

# PROYECTO LIFE HEALTHY FOREST



*Informe final de HAZI Fundazioa*

*Abril 2019*

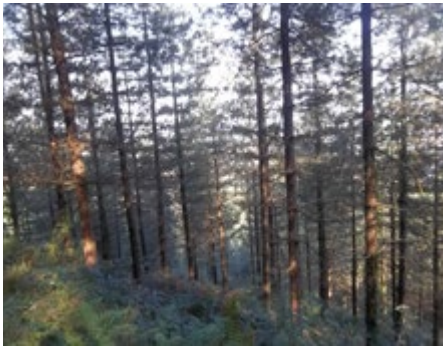
**hazi**  
LANDA, ITSASERTZ ETA ELIKAGAIEN SUSTAPENA  
DESARROLLO RURAL, LITORAL Y ALIMENTARIO



**EUSKO JAURLARITZA  
GOBIERNO VASCO**

EKONOMIAREN GARAPEN  
ETA LEHIAKORTASUN SAILA  
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO  
ECONÓMICO Y COMPETITIVIDAD





# PROYECTO LIFE HEALTHY FOREST



*Informe final de HAZI Fundazioa*

*Abril 2019*

Edición: 1ª, julio 2019

Tirada: 200 ejemplares

© Fundación HAZI Fundazioa  
Alejandro Cantero Amiano (textos e imágenes)

Edita: Fundación Hazi Fundazioa  
Granja Modelo s/n  
01192 Arkaute (Araba)  
[www.hazi.eus](http://www.hazi.eus)

Imprime: Roberto Elburgo

## INDICE

---

PROYECTO LIFE14 ENV/ES/000179 HEALTHY FOREST .....	5
FINAL REPORT- INFORME FINAL DEL PROYECTO .....	15
MONITORING PROGRESS REPORTS-INFORMES PARCIALES DE HAZI.....	61
INFORMES SOCIO-ECONÓMICOS DE HAZI .....	73
ANÁLISIS CLIMÁTICO .....	103
CÁLCULOS DASOMÉTRICOS .....	115
SEGUIMIENTO DE LAS ENFERMEDADES EN LAS CONÍFERAS .....	133
VISOR WEB DEL PROYECTO .....	165
ANEXOS: PRESENTACIONES .....	179

# LIFE HEALTHY FOREST

DETECCIÓN TEMPRANA Y SISTEMAS DE GESTIÓN AVANZADOS PARA REDUCIR EL DETERIORO DE LOS BOSQUES CAUSADO POR AGENTES PATOGENOS E INVASIVOS

[www.lifehealthyforest.com](http://www.lifehealthyforest.com)



## OBJETIVOS

• Identificar los bosques más vulnerables a los agentes patógenos e invasivos.

• Desarrollar sistemas de gestión avanzados para reducir el deterioro de los bosques.

• Promover la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejorar la calidad del agua y del suelo.

• Fomentar la participación de los actores locales.

• Realizar actividades de educación ambiental.

• Desarrollar actividades de investigación y desarrollo.

• Promover la cooperación entre los actores locales.

• Realizar actividades de seguimiento y evaluación.

• Desarrollar actividades de comunicación y difusión.

• Promover la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejorar la calidad del agua y del suelo.

• Fomentar la participación de los actores locales.

• Realizar actividades de educación ambiental.

• Desarrollar actividades de investigación y desarrollo.

• Promover la cooperación entre los actores locales.

• Realizar actividades de seguimiento y evaluación.

• Desarrollar actividades de comunicación y difusión.

• Promover la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejorar la calidad del agua y del suelo.

• Fomentar la participación de los actores locales.

• Realizar actividades de educación ambiental.

• Desarrollar actividades de investigación y desarrollo.

• Promover la cooperación entre los actores locales.

• Realizar actividades de seguimiento y evaluación.

• Desarrollar actividades de comunicación y difusión.

• Promover la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejorar la calidad del agua y del suelo.

• Fomentar la participación de los actores locales.

• Realizar actividades de educación ambiental.

• Desarrollar actividades de investigación y desarrollo.

• Promover la cooperación entre los actores locales.

• Realizar actividades de seguimiento y evaluación.

• Desarrollar actividades de comunicación y difusión.

• Promover la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejorar la calidad del agua y del suelo.

• Fomentar la participación de los actores locales.

• Realizar actividades de educación ambiental.

• Desarrollar actividades de investigación y desarrollo.

• Promover la cooperación entre los actores locales.

• Realizar actividades de seguimiento y evaluación.

• Desarrollar actividades de comunicación y difusión.

• Promover la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejorar la calidad del agua y del suelo.

• Fomentar la participación de los actores locales.

• Realizar actividades de educación ambiental.

• Desarrollar actividades de investigación y desarrollo.

## ACTIVIDADES Y RESULTADOS ESPERADOS

• Identificación de los bosques más vulnerables a los agentes patógenos e invasivos.

• Desarrollo de sistemas de gestión avanzados para reducir el deterioro de los bosques.

• Promoción de la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejora de la calidad del agua y del suelo.

• Fomento de la participación de los actores locales.

• Realización de actividades de educación ambiental.

• Desarrollo de actividades de investigación y desarrollo.

• Promoción de la cooperación entre los actores locales.

• Realización de actividades de seguimiento y evaluación.

• Desarrollo de actividades de comunicación y difusión.

• Promoción de la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejora de la calidad del agua y del suelo.

• Fomento de la participación de los actores locales.

• Realización de actividades de educación ambiental.

• Desarrollo de actividades de investigación y desarrollo.

• Promoción de la cooperación entre los actores locales.

• Realización de actividades de seguimiento y evaluación.

• Desarrollo de actividades de comunicación y difusión.

• Promoción de la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejora de la calidad del agua y del suelo.

• Fomento de la participación de los actores locales.

• Realización de actividades de educación ambiental.

• Desarrollo de actividades de investigación y desarrollo.

• Promoción de la cooperación entre los actores locales.

• Realización de actividades de seguimiento y evaluación.

• Desarrollo de actividades de comunicación y difusión.

• Promoción de la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejora de la calidad del agua y del suelo.

• Fomento de la participación de los actores locales.

• Realización de actividades de educación ambiental.

• Desarrollo de actividades de investigación y desarrollo.

• Promoción de la cooperación entre los actores locales.

• Realización de actividades de seguimiento y evaluación.

• Desarrollo de actividades de comunicación y difusión.

• Promoción de la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejora de la calidad del agua y del suelo.

• Fomento de la participación de los actores locales.

• Realización de actividades de educación ambiental.

• Desarrollo de actividades de investigación y desarrollo.

• Promoción de la cooperación entre los actores locales.

• Realización de actividades de seguimiento y evaluación.

• Desarrollo de actividades de comunicación y difusión.

• Promoción de la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques.

• Mejora de la calidad del agua y del suelo.

• Fomento de la participación de los actores locales.

• Realización de actividades de educación ambiental.

• Desarrollo de actividades de investigación y desarrollo.



# PROYECTO LIFE14 ENV/ES/000179 HEALTHY FOREST

## 1.- INTRODUCCIÓN

El proyecto HEALTHY FOREST, “Detección temprana de enfermedades y sistemas de manejo avanzados para reducir el declive causado por enfermedades forestales”, fue uno de los 96 proyectos seleccionados por el programa LIFE en el subprograma de Medio Ambiente de entre las 1.117 solicitudes recibidas por la Comisión Europea en la primera convocatoria de proyectos del periodo de programación 2014-2020. Su duración prevista fue de 42 meses (noviembre de 2015/abril de 2019) y su denominación completa es “Sistemas de detección temprana y manejo dirigidos a reducir el declive forestal causado por agentes patógenos e invasores” (Early detection and advanced management systems to reduce forest decline caused by invasive and pathogenic agents).

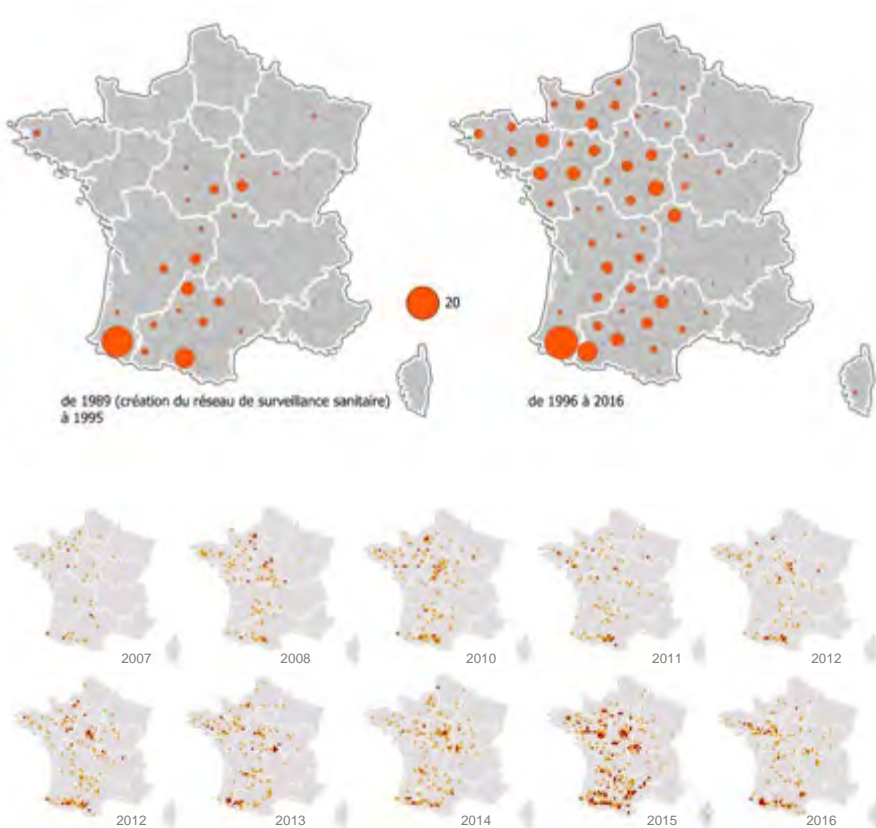
La preocupación existente en el País Vasco desde hace unos años a causa de la defoliación causada por la enfermedad de las bandas en las plantaciones de *Pinus nigra* ssp. *laricio* y de *Pinus radiata* motivó que en 2014 la doctora Eugenia Iturrutxa de NEIKER se pusiera en contacto con el Área Forestal de HAZI para proponer un proyecto LIFE centrado en esta problemática. Comunicada su aprobación en mayo de 2015, los 4 socios integrantes se pusieron a trabajar de manera coordinada entre sí y con los agentes sectoriales forestales del País Vasco.

En relación al pino laricio, los daños causados por la enfermedad ya eran evidentes, sobre todo al este de Gipuzkoa, desde hace unos 10 años. La caída masiva de acículas en distintas épocas del año, junto con los avisos procedentes de Francia respecto al abandono de esta especie en nuevas plantaciones debido a la enfermedad, no anunciaban un panorama favorable. Desde entonces, el problema se ha extendido hacia el resto de pinares cantábricos de laricio, pero no parece haber causado una fuerte mortalidad ni un grave descenso del crecimiento en estos pinares.

Existe abundante bibliografía sobre este problema en Europa, principalmente en la Gran Bretaña y en Francia. Por ejemplo, en los siguientes gráficos se muestra el rápido avance de la enfermedad en las masas de pino laricio de Francia, con especial incidencia al año 2015<sup>1</sup>:

---

1 Informe *La maladie des bandes rouges sur pin Laricio. Le point 2015-2016*. Disponible en: <https://agriculture.gouv.fr/maladie-des-bandes-rouges-sur-pin-laricio-le-point-2015-2016>



En relación al pino radiata, en 2011-2012 la enfermedad se puso de manifiesto en las zonas de Elgoibar/Mendaro, así como en la zona de Tolosaldea. Hacia 2013, la enfermedad se pone de manifiesto en el valle del Urola. Desde entonces, ha habido años en los que aparentemente los pinares de la zona de Elgoibar mejoran si bien la zona de Azpeitia empeora. Actualmente, además de esas zonas, también Tolosaldea está muy tocada. En 2015 el Director de Montes de Gipuzkoa propone la declaración oficial de la banda marrón en Gipuzkoa. En una reunión en Diputación Foral de Gipuzkoa el 28 de Octubre de 2016, en el marco del Proyecto SUDOE Plurifor, la Asociación de Forestalistas de Gipuzkoa solicitó la realización de tratamientos con sales de cobre utilizando drones.

El Territorio Histórico de Bizkaia también se ha visto afectado por la enfermedad, aunque de forma más lenta. En 2012, el ingeniero de Montes Aitor Omar Aspiazu publica en la revista Foresta el artículo “Gestión Forestal: Aspectos más relevantes de la sanidad forestal en Vizcaya/Bizkaia”, en el que cita:

*Entre las coníferas es frecuente y está casi totalmente extendido por la mayoría de los pinares *Dothistroma pini*, que provoca la enfermedad de la banda roja, originando*



*defoliaciones de diferente intensidad. También se citan Naemaciclus, Pestalotia y otros géneros de hongos que causan defoliaciones. Aunque en otros países se ha empleado tratamiento cúpricos para su control, hasta la fecha no se ha planteado su realización en Bizkaia, recomendándose labores selvícolas (desbroces, podas y claras) para mejorar la ventilación de las masas y favorecer la resistencia frente a estos hongos.*

*No obstante, la mayor preocupación deriva de los problemas que está causando la banda marrón, Lecanosticta acicola, que en masas jóvenes de pino insigne puede defoliar casi todo el árbol excepto la guía y ramillos altos. Aunque se desarrolla sobre todo en masas poco ventiladas de vaguadas y fondos de valle, también se ha identificado en masas más ventiladas, con desbroces, podas y claros realizados.*

En 2014, por su parte, la Memoria anual del Departamento de Agricultura de la Diputación Foral de Bizkaia cita<sup>2</sup>:

*Destacar la importante incidencia de la enfermedad Banda marrón causada por el hongo Lecanosticta.*

Existía tradicionalmente una gran confusión entre las denominaciones banda marrón y banda roja debido a que los síntomas (anillos oscuros) causados en las acículas son semejantes. Hoy se acepta que la enfermedad de la Banda roja (género Dothistroma, siendo Dothistroma pini más agresivo que D. septospora) afecta sobre todo a las masas de pino laricio. Por su parte, la Banda marrón, más agresiva, es causada por Lecanosticta acicola y afecta sobre todo a Pinus radiata.

Dentro del listado *EPPO quarantine pest*, preparado por CABI y EPPO para la EU bajo Contrato 90/399003 se distingue<sup>3</sup>:

<p>Mycosphaerella dearnessii  Name: Mycosphaerella dearnessii M.E. Barr  Synonyms: Scirrhia acicola (Dearness) Siggers. Systremma acicola (Dearness) F.A. Wolf &amp; Barbour  Anamorph: Lecanosticta acicola (Thümen) H. Sydow  Synonyms: Lecanosticta pini H. Sydow. Septoria acicola (Thümen) Saccardo  Common names: Brown spot needle blight (English)  Bayer computer code: SCIRAC  EPPO A2 list: No. 22  EU Annex designation: II/A1 - as Scirrhia acicola</p>	<p>Mycosphaerella pini  Name: Mycosphaerella pini E. Rostrup  Synonyms: Scirrhia pini Funk &amp; A.K. Parker  Anamorph: Dothistroma septospora (G. Doroguine) Morelet  Synonyms: Dothistroma pini Hulbary. Cytosporina septospora G. Doroguine  Common names: Red band needle blight, dothistroma blight (English). Banda roja (Spanish)  Notes on taxonomy and nomenclature: The organism considered is not Mycosphaerella pini (Funk &amp; A.K. Parker) v. Arx. See Evans (1984) for full taxonomic treatment.  Bayer computer code: SCIRPI  EU Annex designation: II/A2 - as Scirrhia pini</p>
--	---

2 Disponible en: [http://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO2/Temas/2014/ca\\_06.pdf?hash=e3247d903c5b0f2a4e1e81f9d1c397f8&idioma=CA](http://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO2/Temas/2014/ca_06.pdf?hash=e3247d903c5b0f2a4e1e81f9d1c397f8&idioma=CA)

3 Disponible en: [https://gd.eppo.int/download/doc/624\\_ds\\_SCIRAC\\_en.pdf](https://gd.eppo.int/download/doc/624_ds_SCIRAC_en.pdf)

Una explicación detallada aparece en el informe *Repercusiones del comercio mundial y la movilidad en la salud de los bosques de Europa. CONFERENCIA REGIONAL PARA EUROPA. 29º PERÍODO DE SESIONES. Bucarest (Rumania), 2-4 de abril de 2014*<sup>4</sup>:

*Dothistroma septosporum (Mycosphaerella pini) y D. pini son patógenos muy dañinos que causan caída de las acículas (tizón banda roja) del pino, y han supuesto graves problemas en Europa en los últimos 15-20 años (p. ej., Brown et al., 2003. Red Band Needle Blight of Pines. Forestry Commission, Edimburgo: Information Note, 6 pp). Hasta mediados del decenio de 1990, esta enfermedad se consideraba un problema de los pinos de plantación en el hemisferio sur.*

*Desde hace mucho tiempo se reconoce su presencia en pinos del hemisferio norte, pero hasta comienzos del decenio de 1990, han causado escasos daños. Desde entonces la incidencia de Dothistroma de las acículas ha aumentado de manera exponencial, afectando negativamente a todas las subespecies de Pinus nigra y provocando la defoliación temprana del pino silvestre en el norte de Europa. Ha causado además la muerte al pino torcido (lodgpole pine, Pinus contorta var. latifolia), originario del Pacífico noroccidental y plantado en amplias superficies del Reino Unido y el oeste de Suecia. Recientemente, se ha observado la defoliación de Pinus brutia en Turquía (Dogmus-Lehtijärvi, 2013, comunicación personal): se han detectado síntomas graves en una superficie de más de 5 000 hectáreas. Ha habido asimismo un brote similar de Dothistroma de las acículas en el Pacífico noroccidental; no están claras las razones del aumento de los árboles infestados por Dothistroma de las acículas pero pueden guardar relación con el cambio climático (Woods et al, 2005. Is an unprecedented Dothistroma needle blight epidemic related to climate change? Bioscience 55:761-769).*

*Desde 1978, la mancha parda de las acículas del pino (Mycosphaerella dearnessii), posiblemente de origen norteamericano, se ha registrado en algunas zonas de América central y del Sur, Asia y Europa (OEPP, 2008. Mycosphaerella dearnessii and Mycosphaerella pini. OEPP, Bulletin 38:349-362). Al igual que con D. septosporum, la elevada humedad a finales de primavera y comienzos del verano fomenta la infestación. Las acículas infestadas adquieren con el tiempo una coloración parda y caen, lo cual reduce el crecimiento, con efectos particularmente perjudiciales para los plantones. Es probable que este patógeno siga dispersándose en Europa, causando más problemas en los pinos a lo largo del continente.*

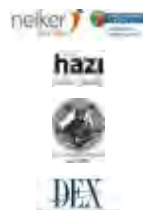
En cuanto a las publicaciones históricas, hay que indicar que no hay muchas referencias escritas. En 1942 se publica por parte del Ministerio "Las Micosis del Pinus insignis en Gipuzkoa", obra en que se nombra la presencia de Septoria acicola (sinonimia Lecanostica pini y Lecanostica acicola) en los montes Jaizkibel, Irisasi y Achu. En 1975, en el libro de Patología de la Escuela de Montes, concretamente en su Apéndice (p. 267), se cita la presencia de Scirrhia pini causando daños muy importantes en numerosos focos y afectando a 5.000 ha en Bizkaia.

<sup>4</sup> Disponible en <http://www.fao.org/3/mj554s/mj554s.pdf>



Los socios que se han unido a esta iniciativa LIFE son:

01. Beneficiario principal/Jefe de Fila: NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (País Vasco)
02. Fundación Hazi Fundazioa (País Vasco)
03. Friedrich-Schiller - Universität Jena (Alemania)
04. Grupo DEX - Desarrollo de Estrategias Exteriores (Asturias)



## 2.- OBJETIVO

El objetivo principal del proyecto LIFE HEALTHY FOREST es el diseño, aplicación y seguimiento de metodologías avanzadas para lograr una gestión forestal más sostenible a nivel de la UE en materia del control y la prevención del deterioro de los bosques causado por agentes patógenos invasivos, así como su impacto ambiental y socioeconómico asociado. Dado que dos de los socios se ubican en el País Vasco y que en este territorio se unen una gran variedad en cuanto a masas forestales y productividad, una presencia de diversos organismos causantes de plagas y enfermedades forestales y un considerable nivel de conocimiento del territorio, el previsto sistema de detección temprana de declive forestal va a implementarse en primera instancia en esta región. La idea es poder extrapolar, posteriormente, los resultados conseguidos a otros territorios semejantes en cuanto a problemática.

Hay que tener en cuenta la coincidencia de dos hechos en el tiempo:

- La rápida incidencia del problema de los hongos defoliadores en Europa, principalmente en la zona atlántica y afectando a *Pinus nigra* y *Pinus radiata*. Sin embargo, existen otras especies de *Pinus* afectadas y también existen otras enfermedades relacionadas, como la llamada roya suiza o “swiss needle cast”, *Phaeocryptopus gaeumannii*, patógeno que afecta al abeto Douglas, *Pseudotsuga menziesii*.
- Las amplias posibilidades que ofrece la teledetección para la detección de los daños en los bosques. La disposición gratuita y periódica de las imágenes Sentinel 2 desde 2016 está favoreciendo la creación de protocolos comunes para conocer, sin fronteras, el avance de estas enfermedades y otros daños.

Por tanto, una vez finalizado el proyecto, se espera que el seguimiento futuro de los riesgos fitosanitarios por parte de políticos, gestores, propietarios y usuarios de los bosques europeos pase a formar parte, de manera más sencilla, de su toma de decisiones gracias a proyectos como el presente.

### 3.- RESULTADOS HASTA LA FECHA

El proyecto comenzó con una reunión de lanzamiento en Arkaute en noviembre de 2015. En ella se repasó el programa de trabajo y los datos básicos del proyecto (presupuesto, socios, objetivos, etc.). Los Grupos de trabajo establecidos para coordinar las diferentes acciones a desarrollar a lo largo del proyecto han sido:

- Acciones preparatorias. Durante el primer año del proyecto se llevó a cabo el diseño del sistema integrado de detección precoz que abarca desde el monitoreo de campo, toma de muestras, técnicas morfológicas, moleculares y fisiológicas hasta técnicas de teledetección (acción A1) y su posterior optimización a través de su aplicación a gran escala (acción A2).
- Acciones de implementación. El sistema diseñado se implantó a pequeña escala en las parcelas de demostración para definir el impacto económico y ambiental de los agentes patógenos invasivos en los ecosistemas, tanto mediterráneos como atlánticos (acción B1). Sobre la base de estos resultados, se aplicaron técnicas de manejo sostenible en ecosistemas forestales adaptados a los organismos patógenos y a los escenarios de deterioro forestal (acción B2). El impacto económico y ambiental de las estrategias aplicadas se estimó cuantitativa y cualitativamente y se transfirió a la acción B3, centrada en el desarrollo y la implementación de un GIS para la detección temprana y el control sostenible de los agentes invasores.
- La medición del impacto medio ambiental y socioeconómico del proyecto se llevó a cabo en las acciones C1 y C2 a través de la monitorización y el control de la mejora en la salud de los ecosistemas forestales y la gestión sostenible de los agentes invasores

y patógenos como resultado de la aplicación de las acciones del proyecto en comparación a las condiciones iniciales.

- La estrategia de comunicación y difusión del proyecto se estructuró y organizó mediante un Plan de Comunicación (acción D1), que cubrió todas las acciones obligatorias dispuestas por el Programa LIFE, así como una serie de actividades complementarias para maximizar los resultados del proyecto y su transferibilidad (acciones D2, D3 y D4).
- Por último, una coordinación correcta y eficiente del proyecto se llevó a cabo gracias a una serie de acciones diseñadas con el fin de garantizar una gestión eficaz de los recursos humanos, materiales y financieros, el cumplimiento de las obligaciones contractuales definidas en el Acuerdo de Subvención (acción E1), control de calidad, requisitos de evaluación y presentación de informes (acción E2) y la elaboración del After LIFE Plan (acción E3).

De esta forma, las autoridades políticas, administradores y científicos podrán tener en sus manos herramientas adaptadas a la gestión de numerosos riesgos que amenazan los bosques en su región.

Para más información se puede consultar en la página web oficial del proyecto: <http://www.lifehealthyforest.com/>. Ahí también se pueden encontrar los documentos que se han ido originando en el marco del proyecto HEALTHY FOREST, como presentaciones, pósters e informes.

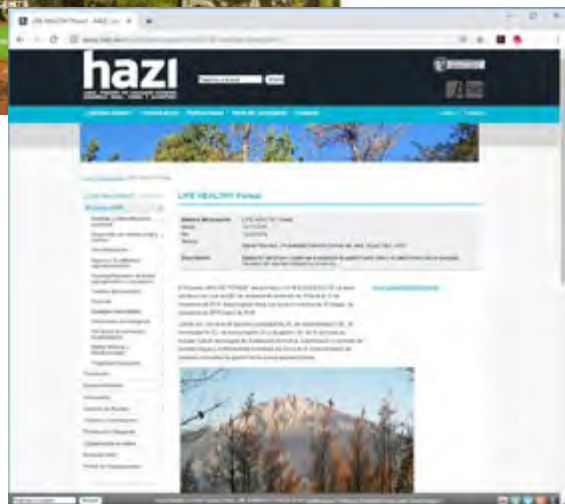
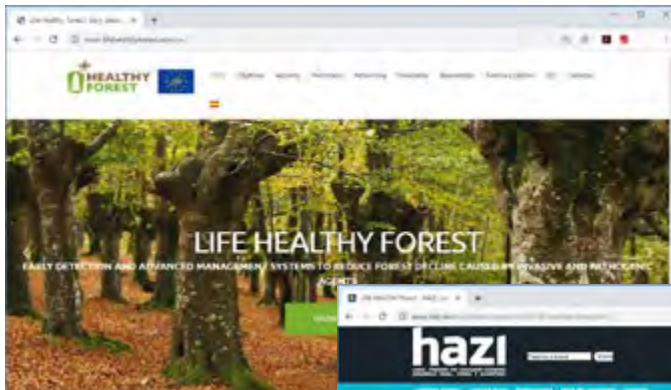
#### 4.- PLANTEAMIENTO DE HAZI

Además de participar en las tareas comunes del proyecto, HAZI ha desarrollado diversas tareas específicas.

Una de ellas ha sido la coordinación con otros proyectos europeos ya finalizados o en sus fases finales en los que ya ha participado HAZI y en los cuales se han conseguido resultados o herramientas útiles para este proyecto LIFE:

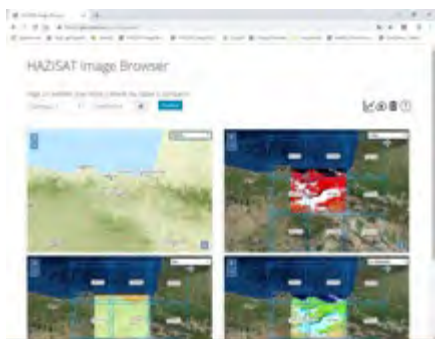
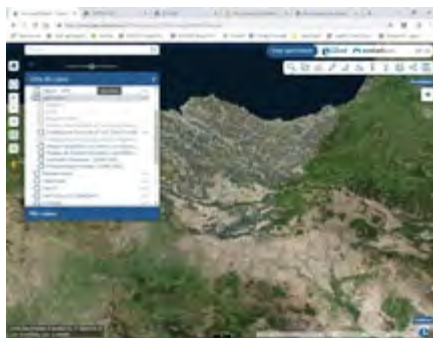
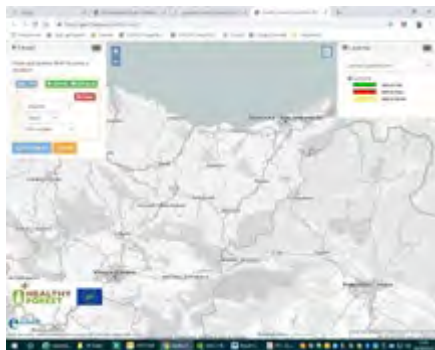
- El proyecto *Espacio Atlántico REINFFORCE* 2007-2013 permitió crear una Red de infraestructuras para el seguimiento, adaptación y protección de los bosques atlánticos europeos ante el cambio climático. Ejemplos de esas infraestructuras fueron los arboretos plantados en el País Vasco, con decenas de especies y procedencias, las correspondientes estaciones meteorológicas conectadas a internet, capaces de suministrar datos climáticos medidos cada 10 minutos, y la red de parcelas de masas adultas de pino radiata, pino laricio y abeto Douglas, con centenares de árboles medidos periódicamente en cuanto a su crecimiento, calidad de su madera y estado fitosanitario. Los citados arboretos, gracias a su variedad y su situación, ya están funcionando como “bosques centinelas” de cara a suministrar datos de afección de diversas enfermedades sobre las variedades forestales plantadas.

- El proyecto *SUDOE FORRISK* 2012-2014, se dedicó a los riesgos naturales en las masas forestales atlánticas. Entre otras acciones, el proyecto permitió la instalación de diversas parcelas de diversos grados de afección en su apartado 3.2.2 *Plantación de pinos radiata resistentes al Fusarium*, dentro del *GT3: Gestión del riesgo*.
- El proyecto *SUDOE PLURIFOR* 2016-2019 se ha dedicado a preparar planes transnacionales ante riesgos forestales. En concreto, dentro de los riesgos *Tormenta y Plagas y enfermedades emergentes* se han podido realizar diversas cartografías y mediciones de campo que después se han empleado en el presente proyecto.
- El proyecto *POCTEFA Canopée* 2016-2019 tiene como objetivo ayudar a los gestores forestales del macizo pirenaico a anticiparse al cambio climático a través del desarrollo de diversas acciones y herramientas. En concreto, dentro de la *Acción 3 Gestión Adaptativa* se han podido recopilar y medir centenares de parcelas de diversas especies de interés inventariadas en montes públicos vascos.
- Por último, el proyecto *POCTEFA PyrenEOS* 2016-2020 se está dedicando a crear Servicios Innovadores para la eficiencia en el uso de los recursos naturales y la gestión de riesgos en el Pirineo, utilizando el Sistema de Observación Terrestre Europeo en



una Plataforma Transfronteriza Distribuida. Basado principalmente en el empleo de los datos de los satélites Sentinel 2, ha permitido estimar con rapidez y periodicidad la defoliación causada por las enfermedades forestales en nuestros bosques.

Finalmente, HAZI ha realizado otras tareas complementarias a las previstas en este proyecto LIFE y que se han puesto a disposición de los usuarios a través de una página web propia, creada específicamente para divulgar los logros de este proyecto en dos lenguas, euskera y castellano (<https://www.hazi.eus/es/proyectoshazi/6768-healthy-forest.html>):



Una tarea fundamental del cometido de HAZI en este proyecto ha sido la contratación del vuelo LiDAR 2017, tercer vuelo LiDAR completo de todo el País Vasco tras los de 2008 y 2012, vuelo gracias al cual se han podido acometer otras fases posteriores del trabajo (ver capítulos 5 y 6 de la presente publicación).

De cara al futuro, la principal herramienta GIS desarrollada por HAZI en este proyecto ha sido el visor web destinado a suministrar la información forestal y fitosanitaria generada durante la vida del proyecto y en años sucesivos. Igualmente, se va a seguir disponiendo de la posibilidad de empleo de otros visores relacionados con el proyecto LIFE, pero creados por HAZI al margen de este proyecto:

<https://geo.hazi.eus/rs/comparador/> (comparador de datos e imágenes Sentinel 2)

<https://geo.hazi.eus/rs/animations/> (generador de animaciones a partir de imágenes Sentinel 2)

Igualmente, en el futuro se seguirá publicando para su consulta y descarga diversas capas cartográficas, datos LiDAR y otras imágenes o datos procedentes de teledetección y del trabajo de campo, a través del visor oficial GeoEuskadi del Gobierno Vasco<sup>5</sup>.



5 Disponible en: <https://www.geo.euskadi.eus/s69-bisorea/es/x72aGoeuskadiWAR/index.jsp>



## FINAL REPORT - INFORME FINAL DEL PROYECTO



LIFE Project Number  
**LIFE14 ENV/ES/000179**

Final Report  
**Covering the project activities from 02/11/2015 to 30/04/2019**

Reporting Date  
**30/04/2019**

LIFE PROJECT NAME or Acronym  
**Early detection and advanced management systems to reduce forest decline caused by invasive and pathogenic agents**

### Data Project

<b>Project location:</b>	Basque Country (Spain)
<b>Project start date:</b>	02/11/2015
<b>Project end date:</b>	30/04/2019
<b>Total budget:</b>	€ 1,487,960
<b>EU contribution:</b>	€ 892,776
<b>(%) of eligible costs:</b>	60%

### Data Beneficiary

<b>Name Beneficiary:</b>	NEIKER- Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario
<b>Contact person:</b>	Ms Eugenia Iturritxa
<b>Postal address:</b>	Berreaga 1, E-48160 Derio, Spain
<b>Telephone:</b>	+34 944034300
<b>E-mail:</b>	eiturritxa@neiker.eus
<b>Project Website:</b>	<a href="http://www.lifehealthyforest.com/">http://www.lifehealthyforest.com/</a>

## 1. Table of contents

1. Table of contents .....	14
2. List of key-words and abbreviations .....	14
3. Executive Summary.....	14
4. Introduction.....	18
5. Administrative part.....	20
6. Technical part.....	22

## 2. List of key-words and abbreviations

AVIRIS	Airborne Visible / Infrared Imaging Spectrometer
CORDIS	Community Research and Development Information Service
D	Deliverable
DEX	Desarrollo de Estrategias Exteriores (DEX Group)
EU	European Union
FSU	Friedrich Schiller University Jena
GIS	Geographic information system
IR	Infrared
LIDAR	Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NRI	Normalized Ratio Index
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NEIKER	Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario
NGS	Next Generation Sequencing
OSA	Other Supporting Annexes
PA	Partnership Agreement
RF	Random Forest
SC	Steering Committee
VI	Vegetation Index

## 3. Executive Summary

The **main objective** of LIFE HEALTHY FOREST project is the design, application and monitoring of **advanced methodologies to achieve a more sustainable forest management at EU level in the field of control and prevention of forest decline** caused by invasive and pathogenic agents taking into account both their environmental and socio-economic impact.

To this purpose, the specific objectives are:

1. *Development of an innovative and unique integrated system* to the early detection and evaluation of the impact of forest decline through the combination of expertise areas, encompassing from molecular to remote sensing techniques.
2. *Implementation of the early detection system in large-scale demonstration plots*, giving a comprehensive vision of the status of forest health, as knowledge base for the EU policy.
3. *Implementation of more accurate and cost effective sustainable forest management techniques* based on the results of the innovative system, adapted to different pathogenic organisms and scenarios of forest decline, as well as analysis of the traditional management strategies with the perspective of adaptation and improvement to new and sustainable management strategies.
4. Development and implementation of a *GIS infrastructure for the estimation of economic and environmental impact of forest decline*, causal agents and the detailed proposal of forest management activities applicable in the EU, assessing a key set of protocols of early detection of decline at different levels.
5. Provision of *baseline data and information on status of forest decline* at different scales of analysis in relation with main invasive and pathogenic agents in the European Union in order to contribute to the improvement of detection, prevention and control of sustainable management strategies, policy and legislation about invasive and pathogenic species.
6. *Involvement of public and private stakeholders* (both public institutions responsible for policymaking and forest management, and private organisations related to the forest industry) to achieve replicability and transferability at EU level, as well as to raise awareness of the general public about the importance of sustainable forests.
7. Contribution to the objectives of the *New EU Forest Strategy and the EU Biodiversity Strategy to 2020*.

In order to fulfil these objectives, the project envisaged the implementation of **14 actions, structured in five work packages**:

- *Preparatory actions*. First, the design of the integrated early detection system encompassing from field monitoring, sampling, morphological, molecular and physiological to remote sensing techniques (**action A1**) and its subsequent optimization via its application at small-scale (**action A2**) will be carried out during the first nine months of the project.
- *Implementation actions*. The designed system will be implemented in large-scale demonstration plots to define the economic and environmental impact of invasive and pathogenic agents in Atlantic and Mediterranean forest ecosystems (**action B1**). Based on these results, the implementation of sustainable management techniques in forest ecosystems adapted to different pathogenic organisms and scenarios of forest decline will be carried out (**action B2**). Economic and environmental impact of the applied

strategies will be quantitatively and qualitatively estimated and transferred in **action B3**, focused on the development and implementation of a GIS infrastructure for the early detection and sustainable control of invasive and damaging agents.

- Measuring both the *environmental and socio-economic impact* of the project will take place through **actions C1 and C2** by monitoring the improvement in the health of forest ecosystems and the sustainable management of invasive and pathogenic agents resulting of the implementation of the project actions in relation to the initial conditions as well as the related economic and social issues.
- LIFE HEALTHY FOREST *communication and dissemination strategy* will be structured and organized through a Project Communication Plan (**action D1**) that will cover all mandatory actions set out by the LIFE Programme as well as a group of complementary activities that will maximize the project's results and their transferability (**actions D2, D3 and D4**).
- Finally, an efficient *management of the project* will be carried out through a series actions dedicated to ensure an effective management of human, material and financial resources, compliance with contractual obligations defined in the Grant Agreement and auditing (**action E1**); quality control, evaluation and reporting requirements (**action E2**) and the development of the After-LIFE Plan (**action E3**).

The implementation of the aforementioned actions produced **two main outputs**:

- An **integrated system of early detection of forest decline** that optimizes resources and increases the effectiveness of risk detection and a sustainable management of forest ecosystem. This system encompasses from field monitoring, sampling, morphological, molecular and physiological to remote sensing techniques. The implementation of this system has a positive effect in the biodiversity by intervening against invasive and pathogenic agents directly related with the forest decline and mortality. The system has been materialised in a Guide and accompanied by the socioeconomic and environmental monitoring.
- A **GIS infrastructure** focused on the combined use of diagnostic methods, remote sensing, silvicultural treatments and biological control to reduce damages caused by invasive and pathogenic organisms and to minimize the potential economic and environmental threat..

Because of the application of the early detection system and the use of the GIS infrastructure, the following **results** were foreseen:

- An **improvement of 10 % of the detection capacity and diagnostic**. The combination of optimized techniques and protocols will enable a substantial progress by increasing the capacity of evaluating the impact, identifying the pathogens and define the sustainable management cost per hectare.
- A very significant increase in the **production and quality of wood (around 15 %) as well as the botanical and fauna diversity (10-20%)** derived of the combination of the detection and management system implementation.

- An **improvement in the forest health conditions and management of  $\geq 25\%$**  by means of early detection system taking into account the reduction of the environmental and economic impact resulting from both the attack of invasive and pathogenic agents and the inappropriate application of management strategies.
- A **reduction of global costs of around 30% and an increase of 25% of the environmental, economic and social benefits** due to the implementation of the innovative systems of detection and management of invasive and pathogenic agents.

Briefly, regarding the detection capacity and diagnostic, the improvement has been superior to the expected percentage. The combination of techniques and expertise of the groups has been remarkable successful. Remote sensing information available, forest data obtained for its validation and diagnostic results obtained in the laboratory using conventional and molecular techniques have achieved an improvement higher than 50 % in the capacity of early detection of forest decline caused by different diseases. The fusion of the techniques has resulted in an additive improvement of results.

The knowledge generated during the implementation phase of the project has the potential of improvement the production and quality of the wood expected (around 15 %) by means of the indication of optimal areas for growing forest species taking into account disease risk and environmental conditions in the region.

The development of environmentally-friendly management strategies for controlling forest diseases based on the application of natural substances and beneficial organisms and avoiding the use of chemical products and the right selection of optimal conditions for the development of forest species achieve an improvement of botanical and fauna diversity (10-20%) and in the forest health conditions and management of  $\geq 25\%$ .

On the other hand, in the last two years of the project, an outbreak of disease caused by emerging needle blight diseases (among the pathogens involved *Dothistroma septosporum* and *Lecanosticta acicola* were the most frequently detected) has caused an alarming impact in the forest of the region located in Atlantic and Mediterranean condition. Despite the fact of the negative environmental and economic impact of the disease, in the context of the LIFE HEALTHY FOREST project, it has also had a positive effect. It has given an opportunity of validation of the methods of early detection of forest decline developed in the project, showing their application in these unexpected situations. Therefore, the project has supported the detection of the diseases by microbiological, morphological and molecular methods, their monitoring and development of risk maps using all the combination of expertise of the involved members of the project. This situation has enriched the application of the project results and, in addition, it has contributed to the increase of the interest for the project by both public and private stakeholders within the forest sector/industry and environmentalists.

## 4. Introduction

Forests are multifunctional, serving economic, social and environmental purposes. They offer habitats for animals and plants, play a major role in mitigating climate change and provide other environmental services. Nearly a quarter of the EU's forest area is protected under Natura 2000, and much of the rest is home to species protected under EU nature legislation. Forest also offer wide societal benefits, including for human health, recreation and tourism ("A new EU forest strategy: for forests and the forest-based sector" {COM(2013) 659 final}).

Forests and other wooded land cover over 40% of the EU's land area, with a great diversity of character across regions. Over the last 20 years, the forest area has expanded in all European regions and has gained 0.8 million hectares each year.

However, despite being a vital ecosystem constantly growing, there is evidence that the forest ecosystem health and vitality are seriously threatened. According to "State of Europe's Forests 2011" (Forest Europe), about a fifth of all trees in Europe are damaged or dead. This report reveals that 1 per cent of Europe's forests are affected by forest damage, most frequently caused by the attacks of insects, fungal diseases and extreme weather conditions. It is estimated that the effects of these factors may worsen in the coming years due to the rapid evolution of climate change events. Moreover, a report from the World Wildlife Fund warns that Europe's forests show a "dramatic and continuous loss of biodiversity, forest health, genetic diversity and naturalness".

It can thus be noted that biotic agents (pests and diseases) are the most common factors that damage European forests, while damage caused by abiotic agents such as storms, wind and fire shows regional patterns that may represent devastating impacts on a local scale.

Specifically for the scope of this project, the forests of the Basque Country are a fundamental pillar in the environmental and socio-economic development of the region. Forests cover around 68% of the surface of the Basque Country and are mainly composed of pine and eucalyptus plantations. However, according to the Fourth National Forest Inventory, approximately over 40% of the Basque trees are damaged. It is also remarkable that the percentage of damaged trees in the Basque Country has increased significantly in recent years. At regional level, the combined incidence of biotic agents, mainly diseases and pests, together with abiotic agents, mainly weather and fires, represent the main cause of forest decline in the Basque Country.

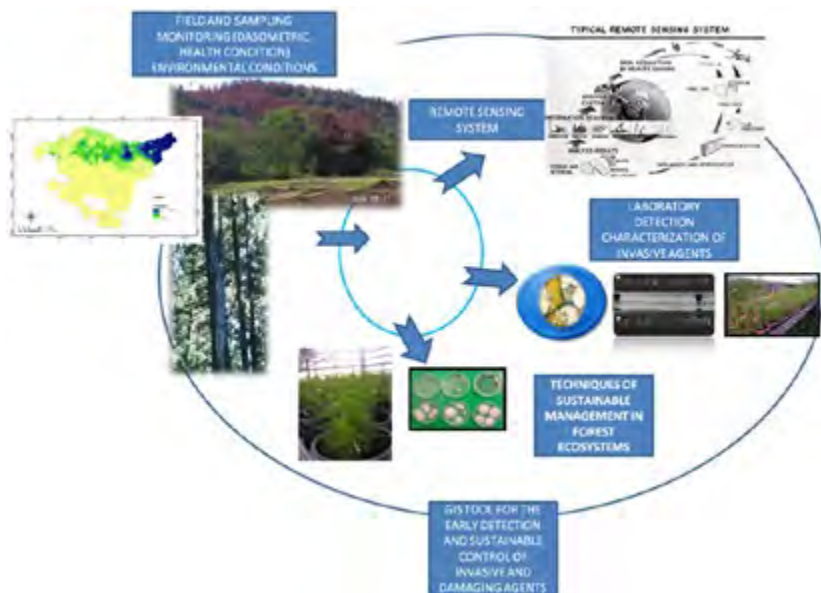
The EU is making remarkable efforts in protecting and developing the forest sector. The new EU Forest Strategy reflects the need for a new regulatory framework in order to protect forests and biodiversity from the significant effects of storms and fires, increasingly scarce water resources and pests since these threats do not respect national borders and are exacerbated by climate change.

The above-mentioned strategy highlights some of the most relevant pressures on forests, such as the propagation of invasive exotic and damaging species, justifying the need to strengthen the protection of the European forests as well as their resilience and adaptation to climate change effects. It also states that protection efforts should aim to maintain, enhance and restore forest ecosystems' resilience and multi-functionality as a core part of the EU's green infrastructure, providing key environmental services as well as raw materials.

LIFE HEALTHY FOREST is a demonstration project aimed at implementing and monitoring advanced methodologies to achieve a more sustainable forest management at EU level in the field of control and prevention of forest decline caused by invasive and pathogenic agents, in line with the objectives set in the new EU Forest Strategy and the EU Biodiversity Strategy 2020.

LIFE HEALTHY FOREST converges directly with many European forest policies. The development of advanced systems for sustainable management of forest ecosystems, including early detection of damage caused by invasive and pathogenic agents responds to the need to develop new systems to protect forests and increase their resilience through the application of novel techniques. In addition to promoting sustainable forest management practices, the project shall use the available information of national and European forestry databases contributing at the same time to increase the existing knowledge base in the forest sector.

LIFE HEALTHY FOREST has developed and applied an integrated system which component parts are specific methods for monitoring forest health by early detection of invasive



species by means of the combination of remote sensing, diagnostic techniques (morphological, physiological and molecular) and field observations. This has constituted not only the basis for a routine monitoring of forest health but also a strategic key decision tool for both public authorities and representatives for the forest industry to measure environmental and socio-economic impact of pathogens, the productivity and the costs and effectiveness of specific management strategies.

The project has implemented at regional scale across the three provinces of the Basque Country in several demonstration plots spread across the whole region, carefully selected with the aim of counting with largely extended European forest ecosystems. The fact that demonstration plots are located in all the provinces of the region, in representative forest ecosystems of Atlantic and Mediterranean forest and with different productive systems, has conferred a strong demonstrative character to the project together with its European reproducibility.

The demonstration character of the project has directly brought an approach already tested but innovative to a practical application, useful for both public and private stakeholders within the forest sector/industry. In fact, an additional guarantee that the project actions have been useful is the direct involvement of the final beneficiaries, formally devoted to the monitoring, classification and management of forest ecosystems.

LIFE HEALTHY FOREST has also included dissemination and awareness raising activities among the general public and stakeholders in the sector with the aim of promoting the adoption of sustainable and innovative techniques to improve European forest health and conservation.

## 5. Administrative part

Partners have developed the necessary working methodology and tools in order to ensure a smooth and efficient management of the project, in particular, the correct implementation of the planned actions and the coordination among all the beneficiaries.

- Partners signed in due time the **Partnership Agreement (PA) – Deliverable D1**. This document states the partners' rights and obligations in the framework of the project.
- Partners have also created a **Steering Committee (SC)**. Each beneficiary has designated a partner coordinator for decision-making, as well as a substitute member. The SC composition and regulation is reflected in the article 6 of the PA.

Beneficiary	Titular member	Substitute member(s)
Neiker	Eugenia Iturritxa	Enrique Ritter
Friedrich-Schiller-Universität Jena	Alexander Brenning	Jannes Münchow
Fundación Hazi Fundazioa	Daniel Sáenz	Alejandro Cantero
Desarrollo de Estrategias Exteriores, S.A	Jose Quevedo	Yolanda Gutiérrez / María Goy



- **Internal communication** tools have been properly developed to ensure a fluent and permanent interaction among the partnership members:
  - A common repository -a *Dropbox system*- was set to store and structure all the project documentation. Moreover, all the information regarding the management and coordination of the project is properly organised and available in this repository: project meetings, Grant Agreement, Partnership Agreement, templates for financial and administrative reporting, programme documents, budget breakdown, etc.
  - *Phone conference* system has been set on Skype, in order to facilitate all decision making.
  - A *mailing list* is available in Dropbox for communications among the partnership.
- **Eight coordination meetings** have been organised during the project lifetime, with the attendance of all the project partners. Meeting minutes have been also prepared right after each encounter (**Deliverable 2**). All the information is also available on the repository: minutes, attendance sheets, presentations, etc.

Meeting	Place and date
Kick-off meeting	Arkaute, 12 November 2015
Second coordination meeting	Arkaute, 11 May 2016
Third coordination meeting	Arkaute, 8 November 2016
Fourth coordination meeting	Jena, 17 March 2017
Fifth coordination meeting	Arkaute, 13 December 2017
Sixth coordination meeting	Asturias, 23-24 April 2018
Seventh coordination meeting	Arkaute, 21 September 2018
Final coordination meeting	Arkaute, 26 March 2019

- Partners have also met several times with the NEEMO external evaluator (Mrs. Itxaso Mora), with whom the project coordinator has maintained constant communication (see the minutes and additional info in Other Supporting Annexes-**OSA 1**).

Steering Committee Meeting	Place and date
First monitoring meeting	Arkaute, 12 May 2016
Second monitoring meeting	Arkaute, 4 May 2017
Third monitoring meeting	Arkaute, 13 December 2017
Fourth monitoring meeting	Arkaute, 26 March 2019

- Regarding **financial issues**, common templates for financial reporting (timesheets, financial statements) have been developed and are properly explained and stored in the dropbox folder.
- In addition, the project has established an **internal monitoring process** to assess if the project progresses in a timely and efficient manner with all set objectives, deliverables and milestones meeting the planned deadlines. First, partners have put into practice a *semiannual reporting system*. This reporting system was very useful to both official

reporting and for monitoring project progress purposes, and helped to identify any deviation from the initial work plan. These monitoring reports can be consulted in **OSA 2**.

- **External evaluation.** The procedure to hire the company in charge of the elaboration of the external evaluation was carried out in due time. Several meetings and contacts have been maintained for the organisation and elaboration of the external evaluation reports as well as the evaluation tool to be filled in by each partner for this purpose. All the information requested by the external evaluator has been provided and they have also access to the project dropbox. The Mid-term and the Final external evaluation reports are available in **Deliverables D3 and D4**.

## 6. Technical part

### 6.1. Technical progress, per Action

#### Preparatory actions

##### **Action A1. Design of the integrated early detection system**

The first preparatory action was focused on the development of an integrated system of early detection of forest decline caused by invasive and pathogenic agents that integrates the optimum combination of protocols in each area of expertise based on the available information and the experience of the consortium. The system, encompassing from molecular to remote sensing techniques, aims to understand the pathosystems to the level of who, how, why and where and therefore, to increase the possibilities of applying more effective and sustainable management strategies.

This activity, which started at the very beginning of the project, concluded on July 2016.

##### **A1.1. Compilation and review of data, material and methods.**

Scientific and technical information has been compiled, reviewed and selected.

Methods applied usually by the scientific entities have been compared and contrasted with the published information to define the selected optimal methods for this project, to maintain, foremost, the repeatability and traceability of the methods.

Each designed protocol is supported by scientific publications and results obtained, at small scale, for the project partners.

##### **A1.2. Design of the specific protocols**

The following protocols were developed:

1. Field monitoring of forest health state and sampling.
2. Diagnostic techniques: Morphological, Physiological and molecular methods.
3. Management strategies: Bio Control Isolation of biocontrol organisms, screening of strains, application strategies.
4. The development of a specific protocol for the planning of acquisition, processing and analysis of hyperspectral images was finished based on the review of scientific

and technical literature on the application of hyperspectral remote sensing in the study of forest decline.

### A1.3. Elaboration of the integrated early detection system

The information about materials and methods was shared among the partnership to reach an agreement on the final protocol. In addition, these protocols and methods were tested and optimized for their implementation (see Action A2).

The first draft of the guide is completed and consists of a detailed compilations of selected scientific papers and technical reports about methodology of all the expertise areas involved in the project (**Deliverable D5**).

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019	
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q
A1	Proposed															
	Actual															

ACTION A1. DELIVERABLES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Guide to establish an integrated early detection system of forest decline caused by invasive and pathogenic agents (draft version)	29/04/2016	Completed
ACTION A1. MILESTONES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Kick-off meeting	27/11/2015	Completed
Virtual meetings	29/04/2016	Completed
Beginning of the application of the protocols of the integrated early detection system on the demonstration plots	30/04/2016	Completed

### Action A2. Optimization of the integrated system by its application to a small-scale demonstration plots

The objective of this action was the optimization of the integrated early detection system of forest decline (IEDSF) developed in action A1. Before its implementation at large-scale demonstration plots (B1), it has been applied under field conditions at the small scale. Based on this, draft protocols have been developed and revised in A1.

Developed Deliverables to be mentioned:

- D6. Database of plot characterization
- D7. Airborne hyperspectral imagery
- D8. Characterized Pathogen collection
- D9. Database of possible predisposing factors for spatial modelling

- D10. Optimized Guide for early detection of pathogens and invasive organisms: from molecular to remote sensing methods”

### **Action A2.1. Characterization of small-scale demonstration plots**

Labeling and identification of trees in the field has been completed (MS Labelled and georeferenced small-scale demonstration plot). Demonstration plots were selected from Neiker’s Forest Health database. The selected plots are representative of Atlantic and Mediterranean forest ecosystems in the Basque Country.

Additional field-based characterization of trees and remotely-sensed data acquisition has been completed. The Laukiz-1 plot has been scanned by Laser 3D in May 2017. This plot has been chosen because of the strong winter winds, which have changed the forest structure of the plot.

#### **Action A2.1.1. Field monitoring of forest health status and sampling**

As a result of these actions the database of plot characterization has been implemented and completed from the ground following the protocol developed in action A1 and complemented with the hyperspectral information obtained in the Airborne hyperspectral flight (**Deliverable D6 and D7**; and see also A2.1.3 Field monitoring of dasometric characterization).

#### **Action A2.1.2 Diagnostic and characterization of the agents**

This action generated a collection of the main pathogenic fungal species causing emerging diseases: *Lecanosticta acicola*, *Dothistroma septosporum*, and species with a serious impact on native forests such as the *Armillaria* complex. The collection of strains has been stored in Neiker laboratories and the Characterization of the pathogen collection has been completed and published (**Deliverable D8**). The characterization of *Diplodia* species has also been finished including a collection of isolates from other countries as a reference of variation. Part of the results have been already published (**Deliverable 35**) and the rest will be published next months as part of the After-LIFE Plan. During the project lifetime, an outbreak of defoliator disease has been detected. Accordingly, several methods of detection of emerging diseases have been implemented to ensure the cause of this alarming problem in native and exotic *Pinus* species.

We continue, in collaboration with the University of New Brunswick, studying the action mechanisms of control and persistence of the beneficial organisms of the genus *Pseudomonas* and *Erwinia*. This collaboration will be part of the After-Life Plan.

The compendium of this action is described in **Deliverable D4**. The collection of pathogens is stored in Neiker’s pathology laboratory under freezing conditions.

In addition, the characterization of *Armillaria* has been published and is available in the open access journal Forests:

*Distribution and Characterization of Armillaria Complex in Atlantic Forest Ecosystems of Spain Forests 8(7):235 · June 2017.DOI: 10.3390/f8070235*

*Diplodia scrobiculata*: a latent pathogen of *Pinus radiata* reported in northern Spain. *Phytopathologia Mediterranea*, [S.l.], v. 56, n. 2, p. 274-277, sep. 2017. ISSN 1593-2095 see technical publications in action D.2.



### **Action A2.1.3 Field monitoring of dasometric characterization**

At the beginning of the project, a field sampling design was carried out based on small scale plots, with measurement of diameters, heights and defoliation levels in hundreds of radiata pines, each one individualized and referenced with GPS, together with a LiDAR flight in 2017 that allowed to calculate the levels of defoliation in all the pine forests of the Basque Country.

The selected demonstration plots are representative of forest ecosystems in the Basque Country. Some of these plots have been measured by drone and infrared camera, in addition to measurement of the trees of some plots using 3D laser and joining the clouds of points of the terrestrial laser with the drone data.

All the trees of these small-scale demonstration plots were measured in spring/summer 2017 and in spring 2019.

- The trees were numbered with a small plate at 1.30 m high and all of them are georeferenced with a GPS.
- Diameters, total heights and the existence of damages in its trunk have been measured.
- Numerous photographs have been taken to record the current state of each plot.

- The plots have been scanned with a 3D laser to have the exact position of each tree and to have data of its complete trunk and crown.
- In order to be able to have a complete three-dimensional modelling of each tree, has begun to join the cloud of 3D laser points with the clouds of points supplied by the dron (RGB and IR).

Finally, 509 pines have been measured in the Oiartzun plot, 295 in Hernani, 322 in Luiando, 599 in Laukiz-1 and 489 in Laukiz-2. In Laukiz-3 they were still young to measure.

However, the strong defoliation suffered by the band disease in August 2018 in the Basque Country has forced to rethink the approach of the project. HAZI has continued individual measures of the pines in 2019, but they have also been added other new field plots with different levels of defoliation. The NBR index from the Sentinel 2B satellite has been used to estimate the weekly evolution of defoliation in the Basque Country.

Finally, 36 new pines have been measured in the Abadiño plot, 100 in Hernani, 321 in Luiando, 135 in Markina, 109 in Muxika and 81 in Orozko.

Please note that we have merged the corresponding Deliverable D6 “Database of plot characterization” into Deliverable D9 “Database of plot characterization and predisposing factors for spatial modelling”, i.e., that the database containing the plot characterization can be found under: <https://jupiter.geogr.uni-jena.de/life-healthy-forest/action-A2-predictor-database/plots/>

#### **Action A2.1.4. Environmental conditions as predisposal factor for forest diseases**

After all the actions implemented in the field (sampling, impact evaluation and diagnostic of the pathogens in the laboratory), the study of the environmental conditions in which these pathogens develop and an intensive review of scientific information formed the basis of the database containing possible environmental predisposing factors for spatial modelling

(**Deliverable D9**). The database includes information such as the origin of the data source, the institution that created it, the spatial resolution and a direct link to the data on FSUs servers: <https://jupiter.geogr.uni-jena.de/life-healthy-forest/action-A2-predictor-database/>

For the “pH” variable restrictions apply due to the license established by the dataset creator. For this reason, FSU did not include this variable in its online database but used it only when creating the prediction maps.

FSU gathered EURO-CORDEX data as foreseen in the project proposal. After a thorough data exploration, FSU decided that the environmental variables from AEMET, Euskalmet and GeoEuskadi were sufficient and that environmental variables from EURO-CORDEX sources could not add any additional value. Therefore, FSU did not include EURO-CORDEX data into the database of possible predisposing factors of forest disease (**Deliverable D9**).

FSU could not obtain Hyperion hyperspectral data due to the unforeseen decommission of the corresponding sensor in early 2017. FSU looked into alternative solutions such as AVIRIS imagery. FSU issued a data proposal and negotiated with the data provider. However, due to exorbitant high costs FSU refrained from this solution. Instead, FSU followed

a multispectral-multitemporal approach using Sentinel-2 data. Sentinel-2 provides new images every five days. FSU downloaded and pre-processed (clipping and masking to the study area) all available data of the Basque country for the years 2017 and 2018. This data was used to predict defoliation at trees of the Basque Country (see **Deliverable D12** “Remotely-sensed forest health map”).

#### **Action A2.1.5. Infrared images, orthophotos, Lidar data analysis**

In the beginning of 2016, technical specifications were developed for contracting the new Lidar flight, with a 2 points/m<sup>2</sup> resolution.

The setup was used to acquire Lidar data for the calculation of differences in tree heights and forest growth was based on previous experience of flights in 2008 and 2012 that has in the Basque Country.

Orthophotos in the visible and infrared spectrum are useful tools for the dasometric characterization and for the assessment of photosynthetic activity (see Figure 1: Orthophoto, visible spectrum and Figure 2: Orthophoto, infrared spectrum) and for the location of damaged areas.

Finally, a detection system for damaged areas has been developed from Sentinel-2 imagery. The acquired Lidar data is described in more detail in **Deliverable D11**.

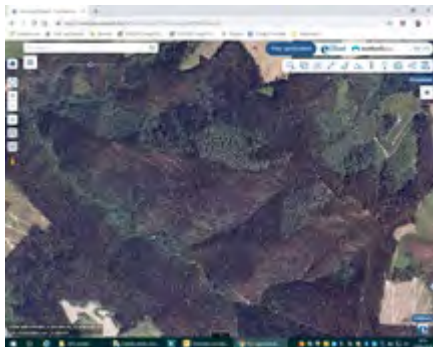


Figure 1: Orthophoto, visible spectrum

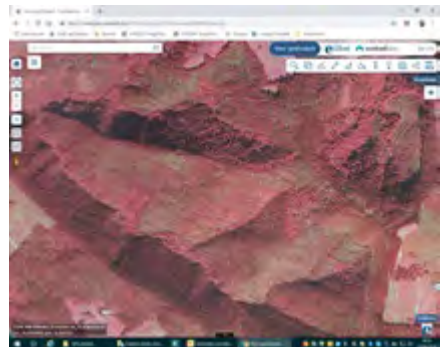


Figure 2: Orthophoto, infrared spectrum

#### **Action A2.1.6. Acquisition of hyperspectral imagery**

Hyperspectral imagery has been collected in accordance with the elaborated protocol on 29 - 30 September 2016. FSU helped with the planning of the acquisition of hyperspectral images. To detect diseases on single trees a spatial resolution of at least one meter was required. However, the better the spatial resolution, the coarser the spectral resolution will be. Therefore, the best possible combination for our purposes was a spatial resolution of one meter in combination with 126 spectral bands. A new field evaluation and sampling adapting to this guideline has been implemented and executed.

The hyperspectral data (**Deliverable D7** “Airborne hyperspectral imagery”) is available on FSUs servers at <https://jupiter.geogr.uni-jena.de/life-healthy-forest/action-A1-hyperspectral-imagery/>.

### Action A2.2. Data processing and analyses

All variables listed in FSUs database were cleaned and reprojected to EPSG 32630. FSU harmonized classes of variables such as soil type or lithology and checked for outliers in the data. Additionally, FSU preprocessed the obtained hyperspectral data in Action A2.1.5 Infrared images, orthophotos, Lidar data analysis and extracted 90 Vegetation Index (VI) as well as around 7500 so-called Normalized Ratio Index (NRI).

The preprocessing of the hyperspectral imagery included a reprojection of the data to the reference system EPSG 32630, a clipping to the extents of the demonstration plots and a checking for data quality (four out of the 126 bands of the sensor were corrupt).

When extracting the band information of the hyperspectral data to the sampled trees, FSU used a buffer around the respective trees. This was done to account for the spatial error in the data, which was reported being up to one meter by the company that conducted the data acquisition. To lower the risk of mapping unrelated hyperspectral information to single trees due to the spatial error (e.g. bare soil) but also limiting the averaging of information FSU chose a buffer of two meters.

All preprocessing tasks of FSU were done in **R**, a free software environment for statistical computing and graphics that is also capable of handling spatial data via extension packages.

### Action A2.3 Optimization of the system

The “*Optimized Guide for early detection of pathogens and invasive organisms: from molecular to remote sensing methods*” has been created. It compiles the methodologies applied during the project (**Deliverable D10**).

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019		
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	
A2	Proposed																
	Actual																

#### ACTION A2. DELIVERABLES

NAME	DEADLINE	STATUS
Database of plot characterization	30/06/2016	Completed
Airborne hyperspectral imagery	29/07/2016	Completed
Characterized Pathogen collection	29/07/2016	Completed
Database of possible predisposing factors for spatial modelling	29/07/2016	Completed
Optimized Guide for early detection of pathogens and invasive organisms: from molecular to remote sensing methods	29/07/2016	Completed

#### ACTION A2. MILESTONES



NAME	DEADLINE	STATUS
Labelled and georeferenced small-scale demonstration plots set	29/02/2016	Completed
Conducted hyperspectral flight campaign	29/06/2016	Completed
Preliminary synopsis of characterization results (impact, diagnostic, remote sensing, environmental variables)	29/07/2016	Completed

## Implementation actions

### **Action B1. Implementation of the early detection system in large-scale demonstration plots**

This action was focused on the implementation at large-scale of the integrated detection system to attain high quality information from large-scale demonstration plots by means of the optimized integrated early detection system from actions A1 and A2. It has also supplied data and metadata bases to action B3 about health conditions of the trees and growth state. This action was implemented at regional scale across the three provinces of the Basque Country.

LiDAR Flight Planning was completed and the database obtained forms **Deliverable D11**. Since **Deliverable D11**, **Deliverable D16** have a spatial character both are included in the GIS system developed under the project, this link is the access to this information. <https://geo1.hazi.eus/healthy-forest/>

#### **Action B1.1. Spatial mapping using statistical and machine-learning data analysis**

FSU developed computational tools for early detection and sustainable management strategies based on the information compiled in Preparatory Actions. Also, FSU created (in collaboration with NEIKER) remotely-sensed forest health maps for the forested area of the Basque Country.

#### **Remotely-sensed forest health map**

FSU linked the acquired hyperspectral imagery acquired in A.2.1.5 to the observed defoliation on the ground. Defoliation here serves as a proxy for forest health by assuming that areas with less defoliation are healthier than areas with higher defoliation. To accomplish this task, FSU computed 90 vegetation indexes from the band information of the hyperspectral data. Additionally, FSU calculated around 7500 Normalized Ratio Indices (NRI). A circular buffer of two meters around each tree observation was used to extract the relevant index information. This step was needed to account for the spatial error within the hyperspectral data that was reported to be within a range of 1 m. FSU computed the mean of all pixels falling inside this radius and attached the result to the respective single tree observation. Indices that showed NA values (due to some numerical issues of some NRIs) were removed, leaving a total of 7471 indices with full coverage. The corresponding selection of indices served as predictor variables to model tree defoliation as a proxy of forest health. FSU compared the following algorithms with regard to their performance: Ridge regression (RR), Support Vector Machine (SVM) and

Extreme Gradient Boosting (XGBOOST). To ensure an unbiased comparison, a spatial block cross-validation strategy was used. XGBOOST showed the best performance and was subsequently used to model and predict defoliation for the Basque Country.

The seven most important features (out of all 7500) were selected based on the internal variable importance measure to train the model (including hyperparameter optimization using Bayesian Optimization).

To accomplish the prediction task, FSU created mosaics of Sentinel-2 images of the Basque Country. The same indices that were used for training the model above were derived from the Sentinel-2 imagery. The exact area for the prediction was selected based on a *forest/non-forest mask* of the Basque Country. FSU predicted tree defoliation for the years 2017 and 2018. These years were selected because Sentinel-2 data was available for the complete vegetation period (March to September). Aside from the absolute predicted defoliation FSU also computed a relative defoliation index (ranging from 0–100). This representation is more suitable for presentation purposes since the absolute defoliation results are affected by the medium high error of the analysis (Root Mean Square error of 36%). To reduce the error rate, the model centers its predictions around the mean of the response range (=50%). Hence, the predicted absolute defoliation values should not be overinterpreted.

The results of the defoliation study is **Deliverable D12** available at <https://jupiter.geogr.uni-jena.de/life-healthy-forest/action-B1-spatial-mapping/>

FSU also started writing a scientific paper on this study which is still work in progress at the time of the Final Report submission.

### **Maps of forest disease potential**

FSU did an extensive analysis on four pathogens (*Armillaria mellea*, *Diplodia sapinea*, *Fusarium circinatum*, *Heterobasidion annosum*). The predisposing factors of forest disease gathered in Action A2.1.4 were used to model the presence/absence of pathogen infections of trees across the Basque Country. Predictive performance was benchmarked across six algorithms (Boosted Regression Trees (BRT), Extreme Gradient Boosting (XGBOOST), Generalized Additive Model (GAM), Generalized Linear Model (GLM), Random Forest (RF) and Support Vector Machine (SVM). A specialized spatial resampling method to reduce bias introduced by spatial autocorrelation in the data was used. Extensive hyperparameter tuning was performed to optimize each algorithm to achieve the best possible performance.

The best performing algorithm was chosen to predict for each pathogen the infection risk for the whole Basque Country.

To be able to use spatial resampling in a convenient benchmarking setup, FSU integrated this methodology into the R package `mlr`. With the integration into one of the most widely used modeling frameworks in R, the spatial cross-validation method after [Brenning 2012](#) was made available to 86 classification algorithms.

FSU made concise summaries of the performance and prediction tasks available on their website. The website (<https://jupiter.geogr.uni-jena.de/life-healthy-forest>) serves as **Deliverable D17** and contains **Deliverables D14** and **D15**:

- Performance: <https://jupiter.geogr.uni-jena.de/life-healthy-forest/action-B1-spatial-mapping/report-benchmark-pathogens.html> (**Deliverable D15**).
- Prediction: <https://jupiter.geogr.uni-jena.de/life-healthy-forest/action-B1-spatial-mapping/report-prediction-pathogens.html> (**Deliverable D14**).

In addition, prediction maps for all algorithm/pathogen combinations (**Deliverable D14**) can be accessed from this URL: <https://jupiter.geogr.uni-jena.de/life-healthy-forest/action-B1-spatial-mapping/pathogen-infection-maps/>

Random Forest (RF) proved to be the best performing algorithm in this study. Therefore, FSU suggests using the random forest prediction map when presenting the results.

FSU also wrote scientific article on this task titled “Hyperparameter tuning and performance assessment of statistical and machine-learning algorithms using spatial data” and published in the journal “[Ecological Modelling](#)”.

The results from Action B1.1 were provided as inputs for Actions B3, D2 and D3 as planned.

### **Action B.1.2. Field Checking and definition of causal agents and impacts**

This action was completed with an intensive sampling of the plots for the identification of the main pathogens causing forest decline in plantations and native forest using morphological, microbiological and molecular. With all this information a Guide with the identification and characterization of invasive and pathogenic agents was created (**Deliverable D13**) the results obtained after applying these methodologies described in the guide are been published in different paper and informative cards (included in annexes and in the web page of the project).

### **B.1.3. Validation of virulence behavior in the large-scale plots.**

In connection with the virulence of pathogens, 51 virulence candidate genes have been selected in order to construct a next generation sequencing (NGS) library with 248 *Diplodia* isolates. The primers has been designed and tested in the population. 5 multiplexes reactions have been designed in relation with the characteristics of the primers. The process of integration of barcodes for each genotype has been finished and a data base with the physiological characterization of the strains and the sequencing information has been created. The analysis of all this information, genotypic a phenotypical data has been concluded (Deliverable D8) in this action the validation of the virulence models was implemented and it would be published in a scientific journal in the near future to guarantee its traceability and the possible application of these methods with other European populations of *Diplodia* (**Deliverable D15**).

FSU supported the sampling of healthy and unhealthy trees. To comply with statistical requirements, we established a random sampling design. We randomly selected 5 clus-

ter centers in each large-scale demonstration plot. For each cluster, NEIKER sampled 5 trees arranged in a circle around the cluster point. Using a GPS device NEIKER identified the coordinates in the field. NEIKER sampled at least five clusters per plot, and if time permitted, also sampled five additional clusters. Following this procedure, we accounted for GPS inaccuracies and made sure that the sampled trees can be used for statistical modeling and inference. We have also tried to use hyperspectral imagery for the sampling procedure (see ridge-regression above). However, the so-far obtained results remained inconclusive which is why we opted for the here presented sampling approach.

In addition, pathogen organisms detected are being identified and characterized to define their capacity of degradation.

#### **B.1.4. Development of Data and Metadata base**

Generated information after applying the integrated early detection system has been compiled and structured in several metadata base and analysed. All results on Virulence characteristics of the accessions, virulence genes, the alleles in the accessions and allele compositions as well as the estimated allele /allele combination effects will be part of this database. These data and results are been transferred to the visualization GIS system and more part of them have been published and the rest will be published during the After Life period

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019	
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q
B1	Proposed															
	Actual															

ACTION B1. DELIVERABLES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Lidar remote sensing data	01/10/2017	Completed
Remotely-sensed forest health map	30/06/2018	Completed
Guide with the identification and characterization of invasive and pathogenic agents	31/10/2018	Completed
Maps of forest disease potential	31/10/2018	Completed
Validation results of Virulence models	31/10/2018	Completed
Integrated analysis of characterization results (impact, diagnostic, remote sensing, environmental variables) at large scale	31/01/2019	Completed
Metadata base with the obtained information and results after apply the integrated early detection system in large-scale demonstration plots	31/01/2019	Completed

ACTION B1. MILESTONES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Checking of the metadata base over the period up to the expected end	31/10/2018	Completed
Data for spatial data analysis compiled	31/10/2018	Completed
Developed model of forest disease potential	31/10/2018	Completed
Final selection of algorithm for remotely-sensed forest health mapping	31/10/2018	Completed
Sample processing concluded	31/10/2018	Completed

### **Action B2. Implementation of sustainable management in forest ecosystems**

This action consisted of the implementation of sustainable management strategies adapted to different pathogenic organisms and scenarios of forest decline based on the results obtained about diagnostic and applied traditional strategies and observed health conditions of the plots in action B1.

Developed Deliverables to be mentioned:

- D18. Guide to the latest development in sustainable management strategies
- D19. Data base with the Selection and potential evaluation of virulence genes under different treatments
- D20. Management strategies data base designed to be included in the GIS infrastructure

#### **Action B2.1. Collecting meaningful information**

Infrared orthophotos and Lidar flight data were supplied to NEIKER to develop their work. The objective was to have average indexes of photosynthetic activity and of crown health of each tree and each annual flight.

Search for new woodlands affected by diseases in all Basque Country that can serve as contrast of results was made. Several coniferous forest plantations have been visited in order to detect possible losses of needles due to fungal diseases.

#### **Action B2.2. Sustainable management demonstration plots**

Appropriate methods for the management of the disease have been examined either under laboratory and greenhouse conditions.

Results obtained in this sub-action have been already published or sent for publication:

- **Native rhizobacteria as biocontrol agents of *Heterobasidion annosum* s.s. and *Armillaria mellea* infection of *Pinus radiata*.** Nebai Mesanza<sup>a,b</sup>, Eugenia Iturritxa<sup>b</sup> and Cheryl L. Patten. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964416301062>
- **Biocontrol of *Fusarium circinatum* infection of *Pinus radiata*** Eugenia Iturritxa, Tyler Trask, Nebai Mesanza, Rosa Raposo, Margarita Elvira-Recuenco, and Cheryl L. Patten. <https://www.mdpi.com/1999-4907/8/2/32>

- **Emerging Needle Blight Diseases in Atlantic Pinus Ecosystems of Spain.** Esther Ortiz de Urbina, Nebai Mesanza, Ana Aragonés, Rosa Raposo, Margarita Elvira-Recuenco, Ricard Boqué Cheryl Patten , Jenny Aitken and Eugenia Iturritxa 1, Forests 2017, 8(1), 18. <http://www.mdpi.com/1999-4907/8/1/18>
- Chemical and Biological fungicide substances: a new issue for management of needle blight diseases (in process).

Two pilot plots have been included for the implementation of management control methods against the most virulent pathogens detected in this period (needle blight diseases).

A collection of isolates of this disease has been initiated to confirm the effectiveness of the applied methods and new collaborations with New Zealander groups has been initiated due to the alarm and emergency situation generated for this problem requested by the stakeholder.

Based on the results obtained during the implementation of this action and the scientific information consulted was designed an informative guide with the latest development in sustainable management strategies against the main pathogens causing forest decline in the region (**Deliverable D18**). In connection with **Deliverable D15**, the information was completed including the response of the pathogen strains to two fungicides frequently applied in nurseries in the pass and that they could produce a resistance in the fungal organisms. This information was included in the new database with the Selection and potential evaluation of virulence genes under different treatments (**Deliverable D19**).

The management strategies database designed to be included in the GIS infrastructure has been already included in the GIS system, **Deliverable D20**, and it will be completed during the After-LIFE Plan.

This information, as other information mentioned before, has a spatial character and for this reason has been included in the link to the developed tool.

<https://geo1.hazi.eus/healthy-forest/>

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019	
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q
B2	Proposed															
	Actual															

#### ACTION B2. DELIVERABLES

NAME	DEADLINE	STATUS
Guide to the latest development in sustainable management strategies	28/02/2017	Completed
Data base with the Selection and potential evaluation of virulence genes under different treatments	30/11/2018	Completed
Management strategies data base designed to be included in the GIS infrastructure	31/01/2019	Completed

ACTION B2. MILESTONES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Starting up of the management strategies in demonstration plots	31/08/2016	Completed
Selection and potential evaluation of virulence genes under different treatments	30/11/2018	Completed
Visualization of the results in field and in greenhouse conditions	30/11/2018	Completed

**Action B3. Development and implementation of a GIS infrastructure for the early detection and sustainable control of invasive and damaging agents.**

The main aim of this action was to facilitate the access to advanced visualization tools to display estimates of forest decline, economic and environmental impact, causal agents (invasive pathogenic species and their characterization) and potential sustainable management strategies. To do so, as the final stage of the project, a computational infrastructure for early detection and sustainable management strategies based on the compiled information in A, B1 and B2 was developed. This action collected an important part of generated cartographic information and techniques developed in the project.

The following information layers have been compiled: Physical medium (3, altitude, slope, orientation), Climate (Average temperature and annual precipitation), Forest mapping derived from the forest inventory (4, land uses, forest species, density, status of mass), forest parameters derived from LiDAR flights existing in the Basque Country (21, forest productivity (5), wind storm/wind risk (5), forest fire risk (6), forest variables (5)). To this purpose, NBR indexes of the Sentinel 2 satellite images of the Basque Country (6 NBR indices) and the fitness maps of different forest species for the entire Basque Country (24) have included.



Two visualization spaces have been generated:

- A public space through an internet map viewer that meets the Open Gis standards, built with the Geoserver map server, the Open Layers visualization libraries and the Oracle database. This viewer allows you to filter the visualization of the different thematic contents according to different forest parameters. (**Deliverable D22**, <https://geo1.hazi.eus/healthy-forest/>)
- A project has also been built in the Qgis desktop GIS that collects all the thematic layers and allows crossings and analysis of information with the tools available in this free software geographic information system.



In the analysis of vegetation vigor, other viewers have been used to visualize images of the Sentinel 2 satellite and generate multitemporal vegetation indices. (<https://geo.hazi.eus/rs/comparador/>)

In the same way, Hazi has used a viewer that allows to animate or create video sequences based on the evolution of satellite images of an area. <https://geo.hazi.eus/rs/animations/>

The **Deliverable D21**, “GIS infrastructure for the early detection and sustainable control of invasive and damaging agents”, explains the main information contents provided by the geographic viewer.

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019		
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	
B3	Proposed																
	Actual																

#### ACTION B3. DELIVERABLES

NAME	DEADLINE	STATUS
GIS infrastructure for the early detection and sustainable control of invasive and damaging agents	31/10/2018	Completed
SDI served with open GIS standards	31/01/2019	Completed

#### ACTION B3. MILESTONES

NAME	DEADLINE	STATUS
Design of computer architecture	31/07/2017	Completed
Design of thematic content and both cartographic as not cartographic	30/09/2017	Completed
Design and study of algorithms	31/10/2017	Completed
Availability of the GIS infrastructure	31/10/2018	Completed
Creation of the Spatial Data Infrastructure	31/10/2018	Completed

### Monitoring actions

#### Action C1. Monitoring of the environmental impact of the project

The main objective of this action is to put into effect an environmental monitoring programme of the impact of the implementation of the integrated early detection system



and sustainable management in forest ecosystems focused in their effectiveness and their environmental cost described in the monitoring plan of the environmental impact (**Deliverable D23**).

Monitoring has been carried out at two levels: (i) controlled conditions of greenhouse (P2 biosafety greenhouse in NEIKER) and (ii) laboratory and natural conditions in forest, part of these results have been already published (**Deliverable D24 and Deliverable D25, along with some** scientific publications included in **Deliverable D35**) and some sections are in the state of been published in scientific journals to reinforce their replicability and traceability since in these publications the task, specific material and methods, results and conclusions are described, supported by scientific references and revised and approved for publication by expert reviewers.

Qualitative and quantitative data have been obtained according to the used variables and have been described in the mentioned publications.

We will continuing with this task in the future through the After life project, updating the monitoring of the environmental impact of the project based on the new information obtained in the future. The organization of meetings and workshops.

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019	
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q
C1	Proposed															
	Actual															

ACTION C1. DELIVERABLES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Monitoring Plan of the environmental impact	30/12/2015	Completed
Interim Report of the environmental impact of the project	28/04/2017	Completed
Final Report of the environmental impact of the project	30/04/2019	Completed

ACTION C1. MILESTONES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Description of the monitoring methods	30/12/2015	Completed
Availability of an updated table with the environmental and economic result indicators of the project	30/04/2019	Completed

### Action C2. Monitoring of the socio-economic impact of the project

The main objective of this action was to develop a socio-economic monitoring programme to be jointly carried out with the environmental impact described in the action C1. The effectiveness of the new early detection system of forest decline and the implementation of sustainable techniques has been compared to the traditional systems and the positive socio-economic impact connected to their implementation has been monitored.

The new situation created in August 2018 in the Basque Country, with about 40,000 ha of radiata pine affected by the disease of the bands in Bizkaia and Gipuzkoa, has caused a strong phytosanitary crisis and has forced to HAZI to rethink this issue. The impact caused in the forest administration and among the thousands of affected forest owners has forced to rethink the focus of the project and the use of new damage inventory techniques. The Basque forestry socio-economy has changed rapidly and the model based on plantations, felling and industrial use of the radiata pinewood is being transformed into a more varied model, based on multiple forest species depending on the forestal area along the Basque Country.

The forest damage caused by the disease of the bands, which in previous years were scarce and located in small areas of the Basque Country, it has now become very widespread and affect the entire value chain of Basque wood. Therefore, the comparative analysis and the final report made in this section have had to adapt to this new situation of change and uncertainty and it is expected that the tools generated in the Project will help managers and forest owners in the future Basque forestry socio-economic model.

The **Deliverable D28** shows the differences obtained are shown thanks to the innovations contributed by the project in comparison with the traditional systems of detection and management. For its part, in the **Deliverable D29** the socio-economic focus has been changed due to new phytosanitary crisis and due to the new forestry situation created after 2018. **Deliverables D26** and **D27** are intermediate reports, adapted to the previous or traditional forest situation.

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019		
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	
C2	Proposed																
	Actual																

#### ACTION C2. DELIVERABLES

NAME	DEADLINE	STATUS
Monitoring Plan of the socio-economic impact	30/12/2015	Completed
Interim Report of the socio-economic impact of the project	28/04/2017	Completed
Comparative analysis of the caused socio-economic impact by traditional and innovative systems of detection and management	01/04/2019	Completed
Final Report of the socio-economic impact of the project	30/04/2019	Completed

#### ACTION C2. MILESTONES

NAME	DEADLINE	STATUS
Description of the monitoring methods	30/12/2015	Completed
Final analysis of data	28/02/2019	Completed

## Communication actions

### Action D1. Communication Plan

The Communication Plan (**Deliverable 30**) was successfully elaborated within the planned timeframe. The document, written in Spanish with a summary in English, has been structured in the following sections: The LIFE programme and Communication; Communication objectives; Internal Communication coordination and management; External Communication target groups; Key messages; Communication activities and tools; Visual identity; Timetable; Monitoring and impact assessment; After-LIFE Plan.

As foreseen in the project application, the Communication Plan sets the guidelines for the dissemination strategy, including the types of audiences, messages, objectives, timescale and monitoring. The plan covers all mandatory actions set out by the LIFE Programme as well as a group of complementary activities that will maximize the project's results and their transferability. The plan also includes the project visual identity elements: project logo, font and colour palette chosen. It also incorporates the templates created for word and power point presentations.

Action	Status	15		2016				2017				2018				2019	
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	
D1	Proposed																
	Actual																

ACTION D1. DELIVERABLES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Communication Plan	31/05/2016	Completed
Project logo	31/05/2016	Completed

ACTION D1. MILESTONES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Communication Plan available	31/05/2016	Completed

### Action D2. Primary actions

This action covers the obligatory communication activities mandated by the LIFE Programme: the project website, the notice boards and the Layman's report.

Since its creation, the **project website** (<http://www.lifehealthyforest.com>) has been frequently updated and enhanced with information and audiovisual materials. The sections of the website are: Home, Objectives, Actions, Partnership, Networking, Results, Documents, Events and News, Life, and Contact. All the contents of the website are



CO-FUNDED BY THE LIFE PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



\*\*\*

#### About the project

The main objective of LIFE HEALTHY FOREST project, co-funded by the LIFE programme of the European Union, is the design, application and monitoring of advanced methodologies to achieve a more sustainable forest management at EU level in the field of control and prevention of forest decline caused by invasive and pathogenic agents taking into account both their environmental and socio-economic impact.

Read more

available in English and Spanish. Until the end the project (30/04/2019), the website has received 6.195 visits, thus exceeding the expected target.

Regarding the social networks, the Twitter account (created in June 2016) has been updated on a daily basis and had 439 followers at the end of the project (30/04/2019), being a very useful and active project communication tool. The profile can be consulted in the following link: [https://twitter.com/healthy\\_forest?lang=es](https://twitter.com/healthy_forest?lang=es).



Eight **Notice boards (Deliverable D31)** were erected in the pilot plots and in the Technological Center of Arkaute, where Neiker and Hazi have their premises.



Layman's report has been already finished and added to the Annexes section (**Deliverable D32**).

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019	
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q
D2	Proposed															
	Actual															

ACTION D2. DELIVERABLES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Notice boards	31/07/2016	Completed
Layman's report	31/01/2019	Completed
ACTION D2. MILESTONES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Fully operational Website of the project	31/07/2016	Completed

### Action D3. Complementary actions

This action is focused on the development of additional communication actions beyond those that are compulsory according to the LIFE Programme guidelines.

#### Organisation and participation in events

- *Open Info-day*: The open info-day was held on 30<sup>th</sup> June 2016, with participation of all project partners. The event was highly publicized via a [press note](#) on the project website and [Twitter](#).
- *First Workshop*. The first workshop "Areas of expertise and tools for detection and prevention of forest decline in LIFE HEALTHY FOREST" was held on 7-8<sup>th</sup> November 2016 in Arkaute, Spain. Once again, the event has been publicized via a [press note](#), [Twitter](#) and the [Life Programme webpage](#).

- *Training school on statistical analysis of hyperspectral data.* FSU hosted a training school on statistical analysis of hyperspectral data to analyse vegetation health status in March 2017. Researchers and practitioners were instructed in the use of advanced statistical techniques and the combination of open-source statistical and GIS software. 54 applications have been received from a cross-disciplinary (remote sensing, environmental sciences, earth sciences, geomorphology, etc.) and international audience stemming mainly from Europe but also from overseas. 28 participants took part in the spring school. The participants evaluated the spring school as a success, and asked us to repeat it next year again (<http://r-spatial.org/r/2017/03/25/spring-school-jena.html>). Prof. Dr. Alexander Brenning contributed to disseminating and promoting the LIFE Healthy Forest Project by presenting it at the international conference “Challenges and Synergies in the Analysis of Large-Scale Population-Based Biomedical Data” in Oaxaca, Mexico.
- *Last workshop:* The last workshop of the LIFE HEALTHY FOREST project, “Emerging forest diseases and innovative control strategies”, took place on September 19 and 20 in Arkaute, with a great success among the audience of the Basque Country’s forestry sector. The two-day event, organised of the project coordinator NEIKER, counted with the participation of almost a hundred representatives from the sector. A programme flyer announcing the *Programme* was created and heavily promoted. The event has been also disseminated through the project website and *Twitter*. The LIFE communication team has been also informed in due time.
- *Participation in other events:*
  - Submission of abstract to the Spanish forest congress (Plasencia, June 2017). The title of the communication, which has been accepted, is (in Spanish): “Life Healthy Forest Project: early forest detection systems”.
  - Participation and communication of the project in IEFC-EFIAtlantic Annual Meeting, held in Biarritz, Spain. (June 2016).
  - IEFC-EFIAtlantic Annual Meeting (60 assistants), held in Edinburgh (9-12 May 2017). The title of this presentation was: “LIFE Healthy Forest Project”.
  - Submission of abstract to the Spanish forest congress (Plasencia, June 2017). The title of the communication, which has been accepted, is communication is: “Life Healthy Forest Project: early forest detection systems”.
  - Presentation of an abstract to the Spanish forest congress (800 assistants), held in Plasencia (25-29 June 2017). The title of this accepted communication was: “Life Healthy Forest Project: early forest detection systems”. The title of this accepted communication was: “Life Healthy Forest Project: early forest detection systems”. It was presented and explained as poster in the Congress.
  - *III Wood Week (23-29 October 2017).* Life Healthy Forest project was present in the third edition of the Wood Week organised by Baskegur and Neiker. HAZI was

- included in the field trip and in the forestry health day organized by Neiker in Bilbao on October 26, 2017. On October 25, a visit to some of the project pilot plots representing several ecosystems with symptoms of forest decline caused by diseases was carried out. In addition, during the Seminar on Forest Health on the 26th, the project coordinator Eugenia Iturritxa presented the health status of the Euskadi pine forests and the first results of the project in relation to forest pathogens. HAZI sent two articles to disseminate the results achieved, sent to *Sustrai* and *Montes* magazines
- Attendance at a technical conference on “Theory and practice for our management in nature”, held by Baskegur on 3<sup>rd</sup> of March 2018 in Hernani (Gipuzkoa). Presentation of this “Project LIFE Healthy Forest” and its first results.
  - HAZI organized two informative training courses on forest health, focused on forest owners and managers. The first one (17-April-2018) was conducted in Fraisoro (Gipuzkoa) and the second one (3-June-2018) in Iurreta (Bizkaia). Presentation of this “Project LIFE Healthy Forest” and its first results in both training courses has been done.

### Communication and dissemination materials

- *Informative leaflets*: The project leaflet has been elaborated in Spanish and English (**Deliverable D33**), available in on the [project website](#).
- *Videos (Deliverable D34)*: All the videos are available on the project website.
  - ✓ The first and the fifth videos were filmed coinciding with the first and the last project workshops. The videos include interviews in English and Spanish with subtitles in the other language.
  - ✓ A second spot has been filmed coinciding to the LIFE programme’s 25 anniversary. In this video, six researchers from different departments at NEIKER, who have coordinated or participated in different LIFE projects, explain their experiences and the advantages of collaboration with other LIFE projects.
  - ✓ Third spot highlights the daily work within the project, combining the field, lab and greenhouse activity. It was filmed on 12/02/2018, at the NEIKER premises located in Arkaute.
  - ✓ The fourth video is focused on some drone flights using an infrared thermal imaging camera in a damaged pine forest in Azpeitia (Basque Country). The initial idea was to film a video focused on the LIDAR flights. Unfortunately, it was not possible to match the schedules of the company in charge of the flights and the audiovisual company, as it was difficult to have an accurate prevision of the flights due to the changing climatological conditions. In any case, in this video we explain the work done in the flights and showing the orthophotos and the data obtained.
  - ✓ A final video has been recorded summarising the project progress and results.
- *Promotional materials for events*. USBs and brochures have been created and distributed in the project events.

## Interaction with the media

- **Technical articles (Deliverable D35):**
  - Proyecto Life Healthy Forest: sistemas de detección temprana de declive forestal.
  - Emerging Needle Blight Diseases in Atlantic Pinus Ecosystems of Spain.
  - Biocontrol of *Fusarium circinatum* Infection of Young *Pinus radiata* Trees.
  - Native rhizobacteria as biocontrol agents of *Heterobasidion annosum* s.s. and *Armillaria mellea* infection of *Pinus radiata*.
  - Distribution and Characterization of *Armillaria* Complex in Atlantic Forest Ecosystems of Spain
  - *Diplodia scrobiculata*: A latent pathogen of *Pinus radiata* reported in northern Spain.
  - PHD Thesis: *Heterobasidium* Bref. And *Armillaria* (Fr.) Staude pathosystems in the Basque Country: identification, ecology and control.
  - Mating type ratios and pathogenicity in *Diplodia* shoot blight fungi populations: Comparative analysis.
  - Root Infection of Canker Pathogens, *Fusarium circinatum* and *Diplodia sapinea*, in Asymptomatic Trees in *Pinus radiata* and *Pinus pinaster* Plantations
  - Hyperparameter tuning and performance assessment of statistical and machine-learning algorithms using spatial data.
  - PHD Thesis: Study of *Diplodia* shoot blight in the plantations of the Basque Country.
  - Genotypic diversity and distribution of *Sphaeropsis sapinea* within *Pinus radiata* trees from northern Spain (in process).
- **Information sheets.** The sheets are available in section “Documents” of the project website, <http://www.lifehealthyforest.com/es/category/documents/> and annexed as **OSA3**.
- **Press releases-press book:** 22 press notes (11 EN, 11 ES) have been produced in both languages (**Deliverable D36**). Such press releases are available on the project website, in “Events and news” section and can be consulted in the following link: <http://www.lifehealthyforest.com/events-and-news>.

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019	
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q
D3	Proposed															
	Actual															

### ACTION D3. DELIVERABLES

NAME	DEADLINE	STATUS
Project leaflet	31/10/2016	Finished
Pressbook	30/04/2019	Finished
Technical articles	30/04/2019	Finished
Videoclips	30/04/2019	Finished



ACTION D3. MILESTONES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Open info-day	30/11/2015	Finished
1st Workshop	31/10/2016	Finished
Training school on statistical analysis of hyperspectral data	31/03/2017	Finished
2nd Workshop	30/09/2017	Finished.*
3rd Workshop	28/09/2018	Finished
Final conference	29/03/2019	Not organised*

#### Action D4. *Networking with other Life and non-Life projects*

This action was aimed at establishing a sustainable relation and real exchange of information with other relevant projects –especially the ones co-funded by the LIFE initiatives– through a variety of networking activities and a pro-active approach to cross-border and international collaborations.

To do so, the first step was to collate information and expertise on related areas of research across a choice of projects. The primary network of collaborators was developed based on the 3 specific groups of projects to be examined in detail:

- Other LIFE projects in which LIFE HEALTHY FOREST partners participate.
- Other LIFE projects working on related topics
- Other EU funded projects and specialized networks working on similar topics

A networking database of related projects and initiatives was elaborated and periodically updated. The database (**Deliverable D37**), with around 90 entries, was organised in six sections as follows:

Classification	Number of entries
LIFE projects in which LIFE HEALTHY FOREST partners participate	12
LIFE projects on the same topic.	28
Other LIFE projects identified on related topics	12
Other European projects	7
European initiatives and networks.	17
Scientific community	11

In order to find the contacts, we have used the following tools:

- Direct contact with coordinators or partners of projects led by LIFE HEALTHY FOREST's partnership.
- Searching engines, especially: LIFE PROJECT database, CORDIS and KEEP.
- Communications received by other projects.
- Scientific contacts from partners.

In addition, we have contacted more than 30 LIFE projects from this database to individually introduce the project and tried to explore for different ways of collaboration.

Most of the contacted projects have positively replied to our contact, starting in this way conversations for future cooperation.

A Networking section has been already created in the project website, encompassing around 30 projects. The section can be consulted here: <http://www.lifehealthyforest.com/networking/>. In the same way, and thanks to this collaboration, LIFE HEALTHY FOFEST has been included in the project website of other LIFE projects, such as LIFE REGEN FARMING ([here](#)), FRESH LIFE ([here](#)) and LIFE BIOBALE ([here](#)), among others.

Moreover, five LIFE projects participated in three of the events organised:

- LIFE Observatree (<http://www.observatree.org.uk>), participated in our First Workshop held in Arkaute on 7-8<sup>th</sup> November 2016. In addition, we are in contact with LIFE+ ForBiosensing (<http://www.forbiosensing.pl/about-project/life-plus>).
- Two members of the project *LIFE+ ForBiosensing* took part in the Spring school at Jena (13-16<sup>th</sup> March 2017), with Aneta Modzelewska giving a lecture on hyperspectral applications. Cemal Melih Tanis of the *LIFE MONIMET* project took also part in this training.
- The projects *LIFE CLIMATREE* and *LIFE FOREST CO2* participated in our the last workshop (Arkaute, 19-20 September 2018).
- In addition, numerous contacts have been made amongst European agencies responsible for forest health in IEFC-EFIAtlantic Annual Meeting and in Spanish forest congress.

The [LinkedIn group](#) was also created but, after a profound search of LinkedIn profiles of the people involved in the LIFE projects of our networking database, it seems the majority of them do not work on this professional network.

Thanks to the disclosure of the project, a new collaboration has been initiated with the CRG genomic Regulation Center, this collaboration will allow to bring new results and information that will enrich the After-LIFE action.

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019	
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q
D4	Proposed															
	Actual															

#### ACTION D4. DELIVERABLES

NAME	DEADLINE	STATUS
Networking database	30/04/2019	Completed

#### ACTION D4. MILESTONES

NAME	DEADLINE	STATUS
Creation of the project's LinkedIn Group	30/09/2016	Completed.

### Action E3. After LIFE Plan

Several actions will continue after the termination of LIFE funding, guaranteeing the dissemination of the results and applications obtained in the LIFE HEALTHY FOREST project.

The implementation of the early detection system in large-scale demonstration plots and characterization of diseases will continue. This will allow to generate risk maps of new emerging diseases. Lidar data and orthophotos in the visible and infrared that cover the region will be updated thanks to the institutional support.

A new collaboration with the Genomic Regulation Center (CRG) is added. The vision of the CRG is to understand the complexity of life from the genome to the cell to a complete organism and its interaction with the environment will confer a new perspective to the system, arising in the context of this project, in the study of the emerging diseases with the greatest impact at local and European level. This new collaboration enriches and complements the initiated activities of detection and characterization of forest diseases. The implementation of these activities will be key when it comes to improving the definition of prevention and control strategies

The monitoring of the effect of the treatment in the demonstration plantations will continue after the completion of the project. The agents involved commit to expand this GIS infrastructure for the early detection and sustainable control of invasive and harmful organisms, after completing the project updating both the GIS infrastructure and its application, based on the additional information obtained from the implementation of actions subsequent to the LIFE project.

The communication plan will continue after the completion of the project, since the results obtained from this project will be disseminated in other conferences and meetings (scientific and informative). The dissemination of the GIS infrastructure and the results of the project will be carried out mainly through the constant updating of the project website that will be available 5 years after the project ends.

The Web page of the Project will remain active for five years after the end of the project. All project materials will be available on the project website. Layman's report will be distributed among interested parties and at scientific and other events. Through the publication of technical and scientific articles the partners will continue the complementary activities.

Additional actions of training and organization of workshops will also be contemplated. In this aspect there is the collaboration of Baskegur, established during the LIFE project period and this collaboration will be extended after the project lifetime.

The work network with other LIFE and non-LIFE projects will also continue after the project ends. The implementation of the After-LIFE Plan will include monitoring the implementation of the early detection system, sustainable management strategies and the use of tools created by public and private stakeholders and the general public.

The After LIFE Plan can be available in **Deliverable D38**.

## 6.2. Main deviations, problems and corrective actions implemented

No major problems or difficulties in the execution of project activities were not encountered during the project, but only some minor deviations:

- *Action 2.* Hyperspectral image acquisition was delayed and could not be performed in all desired locations due to administrative and financial reasons. Still, subsequent analyses did not suffer from this limitation. Unforeseen complications arose with NASA's decommission of the Hyperion sensor. FSU evaluated the availability of hyperspectral imagery for the Basque country from other sensors. One replacement candidate, the AVIRIS sensor, had to be dismissed due to exorbitant costs. Instead, FSU used a new sensor (Sentinel-2 mission) which is available for free and provided the basis for multispectral-multitemporal hyper-dimensional modelling. This constituted both a novel approach and an adequate replacement choice.
- *Action B1.* The flights had to be postponed until spring 2017 due to the adverse weather conditions.
- *Action B3.* Only one public map server environment has been created, not having seen the need to create a restricted access environment
- *Action D3.*
  - The second workshop was carried out into the "III Wood Week (23-29 October 2017)". Life Healthy Forest project was present in the third edition of the Wood Week organised by Baskegur and Neiker. Collaborators from the University of Aberdeen (UK), Steve Woodward, Arauco, Rodrigo Ahumada (Chile) Iñaki Gerenabarrena (Hazi), Amaia Urkola and Aitor Omar from the provincial Government and the project coordinator Eugenia Iturritxa presented the health status of the forests and the current main problems linked with pathogenic agents.
  - The last workshop of the project, "Emerging forest diseases and innovative control strategies", took place on September 19 and 20 in Arkaute, and since one of the participants, Cheryl Patten, could not attend the meeting for working reason we completed this section with a second part of the workshop in March 2019. In this event, Cheryl showed us her work in the University of New Brunswick in a conference held in Neiker Arkaute, a field trip was organised to show the damage area and we shared the collaboration experiences with the University of Canada in the context of the project.
  - Due to the great success of the last workshop in terms of audience and the proximity in terms of dates, NEIKER decided not to organise the Final Conference. A new event will be organised in the framework of the After-LIFE Plan to present additional results obtained in the project.

### 6.3. Evaluation of Project Implementation

Action	Foreseen in the revised proposal	Achieved	Evaluation
A1	<p>Objectives: Compilation and review of data, materials and methods</p> <p>Design of the specific protocols</p> <p>Elaboration of the integrated early detection system</p> <p>Expected results:</p> <p>Innovative system of protocols (draft version) for the early detection of forest decline</p>	<p>Potential data sources for climatic and topographic data for spatial modelling of forest decline have been identified and accessed or contacted; this formed the basis of the work done within A2.</p> <p>A draft protocol for the capture and analysis of hyperspectral imagery has been developed based on a thorough review of academic and technical literature on the subject. It was integrated into the early detection protocol within the integrated early detection system. Protocols about evaluation of damages in forest plots, sampling, isolation of organisms, identification, population study, pathogenicity and control methods have been revised and a pre-selection of the most adequate was applied.</p>	Completed as planned.

Action	Foreseen in the revised proposal	Achieved	Evaluation
A2	<p>Objectives:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Characterized pathogen collection</li> <li>- Database of possible predisposal factors for forest disease</li> <li>- Acquisition of hyperspectral (HS) imagery</li> <li>- Optimized guide for early detection of pathogens</li> <li>- Database of plot characterization</li> </ul> <p>Expected results:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conducted and preprocessed hyperspectral imagery</li> <li>- GIS database of environmental factors</li> <li>- Geodata accuracy assessment</li> <li>- Virulence behaviour in 150 accessions</li> <li>- Detection of at least 50 candidate genes</li> <li>- Detection of at least 25 significant associations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Numerous predisposal factors for forest disease have been identified and compiled in a database: in-situ variables such as insect infection, hail damage, diameter, etc. climatic variables such as precipitation, temperature our spatially modelled hail susceptibility terrain attributes such as elevation, slope, curvature and wetness index. lithology, soil type, soil attributes and pH</li> <li>- The HS flight was planned and successfully executed. The HS imagery has been preprocessed.</li> <li>- Metadata for all spatial datasets has been compiled.</li> </ul> <p>Protocols enumerated in section A1 have been tested in small scale demonstration plots. Field monitoring of forest health state and an intensive sampling has been carried out in a wide selection of plots with severe health problems.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagnostic, identification and characterization of agents are still ongoing, Compilation of scientific information about virulence genes has already started and almost concluded. The evaluation of virulence behaviour has been concluded for 150 accessions</li> <li>- 51 virulence candidate genes have been selected in order to construct a next generation sequencing (NGS) library with 248 Diplodia isolates</li> </ul>	<p>Overall, we successfully reached our aims. However, the HS image acquisition was executed later than planned due to financial and administrative delays. Unfortunately, the Hyperion sensor for HS images of the whole Basque country was decommissioned. Therefore, FSU chose a new sensor (Sentinel II) for multispectral-multitemporal hyper-dimensional modelling.</p> <p>Some new plots have been included in this action to complete the range of the main pathogenic agents in Europe.</p>

Action	Foreseen in the revised proposal	Achieved	Evaluation
B1	Implementation of the early detection system in large-scale demonstration Plots	Protocols enumerated in section A1 were tested in large scale demonstration plots. Field monitoring of forest health state and sampling has been carried out in plots with and without severe health problems. Diagnostic and Characterization of agents have been carried out.	Completed as planned.
B2	Implementation of sustainable management in forest ecosystems	Appropriate methods for the management of the disease have been examined either under laboratory and greenhouse conditions. Results obtained in this sub-action have been already published or sent for publication.	Completed as planned.
B3	Development and implementation of a GIS infrastructure for the early detection and sustainable control of invasive and damaging agents	Appropriate methods for the management of the disease survey have been examined either under GIS and field conditions. Results obtained in this subaction have been already published and sent for publication.	Due to the delay in the Lidar flight, there has been a light readjustment in the rest of the work dependent on this data.
C1	Monitoring of the environmental impact of the project	As a result of the application of the environmental monitoring of the detection capacity and diagnostic, an improvement of a 10 percentage is expected. These estimations are subject to the measurement of the beneficial impact of the new systems implementation in relation to the current and traditional systems.	Completed as planned.

Action	Foreseen in the revised proposal	Achieved	Evaluation
C2	Monitoring of the socio-economic impact of the project	The effectiveness of the new early detection system of forest decline and the implementation of sustainable techniques have been compared with the traditional systems and the positive socio-economic impact connected with their implementation.	Completed as planned.
D1	Elaboration of a Communication Plan to organise the dissemination activities foreseen.	The plan was finished in due time.	The Communication Plan was a useful tool to organise the communication strategy and actions.
D2	Implementation of compulsory communication activities established by the LIFE programme	Project website, notice boards and Layman's report are available.	Project compulsory communication activities successfully achieved. Project website has been a perfect tool for dissemination, specially combined with the additional ones envisaged in D3. In addition, interaction in Twitter had a great success and appeared to be the best channel to be connected with stakeholders, the public and other projects.
D3	Implementation of additional activities to maximize the project results and visibility	Four events were organised. Project brochure in English and Spanish has been designed. Six videos were filmed. 22 press notes and 11 technical publications have been prepared. Partners have also seized the opportunity to present the project in other events.	Events have been gaining interest throughout the project lifetime. Spring school and Last workshops were a clear success. Project videos seems to be a very useful and self-explanatory way to talk about the project. While we had not have a great coverage in general media, we did in more technical one, by publishing results on a regular basis.



Action	Foreseen in the revised proposal	Achieved	Evaluation
D4	This action is aimed at establishing a sustainable relation and real exchange of information with other relevant projects.	The database of contacts has been developed Networking section on the project website. Successful joint collaborations have been carried out.	Networking activity was very fruitful. We were able to establish close collaboration with some projects. LinkedIn group did not turn to be a good channel to be in contact with other projects, but did Twitter.
E1	<p>Objectives:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Signing of partnership agreements.</li> <li>Establishment of management structure</li> <li>Operational management</li> </ul> <p>Expected results:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Partnership agreement</li> <li>Management structure</li> <li>Support infrastructure for project management</li> </ul>	Partnership agreement was signed by all partners and steering committee members were nominated as planned. Financial arrangements and tools have been developed. Coordination meetings were held on periodical basis, as scheduled.	Management and coordination run successfully the entire project. Coordination meetings were convenient in terms of project follow-up and organisation of the work for the forthcoming period.
E2	Efficient and periodical monitoring and evaluation	Necessary tools for internal monitoring (report template and excel tool) have been created and used in the monitoring reports. Mid-term and Final external evaluation.	Monitoring process run smoothly. The internal reporting system was very useful to both official reporting and for monitoring project progress purposes, and helped to identify any deviation from the initial work plan. External evaluation helped to identify and highlight some deficiencies.

## 6.4. Analysis of benefits

### Environmental benefits

Biological diversity means 'the variability among living organisms from all sources, including terrestrial, marine and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part; this includes diversity within species, between species and of ecosystems' (UN, 1993). The term covers every form of life on Earth (plants, animals, fungi and microorganisms), the diversity of communities that they form and the habitats in which they live. It encompasses three levels: ecosystem diversity (i.e. variety of ecosystems); species diversity (i.e. variety of different species); and genetic diversity (i.e. variety of genes within species). In this context, this project covers the biodiversity evaluation of different ecosystem, species diversity of decline agents, at genetic and physiological level in connection with management strategies applied.

Beneficial organisms have been identified and tested with a high potential for their use as biological control organisms. Pathogens have been identified and characterized to define their virulence, their potential saprophyte and propagative capacity.

Prevention and control of pathogenic invaders likely to benefit under climate change and directly or indirectly contribute to greenhouse gas emissions. Detected invasive and pathogenic organisms cause tree mortality in young and sometimes adult trees, thus promote grass invasion. The subsequent lower tree density reduces carbon storage in woodlands.

Several pathogens benefit from climate change (e.g. *Fusarium circinatum*, *Dothitroma spp.*, *Lecanosticta acicola*, *Armillaria complex*, *Heterobasidion annosum*, *Phytophthora cinnamomi*) which may render trees more vulnerable to the impacts of climate change (e.g. droughts or fire). In addition, climate change will aggravate this trend by driving more environmental problems. LIFE HEALTHY FOREST is promoting motivation to avert invasive species threats and implementation of innovative systems against the spreading and introduction of invasive and pathogenic organisms.

The main obtained results are addressed to deliver an important contribution to the sustainable forest monitoring and management at EU level by developing and implementing advanced tools for the early detection of forest ecosystems in decline and its subsequent application of sustainable strategies of control and prevention environmental friendly. The actions and results of the present project are in line with EU environmental policy (Deliverable D24 and Deliverable D25, along with scientific publications included in Deliverable D35) and they will be completed during the After-Life period. In quantitative terms, through the GIS infrastructure it is possible to know and to show the economic and environmental benefits derived from the application of the integrated early detection system and the sustainable management strategies to prevent and control invasive and damaging agents. Based in the decline forest detected

it has been possible to estimate disease impact, causal organism, aggressiveness, and applicable sustainable strategies and their cost. This information will be published in scientific papers and in the next informative meeting that will take place next autumn under the After Life actions.

### **Socio-economic benefits and Policy implications**

Impact of forest decline, predisposal factors to the development of diseases results and potential management strategies will be tested in different climate change scenarios to promote a long-term sustainable proposal of management against forest declaim caused by biotic factors combined with climate change conditions.

Expected environmental and socio-economic benefits due to the implementation of the innovative systems of detection and management of invasive and pathogenic agents (*losses of wood volume, Validation in the growth Evolution of the trees: DBH and Height, socio-economic implications of the early detection system application*). Since there is a close connection between the environmental and socio-economic impact monitoring, the final assessment of LIFE HEALTHY FOREST has been undertaken jointly and it will be available in the GIS application (**Deliverable D22**, <https://geo1.hazi.eu/healthy-forest/>).

A reduction of global costs of around 30% and an increase of 25% of the environmental, economic and social benefits is estimated due to the implementation of the innovative systems of detection and management of invasive and pathogenic agents. In this context several natural substances and beneficial organisms have been tested and proposed trying to substitute chemical fungicides. For serious needle blight disease outbreaks copper fungicides have been combined with interventions such as timing of silvicultural treatments and planting of disease resistance species. However, although they are effective, copper fungicides may not be a desirable strategy in the long run as copper accumulation in soil can cause problems for other organisms and affect soil health. Copper is a nondegradable heavy metal and presents a risk to birds, mammals, and beneficial soil microorganisms, as well as to the wider environment. Restricted application of copper compounds as bacteriocides and fungicides is authorised in the European Union (EU). However, these compounds are “of particular concern to public health or the environment,” according to the European Food Safety Authority (EFSA, 2018), and are targeted for elimination. EU farmers and foresters have already started looking at ways to reduce or replace their use. Nevertheless, due to lack of available alternatives, foresters have requested special authorization for the application of copper fungicides in plantations experiencing needle blight outbreaks. On 31 August 2018, the EU executive proposed the re-approval of copper compounds as plant protection products and they were on the agenda of the Plant, Animals, Food and Feed (PAFF) Standing Committee on 23-24 October for discussion and possible vote. Disease control strategies must consider cost, the environment, and social values. They need to balance crop quality and yield security with environmental preser-

vation, and be compatible with conventional forest management practices. There is an increasing demand to reduce the use of chemicals as antimicrobial agents, and replace them with natural products that are less toxic to nontarget organisms. In this regard, substances derived from plants, such as essential oils, are attractive alternatives. The International Organization for Standardization (ISO) (ISO/D159235.2) defines an essential oil as a product made by distillation with either water or steam, mechanical processing, or dry distillation of natural materials. The potential of such substances is enormous; a single plant can provide a pool of substances with a very broad spectrum of antimicrobial activity. The main compounds present are terpenes and terpenoids; infrequently nitrogen- and sulphur-containing compounds, coumarins and phenylpropanoids can also be detected (Hyldgaard et al., 2012; Niu and Gilbert, 2004). For example, propolis is a substance with a high potential to possess antimicrobial, antifungal, antioxidant, antiviral and antiprotozoal activity (Pereira et al., 2008). It is produced by bees from plant materials to seal hive walls and to strengthen the borders of their combs. Chemically, propolis is exceedingly complex (Brown 1989) consisting of 149 compounds of which 38 are flavonoids, 14 derivatives of cinnamic acid, and 12 derivatives of benzoic acid. Eleven other groups have been listed including terpenes and sesqui terpenes, alcohols and hydrocarbons (Walker and Crane 1987). The composition of propolis can vary according to the species of bee and the time of year in which it was collected, with more than 300 substances being recorded as propolis constituents (Bankova, 2005). Although alternatives to copper-based fungicides have been tested in agricultural crops, few have been tested against fungal pathogens of trees. In an effort to identify effective fungicides to treat needle blight diseases, in this project we have screened a range of substances including synthetic chemicals, essential oils, and beneficial micro-organisms to define their ability to inhibit the growth of two species of needle blight fungi of *Pinus* spp., *Dothistroma septosporum* and *Lecanosticta acicola*, and their toxicity for *P. radiata* and other organism.

### **Replicability, transferability**

Since the methodology used is based on scientific information, these results are being published after a scientific revision to guarantee their traceability, transferability and application to other region, countries or policy areas and to predict future impact on EU environmental policy and legislation.

All the contents of the project will be disseminated informatively and cinematically through workshops, workshops, documents, files that will be announced through the project website. To give greater continuity to the actions carried out, a working group is currently being generated to request financing through an INTERREG SUDOE project and we will continue participate in a new life project that can give continuity to the implementation of these methodologies in other regions of Europe.

## **Best Practice lessons**

Among the best practice lessons learnt within the project, we would like to mention:

- The achieved improvement of the project because of all the cooperation among the direct participants of the project, stakeholders and external collaborators (Networking).
- The increase of the potential of the used methods when all of them are combined looking for the same objective instead of using separately.
- The necessity of effective and realistic management strategies proposal for prevention and control of biotic decline in forest, plantations and urban areas.

## **Innovation**

This project has a high innovator component that is reflected in the main aims of the project, the methodology applied and preliminary results obtained so far.

Early and accurate detection and diagnosis of forest diseases are key factors in forest production and the reduction of both qualitative and quantitative losses. Optical techniques, such as RGB imaging, multi- and hyperspectral sensors, morphological and molecular techniques have proven their potential in automated, objective, and reproducible detection systems for the identification and quantification of biotic damages at early time points in epidemics. Accurate and reliable detection of diseases is facilitated by highly sophisticated and innovative methods of data analysis that lead to new insights derived from sensor data for complex tree-pathogen systems.

Synergies between innovative early detection systems and sustainable management control strategies are needed to promote a coevolution of both systems looking for environmental and economic efficiency.



## MONITORING PROGRESS REPORTS-INFORMES PARCIALES DE HAZI



LIFE Project Number  
**LIFE14 ENV/ES/000179**

LIFE HEALTHY FOREST  
**Early detection and advanced management systems to reduce  
forest decline caused by invasive and pathogenic agents**

Monitoring Progress Reports  
**Technical Part**  
**Partner: HAZI Foundation**

### Data Project

<b>Project location:</b>	Basque Country (Spain)
<b>Project start date:</b>	02/11/2015
<b>Project end date:</b>	30/04/2019
<b>Total budget:</b>	€ 1,487,960
<b>EU contribution:</b>	€ 892,776
<b>(%) of eligible costs:</b>	60%

## **MONITORING PROGRESS REPORT Nº 1**

**Covering the project activities from 02/11/2015 to 30/03/2016**

### **1. Technical progress, per Action**

#### **1.1. Action A1. *Design of the integrated early detection system***

The development of a specific protocol for the planning of acquisition, processing and analysis of hyperspectral images was finished based on the review of scientific and technical literature on the application of hyperspectral remote sensing in the study of forest decline. Progress has been made on the integration of the public tender preparation for the Lidar flight protocol into the integrated early detection system.

#### **1.2. Action A2. *Optimization of the integrated system by its application to a small-scale demonstration plots***

The objective of this action is the optimization of the integrated early detection system of forest decline developed in action A1. Before its implementation at large-scale demonstration plots, it will first be applied in field conditions at the small scale. The following activities are foreseen:

##### **A2.1. Characterization of small-scale demonstration plots**

Demonstration plots have been selected from Neiker's Forest Health data base. The selected plots are representative of Atlantic and Mediterranean forest ecosystems in the Basque Country. Two of these plots have been measured by dron and Infrared camera and this remotely-sensed data acquisition will continue in spring/summer.

##### **A2.1.3. Field monitoring of dasometric characterization**

All the pines located at these Demonstration plots have been measured in this period by Neiker and Hazi.

##### **A2.1.5. Infrared images, orthophotos, Lidar data analysis**

HAZI is working in the public tender preparation for the Lidar flight in the Basque Country. For this preparation, we have contacted several Lidar companies to know the current prices of these operations.

Also, we have worked in the preparation of all the orthophotos and Lidar data availables in the Basque Country along these last years.

#### **1.3. Action C2. *Monitoring of the socio-economic impact of the project***

The development of a specific protocol for the planning of a socio-economic monitoring programme to be jointly carried out with the environmental impact is described in the action C2. The effectiveness of the new early detection system of forest decline and the implementation of sustainable techniques will be compared with the traditional systems and the positive socio-economic impact connected with their implementation will be monitored.



It has been contacted several institutions from the Basque forestry sector to achieve the Descriptors values needed to fill these socio-economic indicators: Basalde, Forest Owners' Associations and Cadastral Services. Unfortunately, the delay in the realization of the info-day has not allowed the possibility to get the rest of Descriptors. Some of these Descriptors are based in periodic Forest statistics, produced by some project stakeholders in the Basque Country, the Forest Services of the Diputaciones Forales (Provincial Governments), and we need their full cooperation to finish the socio-economic indicators monitoring programme. The expected indicators and parameters list is:

Social impact indicators	Impact units	Source of information
Employment generated by the forest activity	Number of employs	Basalde-Applicant Regional Association of Forest Certification PEFC in Basque Country
Number of forest owners	Number of owners	Cadastral Services
Development of Forest Management Plans and degree of compliance	Number of Plans	Basalde-Applicant Regional Association of Forest Certification PEFC in Basque Country
Economic impact indicators	Impact units	Source of information
Forest productivity: use of timber or other forest products (firewood, wild fruits and truffles collection)	m <sup>3</sup> , km of forest roads	Forest Services
Level of investments in the mountains: plantations, silvicultural work, forest tracks, etc.	ha/euros in each type of work	Forest Services

This info-day will be organize in May, so then we will finish the design and preparation of indicators Monitoring Plan.

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019	
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q
C2	Proposed															
	Actual															

### ACTION C2. DELIVERABLES

NAME	DEADLINE	STATUS
Monitoring Plan of the socio-economic impact	30/12/2015	ALMOST COMPLETED

### ACTION A1. MILESTONES

NAME	DEADLINE	STATUS
Description of the monitoring methods	30/12/2015	ALMOST COMPLETED

## 2. Main deviations, problems and corrective actions implemented

The delay in the celebration of the info-day has forced to delay this Monitoring of the socio-economic impact from November 2015 to May/June 2016.

### MONITORING PROGRESS REPORT Nº 2 Covering the project activities from 01/04/2016 to 31/10/2016

#### 1. Technical progress, per Action

##### 1.1. Action A1. *Design of the integrated early detection system*

In order to setting technical specifications, different business meetings have been held to prepare the sheet of the LIDAR flight: travels to Lerma, Pamplona and Zaragoza. With several companies, a possible methodology and measurement methods (Lidar, RGB and IR) is completed.

Progress has been made on the integration of the public tender preparation for the Lidar flight protocol into the integrated early detection system.

##### 1.2. Action A2. *Optimization of the integrated system by its application to a small-scale demonstration plots*

The objective of this action is the optimization of the integrated early detection system of forest decline developed in action A1. Before its implementation at large-scale demonstration plots, it will first be applied in field conditions at the small scale. The following activities are foreseen:

###### A2.1. Characterization of small-scale demonstration plots

Support to Leica in the choice and measurement of these small-scale demonstration plots. These plots have been measured by dron and Infrared camera during summer. Data not yet available.

###### A2.1.3. Field monitoring of dasometric characterization

Measurement of the trees of the plots using 3D laser and joining the clouds of points of the terrestrial laser with the dron data. The six selected demonstration plots are representative of forest ecosystems in the Basque Country. It has begun by those of the Atlantic region, leaving for later those of the Mediterranean. Some of these plots have been measured by Dron and infrared camera  
All the trees of these small-scale demonstration plots are measured in spring/summer 2017.

- The trees are numbered with a small plate at 1.30 m high and all of them are georeferenced with a GPS
- Diameters, total heights and the existence of damages in its trunk have been measured

- Numerous photographs have been taken to record the current state of each plot
- The plots have been scanned with a 3D laser to have the exact position of each tree and to have data of its complete trunk and crown
- In order to be able to have a complete three-dimensional modelling of each tree, has begun to join the cloud of 3D laser points with the clouds of points supplied by the dron (RGB and IR)

Finally, 504 pines have been measured in the Oiartzun plot, 300 in Hernani, 321 in Luiando, 599 in Laukiz-1 and 521 in Laukiz-2. In Laukiz-3 they are still young to measure

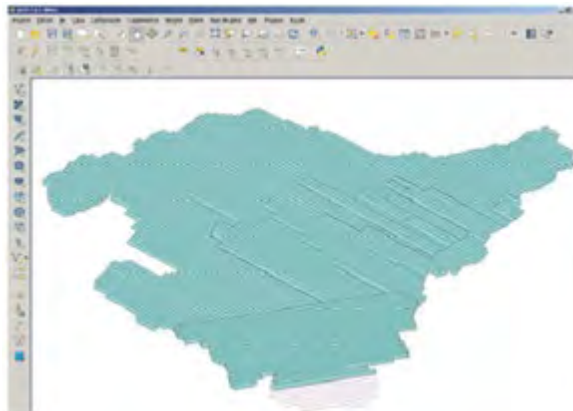
### **1.3. Action B1. Implementation of the early detection system in large-scale demonstration plots**

#### **B1.1. Spatial mapping using statistical and machine-learning data analysis**

Development of the system for measuring the growth and health of the trees at these Demonstration plots. Public tender contration for the Lidar flight in the Basque Country:

At the end of June 2016 the competition for the performance of the Lidar Flight of the Basque Country was published with a resolution of 2 pulses per square meter. The publication was made openly, in the profile of the contractor of the Basque government. Only one offer was received from the Temporary Union of Companies (UTE) formed by Stereocarto and Protoba. On July 22, the valuation report was concluded, seeing that the documentation presented was in accordance with the technical and administrative clauses, and the contract was awarded. Although the contract provided for the flight during 2016, due to bad climatology, it was decided, by mutual agreement of both parties, to postpone the flight in the spring of 2017. The project left open the realization of the flight in the year 2016 or 2017, so there is no change in the project schedule.

Throughout the month of August the flight planning was carried out according to the established sensor, obtaining the following design of flight passes:



#### 1.4. Action B2. *Monitoring of the treatment effect in demonstration plantations*

##### B2.1. Collecting meaningful information

Infrared ortophotos and Lidar flight data supply to NEIKER to develop their work. The objective is to have average indexes of photosynthetic activity and of crown health of each tree and each annual flight

Search for new woodlands affected by diseases in all Basque Country that can serve as contrast of results. Several coniferous forest plantations have been visited in order to detect possible losses of needles due to fungal diseases

#### 1.5. Action C2. *Monitoring of the socio-economic impact of the project*

Since they are of annual frequency, no new measurements of these indicators have been monitored in this period.

#### 1.6. Action D1. *Communication plan*

Preparation, organization and participation in the info-day of May, including field visit to a damaged pinewood in Olaeta (Álava). The title of HAZI speech was “Proyecto HEALTHY FOREST - LIFE14 ENV/ES/000179. Sistemas de detección temprana de declive forestal”.

Submission of abstract to the Spanish forest congress (Plasencia, June 2017). The title of this accepted communication is: “Life Healthy Forest Project: early forest detection systems”

Participation and communication of the project in IEFC-EFIAtlantic Annual Meeting, held in Biarritz (June 2016).

## 2. Main deviations, problems and corrective actions implemented

No deviations, problems or corrective actions are registered.

Action	Status	15	2016				2017				2018				2019	
		4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q
C2	Proposed															
	Actual															

### ACTION C2. DELIVERABLES

NAME	DEADLINE	STATUS
Monitoring Plan of the socio-economic impact	30/12/2015	COMPLETED

## MONITORING PROGRESS REPORT Nº 3

### Covering the project activities from 01/03/2017 to 31/08/2017

#### 1. Technical progress, per Action

##### 1.1. Action A1. *Design of the integrated early detection system*

Progress has been made on the Lidar flight, into the integrated early detection system. The flight has begun in July 2017 and the contacts with the the contracted company (Stereocarto) are numerous.

##### 1.2. Action A2. *Optimization of the integrated system by its application to a small-scale demonstration plots*

The objective of this action is the optimization of the integrated early detection system of forest decline developed in action A1. Before its implementation at large-scale demonstration plots, it will first be applied in field conditions at the small scale. The following activities are foreseen:

###### A2.1. Characterization of small-scale demonstration plots

The Laukiz-1 plot have been scanned by Laser 3D during summer. This plot has been chosen because the strong winter winds, that have changed the structure of the plot.

###### A2.1.3. Field monitoring of dasometric characterization

Measurement of the trees in the two plots more affected by strong winter winds and by bioic damages: Laukiz-1 and Oiartzun. Both selected demonstration plots are representative of forest ecosystems in the Basque Country.

All the trees of these small-scale demonstration plots are measured in spring/summer 2017.

- The trees are numbered with a small plate at 1.30 m high and all of them are georeferenced with a GPS
  - Diameters, total heights and the existence of damages in its trunk have been measured
  - Numerous photographs have been taken to record the current state of each plot
- Finally, 509 pines have been measured in the Oiartzun plot and 599 pines in Laukiz-1. From them, 272 pines are dead or cutted in the Oiartzun plot and 194 in Laukiz-1

##### 1.3. Action B1. *Implementation of the early detection system in large-scale demonstration plots*

###### B1.1. Spatial mapping using statistical and machine-learning data analysis

The Temporary Union of Companies (UTE) formed by Stereocarto and Proto-ba have postpone the flight to the summer of 2017. The project left open the

realization of the flight in the year 2016 or 2017, so there is no change in the project schedule.

A first partial delivery of the data collected (around 60%) has been carried out.

#### **1.4. Action B2. Monitoring of the treatment effect in demonstration plantations**

##### **B2.1 Collecting meaningful information**

Search for new woodlands affected by diseases in all Basque Country that can serve as contrast of results. Several coniferous forest plantations have been visited in order to detect possible losses of needles due to fungal diseases. HAZI have taken several infrared images to have average indexes of photosynthetic activity in damaged pine stands in Hernani, Azpeitia and Oiartzun.

##### **B2.2 Sustainable management demonstration plots**

On all three travels described by “D3. Complementary actions”, HAZI has been able to establish contacts with several European agencies responsables for forest health to to discuss the methodology and expected results of the project.

#### **1.5. Action B3. Development and implementation of a GIS infrastructure for de early detection and sustainable control of invasive and damaging agents.**

The existing thematic information is compiled. Multiple layers of forest parameters have been compiled from the Lidar data of existing flights in the Basque Country. The information visualization web tools are designed: an architecture based on Oracle, Geoserver and Open layers.

#### **1.6. Action C2. Monitoring of the socio-economic impact of the project**

Since they are of annual frequency, no new measurements of these indicators have been monitored in this period.

#### **1.7. Action D1. Communication plan**

On all three travels described by “D3. Complementary actions”, several informative actions have been developed about the project: Twitter and Facebook.

#### **1.8. Action D3. Complementary actions**

Assistance to “Training school on statistical analysis of hyperspectral data”, held in March 2017 in Jena (Germany), coinciding with the 4th SC meeting of the project.

Participation and communication of the project in the Scientific Seminar/Open Forum included in IEFC-EFIAtlantic Annual Meeting (60 assistants), held in Edimburgh (9-12 May 2017). The title of this presentation was: “Project LIFE Healthy Forest”

Presentation of an abstract to the Spanish forest congress (800 assistants), held in Plasencia (25-29 June 2017). The title of this accepted communication was: “Life Healthy Forest



Project: early forest detection systems". It was presented and explained as poster in the Congress.



### 1.9. Action D4. *Networking with other Life and non-Life projects*

Numerous contacts have been made amongst European agencies responsible for forest health in IEFC-EFIAtlantic Annual Meeting and in Spanish forest congress.

## 2. Main deviations, problems and corrective actions implemented

No deviations, problems or corrective actions are registered.

ACTION D3. DELIVERABLES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Technical articles: abstract to the Spanish forest congress	04/2019	COMPLETED

### MONITORING PROGRESS REPORT N° 4

Covering the project activities from 01/02/2018 to 31/07/2018

#### 1. Technical progress, per Action

##### 1.1. Action A1. *Design of the integrated early detection system*

Delivery of the final LiDAR flight data by Stereocarto.

Beginning of the processing of that data by HAZI.

##### 1.2. Action A2. *Optimization of the integrated system by its application to a small-scale demonstration plots*

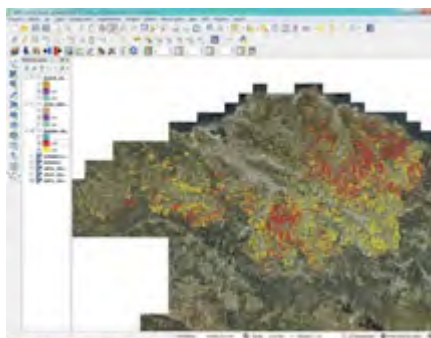
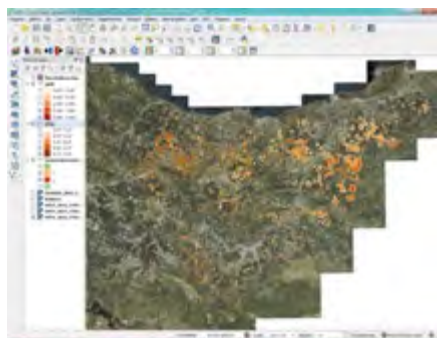
Action stopped waiting for the calculated data from the final LiDAR flight. HAZI have finished debugging the information of the cloud of points delivered (".LAS" file)

##### 1.3. Action B1. *Implementation of the early detection system in large-scale demonstration plots*

Action stopped waiting for the calculated data from the final LiDAR flight.

##### 1.4. Action B2. *Monitoring of the treatment effect in demonstration plantations*

Elaboration of maps of affection of diseases constructed by orthophotos 2008-2016 and their indexes NDVI:





While waiting to process the LiDAR data, HAZI have worked with annual orthophotos throughout the Basque Country to build disease extension models between 2008 and 2016. To do this, based on the changes in the NDVI photosynthetic activity index in radiata pine and laricio pine forests, several advance maps of defoliation have been constructed in these pine forests. The annual average values of the index of photosynthetic activity NDVI in each forest property will be included in the web viewers in order to be able to estimate the degree of disease affection in each pine forest and its temporal evolution.

### **1.5. Action B3. Development and implementation of a GIS infrastructure for early detection and sustainable control of invasive and damaging agents.**

HAZI have analyzed the simulation and visualization of possible alternative species in the different locations of the territory based on climate data. The development of a climate data geoprocess tool to simulate forest disease risk scenarios has also been analyzed.

### **1.6. Action C2. Monitoring of the socio-economic impact of the project**

Redaction of the Interim report of the socio-economic impact of the project:

### **1.7. Action D1. Communication plan**

Several informative actions have been developed about the project: Twitter and Facebook.

### **1.8. Action D3. Complementary actions**

Attendance at a technical conference on “Theory and practice for our management in nature”, held by Baskegur at 3rd of March in Hernani (Gipuzkoa). Presentation of this “Project LIFE Healthy Forest” and its first results.



HAZI have organized two informative training courses on forest health, focused on forest owners and managers. The first one (17-April-2018) was conducted in Fraisoro (Gipuzkoa) and the second one (3-June-2018) in Iurreta (Bizkaia). Presentation of this “Project LIFE Healthy Forest” and its first results in both training courses.



## 2. Main deviations, problems and corrective actions implemented

No deviations, problems or corrective actions are registered.

ACTION C1. DELIVERABLES		
NAME	DEADLINE	STATUS
Interim Report of the environmental impact of the project	04/2017	COMPLETED

## INFORMES SOCIO-ECONÓMICOS DE HAZI



LIFE Project Number  
**LIFE14 ENV/ES/000179**

LIFE HEALTHY FOREST  
**Early detection and advanced management systems to reduce  
forest decline caused by invasive and pathogenic agents**



**Final report on the socioeconomic impact (Deliverable D29) &  
Comparative analysis of the caused socioeconomic impact by the  
traditional and innovative systems of detection and management  
(Deliverable D28)**

**Partner: HAZI Foundation**

Version 30/04/2019

## FINAL REPORT ON THE SOCIOECONOMIC IMPACT (D29)

### Introduction

El proyecto LIFE HEALTHY FOREST pretende lograr un impacto socioeconómico positivo a través de la “Acción C2. Seguimiento del impacto socioeconómico del proyecto”.

El desarrollo de un protocolo específico para la planificación de un programa de monitoreo socioeconómico se lleva a cabo conjuntamente con el impacto ambiental que se describe en la acción C2. La efectividad del nuevo sistema de detección temprana del deterioro forestal y la implementación de técnicas sostenibles se compara con los sistemas tradicionales y se monitorea el impacto socioeconómico positivo relacionado con su implementación.

Se ha contactado con varias instituciones del sector forestal vasco para lograr los valores descriptivos necesarios para completar estos indicadores socioeconómicos: Basalde, Asociaciones de Propietarios de Bosques y Servicios Catastrales. Los descriptores se basan en algunos trabajos de HAZI y estadísticas forestales periódicas, producidos por los interesados en el proyecto en el País Vasco y por la Administración (Diputaciones Forales-Gobiernos Provinciales). HAZI ha necesitado su total cooperación para terminar el programa de evaluación de indicadores socioeconómicos.

El impacto que puede sufrir la actividad forestal por la llegada de un problema fitosanitario puede ser muy elevado. Un ejemplo reciente lo constituye la declaración de *Fusarium circinatum* en la extensión de la principal especie forestal vasca, *Pinus radiata*. Si se analizan los cinco municipios del noreste de Gipuzkoa en los que se ubica el mayor foco de esta enfermedad, el descenso de la superficie de pino radiata entre 1996 y 2010 ha sido del 36% (de 3.864 a 2.473 ha). Este porcentaje es muy superior al registrado en ese mismo periodo por esa especie forestal en Gipuzkoa (14%) y en todo el País Vasco (12%).

Al depender directamente la actividad forestal en una comarca de la productividad de sus masas forestales, se puede deducir que el descenso en la superficie ocupada por plantaciones forestales se traduce de forma directa en un descenso de la actividad económica y de los empleos forestales generados en esa misma comarca. Sólo una correcta política de detección de agentes de daños y de combate puede suponer un mantenimiento de la actividad socio-económica de una zona y de su sostenibilidad.

Por tanto, se ha planteado trabajar por fases:

- Valorar el estado actual del conocimiento de los agentes de daños forestales por parte de propietarios y gestores forestales vascos y detectar sus carencias
- Aumentar sus conocimientos relacionados con actuales y nuevos agentes de daños forestales
- Poner en práctica y difundir diversas técnicas de prevención, detección y de minimización de estos daños forestales

Este informe pretende, no sólo cuantificar la actual situación y evolución de los problemas fitosanitarios, sino también intervenir en su corrección.

Aunque está centrado en las masas forestales del País Vasco, el Plan también pretende ser aplicable a cualquier región de interés forestal de la UE que pudiera sufrir una problemática semejante.

## Summary

The LIFE HEALTHY FOREST project aims to achieve a positive socio-economic impact through the “Action C2. Monitoring the socio-economic impact of the project”.

The forest situation described at the beginning of the project has changed radically in August 2018, as a consequence of a serious phytosanitary crisis in the Basque pine forests. This crisis is changing the Basque socio-economic forestry model and this is reflected in those values of the indicators. It is expected that this dynamic continue a few years and that the future model will change radically in many Basque regions.

### 1. Expected socio-economic effects of the project

Como afirma la nueva estrategia forestal de la UE, los bosques son multifuncionales y tienen fines económicos, sociales y ambientales. Ofrecen hábitats para animales y plantas y desempeñan un papel importante en la mitigación del cambio climático y otros servicios ambientales. Los bosques también ofrecen amplios beneficios sociales, incluso para la salud humana, la recreación y el turismo. La importancia socioeconómica de los bosques es alta, pero a menudo se subestima. Por lo tanto, garantizar una gestión forestal sostenible es esencial si estos beneficios se ofrecen de manera equilibrada.

El sector forestal, combinado con la agricultura, afecta a casi el 72% de las tierras de la UE y desempeña un papel importante en la biodiversidad de Europa. Este sector, incluido el procesamiento de la madera, es uno de los sectores económicos más importantes de Europa, que emplea a unos 3,35 millones de personas y genera más de 355 600 millones de euros al año. La UE es el segundo mayor productor de papel y madera aserrada del mundo. Además, realizan una serie de otras funciones importantes que van desde el turismo y la recreación hasta la regulación del clima, el agua y el suelo.

La biomasa forestal es actualmente la fuente más importante de energía renovable y ahora representa alrededor de la mitad del consumo total de energía renovable de la UE. De acuerdo con los Planes de acción nacionales de energía renovable, la biomasa utilizada para calefacción, refrigeración y electricidad suministraría aproximadamente el 42% del objetivo de energía renovable del 20% para 2020. Si esto se logra, la cantidad de madera utilizada con fines energéticos en la UE sería Equivalente a la cosecha total de madera de hoy. Los bosques también proporcionan una amplia gama de otros productos,

como corcho, resinas, champiñones, nueces, caza y bayas. Las investigaciones científicas estiman que aproximadamente el 0,12% del volumen en pie en los bosques europeos se daña anualmente (promedio de 1950-2010), lo que equivale a aproximadamente 38 millones de m<sup>3</sup> / año, cerca de tres veces la tala anual en España. Los daños bióticos representan cerca del 20% de estos daños y los efectos de nuevas plagas y enfermedades están aumentando. Algunos de los agentes de daños bióticos, como el pino nematode y el cáncer de cana, detectados en los últimos años en el sur de Europa son devastadores y pueden amenazar a todo el sector forestal en las regiones afectadas.

Varias regiones europeas han visto en los últimos años que la capacidad productiva de sus bosques ha sido limitada debido a graves problemas fitosanitarios. En Aquitania, algunas plagas de insectos de madera han agravado la catástrofe causada por las tormentas de Martin (1999) y Klaus (2009). En las regiones del Atlántico español, los daños causados por el chancro del pino (*Fusarium circinatum*) están comprometiendo la sostenibilidad de las especies de coníferas con alta productividad. Tanto en los ecosistemas forestales atlánticos como en el mediterráneo, existe un grave riesgo de daños debido a los brotes de agentes patógenos nativos y recientemente detectados.

El desarrollo de estrategias de manejo sostenible para minimizar el impacto de la enfermedad y el movimiento transfronterizo de agentes invasivos y patógenos deben basarse en el conocimiento de la distribución geográfica y la biología de un agente determinado; de ahí el requisito de datos a nivel nacional, regional y global.

Específicamente para el alcance de este proyecto, los bosques de Euskadi son un pilar fundamental en el desarrollo ambiental y socioeconómico de la región. Los bosques cubren alrededor del 68% de la superficie del País Vasco y están compuestos principalmente por plantaciones de pinos y eucaliptos. Sin embargo, según el Cuarto Inventario Forestal Nacional, aproximadamente más del 40% de los árboles vascos están dañados. También se observa que el porcentaje de árboles dañados en la CA de Euskadi ha aumentado significativamente en los últimos años. Por lo tanto, el impacto de la acción de LIFE HEALTHY FOREST en la economía y la población locales se puede considerar como notable, teniendo en cuenta la situación actual sanitaria de los bosques y las estrategias de manejo tradicionales realizadas hasta el momento.

Se ha identificado una importante brecha entre los propietarios y administradores de bosques en relación con el conocimiento de las diversas plagas y enfermedades que existen o pueden existir en el País Vasco. Esta falta de conocimiento puede resultar en serios problemas para la conservación de los bosques a fin de mantener un sector forestal activo y productivo. Por lo tanto, sólo un manejo forestal adecuado puede garantizar la conservación de sus valores naturales y socioeconómicos.

El Proyecto LIFE HEALTHY FOREST pretende lograr un impacto socioeconómico positivo a través de estas acciones:

- Evaluar el estado actual del conocimiento sobre los daños forestales de los propietarios de bosques y los administradores de la CA de Euskadi e identificar sus deficiencias
- Aumentar sus conocimientos y habilidades relacionadas con los agentes actuales y nuevos de daños forestales y la gestión forestal sostenible.
- Implementar y difundir diversas técnicas de prevención, detección y minimización de dichos daños.

Como se detalla en la sección B4 y en las acciones D3 y C2, los actores locales y regionales tienen un papel crucial en el proyecto. Ya han mostrado interés y apoyo en las actividades del Proyecto, han participado activamente en varias acciones de difusión y capacitación, y colaboran en las actividades de implementación, con el objetivo final de integrar en sus actividades diarias las metodologías y las buenas prácticas implementadas en el proyecto.

Sobre la base de los indicadores socioeconómicos diseñados en el proyecto LIFE HEALTHY FOREST, se espera:

- Una reducción de los costos globales de alrededor del 30% debido al impacto de la enfermedad y las actividades de manejo.
- Un aumento del 25% de los beneficios tanto económicos como sociales debido a la implementación de sistemas innovadores de detección y manejo de agentes invasivos y patógenos.

HAZI está a cargo de monitorear el impacto socioeconómico, mientras que NEIKER y FSU apoyan esta acción brindando su experiencia técnica.

Indicadores de progreso:

- La conversión en cifras económicas de indicadores C1 en función de los precios del mercado forestal.
- Los indicadores socioeconómicos descritos.
- La medición de las implicaciones y beneficios sociales y económicos de la adopción de los sistemas: reducción de costos (combustible, biocidas, horas de trabajo, etc.)
- La medición de los beneficios económicos y sociales esperados debido a la implementación de sistemas innovadores de detección y manejo de agentes invasivos y patógenos.

#### **Razones por las que esta acción es necesaria:**

Esta acción es necesaria para monitorear el impacto ambiental producido por el sistema de detección temprana del declive forestal y la gestión sostenible para medir los efectos positivos de la implementación de los sistemas en el entorno socioeconómico y ambiental de las parcelas de demostración, que son extensibles a otros escenarios. A escala local y global.

#### **Restricciones y suposiciones:**

El calendario es una de las principales limitaciones para medir el impacto socioeconómico y ambiental del proyecto. Por un lado, los resultados finales de las acciones se logran

principalmente al final del proyecto y, por lo tanto, los resultados fieles de la evaluación socioeconómica y ambiental también se obtienen al final de LIFE HEALTHY FOREST. No obstante, estas acciones se extenderán después del proyecto Life.

Con respecto a los resultados de la encuesta, se esperan desviaciones en el nivel de dependencia debido a la edad, el sexo, los antecedentes educativos, el grado de participación en el manejo forestal de la población muestreada en relación con la población mundial de usuarios. Todas estas diferencias son medidas adecuadamente.

## 2. Socio-economic indicators

La lista de indicadores y parámetros esperados se incluye en *Monitoring Progress Report nº 1, project activities from 02/11/2015 to 30/03/2016*:

<b>Social impact indicators</b>	<b>Impact units</b>	<b>Source of information</b>
Employment generated by the forest activity	Number of employs	Basalde-Applicant Regional Association of Forest Certification PEFC in Basque Country
Number of forest owners	Number of owners	Cadastral Services
Development of Forest Management Plans and degree of compliance	Number of Plans	Basalde-Applicant Regional Association of Forest Certification PEFC in Basque Country
<b>Economic impact indicators</b>	<b>Impact units</b>	<b>Source of information</b>
Forest productivity: use of timber or other forest products (firewood, wild fruits and truffles collection)	m <sup>3</sup> , km of forest roads	Forest Services
Level of investments in the mountains: plantations, silvicultural work, forest tracks, etc.	ha/euros in each type of work	Forest Services
<b>Phytosanitary issues</b>	<b>Impact units</b>	<b>Source of information</b>
Level of forward/reverse phytosanitary damage detected, either in the absence of human action or as a result of forestry actions to combat such damage	-	NEIKER
Development of new phytosanitary damage	-	NEIKER



La zona de monitoreo para estos indicadores ha sido el conjunto de tres municipios con cierta incidencia de enfermedades fúngicas y que albergan parcelas de gran escala del proyecto LIFE. Estos municipios presentan una extensión relativamente grande y un cierto equilibrio entre sus superficies forestales de propiedad pública y privada y de entre sus superficies de coníferas y frondosas y entre sus superficies de plantación forestal y sus bosques naturales. Por ello, se entiende que pueden ser representativos de la situación forestal actual del País Vasco y que su estudio puede dar pautas sobre los procesos que se vienen registrando en el conjunto de bosques del País Vasco.

Se trata de los municipios de Oiartzun y Hernani en Gipuzkoa y Laukiz en Bizkaia. La evolución de sus magnitudes forestales es la siguiente:

Superficies según mapa forestal 2011						
Ámbito	Sup. total (ha)	Sup. arbolada (ha)	Bosque público (ha)	Bosque privado (ha)	Frondosas (ha)	Coníferas (ha)
Oiartzun	5.950	3.350	2.267	1.083	2.079	1.271
Hernani	3.986	2.629	689	1.940	1.351	1.277
Laukiz	807	313	83	230	227	86
Total	10.743	6.292	3.039	3.253	3.657	2.634

Superficies según mapa forestal 2018						
Ámbito	Sup. total (ha)	Sup. arbolada (ha)	Bosque público (ha)	Bosque privado (ha)	Frondosas (ha)	Coníferas (ha)
Oiartzun	5.950	3.298	2.266	1.032	2.359	939
Hernani	3.986	2.544	669	1.875	1.527	1.017
Laukiz	807	289	74	215	206	83
Total	10.743	6.131	3.009	3.123	4.092	2.039

La estimación del volumen de madera disponible en estos municipios se ha realizado mediante los datos de los vuelos LiDAR 2012 y 2017. Ello permite deducir que los tres municipios elegidos aportan, con cerca de 1 millón de m<sup>3</sup>, cerca del 1,5% del total de madera disponible en el conjunto de bosques del País Vasco:

Volumen de madera estimado según LiDAR 2012				
Municipio	Vol eucalipto (m <sup>3</sup> )	Vol pino radiata (m <sup>3</sup> )	Vol crec medio (m <sup>3</sup> )	Vol crec lento (m <sup>3</sup> )
Oiartzun	453	107.445	127.643	275.126
Hernani	2.606	112.479	65.509	164.555
Laukiz	9.195	16.687	2.902	11.529
Total	12.254	236.611	196.055	451.210

Volumen de madera estimado según LiDAR 2012				
Municipio	Vol eucalipto (m <sup>3</sup> )	Vol pino radiata (m <sup>3</sup> )	Vol crec medio (m <sup>3</sup> )	Vol crec lento (m <sup>3</sup> )
Oiartzun	630	74.542	158.128	311.576
Hernani	17.114	115.431	86.652	172.504
Laukiz	18.024	20.862	3.981	12.521
Total	35.768	210.836	248.761	496.601

Aunque las especies de crecimiento lento o turno largo son las que mayor volumen de madera en el conjunto de estos tres municipios, es en la superficie de eucalipto y pino radiata donde se concentra la mayor parte de su actividad forestal.

Los indicadores elegidos, junto con su fuente de información, metodología y primera evaluación, han sido los siguientes:

## 2.1. Social impact indicators

### 2.1.1. Employment generated by the forest activity

**Justificación:** La actividad económica generada en los bosques se convierte en transacciones monetarias, adquisición de maquinaria y empleos en el medio rural. Por ello, unos bosques bien gestionados, no abandonados, generan empleos, bien de forma estable o bien en forma de jornales diarios.

**Unidades empleadas para medir el impacto:** Número de empleos generados/año

**Fuente de información:** Basalde-Asociación solicitante de la Certificación Forestal Regional PEFC en Euskadi

**Metodología empleada:** Siguiendo la metodología aplicada por Basalde para determinar el número de personas empleadas en los montes vascos en el “Manual para la redacción de los indicadores de la norma UNE 162002-1: 2007 en el País Vasco”, se emplean los siguientes valores medios:

- Crecimiento rápido/eucalipto: 3,65 jornales/ha al año
- Crecimiento rápido/pino radiata: 2,94 jornales/ha al año
- Crecimiento medio: 2,52 jornales/ha al año
- Crecimiento lento: 0,87 jornales/ha al año

Estos jornales medios se estiman anualmente para cualquier tipo de monte y se relacionan con trabajos selvícolas, aunque también incluyen jornales necesarios para vigilancia o para mantenimiento de red viaria forestal o de infraestructuras (parques de madera, áreas recreativas, ...). Se calcula que un empleo equivale a 218,8 jornales.

**Valor obtenido para este indicador (mayo 2016):**

Municipio	Sup eucalipto (ha)	Sup pino radiata (ha)	Sup crec medio (ha)	Sup crec lento (ha)	Empleos/año
Oiartzun	4,75	571,78	920,40	1.853,09	25,73
Hernani	79,00	764,47	716,40	1.069,78	24,09
Laukiz	117,40	70,74	18,19	106,70	3,54
Total	201,15	1.406,99	1.654,99	3.029,57	53,37

**Valor obtenido para este indicador (abril 2019):**

Municipio	Sup eucalipto (ha)	Sup pino radiata (ha)	Sup crec medio (ha)	Sup crec lento (ha)	Empleos/año
Oiartzun	4,53	280,30	839,83	2.173,53	22,16
Hernani	147,14	529,02	632,92	1.235,01	21,76
Laukiz	97,02	69,90	19,80	102,47	3,19
Total	248,69	879,22	1.492,55	3.511,01	47,11

2.1.2a. Number of forest owners

**Justificación:** El número de propietarios forestales en una comarca forestal suele estar relacionado con su interés productivo. Los propietarios de bosques bien gestionados evitan el abandono de sus terrenos y se implican mediante actividades como la plantación forestal o la realización de diversas inversiones para conservar sus bosques en buenas condiciones naturales y económicas.

**Unidades empleadas para medir el impacto:** Número de propietarios de parcelas forestales

**Fuente de información:** Servicios de Catastro de las Diputaciones Forales

**Metodología empleada:** Se realiza a los respectivos Servicios de Catastro la consulta para conocer el dato del número de propietarios de parcelas forestales asignadas a uso forestal. No se han constatado cambios en estos años en este indicador.

**Valor obtenido para este indicador (mayo 2016/abril 2019):**

Municipio	Número de propietarios de parcelas forestales-mayo 2016	Número de propietarios de parcelas forestales-abril 2019
Oiartzun	645	645
Hernani	824	824
Laukiz	12	12
Total	1.481	1.481

### 2.1.2b. Number of forest owners grouped into Forest Owners Associations

**Justificación:** Los propietarios de bosques bien gestionados, que se implican mediante trabajos forestales o inversiones para conservar sus bosques, suelen agruparse en diversas Asociaciones de Propietarios Forestales con el fin de obtener ventajas en cuanto a poder mejorar el nivel técnico de su gestión y poder minimizar gastos.

**Unidades empleadas para medir el impacto:** Número de propietarios de parcelas forestales incluidos en Asociaciones de Propietarios Forestales

**Fuente de información:** Las propias Asociaciones de Propietarios Forestales

**Metodología empleada:** Se realiza a las respectivas Asociaciones de Propietarios Forestales de Bizkaia y Gipuzkoa la consulta para conocer el dato del número de propietarios de parcelas forestales incluidos.

**Valor obtenido para este indicador (mayo 2016/abril 2019):**

Municipio	Número de propietarios forestales incluidos en Asociaciones-mayo 2016	Número de propietarios forestales incluidos en Asociaciones- abril 2019
Oiartzun	12	13
Hernani	26	29
Laukiz	1	1
Total	39	43

### 2.1.3. Development of Forest Management

**Justificación:** Los propietarios de bosques bien gestionados, que se implican mediante trabajos forestales o inversiones para conservar sus bosques, suelen basar su gestión en un documento de planificación y ordenación forestal. Los planes de gestión forestal que se realizan en el País Vasco son aprobados por la Administración e incluidos en la certificación regional PEFC. Su grado de cumplimiento se puede conocer mediante las auditorías de seguimiento PEFC, internas y externas, porque el no cumplimiento del plan conlleva su anulación y expulsión de la certificación regional PEFC.

**Unidades empleadas para medir el impacto:** Número de propietarios forestales con Planes de Gestión en vigor

**Fuente de información:** Basalde-Asociación solicitante de la Certificación Forestal Regional PEFC en Euskadi

**Metodología empleada:** Se realiza a Basalde la consulta para conocer el dato del número de propietarios, públicos o privados, con Planes de Gestión.

**Valor obtenido para este indicador (mayo 2016/abril 2019):**

Municipio	Número de propietarios forestales con Planes de Gestión en vigor-mayo 2016	Número de propietarios forestales con Planes de Gestión en vigor-abril 2019
Oiartzun	1	1
Hernani	10	12
Laukiz	2	3
Total	13	16

**2.2. Economic indicators**

**2.2.1a. Forest productivity: forest roads length**

**Justificación:** Una forma de estimar la productividad forestal de una comarca es analizar su red viaria. A través de esa red viaria forestal se moviliza la madera u otros productos forestales (leña, frutos silvestres, setas, ...).

Los bosques bien gestionados suelen estar dotados de una adecuada red viaria, bajo determinadas condiciones de construcción y mantenimiento. Las pistas y caminos forestales que no están bien diseñados acaban siendo abandonados. En ese caso, el monte queda sin acceso para poder realizar aprovechamientos forestales o labores de vigilancia y extinción de incendios.

**Unidades empleadas para medir el impacto:** Densidad media de la red viaria forestal

**Fuente de información:** Inventario Forestal Nacional (IFN)

**Metodología empleada:** Se emplea la capa gráfica de red viaria forestal publicada en los últimos mapas forestales del País Vasco y publicada en el mapa base del Gobierno Vasco.

**Valor obtenido para este indicador (mayo 2016):**

Municipio	Longitud de red viaria forestal (km)	Densidad media (m/ha)
Oiartzun	281,71	84,09
Hernani	205,37	78,10
Laukiz	20,29	64,82
Total	507,37	80,63

**Valor obtenido para este indicador (abril 2019):**

Municipio	Longitud de red viaria forestal (km)	Densidad media (m/ha)
Oiartzun	289,34	87,73
Hernani	218,81	86,01
Laukiz	21,57	74,59
Total	529,72	86,39

### 2.2.1b. Forest productivity: wood cutting

**Justificación:** Otra forma de estimar la productividad forestal de una comarca es analizar su capacidad de movilizar madera o, de forma secundaria, otros productos forestales (leña, frutos silvestres, setas, ...). Los bosques bien gestionados son productivos, ya que para conseguir rentabilidad forestal se debe contar con una adecuada red viaria y con un entramado de empresas o trabajadores que realicen ese aprovechamiento y comercialización.

La forma más sencilla de evaluar la productividad forestal, por tanto, es mediante el dato de la superficie de corta final. Esta superficie proporciona un gran volumen de madera y una alta cantidad económica para el propietario, pues en esa corta final se concentra la práctica totalidad de los ingresos generados por la actividad forestal. Analizando la superficie de corta final que se produce en una comarca cada año es posible determinar su riqueza forestal.

**Unidades empleadas para medir el impacto:** superficie/año de corta final de madera

**Fuente de información:** HAZI

**Metodología empleada:** A partir de las estimaciones realizadas del volumen de madera y del crecimiento anual disponible en estos municipios mediante los datos de los vuelos LiDAR 2012 y 2017, se puede calcular un volumen medio anual de cortas de madera a partir de esa diferencia.

**Valor obtenido para este indicador (abril 2019):**

Municipio	Volumen 2012 (m <sup>3</sup> )	Volumen 2017 (m <sup>3</sup> )	Crec. anual (m <sup>3</sup> /año)	Cortas de madera anuales (m <sup>3</sup> /año)
Oiartzun	275.126	311.576	14.689	7.847
Hernani	164.555	172.504	19.219	9.908
Laukiz	11.529	12.521	3.536	521
Total	451.210	496.601	37.443	18.276

### 2.2.2. Level of forest investments

**Justificación:** Para conseguir una adecuada productividad forestal, obviamente, es preciso realizar una serie de inversiones en los montes: trabajos de reforestación, labores silvoculturales, inversiones en red viaria, etc. Analizando el volumen de inversiones forestales en una comarca, es posible determinar el grado de implicación de los propietarios en su gestión y la riqueza generada.

Estas inversiones dependen del tipo de gestión que se sigue, de la especie forestal principal y de la edad de la masa forestal. También dependen de la situación económica general, por lo que muchas inversiones se retrasan o se adelantan en función de los

recursos existentes, de fenómenos imprevisibles (catástrofes), del precio de la madera o de las subvenciones existentes.

Los Servicios Forestales suelen recopilar las cantidades económicas que se invierten en los montes públicos y privados, pero la gran variabilidad de ese dato anual y el hecho de ser en muchos casos una información confidencial obligan a emplear otra fuente de información.

**Unidades empleadas para medir el impacto:** euros/año invertidos en los bosques

**Fuente de información:** Diputaciones Forales

**Metodología empleada:** A partir de la superficie ocupada por cada tipología de masa forestal (según el tipo de especie y edad del mapa forestal IFN) y de las cantidades medias de inversión anual estimadas en el PDR (Programa de Desarrollo Rural Euskadi 2015-2020), se realiza el cálculo de las inversiones forestales en los años 2016 y 2018

**Valor obtenido para este indicador (mayo 2016):**

Municipio	Total inversiones forestales (euros/año)	Inversión media (euros/ha arbolada)
Oiartzun	298.703	89,17
Hernani	353.755	134,56
Laukiz	30.152	96,33
Total	682.610	108,49

**Valor obtenido para este indicador (diciembre 2018):**

Municipio	Total inversiones forestales (euros/año)	Inversión media (euros/ha arbolada)
Oiartzun	26.475	8,03
Hernani	142.574	56,04
Laukiz	30.152	104,26
Total	199.201	32,49

## 2.3. Phytosanitary issues

### 2.3.1. Nivel de daños fitosanitarios detectados

**Justificación:** Este indicador busca conocer el nivel de daños fitosanitarios detectados antes y después de una situación conocida. Así se puede cuantificar, por ejemplo, el resultado de acciones forestales acometidas para combatir tales daños.

Al contar estos tres municipios con diversas parcelas de gran escala del proyecto LIFE, es posible medir tanto la evolución anual de los daños fitosanitarios como el propio cre-

cimiento de un gran número de árboles. Igualmente, se puede comparar esa evolución anual en otras parcelas con mayor o menor acción humana.

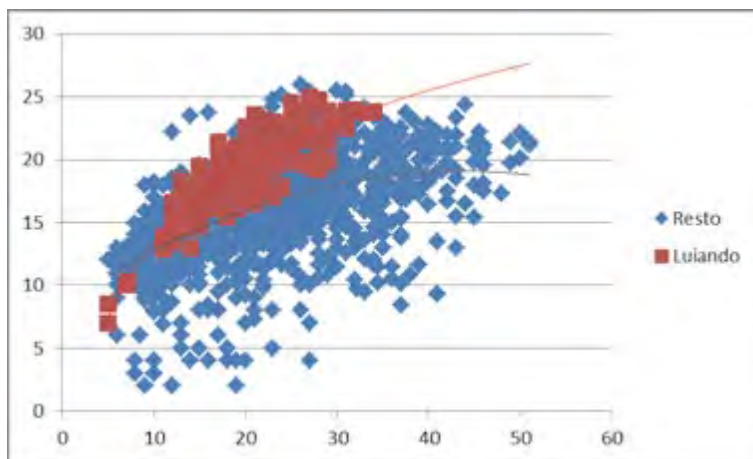
La evolución de este indicador puede ser analizada mediante el diámetro medio de los pinos muestreados o mediante el volumen de madera de esos pinos, afectados o no por daños fitosanitarios. En ambos casos, el indicador permite estimar el valor socio-económico de los pinares.

**Unidades empleadas para medir el impacto:** diámetro medio de los pinos inventariados

**Fuente de información:** HAZI

**Metodología empleada:** Se miden los diámetros de los pinos vivos situados en las parcelas de gran escala del proyecto LIFE, inventariados en verano de 2014 y de 2016 y en primavera de 2019. Estos pinos se ubican en las parcelas de Laukiz 1 y 2, Oiartzun y Hernani (parcelas enfermas, sin intervención humana) y de Luiando (parcela sana, con una clara recién realizada en 2014).

Se aprecia en el gráfico diámetro-altura, que los pinos de la parcela de Luiando presentan en general una mayor a altura media (en m) a igualdad de diámetro (en cm).



**Valor obtenido para este indicador (mayo 2016):**

Municipio	Diámetro medio 2014 (cm)	Diámetro medio 2016 (cm)	Diámetro medio 2019 (cm)	Aumento en el diámetro medio 2016/2019 (%)
Parcela sana, con intervención humana	15,36	17,56	20,01	13,95
Parcelas enfermas, sin intervención humana	13,65	20,60	22,57	9,56



### 2.3.2. Desarrollo de nuevos daños fitosanitarios

**Justificación:** Este indicador busca conocer la afección de nuevos daños fitosanitarios detectados antes y después de comenzar el proyecto LIFE. Así se puede cuantificar, por ejemplo, el resultado de acciones forestales acometidas para combatir tales daños.

Estos tres municipios presentan diversas plantaciones forestales, principalmente de pino radiata, afectadas por unas cuantas enfermedades fúngicas. La afección de cada una de esas enfermedades es desconocida, pues haría falta un muestreo completo de esas zonas y una delimitación de la afección causada por cada una de esas enfermedades, que se une a los daños causados por otras plagas o daños abióticos.

Parece más práctico, por tanto, analizar la evolución de este indicador mediante la afección de los daños fitosanitarios totales en estos pinares. Se supone que en la situación inicial, al comienzo del proyecto LIFE, el número de enfermedades detectadas es menor que el número al final del periodo analizado, ya que la erradicación completa de esas enfermedades es imposible. Se mide, por tanto, de forma indirecta, analizando los daños fitosanitarios totales en esos pinares.

**Unidades empleadas para medir el impacto:** superficie de pinar afectado por daños fitosanitarios totales

**Fuente de información:** HAZI

**Metodología empleada:** Se comparan la ortofoto anual en infrarrojo (IR) de 2015 y la imagen Sentinel-2 del 22 de agosto de 2018, con el fin de calcular la superficie de pinar muerto o sin actividad fotosintética entre los meses veraniegos de estos 3 últimos años.

**Valor obtenido para este indicador (julio de 2015 /agosto 2018):**

Municipio	Superficie de pinar muerto 2015 (ha)	Superficie de pinar muerto 2018 (ha)
Oiartzun	98,3	252,3
Hernani	110,0	480,1
Laukiz	10,5	-
Total	218,8	732,4

## 3. Socio-economic impact of the project

La acción C.2: *Monitoring of the socio-economic impact of the project* va a ser desarrollada mediante tres actividades principales:

### 3.1. Monitoring indicators

The expected socio-economic indicators are described in 2. Its monitoring survey will be implemented every year, starting with the design and preparation of indicators (2015), its

first mensuraion (2016) and will be extended till January 2019, when action B1 finishes. Since there is a close connection between the environmental and socio-economic impact monitoring, the final assessment of LIFE HEALTHY FOREST will be undertaken jointly.

Previsiblemente, algunos de estos socio-economic indicators no van a sufrir grandes variaciones, por lo que su medición puede ser plurianual. Hasta la fecha, las fuentes de información, como el Inventario Forestal Nacional (IFN) sólo se realizan cada 4-5 años de nuevo, pero se espera que la actualización periódica del nuevo mapa forestal vasco permita la medición de algunos indicadores de periodicidad anual.

En el caso del seguimiento de la *Evolution of the trees (DBH and Height in pinewoods, indicador 2.3.1)*, sólo se prevé mediciones anuales de los árboles afectados si se considera que ha habido algún tipo de incidencia, como cortas, derribos por viento o similar.

<b>2.1. Social impact indicators</b>	<b>Impact units</b>	<b>Expected periodicity</b>
2.1.1. Employment generated by the forest activity	Number of employs	Depending on IFN
2.1.2a. Number of forest owners	Number of owners	Annual
2.1.2b. Number of forest owners grouped into Forest Owners Associations	Number of owners	Annual
2.1.3. Development of Forest Management	Number of plans	Annual
<b>2.2. Economic impact indicators</b>	<b>Impact units</b>	<b>Expected periodicity</b>
2.2.1a. Forest productivity: forest roads length	m <sup>3</sup> , km of forest roads	Depending on IFN
2.2.1b. Forest productivity: wood cutting	m <sup>3</sup> of annual total cut	Annual
2.2.2. Level of forest investments	ha/euros	Depending on IFN
2.3. Phytosanitary issues	Impact units	Expected periodicity
2.3.1. Level of forward/reverse phytosanitary damage detected, either in the absence of human action or as a result of forestry actions to combat such damage	cm, average diameter	Annual (if necessary)
2.3.2. Development of new phytosanitary damage	ha of annual affected surface	Annual

### 3.2. Socio-economic model in the future

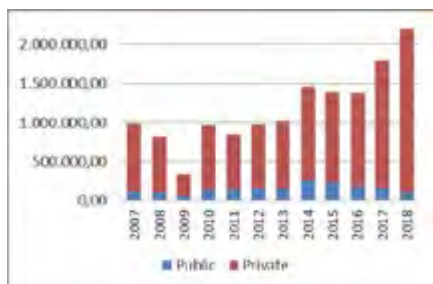
En este apartado se analiza la previsible situación del modelo socio-económico de los montes vascos, según las tendencias reseñadas en los indicadores analizados y en otras fases del proyecto.

Inicialmente, dentro de este proyecto LIFE se consideró necesario también realizar encuestas entre propietarios y gestores forestales afectados por esta problemática, pero la situación ha cambiado rápidamente en estos últimos años. La muestra de la encuesta se iba a seleccionar directamente entre las partes interesadas (propietarios, autoridades administrativas, comunidad científica, ambientalistas y silvicultores del sector forestal, así como organizaciones de la industria forestal) que participaran en las actividades de difusión del proyecto.

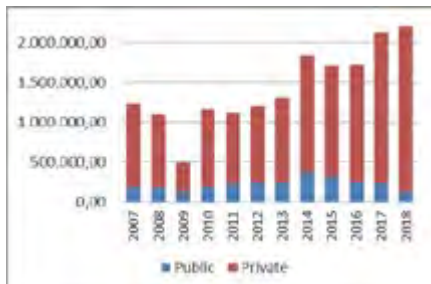
Sin embargo, la crisis fitosanitaria de agosto de 2018 por la enfermedad de las bandas en las masas de pino radiata ha obligado a replantear este tema. El cálculo de cerca de 40.000 ha de pino radiata afectadas por fuerte defoliación en Bizkaia y Gipuzkoa ha causado un fuerte impacto entre los miles de propietarios forestales afectados y ha obligado a realizar en el segundo semestre de 2018 multitud de reuniones entre los citados propietarios forestales, la Administración forestal y los socios vascos del presente proyecto LIFE (NEIKER y HAZI).

Es decir, que ha perdido el sentido realizar cuestionarios sobre el avance de las enfermedades, cuando la grave situación actual ha provocado que el problema se haya extendido con gran rapidez y ya esté cambiando el modelo socio-económico del monte vasco. Se ha decidido optar más por la difusión actualizada de conocimientos a través de la web del proyecto.

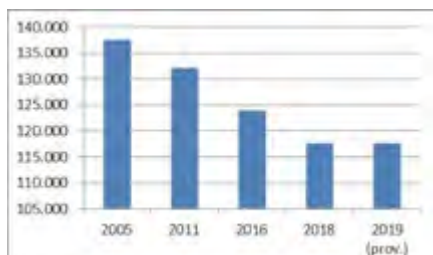
El pino radiata, especie principal en la socio-economía de los montes vascos, está perdiendo una importante superficie debido a las fuertes cortas de madera. Las enfermedades



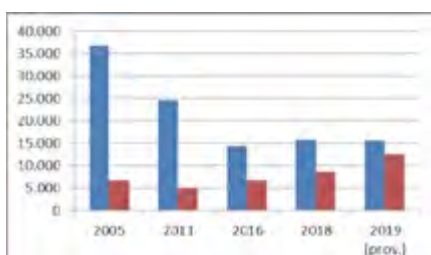
Cortas de madera de pino radiata (m3)



Cortas de madera totales (m3)



Superficie total de pino radiata (ha)



Sup (ha) de pino talado (rojo) y joven (azul)

fúngicas no sólo están acelerando esas cortas, sino que también están desanimando a muchos propietarios a volver a emplear pino radiata en la reforestación de los pinares cortados. Son otras especies las que van sustituyendo al pino radiata, además de una pequeña parte que queda sin reforestar, favoreciendo el avance del bosque mixto de frondosas.

En resumen, se plantea un escenario forestal vasco de a) fuerte actividad socio-económica a lo largo de los próximos años, debido a las intensas cortas, b) sustitución de una importante superficie de pino radiata por otras especies y c) aumento del conocimiento por parte de los propietarios forestales sobre las enfermedades forestales y sobre distintas especies sustitutivas del pino radiata.

### 3.2.1. Assessment results

La evaluación del impacto socioeconómico del proyecto LIFE HEALTHY FOREST ya no se realiza sobre la base de los resultados obtenidos en cuestionarios, sino que se realiza a partir de las herramientas desarrolladas en el propio proyecto, evaluando:

- Nivel de implementación real y potencial del sistema de detección temprana y las estrategias de manejo sostenible de agentes invasivos y patógenos..
- Consecuencias económicas y beneficios de adoptar el sistema: reducción de costos (combustible, biocidas, horas de trabajo, etc.).
- Nivel de conciencia y conocimiento de los grupos de interés.
- Beneficios económicos esperados debido a la implementación de sistemas innovadores de detección y manejo de agentes invasivos y patógenos (pérdidas de volumen de madera, validación en el crecimiento).

La necesidad de calcular la superficie afectada por la enfermedad de las bandas en agosto de 2018 ha obligado a poner en marcha una serie de herramientas inicialmente no previstas en el proyecto, como el empleo regular de las imágenes del satélite Sentinel-2 y distintos visores de dichas imágenes.

Durante los próximos años, el visor web creado en el presente Proyecto permitirá a los propietarios forestales analizar la extensión de la enfermedad y los niveles de corta de madera que se vayan completando, debido a que son dos factores principales que podrían influir en el precio de la madera de pino y en el valor esperado de sus montes.

### 3.2.2. Description and methods employed (what, how, where and when):

El objetivo principal de esta acción C.2 es desarrollar un programa de evaluación socioeconómica que se realice conjuntamente con el impacto ambiental descrito en la acción C1. La efectividad del nuevo sistema de detección temprana del deterioro forestal y la

implementación de técnicas sostenibles se compara con los sistemas tradicionales y se monitorea el impacto socioeconómico positivo relacionado con su implementación.

El presente programa de evaluación socioeconómica se estructura principalmente en dos partes:

1. Una serie de jornadas y cursos de formación dirigidos a los participantes de las partes interesadas de los talleres de demostración previstos en la acción D3 para medir los conocimientos adquiridos y el potencial socioeconómico del sistema de detección temprana y las estrategias de gestión sostenible.
2. La medición e interpretación periódica de varios indicadores socioeconómicos mediante la actualización del mapa forestal y del visor web del proyecto.

Los resultados esperados se dirigen a obtener un diagnóstico estático sobre el uso potencial del sistema de detección temprana y las estrategias de manejo sostenible para controlar y combatir los agentes invasores y patógenos.

Inicialmente, fue planificada una recopilación de cuestionarios durante los distintos talleres de este proyecto. Los distintos talleres realizados han quedado como una Buena forma de divulgación de los resultados obtenidos, tanto a través de los cientos de asistentes como a través de las charlas que han quedado almacenadas en la web del proyecto:

- *La jornada informativa abierta (open info-day) se celebró con éxito el 30 de junio de 2016 en Arkaute (España), con la participación de todos los socios del Proyecto*
- *El Primer Taller (Workshop) se celebró en octubre de 2016 en Arkaute (España), coincidiendo con la 3ª reunión del comité científico del proyecto (SC).*
- *Segundo Taller y visita a las parcelas. Este taller se centró en el sistema de detección temprana diseñado e implementado y los resultados obtenidos de su aplicación. Los investigadores explicaron una comparación de los costos ambientales y económicos en relación con los sistemas tradicionales que se usan actualmente. Este segundo taller se llevó a cabo en septiembre de 2017 en Arkaute (España), coincidiendo con la 5ª reunión del comité científico.*
- *Finalmente, el Tercer Taller se centró en estrategias de gestión sostenible centradas en la prevención y el control de las enfermedades forestales. Los investigadores y las partes interesadas discutieron y explicaron los resultados obtenidos en esta acción y las ventajas y desventajas en términos del costo ambiental y económico de las estrategias de gestión sostenible tradicionales e innovadoras. Durante este evento fueron visitadas diversas parcelas creadas para implementar estrategias de gestión tradicionales e innovadoras. Este último taller se celebró en septiembre de 2018 en Arkaute (España), coincidiendo con la 7ª reunión del comité científico del proyecto.*

La evaluación final de este Proyecto LIFE mide la capacitación adquirida, el empleo de las herramientas desarrolladas, la concienciación de las partes interesadas sobre el

impacto socioeconómico de la implementación del sistema de detección temprana y las estrategias de manejo sostenible de agentes invasivos y patógenos.

### 3.3. Training courses

A lo largo de los últimos años y sobre todo en la citada crisis fitosanitaria de agosto de 2018, se ha detectado un importante vacío entre propietarios y gestores forestales en relación al conocimiento de las diversas plagas y enfermedades que existen o pueden existir en una zona forestal. Esta falta de conocimiento puede suponer graves problemas para la conservación de los bosques vascos y para el mantenimiento de un sector forestal activo y productivo. Además, este desconocimiento en cuanto a agentes causantes de daños y sus consecuencias supone una importante merma económica en la producción de madera y en la conservación de los bosques. Por tanto, sólo una adecuada gestión forestal, que tenga en cuenta los riesgos fitosanitarios, puede asegurar esa conservación de los valores naturales y socio-económicos.

Se plantea, por tanto, que el presente proyecto siga colaborando activamente en el mantenimiento de la actividad forestal y en la conservación de los propios bosques vascos, amenazados por numerosos riesgos fitosanitarios actuales y futuros.

La legislación forestal española y vasca obliga al propietario forestal a avisar a la Administración forestal en caso de detectar algún problema fitosanitario en sus montes. Este hecho, desconocido por gran parte de los propietarios y gestores forestales, supone un problema en un territorio como el vasco en el que la propiedad privada es dominante en los montes productivos y el riesgo de difusión de nuevos agentes de daños forestales es alto. En unos casos, cuando se detecta un daño forestal, los propietarios forestales se dirigen a las Asociaciones de Propietarios Forestales y en otros a la guardería de las Diputaciones Forales.

En el caso de la Administración forestal, los temas relacionados con daños sanitarios suelen ser derivados al personal especialista. Este personal no cuenta en muchas ocasiones con los adecuados medios técnicos o conocimientos, por lo que requieren del apoyo de entidades como NEIKER y HAZI.

Con el fin de solucionar estas carencias, dentro de la acción C.2, HAZI ha organizado una serie de cursos de formación relacionados con la sanidad forestal. Estos cursos, celebrados con carácter anual durante la vigencia del proyecto y coordinados con otras acciones previstas en el proyecto LIFE, han implicado a propietarios, guardas y técnicos forestales en el conocimiento de las principales plagas y enfermedades forestales que afectan a los bosques vascos.

El primer curso de formación se ha celebrado los días 24 y 25 de Octubre de 2016 en Fraisoro Eskola (Gipuzkoa), con 8 horas de duración y la presencia de unos 50 profesionales forestales (técnicos/as, guardas y propietarios/as) y estudiantes forestales.

<http://fpe.hazi.es/continua/verCurso.asp?curso=sanidad-forestal&id=es&a=3&c=3&Ncurso=522766472>

El segundo curso de formación se ha celebrado el día 17 de Abril de 2018, íntegramente en euskera y organizado en los laboratorios de Fraisoro (Gipuzkoa), con 6 horas de duración y dirigido al mismo tipo de público.

[https://fpe.hazi.eus/continua/verCurso.asp?curso=sanidad-forestal-en-gipuzkoa-\(en-euskera\)&id=es&a=3&c=3&Ncurso=567003021](https://fpe.hazi.eus/continua/verCurso.asp?curso=sanidad-forestal-en-gipuzkoa-(en-euskera)&id=es&a=3&c=3&Ncurso=567003021)



*Ejemplos de cursos de formación, teoría y práctica (Fraisoro, 2016 y 2018)*

Finalmente, tras la crisis fitosanitaria de agosto de 2018, a lo largo de los meses siguientes se realizaron numerosas jornadas comarcales para informar de la situación a propietarios y gestores forestales vascos y para comunicar los avances del Proyecto LIFE.



*Ejemplo de jornada comarcal (Oñati, 13 de noviembre de 2018)*

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CAUSED SOCIOECONOMIC IMPACT BY THE TRADITIONAL AND INNOVATIVE SYSTEMS OF DETECTION AND MANAGEMENT (D28)

### Summary

The LIFE HEALTHY FOREST project aims to achieve a positive socio-economic impact through the "Action C2. Monitoring the socio-economic impact of the project".

A comparative about some socio-economic indicators and parameters calculated by traditional and by innovative systems of detection and management is developed. The advantages provided by the new situation in the management of Basque radiata pine stands, created thanks to the project, are observed and quantified.

The tools developed in this project are already being and will continue to be very useful for Basque forest owners and managers, which will improve the current and future socio-economic situation of the forestry sector.

### Introduction

El proyecto LIFE HEALTHY FOREST pretende lograr un impacto socioeconómico positivo a través de la "Acción C2. Seguimiento del impacto socioeconómico del proyecto".

El desarrollo de un protocolo específico para la planificación de un programa de evaluación socioeconómica se lleva a cabo conjuntamente con el impacto ambiental que se describe en la acción C2. La efectividad del nuevo sistema de detección temprana del deterioro forestal y la implementación de técnicas sostenibles se compara con los sistemas tradicionales y se monitorea el impacto socioeconómico positivo relacionado con su implementación.

En el documento *D29.Final report on the socioeconomic impact* ya se describen las herramientas y los valores descriptivos necesarios para completar estos indicadores socioeconómicos. HAZI ha necesitado la total cooperación de diversas entidades interesadas en el proyecto en el País Vasco (Basalde, Asociaciones de Propietarios de Bosques y Diputaciones Forales) para completar el programa de evaluación de indicadores socioeconómicos.

Hay que citar la crisis fitosanitaria de agosto de 2018 causada por la enfermedad de las bandas en las masas de pino radiata como punto decisivo en el desarrollo del presente Proyecto LIFE. Por medio de nuevas tecnologías, HAZI ha podido estimar el cálculo de cerca de 40.000 ha de pino radiata afectadas por fuerte defoliación en Bizkaia y Gipuzkoa, que ha causado un fuerte impacto entre los miles de propietarios forestales afectados y ha obligado a realizar en el segundo semestre de 2018 multitud de reuniones entre los citados propietarios forestales, la Administración forestal y los socios vascos del presente proyecto (NEIKER y HAZI).



El empleo de estas nuevas tecnologías (básicamente, vuelos LiDAR y empleo de satélites) ya estaba previsto en el Proyecto, pero su necesario empleo para calcular la superficie afectada por enfermedades en un corto espacio de tiempo ha obligado a poner en marcha un sistema de detección estable y que siga siendo activa en el future, una vez haya acabado el Proyecto. También ha facilitado que herramientas hasta ahora plurianuales, como el mapa forestal del País Vasco (IFN), puedan realizarse a partir de ahora de forma semestral o anual.

En la *Parte B-technical summary and overall context of the Project LIFE14 ENV/ES/000179* se contemplaba inicialmente estos logros como resultado de la aplicación del sistema de detección temprana y el uso de la infraestructura GIS:

- *Una mejora del 10% de la capacidad de detección y diagnóstico. La combinación de técnicas y protocolos optimizados permitirá un progreso sustancial al aumentar la capacidad de evaluar el impacto, identificar los patógenos y definir el costo de manejo sostenible por hectárea.*
- *Se espera un aumento muy significativo en la producción y calidad de la madera (alrededor del 15%), así como en la diversidad botánica y de fauna (10-20%) derivada de la combinación de la implementación del sistema de detección y gestión.*
- *Una mejora en las condiciones de salud de los bosques y un manejo de  $\geq 25\%$  mediante un sistema de detección temprana, teniendo en cuenta la reducción del impacto ambiental y económico resultante del ataque de agentes invasivos y patógenos y la aplicación inadecuada de estrategias de manejo.*
- *Una reducción de los costos globales de alrededor del 30% y un aumento del 25% de los beneficios ambientales, económicos y sociales debido a la implementación de los sistemas innovadores de detección y gestión de agentes invasivos y patógenos.*

Y sobre la base de los indicadores socioeconómicos diseñados en el proyecto LIFE HEALTHY FOREST, se espera:

- *Una reducción de los costos globales de alrededor del 30% debido al impacto de la enfermedad y las actividades de manejo.*
- *Un aumento del 25% de los beneficios tanto económicos como sociales debido a la implementación de sistemas innovadores de detección y manejo de agentes invasivos y patógenos.*

Aunque está centrado en las masas forestales del País Vasco, el Plan también pretende ser aplicable a cualquier región de interés forestal de la UE que pudiera sufrir una problemática semejante.

## **0. Description: traditional and innovative systems of detection and management**

Hasta la fecha, se pueden resumir los dos escenarios comparados de la siguiente forma:

**Escenario tradicional:**

- a) El propietario o gestor forestal detecta un problema fitosanitario en una masa forestal (decaimiento, defoliación, daños por insectos, ...). Lo pone en conocimiento de la guardería forestal de la Diputación Foral y, tras tomar muestras y llevar a analizar visualmente o al laboratorio correspondiente, los servicios técnicos de la Diputación Foral emiten un diagnóstico o un informe.
- b) Cuando se detecta un daño de cierta importancia, los técnicos o la guardería forestal de la Diputación Foral realizan una estimación de la superficie dañada, que normalmente se realiza por medio de visitas a los montes y una estimación visual de la superficie dañada.
- c) Existen diversas redes gestionadas por el Ministerio de Agricultura (Redes de nivel I y II de la Red Europea de Daños), por NEIKER o por las Diputaciones Forales destinadas a detectar y cuantificar la incidencia de diversos agentes de daños. Algunos daños, como la procesionaria del pino, son recurrentes todos los años y ya se cuenta con un protocolo propio de actuación y combate.
- d) Por ultimo, existen diversos indicadores gestionados por las Diputaciones Forales y ligados a las inversiones forestales previstas en el PDR (Programa de Desarrollo Rural Euskadi 2015-2020), que permiten realizar diversos cálculos de superficies afectadas por daños: solicitudes de cortas de madera indicando motivo de corta (causas fitosanitarias, derribo por viento, ...), solicitudes de subvención para tratamiento fitosanitario de las masas forestales, ...
- e) HAZI realiza cada 5 años un nuevo mapa forestal del País Vasco, actualizando las superficies cortadas en base a la ortofoto anual más reciente y a las citadas solicitudes de cortas finales y de reforestación posterior.
- f) Los propietarios que decidan cambiar de especie forestal tras la corta final acuden a la guardería, a los técnicos de las Asociaciones forestales o a otras fuentes para solicitar asesoramiento sobre la(s) especie(s) de sustitución.
- g) Las industrias forestales que aprovechan y procesan la madera procedente del País Vasco deben esperar 4-5 años para poder estimar las existencias maderables o las edades de las distintas especies forestales, mediante las estadísticas publicadas del mapa forestal o del Inventario Forestal del País Vasco (IFN).

**Nuevo escenario post LIFE:**

- a) El visor web del Proyecto permite detectar fácilmente la aparición de un problema fitosanitario en cualquier masa forestal del País Vasco, debido a que los índices de sanidad o vigor de la vegetación correspondiente a esa especie, clase de edad y época del año se encuentran muy por debajo del nivel esperado.

- b) Herramientas como los vuelos LiDAR permiten estimar el volumen de madera afectada y el empleo de satélites Sentinel permite calcular las superficies afectadas con diversos niveles de daño o defoliación.
- c) Una vez constatados en campo la existencia y la causa de ese problema, los técnicos o la guardería forestal de la Diputación Foral pueden emplear las herramientas suministradas en este Proyecto para completar su información de campo.
- d) Los propietarios que decidan cambiar de especie forestal tras la corta final pueden emplear las herramientas suministradas en este Proyecto para solicitar asesoramiento sobre la(s) especie(s) de sustitución.
- e) Las industrias forestales que aprovechan la madera del País Vasco pueden contar a partir de ahora de forma semestral o anual con los datos necesarios para poder estimar las existencias maderables, el crecimiento, el estado sanitario o las edades de las distintas especies forestales.

### 1. Comparative analysis of the caused socioeconomic impact

La lista de indicadores y parámetros esperados es la siguiente:

Indicador previsto	Impacto estimado	Descripción
Mejora del 10% de la capacidad de detección y diagnóstico	+100%	En agosto de 2018 se ha comprobado que coincidían en Bizkaia la estimación visual de superficies dañadas según la guardería de la Diputación Foral de Bizkaia (DFB) y los cálculos basados en el índice NBR del satélite Sentinel 2. El trabajo de la guardería de la DFB ha consumido varios cientos de hora de vigilancia y cálculo, frente a unos pocos días de trabajo en HAZI.
Aumento de alrededor del 15% en la producción y calidad de la madera	+50%	El visor del proyecto permite calcular, mediante datos del vuelo LiDAR y el satélite Sentinel 2, los volúmenes de madera de cada zona, su crecimiento anual y su afección por enfermedades. Así puede preverse adecuadamente las cortas de madera y la posterior sustitución de la masa afectada por otra especie más resistente. Actualmente (2018 y parte de 2019), los niveles de corta de madera en el País Vasco están superando en un 100% los volúmenes anuales medios registrados en el decenio anterior pero se irán atenuando poco a poco en el futuro.

Indicador previsto	Impacto estimado	Descripción
Mejora en las condiciones de salud de los bosques y un manejo de $\geq 25\%$	+50%	Se estima que una vez eliminadas las zonas de pinar más afectadas y que se están talando en la actualidad, los niveles de daños en las nuevas masas forestales disminuirán debido al empleo de especies resistentes.
Reducción de los costos globales de alrededor del 30% debido al impacto de la enfermedad y las actividades de manejo.	+50%	Consecuentemente, la sustitución de los pinares afectados por otras especies más resistentes y sin daños fitosanitarios permitirán disminuir drásticamente los recursos destinados a la lucha contra problemas sanitarios forestales.
Aumento del 25% de los beneficios tanto económicos como sociales	+25%	Mediante un sistema de detección temprana de posibles focos de daños por enfermedades y un adecuado asesoramiento sobre especies a emplear en el futuro, se espera aumentar esos beneficios, una vez las industrias forestales vascas vayan transformando parte de su producción basada en el pino radiata y en el pino laricio hacia las nuevas especies que se están introduciendo en las zonas afectadas por enfermedades.

Igualmente, dentro de la *ACTION C.2: Monitoring of the socio-economic impact of the project* se incluían estos Indicadores de progreso:

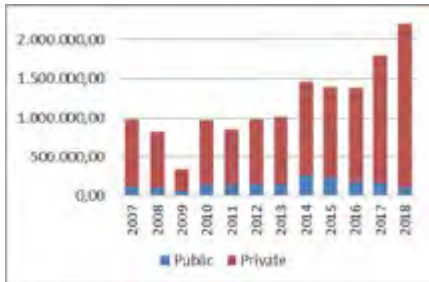
- *La conversión en cifras económicas de indicadores C1 en función de los precios del mercado forestal.*

El factor fundamental que se puede emplear como indicador de los beneficios económicos y sociales de la actividad forestal vasca es el precio de la madera. Si el precio de la madera de pino radiata (especie que supone cerca del 85% de las cortas totales) aumenta, la actividad económica del sector aumenta también, pues aumenta el interés de los propietarios en la reforestación de los terrenos tras la corta y en realizar tareas de mejora de los bosques cercanos (desbroces, claras, podas). Por el contrario, si el precio disminuye, baja también el nivel global de cortas y de reforestación posterior.

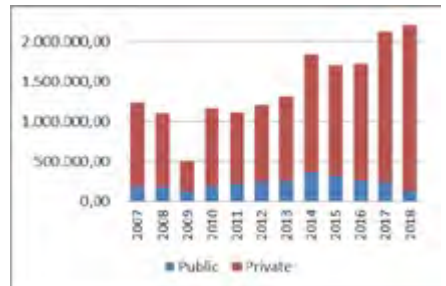
Las cifras oficiales del Área de Estadística y Análisis del Gobierno Vasco muestran que, a pesar del fuerte incremento de las cortas registrado desde 2017, el precio de la madera de pino radiata se ha mantenido estable o ha aumentado a lo largo del último decenio.

Aunque la expansión de la enfermedad ha sido rápida en estos dos últimos años, no se ha registrado una situación de pánico que haya obligado a los propietarios forestales a

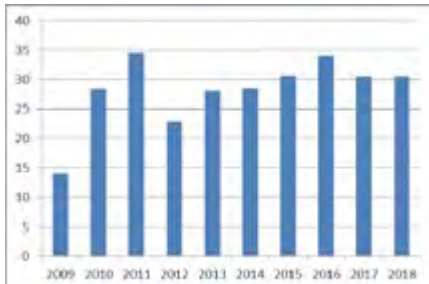
vender sus pinares a toda costa y haya acelerado el descenso del precio de la madera. Al contrario, el valor económico global de las cortas de pino radiata está aumentando en un contexto de precios estables o incluso en aumento.



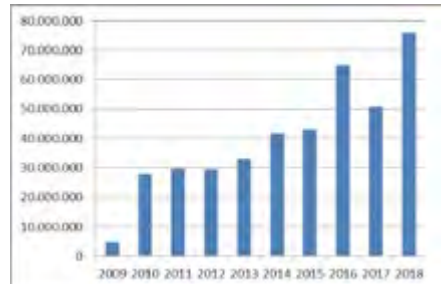
Cortas de madera de pino radiata (m3)



Cortas de madera totales (m3)



Precios medios de la madera de pino radiata (€/m3)



Valor global de las cortas de pino radiata (€)

- *Los indicadores socioeconómicos descritos.*

Descripción y cuantificación incluida en el Entregable D29. Este informe detalla la evolución de los indicadores detallados de progreso socioeconómicos en tres municipios vascos elegidos como representativos de la situación forestal dentro del País Vasco.

- *La medición de las implicaciones y beneficios sociales y económicos de la adopción de los sistemas: reducción de costos (combustible, biocidas, horas de trabajo, etc.)*

En este Entregable se ha cuantificado en un +50% el porcentaje de reducción de los costos globales debido al impacto de la enfermedad y las actividades de manejo, porcentaje superior al 30% prefijado al comienzo del Proyecto.

Ello se debe a que el actual proceso de sustitución de los pinares afectados por reforestaciones de otras especies más resistentes y sin daños fitosanitarios permitirá disminuir drásticamente los recursos destinados a la lucha contra problemas sanitarios forestales. De hecho, desde que hace un par de años comenzó a generalizarse los daños por enfermedades, prácticamente no ha habido nuevas reforestaciones con las especies más sensibles, pino radiata o pino laricio, y las nuevas especies empleadas son más robustas

y sanas, lo que disminuye el coste de vigilancia y tratamiento fitosanitario por parte de propietarios y gestores.

- *La medición de los beneficios económicos y sociales esperados debido a la implementación de sistemas innovadores de detección y manejo de agentes invasivos y patógenos.*

En este Entregable se ha cuantificado en un +25% el porcentaje de aumento de los beneficios tanto económicos como sociales, el mismo porcentaje prefijado al comienzo del Proyecto.

Ello se debe a que, mediante un sistema de detección temprana de posibles focos de daños por enfermedades y un adecuado asesoramiento sobre especies a emplear en el futuro, se espera aumentar los beneficios socio-económicos, según las industrias forestales vascas vayan transformando parte de su producción basada en el pino radiata y en el pino laricio hacia las nuevas especies que se están introduciendo en las zonas afectadas por enfermedades.



*Superficie de pino radiata al comienzo del proyecto (2016)*



*Superficie de pino radiata al final del proyecto (2019)*



*Superficie perdida por el pino radiata a lo largo del proyecto (2015-2019)*



*Superficie de pino radiata afectada por alto nivel de defoliación (agosto 2018)*



# ANÁLISIS CLIMÁTICO

## 1.- INTRODUCCIÓN

No es objeto de este capítulo realizar un estudio climático del País Vasco, sino aportar unas notas sobre la posible relación entre la meteorología registrada y el reciente episodio de alarma fitosanitaria debida a la enfermedad de las bandas en los pinares vascos. Para elaborar estas notas, se ha contado con el acceso a los datos aportados por infraestructura meteorológica desarrollada a través de otros proyectos europeos ya finalizados o en sus fases finales en los que ya ha participado HAZI:

- El proyecto *Espacio Atlántico REINFFORCE* 2007-2013 permitió a HAZI contar con dos estaciones meteorológicas conectadas a internet, capaces de suministrar datos climáticos medidos cada hora, y situadas junto a los arboretos plantados dentro del mismo proyecto: Irisasi en Gipuzkoa, junto al mar y en cota 350, y Albina en Álava, en las montañas de la divisoria y en cota 650. Ambas estaciones aportan datos desde finales de 2012.
- El proyecto *SUDOE PLURIFOR* 2016-2019 ha permitido financiar la renovación en 2018 de los sensores de humedad del aire en las dos estaciones REINFFORCE, variable climática que se ha podido comprobar de gran utilidad para el seguimiento de la enfermedad.
- Por último, el acceso permanentemente actualizado a los datos meteorológicos de las estaciones de la red EUSKALMET<sup>1</sup> desde el año 2000 ha permitido calcular variables climáticas de gran interés.

Seguidamente se van a detallar los avances conseguidos por HAZI en el estudio de esa relación clima/enfermedad, aunque es seguro que el cierre del proyecto LIFE y de esta publicación dejan fuera, por ahora, otras posibilidades de estudio de esa relación.

## 2.- INFORMACIÓN SOBRE EL PINO LARICIO

La información más accesible y cercana sobre la enfermedad de las bandas en el pino laricio de Córcega procede de Francia. Se considera que la enfermedad llamada *Dothistroma needle blight* (DNB) emergió en Francia coincidiendo con la llegada del siglo XXI. Allí consideran que esta enfermedad es debida a dos especies de hongos muy próximas entre sí: *Dothistroma septosporum* y *D. pini*. De hecho, en las últimas décadas han dejado de emplear al pino laricio de Córcega en las reforestaciones de Pirineos y otras zonas del sur de Francia.

---

<sup>1</sup> Datos diarios de cada estación disponibles en: <http://www.euskalmet.euskadi.eus/s07-5853x/es/meteorologia/datos/mapaestac.apl?e=5>

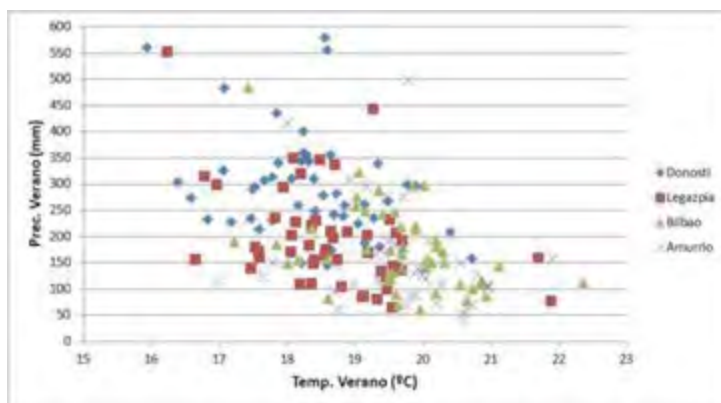
Estudios recientes franceses en parcelas de pino laricio parecen demostrar una mayor frecuencia de *Dothistroma pini* muy relacionada con los veranos calurosos ( $T^{\text{a}}$  media de junio/agosto  $> 17^{\circ}\text{C}$ ) y húmedos ( $P$  de junio/agosto  $> 160$  mm).<sup>2</sup>

Si se toman los datos climáticos de los últimos 50 años en 4 estaciones representativas de la vertiente cantábrica vasca se observan grandes diferencias entre ellas. Se han tomado los datos de AEMET para el periodo 1970-2015 y de EUSKALMET para el periodo 2016-2019 (este último año, únicamente del primer semestre).

Estación	Cota (m)	Presencia de masas de pino laricio
San Sebastián-Igeldo/Miramón	245	Cierta presencia en montes cercanos
Legazpia/Aitzu	315	Abundantes plantaciones alrededor
Bilbao-Sondika	30	Sin apenas presencia cercana
Amurrio/Saratxo	225	Escasa presencia

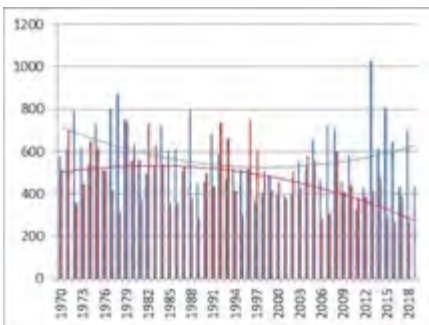
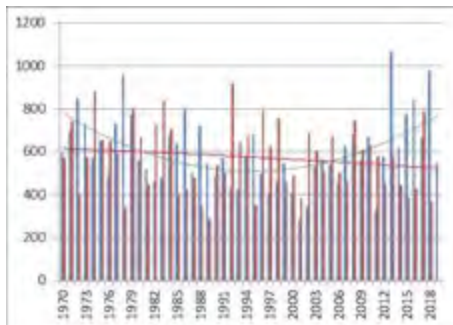
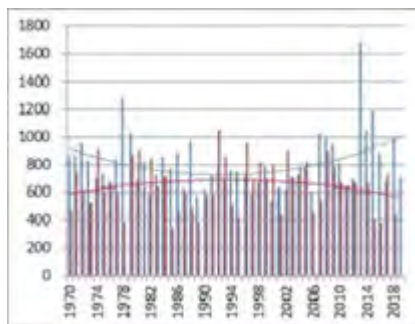
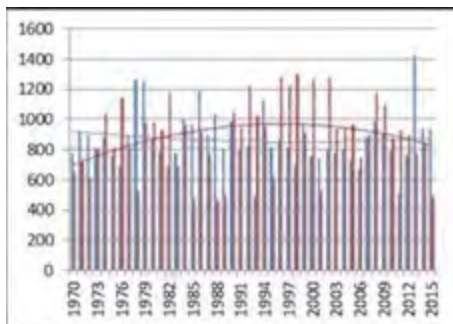
Considerando las condiciones veraniegas citadas por esos estudios recientes franceses, de los últimos 49 veranos, en San Sebastián-Igeldo se han cumplido en 40 años esas condiciones de riesgo, en Legazpia/Aitzu en 20 años, en Bilbao-Sondika en 19 años y en Amurrio/Saratxo en 12 años. Queda de manifiesto el mayor riesgo existente en el Territorio de Gipuzkoa, precisamente donde más plantaciones de pino laricio existen y donde la enfermedad es más recurrente y expansiva.

Las diferencias en los meses veraniegos (junio/agosto) en estas estaciones quedan de manifiesto en este gráfico, destacando el gradiente hacia menor lluvia y más calor Donosti-Legazpia-Bilbao-Amurrio.



Analizando la precipitación por semestres en esas mismas 4 estaciones representativas, se observa también una tendencia a la estabilización o al aumento de las lluvias en el primer semestre (azul) y un descenso progresivo en el segundo semestre (rojo).

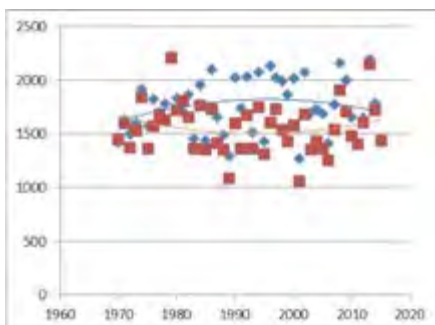
<sup>2</sup> *Is the Emergence of Dothistroma Needle Blight of Pine in France Caused by the Cryptic Species Dothistroma pini?* B. Fabre, R. Ios, D. Piou, and B. Marçais. *Ecology and Epidemiology*, 2011



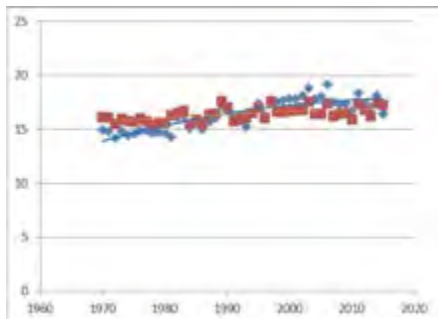
*Evolución y tendencia de las precipitaciones por semestres en las estaciones (por orden) de San Sebastián-Geldoldo/Miramón (arriba a la izquierda), Legazpia/Aitzu, Bilbao-Sondika y Amurrio/Saratxo (abajo a la derecha).*



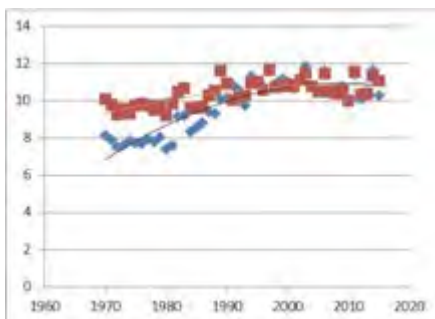
*Temperatura media anual (°C)*



*Precipitación anual (mm)*



*Media de las Temperaturas máximas (°C)*



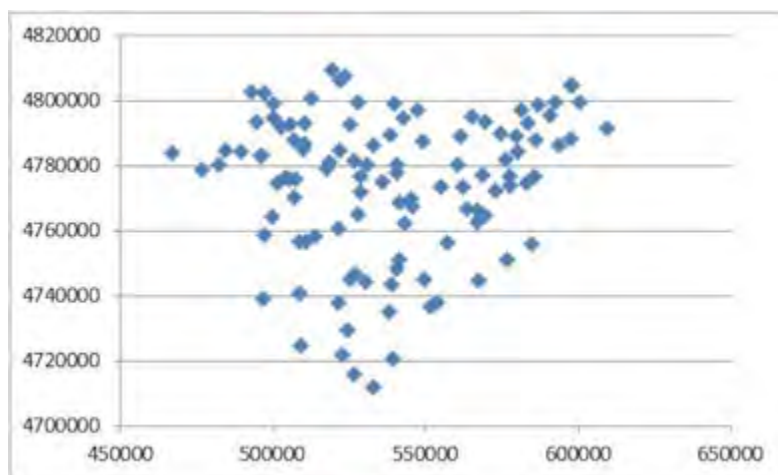
*Media de las Temperaturas mínimas (°C)*

Precisamente, en San Sebastián/Donostia los datos de AEMET han permitido comparar las estaciones próximas de 1024E-Igeldo (rojo), situada en la parte alta de un monte y con cota cercana a los 245 m, y de 1024-Ategorrieta (azul), situada en pleno casco urbano. Se observa, comparando ambas estaciones, que las temperaturas medias van en aumento mientras que las precipitaciones anuales se estabilizan.

### 3.- INFORMACIÓN SOBRE EL PINO RADIATA

El fuerte ataque de la enfermedad de las bandas (principalmente banda marrón) en los pinares de radiata en primavera-verano de 2018 aconseja centrar el análisis en este año para encontrar un buen patrón de extensión de esa enfermedad.

Se ha contado, para ello, con los datos de la red EUSKALMET y con los de algunas estaciones próximas navarras disponibles por internet<sup>3</sup>. La ubicación de las 111 estaciones meteorológicas analizadas es la siguiente:



Las fuentes consultadas (NEIKER, comunicación personal) sugieren que el hongo causante de la banda marrón aumenta su actividad con temperaturas de 12-18 °C y con alta humedad ambiental. Esas condiciones fueron muy frecuentes y continuas durante el año 2018, sobre todo en primavera-verano. El primer semestre de 2018 fue anormalmente húmedo, con fuertes y continuas precipitaciones, mientras que el segundo semestre fue seco y cálido, con alta humedad ambiental.

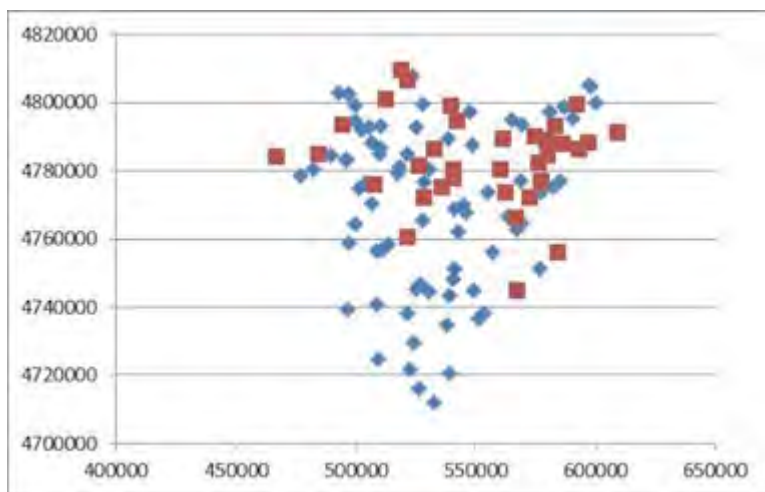
Se registraron dos repuntes de los daños de la enfermedad en los meses de mayo y, sobre todo, de agosto, por lo que el análisis del centenar de estaciones disponibles se va a centrar en ambos meses. Los promedios registrados han sido:

<sup>3</sup> <http://meteo.navarra.es/estaciones/mapadeestaciones.cfm>

Mes	Temp (°)	Prec (mm)	Humedad (%)	Días con humedad>80%	Días con humedad>90%
Mayo 2018	13,0	83,4	84,3	21,9	9,2
Agosto 2018	19,6	32,1	82,4	20,0	6,6

### Datos de estaciones EUSKALMET

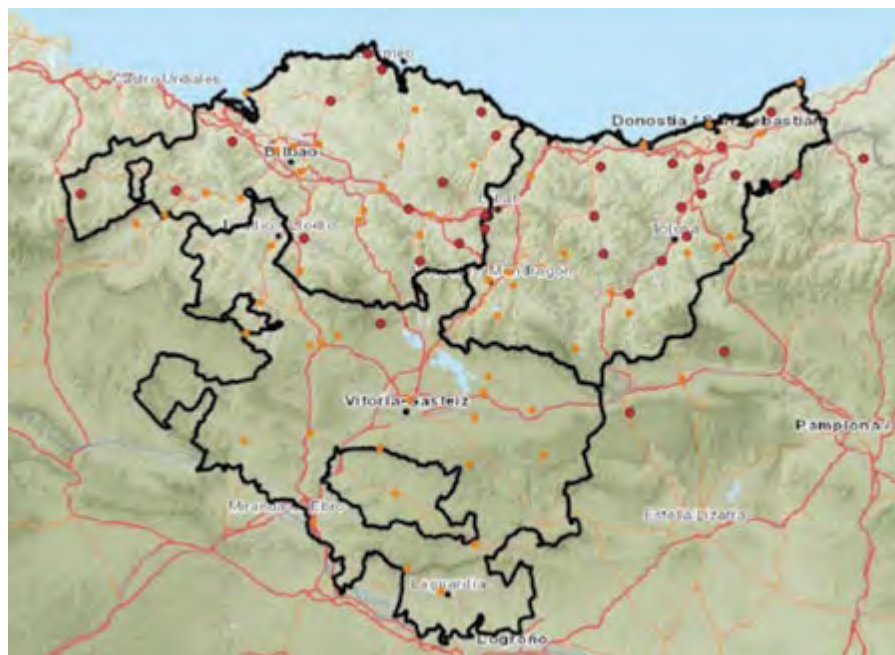
Analizando en primer lugar el mes de agosto, las 35 estaciones con mayor humedad ambiental media (en rojo) presentan una humedad media superior al 85,5%, con una media de 29 días durante ese mes con humedad>80% y 14,3 días con humedad>90%. Por su parte, las 72 estaciones con menor humedad ambiental media (en azul) presentan una humedad media del 79%, con una media de 15,7 días durante ese mes con humedad>80% y sólo 3 días con humedad>90%. La ubicación de las estaciones en rojo muestra una buena correlación con los pinares más afectados en su defoliación.



Siguiendo las indicaciones de la Dr Jenny Aitken durante su presencia en Arkaute en el último workshop del proyecto LIFE, se han analizado también las condiciones ambientales de los 3 meses anteriores al ataque de agosto 2018.

En esos 3 meses de mayo-julio 2018, las 35 estaciones con mayor humedad ambiental media (en rojo) presentaron una precipitación media de 586 mm, una temperatura media de 9°C, una humedad media del 80,5% y 34,4 días con humedad>90%. Por su parte, las 72 estaciones con menor humedad ambiental media (en azul) presentaron una precipitación media de 464 mm, una temperatura media de 8,5°C, una humedad media del 77,8% y 22,3 días con humedad>90%.

A mayor detalle, aparecen en color rojo las estaciones meteorológicas que en agosto de 2018 presentaron una humedad media superior al 85,5%.



El volumen de información que suministra este centenar largo de estaciones es enorme y requiere de mucho tiempo para su estudio detallado. Sirvan como ejemplo para comparar las diferencias entre los primeros meses de 2018 y 2019 los datos promedio de la estación CODC-IbaiEder, situada en plena zona de alta incidencia de la enfermedad en Urola Kosta:

Año	Mes	Prec (mm)	Temp (°)	Humedad (%)	Días con humedad>90%
2018	Enero	252,6	9,4	96,1	27
	Febrero	372,1	6,7	94,8	22
	Marzo	143,8	11,5	79,0	10
	Abril	207,3	15,0	83,3	16
	Mayo	79,0	15,6	92,9	22
Total 2018		1.054,8	11,7	89,2	97
2019	Enero	359,7	7,5	97,9	30
	Febrero	68,5	10,7	82,7	12
	Marzo	64,5	11,9	81,8	8
	Abril	80,3	12,9	86,4	13
	Mayo	85,0	13,8	90,0	13
Total 2019		658,0	11,3	87,8	76

Y la estación COF0-Ereñozu (Donostialdea), también situada en zona de alta incidencia:

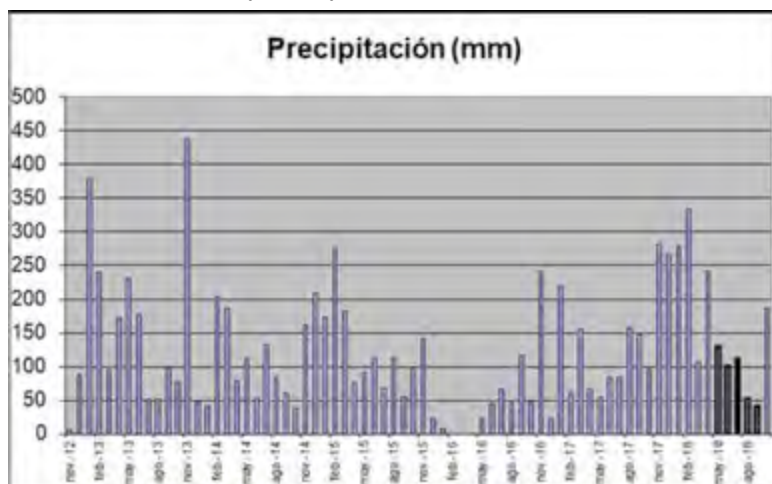
Año	Mes	Prec (mm)	Temp (º)	Humedad (%)	Días con humedad>90%
2018	Enero	305,5	8,7	92,6	23
	Febrero	324,8	5,9	91,3	18
	Marzo	142,1	10,4	74,0	4
	Abril	261,4	13,9	80,1	11
	Mayo	128,6	14,0	90,7	18
Total 2018		1.162,4	10,6	85,7	74
2019	Enero	304,0	6,5	96,3	30
	Febrero	57,2	9,4	82,5	10
	Marzo	82,1	10,7	79,9	9
	Abril	113,0	11,9	86,4	11
	Mayo	170,4	12,7	91,0	15
Total 2019		726,7	10,2	87,2	75

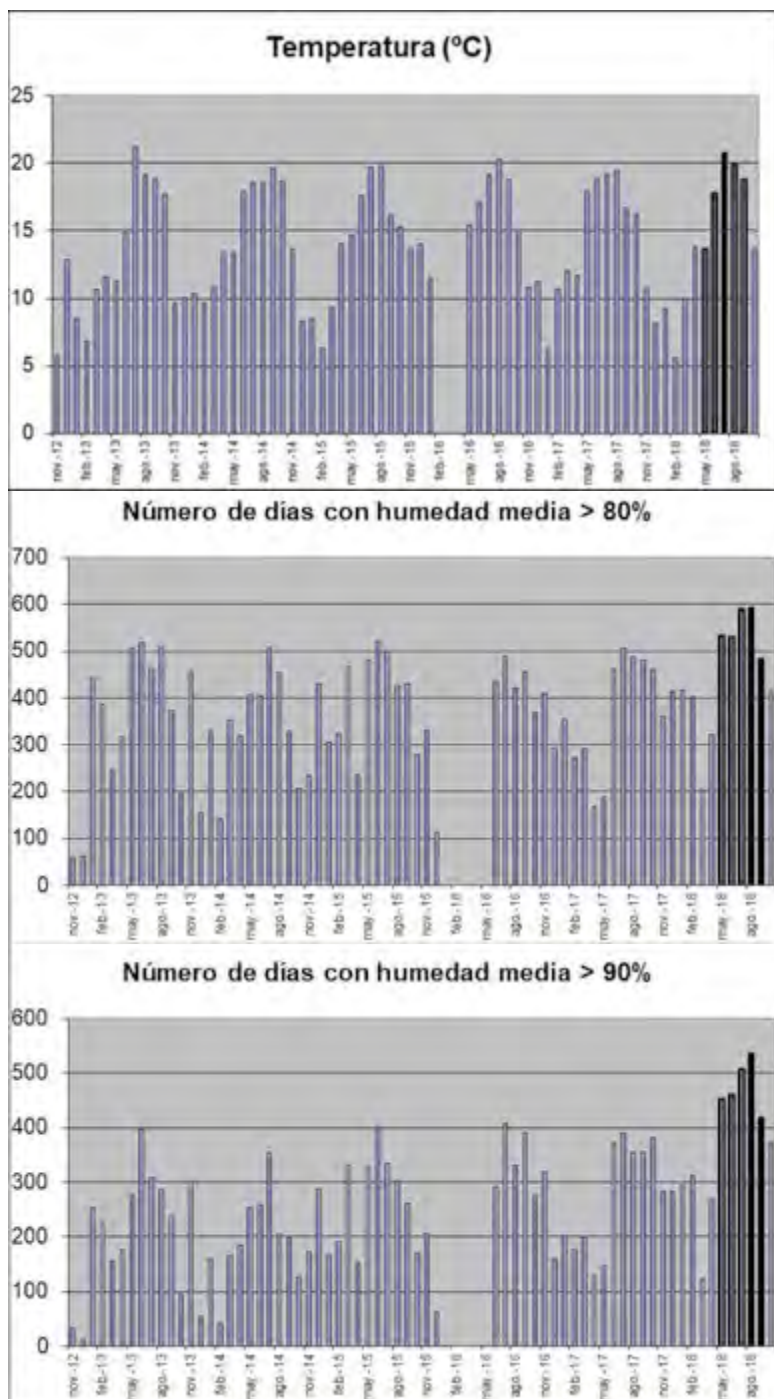
### Datos de estaciones REINFFORCE

Las dos estaciones de medición continua, instaladas en Usurbil y Albina gracias al proyecto REINFFORCE, presentan la ventaja de la inmediatez, ya que sus datos pueden ser consultados prácticamente en tiempo real gracias a su conexión por internet. Por tanto, suministran datos de forma continua desde finales de 2012, incluyendo las mismas variables de interés que la red EUSKALMET (precipitación, temperatura y humedad ambiental).

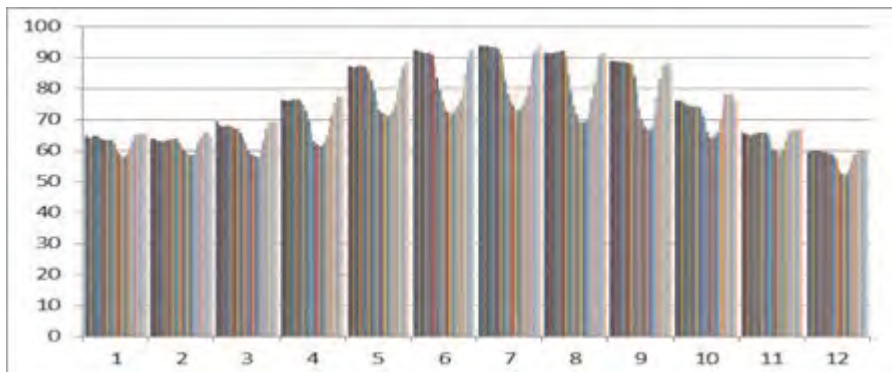
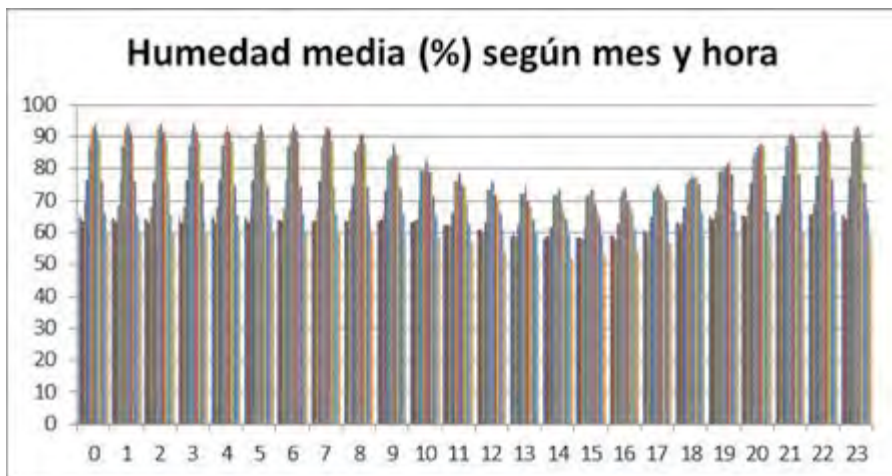
Las variaciones medias anuales, mensuales y horarias de esos factores climáticos en ambas estaciones, incidiendo especialmente en la humedad ambiental, se muestran en los siguientes gráficos.

#### Estación de Irisasi (Usurbil), con alta incidencia de la enfermedad

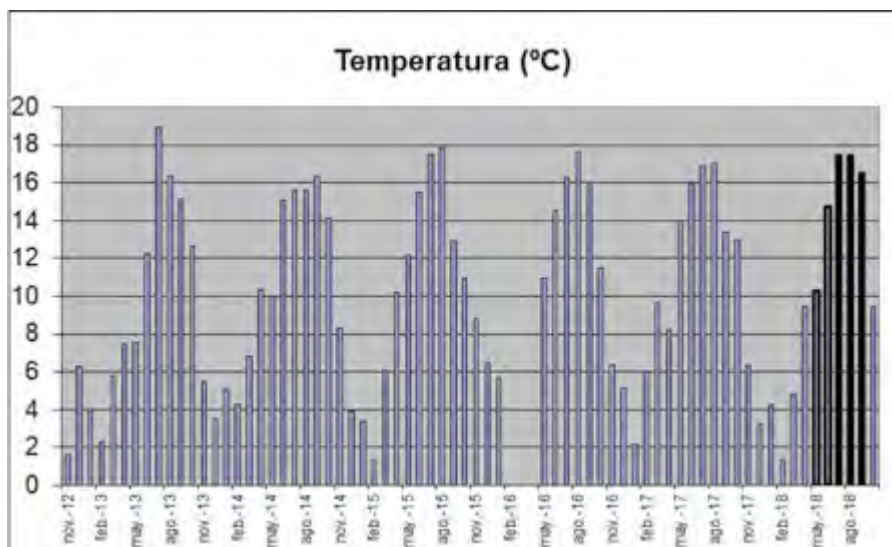
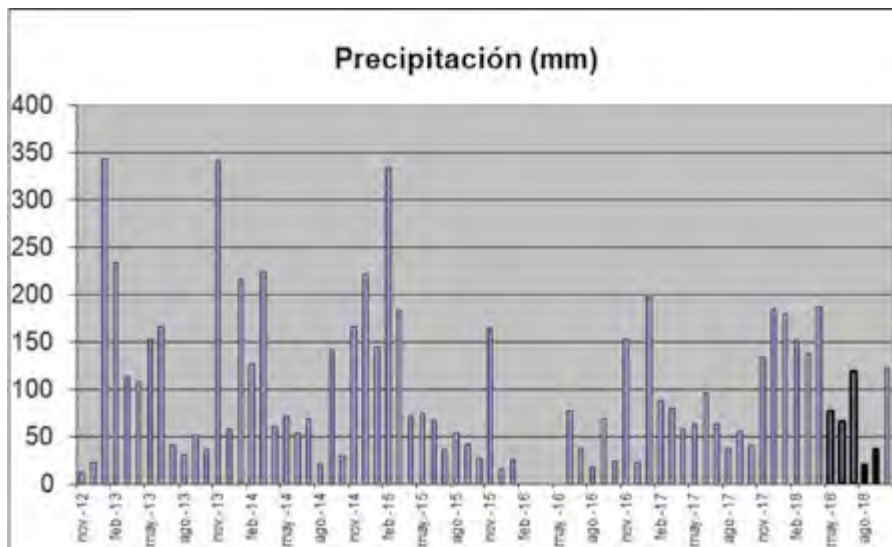






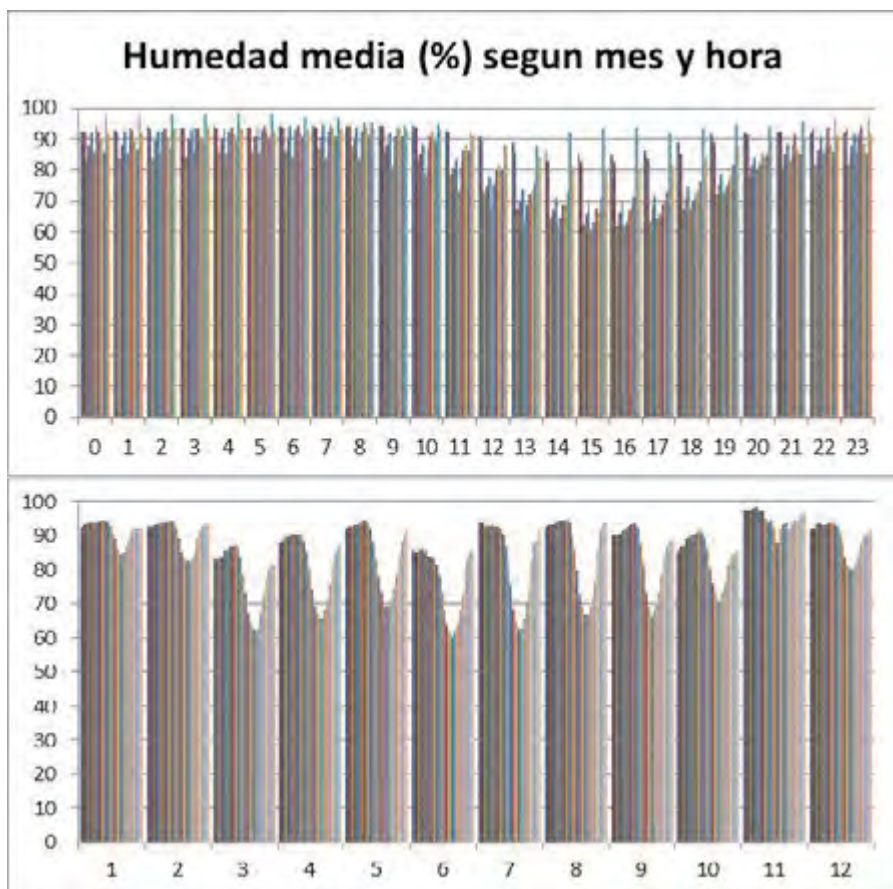


### Estación de Albina-Maroto (límite entre Legutiano y Leintz-Gatzaga), con baja incidencia de la enfermedad



Relacionado con la expansión de las esporas de estos hongos a través de la humedad ambiental, se encuentra un episodio climático típico de la vertiente cantábrica del País Vasco: el llamado *Viento sur*. Durante cualquier época del año, un fenómeno combinado de calor, ráfagas fuertes de viento y ausencia de lluvias supone bajadas puntuales y rápidas de la humedad ambiental por debajo del entorno del 25-30%.

Tomando la estación REINFFORCE del arboreto de Usurbil para aplicar ese criterio de que descenso puntual y rápido de la humedad ambiental entre junio y septiembre, se puede comprobar que entre 2013 y 2017 el número de episodios de “viento sur” ha oscilado entre 2 y 7 días. Este verano de 2018 ha sido el primero en el que no se ha registrado ningún episodio de días veraniegos de “viento sur”.



En el gráfico de la misma estación de Usurbil-Irisasi, en el que la temperatura se muestra en rojo y la humedad en azul, se pueden contar 4 días de *Viento sur* en los meses de junio y julio:



Estación de Usurbil-Irisasi



Estación de Albina-Maroto

# CÁLCULOS DASOMÉTRICOS

## 1.- ANTECEDENTES

Al comienzo del proyecto HEALTHY FOREST, HAZI contaba con cuatro grandes fuentes de información dasométrica de las que partir:

- IFN/Mapa forestal del País Vasco. Una vez terminado el mapa forestal 2016, ya se empezó a trabajar en el siguiente, 2018. El mapa forestal 2016 se ha integrado en el IFNN, Inventario Forestal Nacional del Norte de España, trabajo estadístico periódico del Ministerio de Agricultura MAPA que en 2017/2018 ha permitido remedir unas 350 parcelas de pino radiata, de pino marítimo o pináster y de eucalipto, repartidas por toda la geografía vasca siguiendo una malla kilométrica ED50. La ubicación de estas parcelas ha sido elegida por HAZI en función de su representatividad estadística y de su inclusión en la red Basonet de gestión forestal sostenible, creada por IKT en 2001.
- Redes de parcelas de campo de los proyectos REINFFORCE (masas adultas de pino radiata, pino laricio y abeto Douglas) y PLURIFOR (masas sanas y enfermas de pino radiata). En estas parcelas se han ido midiendo periódicamente miles de árboles, por lo que nuevas mediciones incluidas en este proyecto LIFE podrían dar una excelente perspectiva histórica del ritmo de crecimiento de esos árboles en función de su edad y tipo de selvicultura y de su grado de afección por enfermedades.
- Vuelo LiDAR enmarcado en este proyecto LIFE, que iba a suministrar nuevos datos de gran valor de crecimiento y defoliación de todo el macizo forestal vasco y que podía coincidir en el tiempo con el trabajo de campo IFNN para poder contrastar ambas fuentes de datos.
- Imágenes satelitales, principalmente del Sentinel 2, que empezó a suministrar datos de forma periódica y gratuita a comienzos de 2016.

Por tanto, se ha trabajado a dos niveles: nivel extensivo, mediante cálculos dasométricos para toda la superficie forestal vasca basándose principalmente en mapa forestal, vuelos LiDAR e imágenes Sentinel, y nivel intensivo, a partir de los árboles individuales de las parcelas IFN y de gran y pequeña escala incluidas en el presente proyecto.

## 2.- METODOLOGÍA BASADA EN VUELO LIDAR 2017

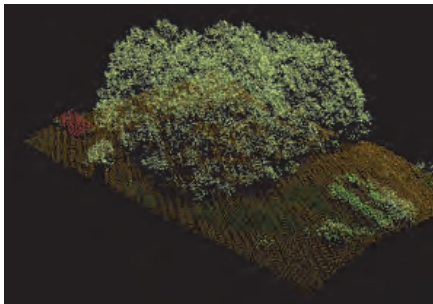
### Información disponible

En el citado proyecto FORRISK ya se estableció una metodología para el cálculo de diversos parámetros forestales para toda la superficie forestal vasca. Dicha metodología se basaba entonces en los datos de las parcelas de campo del último Inventario Forestal Nacional (IFN4) de 2011 y del vuelo LiDAR de 2012, que cubría el total de las masas fo-

restales del País Vasco. La metodología y toda la información generada en ese proyecto por HAZI están disponibles en la web del proyecto para su descarga libre y gratuita<sup>1</sup>.

Con el fin de poder divulgar la cartografía generada y visualizar los distintos parámetros forestales estimados en el proyecto FORRISK, se creó un visor web propio y se alojó la información generada en GeoEuskadi. Todos esos parámetros se calcularon mediante el método de masa, que permite asignar un valor medio de cada parámetro calculando la totalidad de rebotes LiDAR correspondientes a cada cuadrícula de 1 hectárea de arbolado homogéneo dentro de cada tesela arbolada del mapa forestal. La ventaja de contar con datos de los parámetros analizados en cada cuadrícula de 1 hectárea permite una mejor cuantificación de los recursos maderables gracias al vuelo LIDAR. Es el caso, por ejemplo, del volumen maderable, en el que las cuadrículas permiten una definición más detallada de ese parámetro frente al sistema tradicional del IFN de estratos.

En este proyecto LIFE ha surgido la posibilidad de replicar y actualizar ese trabajo, haciendo coincidir en 2017/2018 el nuevo vuelo LiDAR con el trabajo de campo IFNN, lo que facilita el poder contrastar ambas fuentes de datos y elaborar los nuevos cálculos.



*Ejemplo de arbolado según LiDAR 2017*



*Montaje de sensor LiDAR en helicóptero*

El vuelo LiDAR se contrató en julio de 2016 a 2 puntos/m<sup>2</sup>, aunque ese año no se pudo realizar por circunstancias climáticas y se acordó de mutuo acuerdo entre HAZI y la empresa contratada posponerlo a mayo-noviembre de 2017, que es cuando se realizó finalmente. Las últimas fases del trabajo se han postpuesto hasta agosto de 2018, según se fueron solventando los controles de calidad.

Una ventaja importante de haber volado en 2017 es poder evitar la fuerte defoliación registrada en los pinares de radiata en 2018, ya que este hecho habría distorsionado los resultados porque esa defoliación supuso menos acículas vivas y menos rebotes.

### Primer modelo de cubicación

Una vez terminado el trabajo de campo por parte de TRAGSATEC para el Ministerio de Agricultura, se pudo disponer de los datos de las siguientes parcelas de campo del IFNN con arbolado inventariable en el País Vasco:

<sup>1</sup> [http://www.hazi.es/images/documentos/forestal/forrisk\\_final.pdf](http://www.hazi.es/images/documentos/forestal/forrisk_final.pdf)

Territorio	Pino marítimo	Pino radiata	Euc. globulus	Euc. Nitens	Otros eucaliptos	Total parcelas
Alava	2	41		2		45
Bizkaia	14	146	22	9	3	194
Gipuzkoa	5	95				100
Total CAPV	21	282	22	11	3	339



Búsqueda con GPS del punto central de una parcela



Marcaje de árboles y medición de diámetros en una parcela IFNN

Cada parcela IFNN dispone de unas coordenadas GPS con precisión centimétrica para localizar su centro exacto, marcado con un testigo metálico enterrado. Todos los árboles inventariados (diámetro normal  $\geq 7,5$  cm) en cada parcela se ubica en función de su azimut y su distancia al centro de la parcela, hasta un radio máximo de 25 m.

Por tanto, se ha procesado la nube de puntos o rebotes LiDAR de cada zona cilíndrica de 25 m alrededor de cada centro de parcela para estimar una serie de parámetros relacionados con las existencias maderables u otros parámetros de cada parcela. Igualmente, el programa FUSION permitido calcular la altura dominante LiDAR 2017 a partir de la altura media de los 100 puntos de arbolado más altos de cada cuadrado de 1 ha, con una distancia de exclusión entre cada uno de esos 100 puntos/ha de 5 m. Es decir, se ha cortado cada cuadrícula en pequeños cuadrados de 5 m de lado y se ha calculado la máxima altura del árbol contenido en cada uno de ellos. Una explicación gráfica del proceso aparece al final de este capítulo.

Se agruparon los eucaliptos en una sola clase para facilitar los cálculos y se pudieron elaborar las siguientes ecuaciones de cubicación en función de esos parámetros de masa medidos en campo frente a alturas LiDAR:

#### Pino radiata

$$VCC = -172,154130692589 + 11,1734373955605 * \text{medReb} + 8,60512846090119 * \text{HD}_{2017}$$

#### Pino pináster:

$$VCC = -135,631335999005 + 6,87227495990619 * \text{medReb} + 14,7573093643244 * \text{HD}_{2017}$$

### Eucaliptos:

$$VCC = -15,0283353998366 + 10,5520542687588 * \text{medReb} + 0,382260654109916 * \text{HD\_2017}$$

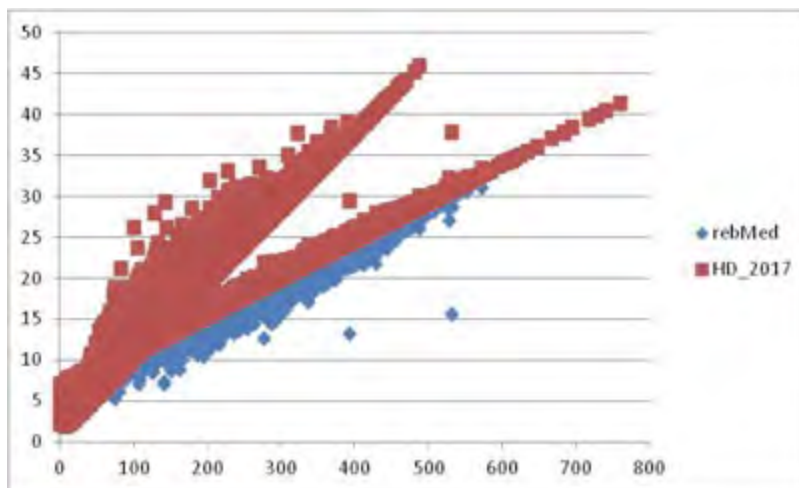
Siendo las variables empleadas:

VCC: volumen maderable estimado mediante parcelas IFNN (m<sup>3</sup>/ha)

medReb: media ponderada, en cada hectárea, de las alturas sobre el suelo de todos los rebotes del vuelo LiDAR 2017, siempre que sean de altura  $\geq 2\text{m}$  (m/ha)

HD\_2017: altura dominante LiDAR 2017 (m/ha)

Como ejemplo de la influencia de ambos factores, medReb y HD\_2017, se muestra la siguiente gráfica, que expresa en el eje X el volumen maderable estimado en cada hectárea (m<sup>3</sup>/ha) y en el eje Y las alturas medReb y HD\_2017 (m). El volumen de madera que almacena un arbolado está relacionado con ambas variables, relacionadas a la vez entre sí. Los puntos de la agrupación lineal de la izquierda son de la especie Pino pináster y la de la derecha, de menor pendiente, la correspondiente a las cuadrículas de Eucaliptos.



Finalmente, se obtuvieron estos resultados globales de arbolado inventariable a partir de esas ecuaciones:

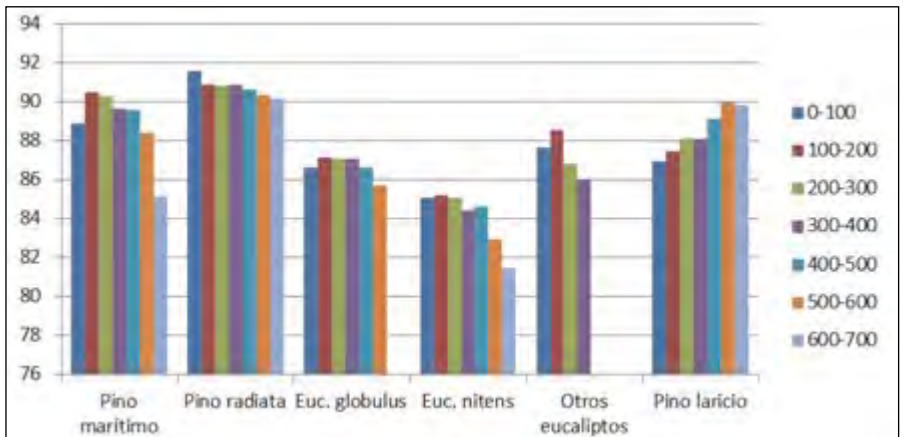
Territorio	Sup. (ha)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Pino pináster	6.485	1.690.916
Pino radiata	108.161	31.291.091
Euc. globulus	11.051	1.909.886
Euc. nitens	6.355	934.533
Otros eucaliptos	990	155.869
<b>Total CAPV</b>	<b>133.042</b>	<b>35.982.295</b>



Los valores de las alturas medReb y HD\_2017 guardan una relación lineal entre sí. Sin embargo, se ha constatado que pueden cambiar la relación entre ambas variables. Una de ellas, obviamente, es la especie principal de la cuadrícula de 1 ha, ya que cada especie mantiene una forma de crecer y desarrollar la copa. Otra variable importante que influye, por ejemplo, es la altitud, seguramente ligada a la climatología y exposición a agentes perturbadores. En la siguiente tabla se muestra para distintas especies cómo varía el factor medio  $100 \cdot \text{medReb} / \text{HD}_{2017}$ , que viene a expresar el porcentaje de altura media de rebotes sobre la altura máxima, según la altitud.

Ese factor medio  $100 \cdot \text{medReb} / \text{HD}_{2017}$  está, a su vez, relacionado con la defoliación y la densidad de copa o cantidad de acículas que puede mantener un arbolado de una especie, una edad y una altitud concreta. Por ello, puede ser interesante su análisis para detectar o evaluar daños fitosanitarios.

Altitud (m)	Pino marítimo	Pino radiata	Euc. globulus	Euc. nitens	Otros eucaliptos	Pino laricio
0-100	88,9	91,6	86,6	85,1	87,7	87,0
100-200	90,5	90,9	87,1	85,2	88,6	87,5
200-300	90,3	90,8	87,1	85,1	86,8	88,1
300-400	89,7	90,9	87,1	84,4	86,0	88,1
400-500	89,6	90,6	86,6	84,6		89,2
500-600	88,4	90,4	85,7	82,9		90,0
600-700	85,1	90,2		81,4		89,8
Media	89,5	90,8	87,0	84,9	87,2	89,6



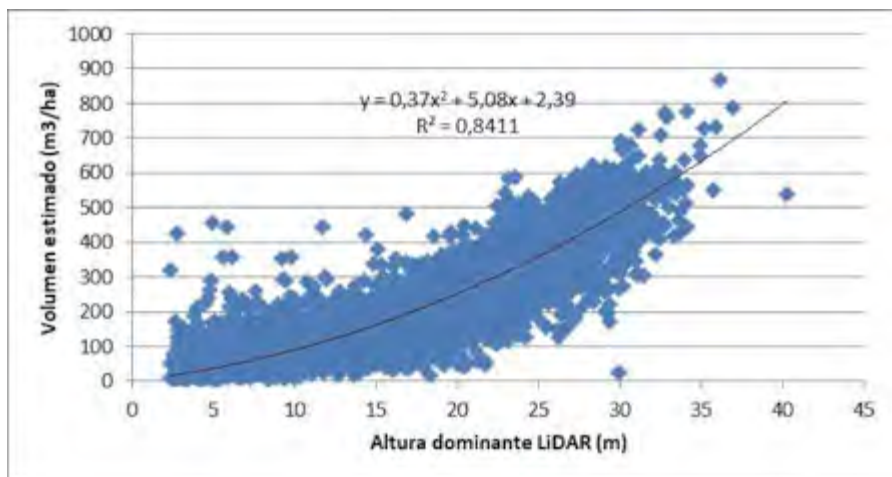
### Modelo definitivo de cubicación

A partir del IFNN y del LiDAR 2017 se contaba con datos de cubicación para unas pocas especies, pero se necesitaba ampliar los resultados a todas las masas forestales vascas.

Para ello, se recurrió a los datos ya calculados en el marco del proyecto FORRISK basados en el vuelo LiDAR 2012 y las parcelas de campo del IFN4.

En los datos de 2012 se pudo comprobar la buena relación existente entre VCC12 y HD\_2012, por lo que se decidió aplicar también en 2017 esa familia de ecuaciones, una para cada especie principal, para calcular VCC sólo en función únicamente de HD\_2017. Hay que tener en cuenta que en el volumen VCC12 no se empleó esa variable HD\_2012, sino que se calculó empleando únicamente el promedio de altura de los rebotes del arbolado situados por encima de 4 m en cada cuadrícula de 1 ha.

En el ejemplo se muestra los datos conseguidos en 2012 para el pino laricio. En general, estas ecuaciones muestran una buena correlación, con valores de R2 superiores a 0,8.

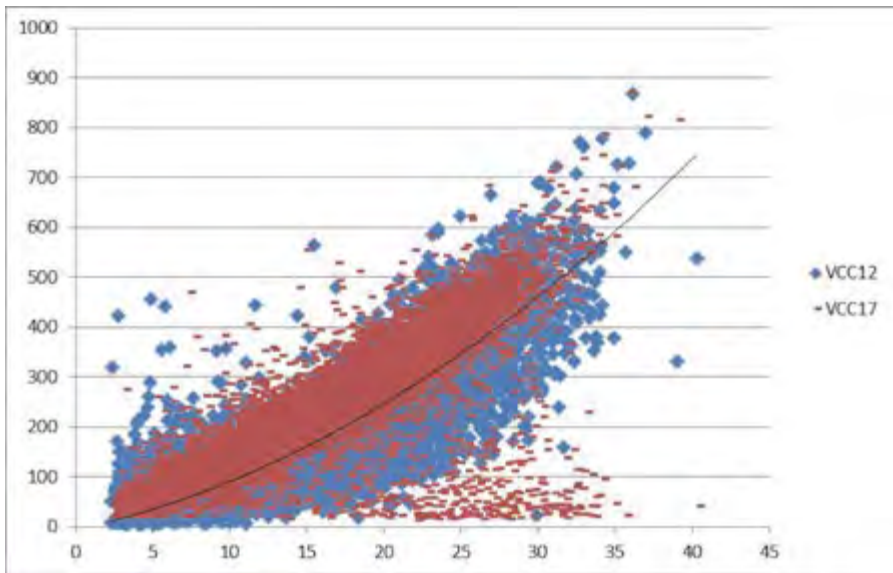


Todas las ecuaciones obtenidas con los datos de 2012, y que se han vuelto a emplear en 2017, son:

Fórmula para calcular VCC (m³/ha) = f (HD_2017 en m)	Especie
$-3,0977 + 5,07444*HD_{2017} + 0,284308*HD_{2017}^2$	Criptomeria
$32,3761 - 3,18064*HD_{2017} + 0,514012*HD_{2017}^2$	Quejigo fagínea, Roble húngaro
$5,01295 + 2,43265*HD_{2017} + 0,489197*HD_{2017}^2$	Pino silvestre
$13,8396 + 4,23149*HD_{2017} + 0,0795596*HD_{2017}^2$	Álamo, Aliso, Árboles ripícolas, Chopo, Chopo híbrido, Fresno, Sauce

Fórmula para calcular VCC (m <sup>3</sup> /ha) = f (HD_2017 en m)	Especie
$14,5343 + 2,93516*HD_{2017} + 0,145892*HD_{2017}^2$	Abedul, Avellano, Bosque mixto atlántico, Bosque mixto de cantil, Castaño, Falsa acacia, Frondosas de gran porte, Frondosas de pequeño porte, Madroño, Otras frondosas, Plantaciones de frondosas variadas, Plantaciones de frondosas y coníferas variadas, Plátano, Prunus
$16,7974 + 2,10684*HD_{2017} + 0,197833*HD_{2017}^2$	Encina
$-16,89 + 6,24341*HD_{2017} + 0,625316*HD_{2017}^2$	Chamaeciparis
$17,3917 + 1,32167*HD_{2017} + 0,249664*HD_{2017}^2$	Roble americano
$-18,2701 + 10,1785*HD_{2017} + 0,120819*HD_{2017}^2$	Pino pináster
$2,39581 + 5,08796*HD_{2017} + 0,369722*HD_{2017}^2$	Pino laricio
$24,239 + 0,763164*HD_{2017} + 0,337633*HD_{2017}^2$	Alerce
$25,0797 - 3,18978*HD_{2017} + 0,452253*HD_{2017}^2$	Pino taeda
$25,1114 - 0,404861*HD_{2017} + 0,404784*HD_{2017}^2$	Rebollo
$-3,00488 + 5,61597*HD_{2017} - 0,0221788*HD_{2017}^2$	Pino halepensis
$32,7622 + 2,55767*HD_{2017} + 0,310226*HD_{2017}^2$	Pino radiata
$-34,1736 + 13,0697*HD_{2017} - 0,0395921*HD_{2017}^2$	Otras coníferas
$37,6813 - 1,68128*HD_{2017} + 0,396591*HD_{2017}^2$	Haya
$38,3018 - 1,92479*HD_{2017} + 0,355106*HD_{2017}^2$	Roble albar, Roble pedunculado
$39,9704 + 0,698833*HD_{2017} + 0,245085*HD_{2017}^2$	Eucalipto globulus
$47,0397 + 1,11399*HD_{2017} + 0,304519*HD_{2017}^2$	Eucalipto nitens
$50,0489 - 6,07939*HD_{2017} + 0,634453*HD_{2017}^2$	Abeto Douglas
$-7,40577 + 5,53699*HD_{2017} + 0,2633*HD_{2017}^2$	Secuoya
$42,4876 - 6,56752*HD_{2017} + 0,662937*HD_{2017}^2$	Píceas de Sitka, Píceas europeas

Siguiendo el ejemplo del Pino laricio, se muestra la diferencia alcanzada en el volumen entre 2012 y 2017 (eje Y, en m<sup>3</sup>/ha) en las mismas cuadrículas analizadas de 1 ha. En ambos casos se compara con la altura dominante LiDAR 2012 (eje X, en m). Los puntos VCC17 de abajo a la derecha, con fuerte descenso del volumen, se deben a cortas finales o derribos.



En las siguientes tablas resumen se han agrupado las teselas del mapa forestal según distintas especies principales. Se han mantenido las 14 especies empleadas en los datos del vuelo LiDAR 2102 (proyecto FORRISK), ya que algunas especies con escasa representación se han ido agrupando en otras mejor representadas; fue el caso en 2012, por ejemplo, de las píceas que se agruparon con el Abeto Douglas, o de otros pinos que se agruparon con el Pino pináster. En 2017, las “Otras coníferas” que no aparecen reflejadas individualmente en estas tablas supusieron 3.317 ha y 327.677 m<sup>3</sup>. También puede haber pequeñas diferencias debido a que en el caso de bosques mixtos, con más de una especie arbolada presente en una tesela, en cuyo caso se ha podido asignar la totalidad de cada tesela a la especie principal de esa tesela.

Se puede comprobar que los resultados de la cubicación siguiendo el primer método descrito en el punto 2 de este capítulo para pino radiata, pino marítimo o pináster y eucaliptos coinciden con las siguientes cifras.

Superficie ocupada por cada una de las especies principales (ha)				
Especie	IFN3 2005	IFN4 2011	Lidar 2012	Lidar 2017
Ciprés Lawson	3.325	3.414	3.379	3.260
Pino silvestre	17.234	14.295	18.727	18.695
Pino laricio	13.560	13.701	13.922	14.000
Pino pináster	7.262	7.238	7.218	6.596

Superficie ocupada por cada una de las especies principales (ha)				
Especie	IFN3 2005	IFN4 2011	Lidar 2012	Lidar 2017
Pino radiata	137.466	132.084	133.940	124.393
Abeto Douglas	5.717	6.537	7.198	7.154
Alerce	8.137	8.011	8.049	7.976
Roble pedunculado	14.413	15.940	17.299	17.354
Rebollo	12.281	13.039	12.566	12.543
Quejigo	27.103	26.652	27.283	25.907
Encina	27.289	26.151	28.469	27.022
Eucaliptos	13.023	15.197	15.215	17.683
Haya	54.555	53.835	55.390	56.357
Otras frondosas	52.500	54.149	50.367	50.083
Total	396.701	396.962	399.024	392.340

Estimación del Volumen maderable total (m <sup>3</sup> )				
Especie	IFN3 2005	IFN4 2011	Lidar 2012	Lidar 2017
Ciprés Lawson	951.196	652.655	1.201.336	1.291.719
Pino silvestre	2.443.636	2.491.897	2.652.545	2.953.146
Pino laricio	1.876.459	2.428.135	2.678.662	3.066.118
Pino pináster	822.773	1.460.754	1.347.832	1.388.487
Pino radiata	26.328.723	28.552.100	29.476.912	31.783.996
Abeto Douglas	690.292	907.429	1.020.495	1.200.957
Alerce	1.331.810	1.160.928	1.834.705	2.076.573
Roble pedunculado	2.803.015	2.483.478	2.269.018	2.614.752
Rebollo	1.584.094	1.935.366	1.729.270	1.863.180
Quejigo	1.402.914	1.709.434	1.780.578	1.883.486
Encina	888.872	1.097.795	1.502.091	1.635.801
Eucaliptos	1.445.607	1.908.502	1.873.568	2.886.416
Haya	8.278.223	9.702.288	9.214.833	10.134.968
Otras frondosas	3.968.892	5.706.041	5.264.033	5.922.618
Total	54.816.506	62.607.086	63.845.876	71.029.894

### Crecimiento

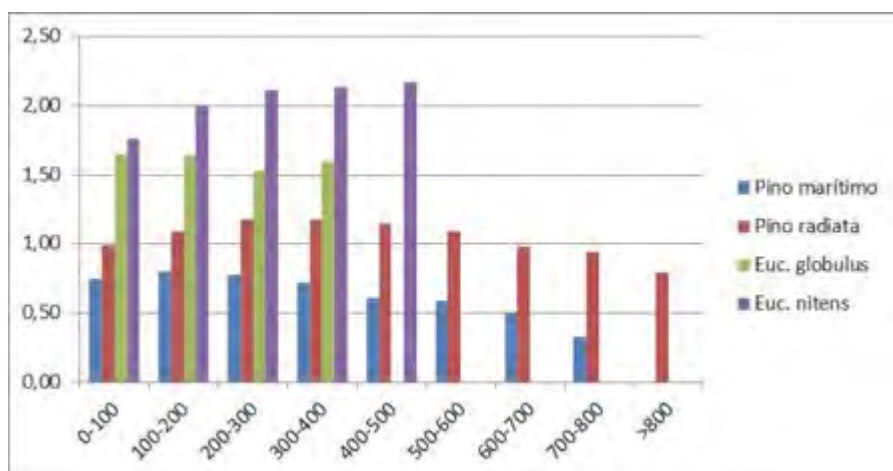
Poder contar con los datos de dos vuelos LIDAR próximos en el tiempo abre muchas posibilidades de cálculos forestales, como ya se pudo comprobar en el proyecto FO-

RRISK. Algunos de los resultados entonces conseguidos se encuentran disponibles en informes posteriores<sup>2</sup>.

La posibilidad más sencilla es comparar la diferencia de altura entre dos arbolados en distintos años, siempre que no se hayan acometido cortas finales o no se hayan registrado perturbaciones de alta intensidad (roturas por viento o nevadas, por ejemplo).

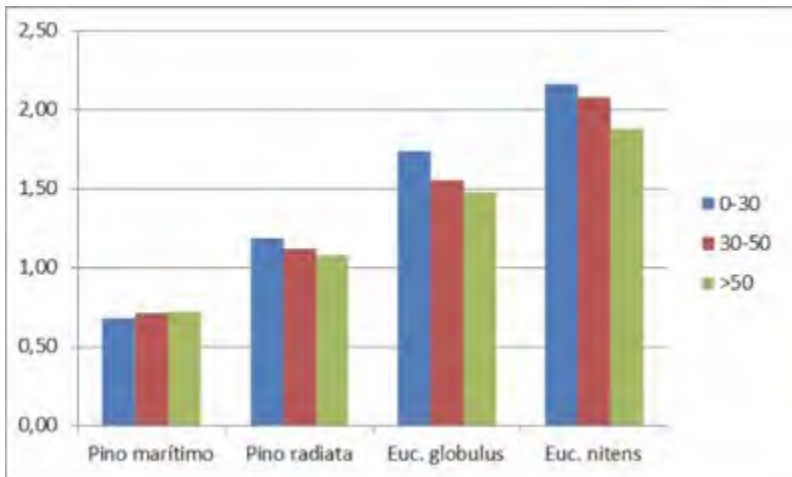
Comparando los datos de las cuadrículas de 1 ha de pino radiata entre los vuelos LiDAR 2012 y 2017, por ejemplo, y desechando las zonas en las que se haya registrado un descenso de la altura dominante LiDAR, se obtienen estos resultados:

Crec. Medio de la Altura dominante LiDAR 2012-2017 (m/año)					
Altitud (m)	Pino marítimo	Pino radiata	Euc. globulus	Euc. nitens	Total
0-100	0,75	0,99	1,65	1,76	1,29
100-200	0,80	1,09	1,64	2,01	1,38
200-300	0,77	1,18	1,53	2,12	1,40
300-400	0,72	1,17	1,59	2,13	1,40
400-500	0,61	1,14		2,17	1,31
500-600	0,59	1,10			0,84
600-700	0,51	0,98			0,74
700-800	0,33	0,94			0,63
>800		0,79			0,79



<sup>2</sup> Ver Proyecto "Evaluación de características relativas a la calidad de las masas forestales de la CAPV" (julio-diciembre 2015). Se trata de un proyecto incluido en el PEMA (Plan Estratégico de la industria de la madera en Euskadi 2015) y su dirección web es: <http://www.hazi.es/es/proyectoshazi/basogintza/6401-evaluacion-de-caracteristicas-relativas-a-la-calidad-de-las-masas-forestales-de-la-capv2.html>

<b>Crec. Medio de la Altura dominante LiDAR 2012-2017 (m/año)</b>					
Pendiente (%)	Pino marítimo	Pino radiata	Euc. globulus	Euc. nitens	Total
0-30	0,68	1,19	1,74	2,16	1,44
30-50	0,71	1,12	1,55	2,08	1,37
>50	0,72	1,08	1,48	1,88	1,29



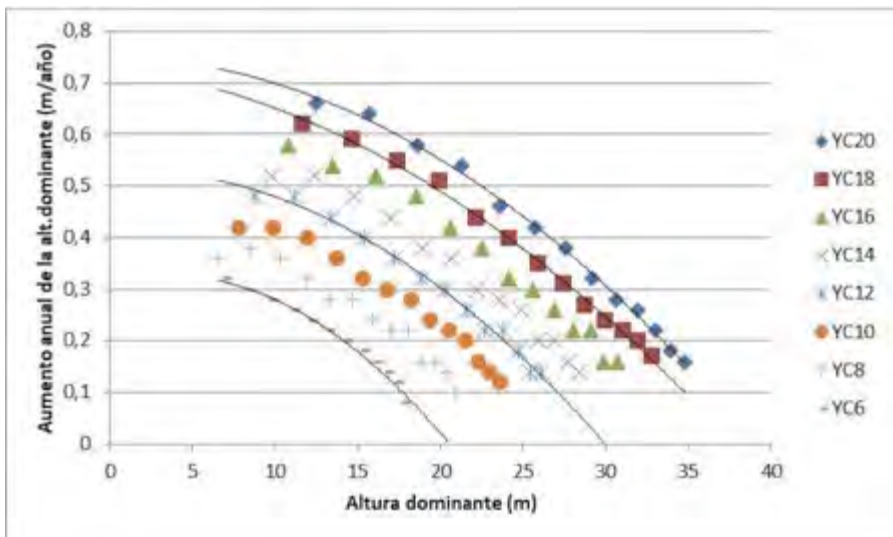
Obviamente, el concepto “calidad de las masas forestales” se aplica en el presente trabajo desde la vertiente “productividad”, antes que desde “calidad de la madera generada en las masas forestales”. Según las conocidas leyes experimentales de Eichhorn y de Assman, existe una relación directa entre la altura media o la altura dominante de una masa y su productividad. Por tanto, se han analizado en cada cuadrícula de 1 hectárea los parámetros relacionados con ambos factores: altura dominante y crecimiento maderable.

Para la definición de la altura dominante, con aplicación más evidente a masas regulares o coetáneas, se emplea habitualmente una variante del criterio de Assmann, que se basa en calcular la media de las alturas de los cien árboles más gruesos por hectárea, los cuales se asimilan a los cien árboles más altos por hectárea. Empleando tanto los datos de los distintos vuelos disponibles, se ha calculado la altura dominante LiDAR del arbolado presente en cada cuadrícula de 1 hectárea mediante el método de árbol, que permite asignar un valor medio de altura dominante a los 100 ápices más altos por hectárea mediante el procedimiento seguido en el programa FUSION.

Para la estimación de la productividad forestal se han empleado las tablas de producción disponibles en las principales especies forestales procedentes de plantación en el País Vasco:

- Las tablas de Madrigal y Toval para el pino radiata (1975). En estas tablas se emplean tres clases de calidad: 1 (buena), 2 (media) y 3 (baja)
- Las tablas inglesas (Hamilton y Christie, 1981) para las coníferas de crecimiento medio: ciprés de Lawson, pino silvestre, pino laricio, píceas, abeto Douglas y alerce. En estos casos la clase de calidad empleada (YC) es una cifra que indica el crecimiento medio en  $m^3/ha$ -año a los 50-60 años
- Las tablas gallegas (Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Xunta de Galicia, 2009) para pino marítimo (costa gallega), eucalipto globulus y nitens. En estos casos la clase de calidad empleada es una cifra que indica la altura dominante alcanzada a una edad concreta: 10 años en los eucaliptos y 20 años en el pino marítimo

En todos esos casos se sigue el siguiente procedimiento de cálculo. En los rodales cuyo año de plantación es conocido se asigna a las cuadrículas correspondientes su clase de edad y su clase de calidad mediante sus parejas de datos edad/altura dominante. En el resto de arbolados de esas especies, sin datos de edad, se recurre al empleo de la proporción (diferencia altura dominante 2012-2017)/altura dominante para asignar al arbolado de cada cuadrícula una clase de calidad y, a continuación, empleando su altura dominante 2017, su edad aparente.



Ejemplo de las curvas empleadas para definir las clases de calidad del Pino laricio.

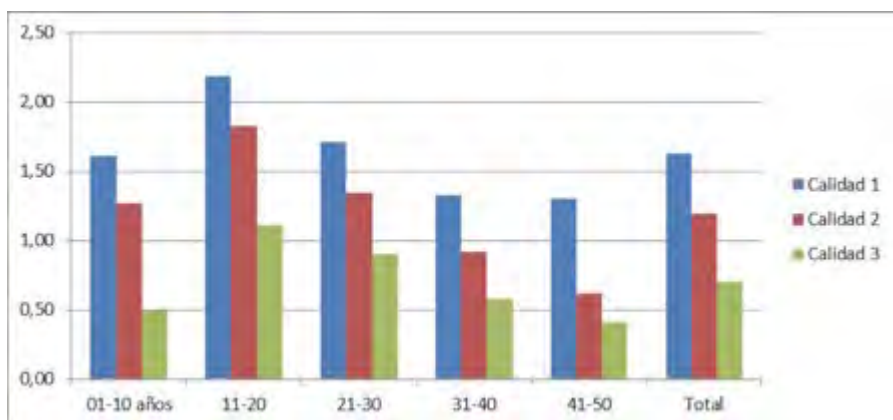
Hay que reseñar que no se ha podido emplear este método en las cuadrículas en las que la diferencia entre la altura dominante 2012 y la de 2017 es negativa (por cortas o derribo de los pies dominantes) ni en los casos en que la diferencia entre ambas alturas dominantes sobrepasa ciertos intervalos lógicos de aumento anual, bien por haber



existido cortas a hecho o bien por errores en el cálculo de la alturas dominante. Hay que tener en cuenta que muchas plantaciones jóvenes (1-10 años) aún no aparecen reflejadas en las tablas por presentar un arbolado aún no inventariable.

Con esas premisas, se han obtenido estos crecimientos medios para el pino radiata:

<b>Crec. Medio de la Altura dominante LiDAR 2012-2017 (m/año)</b>						
Clase	01-10 años	11-20	21-30	31-40	41-50	Total
Calidad 1	1,61	2,19	1,71	1,33	1,31	1,63
Calidad 2	1,27	1,83	1,35	0,92	0,62	1,20
Calidad 3	0,50	1,11	0,90	0,57	0,41	0,70
Total	1,12	1,71	1,32	0,94	0,78	1,13

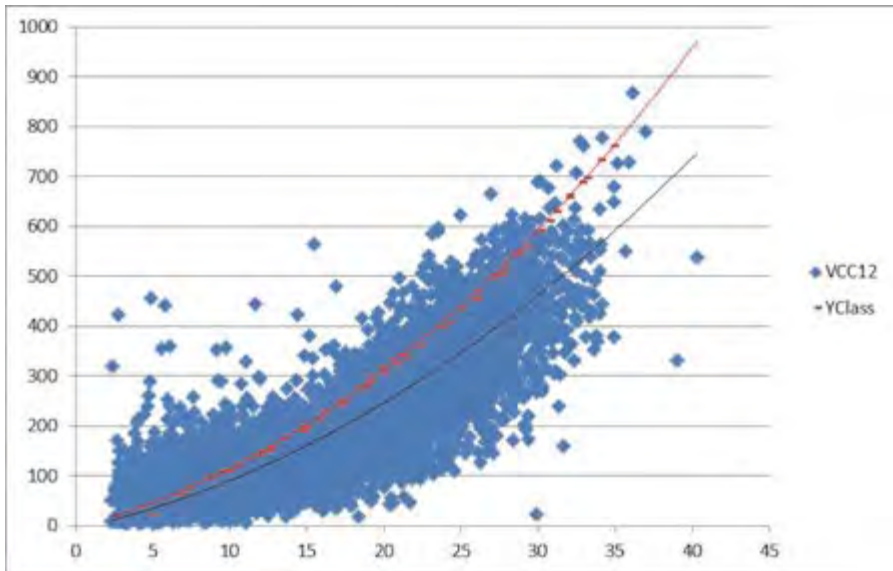


De esta forma, se ha podido asignar edad aparente y clase de calidad en la mayor parte de las cuadrículas de 1 ha de las distintas masas procedentes de plantación. Salvo en el caso del pino radiata (en el que la mejor clase de calidad es la 1 y la peor es la 3), en todas las demás especies la cifra de la clase hace referencia al crecimiento medio anual maderable en edad adulta (en m<sup>3</sup>/ha-año), por lo que las clases más altas suponen crecimientos medios mayores.

Hay que explicar la diferencia entre los conceptos “altura dominante LiDAR” y la “altura dominante medida en campo”. Aun siendo muy semejantes, existe un sesgo que disminuye las primeras frente a las segundas en las mismas cuadrículas. Una parte de ese sesgo se debe a la distinta forma de mediar ambas alturas. Las alturas medidas en campo o “reales” se miden por aparatos dasométricos de precisión para cada árbol, desde su base hasta el punto más alto o alejado del suelo (ápice). Por el contrario, las “alturas dominantes LiDAR” se miden por un procedimiento matemático del programa FUSION que tiene en cuenta las 100 alturas máximas de los rebotes LiDAR y el Modelo Digital del Suelo (MDT o DTM) en cada cuadrícula de 1 ha. Es muy raro que, por ejemplo en

vuelos con 2 puntos/m<sup>2</sup>, la altura del propio ápice de cada árbol haya sido medida por el láser, por lo que suele haber un sesgo que disminuye la altura LiDAR de cada árbol.

Esta gráfica de altura/volumen representa en azul todas las cuadrículas inventariadas de Pino laricio y, en negro, su curva de regresión  $VCC17=f(HD_{2017})$ . En rojo, se muestran los datos de altura dominante/volumen según las Tablas inglesas (con distintas Clases de calidad o YClass). Se comprueba cómo, para el mismo volumen maderable, las alturas dominantes reales superan a las alturas LiDAR.



Por tanto, no se deberían aplicar las anteriores fórmulas para cubicar masas arboladas empleando alturas dominantes reales, sino alturas basadas en vuelos LiDAR y, además, una vez comprobada su validez con parcelas de campo coetáneas al vuelo.

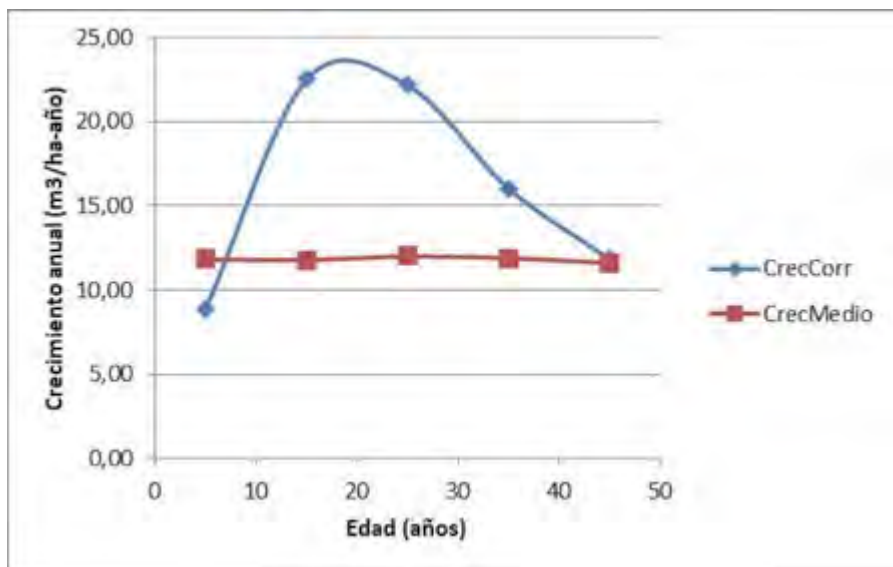
Una vez cubicadas las masas en 2012 y 2017, se puede estimar el crecimiento medio registrado en este periodo para cualquier cuadrícula, aunque sin tener en cuenta el efecto de pérdida de volumen por cortas intermedias (clareos o claras) o por derribos naturales. Se diferencia, obviamente, entre:

- Crecimiento medio anual de una masa: Volumen (m<sup>3</sup>/ha)/Edad estimada (años)
- Crecimiento corriente anual de una masa: Diferencia entre el Volumen estimado en 2012 y 2017 (m<sup>3</sup>/ha) / 5 (años)

Aunque sólo se trata de estimaciones indirectas, se puede intuir que, por ejemplo para las masas más frecuentes de pino radiata (calidad 2), una edad de corta final en torno a los 40-45 años no parece desatinada teniendo en cuenta el criterio de máxima renta en especie:

Edad (años)	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Crec. Corriente (m <sup>3</sup> /ha-año)
01-10	19,51	8,86	3,64	10,67
11-20	27,20	22,48	10,67	20,12
21-30	23,74	22,15	14,18	20,02
31-40	18,06	16,02	11,22	15,10
41-50		11,83	7,92	12,59
Promedio	21,31	16,27	9,52	15,70

Edad (años)	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Crec. Medio (m <sup>3</sup> /ha-año)
01-10	17,62	11,81	7,12	12,18
11-20	15,38	11,77	8,18	11,78
21-30	15,16	11,99	8,55	11,90
31-40	14,58	11,89	8,60	11,69
41-50		11,60	7,99	11,24
Promedio	15,38	11,81	8,09	11,76



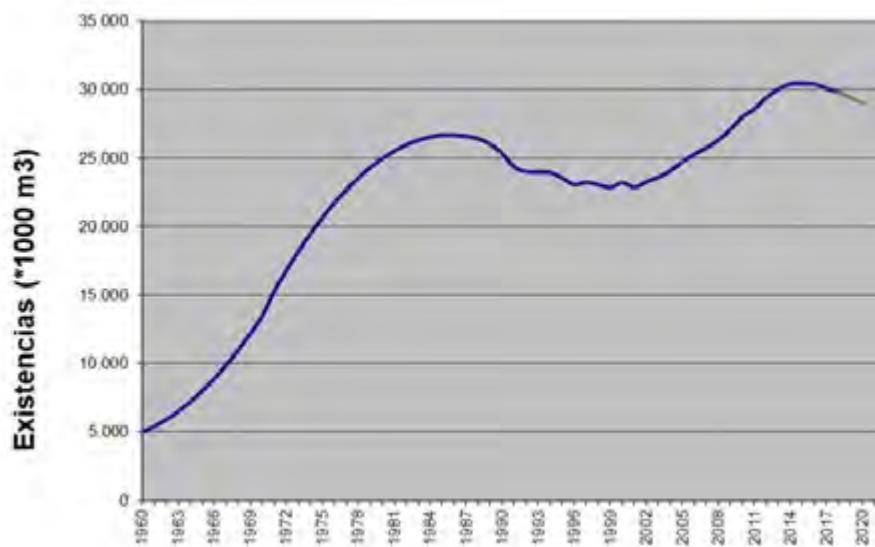
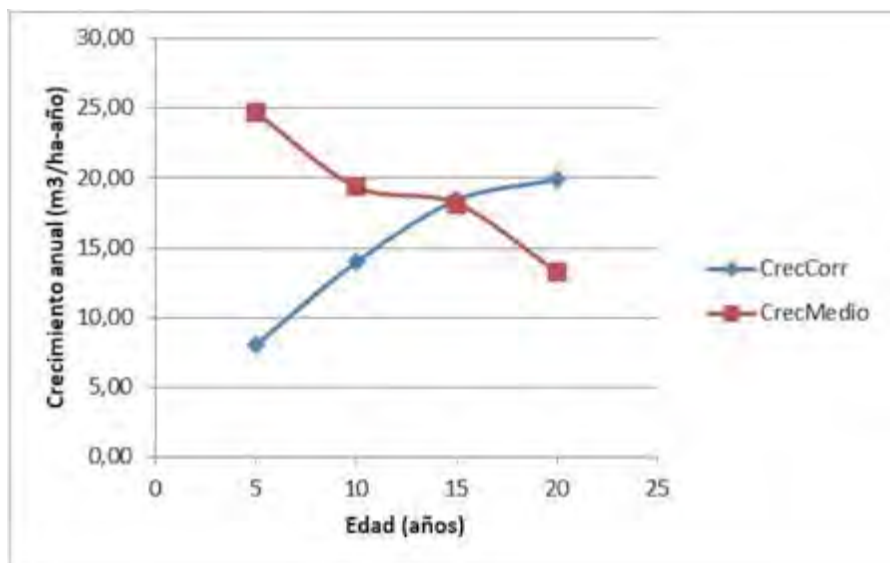
Edad (años)	Pino laricio	Pino marítimo	Pino radiata	Crec. Corriente en pinos (m <sup>3</sup> /ha-año)
01-10			10,67	8,49
11-20	5,78	7,06	20,12	8,10
21-30	8,23	8,70	20,02	9,85
31-40	8,92	7,93	15,10	9,22
41-50	8,53	6,92	12,59	8,31
51-60	8,69	6,41		7,55
61-70	7,60	6,05		6,82
Promedio	8,09	7,50	15,70	8,50

Edad (años)	Euc. globulus	Euc. nitens	Crec. Corriente de eucaliptos (m <sup>3</sup> /ha-año)
01-05	8,72	5,94	7,18
06-10	12,58	12,32	12,44
11-15	17,87	18,97	18,42
16-20	16,11	23,70	19,90
Promedio	13,82	14,56	14,21

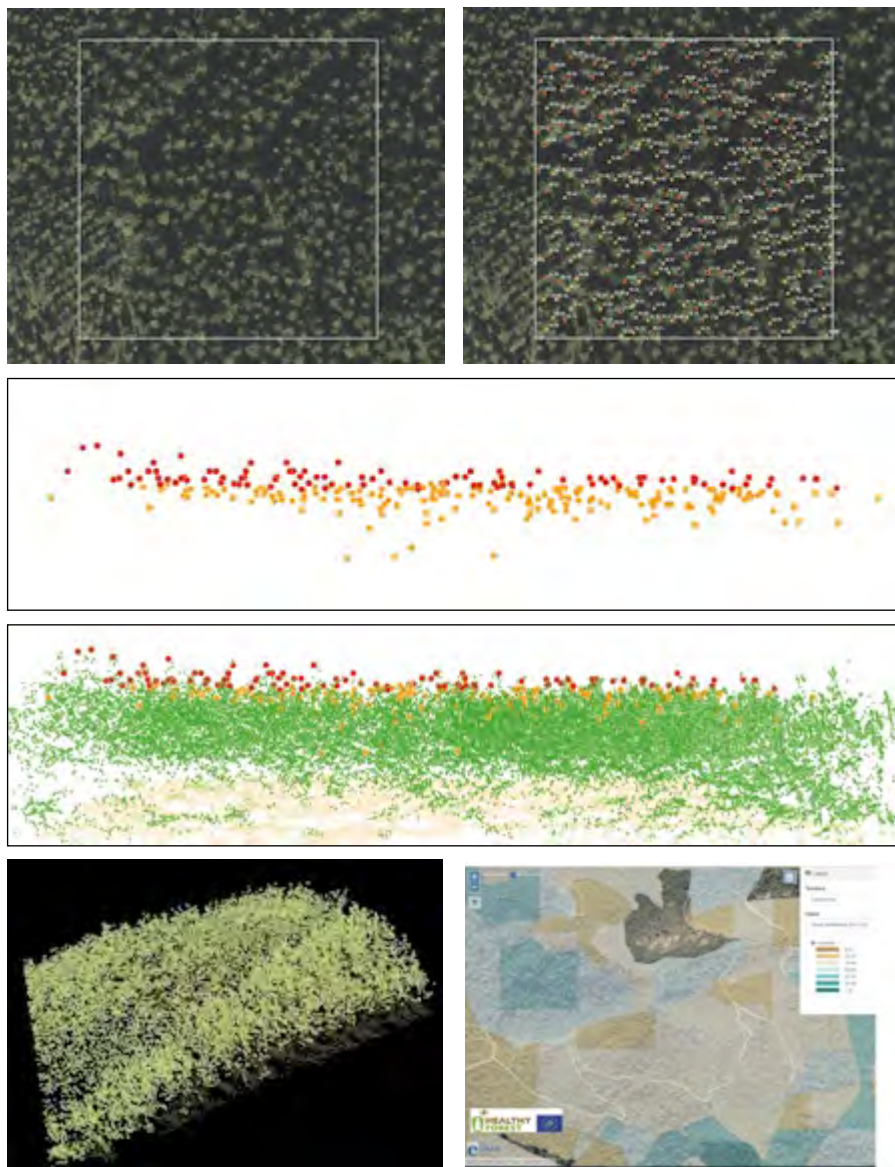
En el caso de los eucaliptos, en los cuales no se realizan cortas intermedias y en los que se registran escasos derribos naturales, una edad de corta final en torno a los 15 años, dependiendo de la especie concreta y de la clase de calidad, también parece acertada teniendo en cuenta el criterio de máxima renta en especie:

Edad (años)	Clase g	12	15	16	19	20	23	27	Crec. Corriente (m <sup>3</sup> /ha-año)
01-05	0,3	12,2	5,5	10,6	6,2	6,5	8,4	14,8	8,07
06-10	1,3	10,7	5,1	20,0	10,0	29,6	16,9	18,3	13,99
11-15	2,6	21,9	6,1	34,2	21,5	17,2	22,6	21,2	18,42
16-20	11,8	29,3	10,3	26,2	14,1	27,6	19,6	20,4	19,90
Promedio	4,0	18,5	6,8	22,7	13,0	20,2	16,9	18,7	15,10

Edad (años)	Clase g	12	15	16	19	20	23	27	Crec. Medio (m <sup>3</sup> /ha-año)
01-05	16,6	29,8	19,7	26,8	27,0	24,3	28,3	25,2	24,71
06-10	12,2	17,5	11,3	23,5	15,1	31,1	19,4	25,0	19,39
11-15	10,9	17,3	10,2	24,3	13,5	29,6	17,0	22,6	18,18
16-20	10,0	15,8	5,7	18,2	9,8	15,3	12,6	19,0	13,29
Promedio	12,4	20,1	11,7	23,2	16,3	25,1	19,3	22,9	18,89



*Evolución simulada de las existencias maderables de Pino radiata en la CAPV*



Proceso de cálculo de los 100 ápices o puntos más altos de cada hectárea (HD\_2017)

# SEGUIMIENTO DE LAS ENFERMEDADES EN LAS CONÍFERAS

## 1.- ANTECEDENTES

Dado el corto periodo de años en el que se ha desenvuelto este proyecto LIFE, se ha decidido partir de redes de seguimiento y medición ya creadas mediante otros proyectos europeos ya finalizados o en sus fases finales en los que ha participado HAZI:

- El proyecto Espacio Atlántico REINFFORCE 2007-2013 permitió crear una red de arbores plantados en el País Vasco, con decenas de especies y procedencias forestales, y otra red de parcelas de demostración en masas adultas de pino radiata, pino laricio y abeto Douglas, con centenares de árboles medidos periódicamente en cuanto a su crecimiento, calidad de su madera y estado fitosanitario.
- El proyecto SUDOE FORRISK 2012-2014 también permitió la instalación de diversas parcelas de diversos grados de afección en su apartado 3.2.2 *Plantación de pinos radiata resistentes al Fusarium*, en Luiando (pinar sano), Oiartzun y Laukiz (pinares enfermos).
- El proyecto SUDOE PLURIFOR 2016-2019 permitió, dentro del riesgo *Tormenta*, medir diversas parcelas repartidas por todo el País Vasco; por su parte, dentro del riesgo *Plagas y enfermedades emergentes*, se han podido realizar diversas mediciones de campo de pinares enfermos mediante dron y diversas cámaras.
- Por último, el proyecto POCTEFA PyrenEOS 2016-2020, basado principalmente en el empleo de los datos periódicos y gratuitos suministrados por los satélites Sentinel 2, disponibles desde comienzos de 2016. Esos satélites han permitido estimar con rapidez y periodicidad la afección causada por las enfermedades forestales desde el grave ataque de agosto de 2018.

Existen otras fuentes de datos, además de las citadas a continuación, que podrían ser útiles para complementar la información recogida en este proyecto LIFE. Es el caso del Sentinel 1 y sus datos *radar*, que, por ejemplo, podrían servir para datar con precisión la fenología, la brotación de nuevas acículas o la defoliación de los pinares. En este año 2019 se ha producido una importante brotación de acículas en el mes de abril.

Con el fin de situar el contexto de los siguientes apartados, conviene recordar que la extensión de la defoliación en los pinos ha sido progresiva en Gipuzkoa y en el País Vasco, con un fuerte repunte en el año 2018. Ese año, tras la brotación de abril, se detectó una fuerte decoloración en los pinares de radiata en el mes de mayo, una ligera recuperación en junio-julio y un enrojecimiento masivo en agosto, sobre todo en orientaciones de solana y en las zonas que ya habían mostrado mayor defoliación en los años anteriores.

Hay que recordar también que el segundo semestre de 2017 fue muy seco y pudo debilitar a los pinares más expuestos, principalmente en solana o sobre areniscas.

## 2.- SEGUIMIENTO POR TELEDETECCIÓN

### Primeros análisis

Desde el comienzo del proyecto LIFE se optó por la teledetección como método más fiable y objetivo para medir la defoliación en los pinares. El vuelo LiDAR encargado, junto con el empleo de otros medios aerotransportados, se enmarca en esa decisión.

Los primeros análisis se dirigieron al empleo del índice de vegetación normalizada o NDVI, que emplea dos bandas del espectro electromagnético: la reflectancia en la banda del rojo (R) y del infrarrojo cercano (NIR).

En estas primeras fases del proyecto LIFE, se contaba con distintas fuentes de información sobre la extensión de estas enfermedades en el País Vasco.

- Prospección de afección por *Lecanostica acicola* por parte de la guardería forestal de la Diputación Foral de Gipuzkoa en 2011-2012
- Solicitudes anuales de corta de madera en toda Gipuzkoa, en los que el propietario anota la causa de la corta, que puede ser por enfermedad
- Información de campo suministrada por propietarios y guardería forestal

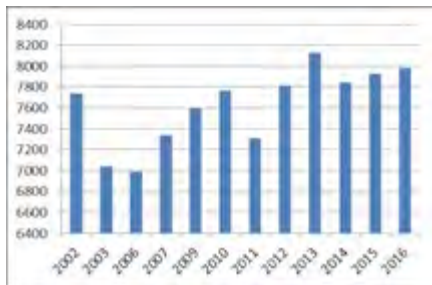
Inicialmente, HAZI trabajó a tres escalas para conocer la afección de las enfermedades en los pinares. Había que tener en cuenta que la presencia de pinos secos podía deberse a estas enfermedades o a otros agentes causantes de daño, como el *Fusarium circinatum* (desde 2006), la procesionaria del pino o las granizadas y ataques posteriores de *Diplodia pinea*:

1. Satélites: se dispone desde hace años de los datos (RGB e infrarrojo) procedentes de las imágenes de satélite, gratuitas y con resolución decamétrica, generados por distintos satélites que periódicamente, con frecuencia quincenal o semanal, sobrevuelan el País Vasco. Desde 2016 se dispone de Sentinel 2, pero ha sido posible trabajar con imágenes disponibles de Landsat 8 desde 2013 y de Landsat 7 desde 2002.

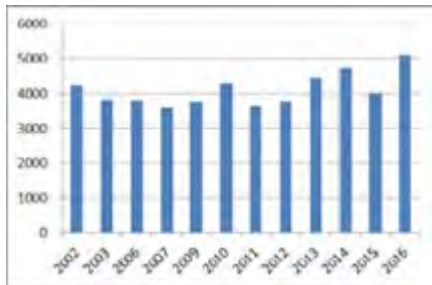
Se ha trabajado con los índices NDVI y (M)SAVI de las 51 parcelas de gran y pequeña escala del proyecto LIFE, aunque los resultados conseguidos entre 2002 y 2016 no fueron concluyentes. Dependiendo de factores como el día dentro del año, la altitud o el tipo de arbolado, la variación encontrada ha sido alta en los datos y ello ha impedido la obtención de resultados definitivos.

2. Ortofotos: aunque existen numerosas ortofotos anteriores, desde 2008 se cuenta con ortofotos anuales que cubren la totalidad del País Vasco en RGB e infrarrojo y con

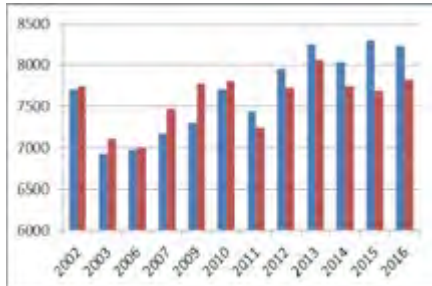




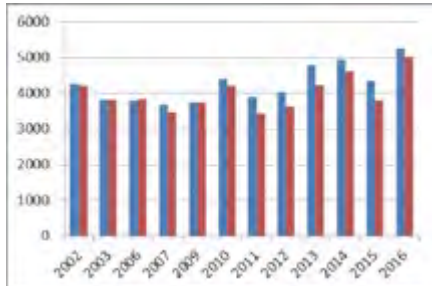
Variación de NDVI medio según años



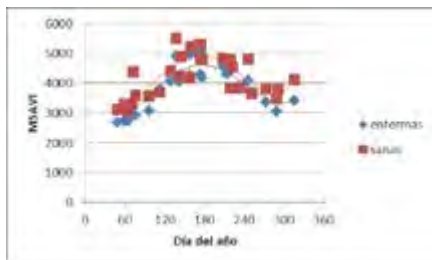
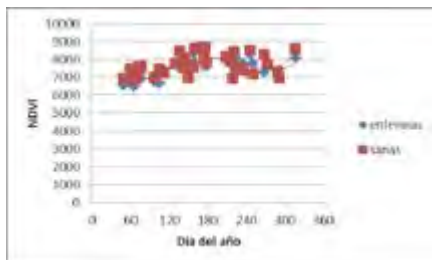
Variación de MSAVI medio según años



Variación de NDVI y de MSAVI en parcelas sanas (azules) y enfermas (rojas)



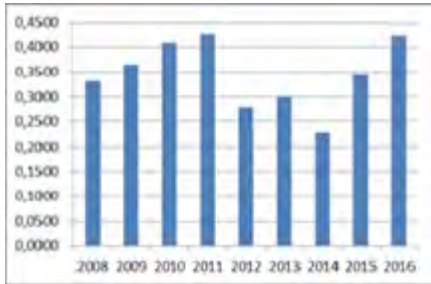
Variación de NDVI y de MSAVI según el día del año de la imagen



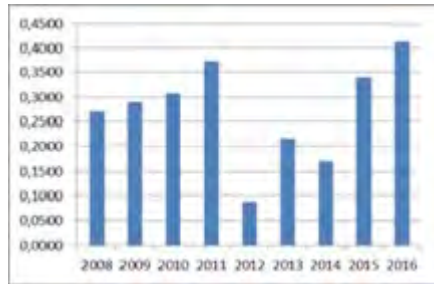
resolución decimétrica (25-50 cm). Ello permite un análisis histórico de, por ejemplo, el índice NDVI según ortofotos 2008-2016.

Los resultados tampoco fueron concluyentes. Además de los factores antes descritos, las ortofotos supusieron más problemas suplementarios (abatimiento de los árboles altos, homogeneización de las imágenes al unir pasadas, recortes, ...) que impidieron la obtención de resultados definitivos. Aunque se optó por normalizar los índices NDVI de cada año para tratar de acotarlos en valores positivos y con un valor promedio de 1 en todos los píxeles de cada año, tampoco se pudieron obtener resultados concluyentes, sino que sólo se pudieron apuntar tendencias generales.

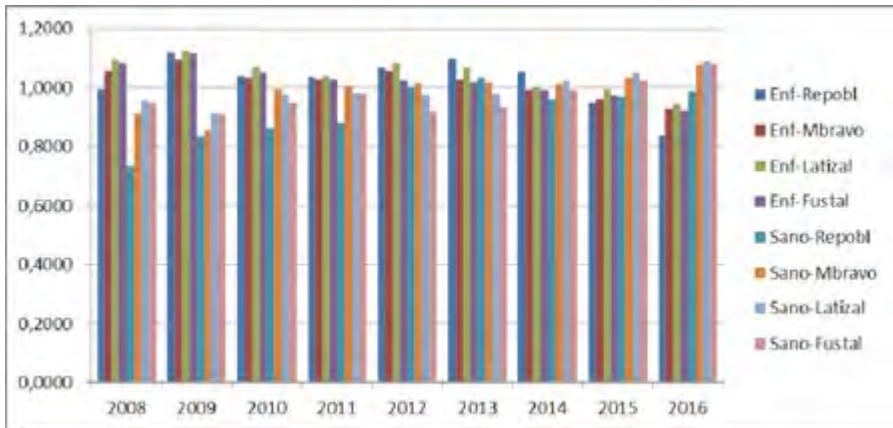
Se exponen seguidamente algunos resultados obtenidos a partir de las citadas ortofotos 2008-2016 aplicadas en las zonas de afección detectadas por la guardería y en las zonas de cortas solicitadas por enfermedad de Gipuzkoa.



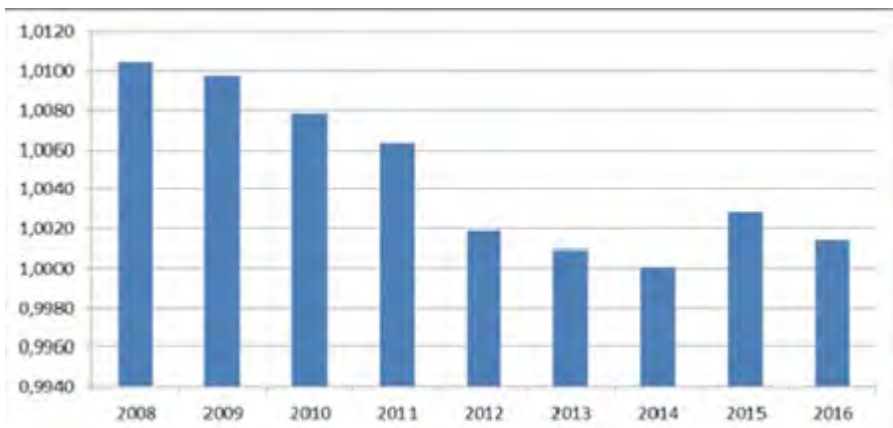
Variación de NDVI medio en P.radiata



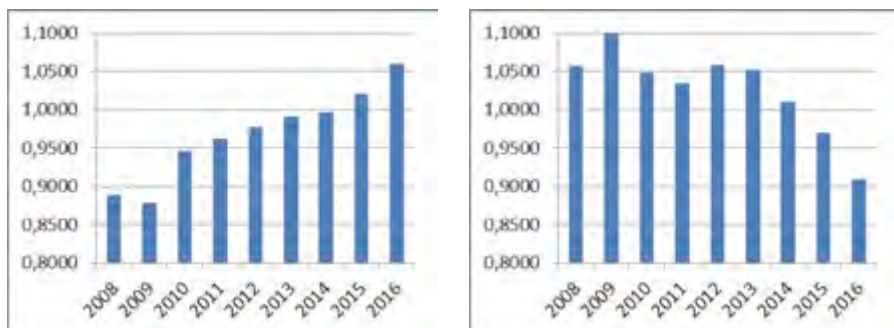
Variación de NDVI medio en P.laricio



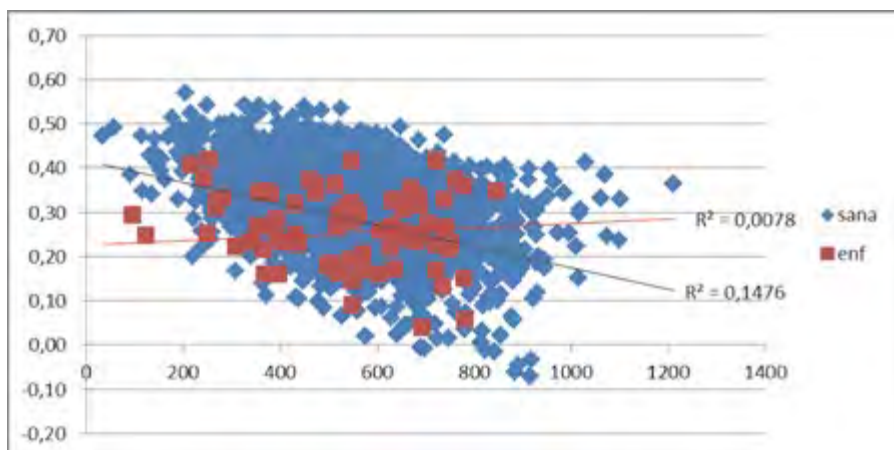
Variación de NDVI normalizado en masas de pino radiata enfermas (enf) y sanas



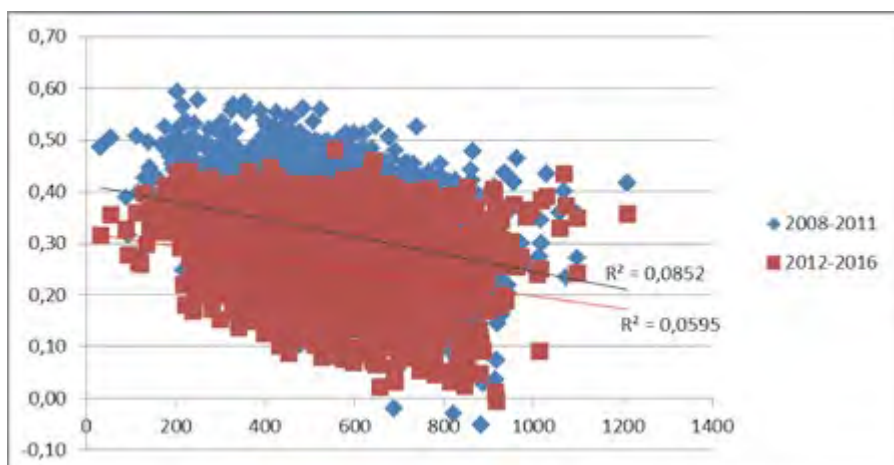
Variación de NDVI normalizado medio en masas de pino radiata según ortofoto



Variación de NDVI normalizado medio en pino radiata sano (izq.) y enfermo (der.)



Variación de NDVI medio 2008-2012 en pino laricio según altitud

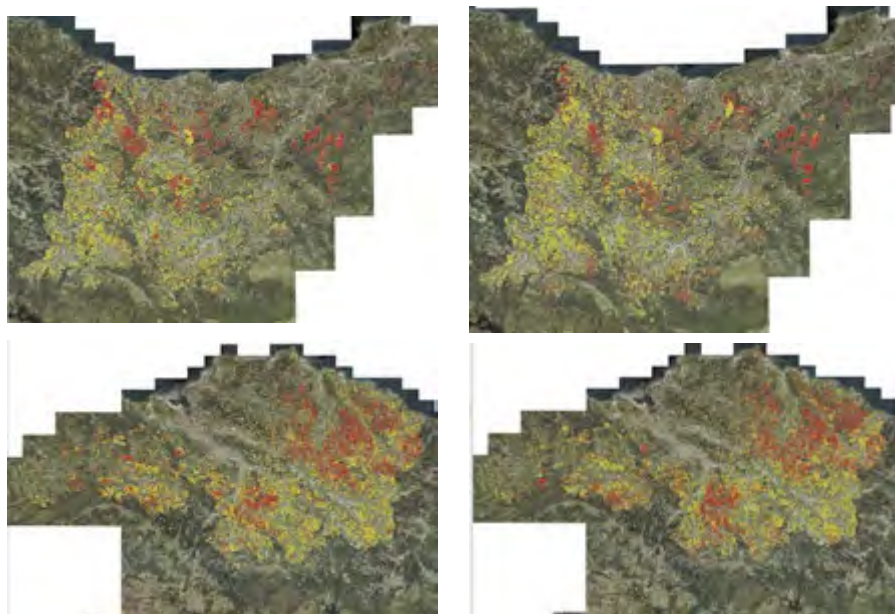


Variación de NDVI medio en pino laricio según altitud

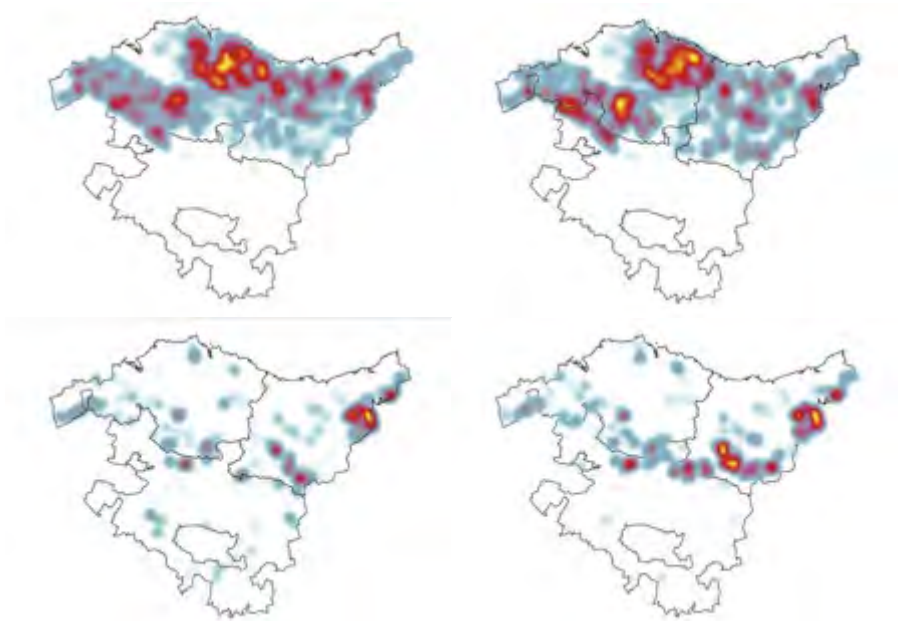


*Ejemplo de homogeneización de las imágenes entre las ortofotos de 2010 y 2012.*

Finalmente, una vez normalizados y agrupados en cuatrienios esos valores NDVI, se realizaron modelos de extensión de la defoliación en los pinares.

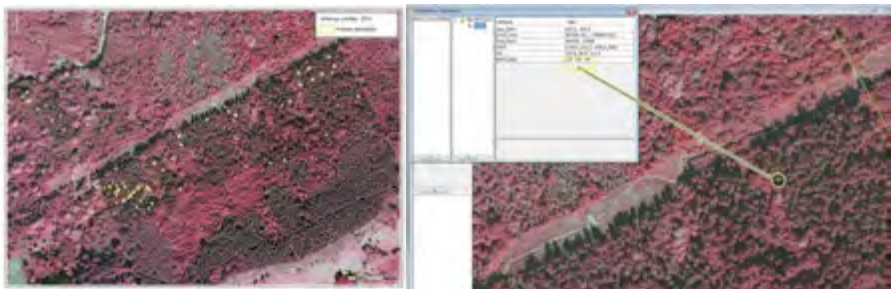


*Modelos de extensión de la defoliación en Pino radiata entre 2008-2011 y 2012-2016*



Mapas de calor de la distribución de la defoliación en las masas de *Pinus radiata* (arriba) y *Pinus laricina* (abajo), entre 2008 y 2011 (izquierda) y entre 2012 y 2016 (derecha).

Donde sí resultaron ser más precisas las ortofotos RGB e infrarrojo fue en la detección de pinos o de bosquetes muertos. En una jornada del LIFE celebrada en Arkaute en noviembre de 2016 se realizó un taller abierto<sup>1</sup> para exponer la metodología de zonas de entrenamiento y los resultados obtenidos.



Búsqueda de pinos muertos a través del infrarrojo en la ortofoto 2014

3. A mayor escala de trabajo, se realizaron pruebas con distintas cámaras sobre drones, en pinares afectados (vuelo de dron en Leitzarlan y Hernani) y en parcelas de gran escala del proyecto (Laukiz 1 y 2). Las imágenes RGB permiten, por fotogrametría, obtener una nube de puntos y un modelo 3D de las copas de los árboles y, por tanto,

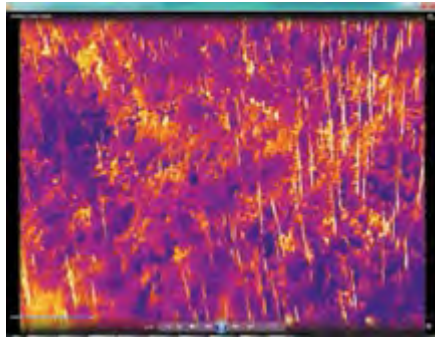
<sup>1</sup> Lidar information and infrared Orthophotos, their application in forest ecosystem studies

poder delinear la copa de cada árbol o medir sus alturas; las imágenes infrarrojas, por su parte, permiten evaluar la actividad fotosintética de esas copas.

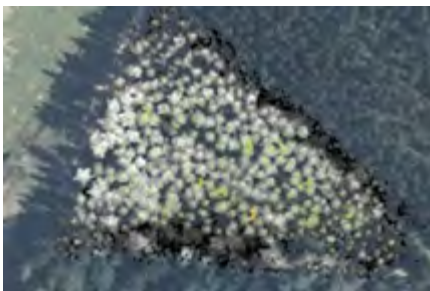
Igualmente, se realizaron en 2016 escaneos con láser terrestre en las parcelas de demostración de la red de gran escala. Además de la correcta georreferenciación de cada pino, la nube de puntos generada por el escáner desde el suelo, unida a los puntos tomados con drones, permite una delimitación completa de fuste y copa de cada árbol identificado.

### Análisis de Sentinel 2 en 2018

El ya mencionado episodio de defoliación de mayo/agosto de 2018 obligó a replantear el enfoque de HAZI en este apartado. Ya no se trataba de localizar pinos o bosquetes defoliados, sino de clasificar según grado de afección miles de hectáreas afectadas y



Vuelo con dron de un pinar enfermo: cámara infrarroja (izq.) y térmica (der.)



Parcela de gran escala de Luiando



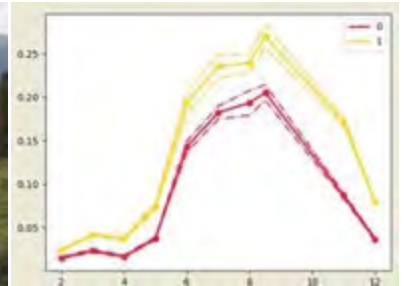
Parcela de gran escala de Laukiz 1

millones de m<sup>3</sup> de madera. El análisis se centró en Pino radiata, aunque la metodología puede ser aplicable a otras especies.

El primer cálculo de pinares afectados se realizó en septiembre 2018 en base a una imagen Sentinel 2 del 23 de agosto, mediante la clasificación supervisada con el algoritmo Random Forest. Seleccionando en todo el País Vasco una veintena de áreas de pinar más afectadas por defoliación (perfil 0 en el gráfico de curvas de respuesta) y otra veintena no afectadas (perfil 1), el programa clasificaba la totalidad de pinares del mapa forestal 2016 como afectados o no, según los valores de cada pixel Sentinel 2.



*Pinus radiata con diversos grados de afección*



*Curvas de respuesta en las bandas S2*



*Primera estimación de masas de pino radiata más afectadas por defoliación*

Este método permitió realizar una primera estimación de pinares afectados: 41.000 ha y unos 8 millones de m<sup>3</sup> (cubicación mediante LiDAR 2017). Sin embargo, la alta superficie

que no pudo ser bien clasificada y las correcciones al mapa forestal empleado obligaron a realizar una segunda estimación.

Se pudo comprobar la utilidad del índice NBR. Generalmente utilizado para el caso específico del análisis de incendios forestales (zonas afectadas, grado de afección y recuperación posterior) mediante comparación entre dos fechas, este índice NBR emplea las bandas del infrarrojo cercano y del infrarrojo cercano de onda corta (SWIR). Se ha comprobado su capacidad de reflejar la defoliación de los pinares utilizando los valores de los pinares en una sola imagen. Al igual que el índice NDVI, el NBR adopta valores entre 0 y 1, rango de valores que relaciona la energía reflejada por la vegetación respecto a la energía solar incidente. En el presente caso, los valores obtenidos desde las imágenes Sentinel 2 fueron re-escalados para tener valores de NBR entre 0 y 20.000. Comprobada en campo la buena correlación entre estado sanitario del pinar y valor NBR, se optó por emplear valores umbrales del citado índice para clasificar a la totalidad de los pinares según grado de afección en agosto 2018:

- Pinares denominados “enfermos” o “defoliados”: Tipos 1 (los más afectados, con defoliación superior al 70%), 2 y 3 (los menos afectados por la defoliación)
- Pinares denominados “sanos”: Tipos 4 (muy poco afectados) y 5 (sanos)

Esta segunda estimación de agosto 2018, que se repetirá en agosto 2019 con los mismos valores umbrales, aportó los siguientes valores. Mientras llega ese mes de agosto, se han realizado los siguientes cálculos provisionales con la imagen del Sentinel 2 del 29 de abril de 2019. Hay que tener en cuenta que el índice NBR en un mismo pinar oscila de forma cíclica según la época del año, debido a los episodios naturales de brotación, maduración y caída de las acículas.

Hay que recalcar que la estimación de mayo 2019 es provisional, que se ha realizado cuando los valores NBR alcanzan un mínimo valor a lo largo del año y que su evolución va a depender de la climatología de este año y de la respuesta de los pinares.

TERRITORIO HISTÓRICO	TIPO_1	TIPO_2	TIPO_3	TIPO_4	TIPO_5	Total ha
ALAVA	56	618	325	649	8182	9830
BIZKAIA	9.373	7.302	4.483	5.038	28.639	54.835
GIPUZKOA	12.377	6.436	3.279	2.851	8.222	33.164
<b>Total agosto 2018</b>	<b>21.807</b>	<b>14.354</b>	<b>8.086</b>	<b>8.540</b>	<b>45.042</b>	<b>97.829</b>

TERRITORIO HISTÓRICO	TIPO_1	TIPO_2	TIPO_3	TIPO_4	TIPO_5	Total ha
ALAVA	767	701	1964	1922	4476	9830
BIZKAIA	10.894	8.465	7.280	8.295	19.899	54.835
GIPUZKOA	13.159	7.070	2.929	3.032	6.976	33.164
<b>Total mayo 2019</b>	<b>24.819</b>	<b>16.235</b>	<b>12.174</b>	<b>13.249</b>	<b>31.352</b>	<b>97.829</b>



TERRITORIO HISTÓRICO	Pino adulto defoliado agosto 2018	Pino adulto defoliado abril/mayo 2019	Variación (ha)
ALAVA	998	3.432	+2.434
BIZKAIA	21.157	26.640	+5.483
GIPUZKOA	22.093	23.155	+1.062
<b>Total CAPV</b>	<b>44.247</b>	<b>53.227</b>	<b>+8.981</b>

También hay que tener en cuenta el fuerte repunte que han sufrido las cortas finales de pino radiata. Seguidamente se comparan las superficies publicadas como tala en los mapas forestales de 2016 y 2018 frente a las estimaciones realizadas mediante imágenes del satélite Sentinel 2 sólo para los primeros 5 meses de 2019.

Sup. de pino radiata talado (ha)	ARABA	BIZKAIA	GIPUZKOA	CAPV
Mapa forestal 2016	727	2.890	3.134	6.751
Mapa forestal 2018	1.482	3.633	3.464	8.579
Enero-mayo 2019	369	2.187	2.695	5.250



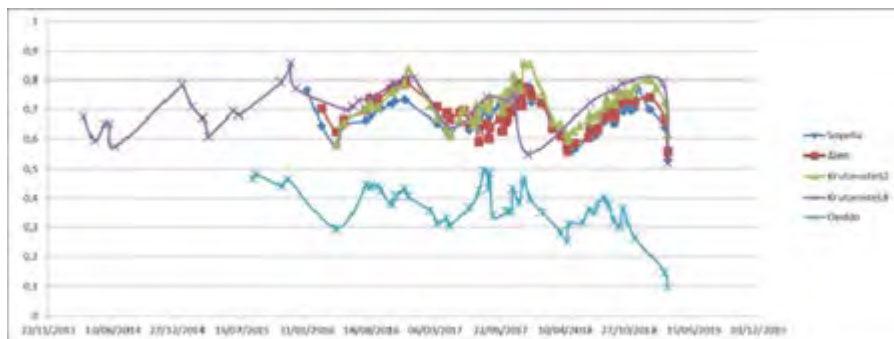
*P. radiata con grados 1-2-3 en agosto 2018*



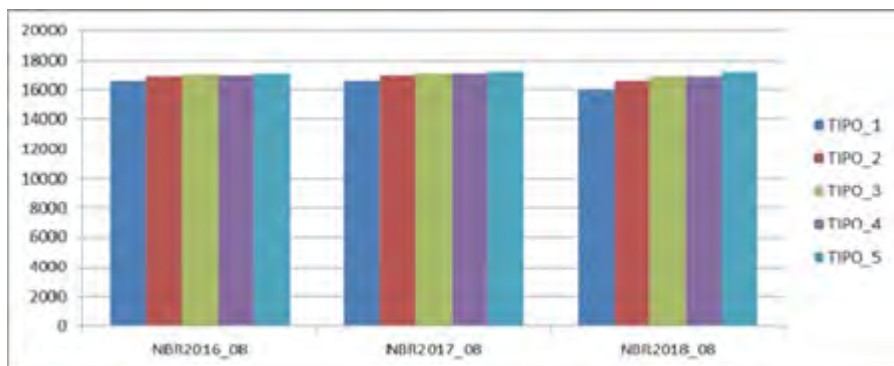
*P. radiata con grados 1-2-3 en abril 2019*



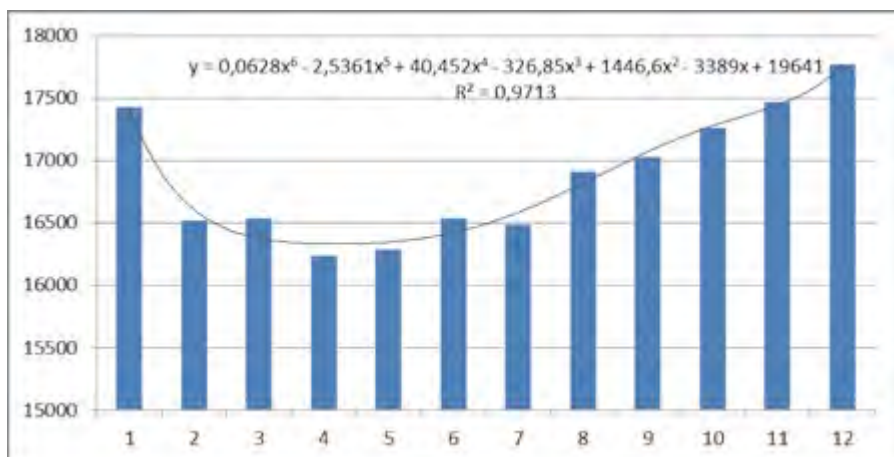
*Variación histórica del NBR en masas de P. radiata con diversos grados de afectación*



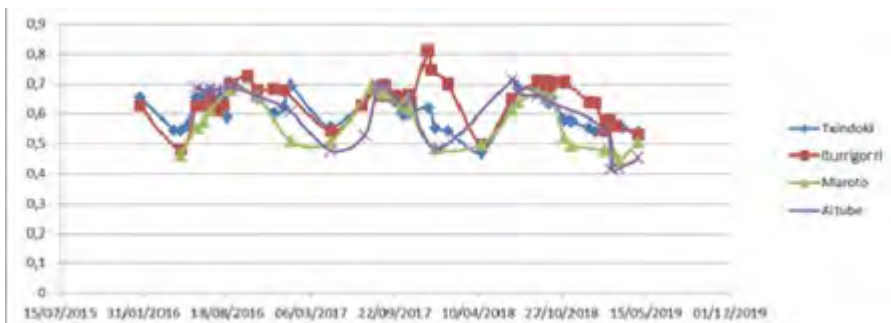
Variación histórica del NBR en *P. radiata* sanos y en una masa muy afectada (Onddo)



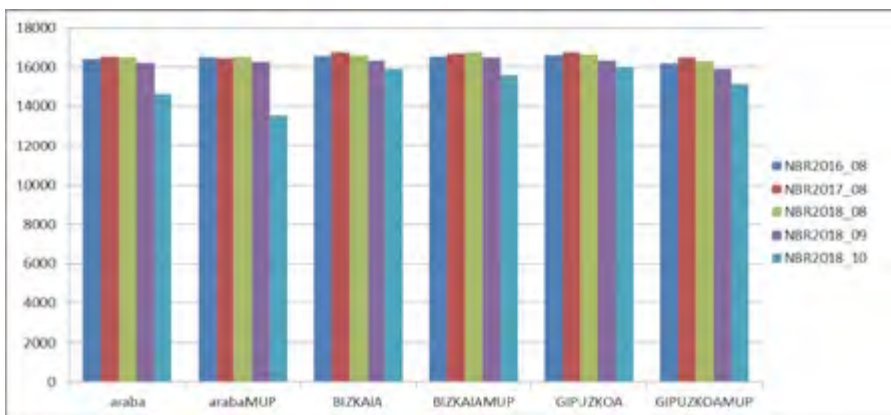
Variación histórica (agosto 2016-17-18) del NBR en el total de masas de *P. radiata*



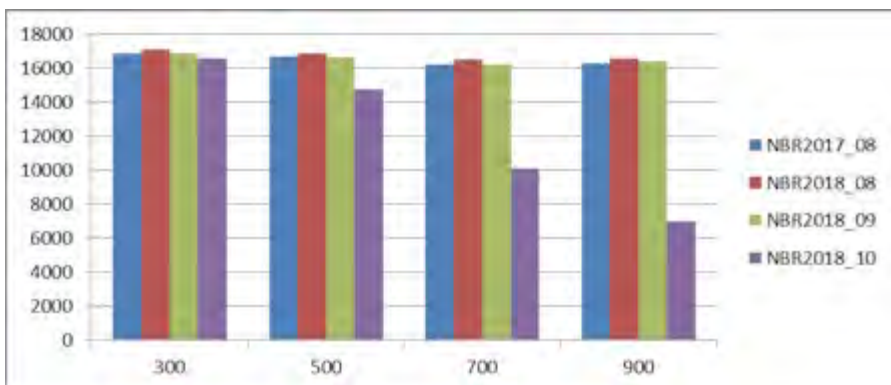
Variación a lo largo de los meses del año del NBR medio en masas sanas de *P. radiata*



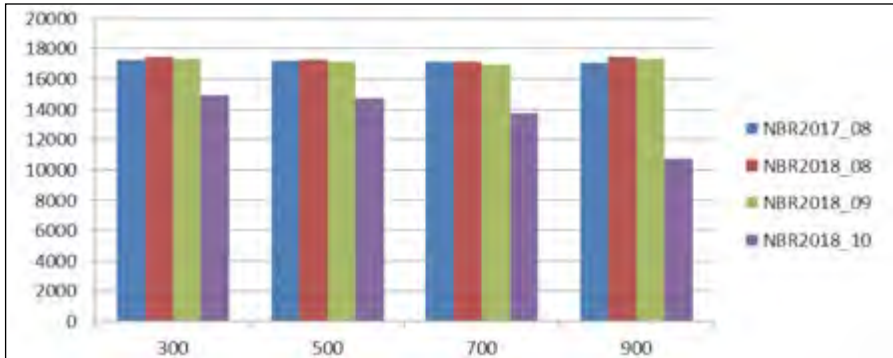
Variación histórica del NBR en masas de *P.laricio* con diversos grados de afectación



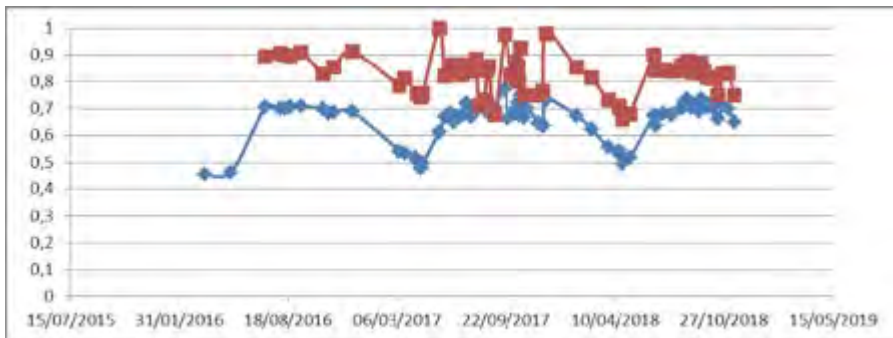
Variación histórica del NBR medio en *P.laricio* en distintos Territorios



Variación histórica del NBR medio en *P.laricio* según altitud



Variación histórica del NBR medio en abeto Douglas (*P.mensesii*) según altitud



Comparación de NDVI (rojo) y de NBR (azul) en un pinar de silvestre en Arcena

### Otras utilidades de Sentinel 2: cubicación de masas forestales

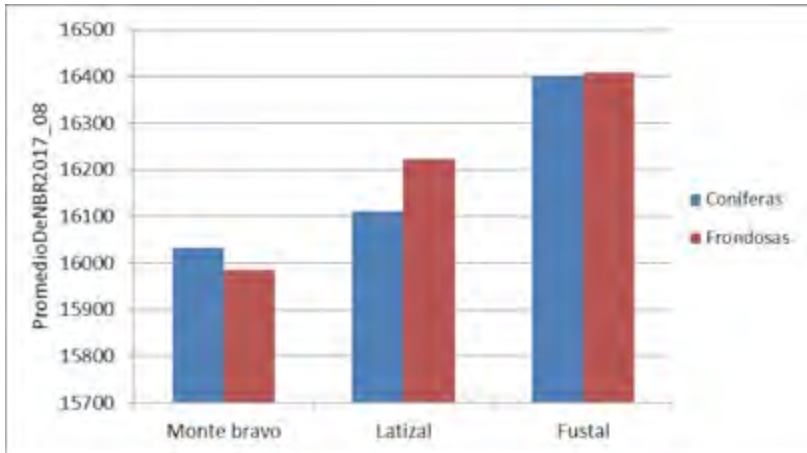
Las imágenes de Sentinel 2, a través principalmente del índice NBR y de sus variaciones, permiten multitud de aplicaciones forestales: detección de cortas o perturbaciones forestales, incendios, cálculo de defoliación, ...

Al poder contar con un nuevo mapa forestal y con las imágenes Sentinel 2 desde 2016 hasta 2018, se ha empleado también el índice NBR para estimar las variaciones de existencias maderables en todo el País Vasco. El método seguido es el siguiente para cada cuadrícula de 1 ha:

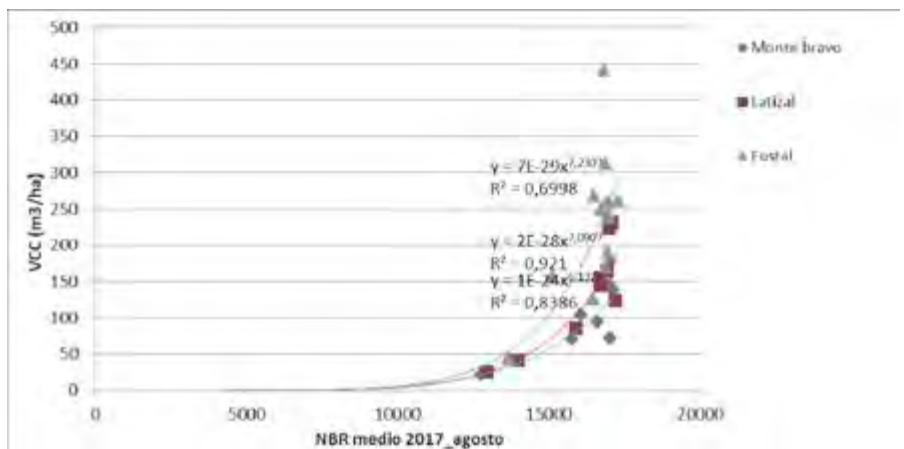
1.- Se dispone de unas 400 parcelas de campo del IFNN de 2017 con dato de volumen para las especies Pino radiata, Pino pinaster y Eucaliptos, coincidente en el tiempo con el vuelo LiDAR 2017, el cual proporciona la altura media de los 100 árboles más altos de cada hectárea (altura dominante) y de cada parcela de campo.

2.- Se comprueba que para el resto de especies existe una buena relación entre la altura dominante del vuelo LiDAR 2012 y el volumen medido en campo en el anterior Inventario de 2011/2012. Se regresiona para esas especies  $VCC12=f(Hdom12)$  y se emplea esas mismas fórmulas en el nuevo vuelo Lidar 2017:  $VCC17=f(Hdom17)$ , una fórmula para cada especie (ver Capítulo 5).

3.- Se agrupan las especies según se trate de frondosas o de coníferas+eucalipto y, también, según tres estados de masa o de edad del mapa forestal 2018 (monte bravo/latizal/fustal). Por último, se realiza una regresión para cada uno de esos grupos de especies y se obtiene una fórmula de tipo  $VCC17=f(NBR \text{ de agosto } 2017)$  para cada una de las 6 tipologías.



Tipo arbolado	R2	Fórmula para obtener VCC17 (m <sup>3</sup> /ha) en función de NBR
Frondosas Fustal	0,36	$7,321877625 \cdot 10^{(-12)} \cdot [NBR2017\_08]^3,1475838$
Frondosas Latizal	0,66	$3,447238 \cdot 10^{(-19)} \cdot [NBR2017\_08]^4,86397938$
Frondosas Mbravo	0,95	$2,88047256 \cdot 10^{(-22)} \cdot [NBR2017\_08]^5,56612$
Coníferas Fustal	0,70	$6,708374 \cdot 10^{(-29)} \cdot [NBR2017\_08]^7,2306796$
Coníferas Latizal	0,92	$1,70361694 \cdot 10^{(-28)} \cdot [NBR2017\_08]^7,09067794$
Coníferas Mbravo	0,84	$1,4042367 \cdot 10^{(-24)} \cdot [NBR2017\_08]^6,132442958$



Los resultados muestran que puede ser un método más para cubicar masas, siempre que se cuente con un mapa forestal adecuado y actualizado. Aunque por las limitaciones del método seguido, se ha cubicado unas superficies arboladas menores a las publicadas en el Capítulo 5, ambos promedios resultan ser muy semejantes: 168,4 m<sup>3</sup>/ha de promedio 2017 en las masas forestales vascas según el método NBR frente a 173,7 m<sup>3</sup>/ha según la cubicación publicada. En el caso del pino radiata, los promedios son aún más ajustados: 234,8 m<sup>3</sup>/ha según NBR frente a 237,6 m<sup>3</sup>/ha. El descenso en existencias de Pino radiata entre 2017 y 2018 puede ser achacable en gran parte al descenso del índice medio NBR por la enfermedad, por lo que se aconseja este método sólo en caso de tratarse de masas forestales sanas, sin variaciones bruscas del NBR.

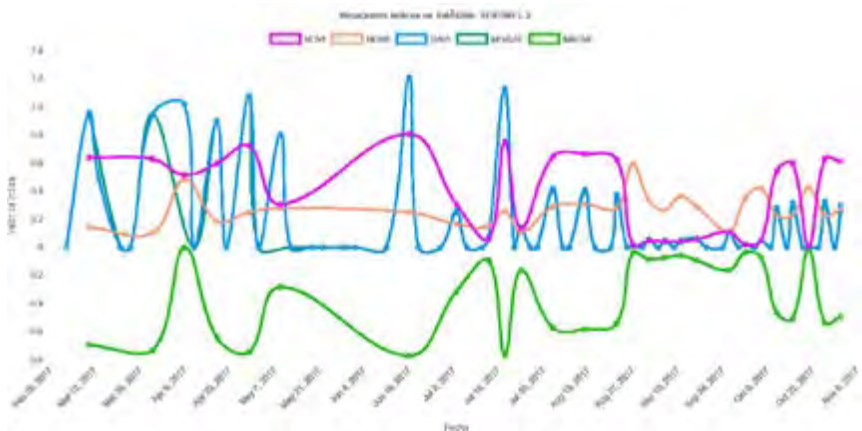
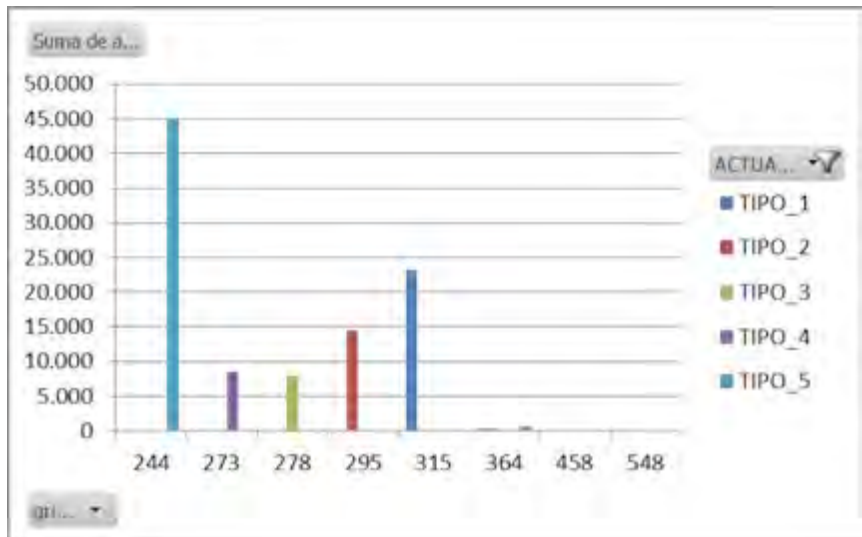
<b>Estimación del Volumen maderable total (m<sup>3</sup>) según NBR</b>				
Especie	Agosto 2016	Agosto 2017	Agosto 2018	Sup. (ha) NBR
Ciprés Lawson	711.378	756.592	712.292	3.053
Otras coníferas	364.438	354.878	354.667	2.027
Pino silvestre	3.431.465	2.595.089	3.394.008	18.643
Pino laricio	2.628.073	2.781.921	2.734.338	13.471
Pino pináster	1.440.374	1.421.592	1.499.704	7.187
Pino radiata	23.294.311	24.078.705	22.214.893	102.540
Abeto Douglas	1.793.289	1.742.494	1.718.001	6.586
Alerce	1.936.008	1.978.569	1.804.785	7.688
Roble pedunculado	2.344.079	2.344.917	2.317.821	16.804
Rebollo	1.755.515	1.752.867	1.752.465	12.592
Quejigo	2.656.876	2.346.956	2.537.311	26.452
Encina	2.630.784	2.291.528	2.692.175	27.467
Eucaliptos	2.741.609	2.756.111	3.055.460	12.619
Haya	7.647.505	7.650.379	7.596.052	55.029
Otras frondosas	6.551.064	6.444.168	6.357.902	51.752
<b>Total</b>	<b>61.926.767</b>	<b>61.296.766</b>	<b>60.741.873</b>	<b>363.910</b>

Tipo	Agosto 2016	Agosto 2017	Agosto 2018	LiDAR2017
Frondosas	23.586.395	22.831.400	23.254.316	23.674.324
Coníferas	38.340.372	38.465.366	37.487.557	44.460.963

Actualmente, también se está comprobando la utilidad del índice Green del RGB del Sentinel 2 para estimar la defoliación de los pinares, ya que se ha comprobado su correlación con el índice NBR. Si se toma la imagen del 23 de agosto de 2018, se comprueba el buen ajuste entre ambos índices:

## Superficie de pino radiata clasificada por grado de afección (agosto 2018)

Valor Green	TIPO_1	TIPO_2	TIPO_3	TIPO_4	TIPO_5	Total pino
244	28	36	29	47	44.973	45.114
273	16	18	13	8.486	48	8.581
278	22	23	8.054	14	29	8.142
295	56	14.529	23	18	36	14.662
315	23.159	56	22	16	28	23.280
364	325	217	115	122	574	1.352
458	19	21	12	11	55	118
548	33	17	7	7	37	101
<b>Total ha</b>	<b>23.658</b>	<b>14.916</b>	<b>8.275</b>	<b>8.721</b>	<b>45.780</b>	<b>101.350</b>



### 3.- SEGUIMIENTO MEDIANTE MEDICIONES DE CAMPO

#### Parcelas de Pequeña escala

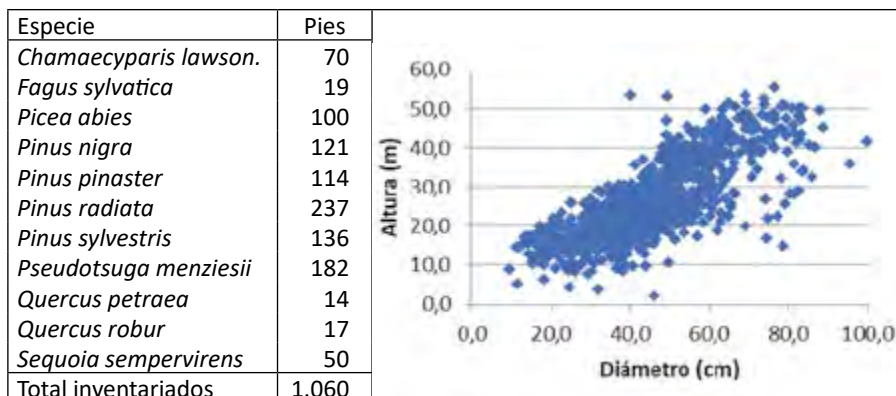
Esta red de parcelas fue seleccionada por NEIKER con el fin de contar con una variedad de muestras de las principales especies forestales del País Vasco, situadas en distintas localizaciones y diversos grados de afección por enfermedades. En 2017 fueron sobrevoladas con el fin de obtener datos hiperespectrales, analizados con posterioridad por la Universidad de Jena. Igualmente, en la segunda mitad de 2017 los árboles de dichas parcelas fueron muestreados para obtener datos de su estado fitosanitario (NEIKER) y de su diámetro, altura y geoposición (HAZI).

A tal fin, entre las fechas 03/10/2017 y 30/12/2017 personal de la empresa Errez, subcontratada por HAZI (proyecto SUDOE PLURIFOR), visitó estas 22 localizaciones que agrupaban a 50 parcelas y obtuvo los siguientes datos.

Desgraciadamente, la crisis fitosanitaria de 2018 ha hecho que estas mediciones pierdan valor, porque la especie dominante, *Pinus radiata*, fue la más afectada y ello supuso la muerte o la corta de varios de esos pinares. No obstante, el objetivo futuro de esta red de parcelas va a ser poder medir no sólo su estado sanitario, sino también los daños causados por viento y tormentas en los años venideros, dado que todos estos árboles están numerados, medidos y geoposicionados.

Localización	Diam (cm)	Altura (m)	Coef Esbeltez	X medio (m)	Y medio (m)
Abornikano	36,37	22,18	62,23	509.857	4.753.091
Aginaga	34,18	20,01	61,09	576.202	4.793.528
Albiztur	66,10	46,25	70,81	571.173	4.774.396
Altube	52,77	24,33	50,59	507.799	4.761.167
Altube Douglas 1	66,26	41,89	64,49	509.769	4.761.290
Altube Douglas 2	55,15	38,14	69,94	509.923	4.760.817
Altube radiata	67,46	36,38	55,08	509.636	4.760.721
Arza	53,11	25,92	49,40	487.017	4.777.792
Azazeta	41,49	23,87	58,55	538.386	4.738.315
Busturia	33,83	20,22	61,81	523.568	4.803.306
Karanka	33,64	12,20	37,07	493.450	4.745.791
Legorreta	49,02	30,46	63,40	569.853	4.771.092
Legutio	55,43	37,38	68,26	531.923	4.759.528
Leintz Gatzaga	37,38	20,29	54,67	534.425	4.758.794
Luiando	19,07	18,41	99,38	500.343	4.771.424
Menagarai 2	39,85	29,15	74,02	494.317	4.773.265
Nograrro	46,25	22,38	49,96	489.194	4.739.407
Oiartzun	23,04	14,92	67,16	593.727	4.790.867
Otxandio	45,98	20,19	44,60	529.035	4.766.168
Saldropo	36,89	23,26	63,85	522.045	4.767.071
Santa Coloma	34,60	16,25	48,89	487.895	4.775.394
Urkiola	42,02	24,86	60,37	528.512	4.770.432





### Parcelas de Gran escala

Esta red de parcelas, más reducida en número, pero más detallada en el seguimiento concreto de cada árbol, se ha centrado únicamente en Pino radiata. Parte originalmente de las parcelas instaladas en el marco del citado proyecto FORRISK, cuando se establecieron y midieron pinos en Laukiz, Oiartzun y Luiando y posteriormente se añadió otra parcela de pinos adultos enfermos en Hernani. Estos pinos han sido medidos en 2016 y 2017 en cuanto a su estado fitosanitario (NEIKER) y en su diámetro, altura y geoposición (HAZI). La crisis fitosanitaria de 2018 ha obligado a ampliar la muestra para mejorar la variedad geográfica y de grado de afección, por lo que se ha añadido 5 localizaciones con 8 parcelas cada una, procedentes del proyecto Espacio Atlántico REINFFORCE.

Personal de la empresa Basoekin, subcontratada por HAZI, ha visitado entre abril y mayo de 2019 estas 9 localizaciones que agrupan a 50 parcelas y ha obtenido los siguientes

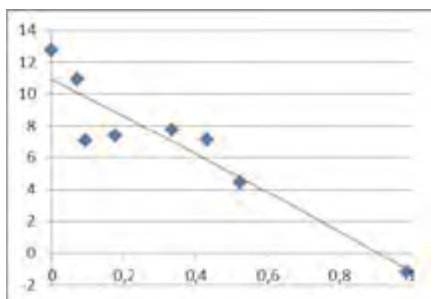
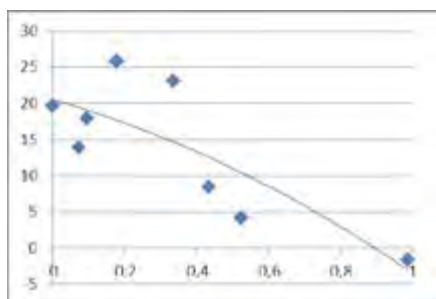
datos resumen. Por falta de espacio, es imposible presentar todos los parámetros medidos, por lo que se han seleccionado los más representativos.



Monte	Volumen 2016 (m <sup>3</sup> )	Volumen 2019 (m <sup>3</sup> )	Vol. medio (m <sup>3</sup> /ha)	Defoliación media 2019	Crec. anual (m <sup>3</sup> /ha-año)	Sup (ha)
Hernani	105,01	119,13	104,35	0,52	4,12	1,14
Laukiz1	80,88	106,13	289,97	0,80	22,99	0,37
Laukiz2	154,82	187,83	143,29	0,43	8,39	1,31
Luiando	64,37	89,02	213,32	0,00	19,69	0,42
Oiartzun	67,21	64,78	130,42	0,99	-1,63	0,50

Monte	Volumen 2012 (m <sup>3</sup> )	Volumen 2019 (m <sup>3</sup> )	Vol. medio (m <sup>3</sup> /ha)	Defoliación media 2019	Crec. anual (m <sup>3</sup> /ha-año)	Sup (ha)
Abadiño	44,95	69,25	461,67	0,33	23,14	0,15
Luyando	114,23	170,72	379,38	0,10	17,93	0,45
Markina	97,22	137,05	304,55	0,94	12,64	0,45
Muxika	157,98	239,24	531,64	0,18	25,80	0,45
Orozko	57,10	100,77	223,93	0,07	13,86	0,45



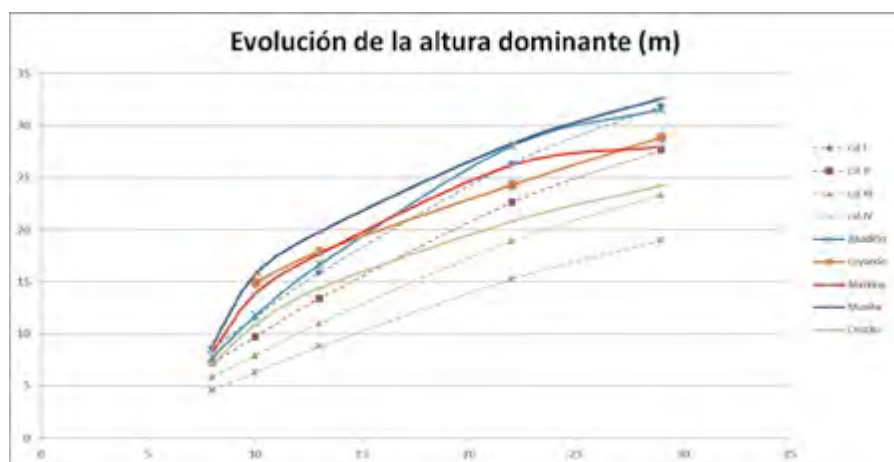
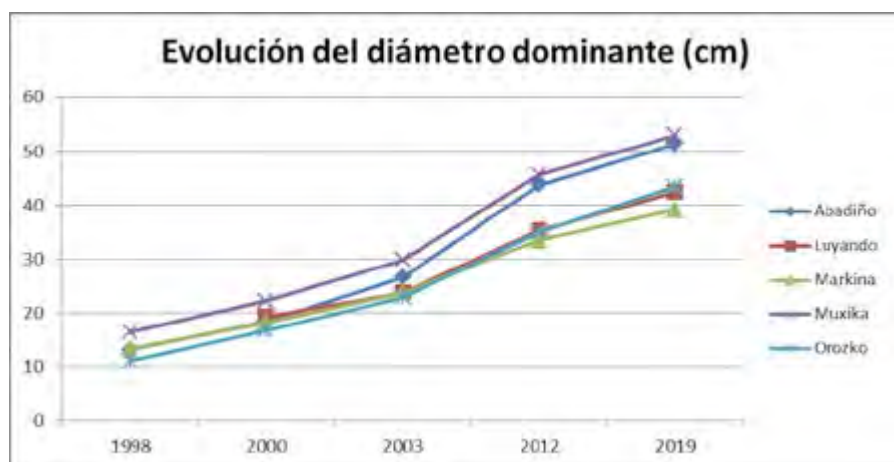
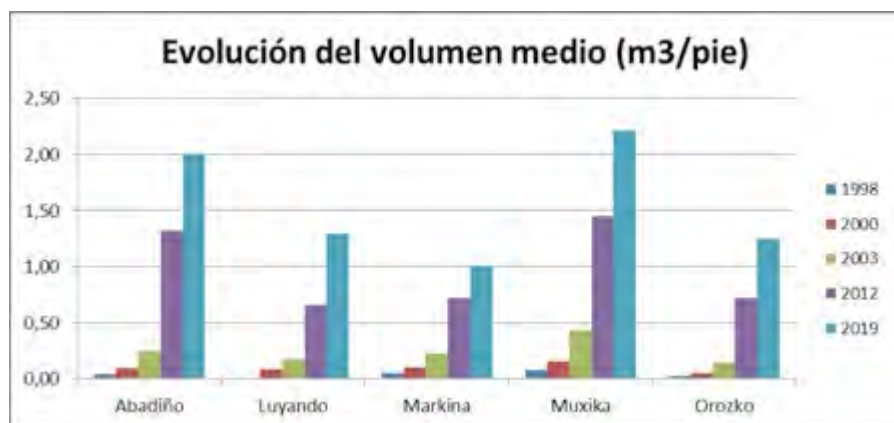
Relación entre defoliación media (eje X) y crecimiento (eje Y). A la izquierda, crecimiento en % anual respecto al volumen inicial y, a la derecha, en m<sup>3</sup>/ha-año<sup>2</sup>

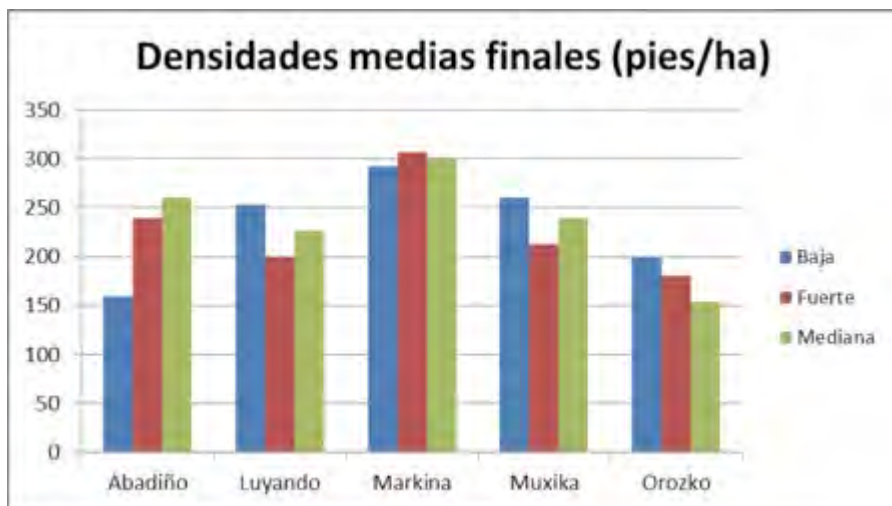
2 No se han tenido en cuenta en estos gráficos ni las parcelas de Oiartzun (con alta mortalidad desde 2016) ni Markina (con una alta defoliación desarrollada de forma rápida en el verano de 2018).

Densidad (pies/ha)	Parc	1998	2000	2003	2012	2019	Densidad
Abadiño <sup>3</sup>	4	860	860	460	240	160	Baja
	5	1.000	980	620	260	260	Mediana
	6	1.300	1.300	760	260	240	Fuerte
<b>Total Abadiño</b>		<b>958</b>	<b>932</b>	<b>573</b>	<b>230</b>	<b>220</b>	
Luyando	1	1.060	1.060	880	360	240	Mediana
	2	920	920	800	420	240	Baja
	3	1.000	1.000	780	440	240	Baja
	4	1.480	1.480	1.200	420	280	Baja
	5	1.200	1.200	980	300	200	Fuerte
	6	1.460	1.460	1.240	340	180	Fuerte
	7	1.420	1.420	1.040	400	220	Mediana
	8	1.540	1.540	1.160	380	220	Fuerte
	9	1.340	1.340	1.100	440	220	Mediana
<b>Total Luyando</b>		<b>1.269</b>	<b>1.269</b>	<b>1.020</b>	<b>389</b>	<b>227</b>	
Markina	1	1.300	1.280	880	320	320	Fuerte
	2	1.260	1.260	840	340	340	Fuerte
	3	1.120	1.100	760	260	260	Fuerte
	4	920	920	760	320	300	Mediana
	5	960	1.000	760	280	280	Mediana
	6	1.000	1.000	740	320	320	Mediana
	7	780	800	640	320	320	Baja
	8	780	800	640	300	300	Baja
	9	760	740	620	260	260	Baja
<b>Total Markina</b>		<b>987</b>	<b>989</b>	<b>738</b>	<b>302</b>	<b>300</b>	
Muxika	1	1.300	1.240	520	300	300	Fuerte
	2	860	840	480	300	300	Baja
	3	1.000	980	500	220	220	Mediana
	4	860	860	480	240	240	Baja
	5	1.020	960	460	300	300	Mediana
	6	1.120	1.100	440	180	180	Fuerte
	7	1.320		380	160	160	Fuerte
	8	1.000	960	400	240	200	Mediana
	9	920	900	460	240	240	Baja
<b>Total Muxika</b>		<b>1.044</b>	<b>980</b>	<b>458</b>	<b>242</b>	<b>238</b>	
Orozko	1	1.200	1.240	920	220	220	Fuerte
	2	960	1.020	800	160	140	Mediana
	3	800	800	740	160	160	Baja
	4	1.080	1.060	940	160	160	Fuerte
	5	960	920	780	160	160	Mediana
	6	800	800	640	180	180	Baja
	7	1.000	980	820	160	160	Fuerte
	8	1.160	1.160	940	160	160	Mediana
	9	800	760	640	260	260	Baja
<b>Total Orozko</b>		<b>973</b>	<b>971</b>	<b>802</b>	<b>180</b>	<b>178</b>	

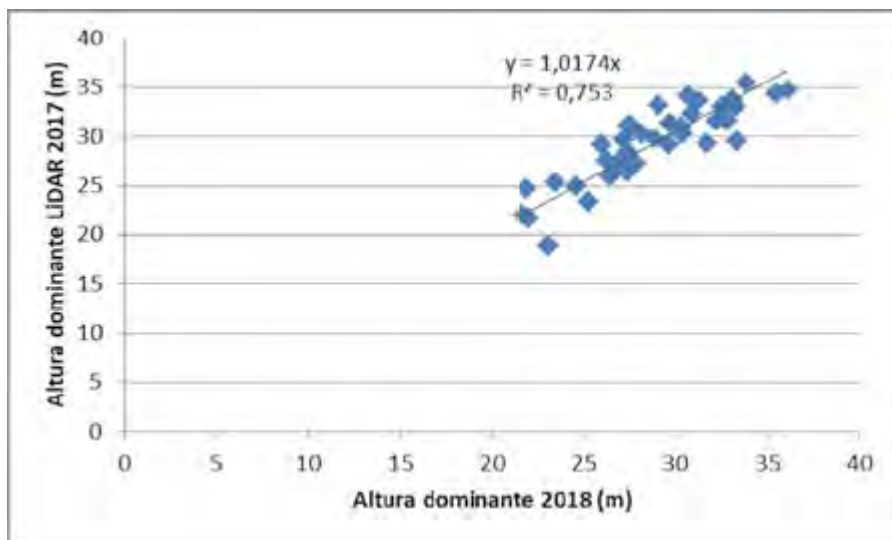
3 Las subparcelas 1, 2 y 3 de Abadiño se cortaron cuando se iba a proceder a su medición.

Diam.medio (cm)	Parc	1998	2000	2003	2012	2019	Densidad
Abadiño	4	16,28	19,58	26,61	40,42	51,54	Baja
	5	16,06	18,88	24,52	37,85	46,66	Mediana
	6	14,52	16,79	23,35	38,33	45,18	Fuerte
<b>Total Abadiño</b>		<b>13,47</b>	<b>16,06</b>	<b>21,88</b>	<b>40,58</b>	<b>47,37</b>	
Luyando	1		13,36	16,71	27,91	34,77	Mediana
	2		14,85	18,39	29,51	36,57	Baja
	3		14,82	18,15	29,83	37,13	Baja
	4		13,73	17,30	30,15	38,47	Baja
	5		14,91	19,24	32,19	40,20	Fuerte
	6		16,27	19,91	33,42	43,42	Fuerte
	7		15,30	20,08	32,09	41,95	Mediana
	8		13,16	17,27	30,28	38,94	Fuerte
	9		12,58	15,80	27,46	34,91	Mediana
<b>Total Luyando</b>			<b>14,36</b>	<b>18,16</b>	<b>30,25</b>	<b>38,40</b>	
Markina	1		14,52	19,84	33,73	32,16	Fuerte
	2	13,12	14,81	19,20	29,22	30,91	Fuerte
	3	14,70	16,31	20,91	32,25	36,79	Fuerte
	4	13,75	15,92	19,93	28,66	30,78	Mediana
	5	13,29	14,74	19,08	29,43	34,30	Mediana
	6	13,11	14,95	19,67	29,43	33,66	Mediana
	7	15,27	17,80	23,21	32,26	36,44	Baja
	8	14,79	17,20	22,61	33,70	39,43	Baja
	9	12,73	14,91	19,65	29,94	36,82	Baja
<b>Total Markina</b>		<b>13,55</b>	<b>15,60</b>	<b>20,40</b>	<b>31,00</b>	<b>34,58</b>	
Muxika	1	15,44	16,73	24,01	38,76	44,32	Fuerte
	2	16,12	18,50	26,28	40,12	44,98	Baja
	3	15,49	17,17	24,18	38,52	44,95	Mediana
	4	15,83	18,38	25,96	41,04	47,70	Baja
	5	16,43	19,27	28,64	44,56	50,72	Mediana
	6	15,99	17,89	26,36	41,94	48,67	Fuerte
	7	17,38		29,42	44,80	52,13	Fuerte
	8	17,94	20,06	28,38	42,46	47,33	Mediana
	9	17,43	20,14	27,65	44,56	51,35	Baja
<b>Total Muxika</b>		<b>16,47</b>	<b>18,47</b>	<b>26,68</b>	<b>41,79</b>	<b>47,85</b>	
Orozko	1	10,06	12,01	17,63	31,91	40,18	Fuerte
	2	10,72	14,15	18,47	33,05	41,04	Mediana
	3	11,35	14,58	19,66	36,36	45,87	Baja
	4	11,76	14,08	18,81	34,45	42,59	Fuerte
	5	12,88	15,25	20,34	36,15	44,36	Mediana
	6	10,13	13,03	18,26	32,76	40,08	Baja
	7	9,01	11,10	16,41	30,38	38,27	Fuerte
	8	9,49	11,99	16,99	30,03	38,40	Mediana
	9	11,22	13,96	18,33	34,28	42,71	Baja
<b>Total Orozko</b>		<b>10,75</b>	<b>13,31</b>	<b>18,31</b>	<b>33,33</b>	<b>41,58</b>	





La medición en campo de estas parcelas también ha servido de ajuste de, por ejemplo, las alturas de los pinos. Así, se ha obtenido una altura dominante media de 28,69 m de campo en las parcelas REINFFORCE en primavera 2019 frente a 28,62 m de altura dominante media LiDAR de finales de verano 2017.



Por último, se ha procedido a evaluar la calidad de la madera mediante un Microsecond Fakopp, muestreando factores como el coeficiente de esbeltez ( $d/h \cdot 100$ ) y la velocidad de transmisión del sonido (Vel.Media). Los resultados obtenidos para los pinos vivos muestreados han sido:

Monte	Parc	Diam (cm)	Altura (m)	Coef Esbeltez	Vel.Media (km/s)
Hernani		27,62	16,28	54,28	5,57
Laukiz1		18,59	16,39	87,11	4,63
Laukiz2		28,05	17,56	56,83	3,73
Luiando		17,62	17,28	96,83	4,86
Oiartzun		23,16	17,31	69,93	4,94
Total LIFE		21,89	16,94	75,18	4,90
Abadiño	4	51,38	30,43	59,44	2,93
	5	46,50	28,36	63,16	3,46
	6	44,54	29,79	68,09	3,76
Total Abadiño		46,97	29,38	63,56	3,38
Luyando	1	34,58	24,63	63,88	4,10
	2	36,08	26,33	82,55	4,40
	3	36,75	26,33	78,19	4,53
	4	38,29	28,78	81,57	4,85
	5	39,80	27,53	70,36	4,12
	6	43,22	29,89	66,02	4,03
	7	41,64	31,73	74,98	4,74
	8	38,55	29,69	80,84	4,72
	9	34,55	27,83	88,19	4,41
Total Luyando		37,98	28,00	76,11	4,42
Markina	1	31,50	23,85	80,10	4,97
	2	30,71	24,43	79,76	4,71
	3	36,46	25,00	59,78	5,40
	4	30,60	26,76	81,34	4,98
	5	33,86	27,08	78,70	5,08
	6	33,56	24,97	81,13	5,03
	7	36,06	28,04	79,75	4,94
	8	39,20	29,05	78,58	4,97
	9	36,46	29,77	78,72	4,92
Total Markina		34,14	26,47	77,97	4,99
Muxika	1	44,03	32,53	75,89	4,25
	2	44,47	32,53	67,87	3,95
	3	44,73	34,22	74,14	4,53
	4	47,33	34,25	76,82	4,42
	5	50,33	32,67	61,63	4,25
	6	48,00	31,59	61,61	4,49
	7	52,00	32,74	61,47	4,92
	8	47,10	27,48	58,18	4,10
	9	51,04	29,21	59,70	4,18
Total Muxika		47,42	32,01	66,96	4,33

Monte	Parc	Diam (cm)	Altura (m)	Coef Esbeltezz	Vel. Media (km/s)
Orozko	1	39,73	24,30	60,94	5,02
	2	41,00	22,36	52,82	4,80
	3	45,75	22,51	48,03	4,02
	4	42,50	26,53	63,28	5,19
	5	44,13	24,60	56,41	5,09
	6	40,00	21,48	53,67	5,47
	7	38,00	21,58	63,08	4,96
	8	38,13	21,73	65,69	4,96
	9	42,54	24,73	58,90	4,62
Total Orozko		41,31	23,43	58,41	4,94

### Clones de Laukiz 2

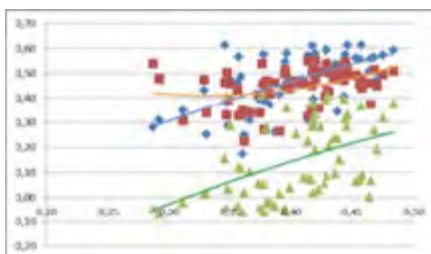
La parcela de Gran escala denominada Laukiz 2 coincide con el banco clonal de Unbemendi, instalada por NEIKER en terrenos de este monte patrimonial de la Diputación Foral de Bizkaia, dentro del programa de Mejora Genética de *Pinus radiata* D. Don que se llevó a cabo en los años 80. Existía en Llodio una colección de los clones seleccionados, cuyo fin era poder disponer de material (púas, semillas, etc.) para posteriores trabajos: huertos semilleros, ensayos de progenie, etc. A tal fin, se llevó a cabo una copia de todos los clones registrados para su establecimiento en Unbemendi.

El diseño del banco clonal es una plantación en filas con un espaciamento de 4 m entre plantas y 5 m entre filas. Se plantaron 10 ejemplares consecutivos de cada clon en el año 2000. La localización de los clones aparece en la imagen.

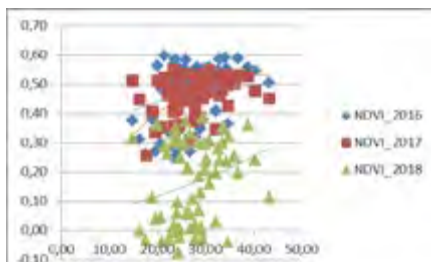




Los resultados muestran que existen clones que han mostrado mejor crecimiento y mejor respuesta a la enfermedad en estos últimos años, medida a través de su índice NDVI calculado a partir de las ortofotos anuales, aunque no parece haber ninguno con resistencia total, ya que el NDVI 2018 ha bajado sensiblemente en todos los clones.



Variación de NDVI según valor medio del NBR 2008-2015 (eje X)



Variación de NDVI según diámetro medio (cm) de los distintos clones

Clon	Diam 2019 (cm)	NDVI_2016	NDVI_2017	NDVI_2018
1	26,22	0,52	0,53	0,21
7	27,01	0,46	0,48	0,01
8	23,98	0,28	0,41	0,06
9	20,84	0,30	0,35	0,05
10	20,98	0,48	0,50	-0,04
11	23,40	0,57	0,55	0,30
12	24,25	0,56	0,42	0,10
14	24,65	0,43	0,47	-0,02
15	19,68	0,27	0,33	0,04
16	26,80	0,27	0,31	0,05
17	16,40	0,31	0,45	0,00
18	27,87	0,46	0,39	0,02
19	29,50	0,38	0,45	-0,03
20	24,59	0,34	0,36	0,00
21	23,45	0,29	0,36	0,00
22	32,13	0,41	0,35	0,03
23	19,00	0,38	0,41	0,11
24	24,38	0,41	0,49	-0,08
25	23,25	0,50	0,48	0,00
28	28,95	0,35	0,39	0,13
29	28,67	0,39	0,46	0,07
30	17,75	0,26	0,26	-0,03
31	34,73	0,36	0,42	-0,04
32	23,44	0,25	0,40	0,02
33	22,55	0,34	0,46	-0,03
34	29,01	0,50	0,48	0,01
40	43,33	0,50	0,45	0,11

Clon	Diam 2019 (cm)	NDVI_2016	NDVI_2017	NDVI_2018
41	28,65	0,45	0,38	0,19
42	27,40	0,52	0,47	0,11
43	27,78	0,31	0,37	-0,03
44	27,94	0,32	0,41	-0,03
45	30,81	0,47	0,48	0,16
46	36,00	0,50	0,50	0,26
47	38,83	0,56	0,53	0,36
48	26,42	0,49	0,53	0,21
49	29,13	0,49	0,50	0,00
50	26,22	0,51	0,47	0,06
51	30,84	0,56	0,54	0,31
52	26,05	0,58	0,48	0,37
54	25,83	0,55	0,48	0,29
55	36,75	0,59	0,53	0,20
56	24,10	0,47	0,49	0,01
57	32,15	0,50	0,53	0,20
58	29,94	0,53	0,51	0,30
59	40,33	0,55	0,48	0,24
60	24,81	0,51	0,50	0,30
61	29,66	0,52	0,52	0,30
62	24,82	0,51	0,52	0,25
65	29,95	0,55	0,50	0,21
66	29,50	0,55	0,54	0,38
67	34,89	0,54	0,53	0,32
68	28,30	0,56	0,52	0,30
69	33,70	0,54	0,51	0,36
71	34,38	0,55	0,50	0,24
72	23,60	0,53	0,54	0,30
73	23,60	0,49	0,43	0,33
74	23,71	0,59	0,54	0,35
76	34,14	0,59	0,53	0,35
77	26,93	0,53	0,44	0,33
80	29,92	0,54	0,50	0,24
81	21,60	0,60	0,52	0,29
82	14,85	0,38	0,51	0,31
83	20,00	0,56	0,51	0,36
84	30,24	0,55	0,47	0,25
85	33,50	0,48	0,48	0,30
86	32,57	0,54	0,53	0,28
87	33,00	0,58	0,46	0,24
88	22,17	0,46	0,46	0,26
89	36,17	0,51	0,52	0,25
<b>Promedio</b>	<b>28,68</b>	<b>0,53</b>	<b>0,50</b>	<b>0,27</b>

## Bosques centinela

Los citados arboretos REINFFORCE, gracias a su variedad y su situación, ya están funcionando como “bosques centinelas” de cara a suministrar datos de afección de diversas enfermedades sobre las variedades forestales plantadas. El grave episodio de defoliación registrado entre los pinos en primavera-verano de 2018 ha servido para poner a prueba estos arboretos.

Personal de HAZI y de Basalan ha muestreado entre los días 24 y 28 de octubre de 2018 las variedades de pino de los arboretos REINFFORCE del País Vasco. En concreto, se ha anotado la existencia de síntomas como puntas secas, necrosis general, clorosis o defoliación en general en los ejemplares de pino de 5 a 7 años, además de tomar fotos de cada bosque o de cada árbol con síntomas.

Analizada la aparición de enfermedades en las acículas muestreadas por parte del equipo de Eugenia Iturritxa en el laboratorio de NEIKER, no se ha encontrado evidencias de *Phytophthora*, pero sí algunos positivos de *Lecanosticta acicola* y de *Dothistroma septosporum*:

Muestra	Especie	Procedencia	Código	L.acicola	D.septosporum
1	Pinus taeda	Virginia, USA	PITA-VIRG	-	-
2	Pinus pinaster	Cordal de Loba, Spain	PIPT-CORD	-	-
3	Pinus pinaster	Mimizan	PIPT-LAND	-	-
4	Pinus pinaster	Sierra de Gredos	PIPT-GRED	-	-
5	Pinus pinaster	Leiria, Portugal	PIPT-LEIR	-	-
6	Pinus pinaster	Tamjout, Marruecos	PIPT-TAMJ	-	-
7	Pinus pinaster	Picard (Lande Corse)	PIPT-LACO	-	-
8	Pinus pinaster	Serrania de cuenca	PIPT-CUEN	-	-
9	Pinus taeda	Sur de California, USA	PITA-SOUT	-	-
10	Pinus taeda	Georgia, USA	PITA-GEOR	-	-
11	Pinus sylvestris	Sierra de Guadarrama	PISY-VALS	-	-
12	Pinus sylvestris	Escocia	PISY-SCOT	-	-

Muestra	Especie	Procedencia	Código	L.acicola	D.septosporum
13	Pinus nigra	Sist. Iber. Merid., Cuenca	PINI-CUEN	-	-
14	Pinus nigra	Slogne Vayrières, Francia	PINI-VAYR	Irisasi	-
15	Pinus pinea	Francia	PIPI-FRAN	-	-
16	Pinus pinea	Italia	PIPI-ITAL	-	-
17	Pinus pinea	Portugal	PIPI-VEND	-	-
18	Pinus pinea	V. del Tietar y Alberche	PIPI-CAST	-	-
19	Pinus ellioti	Georgia, USA	PIEL- GEORG	-	Albina
20	Pinus nigra	Les Barnes Sivens, Franc.	PINI-SIVE	-	-
21	Pinus nigra	Cazorla y Alcaraz, Spain	PINI-CAZO	-	-
22	Pinus sylvestris	Polonia	PISY-POLA	-	-
23	Pinus sylvestris	Montes universales	PISY-UNIV	-	-
24	Pinus sylvestris	Portugal	PISY-SERR	-	-
25	Pinus sylvestris	Turkia	PISY-TURK	-	-
26	Pinus sylvestris	Eslovaquia	PISY-SLOV	-	-
27	Pinus ponderosa	Oregon, USA	PIPO-OREG	Irisasi	-
28	Pinus ponderosa	Southern Rockies, USA	PIPO-MEXI	-	-
29	Pinus ponderosa	California	PIPO-CALI	-	Albina
30	Pinus ellioti	Louisiana, USA	PIEL-LOUI	-	-
31	Pinus brutia	Taurus	PIBU-TAUO	-	-
32	Pinus brutia	Marmaris	PI- BU-MARM	Irisasi	-
33	Pinus brutia	Eldarica	PIBU-ELDA	Unbemendi	-
34	Pinus brutia	Crimea	PIBU-CRIM	-	Irisasi



Igualmente, personal de HAZI y de Basalan han muestreado en primavera de 2019, también, las distintas variedades de abeto Douglas plantadas:

Etiquetas de fila	Albina	Irisasi	Unbemendi
PSME-CECA	X	X	X
PSME-LUZE	X	X	X
PSME-ORCA	X	X	
PSME-ORCO	X	X	
PSME-WASH	X	X	X
PSME- ARIZ			X

En todas las muestras recibidas en el laboratorio de NEIKER se ha detectado la presencia de roya suiza (*Phaeocryptopus gaeumannii*).

En línea con esta tarea, estaba previsto acometer por parte de EFIPlant en verano de 2019 y 2020 una prospección fitosanitaria completa, visual y con recogida de muestras, de todas las variedades forestales plantadas en los distintos arboretos REINFFORCE, principalmente abedules, robles, pino piñonero y otras coníferas.



## VISOR WEB DEL PROYECTO

### 1.- OBJETIVO DEL VISOR

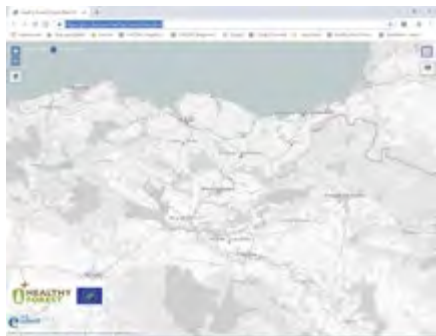
Se ha construido un visor cartográfico o visor *web* para mostrar los resultados del proyecto LIFE y de otros trabajos relacionados. Su dirección de acceso es: <https://geo1.hazi.eus/healthy-forest/index.html>. Se puede acceder a dicho visor a través de enlaces directos, en páginas como la *web* oficial del proyecto (<http://www.lifehealthyforest.com/>) o la *web* de HAZI creada específicamente para divulgar los logros de este proyecto en dos lenguas, euskera y castellano (<https://www.hazi.eus/es/proyectoshazi/6768-healthy-forest.html>).

El visor ha sido elaborado por HAZI y se encuentra alojado en servidores propios, aunque su acceso seguirá siendo libre una vez acabado el proyecto LIFE y comenzado el post-LIFE. Aunque la mayor parte de las capas a consultar han sido elaboradas por HAZI, se ha contado con otras informaciones disponibles, generadas en otros proyectos, y además el resto de socios del proyecto LIFE también han aportado sus conocimientos para elaborar otras capas específicas.

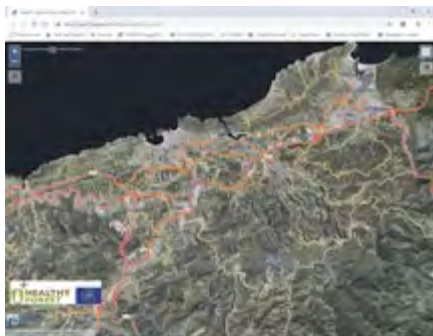
El objetivo de este visor, además de poder visualizar las capas cartográficas generadas en este proyecto, es constituir una plataforma de consulta de otras capas que se pudieran construir en el futuro y que se consideren relevantes para este proyecto LIFE.

Se trata de un visor muy semejante en su diseño y en sus potencialidades al visor GeoEuskadi, por lo que cualquier usuario encontrará muchas similitudes en la forma de trabajar con ambos y en sus herramientas.

Inicialmente, se accede a una pantalla que muestra todo el País Vasco y alrededores, sobre un fondo gris. En la parte superior de la pantalla y a la izquierda aparecen iconos para acercarse (zoom) y a la derecha aparece otro icono para elegir Capas base, que pueden ser ahora la ortofoto 2018, capa cartográfica, capa topográfica o híbrido.



*Pantalla inicial del visor*



*Ejemplo de más detalle y sobre ortofoto*

## 2.- FILTRADO

Como este visor ha nacido con visión de futuro, la idea es que se adapte a futuros cambios en el macizo forestal vasco. Por ejemplo, las intensas cortas finales y reforestaciones que han seguido al brote de enfermedades de las bandas del pino en 2018 están cambiando el paisaje forestal vasco con rapidez, por lo que el visor ha sido diseñado para poder visualizar esos cambios con cierta premura.

Como el mapa forestal del País Vasco 2018 terminó durante la vigencia del proyecto LIFE, se ha incorporado a este visor web para su consulta en forma de filtrado. La idea del filtrado, si se decide emplear, es poder consultar el valor o la evolución de cualquier factor forestal pero sólo en las masas filtradas en vez de en todo el conjunto forestal vasco.

Sólo se puede consultar la información contenida en teselas arboladas del mapa forestal 2018. Se puede filtrar por Especie principal y/o por Estado de masa o de edad (Replado, Monte bravo, Latizal, Fustal o Talas).

Hay que recalcar que el empleo del filtrado puede ralentizar el proceso de consulta y puede requerir un intenso uso de la memoria del ordenador, por lo que sólo se recomienda su uso en caso de contar con un *hardware* potente.

Actualmente, HAZI ya ha empezado a trabajar en el siguiente mapa forestal 2019, del cual se pretende contar con un avance a mitad de año.



*Ejemplo de filtrado según especie y estado de masa*



*Ejemplo de filtrado según una especie elegida, en este caso Ciprés de Lawson*

## 3.- NAVEGACIÓN POR LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

Con el fin de poder divulgar la cartografía generada y visualizar los distintos parámetros forestales estimados en el proyecto FORRISK, se creó un visor web propio y se alojó la información generada en GeoEuskadi. Todos esos parámetros se calcularon mediante el método de masa, que permite asignar un valor medio de cada parámetro calculando la totalidad de rebotes LiDAR correspondientes a cada cuadrícula de 1 hectárea de arbolado homogéneo dentro de cada tesela arbolada del mapa forestal. La ventaja de contar con

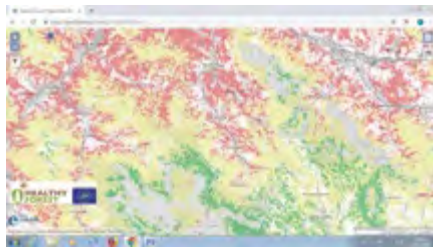


datos de los parámetros analizados en cada cuadrícula de 1 hectárea permite una mejor cuantificación de los recursos maderables gracias al vuelo LIDAR. Es el caso, por ejemplo, del volumen maderable, en el que las cuadrículas permiten una definición más detallada de ese parámetro frente al sistema tradicional del IFN de estratos.

Para evitar una excesiva complicación, el visor está diseñado para navegar o visualizar una sola Capa, independientemente de si se opta por emplear el filtrado o no.



Mapa de aptitud del Ciprés de Lawson en la zona de Gorbeia-Urkiola



Mapa de aptitud del Haya en la misma zona de Gorbeia-Urkiola

Las capas cartográficas, agrupadas por temática, que actualmente se pueden visualizar en este visor son:

Grupo	Parámetro	Fuente	Nombre de la Variable
Riesgos Fitosanitarios	Tipo de Defoliación (Agosto 2018)	HAZI	ACTUACION
Riesgos Fitosanitarios	Riesgo Bandas en Pino radiata (Agosto 2018)	HAZI	Aptitud 28enf
Riesgos Fitosanitarios	Riesgo de infección Dothistroma	NEIKER	probdothi01
Riesgos Fitosanitarios	Riesgo de infección Armillaria	Univ.Jena	prediction-armillaria-classif.ranger-sp_sp.tif
Riesgos Fitosanitarios	Riesgo de infección Diplodia	Univ.Jena	prediction-diplodia-classif.ranger-sp_sp.tif
Riesgos Fitosanitarios	Riesgo de infección Fusarium	Univ.Jena	prediction-fusarium-classif.ranger-sp_sp.tif
Riesgos Fitosanitarios	Riesgo de infección Heterobasidion	Univ.Jena	prediction-heterobasidion-classif.ranger-sp_sp.tif

Grupo	Parámetro	Fuente	Nombre de la Variable
Medio Físico	Profundidad del suelo (cm)	HAZI	prof_suelo
Medio Físico	Altitud (m)	HAZI	Altitud_17
Medio Físico	Clase Litológica	HAZI	LITOLOGIA
Medio Físico	Orientación	HAZI	ORIENTACIO
Medio Físico	Pendiente (%)	HAZI	Pendi_17
Indices de vegetación	Indice NBR de Agosto 2016	Sentinel2	NBR2016_08
Indices de vegetación	Indice NBR de Agosto 2017	Sentinel2	NBR2017_08
Indices de vegetación	Indice NBR de Agosto 2018	Sentinel2	NBR2018_08
Indices de vegetación	Indice NBR de Septiembre 2018	Sentinel2	NBR2018_09
Indices de vegetación	Indice NBR de Octubre 2018	Sentinel2	NBR2018_10
Indices de vegetación	Indice NBR de Febrero 2019	Sentinel2	NBR2019_02
Dasometría	Propiedad forestal	HAZI	PROPIEDAD
Dasometría	Altura dominante 2008 (m)	HAZI	Hdom_08
Dasometría	Altura dominante 2012 (m)	HAZI	Hdom_12
Dasometría	Altura dominante 2017 (m)	HAZI	Hdom_17
Dasometría	Percentil 10 de las Alturas 2017 (m)	HAZI	P10_17
Dasometría	Percentil 50 de las Alturas 2017 (m)	HAZI	P50_17
Dasometría	Percentil 90 de las Alturas 2017 (m)	HAZI	P90_17
Dasometría	Volumen medio (m3/ha)	HAZI	VCCmed_17
Dasometría	Crecimiento corriente (m3/ha-año)	HAZI	CRcor_17
Dasometría	Crecimiento en altura (m/año)	HAZI	CRhXanu_17
Dasometría	Crecimiento medio (m3/ha-año)	HAZI	CRmed_17
Dasometría	Clase de Calidad	HAZI	CALcla_17
Dasometría	Clase de Edad (años)	HAZI	EDaptXcla_
Clima	Precipitación anual (mm)	HAZI	Precipi_16
Clima	Temperatura media (°C)	HAZI	Tempe_16

Grupo	Parámetro	Fuente	Nombre de la Variable
Clima	Parámetro A de Weibull-Viento	FORRISK	Weib_A_17
Clima	Parámetro k de Weibull-Viento	FORRISK	Weib_K_17
Clima	Riesgo de Granizo	Univ.Jena	Prob_GAM
Aptitud Forestal	Aptitud para Ciprés Lawson	HAZI	Aptitud 18
Aptitud Forestal	Aptitud para Pino silvestre	HAZI	Aptitud 21
Aptitud Forestal	Aptitud para Pino halepensis	HAZI	Aptitud 24
Aptitud Forestal	Aptitud para Pino laricio	HAZI	Aptitud 25
Aptitud Forestal	Aptitud para Pino pináster	HAZI	Aptitud 26
Aptitud Forestal	Aptitud para Pino radiata	HAZI	Aptitud 28
Aptitud Forestal	Aptitud para Píceas europea	HAZI	Aptitud 33
Aptitud Forestal	Aptitud para Abeto Douglas	HAZI	Aptitud 34
Aptitud Forestal	Aptitud para Alerce	HAZI	Aptitud 35
Aptitud Forestal	Aptitud para Secuoya	HAZI	Aptitud 901
Aptitud Forestal	Aptitud para Criptomera	HAZI	Aptitud 902
Aptitud Forestal	Aptitud para Pino taeda	HAZI	Aptitud 921
Aptitud Forestal	Aptitud para Roble pedunc.	HAZI	Aptitud 41
Aptitud Forestal	Aptitud para Roble peciolado	HAZI	Aptitud 42
Aptitud Forestal	Aptitud para Rebollo	HAZI	Aptitud 43
Aptitud Forestal	Aptitud para Quejigo fagínea	HAZI	Aptitud 44
Aptitud Forestal	Aptitud para Encina	HAZI	Aptitud 45
Aptitud Forestal	Aptitud para Roble americano	HAZI	Aptitud 48
Aptitud Forestal	Aptitud para Fresno	HAZI	Aptitud 55
Aptitud Forestal	Aptitud para Eucalipto globulus	HAZI	Aptitud 61
Aptitud Forestal	Aptitud para Eucalipto nitens	HAZI	Aptitud 64
Aptitud Forestal	Aptitud para Haya	HAZI	Aptitud 71
Aptitud Forestal	Aptitud para Castaño	HAZI	Aptitud 72
Aptitud Forestal	Aptitud para Abedul	HAZI	Aptitud 73
Aptitud Forestal	Aptitud para Otras frondosas	HAZI	Aptitud 99

Para representar gráficamente las diferencias entre cada intervalo elegido para cada variable, se han seguido en el visor dos posibles estilos: uno de más claro (Clases inferiores) a más oscuro (Clases superiores) para los mapas físicos y de enfermedad y otro estilo para los mapas de aptitud de las especies basado en los 3 colores de los semáforos: verde para Aptitud buena, amarillo para Aptitud media y rojo para Aptitud baja.

Nombre de la Variable	Clase1	Clase2	Clase3	Clase4	Clase5	Clase6	Clase7	Clase8
ACTUACION	TIPO_1	TIPO_2	TIPO_3	TIPO_4	TIPO_5			
Aptitud 28enf	Bajo	Medio	Alto					
probdothi01	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1			
prediction-armi- llaria-classif.ran- ger-sp_sp.tif	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1			
prediction-diplo- dia-classif.ran- ger-sp_sp.tif	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1			
prediction-fusa- rium-classif.ran- ger-sp_sp.tif	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1			
prediction-hete- robasidion-classif. ranger-sp_sp.tif	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1			
prof_suelo	0-30	30-50	>50					
Altitud_17	0-300	300-600	600-900	900- 1200	1200- 1500			
LITOLOGIA	Igneas	Areniscas	Piz./esqu.	Lutitas	Aluv./col.	Margacal	Calizas	Otras
ORIENTACIO	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O
Pendi_17	0-10	10-30	30-50	50-100	>100			
NBR2016_08	<12000	12000- 13000	13000- 14000	14000- 15000	15000- 16000	16000- 17000	17000- 18000	18000- 20000
NBR2017_08	<12000	12000- 13000	13000- 14000	14000- 15000	15000- 16000	16000- 17000	17000- 18000	18000- 20000
NBR2018_08	<12000	12000- 13000	13000- 14000	14000- 15000	15000- 16000	16000- 17000	17000- 18000	18000- 20000
NBR2018_09	<12000	12000- 13000	13000- 14000	14000- 15000	15000- 16000	16000- 17000	17000- 18000	18000- 20000
NBR2018_10	<12000	12000- 13000	13000- 14000	14000- 15000	15000- 16000	16000- 17000	17000- 18000	18000- 20000
NBR2019_02	<12000	12000- 13000	13000- 14000	14000- 15000	15000- 16000	16000- 17000	17000- 18000	18000- 20000
PROPIEDAD	PÚBLICO	PRIVADO						
Hdom_08	0-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	>35	
Hdom_12	0-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	>35	
Hdom_17	0-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	>35	
P10_17	0-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	>35	
P50_17	0-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	>35	
P90_17	0-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	>35	

Nombre de la Variable	Clase1	Clase2	Clase3	Clase4	Clase5	Clase6	Clase7	Clase8
VCCmed_17	0-100	100-300	300-500	500-700	700-1000	>1000		
CRcor_17	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	>30	
CRhXanu_17	0-0,4	0,4-0,8	0,8-1,2	1,2-1,6	1,6-2	>2		
CRmed_17	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	>30	
CALcla_17	1	2	3	4-8	10-14	15-19	20-23	24-27
EDaptXcla_	01-10	11-20	16-20	21-30	31-40	41-50	51-60	>61
Precipi_16	<600	600-1000	1000-1400	1400-1800	1800-2200	2200-2400		
Tempe_16	<8	8-10	10-12	12-14	14-16			
Weib_A_17	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15			
Weib_K_17	0-0,4	0,4-0,8	0,8-1,2	1,2-1,6	1,6-2			
Prob_GAM	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1			
Aptitud 18	Baja	Media	Alta					
Aptitud 21	Baja	Media	Alta					
Aptitud 24	Baja	Media	Alta					
Aptitud 25	Baja	Media	Alta					
Aptitud 26	Baja	Media	Alta					
Aptitud 28	Baja	Media	Alta					
Aptitud 33	Baja	Media	Alta					
Aptitud 34	Baja	Media	Alta					
Aptitud 35	Baja	Media	Alta					
Aptitud 901	Baja	Media	Alta					
Aptitud 902	Baja	Media	Alta					
Aptitud 921	Baja	Media	Alta					
Aptitud 41	Baja	Media	Alta					
Aptitud 42	Baja	Media	Alta					
Aptitud 43	Baja	Media	Alta					
Aptitud 44	Baja	Media	Alta					
Aptitud 45	Baja	Media	Alta					
Aptitud 48	Baja	Media	Alta					
Aptitud 55	Baja	Media	Alta					
Aptitud 61	Baja	Media	Alta					
Aptitud 64	Baja	Media	Alta					
Aptitud 71	Baja	Media	Alta					
Aptitud 72	Baja	Media	Alta					
Aptitud 73	Baja	Media	Alta					
Aptitud 99	Baja	Media	Alta					

#### 4.- MAPAS DE APTITUD FORESTAL

Con el fin de poder completar la cartografía generada en este proyecto y guiar a propietarios y gestores forestales vascos en futuras reforestaciones, se han construido distintos modelos matemáticos cuantitativos basados en el crecimiento anual (m) de las alturas dominantes LiDAR entre 2012 y 2017. Se han construido 25 modelos para cuantificar la aptitud de sendas especies forestales principales y un modelo complementario, llamado "Aptitud 28enf", para modelizar la afección de la enfermedad de las bandas en masas adultas de pino radiata en agosto de 2018.

Las variables independientes de tipo físico que han permitido construir estos modelos cuantitativos, junto a su ponderación, han sido:

- Altitud media de cada cuadrícula de 1 ha (m). Valor máximo 35
- Pendiente media (%). Valor máximo 4
- Orientación, que se cuantifica a través del Valor absoluto de la diferencia entre la exposición de la ladera y el valor Sur (180º). Valor máximo 15
- Precipitación media anual (mm). Valor máximo 17
- Temperatura media anual (°C). Valor máximo 17
- Coordenada UTM X (m). Valor máximo 6
- Coordenada UTM Y (m). Valor máximo 6

Así, los modelos estadísticos obtenidos para modelizar el crecimiento anual de las alturas dominantes en base a estas 7 variables físicas han sido:

Especie	Altitud	Pendiente	Orientación
Ciprés Lawson	35-35*ABS(ALTITUD-572.955)/572.955	4-4*ABS(PENDIENTE-33.7637)/33.7637	15-15*ABS(ORIENTACION-1.72647)/1.72647
Pino silvestre	35-35*ABS(ALTITUD-753)/753	4-4*ABS(PENDIENTE-27.6366)/27.6366	15-15*ABS(ORIENTACION-1.934)/1.934
Pino halepensis	35-35*ABS(ALTITUD-611)/611	4-4*ABS(PENDIENTE-31.0955)/31.0955	15-15*ABS(ORIENTACION-2.29682)/2.29682
Pino laricio	35-35*ABS(ALTITUD-638.45)/638.45	4-4*ABS(PENDIENTE-36.5312)/36.5312	15-15*ABS(ORIENTACION-2.09047)/2.09047
Pino pináster	35-35*ABS(ALTITUD-314)/314	4-4*ABS(PENDIENTE-35.5)/35.5	15-15*ABS(ORIENTACION-1.80252)/1.80252
Pino radiata	35-35*ABS(ALTITUD-340.541)/340.541	4-4*ABS(PENDIENTE-39.2637)/39.2637	15-15*ABS(ORIENTACION-1.96308)/1.96308
Píceea europea	35-35*ABS(ALTITUD-676.442)/676.442	4-4*ABS(PENDIENTE-27.6)/27.6	15-15*ABS(ORIENTACION-1.827)/1.827

Especie	Altitud	Pendiente	Orientación
Abeto Douglas	35-35*ABS(ALTITUD-527.574)/527.574	4-4*ABS(PENDIENTE-40.6668)/40.6668	15-15*ABS(ORIENTACION-1.60647)/1.60647
Alerce	35-35*ABS(ALTITUD-591.81)/591.81	4-4*ABS(PENDIENTE-41.6446)/41.6446	15-15*ABS(ORIENTACION-1.34638)/1.34638
Roble pedunculado	35-35*ABS(ALTITUD-357.909)/357.909	4-4*ABS(PENDIENTE-37.5765)/37.5765	15-15*ABS(ORIENTACION-1.88134)/1.88134
Roble peciolado	35-35*ABS(ALTITUD-567.856)/567.856	4-4*ABS(PENDIENTE-43.4962)/43.4962	15-15*ABS(ORIENTACION-1.47)/1.47
Rebollo	35-35*ABS(ALTITUD-721.8)/721.8	4-4*ABS(PENDIENTE-23.6494)/23.6494	15-15*ABS(ORIENTACION-2.32124)/2.32124
Quejigo fagínea	35-35*ABS(ALTITUD-673.775)/673.775	4-4*ABS(PENDIENTE-26.4698)/26.4698	15-15*ABS(ORIENTACION-1.94175)/1.94175
Encina	35-35*ABS(ALTITUD-628.179)/628.179	4-4*ABS(PENDIENTE-33.0235)/33.0235	15-15*ABS(ORIENTACION-2.42122)/2.42122
Roble americano	35-35*ABS(ALTITUD-312.454)/312.454	4-4*ABS(PENDIENTE-38.8852)/38.8852	15-15*ABS(ORIENTACION-1.87649)/1.87649
Fresno	35-35*ABS(ALTITUD-475.152)/475.152	4-4*ABS(PENDIENTE-17.0427)/17.0427	15-15*ABS(ORIENTACION-1.68537)/1.68537
Eucalipto globulus	35-35*ABS(ALTITUD-181.838)/181.838	4-4*ABS(PENDIENTE-34.0313)/34.0313	15-15*ABS(ORIENTACION-2.01414)/2.01414
Eucalipto nitens	35-35*ABS(ALTITUD-270.541)/270.541	4-4*ABS(PENDIENTE-34.6)/34.6	15-15*ABS(ORIENTACION-1.934)/1.934
Haya	35-35*ABS(ALTITUD-787.881)/787.881	4-4*ABS(PENDIENTE-37.5559)/37.5559	15-15*ABS(ORIENTACION-1.46)/1.46
Castaño	35-35*ABS(ALTITUD-336)/336	4-4*ABS(PENDIENTE-45.55)/45.55	15-15*ABS(ORIENTACION-1.54)/1.54
Abedul	35-35*ABS(ALTITUD-451.375)/451.375	4-4*ABS(PENDIENTE-41.0394)/41.0394	15-15*ABS(ORIENTACION-1.89)/1.89
Otras frondosas	35-35*ABS(ALTITUD-250.494)/250.494	4-4*ABS(PENDIENTE-37.424)/37.424	15-15*ABS(ORIENTACION-1.78119)/1.78119
Secuoya	35-35*ABS(ALTITUD-326.133)/326.133	4-4*ABS(PENDIENTE-41)/41	15-15*ABS(ORIENTACION-1.8588)/1.8588
Criptomeria	35-35*ABS(ALTITUD-356.462)/356.462	4-4*ABS(PENDIENTE-43.3062)/43.3062	15-15*ABS(ORIENTACION-2.25)/2.25
Pino taeda	35-35*ABS(ALTITUD-454.429)/454.429	4-4*ABS(PENDIENTE-46.4747)/46.4747	15-15*ABS(ORIENTACION-1.77444)/1.77444
Aptitud 28enf	35-35*ABS(ALTITUD-232)/232	4-4*ABS(PENDIENTE-40.2)/40.2	15-15*ABS(ORIENTACION-3)/2

Especie	Precip	Temp	CoordX	CoordY
Ciprés Lawson	17-17*ABS(PRE- CIP-1349.01)/586.83	17-17*ABS(- TEMP-11.2647)/2.8490	6-6*ABS(COOR- DX-533566.56)/67071.39	6-6*ABS(- COORDY-4772749.7)/42885.815
Pino silvestre	17-17*ABS(PRE- CIP-870.309)/684.6	17-17*ABS(- TEMP-10.6749)/2.7586	6-6*ABS(COOR- DX-501286.9)/61343.13	6-6*ABS(- COORDY-4747978)/45575
Pino halepensis	17-17*ABS(PRE- CIP-1023.91)/305	17-17*ABS(- TEMP-11.3595)/1.57	6-6*ABS(COOR- DX-526232)/26458	6-6*ABS(- COORDY-4717975)/24871
Pino laricio	17-17*ABS(PRE- CIP-1315.18)/715.3	17-17*ABS(- TEMP-11.0612)/3.6475	6-6*ABS(COOR- DX-541046)/68898	6-6*ABS(- COORDY-4766119)/46384
Pino pináster	17-17*ABS(PRE- CIP-1265)/627.5	17-17*ABS(- TEMP-13.03)/3.15389	6-6*ABS(COOR- DX-528661)/59476.6735	6-6*ABS(- COORDY-4788434)/47477.74
Pino radiata	17-17*ABS(PRE- CIP-1345.61)/648.87	17-17*ABS(- TEMP-12.4745)/3.6335	6-6*ABS(COOR- DX-530889.35)/69486.37195	6-6*ABS(- COORDY-4780026)/46025
Pícea europea	17-17*ABS(PRE- CIP-1273.63)/634.78	17-17*ABS(- TEMP-10.7779)/3.023	6-6*ABS(COOR- DX-544722.5)/66132.4	6-6*ABS(COOR- Y4759127.71)/40737.1362
Abeto Douglas	17-17*ABS(PRE- CIP-1399.87)/628.48	17-17*ABS(- TEMP-11.4216)/3.2591	6-6*ABS(COOR- DX-548306.884)/67468	6-6*ABS(COOR- Y4771483.84)/45161
Alerce	17-17*ABS(PRE- CIP-1460.55)/587	17-17*ABS(- TEMP-11.0511)/2.8383	6-6*ABS(COOR- DX-558040)/67491.632	6-6*ABS(COOR- Y4771860.58265539)/41649.5334
Roble pedunc.	17-17*ABS(PRE- CIP-1374.68)/632	17-17*ABS(- TEMP-12.2732)/3.0188	6-6*ABS(COOR- DX-547002)/69623	6-6*ABS(COOR- Y4776691.308)/49554.80599
Roble peciulado	17-17*ABS(PRE- CIP-1213.13)/321.86	17-17*ABS(- TEMP-11.2098)/2.3123	6-6*ABS(COOR- DX-523069.856) /59191.81025	6-6*ABS(COOR- Y4767570.7234)/33321.36
Rebollo	17-17*ABS(PRE- CIP-1169.72)/663.75	17-17*ABS(- TEMP-10.5946)/3.0932	6-6*ABS(COOR- DX-535264.114)/66859.7869	6-6*ABS(COOR- Y4744974.495)/46228
Quejigo fáginea	17-17*ABS(PRE- CIP-1013)/480.573	17-17*ABS(- TEMP-10.9415)/3	6-6*ABS(COOR- DX-524059.308)/44095.9	6-6*ABS(- COORDY-4742288)/45519.3
Encina	17-17*ABS(PRE- CIP-1038.69)/893.27	17-17*ABS(- TEMP-11.2881)/3.8723	6-6*ABS(COOR- DX-519638.047)/64911.431	6-6*ABS(COOR- Y4752145.876)/53424.4161
Roble americano	17-17*ABS(PRE- CIP-1416.83)/604.79	17-17*ABS(- TEMP-12.5966)/2.4933	6-6*ABS(COOR- DX-551482.289)/66310	6-6*ABS(- COORDY-4781301.909)/44551
Fresno	17-17*ABS(PRE- CIP-1077)/670.9865	17-17*ABS(- TEMP-11.8068)/3.5113	6-6*ABS(COOR- DX-531481)/63895.895	6-6*ABS(- COORDY-4757028.74)/45575
Eucalipto globulus	17-17*ABS(PRE- CIP-1250.23)/456.83	17-17*ABS(- TEMP-13.7636)/2.7462	6-6*ABS(COOR- DX-515512.4198)/68511	6-6*ABS(- COORDY-4799363)/25035
Eucalipto nitens	17-17*ABS(PRE- CIP-1293.93)/441.2	17-17*ABS(- TEMP-12.8904)/2.7675	6-6*ABS(COOR- DX-509520.46)/61873	6-6*ABS(COOR- Y4787744.79)/27139.577
Haya	17-17*ABS(PRE- CIP-1220)/737.5825	17-17*ABS(- TEMP-10.2215)/3.9367	6-6*ABS(COOR- DX-540568.55)/69079	6-6*ABS(- COORDY-4753874.739)/46751.4
Castaño	17-17*ABS(PRE- CIP-1362.87)/627.31	17-17*ABS(- TEMP-12.3622)/2.3671	6-6*ABS(COOR- DX-534995)/67718	6-6*ABS(- COORDY-4781292.64)/43828.4
Abedul	17-17*ABS(PRE- CIP-1374.5)/494.314	17-17*ABS(- TEMP-11.8893)/2.9856	6-6*ABS(COOR- DX-546471.6)/65934	6-6*ABS(COOR- Y4773204.7958)/43506.6
Otras frondosas	17-17*ABS(PRE- CIP-1361.34)/844	17-17*ABS(- TEMP-12.8871)/3.6079	6-6*ABS(COOR- DX-542315.4365)/59507	6-6*ABS(- COORDY-4783099)/49811.6



Especie	Precip	Temp	CoordX	CoordY
Secuoya	17-17*ABS(PRE-CIP-1463.46)/328.53	17-17*ABS(-TEMP-12.3389)/2.7957	6-6*ABS(COOR-DX-563286)/51068	6-6*ABS(-COORDY-4776189.4)/21018
Criptomeria	17-17*ABS(PRE-CIP-1488.23)/368.68	17-17*ABS(-TEMP-12.2519)/2.0239	6-6*ABS(COOR-DX-561846.669)/37807	6-6*ABS(-COORDY-4777830.5)/21334
Pino taeda	17-17*ABS(PRE-CIP-1623.23)/267.87	17-17*ABS(-TEMP-11.5303)/2.0732	6-6*ABS(COOR-DX-567688.88)/69638.42	6-6*ABS(-COORDY-4787360.648)/11552
Aptitud 28enf	17-17*ABS(PRE-CIP-1600)/250	17-17*ABS(-TEMP-12.4461)/3	6-6*ABS(COOR-DX-540111)/60000	6-6*ABS(-COORDY-4781050)/30000

Para cada especie principal y cada variable física se obtiene así un valor numérico (puntos). No puede haber valores negativos, en ese caso se hacen cero. Las reglas finales seguidas han sido:

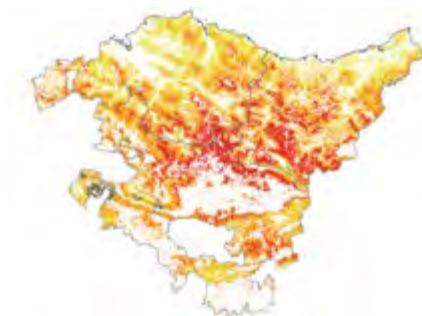
- Si la suma para una Especie supera 75 puntos: Aptitud Alta para esa especie
- Si la suma para una Especie se ubica entre 75-50 puntos: Aptitud Media
- Si la suma para una Especie no llega a 50 puntos: Aptitud Baja

A partir de los valores considerados para cada especie en el País Vasco, se han calculado estos valores óptimos desde el punto de vista del máximo crecimiento medio anual en altura:

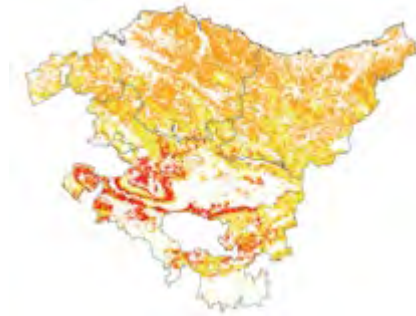
Especie	Altitud óptima (m)	Precipitación óptima (mm)	Temp. Media óptima (°C)
Ciprés Lawson	572,96	1.349,01	11,26
Pino silvestre	753,00	870,31	10,67
Pino halepensis	611,00	1.023,91	11,36
Pino laricio	638,45	1.315,18	11,06
Pino pináster	314,00	1.265,19	13,03
Pino radiata	340,54	1.345,61	12,47
Píceea europea	676,44	1.273,63	10,78
Abeto Douglas	527,57	1.399,87	11,42
Alerce	591,81	1.460,55	11,05
Roble pedunc.	357,91	1.374,68	12,27
Roble peciolado	567,86	1.213,13	11,21
Rebollo	721,80	1.169,72	10,59
Quejigo fagínea	673,78	1.013,00	10,94
Encina	628,18	1.038,69	11,29
Roble americano	312,45	1.416,83	12,60
Fresno	475,15	1.077,04	11,81
Eucalipto globulus	181,84	1.250,23	13,76
Eucalipto nitens	270,54	1.293,93	12,89
Haya	787,88	1.220,05	10,22
Castaño	336,00	1.362,87	12,36
Abedul	451,38	1.374,50	11,89
Otras frondosas	250,49	1.361,34	12,89
Secuoya	326,13	1.463,46	12,34
Criptomeria	356,46	1.488,23	12,25
Pino taeda	454,43	1.623,23	11,53

Igualmente, se han tenido en cuenta estas zonas no recomendables para cada especie en el País Vasco, debido a que no se han inventariado cuadrículas con valores fuera de estos intervalos:

Especie	SI SUPERA Altitud (m)	POR DEBAJO DE Precipitación (mm)	POR DEBAJO DE Temp. media (°C)
Ciprés Lawson	1.034,66	916,94	8,94
Pino silvestre	1.324,98	568,79	8,31
Pino halepensis	907,53	-	9,21
Pino laricio	1.244,12	691,62	7,98
Pino pináster	955,51	595,33	9,42
Pino radiata	1.220,47	775,21	8,47
Píceea europea	1.235,57	769,34	7,97
Abeto Douglas	1.159,29	774,72	7,99
Alerce	1.216,54	898,93	8,39
Roble pedunc.	1.124,77	750,04	8,85
Roble peciolado	1.030,25	951,66	9,29
Rebollo	1.120,15	707,34	8,62
Quejigo fagínea	1.344,18	-	7,75
Encina	1.351,41	-	7,51
Roble americano	834,4	848,66	9,93
Fresno	1.161,31	633,78	7,57
Eucalipto globulus	670,00	1.055,41	10,1
Eucalipto nitens	835,39	1.018,94	10,1
Haya	1.436,54	617,49	6,96
Castaño	895,93	800,38	10,16
Abedul	1.106,52	933,4	8,42
Otras frondosas	704,36	644,85	10,72
Secuoya	787,98	1.125,00	9,76
Criptomeria	732,92	1.107,04	10,29
Pino taeda	683,14	1.228,81	10,23



*Aptitud para Pino laricio*



*Aptitud para Pino silvestre*

Se muestran dos mapas de aptitud, el de Pino laricio como ejemplo de especie plantada y el de Pino silvestre como especie autóctona, mostrando en rojo las zonas de mejor aptitud, en amarillo las de aptitud media y en naranja las de menor aptitud, quedando en blanco las zonas en principio no recomendables o no arboladas.

Como concepto complementario a esas zonas no recomendables, se incluye, por último, una pequeña tabla de recomendaciones de empleo de distintas especies forestales en base a sus requerimientos más conocidos, pero que no han podido ser incorporados a los modelos realizados debido a su dificultad de adaptación a modelos matemáticos cuantitativos. Por ejemplo, habría que tener en cuenta estas conocidas limitaciones:

Mejor en litologías calizas	Quejigo fagínea
Mejor en litologías arenosas	Pino pináster, Rebollo
Evitar en suelos poco profundos	Abeto Douglas, Secuoya, Pino taeda, Roble pedunculado, Fresno

## 5.- MAPA DE PROFUNDIDAD DEL SUELO FORESTAL

Dada la inexistencia de una cartografía sobre profundidad del suelo forestal, se ha decidido construir una capa propia, aunque no se ha tenido en cuenta en los modelos de aptitud realizado, sino sólo como recomendación.

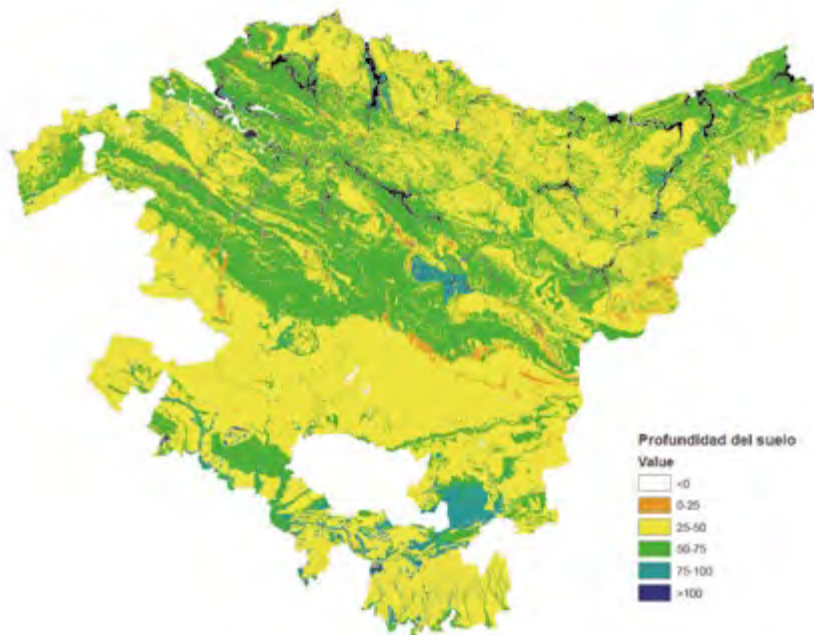
Esta nueva cartografía de profundidad del suelo forestal se ha basado en las 428 parcelas de la red Basonet de gestión forestal sostenible, creada por IKT en 2001. Estas parcelas seguían una malla 3\*3 kilométrica ED50 sobre terrenos arbolados, repitiendo las mediciones del anterior IFN2 pero incluyendo calicatas y análisis posteriores en laboratorio de los suelos muestreados.

Estas 428 calicatas, realizadas por medio del método de cavar, medir y tapar después, se complementaron con diversas catas del terreno para poder medir la profundidad media del suelo en varios puntos alrededor de cada centro de parcela. Llegando hasta una profundidad máxima de 1-1,25 m, los datos han permitido elaborar los siguientes modelos según la litología predominante en cada parcela:

Litología	Profundidad del suelo estimada (en cm)
Aluvial/coluvial	$5544,47 + 0,115982*ALTITUD + 3,49926*PENDIENTE - 0,00427276*PENDIENTE*ALTITUD - 0,000936181*CX - 0,00106949*CY$
Arcillas y yesos	$-732,524 - 0,0151532*ALTITUD - 0,329591*PENDIENTE + 0,00048709*PENDIENTE*ALTITUD + 0,0000347717*CX + 0,00016163*CY$
Areniscas	$2517,52 - 0,0314284*ALTITUD - 0,571184*PENDIENTE + 0,000661528*PENDIENTE *ALTITUD + 0,0000343154*CX - 0,000515128*CY$
Calizas	$-1186,96 + 0,0268945*ALTITUD + 0,129213*PENDIENTE - 0,000654014*PENDIENTE *ALTITUD - 0,0000676727*CX + 0,000262354*CY$

Litología	Profundidad del suelo estimada (en cm)
Conglomerados	$492,218 + 0,0294523 * \text{ALTITUD} + 0,0267959 * \text{PENDIENTE} - 0,000403804 * \text{PENDIENTE} * \text{ALTITUD} + 0,000256836 * \text{CX} - 0,00012741 * \text{CY}$
Lutitas	$1046,49 + 0,0129335 * \text{ALTITUD} + 0,0341447 * \text{PENDIENTE} - 0,00054931 * \text{PENDIENTE} * \text{ALTITUD} - 0,00014129 * \text{CX} - 0,000192168 * \text{CY}$
Marga cal	$-732,524 - 0,0151532 * \text{ALTITUD} - 0,329591 * \text{PENDIENTE} + 0,00048709 * \text{PENDIENTE} * \text{ALTITUD} + 0,0000347717 * \text{CX} + 0,00016163 * \text{CY}$
Pizarras/esquistos	$-238,364 + 0,0158694 * \text{ALTITUD} - 0,759139 * \text{PENDIENTE} + 0,0000398064 * \text{PENDIENTE} * \text{ALTITUD} - 0,000490712 * \text{CX} + 0,000126987 * \text{CY}$
Rocas ígneas	$5603,19 - 0,129682 * \text{ALTITUD} - 1,57388 * \text{PENDIENTE} + 0,00287766 * \text{PENDIENTE} * \text{ALTITUD} - 0,0000457725 * \text{CX} - 0,00114075 * \text{CY}$

Agrupando los valores obtenidos de Profundidad del suelo forestal en unos pocos intervalos (0-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm, 75-100 cm y >1m), se obtiene este mapa:



## ANEXOS: PRESENTACIONES



### Situación de las principales enfermedades en los pinares Atlánticos



RTA2013-00048-C03-01  
LIFE14 ENV/ES/000179

El principal objetivo de esta presentación es realizar una breve introducción a las dos enfermedades con mayor impacto actualmente en plantaciones del género *Pinus*.

El chancro resinoso del pino:

*Fusarium circinatum*

Los rojos criptogámicos:

Bandas rojas

*Dothistroma pini*,

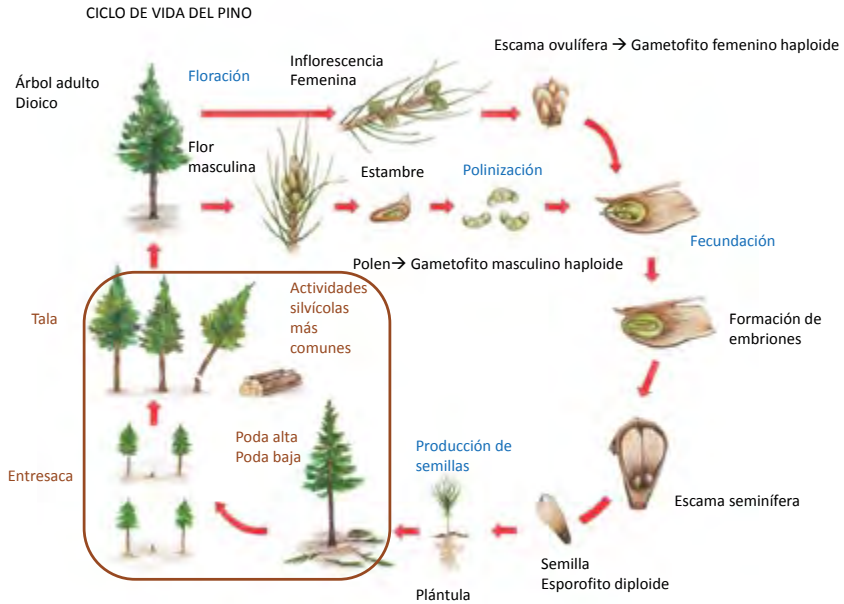
*D. septosporum*

Banda marrón

*Lecanosticta acicola*

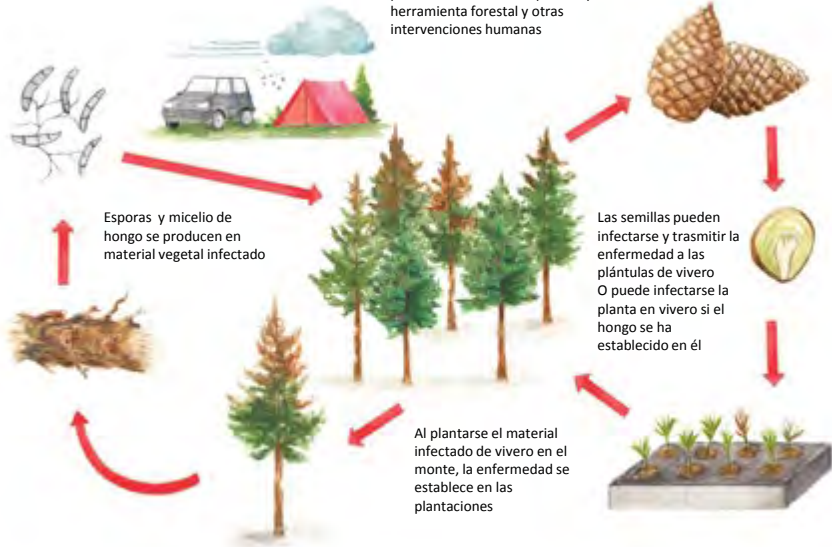
- *Cómo reconocerlos?*
- *Cómo se comportan en la naturaleza?*
- *Estrategias de prevención y control?*

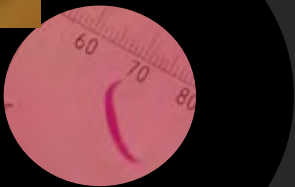
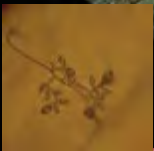
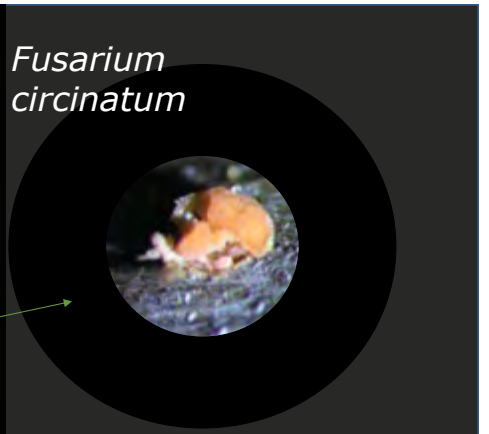
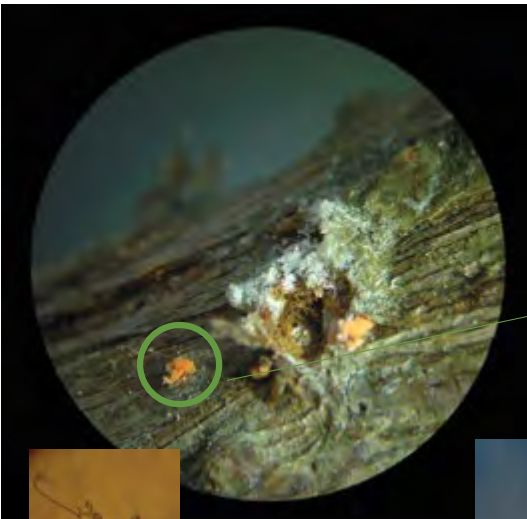




**El Chancro resinoso del pino:**  
*Fusarium circinatum*

Se pueden dispersar por el aire, con la ayuda de insectos vectores, por actividades de manejo en las plantaciones con la maquinaria y herramienta forestal y otras intervenciones humanas

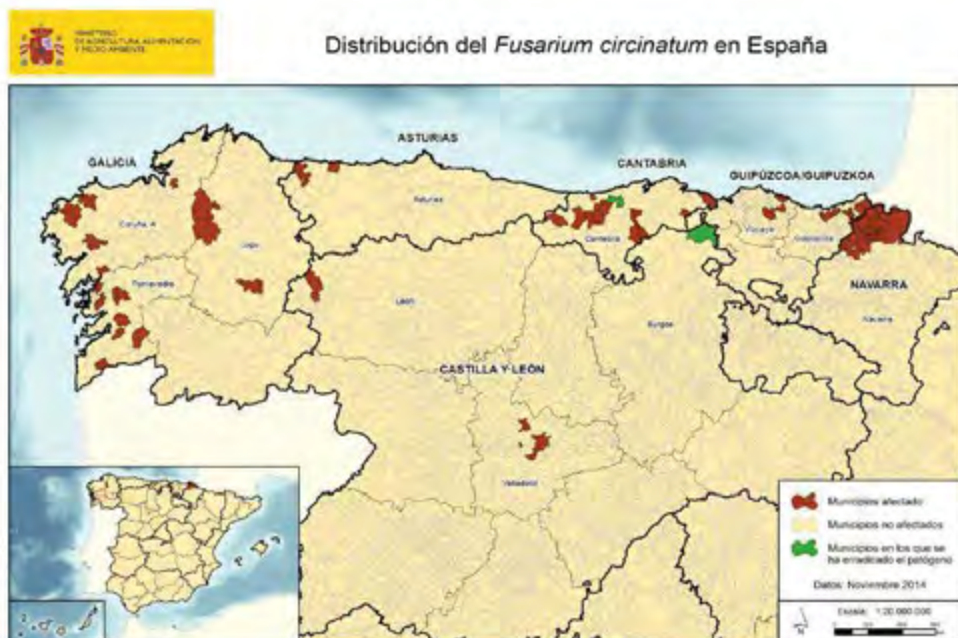




***D. SAPINEA***







## Cuál es su principal fuente de dispersión en la región Atlántica? El aire, insectos vectores, suelo, otras?

“En California, el hongo puede ser aislado fácilmente de **partes aéreas de los árboles** y de **piñas infectadas** (Wingfield et al. 2008).

Por ello se asocian los brotes de la enfermedad en bosques naturales y plantaciones a cantidades importantes de inóculo del patógeno en el aire (Schweigkofler et al. 2004; Garbelotto et al. 2008).”

Su detección en **suelo** es alta, también se detecta en herbáceas



Sólo en un 8% de las trampas se acumulaban niveles detectables de *F. circinatum* y en este 8 % tan sólo en un 25 % el recuento de esporas era comparable a lo detectado en California.

En este estudio, la discontinua distribución y bajo nivel de los recuentos de esporas de *F. circinatum* sugieren que probablemente **las esporas trasportadas por el aire no son la fuente primaria de infección** para la frecuencia de brotes detectados en plántulas de vivero.



*En estudios llevados a cabo en el País Vasco utilizando similar metodología de captura los niveles de capturas dentro de las plantaciones eran bajos pero inapreciables a pocos metros fuera de ellas*

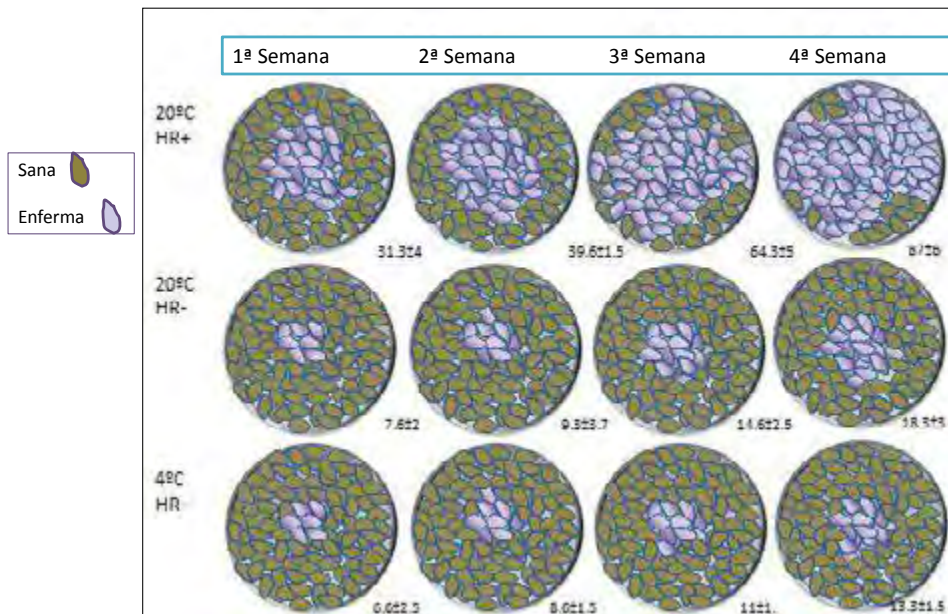
### Plantas que albergan *Fusarium circinatum*

#### Plantas que albergan *Fusarium circinatum*

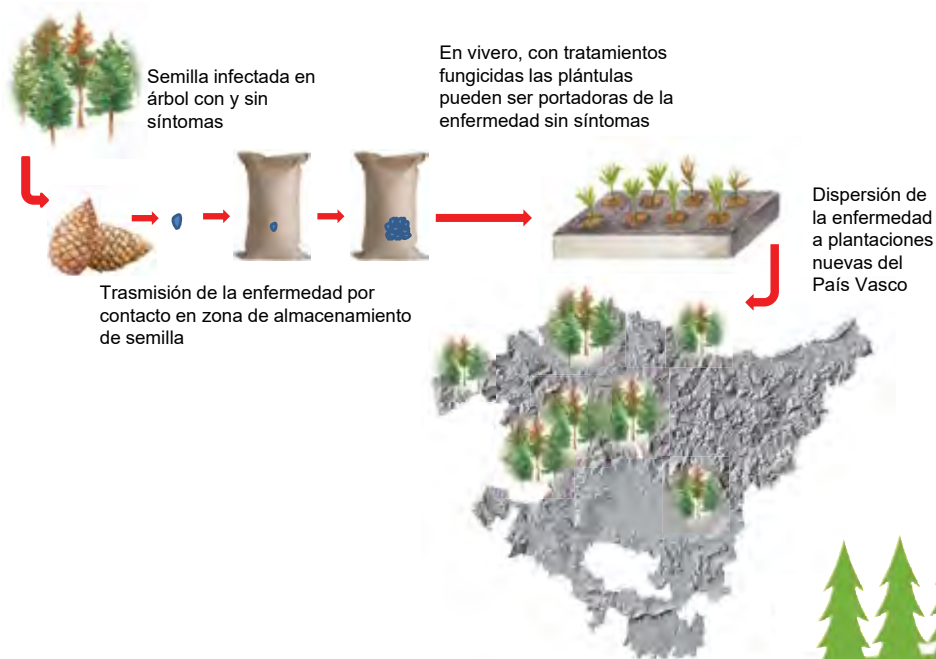
Familia	Especie	Parte de la planta infectada
Poaceae	<i>Agrostis capillaris</i>	Hoja, Tallo
	<i>Pseudarrhenatherum longifolium</i>	Hoja, Tallo
	<i>Centaurea debeauxii</i>	Tallo
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Tallo
	<i>Hypochoeris radicata</i>	Tallo, Semilla
Lamiaceae	<i>Teucrium scorodonia</i>	Tallo
Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i>	Tallo



## ¿Cómo puede infectarse la semilla fácilmente? En parcelas con infección el % de semillas infectadas es muy bajo

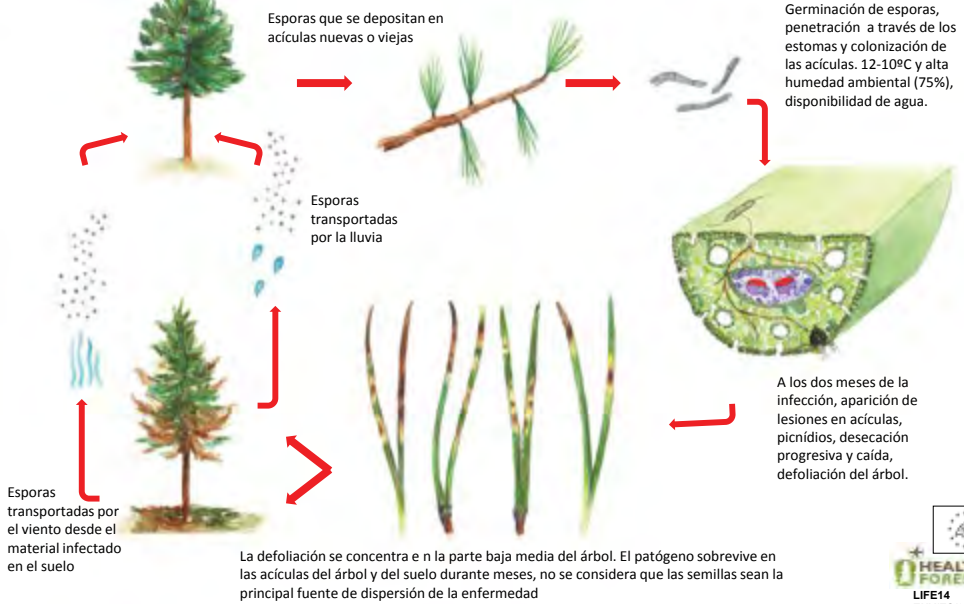


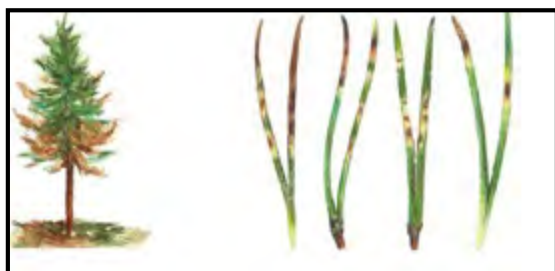
### Posible vía de dispersión por semilla



Banda marrón: *Lecanosticta acicola*

Banda roja: *Dothistroma pini*, *D septosporum*





Se considera que puede afectar a la producción cuando las defoliaciones alcanzan porcentajes >25% y que se detiene el crecimiento del árbol cuando las defolicaciones superan el 75 %.



La ocurrencia de recombinación sexual incrementa el potencial de evolución del patógeno y puede resultar en un incremento de la virulencia y adaptabilidad a condiciones de estrés. Los procesos de control y mejora se complican.



Con qué la podemos confundir?

- Con otras especies de hongos defoliadores
- Con insectos y otros organismos defoliadores
- Con deficiencias nutricionales, pH del suelo...
- Polución.....etc.



¿En qué especies se ha detectado en nuestro entorno?

Detección ≠ Desarrollo de la enfermedad

<sup>1</sup>*Pinus nigra*, <sup>2</sup>*P. halepensis*, <sup>3</sup>*P. pinaster*, <sup>4</sup>*P. pinea*, <sup>5</sup>*P. radiata*, <sup>6</sup>*P. sylvestris*, <sup>7</sup>*Pseudotsuga menziesii*

Hongo/Hospedador	Nigr 1	Hale 2	Pina 3	Pine 4	Radi5	Sylv6	Pseu7
<i>D. septosporum</i>	■		■				■
<i>D. septosporum</i> & <i>D. pini</i>	■						
<i>D. septosporum</i> & <i>L. acicola</i>					■	■	
<i>L. acicola</i>	■				■		
<i>Fusarium circinatum</i>					■		
Detecciones negativas	■	■	■	■	■	■	■



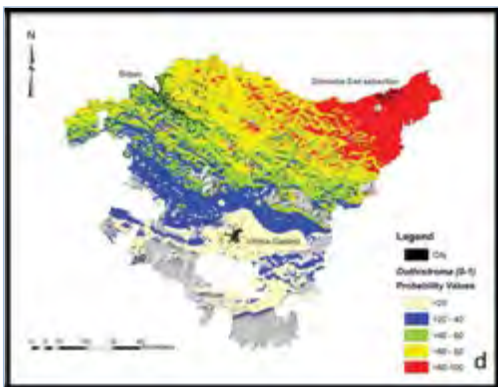
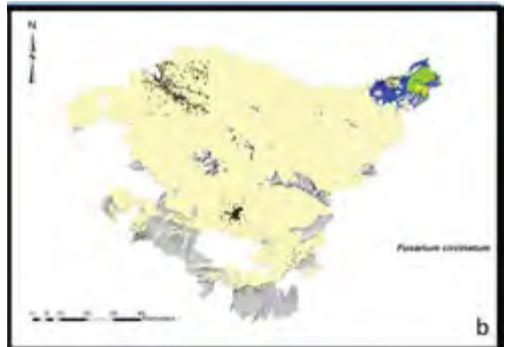
Detectada su presencia



No Detectada su presencia

Mapas de riesgo de desarrollarse la enfermedad

Presencia de la especie ≠ Desarrollo de la enfermedad



Probabilidad de que si en la zona está presente la especie patógena, se desarrolle la enfermedad.

No quiere decir que no puedan desarrollarse los pinos de forma óptima

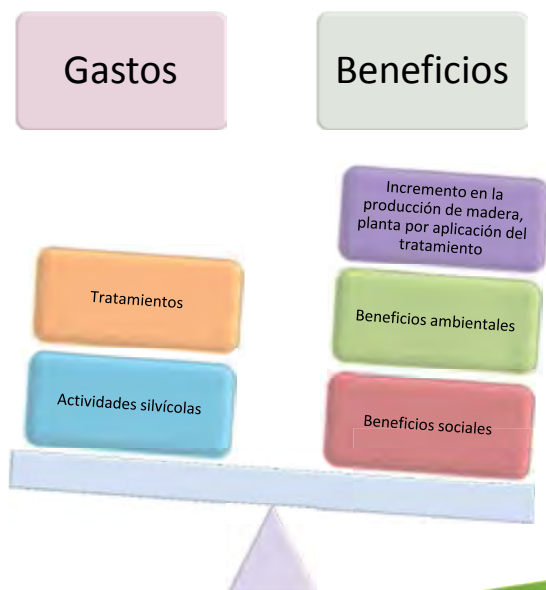
Cómo prevenir y controlar las enfermedades?  
Las buenas prácticas son esenciales

**Evitar la dispersión con nuestras propias actuaciones es esencial.**

- Recoger semilla de plantaciones sanas**
- Limpiar en la medida de lo posible las herramientas y maquinaria que se utilizan en el monte en diferentes parcelas**
- Eliminar material enfermo**

Definir y Consensuar estrategias de detección, prevención y control integrado que puedan ser afrontadas económicamente por los propietarios en estos momentos complicados del mercado de la madera, que generen un impacto ambiental y social positivo por su respeto al medio ambiente.

Tratamientos → Inversión económica



## Actividades silvícolas

Las podas y las entresacas en general favorecen el desarrollo de los árboles, aumentar el marco de plantación.



En áreas demarcadas de *Fusarium circinatum*  
 → Heridas → entrada de la enfermedad en los árboles sanos.  
 Herramientas y maquinaria que fueron utilizadas en parcelas enfermas → seremos transmisores potenciales de la enfermedad a los árboles sanos

Al airearse los árboles, se retiene menos humedad y esto no favorece el desarrollo de las **bandas** a la vez que se elimina inóculo de los patógenos → **Solución temporal? Evitar densidades de plantación altas (-Coste)**

Fertilización



Si se fertiliza no utilizar dosis altas de N



## Tratamientos

*Estudio de tratamientos respetuosos con el medio ambiente.*

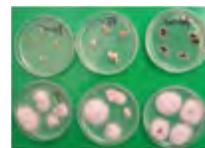
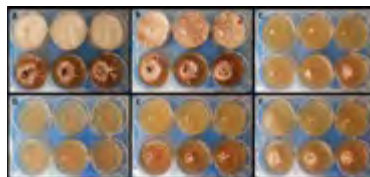
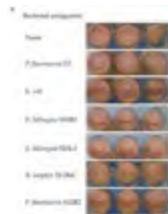
*Sustancias de origen natural. Productos comercializados en NZ.*

*Organismos de biocontrol procedentes de las plantaciones de Pinus radiata del País Vasco*

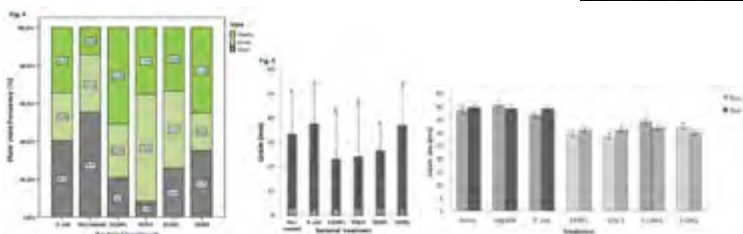


Tratamientos

Evaluar la eficiencia de los métodos de control biológico desarrollados, estudio de su persistencia



Bacterial strain	Closest homology	Similarity, Identity or S-ab score	Accession number
S32R2	<i>P. fluorescens</i> str. B67	99.79%*	EU169164.1
S2Z11	<i>B. weihenstephanensis</i> str. WSBC 10204	100%*	AM747230.1
	<i>B. mycoloides</i> CIP 103472	1.0*	AM747229
S11R41	<i>B. simplex</i> str. UMG 21002	1.0*	AUS28745.1
	[ <i>Brevibacterium</i> ] <i>Frigiditolerans</i> ; type strain DSM 8801	1.0*	AM747313
S3111	<i>Rhizobium</i> sp. str. CDC 21234	99.79%*	U88435.1
	<i>R. aquatilis</i> str. 334	99.04%*	X29940.1
S1-1R21	<i>P. fluorescens</i> ; 2312	0.993 <sup>b</sup>	EU160313
	<i>P. constantii</i>	99% <sup>c</sup>	AF374472
	<i>P. poae</i> ; zoi-15; JQ782898	0.993 <sup>b</sup>	JQ782898
S2R.3	<i>E. hillingsiae</i> str. Eb661	99.93%*	FP236843
S31R1	<i>E. hillingsiae</i> str. Eb661	100%*	FP236843



Tratamientos

Los tratamientos químicos se aplican en semilla y planta, no en árbol para el caso de *Fusarium circinatum*, tendencia marcada por la reglamentación y el impacto económico y ambiental hacia al uso de termoterapia, sustancias naturales y organismos antagonistas.

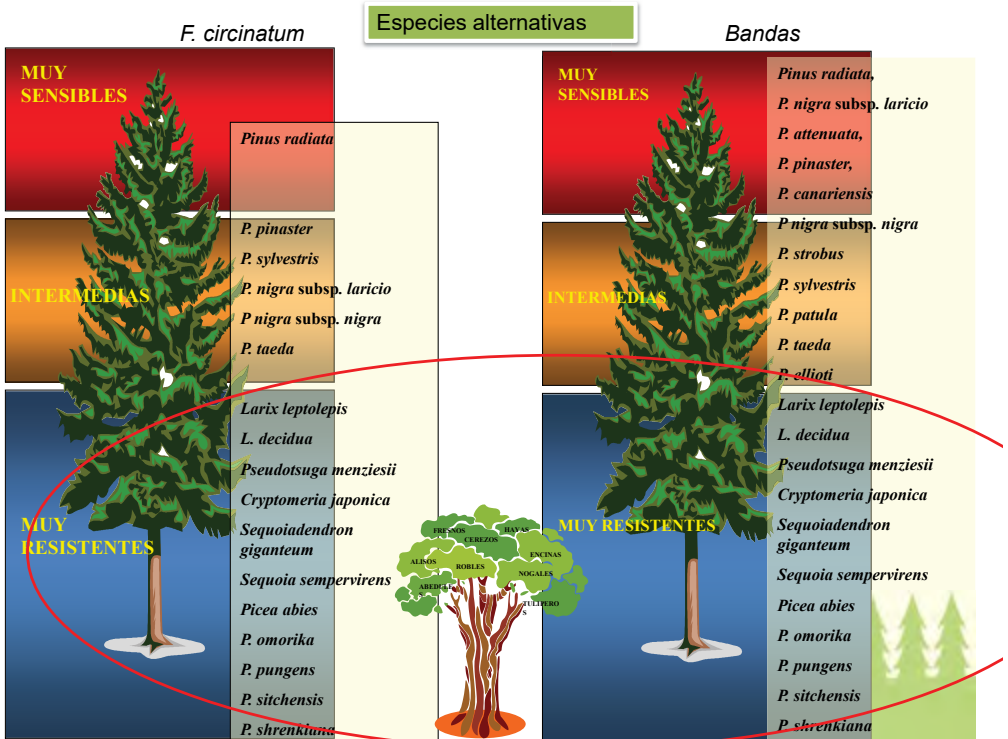
En el caso de *Dothistroma* se han encontrado tratamientos efectivos, fungicidas con cobre, los más ampliamente utilizados son el **sulfato de cobre, oxiclورو de cobre**.

Los neozelandeses aplican estos tratamientos de forma rutinaria por vía aérea, puede necesitarse realizar **2 aplicaciones por año**, por lo general realizan **una cada 3 años**.

No elimina la enfermedad pero sí reduce la defoliación causada por la misma.

En Europa la legislación es menos permisiva y surgen interrogantes sobre el impacto ambiental y económico (coste de los tratamientos anuales con respecto a beneficios económicos derivados del incremento del crecimiento del árbol por aplicar dichos tratamientos





## *Dothistroma septosporum*

Las listas de especies en función de su susceptibilidad pueden cambiar de un lugar a otro, así como los niveles de resistencia dentro de una misma especie, dependiendo de las procedencias, condiciones climáticas, etc.

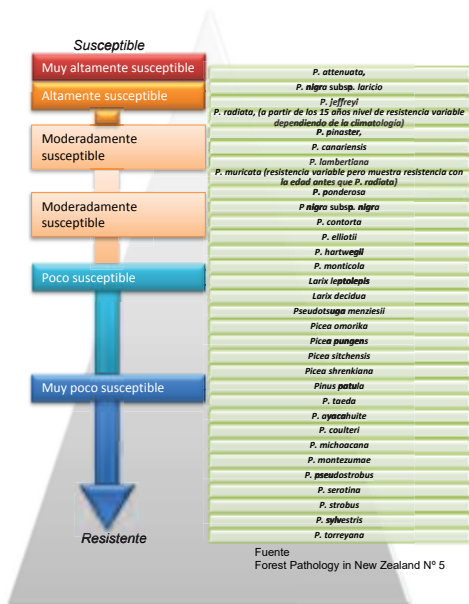
Listas de especies para *D. septosporum* :

Fuente: [www.forestry.gov.uk/forestresearch](http://www.forestry.gov.uk/forestresearch)

**Altamente susceptible** - *P. attenuata*, *P. x attenuradiata*, *P. brutia*, *P. canariensis*, *P. cembroides*, *P. contorta* var. *latifolia*, *P. engelmannii*, *P. halepensis*, *P. jeffreyi*, *P. muricata*, *P. nigra* subsp. *laricio*, *P. nigra* subsp. *nigra*, *P. pinea*, *P. ponderosa*, *P. radiata*, *P. sabineana*, *P. sylvestris*, *P. thunbergii*

**Moderadamente susceptible** - *P. bungeana*, *P. canariensis*, *P. caribaea*, *P. coulteri*, *P. cubensis*, *P. densiflora*, *P. echinata*, *P. echinata x taeda*, *P. elliotii*, *P. flexilis*, *P. jeffreyi*, *P. kesiya*, *P. lambertiana*, *P. massoniana*, *P. monticola*, *P. mugo* subsp. *Mugo*, *P. muricata*, *P. occidentalis*, *P. palustris*, *P. pinaster*, *P. pungens*, *P. radiata* var. *binata*, *P. resinosa*, *P. roxburghii*, *P. strobiformis*, *P. strobus*, *P. taeda*, *P. thunbergii*

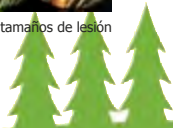
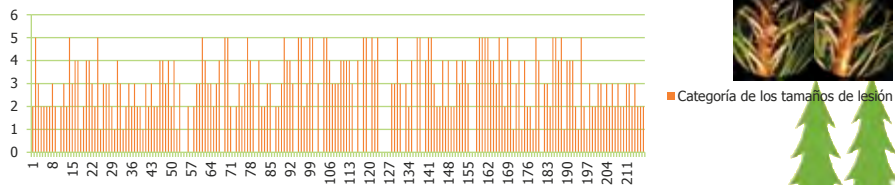
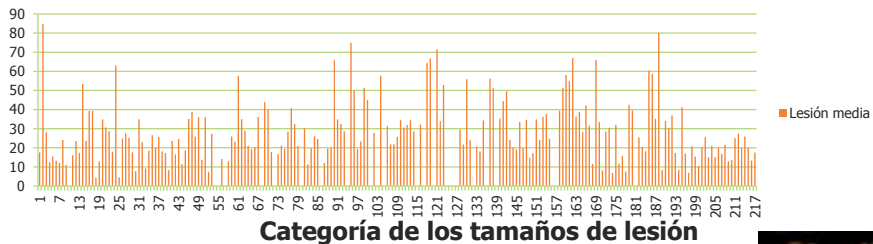
**Ligeramente susceptible** *P. aristata*, *P. ayacahuite*, *P. contorta*, *P. coulteri*, *P. devoniana*, *P. elliotii*, *P. elliotii* var. *densa*, *P. hartwegii*, *P. heldreichii*, *P. koraiensis*, *P. merkusii*, *P. montezumae*, *P. monticola*, *P. nigra* subsp. *nigra*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *P. rigida*, *P. sabineana*, *P. serotina*, *P. sibirica*, *P. strobus*, *P. strobus* L. var. *chiapensis*, *P. sylvestris*, *P. tabuliformis*, *P. taeda*, *P. torreyana*, *P. wallichiana*



Dentro de la misma especie tenemos individuos con un comportamiento interesante, estamos estudiando la persistencia de la resistencia tolerancia en el tiempo de la planta ubicada en zonas de alto riesgo



**Lesión media**



La detección temprana de las enfermedades en semilla, planta y árbol adulto resulta clave a la hora de que las estrategias de control resulten eficaces → Proyecto Life Healthy forest



**Dra C.L. Patten.**  
**University of New Brunswick**  
[Biochemical and genetic characterization of beneficial plant-bacterial](#)



**Dra Nebai Mesanza,**  
**Ana Aragonés,**  
**Tania Manzanos,**  
**Ander Isasmendi**  
**Eugenia Iturritxa**



**Dra Rosa Raposo, Dra Margarita Elvira**  
**Laura Hernandez**



**Dr Alexander Brenning**  
**University of Jena**



# Gracias por su atención





# Management strategies for Mitigation of Pitch Canker and Needle Diseases of Pines

Steve Woodward



What is happening to our beautiful forests?

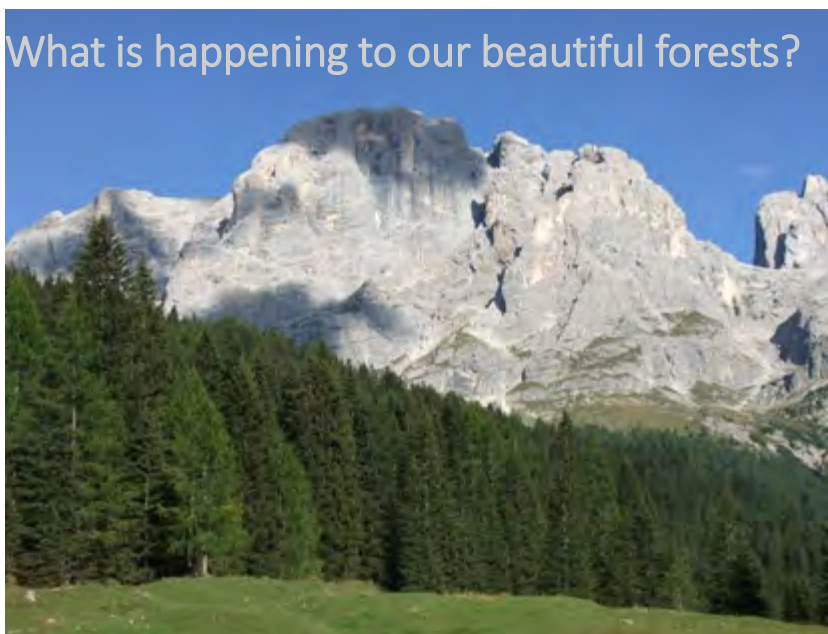




Image: UK FC; Hugh Clayden





Image: Thomas Jung



## Alien Invasives...

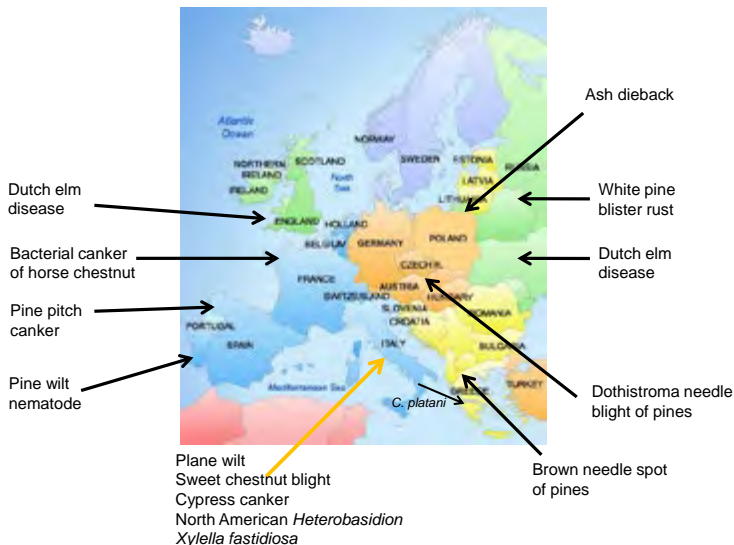
### Alien Invasive species (AIS)

- [pathogens] inadvertently moved from their region of evolution to region where they were previously unknown;

### Outcome [sometimes]:

- Development of disease epidemics that threaten the continued existence of affected ecosystems or certain plant species within the
- Knock-on impact on other organisms reliant on affected plants.

### Pathogen invasions in Europe: some examples

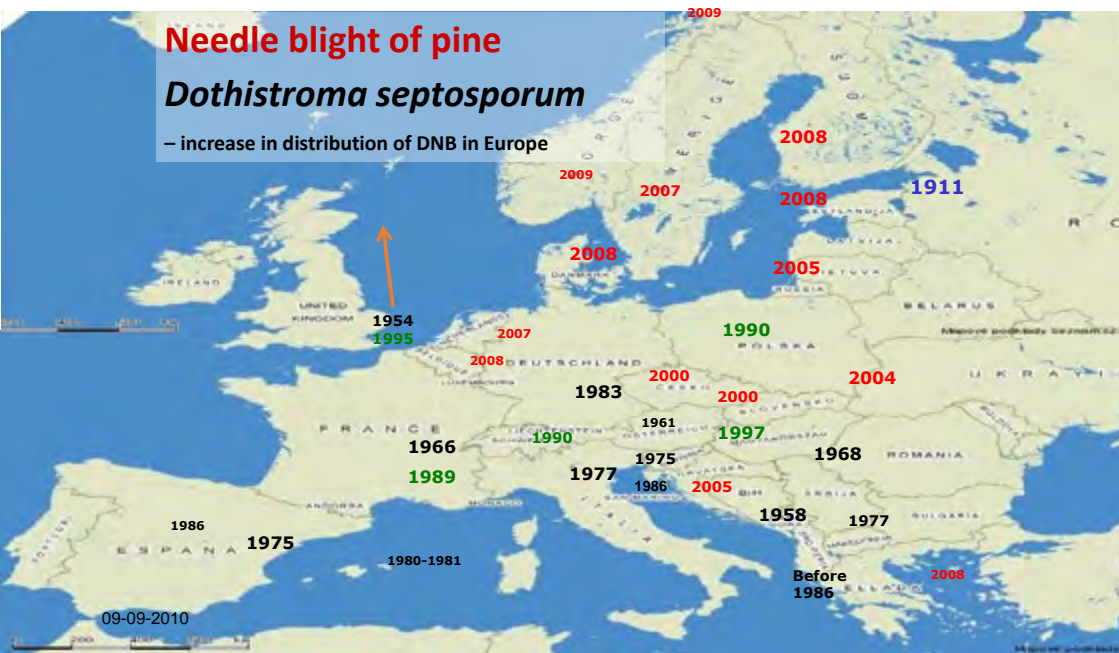


## Pathogen invasions: *Phytophthora*

Over 100 years ago?  
*Phytophthora cinnamomi*  
*Phytophthora cambivora*

Since ~1985  
*Phytophthora alni*  
*Phytophthora quercina*  
*Phytophthora ilicis*  
*Phytophthora lateralis*  
*Phytophthora kernoviae*  
*Phytophthora austrocedri*

And many others...



### *Dothistroma septosporum* – infecting & killing pines



including Scots pine



## Management of *Dothistroma* needle blight

- Do not plant susceptible pines on high risk sites
- Chemical control
  - copper fungicides are used in New Zealand (since 1965)
  - trialled in the UK recently.
- Biological control
  - Limited success with *Trichoderma*
  - and with a bacterial BCA



## Management of Dothistroma needle blight

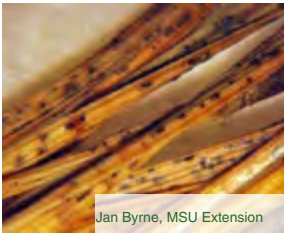
- Host resistance
  - Some success with *Pinus radiata* selections in New Zealand
  - Almost all species of pine seem to be susceptible, under conducive conditions.
- Integrated management
  - Use climate mapping to determine DNB risk of planting sites
  - Frequent aerial surveys
  - Pruning – increase air flow in stands
  - Remove highly susceptible individual trees
  - Thin to prevent canopy (crown) closure
  - Fungicides

## Brown spot needle disease





Image: Edward L. Barnard, Florida Dept. Agric & Consumer Services, Bugwood.org



Jan Byrne, MSU Extension



Image: H.C. Evans, CAB International, Bugwood.org

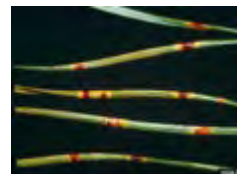


Image: Robert L. Anderson, USDA Forest S

## Brown spot needle disease

**Integrated Pest Management Strategies** (mainly focused on nurseries or Christmas tree production)

- Infected plants survive light infections.
- Sanitation. Remove and dispose of diseased needles on trees if practical and from the ground.
- Refrain from overhead watering. Splashing water spreads the spores, limit overhead watering or do so only early in the day so the needles dry quickly.
- Improve air circulation. High humidity and slow drying needles encourages infection. Provide ample spacing between plants.
- Fungicides – should be a last resort!
- Plant resistant pines or replace with an evergreen other than a pine.



D.D. Skilling, USFS, Bugwood.org

*Fusarium circinatum*: Pine Pitch Canker



Photos: Jolanda Roux, FABI



Symptoms of  
*Fusarium circinatum*  
infection on *Pinus greggii*



- Carried in seed



## Strategies for management of Pitch Canker

- Strict pathway management
  - live plant material
  - plant products
- Contaminated seeds - the major route for introduction of *Fusarium circinatum* into Europe (via Spain)
- Same route probably responsible for subsequent introductions to Portugal, Italy and France.





# Strategies for management of Pitch Canker

## In nurseries:

- Sanitation practices
  - Hot water treatment is better in reducing *F. circinatatum* contamination of pine seeds (than treatment with hydrogen peroxide or fungicides).
  - 52°C for 30 min.
- Sterilize containers and seed trays
  - hot water 90°C for 10s
  - water with hydrogen peroxide (oxidation-reduction potential value of 360 mV for 6 h)
  - autoclaving.
- Sterilize the substrate by steaming at 90°C for 35 min.
- Routinely sterilize all tools, footwear, gloves and hands
- Biological control is used in Chile, by mixing two strains of *Trichoderma* sp. inhibitory to *F. circinatatum* into the potting substrate.



# Strategies for management of Pitch Canker

## In affected areas

- The disease cannot be eradicated once established in the field
- Avoid planting susceptible species.
  - some pine species appear to be resistant
  - differences in susceptibility are known in species that are susceptible.
- Reduce inoculum load
- Minimize chances of infection.
  - Schedule any pruning operations for cool and dry periods
  - Reduce the chances of wounding or damage by vectoring insects.



## Stand Management

- Thin stands that are at risk
  - Lowers humidity
  - Reduces periods in which the trees are at risk of infection
- Do NOT plant at high densities
- Close planting may lead to drought stress - drought is thought to be a big factor in disease outbreaks.
- If you cannot thin stands at prescribed times, plant at a lower stocking density



nrs.fs.fed.us/sustaining\_forests/



MPorcius Cato

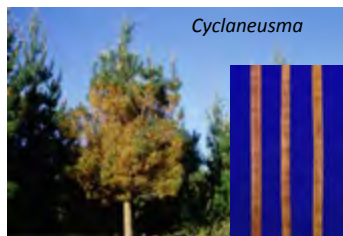
## Other potential pathogen problems on pine

*Lophode*

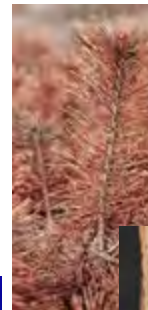
Many potentially damaging needle pathogens:



*Lophodermella*



*Cyclaneusma*



<http://www.nzffa.org.nz/farm-forestry-model/the-essentials/forest-health-pests-and-diseases/diseases/Needle-diseases/Cyclaneusma-needle-cast>

*tophthora pinifolia* in Chile



ly tied to environment

Images: E. Boa



*Phytophthora pluvialis* – red needle cast  
New Zealand

=: Nari Williams, SCION, NZ



connected with high humidity and optimum  
atures for the pathogen



Images: Beccy Ganley, Scion, NZ

## The Main Message:

Reduce the impacts of foliage and shoot/stem diseases through:

### **Minimizing periods of high humidity at crown closure**

- Adjust stand densities
- Thinning
- Pruning to lift the crown (when appropriate)
- Planting at low stocking densities

# Situación actual de los pinares de la provincia de Gipuzkoa en relación a las enfermedades de defoliadores (*Dothistromas*) y *Fusarium circinatum*

BILBO 26 DE OCTUBRE DE 2017

AMAIA URKOLA GOENAGA  
GIPUZKOAKO FORU ALDUNDIA  
FRAISORO INGURUMEN LABORATEGIA

## *Fusarium circinatum* en Gipuzkoa

*Fusarium circinatum* es un hongo que puede atacar al *Pino insignis* en cualquier momento de su ciclo.

- Se transmite por semilla e infecta plantas en vivero.
- Se transmite en el monte de plantas infectadas a plantas sanas por medio de insectos vectores.
- Deseca la guía terminal y produce chancros resinosos en tronco.
- Infecta piñas y semillas.



Síntomas en monte

Sintomas en monte



Desecación de guía

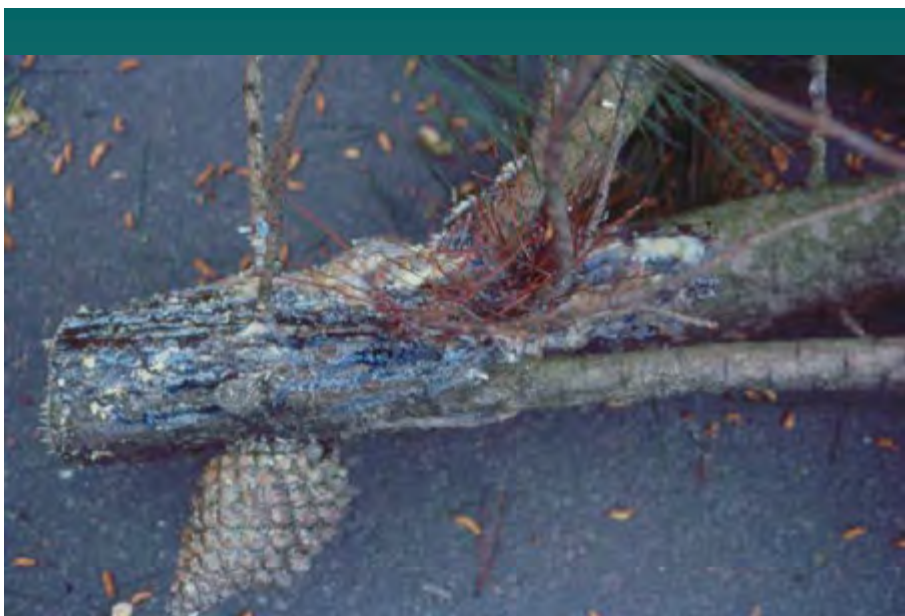


Chancro



Rotura zona chancro





Chancro resinoso



Zona de avance



## LEGISLACIÓN SOBRE F. CIRCINATUM

- ◆ NACIONAL: Real Decreto 637/2006, que establece el programa nacional de erradicación y control del hongo *Fusarium circinatum*
- ◆ COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO Decreto 76/2007 por el que se establecen las normas de recogida, transporte y tratamiento de los productos forestales provenientes de las zonas afectadas por el hongo *Fusarium circinatum*.
- ◆ GIPUZKOA: Decreto Foral 24/2007, que establece una serie de medidas complementarias para la erradicación y control del hongo *Fusarium circinatum*

- ◆ En base al RD 637/2006, en Gipuzkoa se realizan prospecciones en monte con malla 8x8km y el año 2006 se produce la primera declaración de zonas afectadas por *Fusarium circinatum*
- ◆ Se cogen muestras y aparecen los primeros positivos. Se hace una prospección más a fondo y se detallan las zonas afectadas.
- ◆ Se declaran tres zonas afectadas:
  - Z1. Irun Oiartzun 76 Ha
  - Z2. Hernani 148 Ha
  - Z3. Aia-Orio-Usurbil 70 Ha

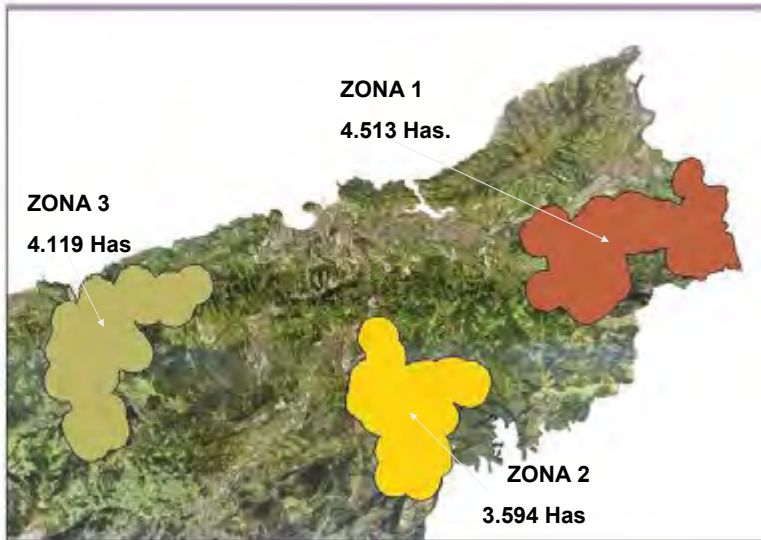
En total se declaran 294 Has en Gipuzkoa

*F. circinatum*

ZONAS DEMARCADAS

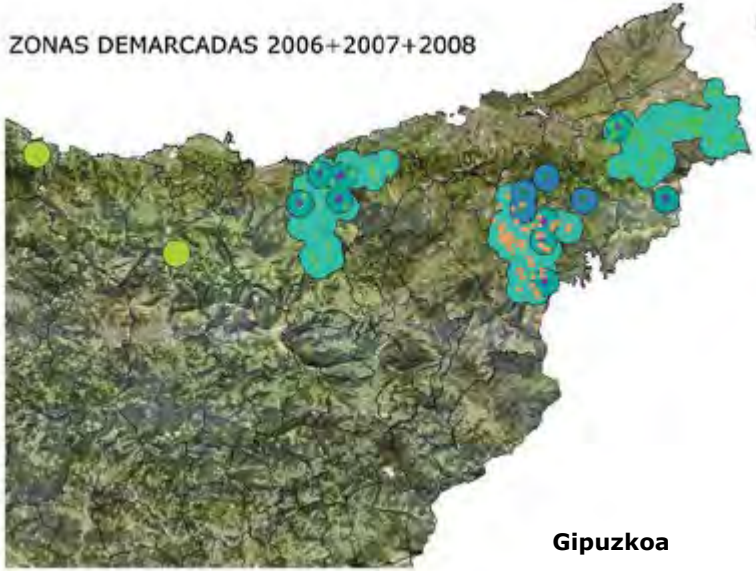


## SUPERFICIES ZONAS DEMARCADAS 2006



- ◆ En año 2007 la Diputación aprueba el decreto sobre *Fusarium circinatum*, en el cual contempla ayudas para la eliminación de pinares afectados.
- ◆ A partir del año 2007 se usa una malla de 3x3km para realizar la prospección.
- ◆ Se trata de la red Basonet (Parcelas de Gestión forestal sostenible)
- ◆ Además de la prospección en monte se realiza inspección en viveros forestales con especies sensibles
- ◆ También se prospecciona el huerto semillero de Deba
- ◆ Se realizan nuevas declaraciones en base a los positivos obtenidos
- ◆ A partir del año 2012 no se han declarado parcelas nuevas en Gipuzkoa
- ◆ Los datos de las prospecciones anuales se envían al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

**ZONAS DEMARCADAS 2006+2007+2008**



**PROSPECCIÓN VIVEROS 2006**



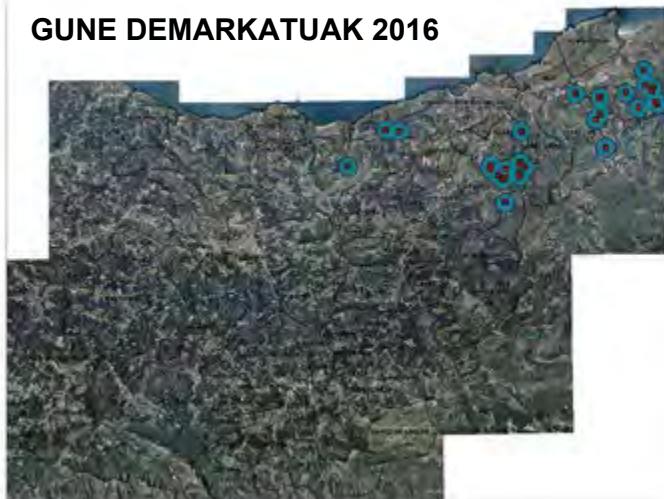
## ZONAS DEMARCADAS VIVEROS



## FUSARIUM CIRCINATUM



## GUNE DEMARKATUAK 2016



- ◆ Dentro del plan de actuación de zonas demarcadas la diputación concedió ayudas para la eliminación de pinares afectados y los trabajos de limpieza y plantación
- ◆ Aunque el programa de ayudas finalizó, hoy en día se siguen cortando las parcelas afectadas
- ◆ El destino de la madera cortada en zonas afectadas se traza a través de las guías de transporte.

## Dificultades a la hora de cortar parcelas afectadas

- ◆ Propietarios desconocidos por fallecimiento de la persona que aparece en el catastro.
- ◆ Varias parcelas se han quedado sin cortar por no ponerse de acuerdo los propietarios (temas de herencia)
- ◆ Muchas parcelas son pequeñas y no son apetitosas para las empresas rematantes
- ◆ Se trabaja en solventar estos problemas



**Tala pinar declarado**







## Resumen Fusarium Gipuzkoa

### ◆ Zonas declaradas Gipuzkoa

Urtea	Aia-Orio-Zarautz-Usurbil	Hernani-Astigarraga - Errenteria	Ojartzun-Irun	TOTAL
2006	70 Ha	148 Ha	76 Ha	294 Ha.
2007	8,1 Ha	7,85 Ha	4,16 Ha	20,11 Ha.
2008	-	5,42 Ha	-	5,42 Ha.
2009	6,2 Ha	-	10 Ha	16,2 Ha.
2011	0,05 Ha	10,91 Ha	6,96 Ha	17,92 Ha.
Guztira	84,35 Ha	172, 18 Ha	97,12 Ha	353,65 Ha.

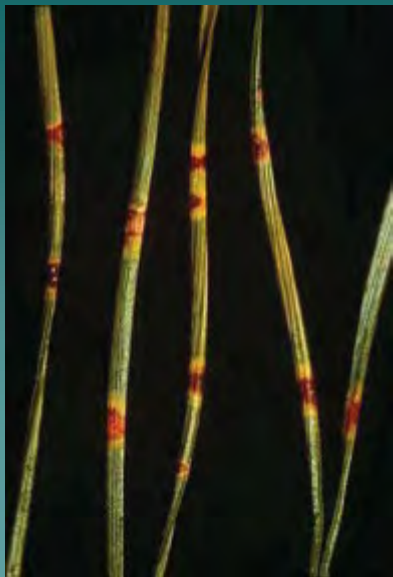
## RESUMEN ACTUACIONES FUSARIUM EN GIPUZKOA

Demarkazio gunea	Aia-Orio-Usurbil-Zarautz	Hernani-Astigarraga-Errenteria	Oiartzun-Irun	Guztira
Guztira	84,35 Ha	172, 18 Ha	97,12 Ha	353,65 Ha.
Aktuatutako Ha-k	83,96 Ha	144,15 Ha	48,93 Ha	277,04 Ha (78,25%)
Falta diren Ha-k	5,99 Ha (7,1%)	21,88 Ha (12,70%)	49,06 Ha (50,5%)	76,93 Ha (21,75%)
Aktuatutako partzelak	28	37	24	89
Falta diren partzelak	3	13	15	31

## DEFOLIADORAS DE CONIFERAS EN GIPUZKOA

- ◆ *LECANOSTICTA ACICOLA* EN PINUS RADIATA
- ◆ *DOTHISTROMA PINI* Y *DOTHISTROMA SEPTOSPORA* EN PINO NIGRA

BANDA MARROIA INSIGNIS PINUAN



BANDA GORRIA LARIZIO PINUAN



## ENFERMEDAD DE LA “BANDA MARRÓN” DEL PINO

- ◆ Está causada por el parasitismo, a las acículas de pino, del hongo *Lecanosticta acicola*.
- ◆ Unos hongos semejantes, *Dothistroma septospora* y *Dothistroma pinii* causan la enfermedad conocida como “banda roja”.
- ◆ Los síntomas que producen ambas enfermedades son semejantes.
- ◆ En nuestras condiciones, *Pinus radiata* es atacado, sobre todo, por la banda marrón; *P. pinaster* y *P. nigra* son atacados por la “banda roja”.

. El hongo *Lecanosticta acicola* :

- ataca a las acículas de los pinos
- pero no ataca a la madera ni a las raíces.
- produce la enfermedad de la “banda marrón”
- enfermedad expandida por todo el mundo

◆ La infección del hongo es favorecida por:

- alta humedad en el ambiente
- temperaturas entre 18° - 25°C

. En general, las plantaciones jóvenes son más afectadas que las adultas debido a los mayores niveles de humedad ambiental dada por la menor aireación entre los árboles antes de realizar la entresaca.

- ◆ Pueden pasar varios meses desde la infección a la aparición de los síntomas
- ◆ Al perder parte de las acículas se produce una pérdida de crecimiento del árbol.
- ◆ En los casos de daños intensos la planta solamente dispondrá de acículas del brote del año, con lo que su capacidad de elaborar sustancias nutritivas se verá fuertemente disminuido

- ◆ Los daños más marcados se sitúan en la parte inferior de los árboles.
- ◆ Los síntomas aparecen sobre las hojas más viejas; estas enrojecen, se secan y caen al suelo.
- ◆ Sólo permanecen, las acículas más jóvenes
- ◆ En caso de fuertes ataques consecutivos se llega a producir la muerte del árbol

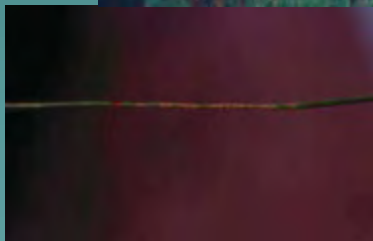
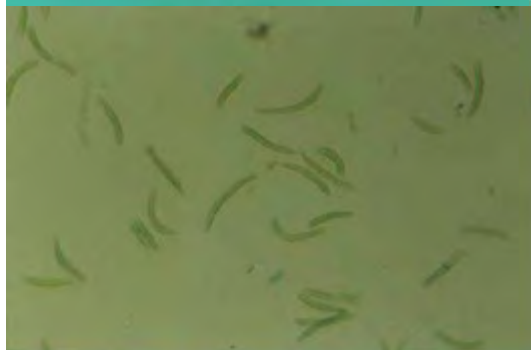
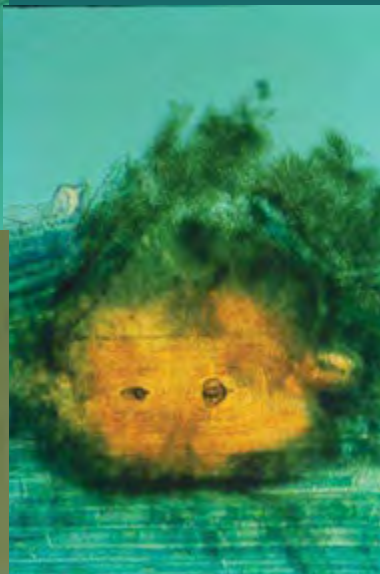
## Medidas preventivas aconsejadas:

- mantener una adecuada fertilización
- realizar cuanto antes la entresaca para favorecer la aireación entre los árboles

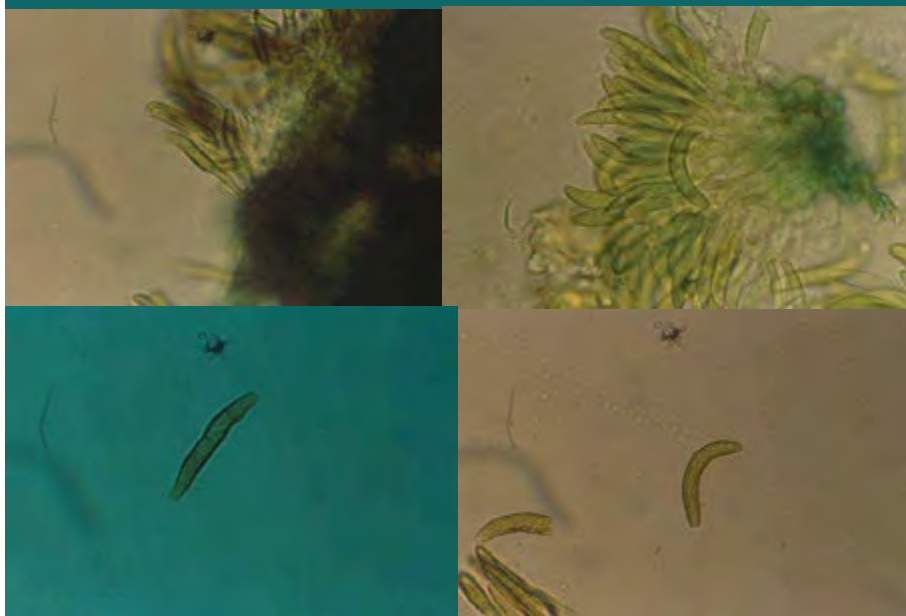
En muchos casos estas medidas no han tenido los resultados esperados

### **BANDA MARRÓN** – HONGO: *Lecanosticta acicola*



**BANDA MARRÓN – HONGO: *Lecanosticta acicola*****LECANOSTICTA ACICOLA****PICNIDIOS Y ESPORAS**



**LECANOSTICTA ACICOLA** ESPORAS

Desde el año 2008, ha habido un aumento progresivo de las enfermedades de las bandas en Gipuzkoa

- ◆ Debido a la preocupación producida en el sector la diputación hizo una propección en monte para tener conocimiento de la situación
- ◆ La prospección se realizó durante los años 2011-2012
- ◆ A partir de ese año la afección ha ido en aumento
- ◆ En este momento es la mayor preocupación del sector

BANDA MARRÓN GIPUZKOA 2011-2012

3.300 Has AFECTADAS



## Plan de actuación

- ◆ Dada la preocupante situación de los pinares en Gipuzkoa la Diputación concede ayudas para la entresaca o matarrasa de pinares afectados.
- ◆ Se necesita un informe sanitario que certifique que la enfermedad afecta a más del 20% de la masa.
- ◆ Las ayudas se tramitan a través de los guardas forestales.

## Resumen ayudas

- ◆ *Bases reguladoras y convocatoria 2017 de ayudas para el mantenimiento, mejora y desarrollo de los bosques en el Territorio Histórico de Gipuzkoa*
- ◆ Las ayudas se conceden a pinares afectados menores de 30 años
- ◆ Entre los años 2016 y 2017 los expedientes por ayudas han ido en aumento
- ◆ Desde el año 2008 la enfermedad se está expandiendo y está colonizando zonas que hasta ahora tenían poca afección (Goierrí, Deba Goiena...)

### Relación de ayudas por matarrasas en caso de desastres naturales (*Lecanosticta acicola*).

**Intsinis (Soilketa hondamendia)**

Urteak	% diru-laguntza	Zebatekoa
16	100,00	3000€
17	96,43	2892,9€
18	92,86	2785,8€
19	89,29	2678,7€
20	85,71	2571,3€
21	82,14	2464,2€
22	78,57	2357,1€
23	75,00	2250€
24	71,43	2142,9€
25	67,86	2035,8€
26	64,29	1928,7€
27	60,71	1821,3€
28	57,14	1714,2€
29	53,57	1607,1€
30	50,00	1500€

## Expedientes-Ayudas GFA

Urtea	2016	2017
Espediente kopurua	33	239
Azalera Bakanketak	61 Ha	76 Ha
Azalera Soilketak	103 Ha	660 Ha
Laguntzak bakanketak	8.552€	20.158€
Laguntzak soilketak	253.517€	1.546.819€

## Banda roja

- ◆ Enfermedad causada por los hongos *Dothistroma septospora* y *Dothistroma pini*
- ◆ En Gipuzkoa afecta a pinares de *P.nigra*
- ◆ La sintomatología producida es muy parecida, pero las bandas son más rojizas que en el caso de la banda marrón
- ◆ Parece ser que los síntomas aparecen en épocas diferentes



*Esporas de Lecanosticta acicola y Dothistroma septospora*  
(Banda marrón y banda roja)

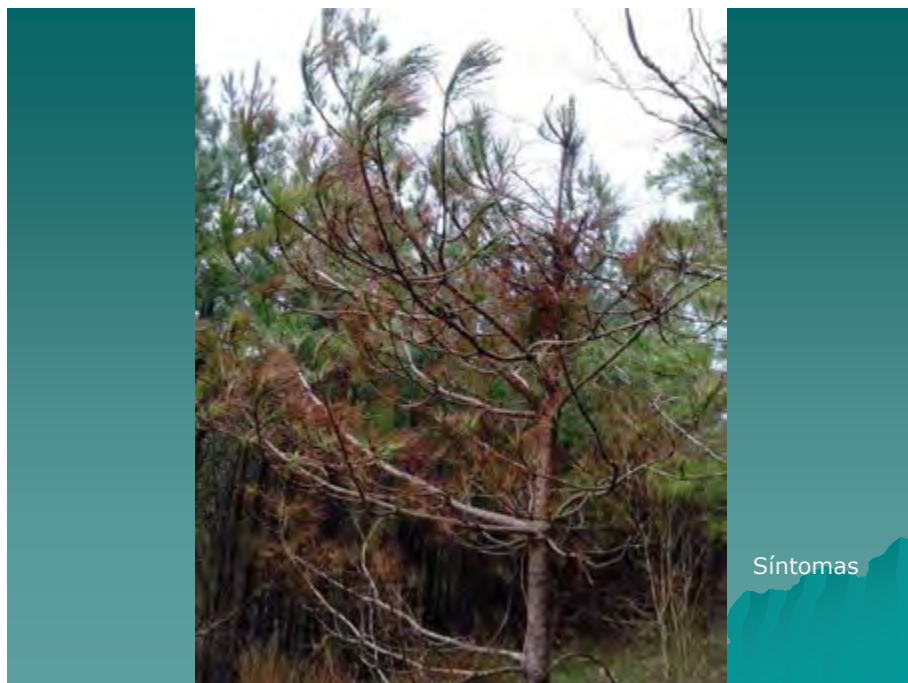


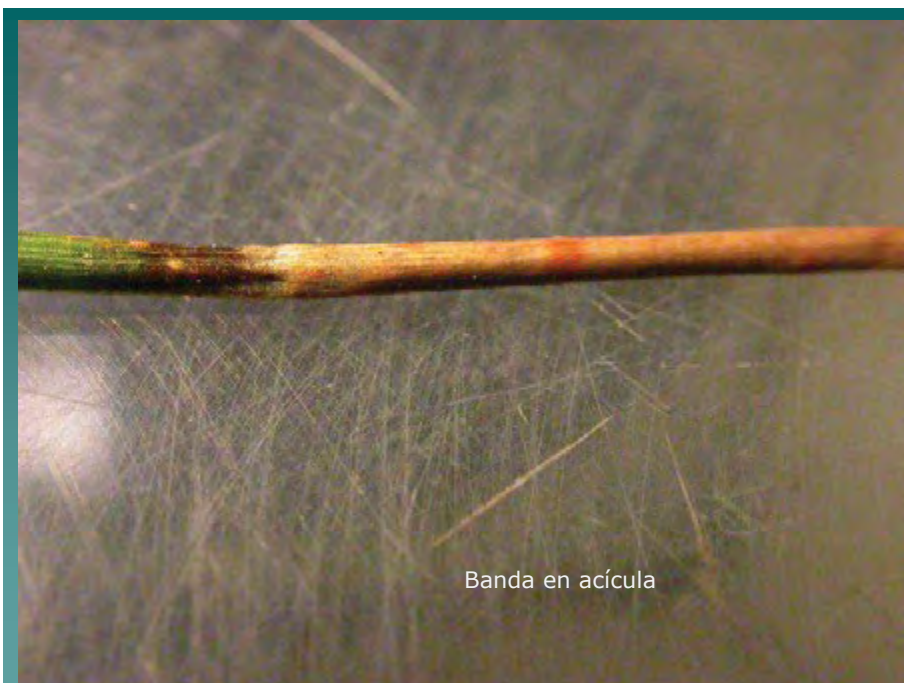
*Lecanosticta acicola*  
(esporas oliváceas)



*Dothistroma septospora*  
(esporas hialinas)

## Síntomas en monte









# Manejo de Enfermedades en Plantaciones de *Pinus radiata* de Arauco en Chile

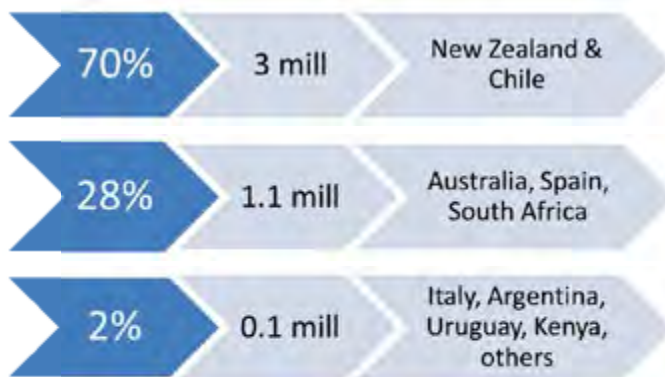
Rodrigo Ahumada

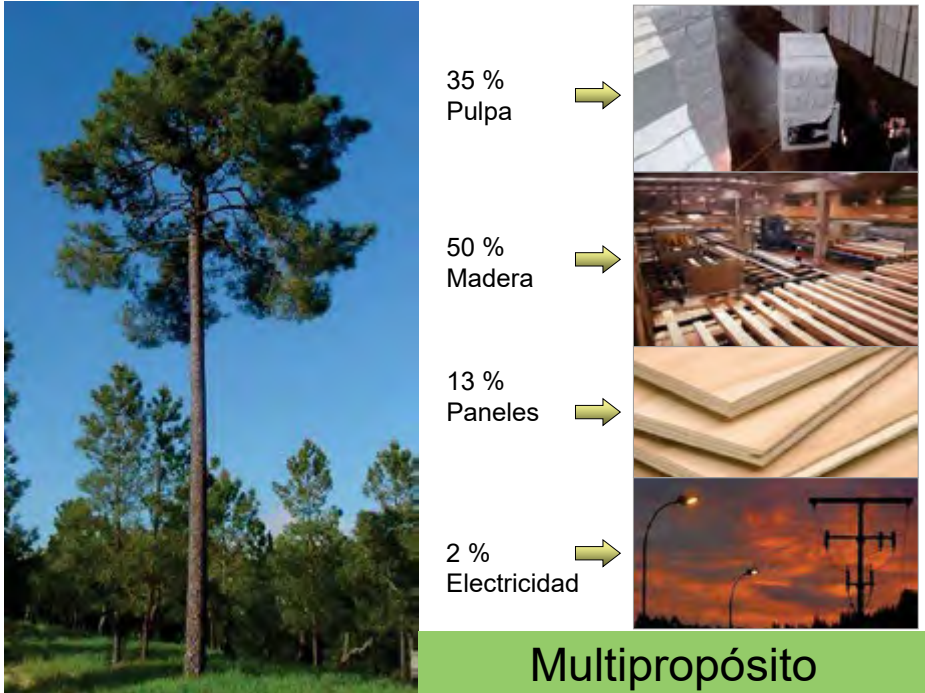
Bilbao, Octubre 2017



## *Pinus radiata* en el mundo

4.2 mill ha





arauco

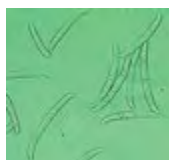
## Principales agentes de daño en Chile

- *Armillaria* spp.
- *Fusarium circinatum* ←
- *Neonectria fuckeliana*
- *Diplodia pinea*
- *Dothistroma septosporum* ←
- *Cyclaneusma minus*
- *Phytophthora pinifolia*



arauco

## Manejo de *Fusarium circinatum* en viveros de ARAUCO en Chile



### Primer reporte

Plantas madres  
(Octubre 2001)



*Plant Pathology* (2002) 51, 397

#### NEW DISEASE REPORT

### **First report of the pitch canker fungus, *Fusarium circinatum*, on pines in Chile**

M. J. Wingfield<sup>a</sup>, A. Jacobs<sup>a</sup>, T. A. Coutinho<sup>a,b</sup>, R. Ahumada<sup>a,c</sup> and B. D. Wingfield<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Department of Microbiology and Plant Pathology, <sup>b</sup>Department of Genetics, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute (FABI), University of Pretoria, Pretoria 0001, South Africa; and <sup>c</sup>Bioforest S. A., P.O. Box 70-C, Chonosquí, Chile

## Sudamérica

### 1. Chile 2001

(Wingfield et al, 2002)

### 2. Uruguay 2009

(Alonso & Bettucci 2009)

### 3. Colombia 2012

(Steenkamp et al, 2012)

### 4. Brasil 2014

(Pfenning et al, 2014)



Brasil: No se ha detectado nuevamente

## *Fusarium circinatum*

Principales síntomas y signos



Plantas madres para producción clonal.

Poda intensiva aumenta la susceptibilidad a *F. circinatum*

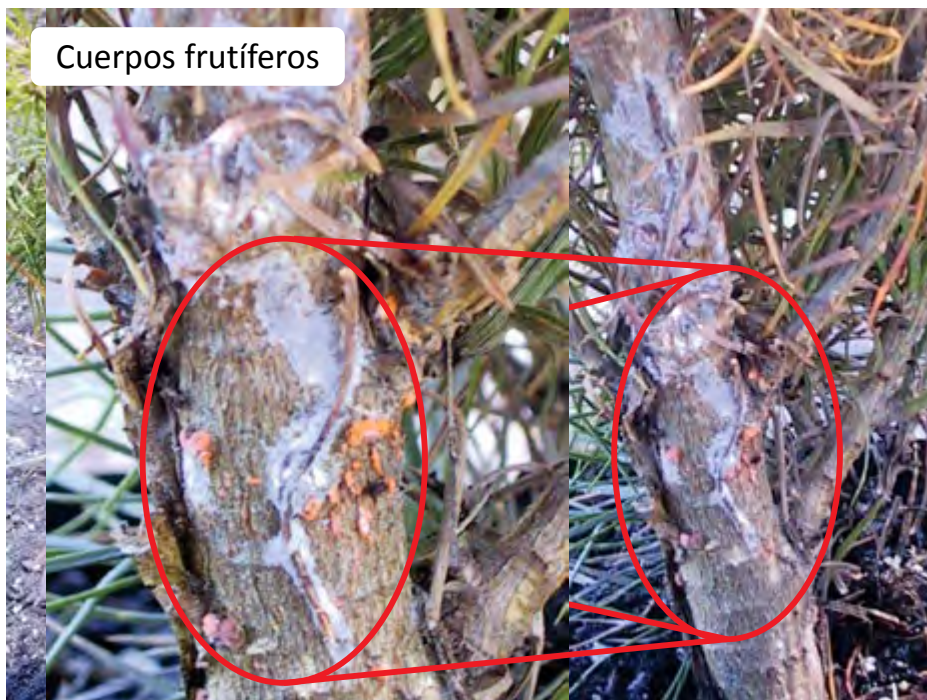


Cancros en el cuello



Tejido resinoso marrón

Cuerpos frutíferos



Caída de ápices



Muerte apical y necrosis



# Regulaciones gubernamentales

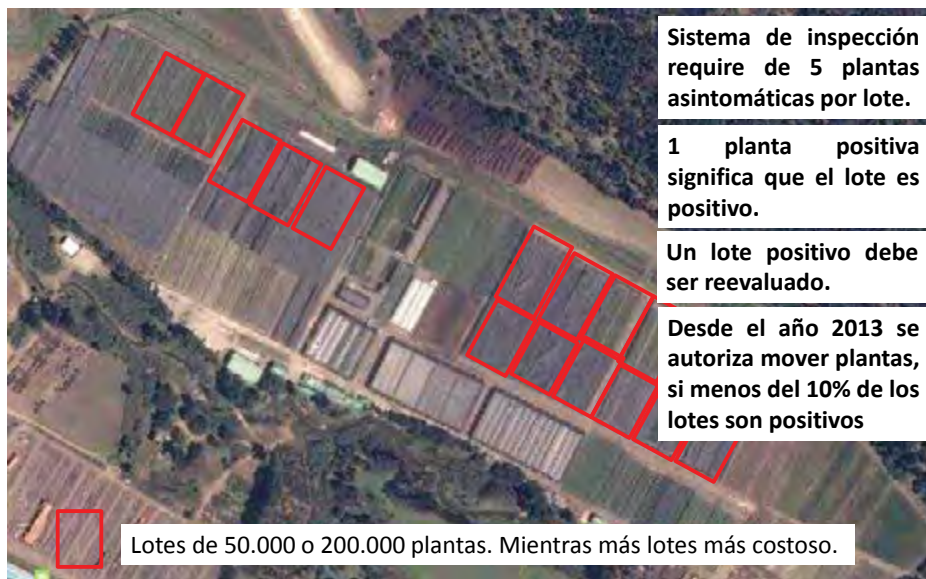
*Fusarium circinatum*  
Distribución de viveros

1. Monitoreo para detección temprana en vivero y plantaciones.
2. Restricciones en movimiento de plantas desde viveros positivos a *Fusarium circinatum*.





## Muestreo en viveros

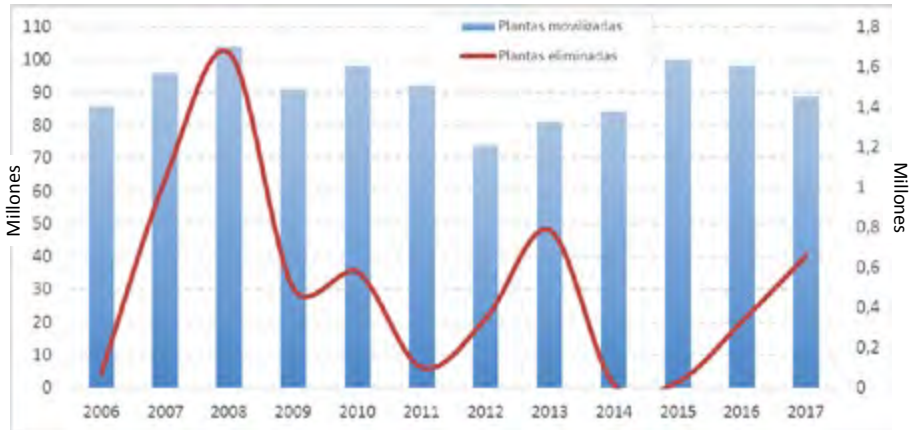


## Consecuencias

### Negativas

- Restricciones cuarentenarias
- Millones de plantas eliminadas

## Plantas movilizadas y eliminadas por año (Millones de plantas)



Sobre 6.1 millones de plantas destruidas desde el año 2006, como parte de regulaciones cuarentenarias (US\$ 800,000).

(Arauco & SAG 2017)

## Consecuencias

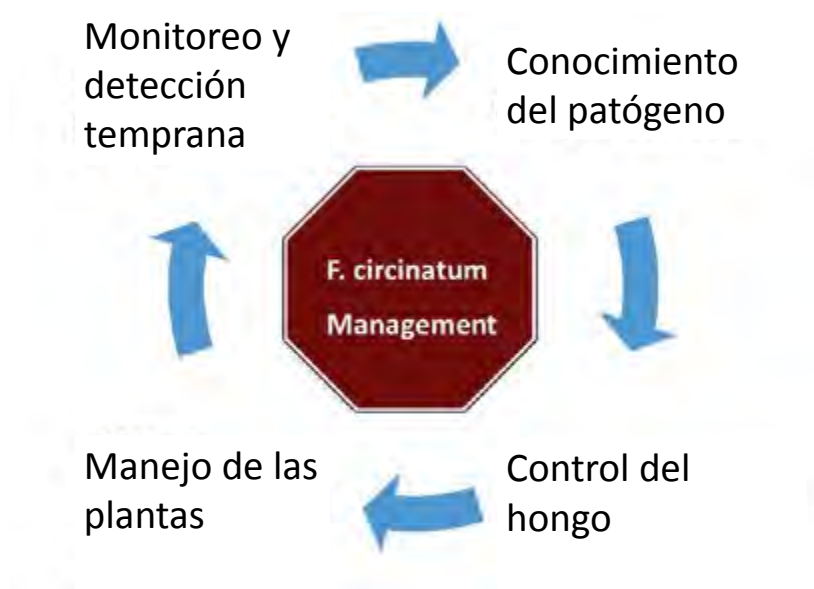
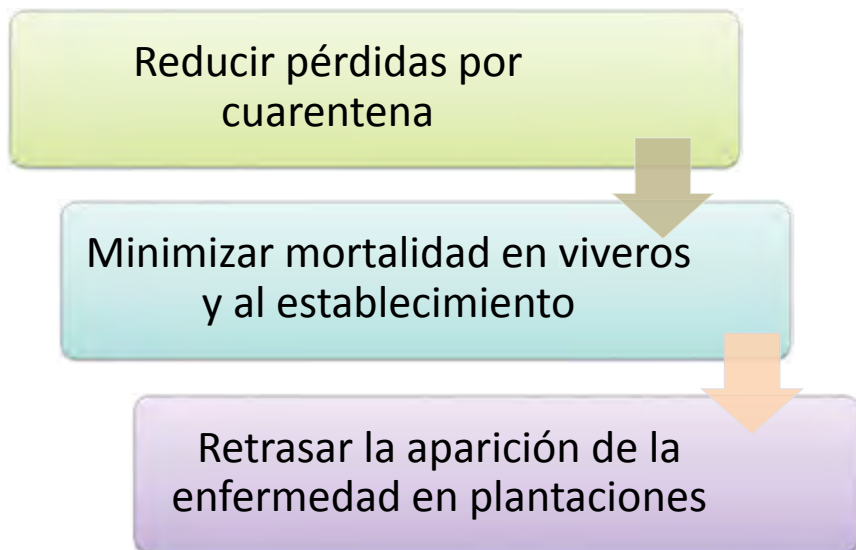
### Negativas

- Restricciones cuarentenarias
- Millones de plantas eliminadas

### Positivas

- Se inició un programa de investigación coordinado entre el gobierno y productores.
- Más recursos fueron entregados.

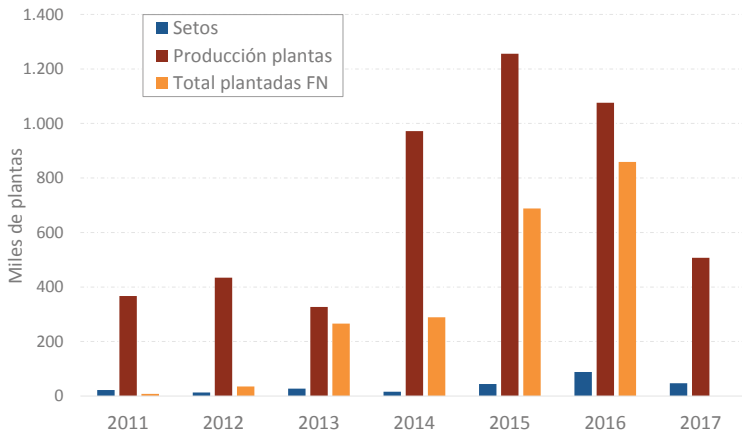
## Programa de Investigación





arauco

### Mortalidad por F. circinatum



Zona norte

arauco

## Medidas aplicadas en Arauco



Sanitizado tubetes y bandejas



Eliminación plantas sintomáticas



Aplicación de fungicidas

arauco

## Muestreo sustrato

### Sustrato



UFC *F. circinatum*/gr sustrato

Muestra	Sustrato
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0

UFC = Unidades Formadoras de Colonias

## Muestreo de estacas

arauco



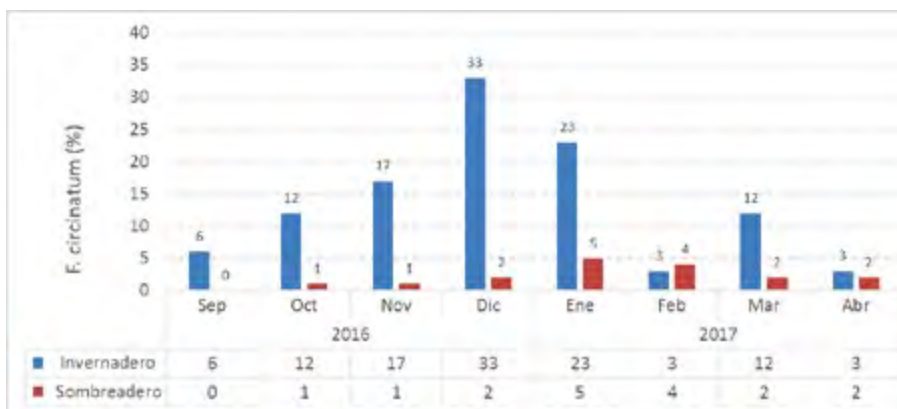
*F. circinatum* (%)

Material genético	Estacas
BL325	0
FH465	0
HWD522	0
BL337	0
BM200	0
C528	0

52 estacas/material genético



## Muestreo en producción



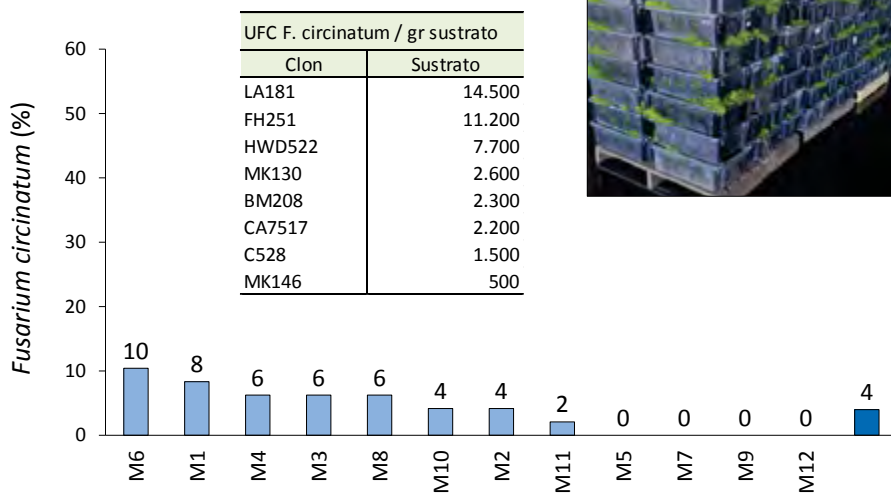
## Muestreo de suelo (sombreadero)

### Suelo bajo mesones



Muestra	UFC de <i>F. circinatum</i> / gr suelo seco
M-1	0
M-2	970
M-3	0
M-4	0
M-5	325

## Muestreo al despacho



arauco

## Resumen muestreo

Indicador	F. circinatum (%)
Sustrato compostado	0
Plantas sombreadero	0 - 5
Plantas invernadero	3 - 33
Plantas al despacho	0 - 10
Sustrato plantas al despacho	> 500
Suelo bajo mesones	> 300

F. circinatum está presente en todo el proceso productivo

## Mortalidad al establecimiento



*Fusarium circinatum* puede infectar plantas y éstas permanecer asintomáticas por **al menos 52 semanas (1 año)**.

(Swett et al, 2015)



## Estrategia de control de *F. circinatum*

araucó

### Sanitización

Sustrato, bandejas y tubetes  
Maquinarias y equipos  
Manos y calzados

### Reducción inóculo

Fungicidas  
Productos biológicos

### Calidad de plantas

Selección clones tolerantes  
Bioestimulantes  
Fertilizantes

### Bioseguridad

Importación de material vegetal  
Protocolo de visitas a zonas con *F. circinatum*



## *Dothistroma septosporium*

(reportado en 1965)





Daño en vivero



Daño en vivero



Daño en plantaciones



Daño en plantaciones



Manchas amarillentas

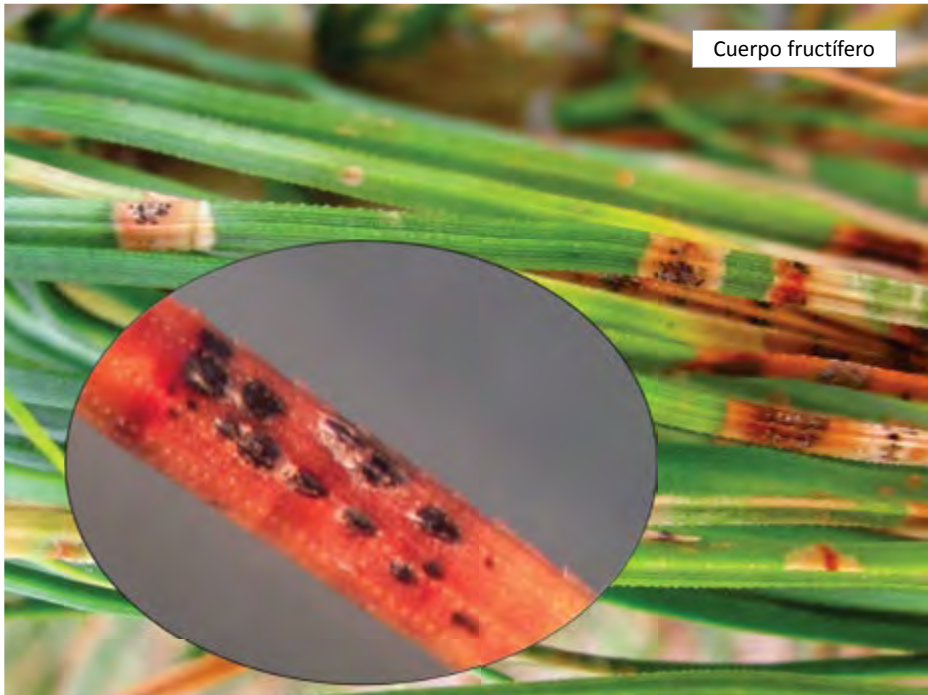




Banda café rojiza

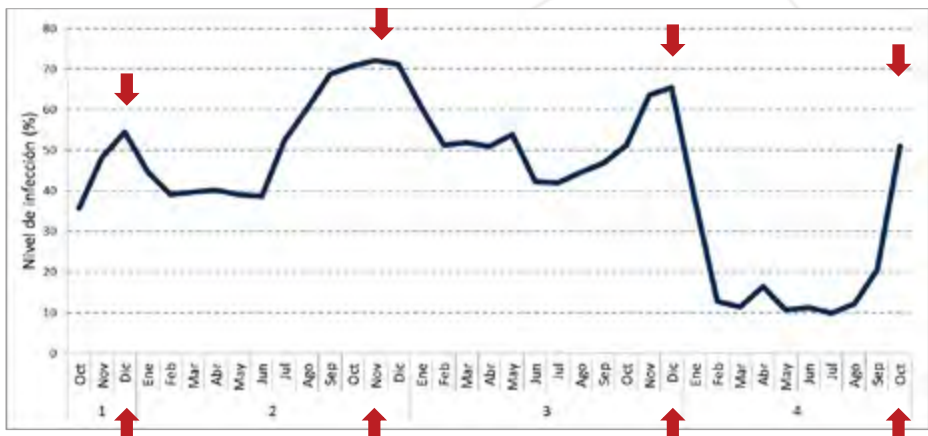


Banda café rojiza



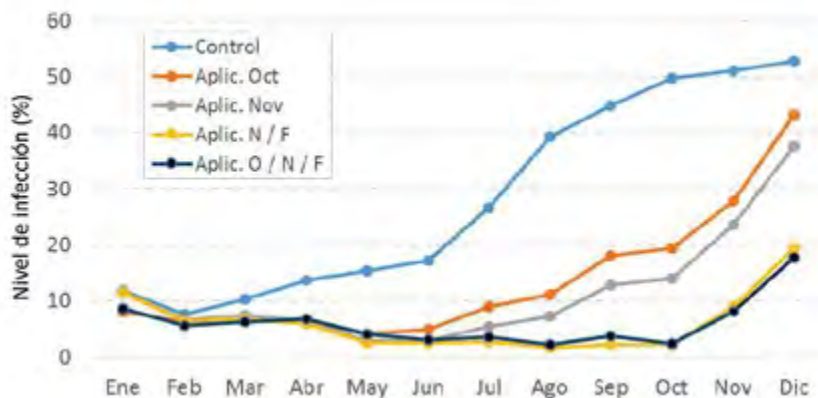
arauco

## Progresión de la enfermedad



Máximos síntomas: Octubre y Diciembre (primavera – verano)

## Optimización de control químico



Producto: Cobre Nordox (Oxicloruro de cobre; 1,1 kg/ha)

Cuprodul (Oxido cuproso; 1,4 kg/ha)

Costo aplicación: 20 – 30 USD/ha



Manejo y aplicación



Manejo sin aplicación



Sin manejo y aplicación



Sin manejo y sin aplicación

arauco

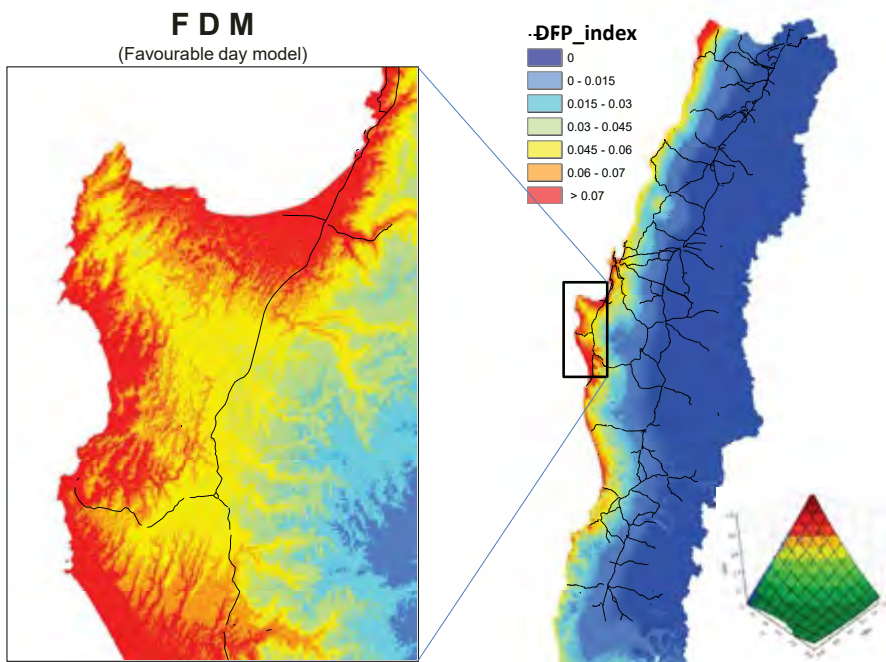
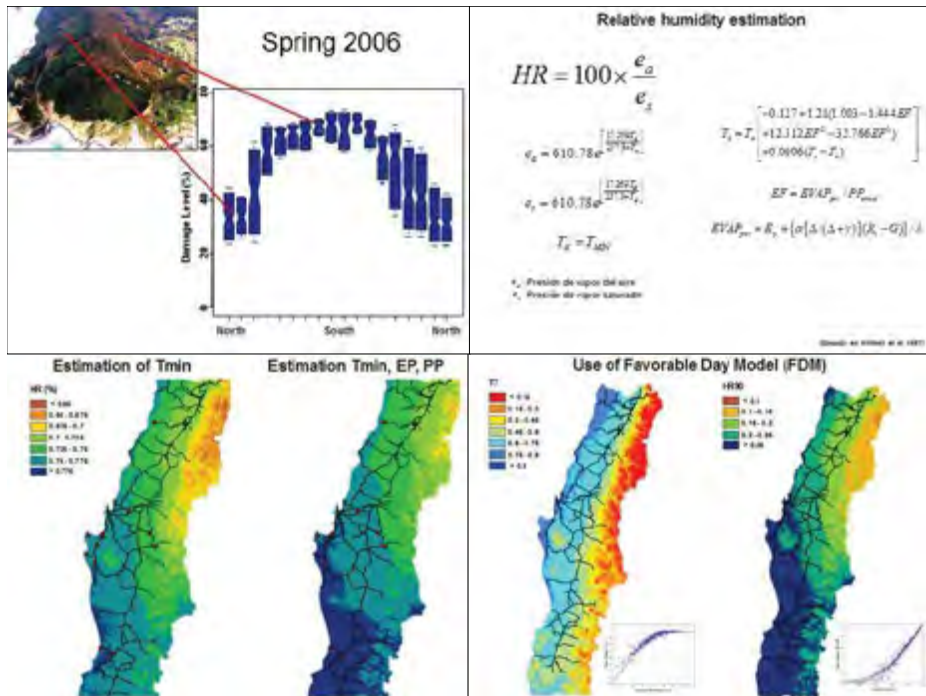
## Incidencia de Dothistroma por año



## Programa de Control

Determinar zonas de riesgo al patógeno

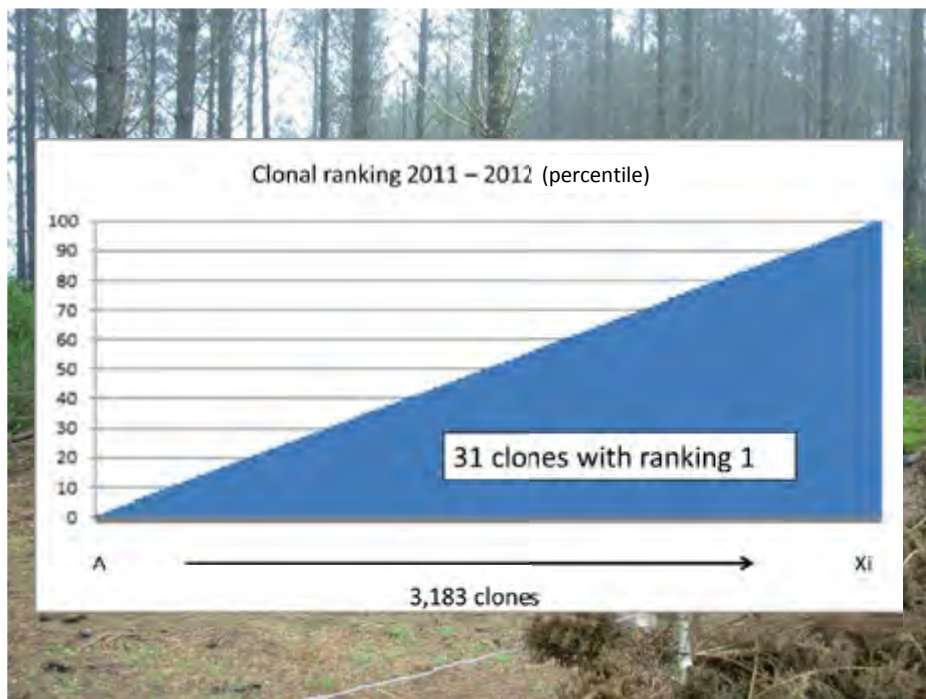




## Programa de Control

Determinar zonas de riesgo al patógeno

Seleccionar clones tolerantes

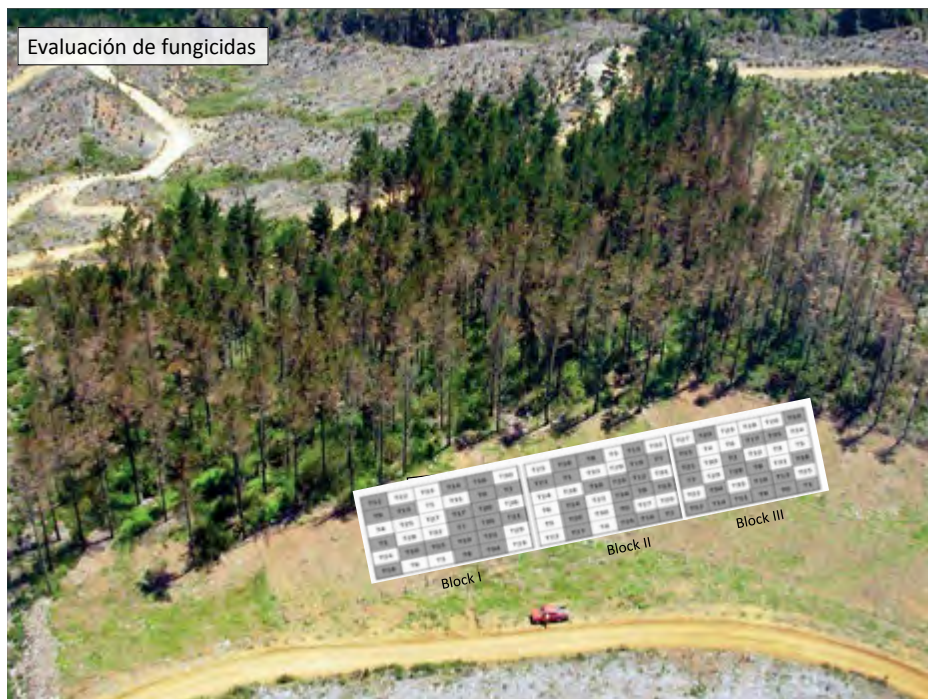


# Programa de Control

Determinar zonas de riesgo al patógeno

Seleccionar clones tolerantes

Disminuir inóculo en vivero y plantaciones (fungicidas)



## Programa de Control

Determinar zonas de riesgo al patógeno

Seleccionar clones tolerantes

Disminuir inóculo en vivero y plantaciones (fungicidas)

Manejar plantaciones (poda y raleo)



# Combatting Needle Blight in New Zealand Radiata Pine

Bill Dyck  
FOA Forest Biosecurity Manager

September 2018

[www.nzfoa.org.nz](http://www.nzfoa.org.nz)



## Background to NZ forestry

- 1.7 M ha plantation
- Mainly radiata pine
- 31 M M3/yr harvest

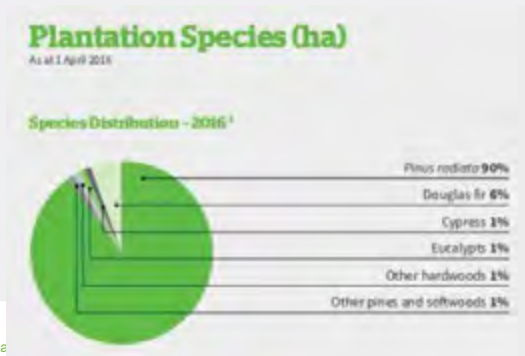


Photo J Barran

## Background to me

- Science & Technology broker
- FOA biosecurity manager - contract
- Carter Holt Harvey GM Forestry
- Site productivity scientist (way back)
- Ex Canada (1976)
- Jenny's partner
- Disclaimer: I'm not a forest pathologist!



## Outline

- Introduce our main needle diseases
- Discuss current control
- Research underway



### Fungal disease turns pine trees red after heavy rain

10:00 10/07/2017 11:42AM 04/07/2017



Media coverage July 2017

# Our main needle blights

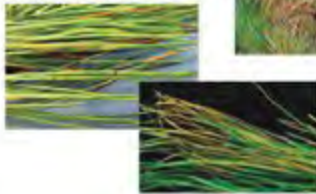
dothistroma needle blight (DNB):  
*Dothistroma septosporum*



cyclaneusma needle cast (CNC):  
*Cyclaneusma minus*



red needle cast (RNC):  
*Phytophthora pluvialis*



physiological needle blight (PNB):  
*Phytophthora kernoviae?*



Acknowledgements – Rebecca McDougal

## Distinguishing features

	Cyclaneusma needle cast	Physiological needle blight	Red needle cast	Dothistroma needle blight
<b>When</b>	September to November	June to November	April to October	All year
<b>Tree age</b>	6 to 20 years	15 years+	Usually 3 years+	Planting to 15 years
<b>Spread</b>	No pattern Very severe	Small area affected More than 50% of trees within the affected area	Small to medium-sized area affected Almost all trees within affected area	Widespread Almost all trees within affected area Wide variation between trees
<b>Needles</b>	Yellow Gold Brown	Brown Red-brown Grey Olive (with or without black bands)	White Red Olive (with or without black bands)	Brown Grey Red bands with black spots
<b>Wilt</b>	None	Only at later stages	None	Slight
<b>Retention</b>	Needles detach easily	Needles are retained	Needles detach easily	Needles are retained but die



## Cyclaneusma needle cast (CNC)

- *Cyclaneusma minus*, "morphotypes" simile and verum
- Present in most trees as an endophyte
- CNC estimated financial loss \$38 million/annum
- Control – removal susceptible genotypes
- Australia has both simile and verum
- Pine diseases in Europe – only verum detected?
- **Do we completely understand the pathogen population diversity?**



Acknowledgements – Rebecca McDougal

## Cyclaneusma

- Not a big problem
- Not increasing
- Part of the disease profile
- Silviculture and breeding to control





## Dothistroma needle blight

- Caused by *Dothistroma septosporum*
- 1960 Tanzania
- 1966 New Zealand – single strain
- Worldwide spread
- Have sprayed copper since 1966
- Only where needed
- Very small droplets



[www.nzfoa.org.nz](http://www.nzfoa.org.nz)



## New Phytophthora on radiata pine

**P pinifolia hit Chile in 2004 = DFP**

**P pluvialis hit NZ in 2008 = RNC**

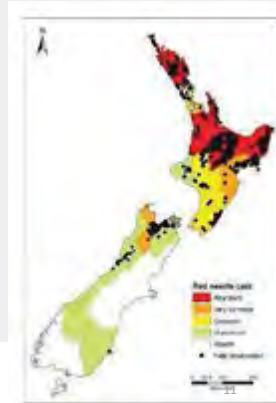


DFP

Photo J Stone

## Red needle cast (RNC)

- *Phytophthora pluvialis*
- Discovered in 2008
- Introduced to NZ – probably from PNW
- Expresses in winter
- Significant growth loss year after defoliation
- Repeated defoliation is rare (2-3 year cycle)



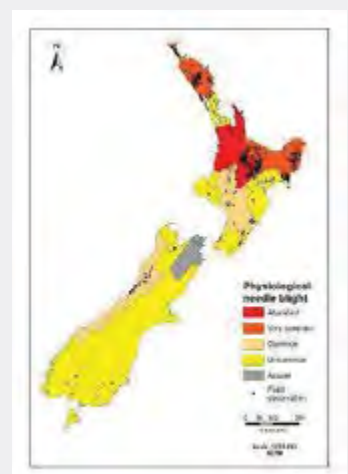
[www.nzfoa.org.nz](http://www.nzfoa.org.nz)

Acknowledgements – Stuart Fraser



## Phytophthora needle blight (PNB)

- *Phytophthora kernoviae*
- Previously known as physiological needle blight (PNB)
- Problem in NZ plantations since the 1980s
- **Not confirmed cause until recently**
- Native to NZ (?)
- Expresses in winter
- Occurs infrequently



[www.nzfoa.org.nz](http://www.nzfoa.org.nz)

Acknowledgements – Stuart Fraser



## Symptoms of RNC and PNB



Acknowledgements – Stuart Fraser

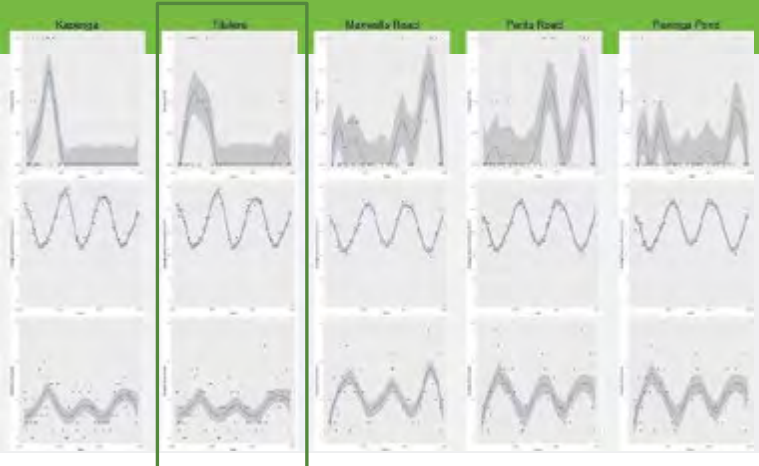
## Disease Epidemiology

- When is inoculum present?
- Bait buckets (2-5 at each site)
- Three years (2012-2014)
- NIWA virtual weather data
- GLMM for analysis



## Effect of Season

- Generally, inoculum peaks in mid winter and absent for a period in the summer
- Disappearance in 2013 coincided with a severe nationwide drought



*P. kernoviae*

[www.nzfoa.org.nz](http://www.nzfoa.org.nz)



## Operational copper fungicide trial

- Kinleith
- Sprayed 10<sup>th</sup> Feb 2017
- DNB standard
- Cuprous oxide - 1.125 kg ha<sup>-1</sup>
- Crop oil - 2 l ha<sup>-1</sup>
- Water added to make solution up to 5 l ha<sup>-1</sup>



## Summary

- Probability of detection of both *P. pluvialis* and *P. kernoviae* decreases with temperature
- Probability of detection of *P. pluvialis* increases with moisture variables
- Presence of inoculum peaks in mid-winter for both species
- Detection of both species in diagnostic samples shows the same pattern
- Copper shows promise as a control method for red needle cast and kernoviae needle blight

## Phytophthora are an increasing concern in NZ

- No ramorum
- No pinifolia

Species	Tissues affected	Mode of dispersal
<i>P. t. Agathis</i>	Roots Collar	Soil Water
<i>P. cinnamomi</i> *		
<i>P. multivora</i>		
<i>P. cactorum</i> *		
<i>P. inundata</i>		
<i>P. cryptogea</i>		
<i>P. megasperma</i>	Leaves/Needles	Aerial
<i>P. captiosa</i>		
<i>P. fallax</i>		
<i>P. pluvialis</i> *	Roots and Leaves	Aerial/Soil
<i>P. kernoviae</i> *		

## Needle disease research

### Forest Disease Strategy – research areas

Prediction	Control	Resilience
<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring</li> <li>Epidemiology</li> <li>Macro &amp; micro environmental drivers</li> <li>Occurrence</li> <li>Prediction for control and breed deployment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chemical</li> <li>Biological</li> <li>Silviculture</li> <li>Licence to operate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Breeding</li> <li>G x E</li> <li>Cross-resistance</li> <li>Host physiology</li> <li>Metabolomics &amp; transcriptomics</li> </ul>

### Forest Disease Strategy - outcomes



[www.nzfoa.org.nz](http://www.nzfoa.org.nz)



## Needle disease management

### Options:

- Replace radiata pine (not an option)
- Breeding (very slow)
- Gene editing (probably the future)
- Chemical control (copper spraying)
- Endophytes



[www.nzfoa.org.nz](http://www.nzfoa.org.nz)



## Copper spraying

- Standard Dothistroma treatment
- Cuprous oxide -  $1.125 \text{ kg ha}^{-1}$
- Crop oil -  $2 \text{ l ha}^{-1}$
- Water added to make solution up to  $5 \text{ l ha}^{-1}$
- Helicopter 6-10m height;  $130 \text{ km/hr}$
- Tree ages 2-5
- First spray spring ( $>10\%$  infection)
- 2nd spray summer ( $>35\%$  infection)



[www.nzfoa.org.nz](http://www.nzfoa.org.nz)



## Infection levels



Figure 4. Trees with various levels of digital root needle blight severity.

[www.nzfoa.org.nz](http://www.nzfoa.org.nz)



## Copper spraying



## Copper spraying and the environment

### Copper in waterways results



- Copper was only detected for a few hours on the day of application
- NZ drinking water standards ( $2,000 \text{ ug L}^{-1}$ ) *not exceeded*
- FSC standard ( $\text{LC}_{50} 18.9 \text{ ug L}^{-1}$  for 48 hours) – concentrations exceeded the level but for less than 2 hours
- ANZECC interim sediment quality guideline trigger values *not exceeded*
- Under today's operational conditions and technologies the risk to the aquatic environment from copper appears to be low for these sites
- Provides supportive data to FSC for continued operational use of copper in NZ's planted forests for Dothistroma and Red Needle Cast
- Supports industry Licence to Operate



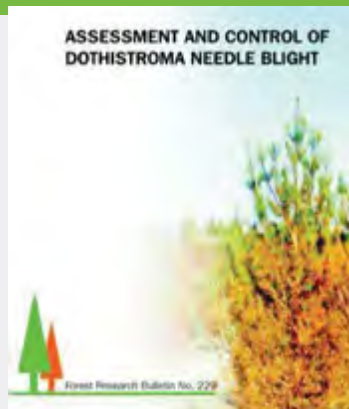
Acknowledgements – Brenda Baillie





## Why copper spraying might not have worked:

- Incorrect formulation of the copper fungicide. This is a most unlikely fault (*see* Section 3.2)
- Faulty mixing of the fungicide before it is put into the aircraft (Section 3.7)
- Faulty application — there may not have been correct coverage (Section 3.11)
- Rain before copper spray dried on foliage (Section 3.15)
- Spraying conducted outside the climatic tolerances (Section 3.14)
- Spray applied at wrong time of the year (*see* the recommended treatment times Fig. 6)
- Infection level too high for only a single spray to reduce the level significantly
- Unseasonable climatic conditions, particularly at the time of spraying, enhancing disease development
- Topographical features such as gullies sprayed from too great a height, or ridge tops subjected to excessive winds



## What is the impact of multiple diseases?

### When diseases collide...



Healthy trees, healthy future



1 Dothi  
 2 Dothi  
 3 Dothi  
 4 Dothi  
 5 Dothi  
 6 Dothi  
 7 Dothi  
 8 Dothi  
 9 Dothi  
 10 Dothi  
 11 Dothi  
 12 Dothi  
 13 Dothi  
 14 Dothi  
 15 Dothi  
 16 Dothi  
 17 Dothi  
 18 Dothi  
 19 Dothi  
 20 Dothi  
 21 Dothi  
 22 Dothi  
 23 Dothi  
 24 Dothi  
 25 Dothi  
 26 Dothi  
 27 Dothi  
 28 Dothi  
 29 Dothi  
 30 Dothi  
 31 Dothi  
 32 Dothi  
 33 Dothi  
 34 Dothi  
 35 Dothi  
 36 Dothi  
 37 Dothi  
 38 Dothi  
 39 Dothi  
 40 Dothi  
 41 Dothi  
 42 Dothi  
 43 Dothi  
 44 Dothi  
 45 Dothi  
 46 Dothi  
 47 Dothi  
 48 Dothi  
 49 Dothi  
 50 Dothi  
 51 Dothi  
 52 Dothi  
 53 Dothi  
 54 Dothi  
 55 Dothi  
 56 Dothi  
 57 Dothi  
 58 Dothi  
 59 Dothi  
 60 Dothi  
 61 Dothi  
 62 Dothi  
 63 Dothi  
 64 Dothi  
 65 Dothi  
 66 Dothi  
 67 Dothi  
 68 Dothi  
 69 Dothi  
 70 Dothi  
 71 Dothi  
 72 Dothi  
 73 Dothi  
 74 Dothi  
 75 Dothi  
 76 Dothi  
 77 Dothi  
 78 Dothi  
 79 Dothi  
 80 Dothi  
 81 Dothi  
 82 Dothi  
 83 Dothi  
 84 Dothi  
 85 Dothi  
 86 Dothi  
 87 Dothi  
 88 Dothi  
 89 Dothi  
 90 Dothi  
 91 Dothi  
 92 Dothi  
 93 Dothi  
 94 Dothi  
 95 Dothi  
 96 Dothi  
 97 Dothi  
 98 Dothi  
 99 Dothi  
 100 Dothi



- What is the impact of multiple diseases?
- How does one pathogen effect another in this disease system?

Dothistroma



Cyclaneusma

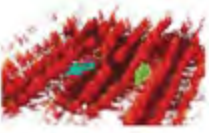


## The future:

- More research on chemical control, genomics, endophytes
- More efficient diagnosis
- Improved spraying technology

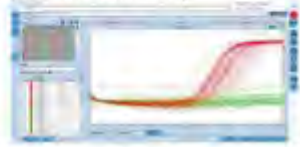
### 2. Turbulence in forest canopies (C. Dunker/ T. Strand)

- Turbulence data in open radiata pine canopy
- Kaingaroa Forest, NZ:
  - Period: 31 Jan – 20 April 2017
  - Tower with 5 sonic anemometers
  - Mounted between 0.36h – 2.44 h



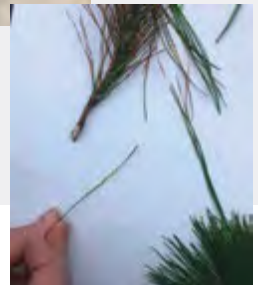
### A high-throughput assay for the detection and quantification of needle Phytophthora

- Based on qPCR protocols developed by Rebecca McDougal et al (unpublished data), Schena et al. (2006) and Chetri et al (2012)
- High-throughput assay with Slipstream Automation (Massey University, Palmerston North)
- Extraction of DNA and amplification in 96 well plates
- Can be used for both **detection** and **quantification**
- Applications in:
  - Research
  - Monitoring for control programmes
  - Monitoring of new incursions for biosecurity



## Conclusion

- Phytophthora are very difficult to diagnose
- And very difficult to control
- Copper spray shows promise
- Currently unknown if phytophthora are in Basque Forests



# LIFE14 ENV/ES/000179 LIFE HEALTHY FOREST

## Detección temprana de enfermedades y sistemas de manejo avanzados para reducir el declive causado por enfermedades forestales



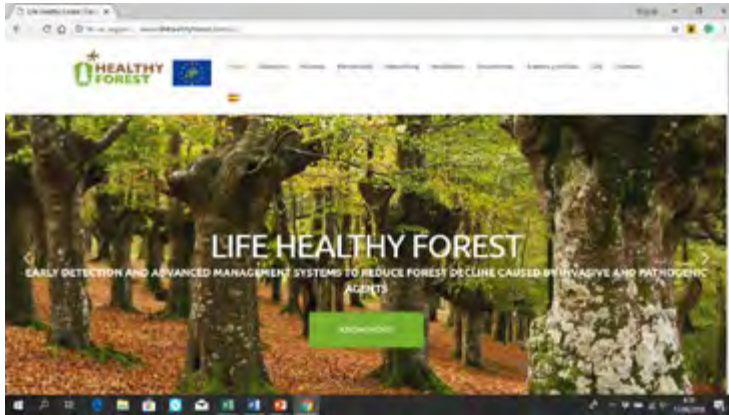
### Cronograma de actividades en el proyecto, Acciones abiertas

		TIMETABLE															
Action		2015			2016			2017			2018						
Action number	Name of the action	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
<b>A. Preparatory actions (if needed)</b>																	
A.1	Design of the integrated early detection system				■	■	■										
A.2	Optimization of the integrated system by its application to a small-scale demonstration plots				■	■	■										
<b>B. Implementation actions (obligatory)</b>																	
B.1	Implementation of the early detection system in large-scale demonstration plots							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
B.2	Implementation of sustainable management in forest ecosystems							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
B.3	Development and implementation of a GIS infrastructure for the early detection and sustainable control of invasive and damaging agents							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>C. Monitoring of the impact of the project actions (obligatory)</b>																	
C.1	Monitoring of the environmental impact of the project					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C.2	Monitoring of the socio-economic impact of the project					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>D. Public awareness and dissemination of results (obligatory)</b>																	
D.1	Communication Plan					■	■	■									
D.2	Priority actions					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D.3	Complementary actions					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D.4	Networking with other Life and non-Life projects					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>E. Project management and monitoring of the project progress (obligatory)</b>																	
E.1	Project management by NERER					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
E.2	Indicators, monitoring and evaluation of the project progress					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
E.3	After-Life Plan																■



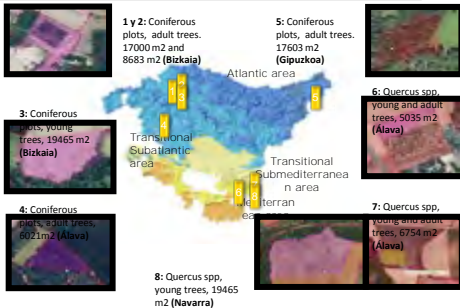
Acceso a las actividades y documentación del proyecto

<http://www.lifehealthyforest.com/es/>



Colaboradores Directos: Baskegur, Diputaciones Asociaciones de Forestalistas, Central Forestal .

Resultados obtenidos por acción:  
PARCELAS PILOTO A1 A2



a. Toma de Datos de campo, muestreos

b. Resultados de laboratorio

c. Datos procedentes de sistemas de teledetección

Infrared visible data NDVI (2008-2017)

Datos del vuelo Lidar 2008, 2013, 2017

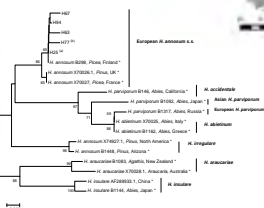
Datos del vuelo Hyperespectral 2016

**Acciones A: Desarrollo de métodos de detección temprana de enfermedades mediante técnicas microbiológicas, moleculares y de teledetección**



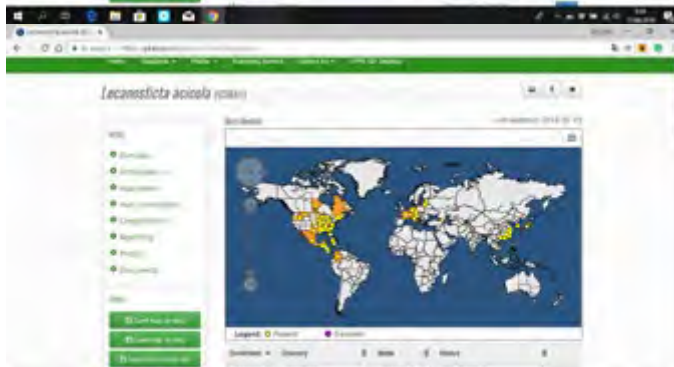
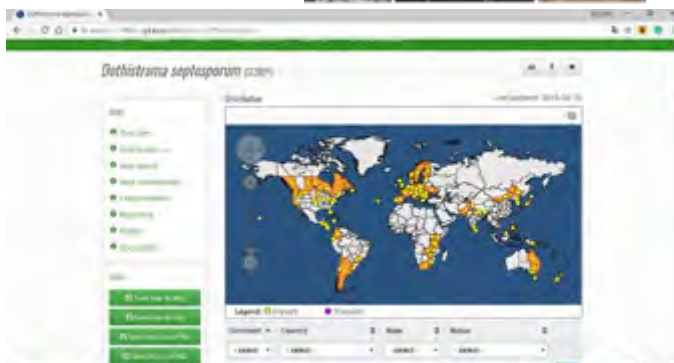


El proyecto life estudia enfermedades de plantaciones y bosques naturales

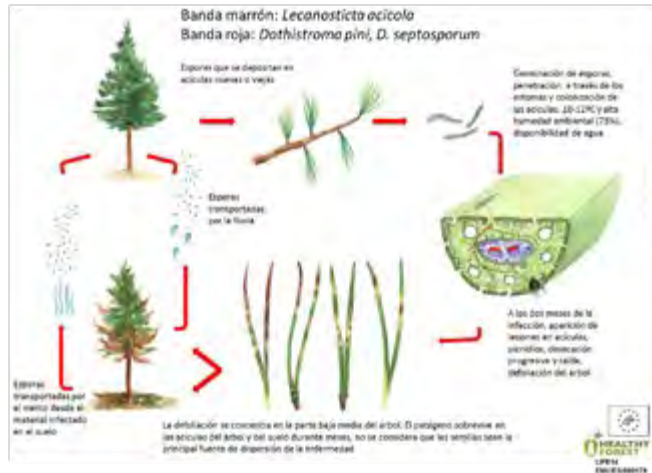


Evaluación del estado sanitario de las masas  
 Identificación y caracterización de enfermedades de raíz,  
 chancro, defoliadores  
 Estudio de su Biodiversidad  
 Distribución espacial  
 Epidemiología

Entre otros organismos se estudian las enfermedades de las bandas de pino. Las bandas, una enfermedad muy común en Europa y presente en España hace más de 50 años

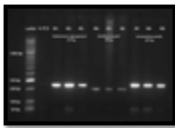


Con el fin de dar a conocer la enfermedad se diseñó en el proyecto una hoja informativa en la que se muestran los resultados de investigación más relevantes obtenidos por Neiker, hasta el momento.



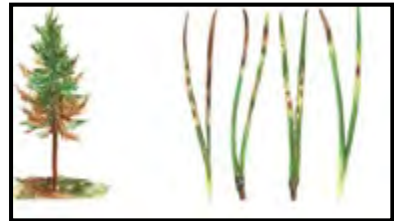
#### Cómo reconocerlo:

*Lecanosticta acicola* y las especies de *Dothistroma* se diferencian en la morfología de sus esporas, en el caso de los *Dothistromas* las especies se diferencian por métodos moleculares



#### Con qué la podemos confundir?

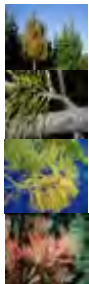
- Con otras especies de hongos defoliadores
- Con insectos y otros organismos defoliadores (ácaros, áfidos...)
- Con deficiencias nutricionales, pH del suelo...
- Polución, etc.



Se considera que puede afectar a la producción cuando las defoliaciones alcanzan porcentajes >25% y que se detiene el crecimiento del árbol cuando las defoliaciones superan el 75 %



Se tiene constancia de la presencia de las 3 especies y de Mat 1 y Mat 2 en las tres. La ocurrencia de recombinación sexual incrementa el potencial de evolución del patógeno y puede resultar en un incremento de la virulencia y adaptabilidad a condiciones de estrés. Los procesos de control y mejora se complican



Causan desecación y defoliación en la parte inferior y media de los árboles. Los picos de severidad se alcanzan en la primavera tardía y el verano

En la foto se muestra una plantación de *Pinus radiata* con daños visibles, decoloración y defoliación, causados por la banda marrón *L. acicola*



¿En qué especies se ha detectado en nuestro entorno?

*Pinus radiata*

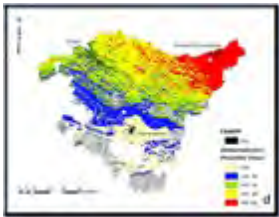
Detección ≠ Desarrollo de la enfermedad

<sup>1</sup> *Pinus nigra*, <sup>2</sup> *P. halepensis*, <sup>3</sup> *P. pinaster*, <sup>4</sup> *P. pinea*, <sup>5</sup> *P. radiata*, <sup>6</sup> *P. sylvestris*, <sup>7</sup> *Pseudotsuga menziesii*

Pinus/ Pseudotsuga	Ngr 1	Hale 2	Pin 3	Pin 4	Radi 5	Syl 6	Pin 7
<i>D. septosporum</i>							
<i>D. septosporum</i> & <i>D. pinii</i>							
<i>D. septosporum</i> & <i>L. acicola</i>							
<i>L. acicola</i>							
<i>Pestalotiopsis cincturata</i>							
Detecciones negativas							

■ Detectada su presencia  
■ No detectada su presencia

Mapa de riesgo de desarrollarse la enfermedad



Probabilidad de que si en la zona está presente la especie patógena, se desarrolle la enfermedad.

No quiere decir que no puedan desarrollarse los pinos de forma óptima

Especies alternativas

**MUY SENSIBLES**

**INTERMEDIAS**

**RESISTENTES**

*Pinus radiata*, *P. nigra* subsp. *laricio*, *P. attenuata*, *P. pinaster*, *P. canariensis*

*P. nigra* subsp. *nigra*, *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. patula*, *P. taeda*, *L. ellioti*

*Larix leptolepis*, *Larix decidua*, *Pseudotsuga menziesii*, *Cryptomeria japonica*, *Sequoiadendron giganteum*, *Sequoia sempervirens*, *Picea abies*, *Picea omorika*, *Picea pungens*, *Picea sitchensis*, *Picea shrenkiana*

Las listas de especies en función de su susceptibilidad pueden cambiar de un lugar a otro, así como los niveles de resistencia dentro de una misma especie, dependiendo de las procedencias, condiciones climáticas, etc.

Listas de especies para *D. septosporum*:

Susceptibles: *Pinus radiata*, *P. nigra* subsp. *laricio*, *P. attenuata*, *P. pinaster*, *P. canariensis*, *P. nigra* subsp. *nigra*, *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. patula*, *P. taeda*, *L. ellioti*, *Larix leptolepis*, *Larix decidua*, *Pseudotsuga menziesii*, *Cryptomeria japonica*, *Sequoiadendron giganteum*, *Sequoia sempervirens*, *Picea abies*, *Picea omorika*, *Picea pungens*, *Picea sitchensis*, *Picea shrenkiana*.  
 Moderadamente susceptibles: *P. nigra* subsp. *nigra*, *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. patula*, *P. taeda*, *L. ellioti*.  
 Muy poco susceptibles: *P. nigra* subsp. *nigra*, *P. contorta*, *P. ellioti*, *P. hartwegii*, *P. monilicola*, *Larix leptolepis*, *Larix decidua*, *Pseudotsuga menziesii*, *Picea omorika*, *Picea pungens*, *Picea sitchensis*, *Picea shrenkiana*.  
 Resistentes: *Pinus patula*, *P. taeda*, *P. ayacahuite*, *P. coulteri*, *P. michauxiana*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. serotina*, *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. torreyana*.

Fuente: www.forestry.gov.uk/forestresearch

¿Cómo prevenir y controlar las enfermedades?

Las buenas prácticas son esenciales

Evitar la dispersión con nuestras propias actuaciones es esencial

- Recoger semilla de plantaciones sanas
- Limpiar en la medida de lo posible las herramientas y maquinaria que se utilizan en el monte en diferentes parcelas
- Eliminar material enfermo

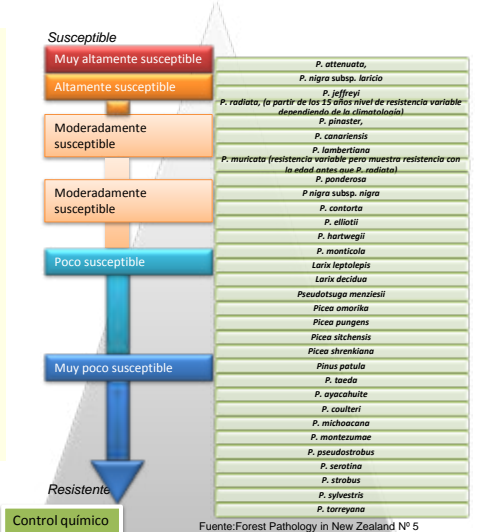
Actividades silvícolas

Las podas y las entresacas en general favorecen el desarrollo de los árboles, aumentar el marco de plantación.

Al incrementar la circulación de aire entre los árboles, se retiene menos humedad y esto no favorece el desarrollo de la enfermedad a la vez que se elimina material infectado → Solución temporal (2-5 años) Evitar densidades de plantación altas (-Coste)

Fertilización

→ Si se fertiliza no utilizar dosis altas de N



El uso de fertilizantes en las plantaciones de pinos es una práctica común que puede aumentar el riesgo de enfermedades. Se recomienda utilizar dosis bajas y evitar el uso de nitrógeno.







### Estrategias de manejo sostenible: Control integrado

En estos sistemas la combinación de métodos de control suele ser lo más eficiente

Una gestión de las plantaciones personalizada, acorde a la situación y circunstancias de cada una de ellas

A modo de ejemplo:

En zonas altamente afectadas (70% de afección parada de crecimiento)→ Se podría sugerir una tala, replantaciones con material Tolerante o no hospedador de las bandas

En zonas con afecciones mayores al 25 %inferiores al 70 % puede resultar factible una aplicación de una sustancia fungicidas naturales + estimulantes químicos y bioestimulantes

En zonas de menor afección como tratamiento preventivos recurrir a la utilización de microorganismos beneficiosos, estimulantes químicos (P y K) y bioestimulantes puede ser una opción

### A1 A2 B1B2 Acciones de comunicación y divulgación

The collage features several key elements:

- Abstract Book:** A cover with the text "ABSTRACT BOOK" and the UNB logo.
- 125th Anniversary Congress 2017:** A poster with a tree and the text "125th ANNIVERSARY CONGRESS 2017" and "IUFRO www.iufro2017.com".
- Scientific Paper 1:** "Epinecetrin: a potent pathogen of *Filicia radiata* reported in northern Spain" from the journal "forests".
- Photo:** A group of people in a forest setting, possibly a field visit or training session.
- Scientific Paper 2:** "Native rhizobacteria as biocontrol agents of *Heterobasidion annosum* s.s. and *Armillaria mellea* infection of *Pinus radiata*" from the journal "forests". This abstract is circled in red.

B2

DOI 10.1016/j.forestry.2016.06.002



# ESPECIES CONÍFERAS AL



Criptomeria japonica



Abeto de Douglas



Pino taeda



Cedro del Atlas

Especie	Criptomeria japonica ( <i>Cryptomeria japonica</i> )	Cedro del Atlas ( <i>Cedrus atlantica</i> )	Abeto de Douglas ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> )	Abeto rojo ( <i>Pinus resinosa</i> )
Producción				
Crecimientos				15 m <sup>3</sup> /ha/año
Alturas de fuste podado, recto y sin defectos		6 m	6 m	
Diámetros		45-55 cm	45-55 cm	
Edad de explotación	60 años	60-80 años	40-45 años	60 años
Condiciones ambientales				
Naturaleza del suelo	Suelos muy variados	Suelo pesado a evitar. Suelo drenado filtrante óptimo. Suelo muy poroso y muy filtrante posible	Suelo pesado a evitar. Suelo drenado filtrante óptimo. Suelo muy poroso y muy filtrante posible si permanece fresco hasta en verano	Suelos no pesados, húmedos y no excesivamente arcillosos
pH	Soporta los suelos más ácidos, hasta pH 4	4 a 8, acepta suelos calizos activos, sin exceso de Mg	4 a 6, evitar suelos calizos activos	4 a 7, ev
Tolerancia al encharcamiento		Ninguna	Ninguna	Ninguna tolerancia a la g
Necesidades de agua	Lluvias anuales > 1000 mm, evitar encharcamientos	Suelo fresco todo el año: no es indispensable. Resistencia a la sequía: acepta la sequía pero con riesgos de mortalidad en los primeros años	Suelo fresco todo el año: preferible. Resistencia a la sequía: acepta la sequía ocasional	Evitar encharcamientos
Profundidad mínima de suelo		30 cm, a veces menos sobre roca fisurada	35 cm	Suelos profundos
Zonas climáticas favorables		Mejor en montaña que en zonas bajas, > 900 m, óptimo entre 1800-2300 de altitud	Todas excepto zona mediterránea y por encima de 1000 m de altitud	400-1100 m de altitud preferencia por exposiciones umbrías
Silvicultura				
Densidades de plantación recomendada	950 a 1100 plantas/ha	1000 a 1200 plantas/ha	800 a 1000 plantas/ha	1200 a
Poda de formación		Inútil, salvo si hay 500 pies correctos/ha cuando los árboles alcanzan 4 m de altura	Inútil, salvo si hay 500 pies correctos/ha cuando los árboles alcanzan 4 m de altura	Inútil, sal correct árboles
Poda de calidad	Limpieza los primeros 4 años, desbroce año 12, poda baja año 12, entresaca hasta 900 árboles/ha, poda alta hasta 5 m el año 17 sobre los mejores 300 pies/ha, año 17 primera clara 700 árboles/ha, año 23 segunda clara 550 árboles/ha, año 32 tercera clara 400 árboles/ha, año 40 cuarta clara 300 árboles/ha, año 50 quinta clara 200 árboles/ha	En tres veces. Podar hasta 2,5-3 m cuando la altura total sea de 6 a 8 m (todos los pies) . Podar hasta 4-5 m cuando la altura total sea de 9 a 11 m (400-500 pies/ha). Podar hasta 6 m cuando la altura total sea de 12 a 14 m (200-300 pies/ha)	En tres veces. Podar hasta 2,5-3 m cuando la altura total sea de 6 a 8 m (todos los pies) . Podar hasta 4-5 m cuando la altura total sea de 9 a 11 m (400-500 pies/ha). Podar hasta 6 m cuando la altura total sea de 12 a 14 m (200-300 pies/ha)	Limpieza los primeros 4 años, desbroce año 12, poda baja año 12, poda alta hasta 5 m el año 17 sobre los mejores 350 pies/ha
Entresacas		Aclarar rápida y precozmente cuando los árboles más altos alcanzan de 13 a 14 m	Aclarar fuerte y precozmente cuando los árboles más altos alcanzan de 6 m para conservar 600 pies/ha	Aclarar re los ár alcanz
Sensibilidades particulares				
Sensibilidad a la caza		Media (conejos, liebres, corzos)	Alta (conejos, liebres, corzos)	
Sensibilidad a parásitos y enfermedades		Orugas, pulgones, hongos de raíz como <i>Heterobasidion annosum</i>	Roya del abeto, evitar fondos de valle y zonas con nieblas	<i>Hylobius abietis</i>
Sensibilidad al viento		Escasa salvo en terrenos muy superficiales	Escasa salvo en terrenos muy superficiales	Alta, se inundad
Usos				
Usos de la madera		Carpintería, mueble, construcción, objetos diversos	Carpintería, contrachapado, construcción, traviesas	Chapa, muebles, ebanistería, carpintería como madera estructural

Origen de la información:

Repoblación y manejo forestal .  
Diputación de Gipuzkoa

Int  
foi

# TERNATIVAS A *Pinus radiata*

jo y Picea de Sitka abies y <i>Picea sitchensis</i>	Pino laricio de Córcega y de Calabria ( <i>Pinus nigra</i> )	Pino marítimo ( <i>Pinus pinaster</i> )		Pino taeda ( <i>Pinus taeda</i> )
		8 m <sup>3</sup> /ha/año	7 m <sup>3</sup> /ha/año	20 m <sup>3</sup> /ha/año
6 m	6 m		3-5 m	Altura total de entre 30 a 35 m
40-55 cm	45-55 cm		40-50 cm	40-55 cm
10-50 años	45-65 años	60 años	50-60 años	50 años
	Suelo pesado a evitar, el pino laricio de Calabria se adapta mejor que el de Córcega. Suelo drenado filtrante óptimo. Suelo muy poroso y muy filtrante posible		Suelo pesado y arenoso en superficie conveniente.	Suelos variables, mejor en suelos profundos y con buen drenaje. Requerimientos de fertilización mínimos
Evitar suelos calizos activos	4 a 7, el pino laricio de Córcega no soporta la caliza activa		3,5 a 5,5, no soporta la caliza activa	4,5 a 5,5
para el abeto rojo, si es temporal para Picea de Sitka	Sólomente si es temporal		Lo soporta	
resco todo el año	Suelo fresco todo el año: no indispensable. Resistencia a la sequía: al principio delicado pero después buena resistencia		Tolera la sequía	
35 cm	30 cm		20 cm	Suelos profundos
	Todas salvo por encima de los 800 m de altitud	Por encima de los 500 m de altitud y en exposiciones de solana	En zonas atlánticas a 200-300 km de la costa y zonas mediterráneas	Altitud entre el nivel del mar y los 700 m
1600 plantas /ha	1000 a 1200 plantas /ha		1000 a 1500 plantas /ha	800 a 1600 plantas /ha
lvo si hay 500 pies os/ha cuando los alcancen 4 m de altura	Excepcional, salvo si hay 500 pies correctos/ha cuando los árboles alcancen 4 m de altura		Una poda de calidad, cuando el árbol alcance de 30 a 35 cm de circunferencia, hasta 3/4 de la altura. En 300-400 pies/ha	Limpeza los primeros 2-3 años. Primera poda: DAP 8-11 cm, altura de poda 2,2-2,4 m, nº de árboles a podar 600-800. Segunda poda: DAP 13-16 cm, altura de poda 4 m, nº de árboles a podar 400. Tercera poda: DAP 16-20 cm, altura de poda 6-7 m, nº de árboles a podar 280-300
ces. Podar hasta 2,5 lo la altura total sea m (todos los pies) ita 4-5 m cuando la tal sea de 9 a 11 m (10 pies/ha). Podar m cuando la altura de 12 a 14 m (300 pies/ha)	En tres veces. Podar hasta 2,5-3 m cuando la altura total sea de 6 a 8 m (todos los pies). Podar hasta 4-5 m cuando la altura total sea de 9 a 11 m (400-500 pies/ha). Podar hasta 6 m cuando la altura total sea de 12 a 14 m (250-300 pies/ha)	Limpeza los primeros 5 años, desbroce año 12, poda baja año 12, poda alta hasta 5 m el año 23 sobre los mejores 300 pies/ha	Limpeza los primeros 4 años, desbroce año 11, poda baja año 11, poda alta hasta 6 m el año 18 sobre los mejores 350 pies/ha	
regularmente cuando boles más altos an de 12 a 13 m	Cuando la plantación alcanza los 6 m de altura reducir la densidad a 600-700 pies/ha Aclarar precoz y regularmente cuando los árboles más altos alcanzan de 12 a 13 m			
Muy baja	Baja (conejos, liebres, corzos)		Baja (conejos, liebres, corzos) si la presencia de ciervos o corzos es muy numerosa añadir 200 a 300 plantas/ha	
adores, pulgones, foliadores y de raíz <i>Heterobasidion annosum</i>	Royas, hongos defoliadores y de raíz, insectos		Insectos diversos, orugas, escoltidos, gorgojos, defoliadores y hongos de raíz	
acentúa en suelos los o superficiales	Baja, excepto en suelos superficiales o temporalmente inundados		Muy atenuada, si la relación altura/diámetro se mantiene entre 60 y 70	
a, mueble, pasta de papel	Carpintería, mueble, construcción, pasta de papel, fabricación de cajas	Madera estructural, chapa, mobiliario urbano	Carpintería, mueble, construcción, pasta de papel	Pasta de papel, parquet, sierra y muebles
				Madera para triturado y madera de calidad aserrable, construcción

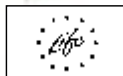


Alerce europeo

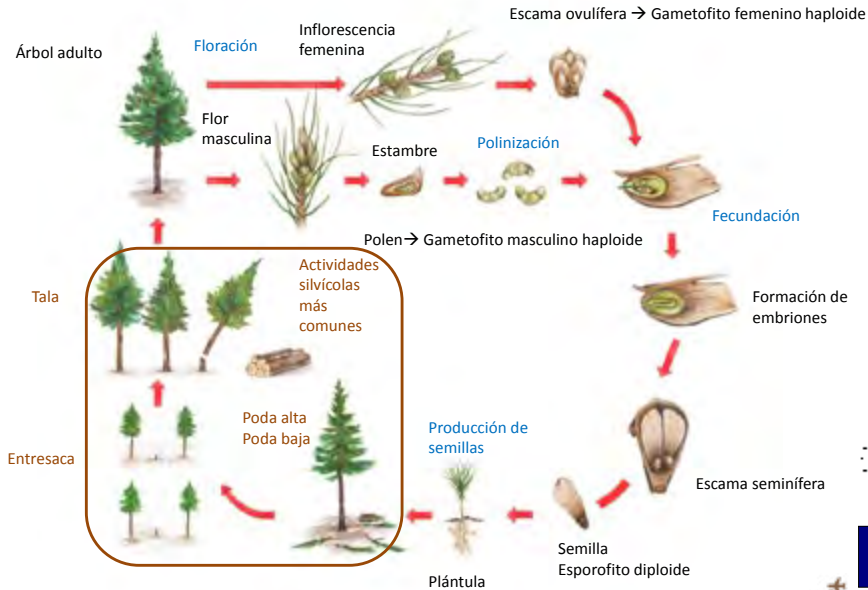


Picea de Sitka

Abeto rojo



## CICLO DE VIDA DEL PINO



## ¿Cómo se multiplican los pinos en la naturaleza? Un breve resumen



Los pinos pertenecen al grupo de las coníferas y éstas, a su vez, al de las gimnospermas. Las gimnospermas son plantas que producen semillas “desnudas” no ubicadas dentro de un fruto. En el pino estas semillas se encuentran en los estróbilos, piñas o conos, de ahí el nombre de coníferas.

Como todas las plantas vasculares el pino presenta alternancia de dos generaciones en su ciclo vital. El árbol adulto es el **esporofito** diploide maduro ( $2n$ ), la generación que produce esporas. A partir de éstas se origina el gametofito, generación haploide ( $n$ ), de tamaño muy reducido, parásita, ya que depende completamente del esporofito para su nutrición. En la fecundación se unen los gametos (formados en los gametofitos) para originar un cigoto diploide que reiniciará el ciclo. Las coníferas son plantas monoicas por presentar flores unisexuales (masculinas y femeninas), desnudas, en el mismo pie.



Las flores masculinas están formadas por numerosos estambres, cada uno de ellos lleva dos sacos polínicos. En su interior, por meiosis, se producirán 4 granos de polen inmaduros. Estos granos se rodean de una pared celular especializada, se dividen mitóticamente y se transforman en granos de polen.

Una vez maduro el polen es liberado de los estambres al exterior. Al tener dos sacos aéreos se facilita su dispersión por el viento. Cada grano de polen es un gametofito masculino i



## ¿Cómo se multiplican los pinos en la naturaleza?



Las inflorescencias femeninas están formadas por brácteas dispuestas en espiral alrededor de un eje. En cada bráctea hay una flor femenina llamada *escama ovulífera*. Cada escama porta dos óvulos.

Las inflorescencias femeninas están en las ramas más altas y las masculinas en las ramas inferiores. Esta distribución facilita el que se produzca la fecundación cruzada (entre distintos árboles) ya que el viento dispersa el polen en gran cantidad hacia las flores femeninas de otros árboles.



La polinización ocurre en nuestra zona (País Vasco) a finales del invierno y en primavera. El polen llega directamente a los óvulos. Estos producen una gota de líquido pegajoso a la que se adhiere el polen. Al evaporarse este líquido los granos de polen son arrastrados al interior del óvulo.



Las escamas ovulíferas entonces se cierran para proteger el polen. El grano de polen germina y se forma el tubo polínico que va creciendo lentamente (gametofito masculino haploide). En la escama ovulífera se inicia la formación del gametofito femenino por repetidas divisiones mitóticas.

## ¿Cómo se multiplican los pinos en la naturaleza?



Tras pasar unos 15 meses los gametofitos masculino y femenino alcanzan el estado de madurez.

La fecundación ocurre en la primavera del año siguiente. Comienzan a formarse los respectivos embriones, gametofitos y cubierta de la semilla.



La semilla es una combinación de dos generaciones esporofíticas diploides (una es la cubierta de la semilla y la otra es el embrión) y una generación gametofítica haploide, el endosperma primario, tejido nutritivo o alimentación de la semilla.

El ciclo completo dura normalmente dos años, cuando las semillas caen de los conos. Las escamas ovulíferas se han vuelto leñosas y se abren, y las semillas son transportadas por el viento gracias a que son aladas. Esto sucede en otoño, dos años después de la aparición inicial de los conos y de la polinización.



**El Chancro resinoso del pino:**  
*Fusarium circinatum*

Se pueden dispersar por el aire, con la ayuda de insectos vectores, por actividades de manejo en las plantaciones con la maquinaria y herramienta forestal y otras intervenciones humanas



**Cómo reconocer la enfermedad:**

Provoca daños en semilla, planta de vivero y árboles adultos. En los árboles con esta enfermedad, aparecen chancros con abundante resinación, pueden llegar a estrangular las ramas o el tronco principal y las partes superiores del árbol mueren. Las plántulas jóvenes enfermas muestran síntomas de decaimiento, desecación de las acículas y tallos e incluso pueden llegar a morir. En semilla puede darse la inhibición de la germinación



A la lupa podemos observar en ocasiones, fructificaciones de color salmón, esporodocios. Bajo el microscopio las macroesporas tienen forma de vaina y resulta característica la producción de estructuras miceliales, los circinos. Su identificación se confirma por métodos moleculares.



**¿Cómo se dispersa?**



Hay plantas herbáceas y arbustivas que pueden albergar al hongo sin mostrar síntomas de enfermedad. Se considera que a corta distancia se dispersa por el aire, por insectos vectores, los más frecuentes *Ips*, *Tomicus* y *Pityophthorus*.

Género *Ips*

Género *Tomicus*

Género *Pityophthorus*.



**¿Con qué la podemos confundir?**

- Con otras especies de hongos que provocan síntomas similares como *Diplodia sapinea*





## AGRADECIMIENTOS / ESKERTIAK

Dedicado a todos los forestales que han hecho posible este trabajo  
*Basoko jendearen artean, lan hau posible egin dutenei eskerrik asko*







## El anunciador

Todo hombre digno de este nombre  
Tiene en el corazón una Serpiente amarilla,  
Instalada como sobre un trono,  
Que si él dice: “¡Quiero!” responde:  
“¡No!”

Hunde tu mirada en los ojos fijos  
De las Satiresas o de las Ninfas,  
La Inquina dice: “¡Piensa en tu deber!”

Haz hijos, planta árboles,  
Pule rimas, esculpe mármoles.  
La Inquina dice: “¿Vivirás esta tarde?”

Por más que esboce o espere,  
El hombre no vive sino un instante  
Sin soportar la advertencia  
De la insoportable Víbora.

## L'avertisseur

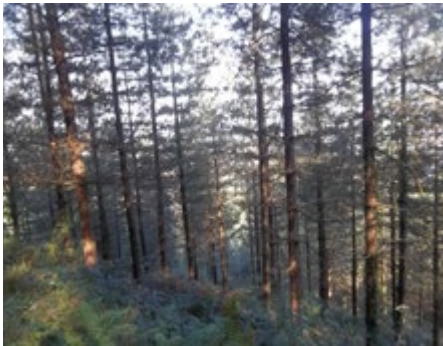
Tout homme digne de ce nom  
À dans le coeur un Serpent jaune,  
Installé comme sur un trône,  
Qui, s'il dit : “ Je veux ! “ répond :  
“ Non ! “

Plonge tes yeux dans les yeux fixes  
Des Satyresses ou des Nixes,  
La Dent dit : “ Pense à ton devoir ! “

Fais des enfants, plante des arbres,  
Polis des vers, sculpte des marbres,  
La Dent dit : “ Vivras-tu ce soir ? “

Quoi qu'il ébauche ou qu'il espère,  
L'homme ne vit pas un moment  
Sans subir l'avertissement  
De l'insupportable Vipère.

*Charles Baudelaire (1821-1867) - Agregado VIII de la Tercera Edición de Las Flores del Mal (1861)*



Publicación realizada gracias al soporte financiero deL Programa LIFE

