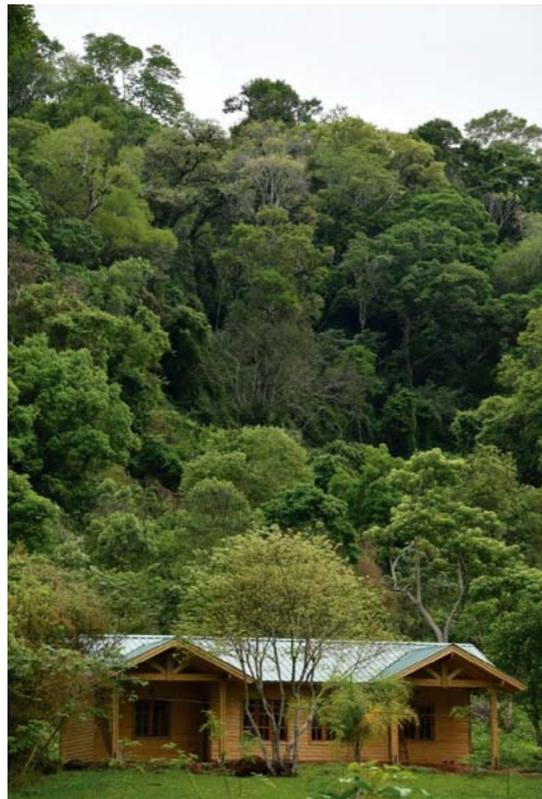
en el árbol (inyecciones o aplicación superficial). En ecosistemas naturales la aplicación por fumigación es infrecuente ya que, por la extensión de las superficies, resulta ineficiente en términos de costos y, además, podría acarrear efectos negativos o desequilibrios en el ecosistema, aún en casos de fungicidas de muy baja toxicidad. En árboles, la aplicación más frecuente es por inyecciones en el tronco, donde el químico se aplica directamente en el xilema (tejido que conduce el agua desde las raíces hacia la copa). El propio árbol absorbe el fungicida y la transporta hacia todos sus órganos. Para el control de *Phytophthora* uno de los químicos más utilizado es el fosfito (de potasio o de aluminio), que es un fungicida biodegradable no tóxico para las personas y los animales en las dosis utilizadas. El fosfito de potasio es un fertilizante común que, aplicado en dosis mayores, permite proteger a las plantas de las enfermedades causadas por *Phytophthora*. Este químico tiene una doble acción:

ejerce un efecto fungistático sobre el patógeno y activa las defensas naturales de la planta, permitiendo que los individuos susceptibles puedan sobrevivir en sitios afectados por la enfermedad. La aplicación de estos químicos no erradica la enfermedad pero ayuda a los árboles a sobrevivir mientras encontramos una solución permanente. Es importante acompañar estos tratamientos con medidas de prevención de dispersión de la enfermedad.

- **Resistencia genética:** Finalmente, las formas más eficaces de control consisten en obtener individuos capaces de resistir naturalmente la enfermedad. Ya sea por resistencia innata o inducida por algún tipo de tratamiento. Se están realizando investigaciones en este campo que esperamos arrojen resultados positivos. Hasta tanto, el control químico constituye la única estrategia viable, aunque aplicable a escala pequeña.



EL CONTROL DE LAS ENFERMEDADES CAUSADAS POR PHYTOPHTHORA ES AL MISMO TIEMPO COMPLEJO Y DIFÍCIL.



## CONSTRUIDO PARA APOYAR LAS INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS ARGENTINAS

El Centro de Investigaciones Antonia Ramos (CIAR), está ubicado en plena selva misionera, en zona cercana a Obera, en un área de más de 650 hectáreas donde se desarrolla un plan modelo de regeneración de bosque nativo y restauración de biodiversidad.

En el CIAR se realizan investigaciones en biología, microbiología, genética, ecología, botánica, zoología, entomología, tecnología ambiental, geología, hidrología, calidad del aire, calidad del agua, climatología y uso sustentable de la biodiversidad, entre otras.

El CIAR brinda capacitaciones en temas ambientales y se dedica a la formación de recursos humanos científicos como lugar de estudio permanente para la realización de becas doctorales y post doctorales completas.

El CIAR cuenta con un laboratorio equipado para la realización de investigaciones in situ y además instalaciones para actividades de los investigadores, incluyendo galpones, cabaña de guardaparque, quincho, equipamiento meteorológico y otros elementos que facilitan la actividad de los científicos.

El CIAR cuenta también con dos refugios de selva con equipamiento completo para 16 investigadores durante sus campañas.



SEGUÍ LAS NOVEDADES DEL CIAR EN FACEBOOK  
<http://www.facebook.com/CIAR.Bio>

# BIODIVERSIDAD®

Año VIII Nro.12 - Enero 2018



## SALVANDO AL CIPRÉS DE LA CORDILLERA

### Agradecimientos

- Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
- CIEMEP (Centro de Investigaciones Esquel de Montaña y Estepa Patagónica)
- INBIES (Instituto Biotecnología de Esquel)
- Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico
- Subsecretaría de Conservación y Áreas Protegidas, del Ministerio de Turismo del Chubut
- Foto de tapa: Leo. F. Ridano ( [reflejosdelbosque.com.ar](http://reflejosdelbosque.com.ar) )

### Revista "BIODIVERSIDAD"®

PROPIETARIO: Fundación Bosques Nativos Argentinos para la Biodiversidad  
DOMICILIO: Colombres 962 Piso 3 A. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina  
DIRECTOR Y EDITOR RESPONSABLE: Dr. Nahuel F. Schenone  
FOTOGRAFÍAS: Alina Greslebin, Everett Hansen, Pablo Bavaro, Leo Ridano  
DISEÑO GRÁFICO: Daniela Delceggio ([www.danieladelceggio.com.ar](http://www.danieladelceggio.com.ar))  
Prohibida su reproducción total o parcial, sin la previa autorización escrita del Editor.  
ISSN 2250-5784 (VERSIÓN IMPRESA) ISSN 2250-6160 (VERSIÓN EN LÍNEA)  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL NROS.: 4984925 Y 4985604

[bosques.org.ar](http://bosques.org.ar)





FUNDACIÓN  
BOSQUES NATIVOS  
**ARGENTINOS**  
PARA LA BIODIVERSIDAD



**CIAR**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES  
**Antonia Ramos**

[bosques.org.ar](http://bosques.org.ar)