

Controlar plagas y enfermedades forestales de manera ecológica y eficiente, sin comprometer la salud de los ecosistemas. Nematodo del pino

Julio Javier Diez Casero
Catedrático de Universidad

Introducción

-¿Por qué importa la **sanidad forestal**?

Bosques como sumideros de carbono, protección de suelo, biodiversidad, madera y resina.

Problema actual:

Aumento de plagas y enfermedades por globalización (comercio de madera, embalajes), **cambio climático** y estrés hídrico de los montes.

Mensaje clave:

No se trata de “eliminar” plagas, sino de **regularlas** sin dañar el ecosistema (visión de **manejo integrado**).

Gu et al., Forest Pathology, 2006

¿Cambio Global?



Global Change and Forests







Cofinanciado por
la Unión Europea



GOBIERNO
DE ESPAÑA



MINISTERIO DE AGRICULTURA,
DESARROLLO RURAL Y
PESCA



Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros
Técnicos Forestales y Graduados en
Ingeniería Forestal y del Medio Natural



Ayuntamiento de
HUELVA

ACN, 2023

Global Change and Economy



Global Change and Forests

Globalization (Alien Species)



Climate Change (Emerging Species)



Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros
Técnicos Forestales y Graduados en
Ingeniería Forestal y del Medio Natural



Dutch Elm Disease



Diplodia pinea



Diplodia pinea



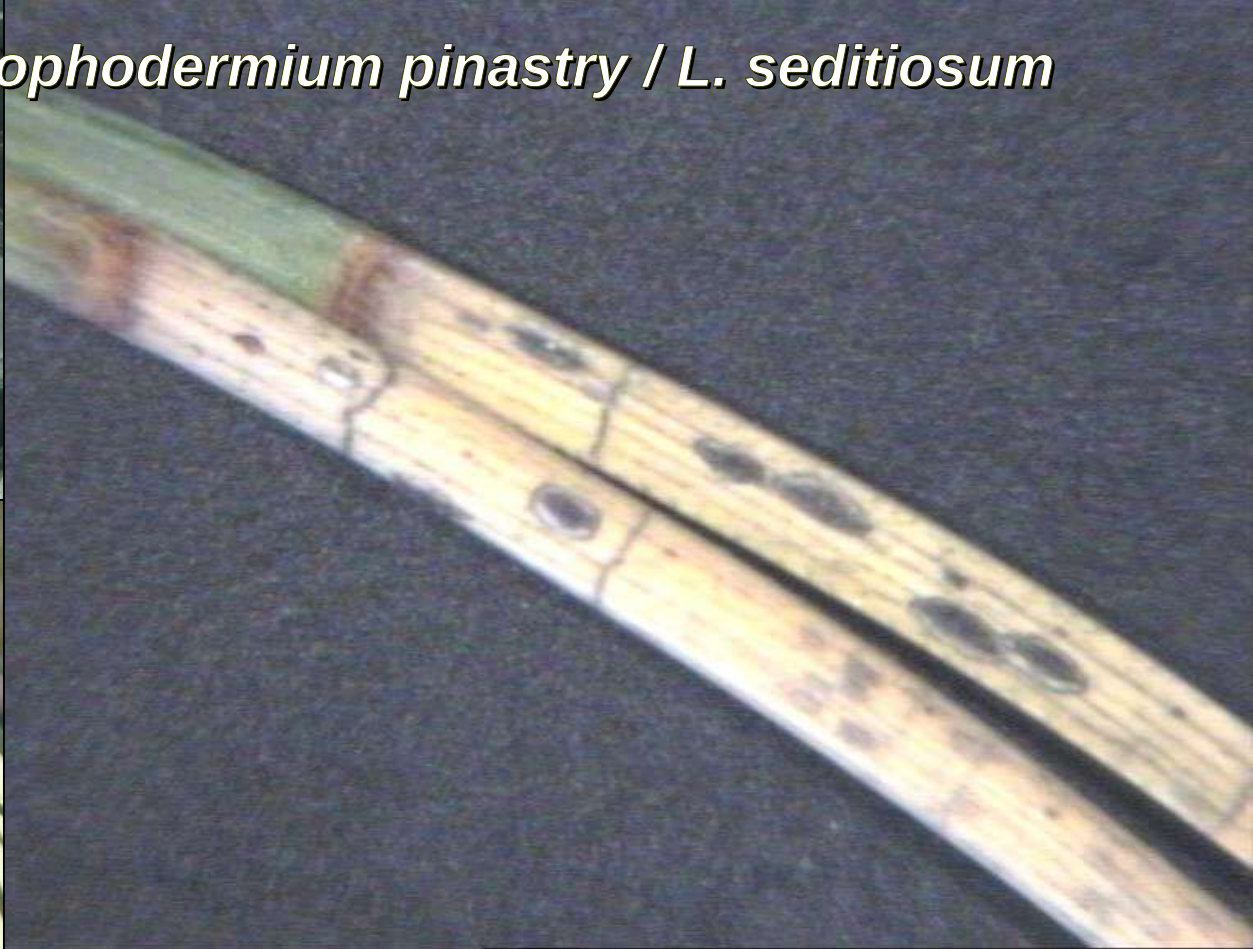
Thyriopsis halepensis



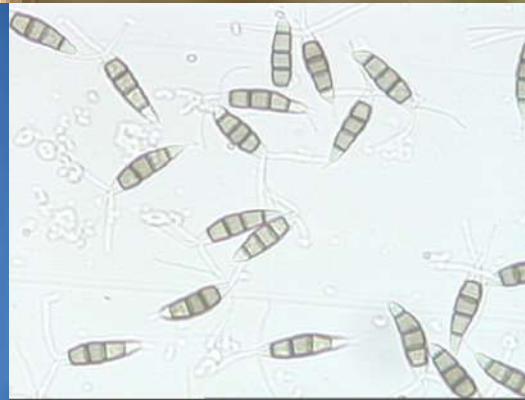
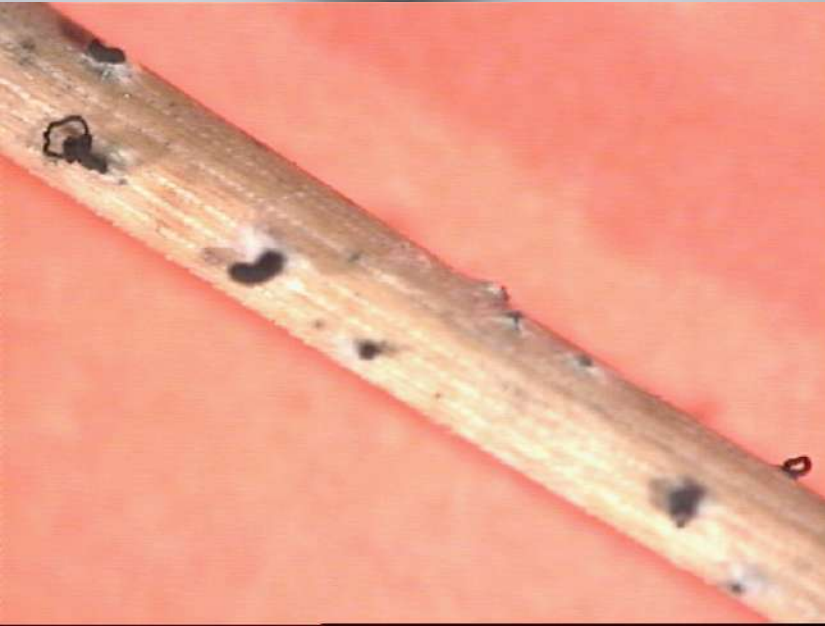
Thyriopsis halepensis



Lophodermium pinastri / *L. seditiosum*



Pestalotia stevensonii / *P. pini*
Pestalotiopsis pini / *P. funerea* on *Pinus* sps.



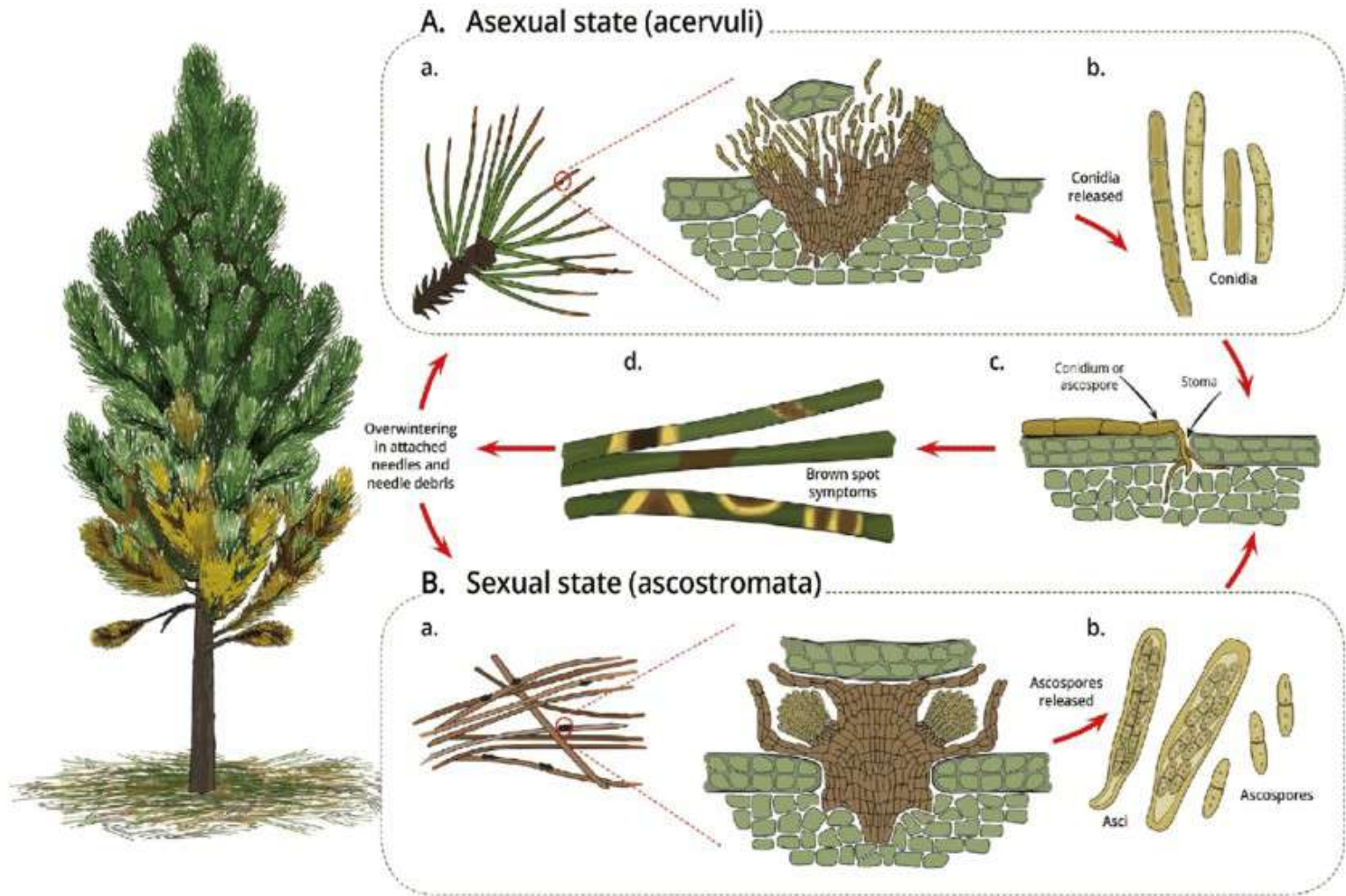
“La banda marrón” in Pinus radiata



“La banda marrón” in Pinus radiata



Lecanosticta acicola



A



B

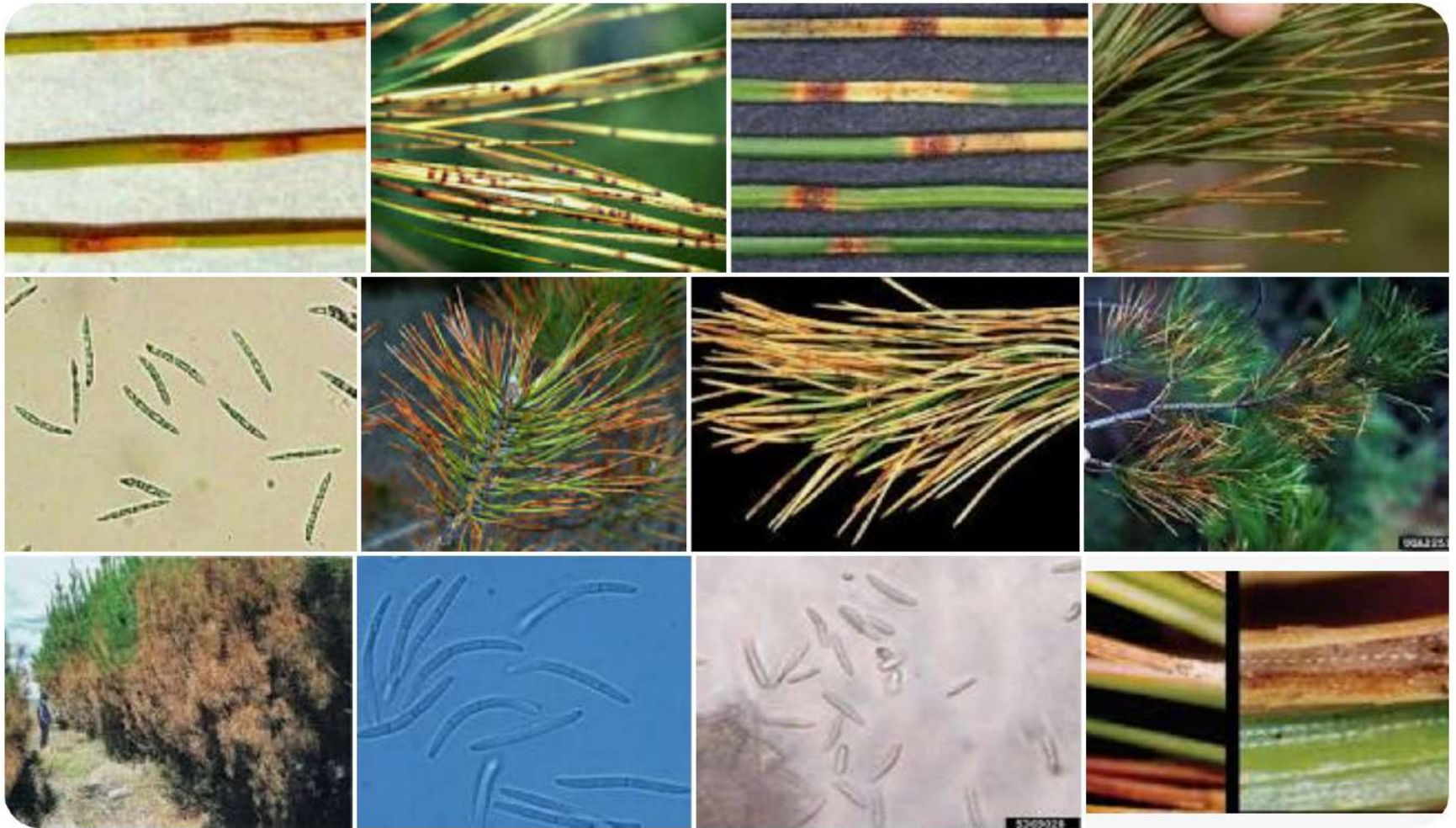
Lecanosticta acicola

C

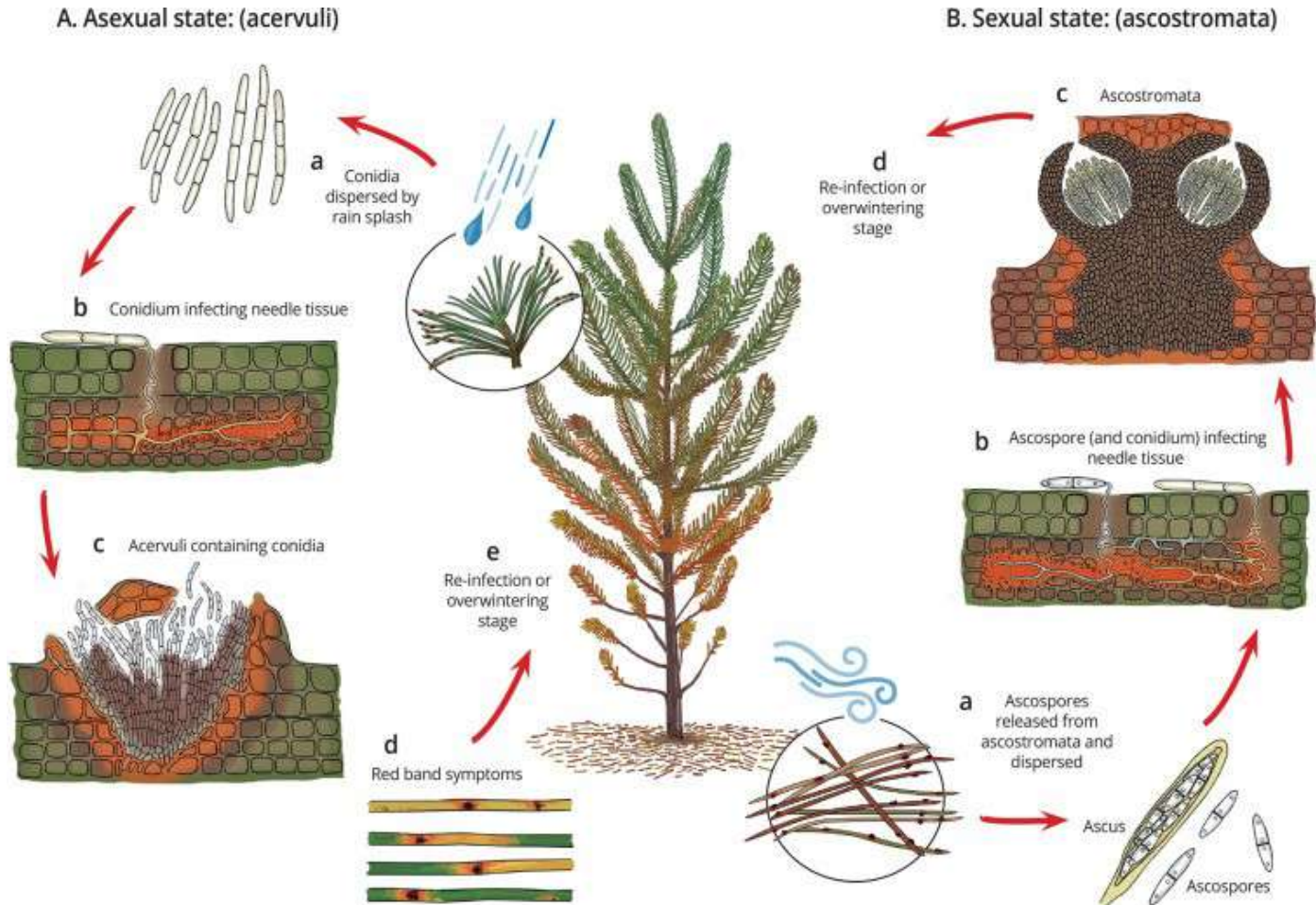
*Lecanosticta acicola* (SCIRAC) - <https://npl.eppo.int/>*Lecanosticta acicola* (SCIRAC) - <https://npl.eppo.int/>

EPPO, 2023

Dothistroma septosporum / *D. pini*



Dothistroma septosporum / *D. pini*



Gremmeniella abietina







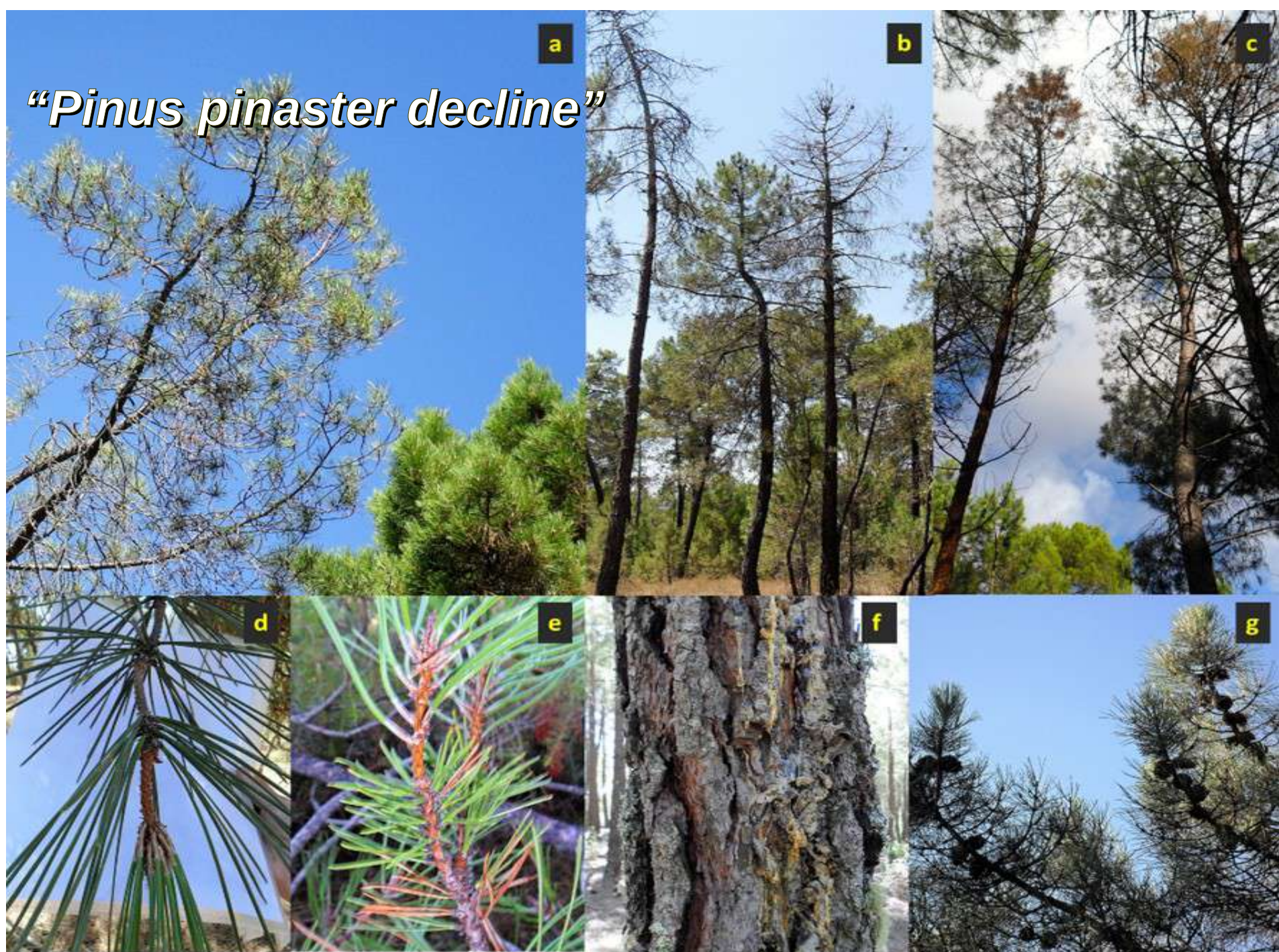




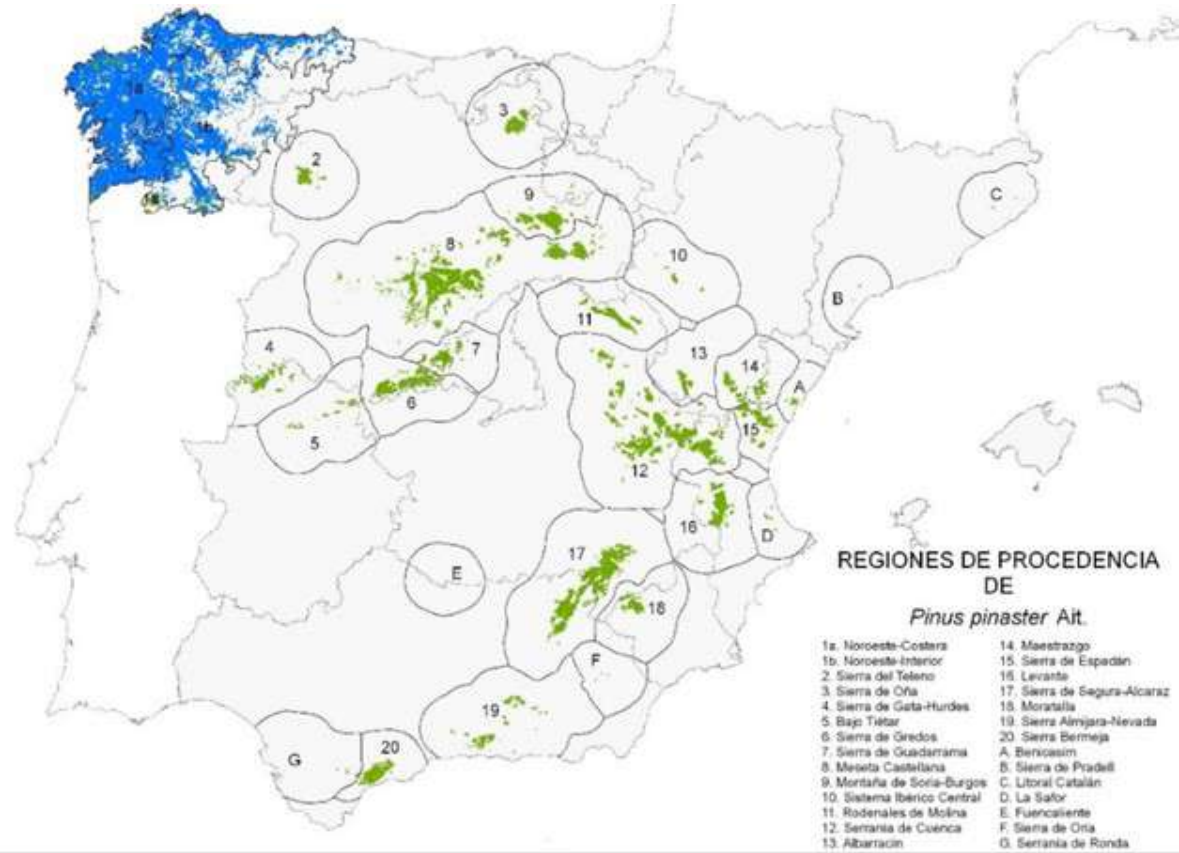
“Pinus pinaster decline”



“Pinus pinaster decline”



“Pinus pinaster decline”





Fusarium circinatum



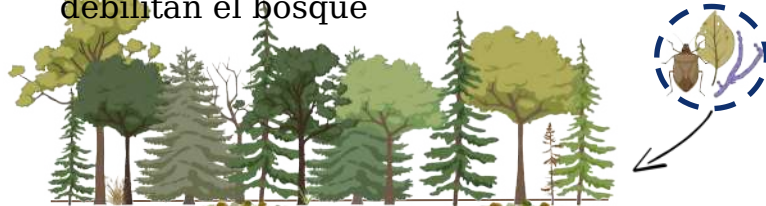








Efectos del cambio climático debilitan el bosque



Aparición de enfermedades y plagas



La enfermedades emergentes matan a los árboles, el bosque desaparece y aumenta la cantidad de combustible



Aumenta la probabilidad de incendios y su severidad



El monte se desertifica

Cofinanciado por la Unión Europea

GOBIERNO DE ESPAÑA
Bocós, 2023



¿Que hacer para
“mitigar” el efecto
del cambio global
en los bosques?

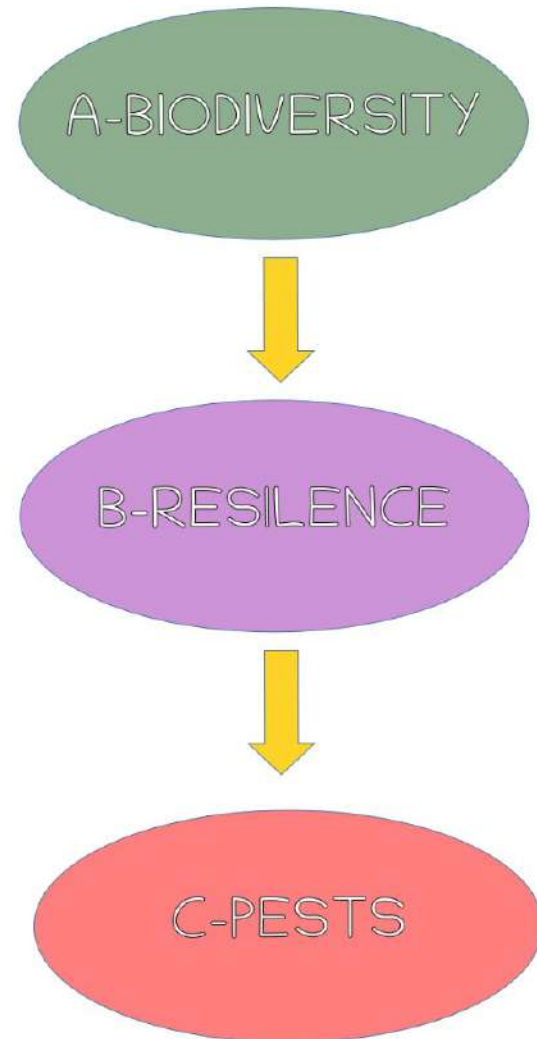
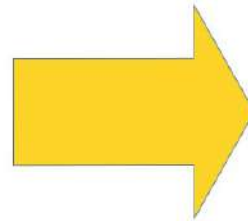
Biological Equilibrium Concepts

1-GLOBALIZATION

- a. Invasive Species
- b. Possibility of Success
- c. Equilibrium breakage

2-CLIMATE CHANGE

- a. Change of the conditions
- b. Climatic adaptation of forest species: movement/extinction
- c. Equilibrium breakage



Forests declines mitigation

1-Globalization: Prevent the entrance of alien species

- a. Outbreak prediction models (data forest, machine learning, IA...)*
- b. Early detection (qPCR, LAMP, Metabarcoding, Metagenomic, Transcriptomic...).*
- c. Citizen Science (the power of the people)*



Forests declines mitigation

2-Climate Change: Fight against the emerging species

- a. Assisted migration.*
- b. Species and/or provenance selection.*
- c. Vigour of the trees: mycorrhization, soil selection, land uses,*
- d. Environmental-Friendly Pest Control:**
 - Fungal antagonism*
 - Entomopatogenic fungi*
 - Hypovirulence*
 - RNAi technologies*



























MedForest

Bioeconomy ▾ Ecosystem services ▾ Forest management ▾ Governance ▾ Resilience ▾

Home ▾ Resilience ▾ Pests and diseases ▾ RNAi technologies for the control of Pine Pitch Canker

Resilience Pests and diseases

RNAi technologies for the control of Pine Pitch Canker

Pine Pitch Canker is a disease that causes significant damage and losses in pine forests and plantations. The RNAi4Fusarium project aims to reduce the pathogenicity of the fungus causing Pine Pitch Canker, and minimise the damage caused by the disease.

By EFIMED - April 18, 2021

191



Photo: Julio Javier Díez Casero

The RNAi4Fusarium project, headed by researcher Julio Javier Díez Casero, focuses on the study of Pine Pitch Canker (PPC), a disease responsible of significant damage and losses in pine forests and plantations, caused by the pathogenic fungus *Fusarium circinatum*.

The disease reached Europe in 2004, when Spain officially reported the presence of the pathogen in pine nurseries in Asturias. In Spain, the presence of *F. circinatum* in forest plantations and nurseries has resulted in severe crop losses and decreased profitability of

EVENTS



Estimating Effective Population Size for forest genetic resources conservation



Forest fires: how to deal with them?



14th Southern Forestry and Natural Resource Management GIS Conference



Summer school: Resilience of Forest to Climate Change

PUBLICATIONS



Assessing mobile laser scanning potential for stand-level forest inventories in near-natural...

EFIMED May 2, 2023

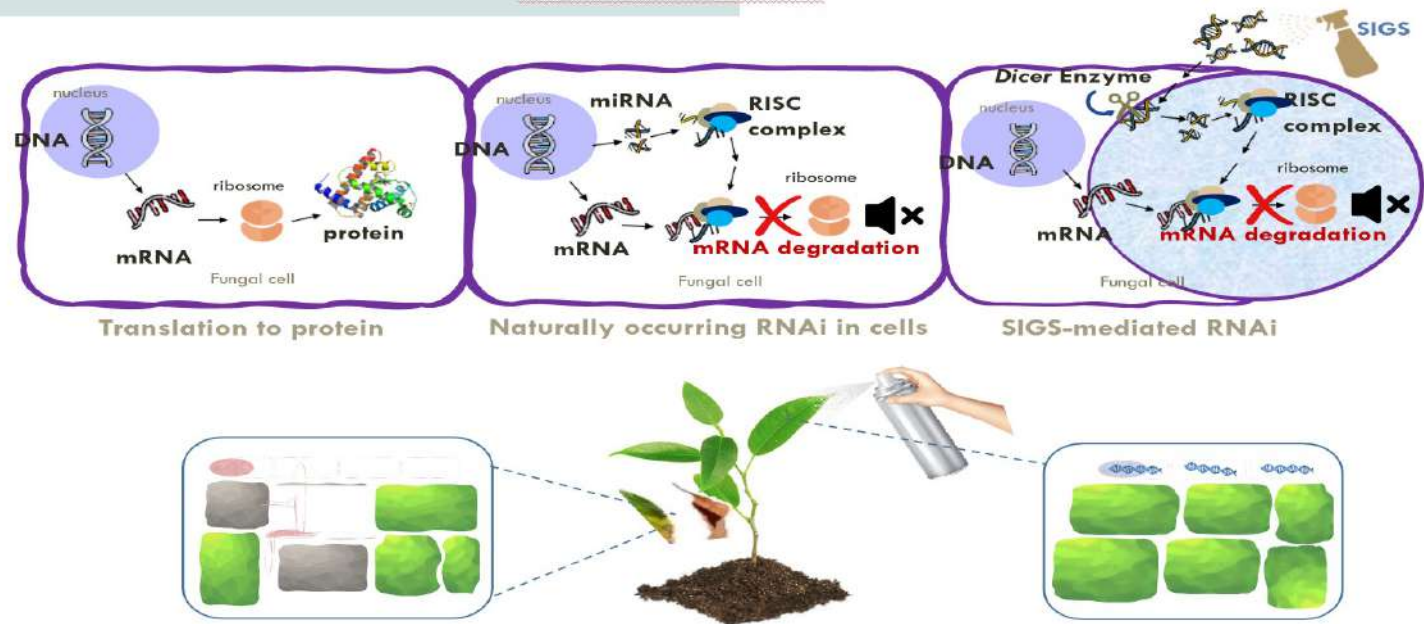
The overall results in the paper "Assessing the potential of mobile laser scanning for stand-level forest inventories in near-natural forest..."



RNA interferente

- Spray Inducing Gene Silencing

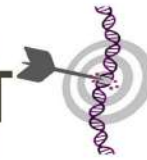
BRIEFLY RNAi & SIGS





RNA interference

SELECTION OF TARGET GENES

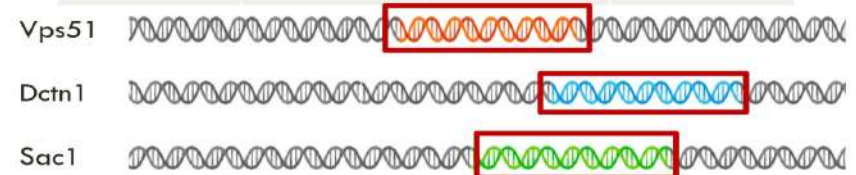
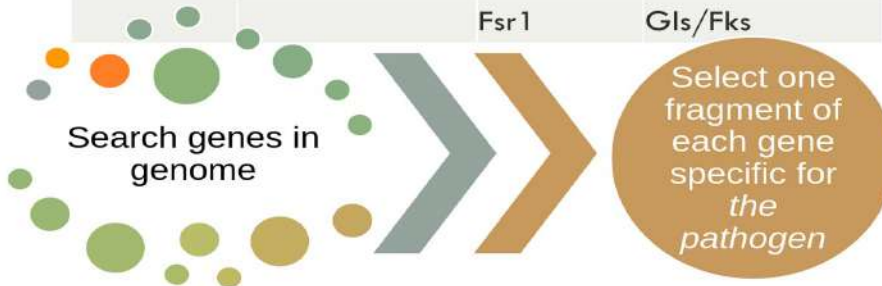


F. circinatum

	Metabolic pathway		
	Vesicle trafficking	Signaling	Cell wall
genes	Vps51	Pp2A	Chs1
	Dctn1	Ppg1	Chs2
	Sac1	Sit4	Chs3b
		Fsr1	GLs/Fks

P. cinnamomi

	Metabolic pathway		
	Vesicle trafficking	Signaling	RNAi machinery
genes	Dctn1	Pp2A	DCL1
	Sac1	Ppg1	DCL2
	Erg11	Sit4	
		Fsr1	





Spray-Induced Gene Silencing (SIGS) as a Tool for the Management of Pine Pitch Canker Forest Disease

Irene Teresa Bocos-Asenjo, Huma Amin, Sandra Mosquera, Sergio Díez-Hermano, Mireille Ginésy, Julio Javier Díez,[†] and Jonatan Niño-Sánchez[†] 

Department of Plant Production and Forest Resources, Sustainable Forest Management Research Institute (iuFOR), Higher Technical School of Agricultural Engineering (ETSIIAA), University of Valladolid, Palencia 34004, Spain

Abstract

Global change is exacerbating the prevalence of plant diseases caused by pathogenic fungi in forests worldwide. The conventional use of chemical fungicides, which is commonplace in agricultural settings, is not sanctioned for application in forest ecosystems, so novel control strategies are imperative. Spray-induced gene silencing (SIGS) is a promising approach that can modulate the expression of target genes in eukaryotes in response to double-stranded RNA (dsRNA) present in the environment that triggers the RNA interference mechanism. SIGS exhibited notable success in reducing virulence when deployed against some crop fungal pathogens, such as *Fusarium graminearum*, *Botrytis cinerea*, and *Sclerotinia sclerotiorum*, among others. However, there is a conspicuous dearth of studies evaluating the applicability of SIGS for managing forest pathogens. This research aimed to determine whether SIGS could be used to control *F. circinatum*, a widely impactful forest pathogen that causes pine pitch canker disease. Through a bacterial synthesis, we produced

dsRNA molecules to target fungal essential genes involved in vesicle trafficking (*Vps51*, *DCTN1*, and *SAC1*), signal transduction (*Pp2a*, *Sit4*, *Ppg1*, and *Tap42*), and cell wall biogenesis (*Chs1*, *Chs2*, *Chs3b*, and *Gls1*) metabolic pathways. We confirmed that *F. circinatum* is able to uptake externally applied dsRNA, triggering an inhibition of the pathogen's virulence. Furthermore, this study pioneers the demonstration that recurrent applications of dsRNAs in SIGS are more effective in protecting plants than single applications. Therefore, SIGS emerges as an effective and sustainable approach for managing plant pathogens, showcasing its efficacy in controlling a globally significant forest pathogen subject to quarantine measures.

Keywords: double-stranded RNA, forest disease management, forest fungal pathogens, *Fusarium circinatum*, pine, RNA interference, RNA-based biofungicides

Manejo Integrado de Plagas

-Concepto de **manejo integrado de plagas** (MIP) forestales

-**Combinar:**

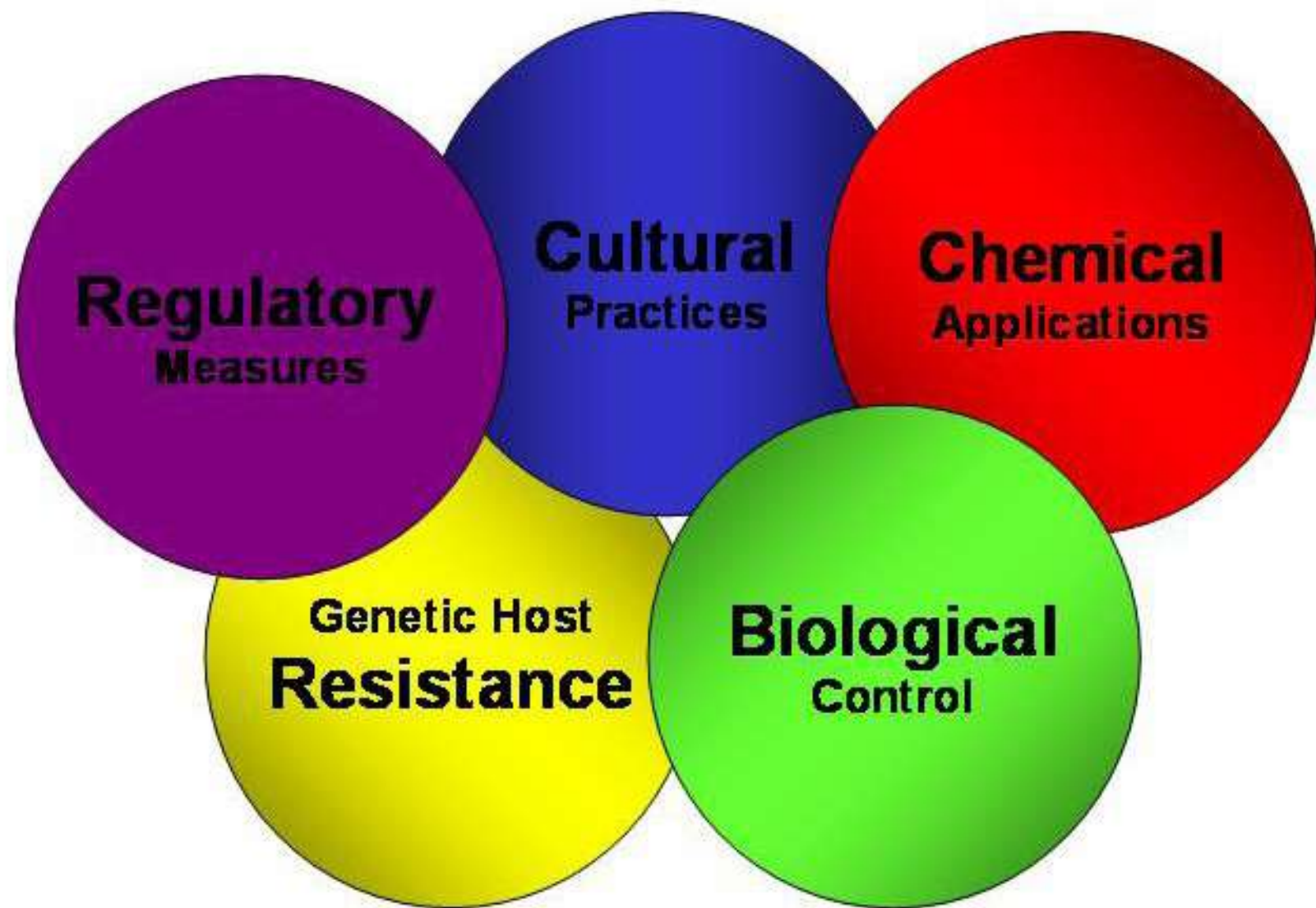
- +Prevención silvícola (bosques vigorosos, menos vulnerables).
- +Control biológico (enemigos naturales).
- +Métodos físicos/mecánicos (trampas, tala sanitaria).
- +Uso muy restringido de químicos, sólo cuando son

imprescindibles.

-En bosques, el **control biológico** es especialmente interesante por:

- +Coste menor a **largo plazo y acción duradera**.

- +Capacidad de los bosques sanos para tolerar **cierto nivel de daño** sin pérdidas inaceptables.



Integrated Plant Health Management

Control Biológico y Ecológico

-Uso de **enemigos naturales**: depredadores, parasitoides y microorganismos que regulan las poblaciones de plagas.

Ventajas frente a químicos:

- Menor impacto** en fauna útil y polinizadores.
- Menor riesgo de resistencias** y contaminación de agua/suelo.

Ejemplos aplicables a montes:

- Conservación de depredadores** mediante mantener diversidad de especies, madera muerta seleccionada, sotobosque adecuado.
- Uso de patógenos específicos de insectos** (virus, hongos, bacterias) que se dispersan por la propia plaga.

Buenas Prácticas Selvícolas Preventivas

-“La mejor fumigación es un bosque bien manejado”

-Higiene del monte:

-Retirada de **madera muerta** o muy debilitada cuando sea foco de plagas concretas.

-**Limpieza y claras** que reduzcan la competencia, mejoren vigor y reduzcan estrés hídrico.

-Favorecer **diversidad**:

-**Mezclas de especies**, edades y estructuras hacen más difícil que una plaga arrase todo el sistema.

Cuando sea posible, **regeneración natural** con especies adaptadas al lugar, más resistentes a estrés y menos dependientes de plantaciones susceptibles.

Buenas Prácticas Selvícolas Preventivas

Planificación de aprovechamientos:

- Épocas de corta que minimicen riesgo (por ejemplo, evitar coincidir con vuelos de vectores cuando la normativa lo indique).
- Normas de movimiento de madera para no transportar plagas de una zona a otra.
- Seguimiento y detección temprana:
Importancia de **redes de trampeo, inspecciones y protocolos** de alerta rápida para reducir necesidad de medidas drásticas.

Pine Wood Nematode



-La **enfermedad del marchitamiento del pino** (PWD) causada por el nematodo de la madera del pino, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner y Buhrer 1934) Nickle, 1970, en varios países del Este Asiático ha alcanzado **proporciones devastadoras**.

-Desde la década de 1980 se han establecido **medidas de cuarentena** a nivel mundial, con el fin de prevenir la propagación del nematodo de la madera del pino a través del comercio de madera desde su origen principal en Norteamérica y desde sus zonas de distribución secundaria en el Este Asiático hacia otros países.

-El nematodo llegó a **Japón a comienzos del siglo XX**. Otros países asiáticos (China y Corea) comenzaron a informar de la presencia del nematodo de la madera del pino a mediados y finales de la década de **1980**.







(a)



Pinus densiflora

(b)



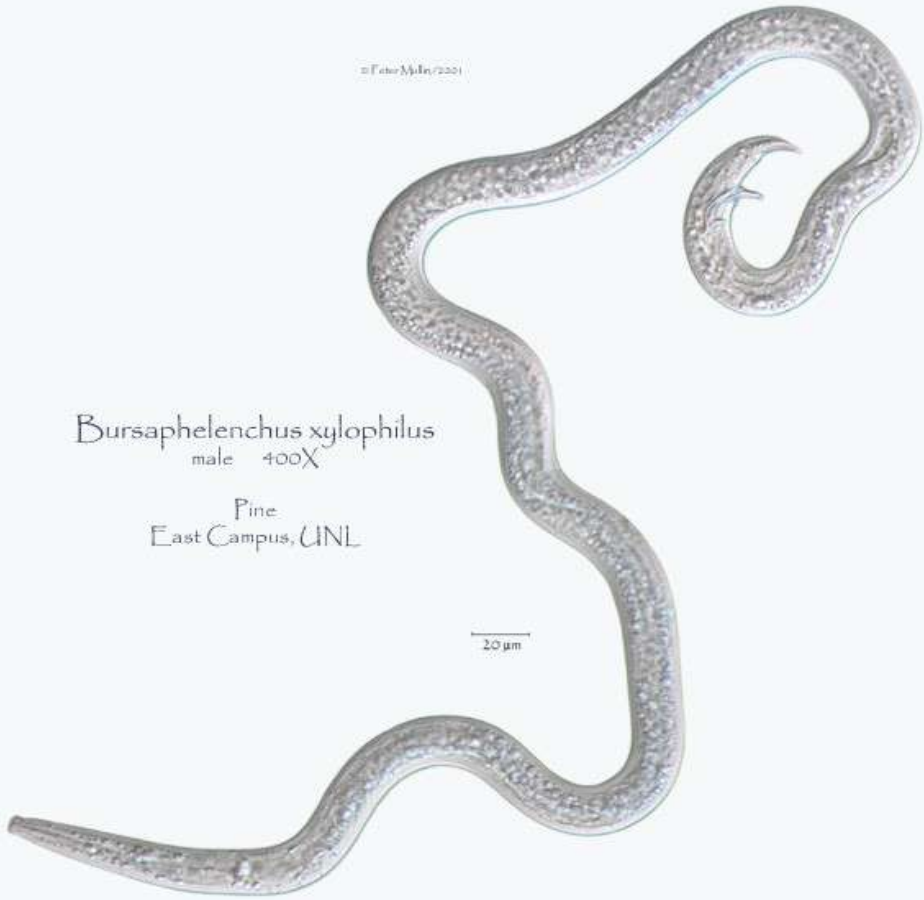
Pinus koraiensis

© Peter Mullin/2001

Bursaphelenchus xylophilus
male 400X

Pine
East Campus, UNL

20 µm

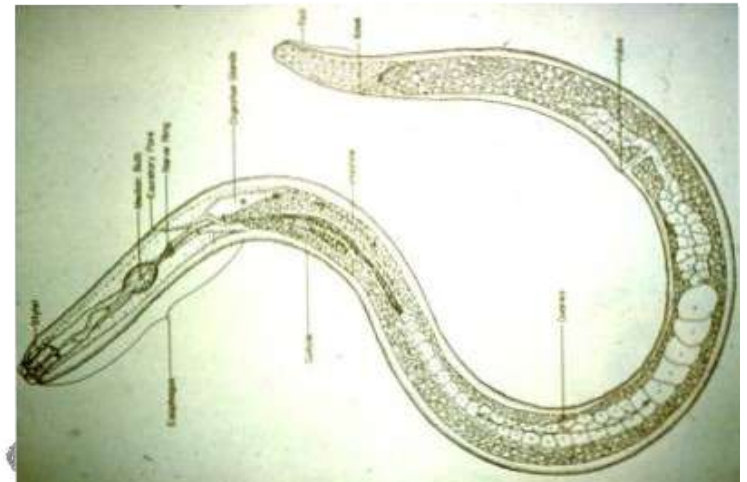
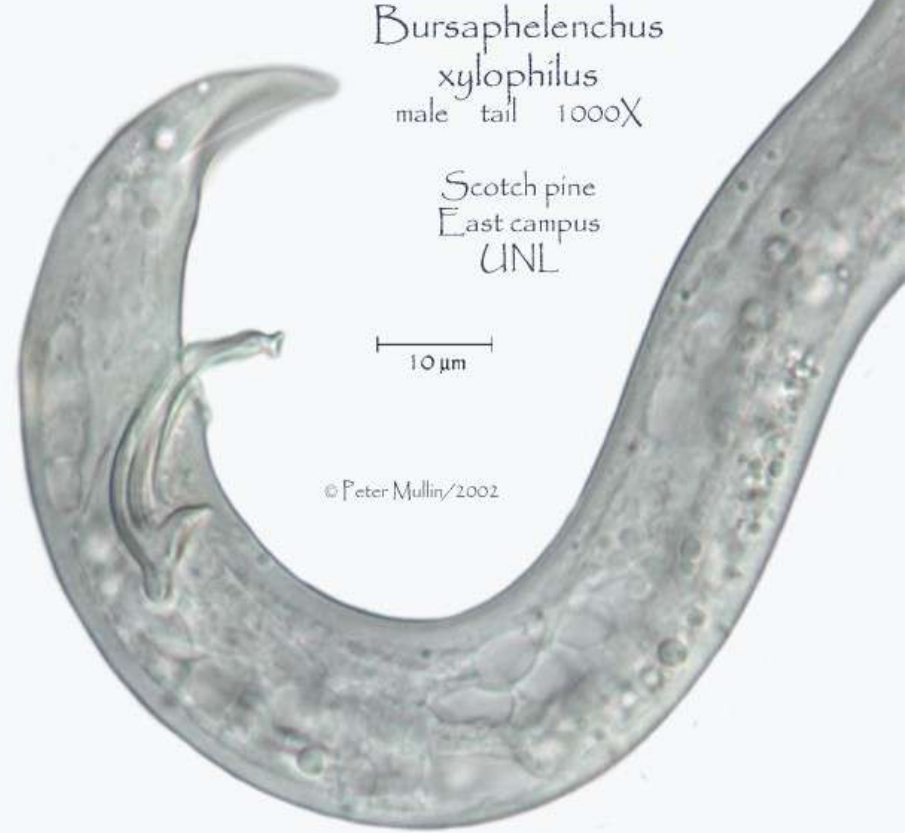


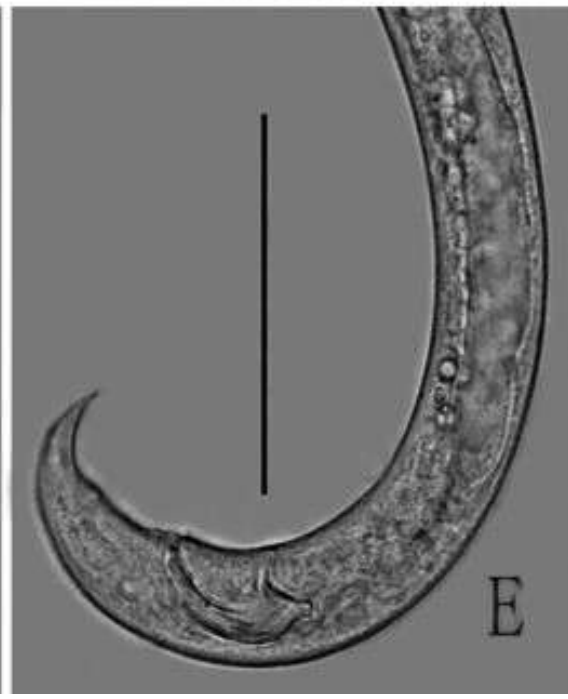
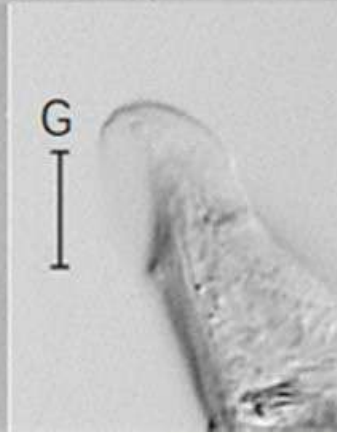
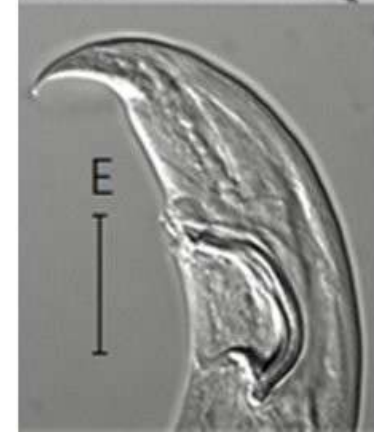
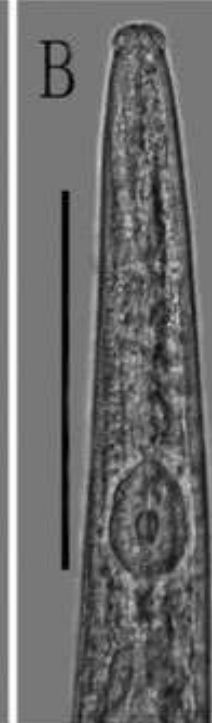
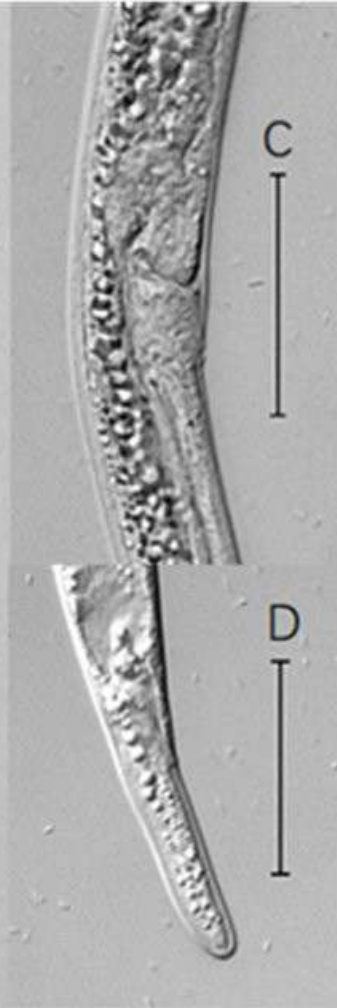
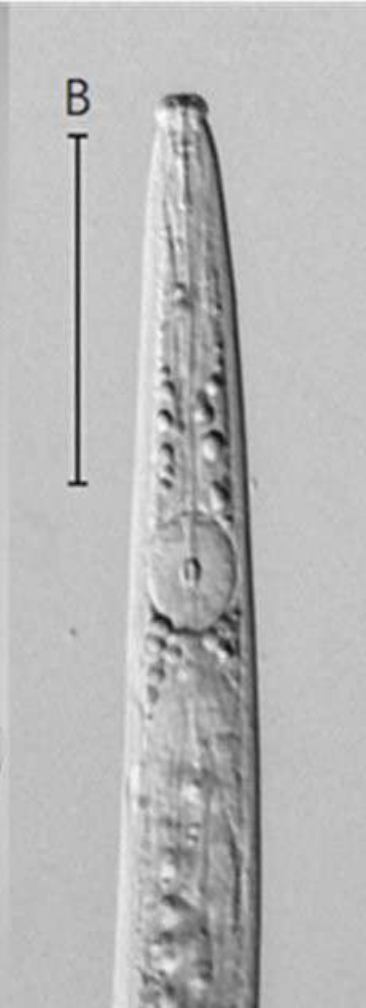
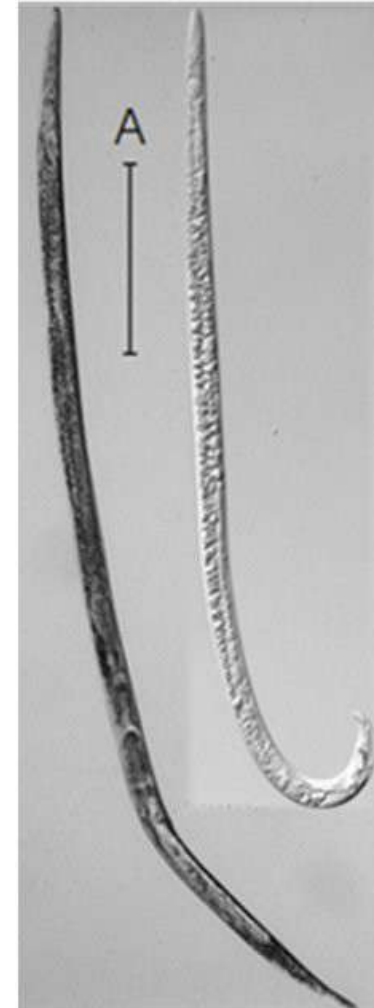
Bursaphelenchus
xylophilus
male tail 1000X

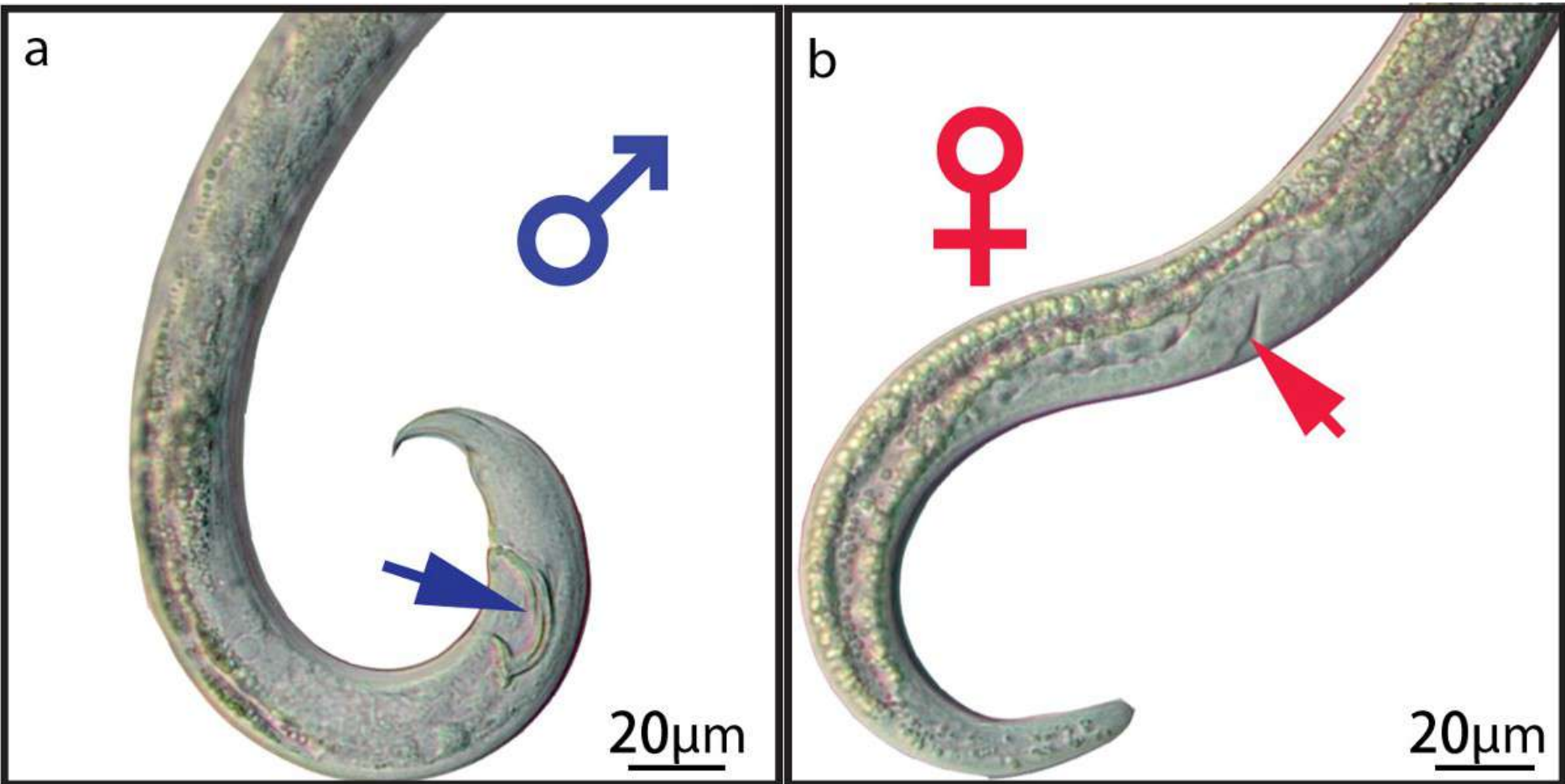
Scotch pine
East campus
UNL

10 µm

© Peter Mullin/2002







Pine Wood Nematode: Quarantine measures

-Las interceptaciones del nematodo de la madera del pino **en astillas de pino importadas por el Servicio Finlandés** de Cuarentena Vegetal en **1984** dieron lugar a una prohibición de la importación de astillas y madera de coníferas sin tratar en Finlandia procedentes de países donde está presente el nematodo de la madera del pino.

En **1985**, la Organización Europea y Mediterránea para la Protección de las Plantas (**EPPO**) **incluyó al nematodo** de la madera del pino como organismo de **cuarentena**.

En **1999** fue **detectado en Europa, en Portugal** (Mota et al., 1999), y se ha sugerido que el nematodo pudo haber sido importado posiblemente a través de madera de embalaje.

Gu et al., Forest Pathology, 2006

Pine Wood Nematode: Quarantine measures

Exporting continent	Exporting country (total number of inspected batches)	<i>Bursaphelenchus</i> records (percent of inspected batches)	<i>Bursaphelenchus</i> spp. (number of records)
Europe	Germany (378)	13 (3.4)	<i>B. mucronatus</i> (7)
			<i>B. conicaudatus</i> (1)
			<i>B. fungivorus</i> (1)
			<i>B. lini</i> (1)
			<i>B. rainulfi</i> (1)
			<i>B. vallesianus</i> (1)
	Italy (164)	5 (3.0)	<i>Bursaphelenchus</i> sp. (1)
			<i>B. pinasteri</i> (2)
			<i>B. hofmanni</i> (1)
			<i>B. thailandae</i> (1)
	Netherlands (82)	3 (3.6)	<i>B. xylophilus</i> (1)
			<i>B. mucronatus</i> (2)
Europe, total	Norway (2)	1 (50)	<i>B. xylophilus</i> (1)
	Spain (43)	3 (7.0)	<i>B. mucronatus</i> (1)
			<i>B. mucronatus</i> (2)
	Sweden (39)	1 (2.6)	<i>B. xylophilus</i> (1)
			<i>B. mucronatus</i> (1)
	UK (46)	2 (4.3)	<i>B. mucronatus</i> (1)
			<i>Bursaphelenchus</i> sp. (1)
	Europe, total	(1002)	36 (3.6)
North America	Canada (38)	2 (5.3)	<i>B. mucronatus</i> (1)
			<i>Bursaphelenchus</i> sp. (1)
	Mexico (17)	1 (5.9)	<i>Bursaphelenchus</i> sp. (1)
			<i>B. xylophilus</i> (14)
	USA (464)	21 (4.5)	<i>B. mucronatus</i> (3)
			<i>B. rainulfi</i> (1)
North America, total	(519)	24 (4.6)	<i>B. thailandae</i> (1)
			<i>Bursaphelenchus</i> spp. (2)

Table 2. Records of *Bursaphelenchus* spp. during inspection of imported packaging wood in Ningbo from January 2003 to June 2005

Pine Wood Nematode: Quarantine measures

- El material de **embalaje de madera maciza** elaborado a partir de madera no procesada se reconoce actualmente como una vía importante para la introducción y propagación de plagas (Allen, 2004).
- El peligro de introducir el nematodo de la madera del pino a través de la madera de embalaje **había sido subestimado**.
- En **el año 2000, la Comunidad Europea** impuso **medidas de emergencia** temporales respecto a los embalajes de madera compuestos, total o parcialmente, por madera de coníferas no manufacturada originaria de Canadá, China, Japón y Estados Unidos.

Allen, 2004

Pine Wood Nematode



Fig. 1. Pine wilt disease and sampling of imported packaging wood in China. (a) Pine forest in Zhejiang, China, showing severe wilting due to infestation by pine wood nematode; (b) Section of an infested pine forest; (c) A sample is sawn off from a batch of imported wood packaging for further inspection; (d) Samples of healthy (left) and blue-stained (right) imported packaging wood; (e) Blue-stained sample from a batch of packaging wood imported from Taiwan showing bore holes and beetle larva; both *Bursaphelenchus xylophilus* and larvae of *Monochamus alternatus* were isolated from the wood.

Pine Wood Nematode: Quarantine measures

- Dado que el **origen del material de embalaje de madera suele ser difícil de determinar**, son necesarias medidas aplicadas a nivel mundial para reducir significativamente el riesgo de propagación de plagas.
- Las Directrices de la **FAO para la Reglamentación del Material de Embalaje de Madera en el Comercio Internacional** (NIMF 15 / ISPM 15: FAO, 2003) son reconocidas como la base de las medidas fitosanitarias aplicadas por los miembros de la Organización Mundial del Comercio (OMC).
- Estas normas describen **medidas fitosanitarias para reducir el riesgo de introducción y/o propagación de plagas cuarentenarias** asociadas al material de embalaje (incluyendo madera de estiba, cajas, palets, bloques de embalaje, tambores, cajones, etc.) elaborado con madera en bruto de coníferas y no coníferas utilizada en el comercio internacional.
- En cumplimiento de la NIMF 15 (ISPM 15), **muchos países exigen el tratamiento térmico o la fumigación del material de embalaje de madera importado, acompañado del marcado correspondiente de la madera.**







Monochamus galloprovincialis: the vector of PWN





Cofinanciado por
la Unión Europea



GOBIERNO
DE ESPAÑA



MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



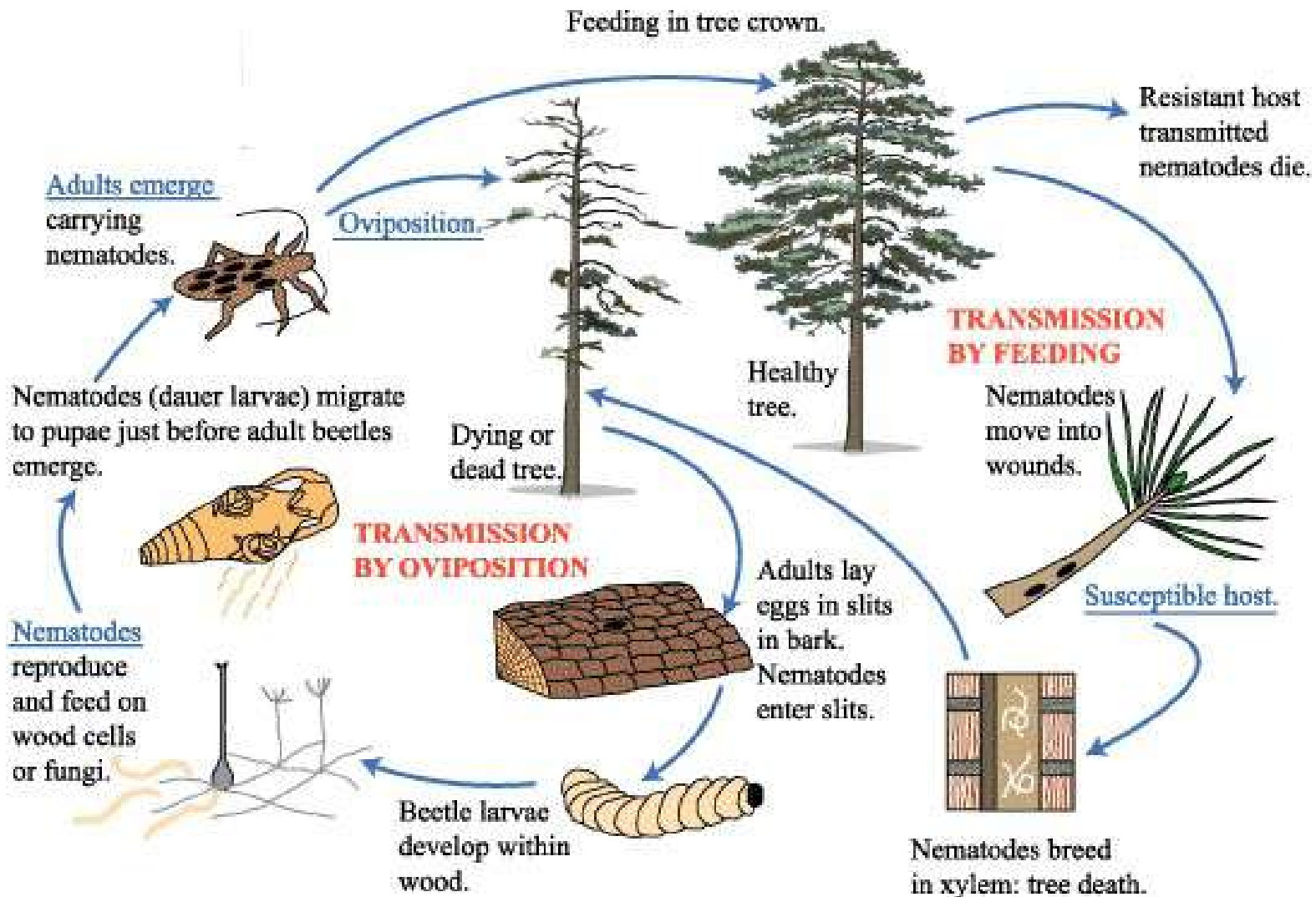
Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros
Técnicos Forestales y Graduados en
Ingeniería Forestal y del Medio Natural



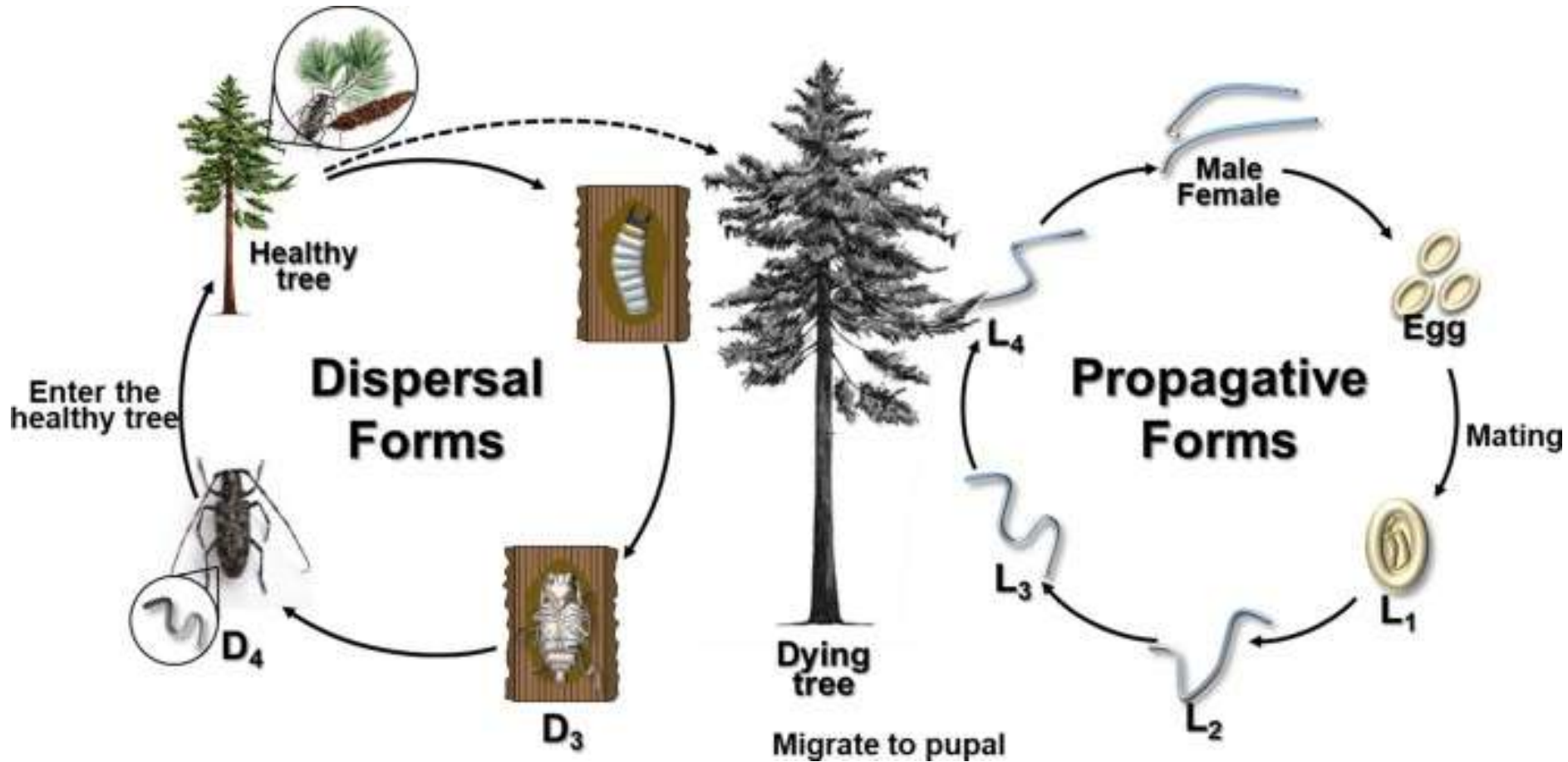
Ayuntamiento de
HUELVA



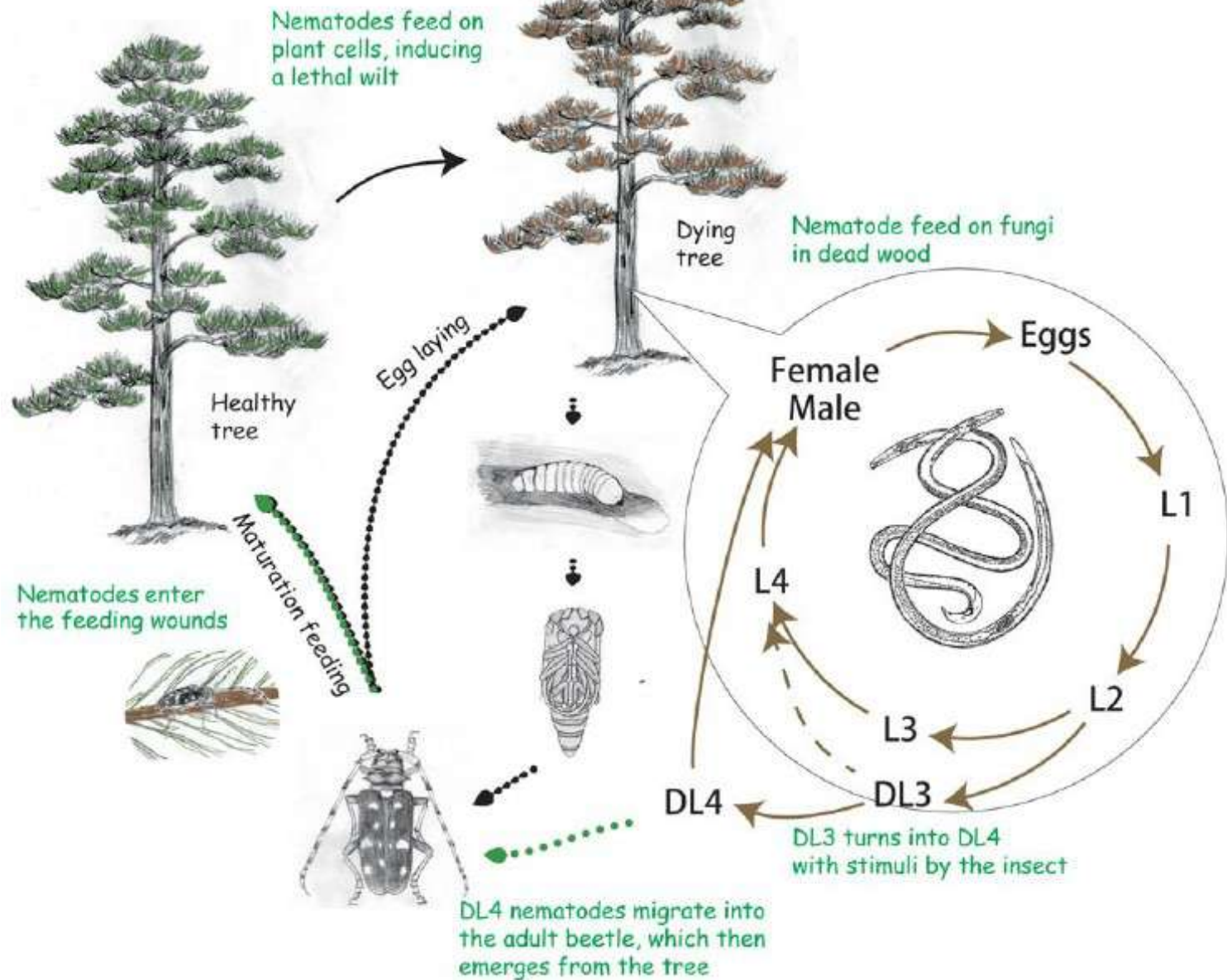
Cycle of PWN



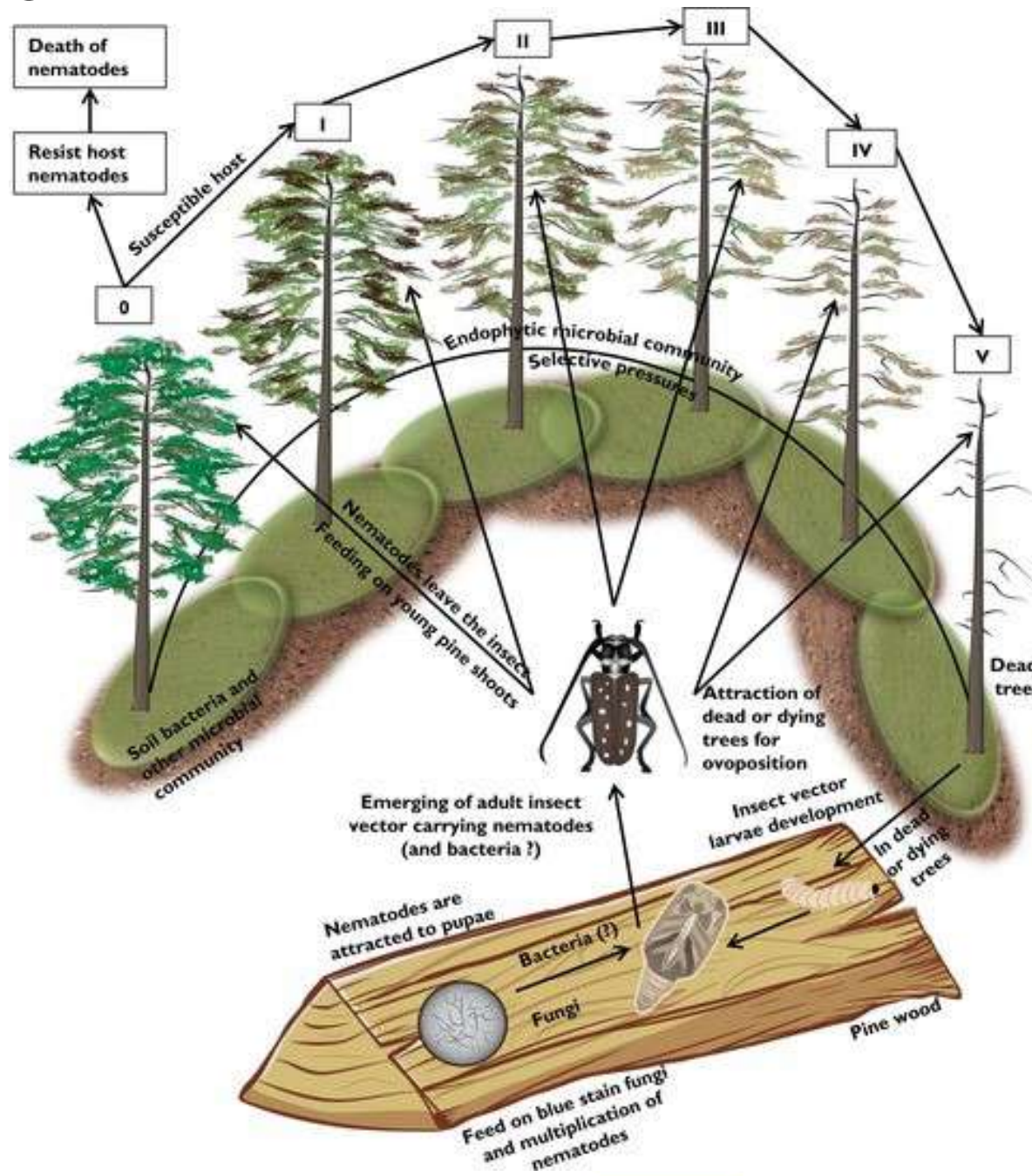
Cycle of PWN



Cycle of PWN



Cycle of PWN



A synergetic effect with pinewood nematode harming the plant, or what could equip **bacteria** with functions to control the presence of nematodes inside the tree,

Management and Control of PWN

La **reducción de la incidencia** del marchitamiento del pino en las áreas afectadas (iii) se logra **mediante la corta y retirada de los árboles marchitos** y de la biomasa (incluidas ramas de todas las dimensiones) desde noviembre hasta abril, cuando el insecto vector está inactivo.

Durante el período **mayo–octubre se implementa un enfoque complementario de gestión activa frente a otros agentes de decaimiento, como los escolítidos**, que consiste en la corta inmediata de los árboles afectados y la instalación de una red de trampas cebadas con **feromonas y kairomonas** del hospedador para monitorizar y reducir tanto las poblaciones de escolítidos como las de *Monochamus*.

Un caso de estudio en Tróia, consistente en un programa de **gestión de 10 años en un pinar de pino marítimo de 400 ha**, ha **logrado reducir** la incidencia del marchitamiento y las poblaciones de *M. galloprovincialis* a niveles residuales. Esto demuestra claramente que **las estrategias de control y gestión mencionadas son eficaces** cuando se aplican con eficiencia y dentro de los calendarios adecuados.

Management and Control of PWN

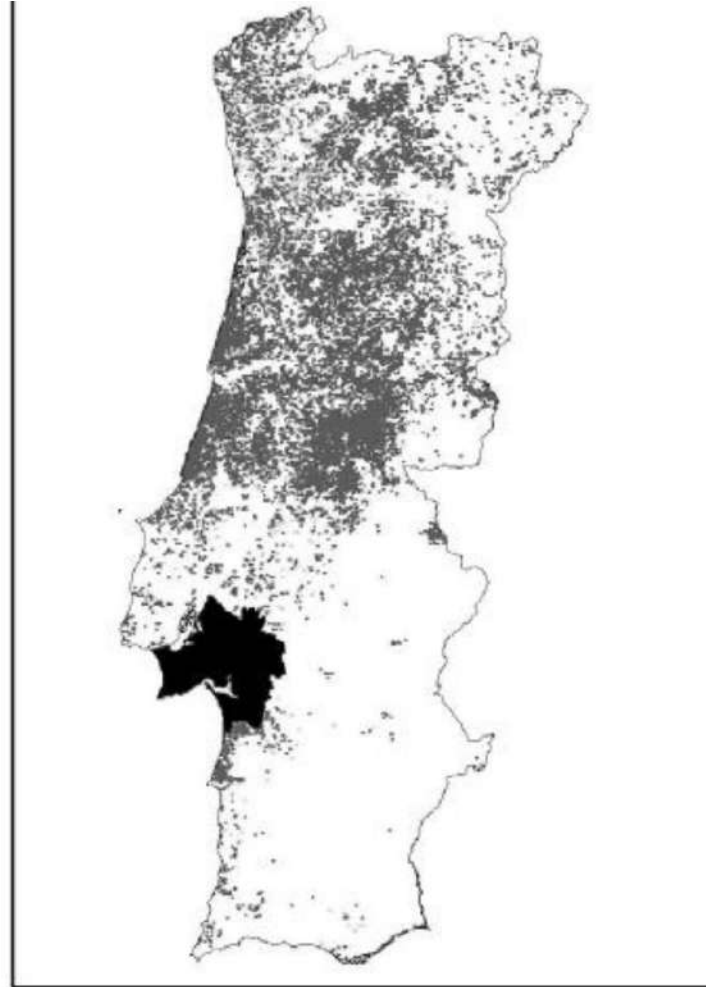


Figura 3. Maritime pine distribution in Portugal with Pine Wood Nematode Affected area delimited in 1999 (black area).

Management and Control of PWN

Table I. Evolution of area (hectares) and number of felled pines during eradication of symptomatic pines against pine wilt disease, in Portugal DGRF, 2007b)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Total area	309.000	564.000	564.000	564.000	617.000	617.000	641.000	1.010.000
Total area of pine stands	48.000	60.000	60.000	60.000	69.000	69.000	69.500	80.000
Area of stands with symptoms	12.392	16.793	11.623	14.076	16.391	19.519	30.247	28.667
Nº felled pines	53.487	54.314	43.014	53.338	74.889	93.308	268.211	196.530
Affected zone								
Buffer zone	(1)	4.720	7.528	8.120	10.197	9.509	20.774	17.770

(1) – In accordance with European Commission Decision nº 2000/58/EC.

Management and Control of PWN

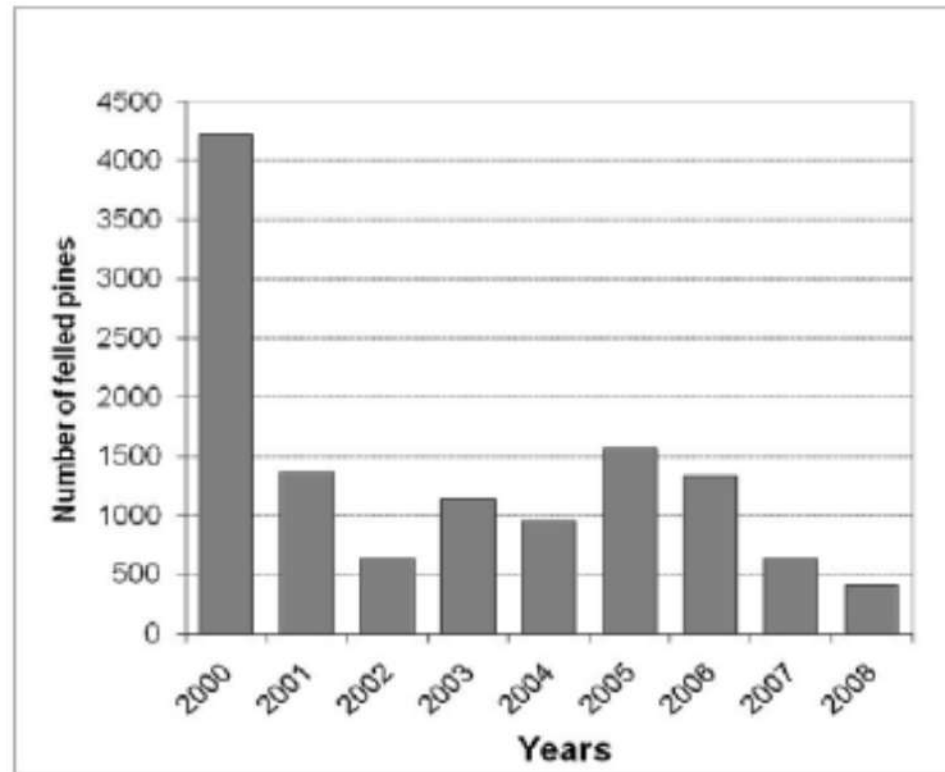


Figure 7. Number of dead maritime pines felled each year at Tróia peninsula.

Management and Control of PWN

sylvestris).

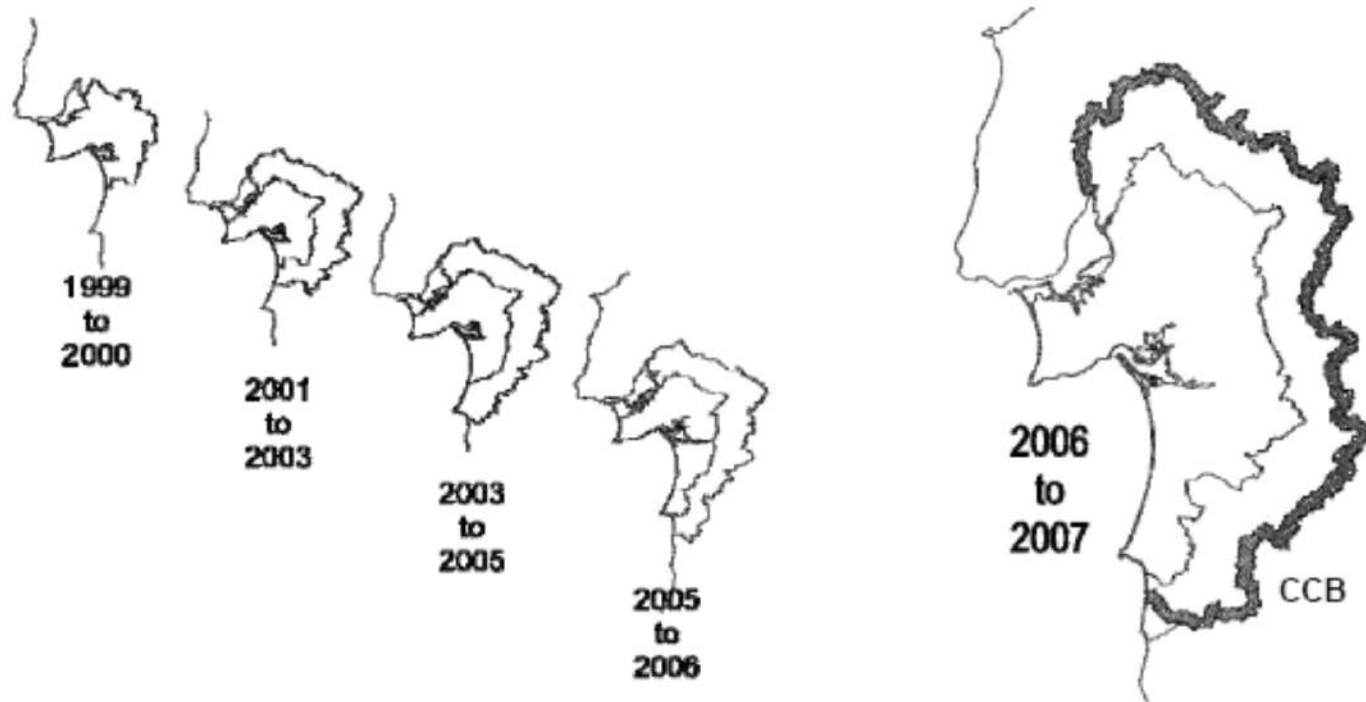


Figure 4. Evolution of Demarked area in Setúbal Peninsula with affected zone (inner area) and buffer zone (outer area). Clear cut belt (CCB), implemented in the limit of buffer zone in 2007.

Management and Control of PWN

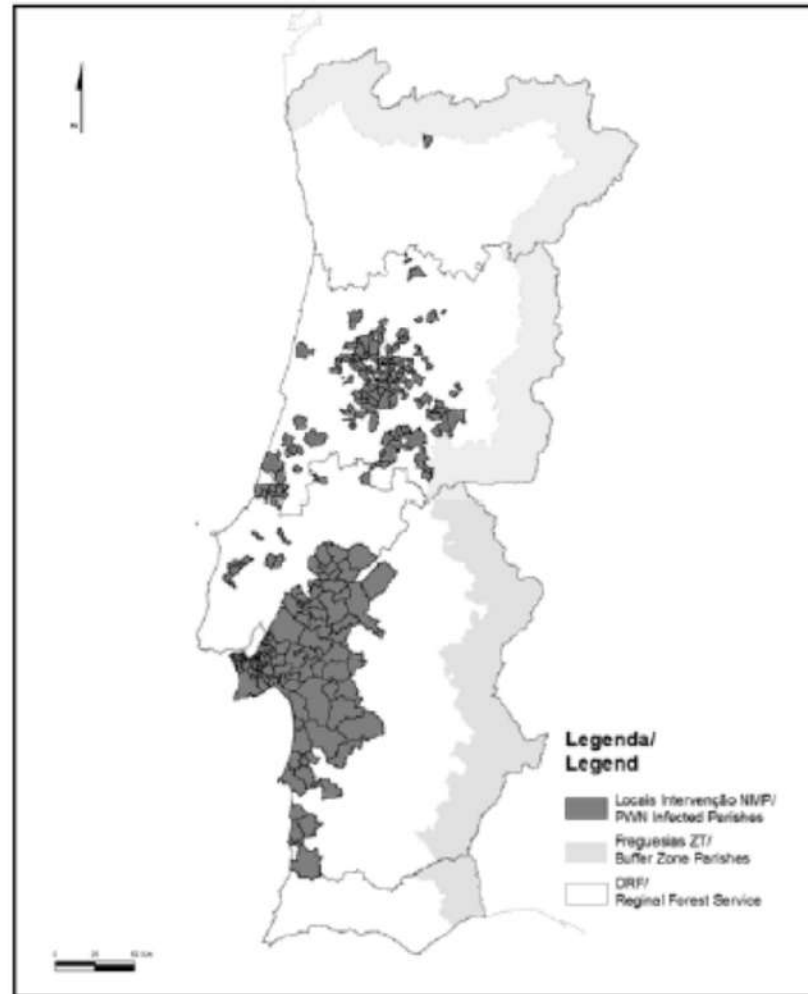


Figure 5. Distribution of parishes with Pine Wood Nematode positive samples, in 2010.

Management and Control of PWN



Figure 6. Traps more efficient to catch *Monochamus galloprovincialis*. Transparent cross-vane (a); Multifunnel trap (b).

Management and Control of PWN

- Despite the existing legislation and the collaboration of various official and private entities, **the human dissemination of infected wood is extremely difficult to avoid**
- The **illegal or accidental transport of small quantities of wood** with both the nematode and the vector can easily compromise all the efforts and successfully **disseminate wilt disease to new locations several kilometres.**
- This risk **can be minimised if in the affected areas the nematode incidence and vector populations are kept at low levels**, which can be achieved through a **multi-integrated and complementary approach of management** and control strategies.



Current scenario in Spain about PWN



MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN



Castellano

Buscar

Ministerio

Sala de prensa

Áreas de actividad

Participación pública

Atención al ciudadano

Inicio > Agricultura > Sanidad vegetal > Organismos nocivos > **Nematodo de la madera del pino**

Organismos nocivos

Nematodo de la madera del pino

Fuego bacteriano

Otras plagas de cuarentena

Plagas de los cítricos

Xylella fastidiosa

Caracol manzana

Epitrix papa

Tecia solanivora

Plagas prioritarias

Dryocosmus kuriphilus

Nematodo de la madera del pino (*Bursaphelenchus xylophilus*)



Descripción

Bursaphelenchus xylophilus, Nematodo de la madera del Pino (NMP), es un organismo nocivo de cuarentena que provoca graves daños en las especies del género *Pinus* sp. y otras coníferas. Su ataque causa el decaimiento súbito de los árboles afectados, produciendo una sintomatología conocida como "seca o marchitamiento de los pinos". Provoca daños económicos y ecológicos derivados de la muerte del arbolado, e importantes restricciones al comercio de madera y material de embalaje en aquellos países donde el NMP está presente, lo que implica un aumento de los costes de comercialización de estos productos.

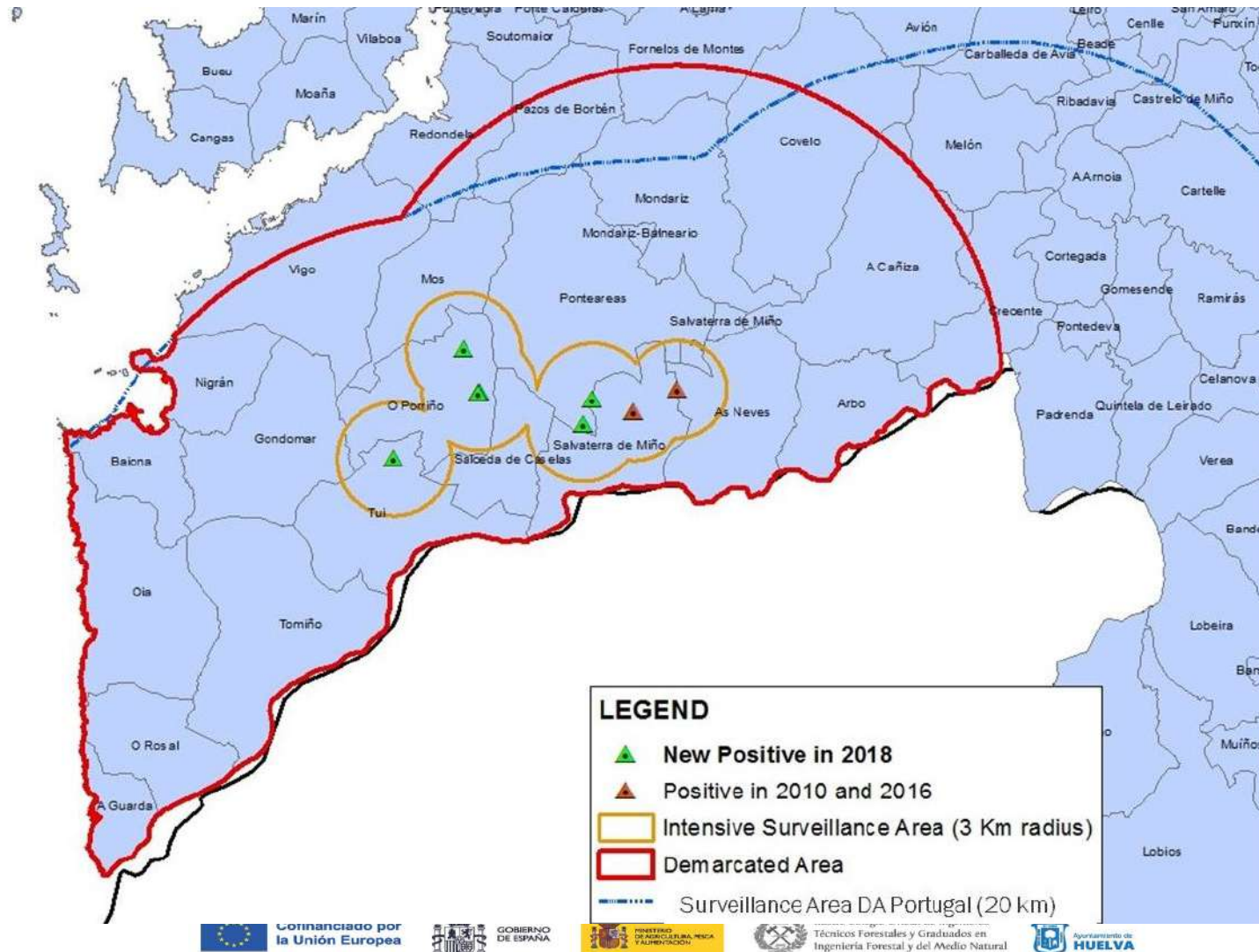
El NMP fue detectado por primera vez en territorio europeo en Portugal, en el año 1999. En España la primera aparición se produjo en el término municipal de Villanueva de la Sierra (Cáceres). Complementariamente el resto de los Estados Miembros de la Unión Europea han adoptado una serie de medidas de vigilancia, alerta temprana y control contra este organismo, que persiguen impedir la introducción y propagación del NMP en el resto del territorio europeo. Todo ello se concretó mediante una acción común y coordinada articulada en un principio por la Decisión 2006/133/CE de la Comisión, que se derogó sustituyéndose por la Decisión de Ejecución de la Comisión Europea 2012/535/UE de 26 de septiembre de 2012, que ha sido modificada en varias ocasiones.

Situación Actual en España PWN

-El NMP se detectó en España por primera vez en **octubre de 2008** en la **Sierra de Dios Padre**, situada en la **Comunidad Autónoma de Extremadura**. Las **Autoridades españolas** declararon erradicado este brote (de un único árbol infestado) el **16 de enero de 2013**. Desde ese primer caso, se han erradicado otros dos brotes en **Valverde del Fresno** en la **Comunidad Autónoma de Extremadura** y **Sancti-Spiritus** en la **Comunidad Autónoma de Castilla y León**.

-Actualmente, en España hay 3 Zonas Demarcadas (ZD) de *Bursaphelenchus xylophilus*: **As Neves (Pontevedra)**, en la Comunidad Autónoma de Galicia; **Lagunilla (Salamanca)** cuya ZD afecta a las Comunidades Autónomas de Castilla y León y Extremadura, y **Sierra de la Malvana (Valverde del Fresno, Cáceres)** afectando a las Comunidades Autónomas de Extremadura y Castilla y León.

Current scenario in Spain about PWN Sierra de las Nieves (2010, 2016, 2018)



La Xunta actualiza la zona demarcada del nematodo del pino de As Neves y la aplicación de medidas de contención en áreas de Pontevedra y Ourense

- Estas medidas se adoptan porque, a pesar de las actuaciones realizadas, no fue posible erradicar este organismo nocivo y se constató que su presencia fue continuada y progresiva y que el número de positivos fue en crecimiento, sobre todo desde el 2018



- Se declaran, conforme a la normativa de la UE, medidas de control en la zona demarcada de As Neves y, al tiempo, una nueva zona demarcada en este ayuntamiento pontevedrés, sujeta a medidas de contención, que sustituye al anterior área de erradicación
- La nueva zona demarcada estará formada por un área plagado y otra tampón de 20 kilómetros alrededor de ella

Ámbito geográfico de la zona demarcada



Zona infestada, delimitada por la línea roja, y zona tampón, por la línea azul.

Concellos total o parcialmente incluidos en la zona infestada:

A Cañiza, A Guarda, Arbo, As Neves, Baiona, Covelo, Crecente, Fornelos de Montes, Gondomar, Mondariz, Mondariz-Balneario, Mos, Nigrán, O Porriño, O Rosal, Oia, Pazos de Borbén, Ponteareas, Redondela, Salceda de Caselas, Salvaterra de Miño, Tomiño, Tui e Vigo, na provincia de Pontevedra.

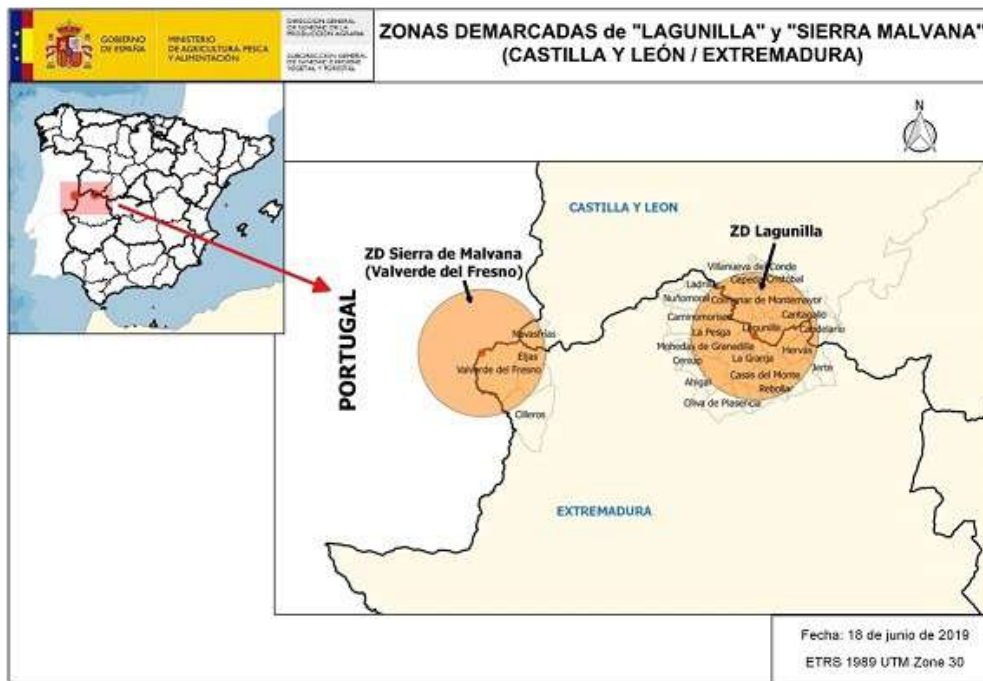
Concellos total o parcialmente incluidos en la zona tampón:

Ourense: A Arnoia, Avión, Bande, Beade, Beariz, Boborás, Carballeda de Avia, O Carballiño, Cartelle, Castrelo de Miño, Celanova, Cenlle, Cortegada, Entrimo, Gomesende, Leiro, Lobeira, Lobios, Melón, Padrenda, Pontedeve, Quintela de Leirado, Ramirás, Ribadavia, San Amaro, Toén e Vereá, na provincia de Ourense.

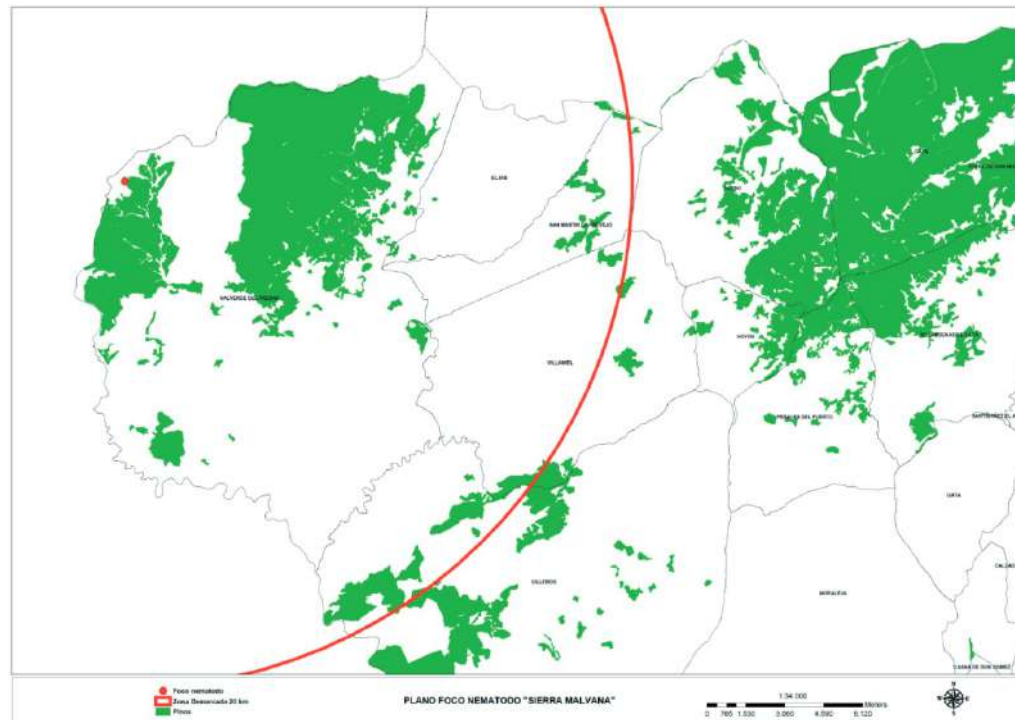
Pontevedra: A Cañiza, Bueu, Cangas, Cerdedo-Cotobade, Forcarei, Covelo, Crecente, Fornelos de Montes, A Lama, Marín, Moaña, Poio,



Current scenario in Spain about PWN Lagunilla (2018)

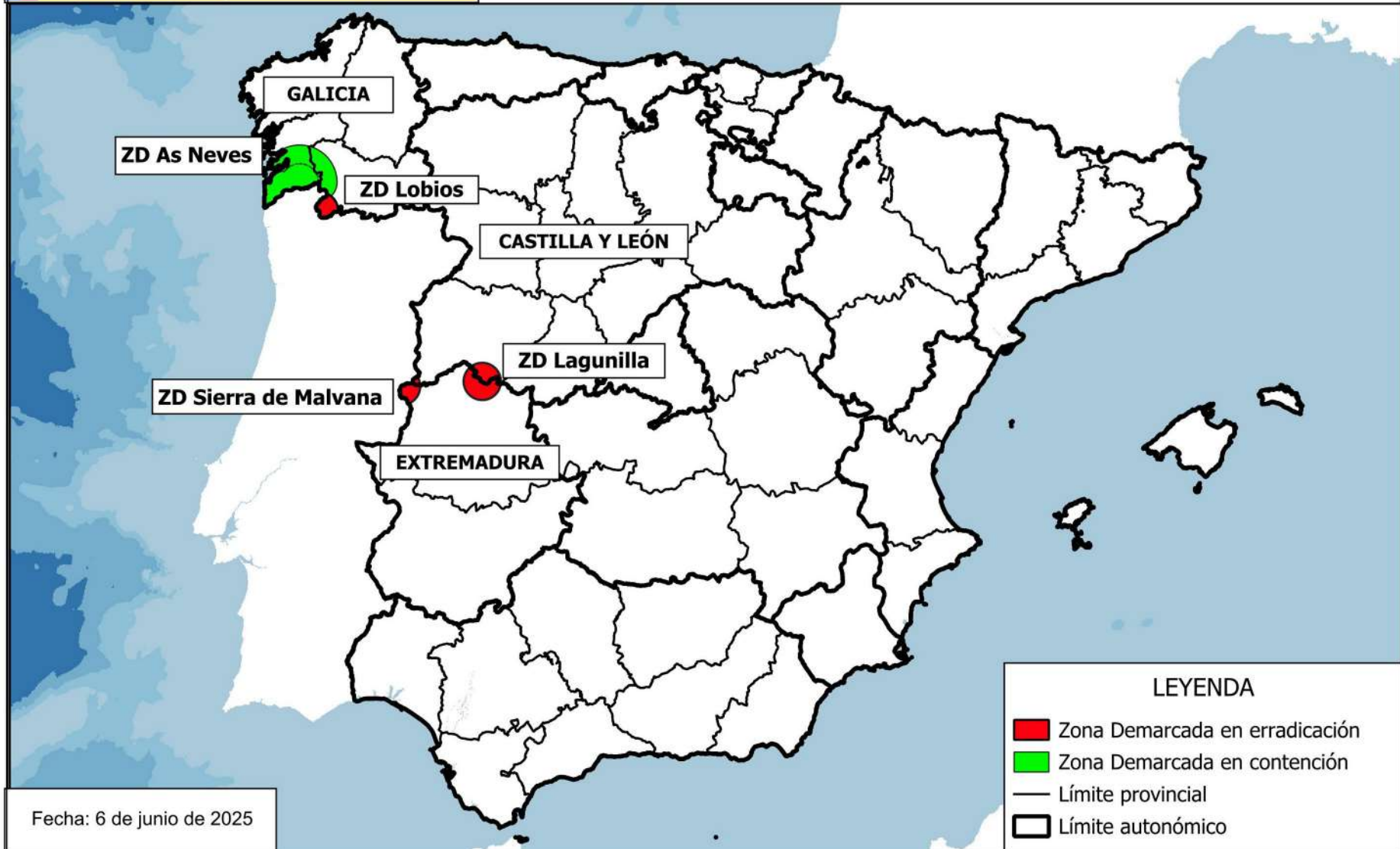


Current scenario in Spain about PWN Sierra Malvana (2019)





ZONAS DEMARCADAS DE *Bursaphelenchus xylophilus* EN ESPAÑA





→ ABC → Natural

Detectado por primera vez en Francia un parásito mortal del pino en el bosque de las Landas

Seignosse (Francia), 6 nov (EFE/EPA).- Las autoridades francesas han anunciado la primera detección ...



EFE

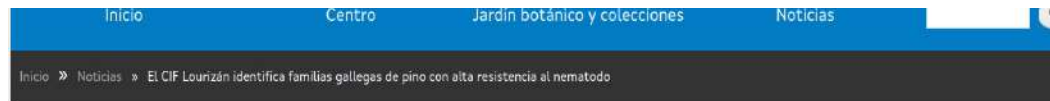
06/11/2025 a las 20:21h.



Seignosse (Francia), 6 nov (EFE/EPA).- Las autoridades francesas han anunciado la primera detección del destructivo nematodo del

Figura 1: Cartografía de la zona delimitada por el foco de nematodo del pino. DRAAF Nueva Aquitania, 04/11/2025.

Management and Control of PWN: host resistance



El CIF Lourizán identifica familias gallegas de pino con alta resistencia al nematodo



29 Junio, 2016

El Centro de Investigación Forestal trabaja desde 2013 en la selección de árboles que sean menos susceptibles al ataque de la plaga. La mortandad de la especie por el nematodo oscila entre el 75% de las familias más susceptibles y el 10% de las m...

Lourizán, 27 de junio de 2016.- El nematodo del pino es una espada de Damocles para el monte gallego. Por el momento, la presencia de la plaga se limita a dos focos detectados en As Neves (2010) y en Salvaterra do Miño (2016), pero es una incógnita si, en el futuro, la expansión del problema puede ir a más. Ante esa amenaza, el Centro de Investigación Forestal (CIF) de Lourizán lleva cuatro años trabajando en la identificación de familias gallegas de pino del país (*Pinus*



Cofinanciado por
la Unión Europea



GOBIERNO
DE ESPAÑA



Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros
Técnicos Forestales y Graduados en
Ingeniería Forestal y del Medio Natural



Management and Control of PWN: host resistance

Torres-Sánchez et al. *Annals of Forest Science* (2023) 80:33
https://doi.org/10.1186/s13595-023-01202-x



Annals of
Forest Science

RESEARCH PAPER

Open Access



The effects of provenance, climate, and chemical defense on the resistance of *Pinus pinaster* Aiton to *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Buhner)

Esteban Torres-Sánchez^{1*}, María Menéndez-Gutiérrez¹, Lucía Villar² and Raquel Díaz¹

Abstract

Key message The resistance of *Pinus pinaster* Aiton to pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Buhner) varied among populations from the Iberian Peninsula, with survival rates for inoculated seedlings ranging from 5 to 100%. These differences in resistance were paralleled by differences in some constitutive chemical defenses. Populations from the southeastern Iberian Peninsula displayed higher resistance than northern populations.

Context The presence of the pinewood nematode (PWN), *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Buhner), in Portugal threatens Mediterranean pine species such as *Pinus pinaster* Aiton.

Aims We have focused on assessing the resistance of *P. pinaster* populations to *B. xylophilus*, looking for any relationship between the PWN resistance and some constitutive chemical defenses and geoclimatic parameters.

Methods Two-year-old seedlings from 32 provenances and two seed orchards were evaluated in an experiment of artificial inoculation following a randomized complete block design under greenhouse conditions. We measured growth-related traits, response to *B. xylophilus* inoculations, and constitutive chemical compounds in needles of the evaluated seedlings and compiled geoclimatic data for each population. Mixed models, nonparametric tests, correlations, and PCA were used to analyze the data.

Results Survival, wilting symptoms, morphological traits, and nematode density varied significantly among populations. Lower concentrations of constitutive polyphenols, lipid-soluble substances, and tannins were related to higher PWN resistance. Populations from the southeast of the Iberian Peninsula showed higher survival rates than those from further north. Additionally, we observed that populations to warm, dry climates showed higher resistance to *B. xylophilus* than populations originating from humid, temperate climates.

Conclusion Higher susceptibility to PWN is related to lower growth traits, to lower levels of certain constitutive chemical compounds, and to adaptations to harsher climate.

Keywords Maritime pine, Pinewood nematode, Populations, Constitutive defenses, Geoclimatic pattern

Handling editor: Christelle Robinet

This article is part of the topical collection on 'Advances in the understanding of the pine wilt disease and in its management strategy'.

*Correspondence:
Esteban Torres-Sánchez
esteban.torres.sanchez@xunta.gal

Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2023. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

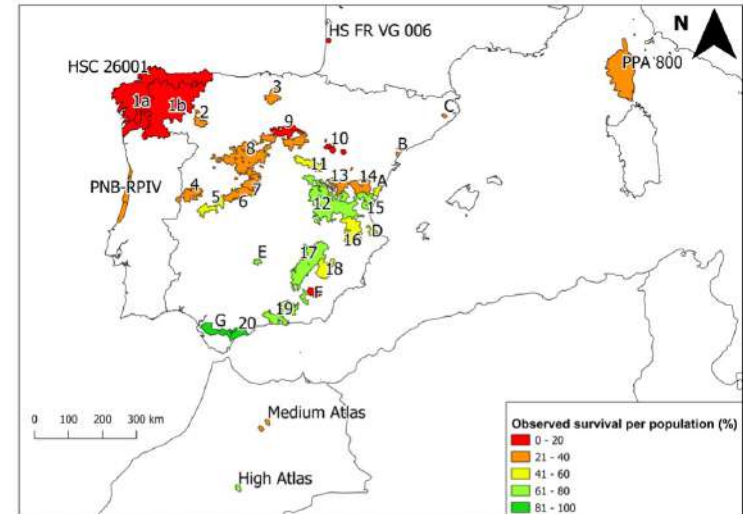


Fig. 1 *Pinus pinaster* populations evaluated in the experiment. The color gradient represents the different intervals of the observed survival rate.

Appendix

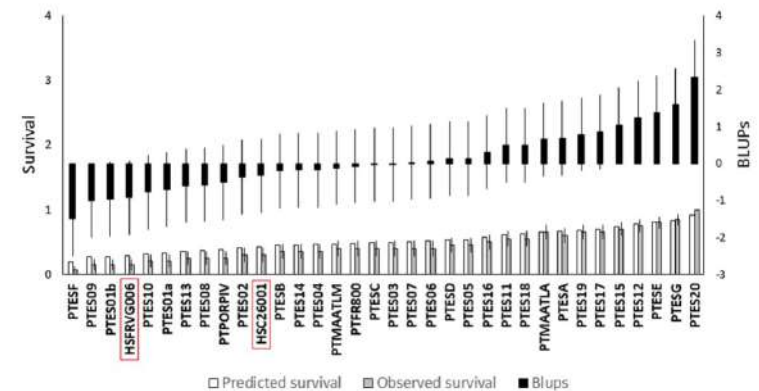


Fig. 5 Black columns represent BLUPS (on the logit scale, right axis), white columns show predicted survival (scale 0–1, left axis), and gray columns indicate observed survival (scale 0–1, left axis of the graphic) for each population. Values were calculated from a binomial generalized mixed model for survival at 133 DAI with population and block as random effects. Vertical lines are standard errors of each variable.



Cofinanciado por
la Unión Europea



GOBIERNO
DE ESPAÑA



MINISTERIO DE AGRICULTURA,
GANADERÍA Y PESCA



Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros
Técnicos Forestales y Graduados en
Ingeniería Forestal y del Medio Natural



Ayuntamiento de
HUELVA

Galloprotect 2D

Monochamus galloprovincialis

Monochamus galloprovincialis (Coleoptera: Cerambycidae), es un insecto secundario que coloniza pinos recién muertos o moribundos en toda Europa. También se ha encontrado en zonas del Caúcaso, Siberia, Mongolia, China y norte de África. Todas las especies de pino son susceptibles de ser colonizadas por este insecto, aunque también se reproduce en los géneros *Abies*, *Picea* y *Larix*.

La importancia de *M. galloprovincialis* radica en que es transmisor del nematodo del pino *Bursaphelenchus xylophilus*, un patógeno letal responsable del marchitamiento de los pinos. Los adultos, que inician su emergencia a finales de mayo y pueden llegar hasta el mes de octubre, se alimentan de la corteza viva de ramillos jóvenes de árboles sanos. La reproducción y el desarrollo larvario se realiza sobre árboles decadentes, recién muertos, moribundos, cortados o semiquemados. Suele haber una generación por año, aunque en zonas frías el ciclo puede ser de dos años. Los nematodos se introducen en el cuerpo del insecto adulto, principalmente en las tráqueas, antes de que éste emerja, y son transportados fuera del árbol. Cuando los insectos se alimentan en los ramillos sanos, el nematodo abandona el cuerpo del vector y penetra en el árbol por las mordeduras, infectándolo. Los nematodos también pueden infectar a los pinos recién muertos cuando el vector realiza la puesta en ellos.

PROCEDIMIENTO DE CONTROL

La lucha contra esta especie es necesaria, no por los daños que causa directamente pero sí por los derivados de la propagación del nematodo de la madera del pino. Las técnicas de control del insecto se basan en labores preventivas dirigidas a evitar la dispersión del cerambícido desde las zonas actualmente afectadas. La entrada de madera desde las zonas afectadas no es posible sin los correspondientes tratamientos fitosanitarios.

Para evitar la proliferación del insecto, se recomienda una correcta planificación de



Monochamus galloprovincialis
Coleoptera: Cerambycidae



Management and Control of PWN

Galloprotect 2D: Cebo atrayente



UVa

Universidad de Valladolid Repositorio Documental

BUCLE

Buscar Recolector BUCLE...



UVa
doc



LISTAR

Todo UVaDOC

Comunidades

Por fecha de publicación

Autores

Materias

Títulos

MI CUENTA

Acceder

DESCUBRE

Autor

Sánchez Husillos, Estela (2)

Sacristán Velasco, Alberto (1)

Álvarez Baz, Gonzalo (1)

Titulación

Máster en Ingeniería de Montes (2)

... más

Fecha

2000 - 2024 (4)

Formato

application/pdf (4)

... más

UVaDOC Principal » Buscar

Buscar

Todo UVaDOC

monochamus

Ir

Mostrar filtros avanzados

Mostrando ítems 1-4 de 4



Estudio de captura masiva como método de control de monochamus galloprovincialis (Olivier; Col.:Cerambycidae) en densidades poblacionales bajas

Sánchez Husillos, Estela (2019)



Control biológico del vector del nematodo de la madera del pino Monochamus galloprovincialis Olivier mediante autoinfección con el hongo entomopatógeno Beauveria pseudobassiana S.A. Rehner & Humber

Sacristán Velasco, Alberto  (2017)



Biología, ecología y manejo de "Monochamus galloprovincialis" (olivier): vector del nematodo del pino

Sánchez Husillos, Estela (2016)



Semiochemical management of pine sawyer beetles Monochamus galloprovincialis (Olivier) and M. sutor (Linnaeus)

Álvarez Baz, Gonzalo (2015)

Comentarios

Universidad de Valladolid

Powered by MIT's DSpace software, Version 5.10



Estudio de captura masiva como método de control de monoctonus galloprovincialis (Olivier; Col.:Cerambycidae) en densidades poblacionales bajas

Sánchez Husillos, Estela (2019)



Control biológico del vector del nematodo de la madera del pino Monoctonus galloprovincialis Olivier mediante autoinfección con el hongo entomopatógeno Beauveria pseudobassiana S.A. Rehner & Humber

Sacristán Velasco, Alberto  (2017)



Biología, ecología y manejo de "Monoctonus galloprovincialis" (olivier): vector del nematodo del pino

Sánchez Husillos, Estela (2016)



Semiochemical management of pine sawyer beetles Monoctonus galloprovincialis (Olivier) and M. sutor (Linnaeus)

Alvarez Baz, Gonzalo (2015)

Management and Control of PWN: Semiochemicals



OPEN ACCESS

EDITED BY

Isabel Alvarez Munck,
Forest Service (USDA), United States

REVIEWED BY

Claudia S. L. Vicente,
University of Evora, Portugal
Minggang Wang,
Beijing Forestry University, China

*CORRESPONDENCE

Tamara Sánchez-Gómez
✉ tamara.sanchez@uva.es

RECEIVED 26 May 2023

ACCEPTED 11 August 2023

PUBLISHED 24 August 2023

CITATION

Sánchez-Gómez T, Harte SJ, Zamora P,
Bareyre M, Díez JJ, Herrero B, Niño-Sánchez J
and Martín-García J (2023) Nematicidal effect
of *Beauveria* species and the mycotoxin
beauvericin against pinewood nematode
Bursaphelenchus xylophilus.
Front. For. Glob. Change 6:1229456.
doi: 10.3389/ffgc.2023.1229456

COPYRIGHT

© 2023 Sánchez-Gómez, Harte, Zamora,
Bareyre, Díez, Herrero, Niño-Sánchez and
Martín-García. This is an open-access article
distributed under the terms of the [Creative
Commons Attribution License \(CC BY\)](#). The
use, distribution or reproduction in other
forums is permitted, provided the original
author(s) and the copyright owner(s) are
credited and that the original publication in this
journal is cited, in accordance with accepted
academic practice. No use, distribution or
reproduction is permitted which does not
comply with these terms.

Nematicidal effect of *Beauveria* species and the mycotoxin beauvericin against pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus*

Tamara Sánchez-Gómez^{1,2*}, Steven J. Harte³, Paula Zamora^{1,2,4},
Matéo Bareyre^{1,5}, Julio Javier Díez^{1,2}, Baudilio Herrero⁶,
Jonathan Niño-Sánchez^{1,2} and Jorge Martín-García^{1,2}

¹Recognised Research Group AGROBIOTECH, UIC-370 (JCyL), Department of Plant Production and Forest Resources, University of Valladolid, Palencia, Spain, ²Sustainable Forest Management Research Institute (IuFOR), University of Valladolid, Palencia, Spain, ³Natural Resources Institute, University of Greenwich, Kent, United Kingdom, ⁴Sección Sanidad Forestal, Centro de Sanidad Forestal de Calabazanos, Consejería de Fomento y Medio Ambiente, Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal, Palencia, Spain, ⁵National School of Agricultural Engineering of Bordeaux (Bordeaux Sciences Agro), Gradignan, France, ⁶Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Valladolid, Palencia, Spain

Introduction and main objective: *Bursaphelenchus xylophilus*, commonly known as pine wood nematode (PWN), is considered one of the greatest threats to European and Asian pines. Regarding its management, most efforts have been directed toward control measures for the major vector (*Monochamus* spp.) and screening for genetic resistance in its hosts. However, an integrated pest management strategy which also implements pinewood nematode control is currently lacking. The aim of this study was to evaluate the nematicidal effect of two *Beauveria* species, a genus well known for its entomopathogenic activity.

Summary methodology: For this purpose, *in vitro* antagonism tests of fungi (*Beauveria bassiana* and *B. pseudobassiana*) and the mycotoxin beauvericin (C₄₅H₅₇N₃O₉) on *B. xylophilus* populations were conducted. Finally, the production of beauvericin in *B. bassiana* and *B. pseudobassiana* strains was quantified by high-performance liquid chromatography - mass spectrometry (HPLC-MS).

Results and discussion: Both the *B. bassiana* and *B. pseudobassiana* fungal species and the mycotoxin beauvericin showed a clear nematicidal effect on *B. xylophilus* populations, substantially reducing their survival rate and even attaining 100% mortality in one case. HPLC-MS analysis confirmed and quantified the production of beauvericin by *B. bassiana* and demonstrated for the first-time beauvericin production in *B. pseudobassiana*.

Final conclusion: These findings highlight the potential of *Beauveria* species and



la Unión Europea



Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación



VALLADOLID



Ingeniería Forestal y del Medio Natural

genieros
ados en



Management and Control of PWN: Semiochemicals

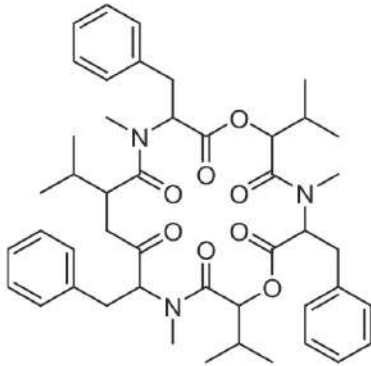


FIGURE 1
Chemical structure of BEA. Diagram created using the software ChemDraw[®].

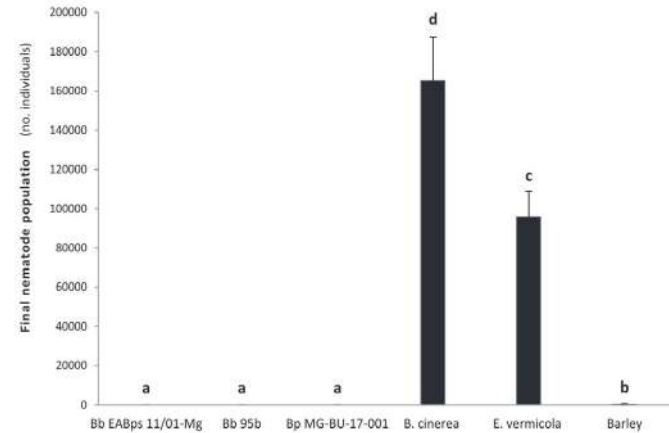


FIGURE 2
Effect on *B. xylophilus* populations from *B. bassiana* and *B. pseudobassiana* strains after 13 days. Bars with different letters indicate significantly different means ($\alpha = 0.05$).

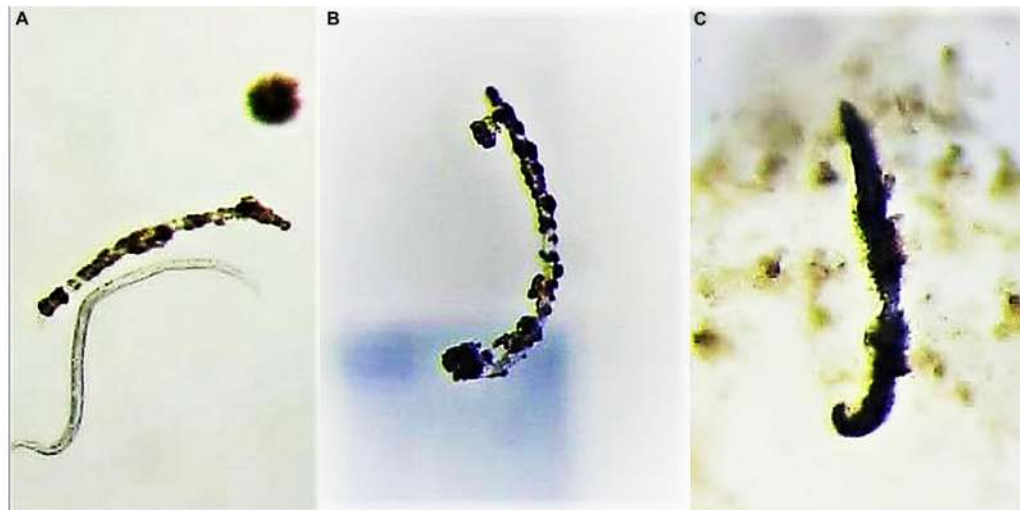


FIGURE 4
A nematode with a normal appearance together with a "encapsulated" one in 0.1 mM BEA (A) and other "encapsulated" nematodes found in 1 and 2 mM BEA treatments [(B,C), respectively].

To take home

- 1- **La globalización está incrementando el número de especies exóticas** que llegan a los bosques, provocando un aumento de nuevos brotes, incluidos patógenos de acículas y brotes. *Bursaphelenchus xylophilus* es una de ellas.
- 2- **El cambio climático está debilitando los árboles**, dando oportunidad a los patógenos y a los vectores (*Monochamus galloprovincialis*) para colonizarlos.
- 3- **Es posible gestionar las plagas y enfermedades forestales de manera respetuosa** con el medio ambiente, evitando daños a la salud del bosque.
- 4-El NMP (**PWN**) es una enfermedad importante de los pinos, **que puede ser manejada de una forma ambientalmente sostenible**
- 5- **Se necesitan más recursos** para los departamentos y laboratorios de sanidad forestal, con el objetivo de mitigar el efecto de los patógenos exóticos y emergentes asociados al cambio global, así como el aumento de la cantidad de madera muerta en el bosque.

Thank so much!

