



9CFE-2065

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: 978-84-941695-7-1

Organiza





Red de Infraestructuras de Investigación para el Seguimiento y la Adaptación de los Bosques al Cambio Climático (REINFFORCE2)

HEVIA, A. (1,2), SÁNCHEZ-SALGUERO, R. (2), GUZMÁN-ÁLVAREZ, J.R. (3), ARIAS-GONZÁLEZ, A. (4), CANTERO, A. (5), DIEZ, JULIO J. (6), GARTZIA-BENGOETXEA, N. (4), GÓMEZ-GARCÍA, E. (7), GONZÁLEZ-SAINZ, C. (8), GARCÍA-LÓPEZ, LL. (9), GOIKOETXEA, M. (10), ROZADOS-LORENZO, M.J. (7), SILVA-PANDO, F.J. (7), LAMRANI, M. (11), ORAZIO, C. (12)

1. Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla
2. Laboratorio DendrOlavide. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla
3. Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía
4. NEIKER-TECNALIA. INSTITUTO VASCO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS
5. Fundación HAZI
6. Universidad de Valladolid
7. CIF Lourizán, Xunta de Galicia
8. Adra Ingeniería y Gestión del Medio
9. Asociación Forestal Andaluza
10. Gestión Ambiental de Navarra S.A.
11. ENFI, Marruecos
12. Instituto Europeo del Bosque Cultivado, IEFC

Resumen

Las tendencias del cambio climático con el aumento de sequías, incendios y fuertes vientos son una gran amenaza para los bosques y todos los servicios ecosistémicos asociados. El proyecto REINFFORCE2 (<https://reinfforce.plantedforests.org>) plantea la búsqueda de soluciones para la adaptación de los bosques, evaluando la respuesta de diferentes especies forestales y regiones de procedencia a lo largo de un gradiente climático en el Arco Atlántico. Se trata de un proyecto enmarcado en el Programa INTERREG de Cooperación Transnacional Espacio Atlántico 2021-2027, con un total de 12 socios de 4 países (España, Francia, Portugal e Irlanda) y una infraestructura de sitios de investigación a largo plazo única en el mundo. Cuenta con 38 arboretos instalados en 2012 y 27 nuevos arboretos que serán instalados en 2026-2027. Además, se estudiarán 41 sitios demostrativos ya instalados, a los que se unirán otros 29, bajo diferentes escenarios selvícolas y condiciones climáticas. Se utilizarán nuevas tecnologías de inventario como drones y sensores IoT y se cuantificarán los efectos del cambio climático en la salud, crecimiento, productividad y calidad de la madera. Este proyecto contribuirá a la conservación y productividad de las especies, garantizando el suministro de recursos forestales y servicios ecosistémicos a largo plazo.

Palabras clave

Bosques atlánticos, silvicultura, procedencias, Europa, IoT, drones

2.Introducción



El proyecto europeo REINFFORCE2, acrónimo de “REsource INFrastructures for monitoring, adapting and protecting European Atlantic FORests under changing Climate 2”, se enmarca dentro del Programa INTERREG de Cooperación Transnacional Espacio Atlántico 2021-2027, dentro de la prioridad “Blue and Green environment” y el programa “RSO2.4. Promoting climate change adaptation and disaster risk prevention, resilience taking into account eco-system based approaches”. Cuenta con un presupuesto total de en torno a cuatro millones de euros. Su duración será desde diciembre de 2023 a abril de 2027.

El coordinador y socio principal es el Instituto Europeo del Bosque Cultivado (IEFC), y cuenta con un total de 6 socios españoles, 3 franceses, 2 socios portugueses y 1 irlandés (Figura 1):

- Institut National de la Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAe, FR)
- Centre National de la Propriété Forestière CNPF (Aquitaine, FR)
- NEIKER - Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, S.A. (País Vasco, ES)
- Fundación Hazi Fundazioa (País Vasco, ES)
- Axencia Galega da Calidade Alimentaria - CIF de Lourizán (Galicia, ES)
- Institut National de la Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (Aquitaine, FR)
- Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos (Açores, PT)
- Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa (Lisboa, PT)
- Gestión Ambiental de Navarra, S.A. (Comunidad Foral de Navarra, ES)
- Western Forestry Cooperative Society Ltd (Northern and Western, IE)
- Adra Ingeniería y Gestión del Medio (Cantabria, ES)
- Universidad de Sevilla (Andalucía, ES)

Con cuatro instituciones asociadas:

- Forest Research (Hampshire and Isle of Wight, UK)
- Asociación Forestal Andaluza (Andalucía, ES)
- National Forestry School of Engineers ENFI (Morocco)
- Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul (Andalucía, ES)

2. Objetivos

El objetivo general del proyecto REINFFORCE2 se centra en la protección de los bosques del área atlántica, tratando de proporcionar soluciones concretas a los responsables de la toma de decisiones y a los gestores forestales con el fin de crear bosques resilientes y adaptados al cambio climático manteniendo sus bienes y servicios. Para ello, se trabajará en diversos sitios demostrativos bajo diferentes tipos de gestión forestal, diversas especies y sus regiones de procedencia. Se realizarán seguimientos de ensayos de procedencias en arboretos, con la novedad de análisis de datos en base a nuevas tecnologías de inventario y monitorización



(LiDAR, IoT), cooperación transnacional y difusión de información a las partes interesadas en la gestión forestal, cambio climático, salud forestal y a la sociedad civil.

Como objetivos específicos, se plantean: (1) Mejorar la actual infraestructura de investigación para el Seguimiento y la Adaptación de los Bosques al Cambio Climático, añadiendo nuevos ensayos mediante arboretos con nuevas especies y procedencias y estableciendo nuevos vínculos con socios situados más al sur previendo un clima más cálido y seco en el norte, y (2) Evaluar cómo se comportan las especies arbóreas forestales a medidas de gestión forestal adaptativa en distintos lugares de demostración de condiciones contrastadas utilizando nuevas técnicas de análisis, combinadas con inventario forestal, para una evaluación más rápida y precisa de una gestión sostenible frente al cambio climático. A partir de los datos generados, se validarán y promoverán soluciones sobre cómo adaptar los bosques para asegurar los recursos forestales y sus bienes y servicios asociados en los países del arco atlántico.

3. Metodología

En este proyecto se está trabajando en la ampliación y mejora de herramientas para la monitorización del cambio climático y su impacto sobre los bosques en las regiones del arco atlántico, así como en la evaluación de la eficacia de las actividades de adaptación llevadas a cabo por los socios del proyecto REINFFORCE (tras más de 10 años de seguimiento) y REINFFORCE2 (en la actualidad).

El desarrollo del proyecto REINFFORCE2 se centra en torno a 5 paquetes de trabajo principales:

El objetivo del primer paquete es aprovechar al máximo el trabajo del proyecto Interreg anterior (REINFFORCE, 2009-2012), contando con una infraestructura única en el mundo de 38 arboretos y 41 sitios de demostrativos ubicados en 16 regiones del arco atlántico (Portugal: Norte, Algarve, Alentejo, Centro, Área Metropolitana de Lisboa, Região Autónoma das Ações; Reino Unido: Norte y Oeste, Este y Centro; España: Cantabria, Galicia, País Vasco, Navarra, Andalucía; Francia: Bretaña, Nouvelle-Aquitaine, Pays-de-la-Loire) correspondientes con 16 regiones bioclimáticas contrastadas (Figura 2).

En esta infraestructura, se han recopilado datos sobre crecimiento, estado de salud, climatología y fenología (CORREIA et al., 2018; SHAHIN et al., 2019), procediendo al análisis de datos en el actual proyecto REINFFORCE2, con un seguimiento de los sitios desde hace más de una década, y datos tomados anualmente. Con esta información, se están generando guías de manejo y uso del material vegetal estudiado (Tabla 1). Además, se están organizando visitas técnicas y talleres para visualizar las demostraciones prácticas de gestión adaptativa en los bosques atlánticos al cambio climático a lo largo de 2025 y 2026, con un total de 25 visitas (2 por cada socio de REINFFORCE2).



El objetivo principal del segundo paquete de trabajo, que se está llevando a cabo en la actualidad, es utilizar nuevas tecnologías de inventario (drones, LiDAR; Figura 4) que no estaban disponibles en el anterior proyecto REINFFORCE para ayudar en el estudio y seguimiento de los impactos del cambio climático en los bosques atlánticos. Además, este paquete de trabajo permitirá mejorar las habilidades de los socios del proyecto REINFFORCE2 y las partes interesadas de las distintas regiones socias y asociadas en relación con el análisis de BIG DATA, el uso de la inteligencia artificial (IA) y las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) aplicadas al sector forestal. Se está trabajando, además, en la elaboración de un protocolo para el uso de estas tecnologías.

El tercer paquete de trabajo ha sido también iniciado por parte de los socios de REINFFORCE2, mejorando la red con nuevos ensayos de especies y procedencias que se ajusten a la nueva demanda de los gestores, y también para establecer nuevos sitios demostrativos sobre gestión adaptativa. Este paquete busca capitalizar el conocimiento y los resultados del proyecto anterior. En este nuevo proyecto se establecerán 27 nuevos ensayos en arboretos, con nuevos socios como Andalucía e Irlanda en los extremos de distribución del arco atlántico europeo. La red de arboretos REINFFORCE2 quedará conformada por más de 50 arboretos donde se ensayarán 2-3 procedencias genéticas de más de 40 especies compartidas entre todas las regiones a las cuales se realizará un seguimiento anual. En el momento actual, se ha comenzado la selección de especies y procedencias, así como la petición de semillas para su instalación en cada arboreto, con una lista opcional de especies más adaptadas a los países del norte y a los países del sur, junto con una lista común para todos los socios. La expansión de estos arboretos a los extremos pretende incluir regiones con pronósticos de eventos climáticos extremos (inundaciones en Irlanda, olas de calor en Andalucía) para que podamos analizar el impacto del cambio climático en los bosques atlánticos que se trasladará en latitud a lo largo del siglo XXI (IPCC, 2023).

Por otro lado, se establecerán 29 nuevos sitios demostrativos de gestión forestal adaptativa que se unirán a la red de 41 sitios del anterior proyecto en todas las regiones atlánticas. La selección de sitios ya ha sido realizada, empezando los trabajos de instalación en algunos de ellos, como es el caso del País Vasco (NEIKER-Tecnalia) en una plantación de pino radiata. Cada socio ha preparado una ficha descriptiva de los sitios para su publicación en la web del proyecto, que será actualizada con todos los detalles y novedades de REINFFORCE2. La finalidad es analizar y demostrar la eficiencia de diferentes medidas de gestión adaptativa propuestas en cada región (Figura 2). Además, por primera vez se incluye una institución asociada como ENFI en Marruecos que nos podrá proporcionar conocimientos técnicos del manejo forestal en zonas más áridas, extendiéndose también su participación en la selección de especies y procedencias, proveedores de semillas e información sobre la gestión forestal adaptativa practicada en países al sur de la red REINFFORCE. Por último, se desarrollarán herramientas de apoyo a la toma de decisiones a nivel europeo y regional. REINFFORCE2 está trabajando en la generación de información cuantitativa sobre los parámetros climáticos a considerar (límite de heladas, límite de sequía, ...) a la hora de seleccionar una especie en actuaciones de restauración o plantación, junto con información cualitativa sobre los servicios ecosistémicos proporcionados por las especies



estudiadas en las redes REINFFORCE y REINFFORCE2.

El cuarto paquete de trabajo contribuye a la difusión del conocimiento generado y a la adopción y ampliación de manuales de gestión a través de la web (que será actualizada con el nuevo proyecto REINFFORCE2 en 2025): <https://reinfforce.plantedforests.org/es/publications/>, además de incluir todas las publicaciones, productos, videos, folletos y noticias que están siendo derivados del proyecto. Se están elaborando manuales para los gestores como herramientas de apoyo a la toma de decisiones, bases de datos y recomendaciones de selección de especies. Asimismo, los socios del proyecto REINFFORCE2 están trabajando en la elaboración de protocolos de instalación y mantenimiento de los arboretos, uso de drones y análisis de datos para su publicación. El proyecto cuenta con una actividad de difusión en redes sociales (X) y la participación de los socios en eventos de divulgación (ej., café con ciencia 2024, InvestigamUS) y científicos (ej., 8ª Mediterranean Forest Week, Congresso Florestas e Clima 2024). El conjunto de la información a transferir se dirige a un público amplio y pretende además facilitar el intercambio de datos e información entre los socios, con la finalidad de mantener la web activa por al menos 15 años desde el IEFC. Durante el proyecto se celebrarán talleres dirigidos a distintos grupos de interés profesional y no profesional del sector para informar a la sociedad sobre el impacto del cambio climático en los bosques y las medidas de adaptación que se pueden adoptar basadas en el conocimiento generado en el proyecto REINFFORCE2. Al final del proyecto se organizará una conferencia internacional con traducción simultánea (FR, EN, ES y PT) que presentará la nueva red de infraestructuras de arboretos, sitios demostrativos y todos los resultados generados así como su potencial de futuro.

El último paquete de trabajo engloba todas las actividades que requieren una importante coordinación por parte del socio principal, IEFC. La gestión del proyecto como tal, la organización de la asamblea general y las reuniones del comité directivo, pero también la elaboración de los informes (técnicos y financieros) requeridos por INTERREG. En este paquete de trabajo se coordina la redacción de protocolos comunes que definen cómo se instalarán los nuevos sitios, cómo se realizará el seguimiento y las actualizaciones necesarias en la base de datos web, organizando eventualmente reuniones de grupos de expertos para abordar cuestiones específicas complejas como la selección de especies, la selección de sensores, etc. En la actualidad, se están realizando anualmente dos reuniones técnicas (Escocia y Francia, en 2024; España, San Sebastián y Pontevedra, en 2025) y dos asambleas generales (2024, en Roslin, Escocia y 2025, en San Sebastián, España). IEFC también coordina la compra de semillas y la entrega de plántulas a todos los socios que instalarán nuevos arboretos durante la duración del proyecto.

4. Resultados

El proyecto REINFFORCE2 está en su etapa inicial (Figura 4), empezando a generar resultados que serán publicados a lo largo del proyecto. Se espera que REINFFORCE2 aporte importantes soluciones de gestión gracias al gradiente climático considerado dentro del Arco Atlántico. Este gradiente permitirá anticipar los efectos del cambio climático de las zonas más cálidas y secas a las zonas más



húmedas y frías. La consideración de la región de Andalucía y de Marruecos ayudará a conocer el impacto del clima ante los nuevos escenarios del cambio climático en otras regiones de Europa. El proyecto ha comenzado a analizar los datos generados en los arboretos instalados en el proyecto REINFFORCE, aplicando como novedad nuevas herramientas de BIG DATA, “internet de las cosas (IoT)” e inteligencias artificial (IA), realizando además nuevos seguimientos en los arboretos con las últimas tecnologías de inventario y seguimiento, como drones y sensores que no estaban disponibles hace más de 10 años.

Uno de los principales resultados de este proyecto es la ampliación de socios en los extremos del arco atlántico, sobre todo hacia el sur de Europa y Norte de África que nos permitirá validar y anticipar soluciones de gestión adaptativa a los bosques más al norte para asegurar el suministro de recursos forestales, bienes y servicios aportados por los bosques atlánticos del futuro.

5. Agradecimientos

Este proyecto está cofinanciado por el Programa Interreg Espacio Atlántico a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional AH ha sido financiada por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por el FSE+ (ayuda RYC2022-037832-I).

6. Bibliografía

Correia, A.H.; Almeida, M.H.; Branco, M.; Tomé, M.; Cordero Montoya, R.; Di Lucchio, L.; Cantero, A.; Diez, J.J.; Prieto-Recio, C.; Bravo, F.; et al. 2018. Early Survival and Growth Plasticity of 33 Species Planted in 38 Arboreta across the European Atlantic Area. *Forests* 9, 630. <https://doi.org/10.3390/f9100630>

IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

Shahin, H.; Correia, A.H.; Orazio, C.; Branco, M.; Almeida, M.H. 2019. Monitoring two REINFFORCE Network Arboreta: first result on site, climate and genetic interaction showing impact on phenology and biotic damages. *Scientia Forestalis*, 47(123): 552-570.

Tabla 1. Listado de especies en REINFFORCE

<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	<i>Pinus nigra</i> Subs. <i>laricio</i> Maire
<i>Betula pendula</i> Roth	<i>Pinus nigra</i> Subs. <i>salzmannii</i> (Dunal) Franco
<i>Calocedrus decurrens</i> (Torr.) Florin	<i>Pinus peuce</i> Griseb.
<i>Castanea sativa</i> Mill.	<i>Pinus pinaster</i> Aiton
<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carrière	<i>Pinus pinea</i> L.
<i>Cedrus libani</i> A.Rich.	<i>Pinus ponderosa</i> Douglas ex C.Lawson
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	<i>Pinus sylvestris</i> L.
<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	<i>Pinus taeda</i> L.
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco
<i>Eucalyptus nitens</i> (H.Deane & Maiden) Maiden	<i>Quercus ilex</i> L.
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>rotundifolia</i> (Lam.) O. Shwarz ex Tab. Morais
<i>Eucalyptus gundal</i> (gunnii x <i>dalrympleana</i>)	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.
<i>Fagus orientalis</i> Lipsky	<i>Quercus robur</i> L.
<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Quercus rubra</i> L.
<i>Larix decidua</i> Mill.	<i>Quercus shumardii</i> Buckley
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	<i>Quercus suber</i> L.
<i>Pinus brutia</i> Ten.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> (Sénécl.) W.H.G.	<i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl.
<i>Pinus elliottii</i> Engelm.	<i>Thuja plicata</i> Don ex D.Don



Figura 1. Mapa de los socios y regiones asociadas del proyecto REINFFORCE2

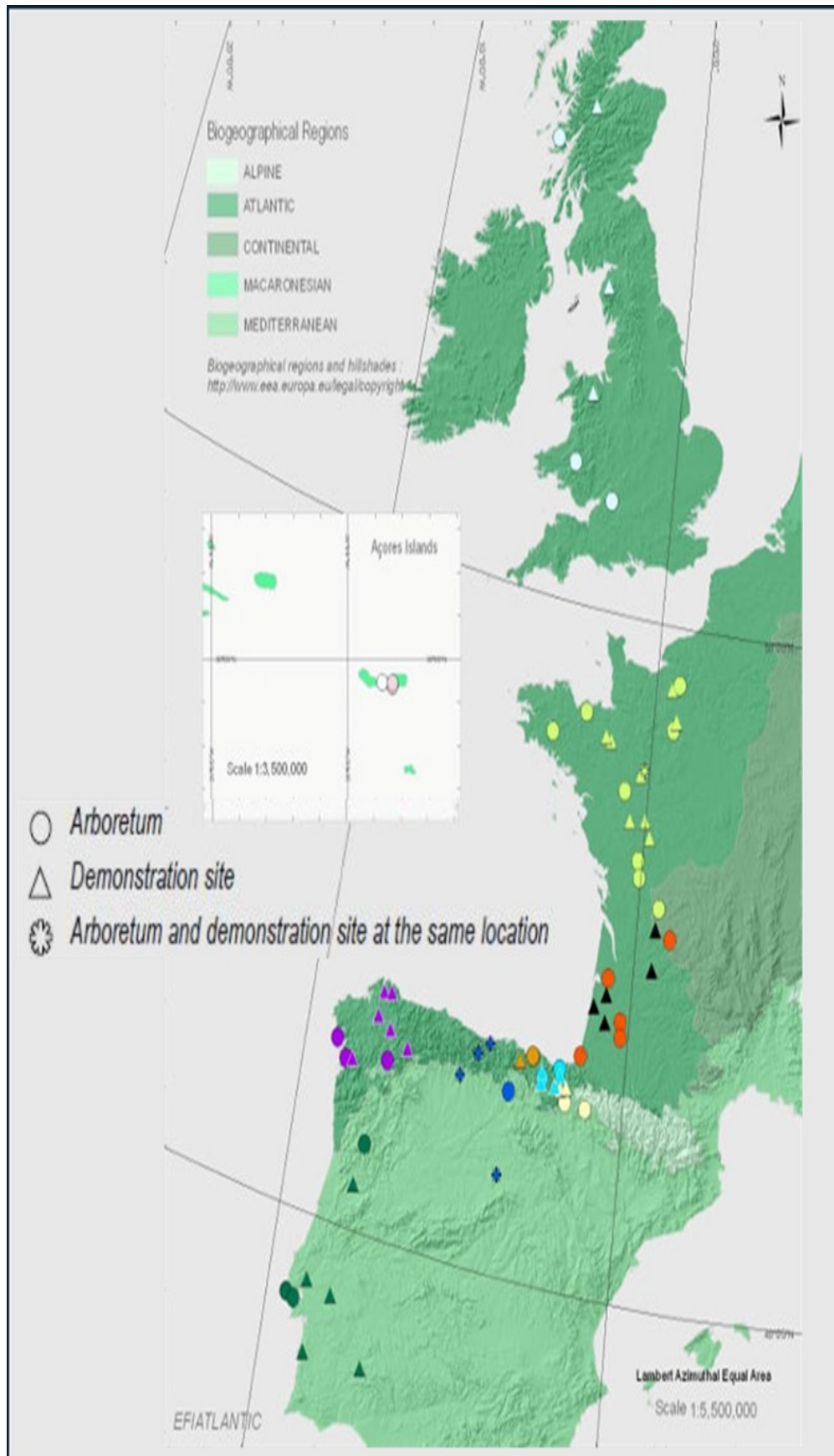


Figura 2. Arboretos instalados en el proyecto REINFORCE



Figura 3. Sitios de estudio instalados en Francia (arboreto de Pierroton AR14, izquierda) y País Vasco (NEIKER-Tecnalia) durante el proyecto REINFFORCE con el coordinador del proyecto (Christophe Orazio, IEFC).

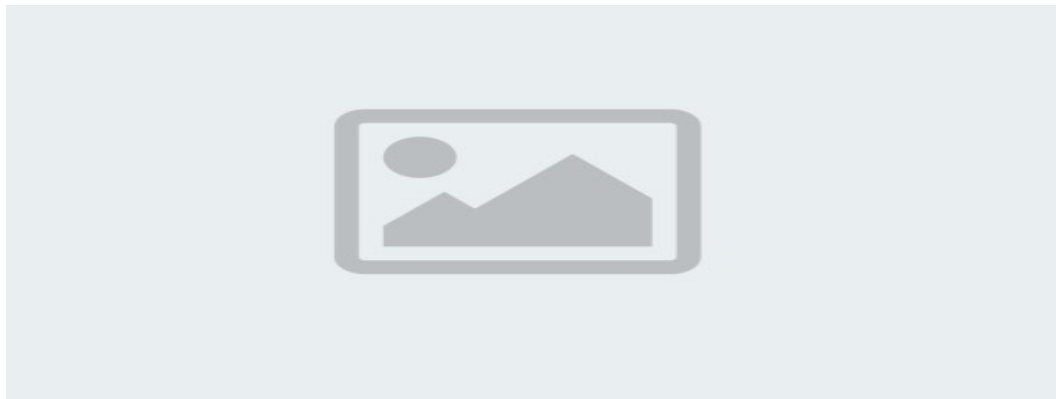


Figura 4. Sitios de estudio evaluados en Cantabria (izquierda, Monte corona) y Guipuzkoa (derecha, Irisasi) (Fundación HAZI) durante el proyecto REINFFORCE2.