NOTA TÉCNICA

REINFFORCE (REsource INFrastructure for monitoring and adapting European Atlantic FORests under Changing climatE) "ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE ARBORETOS Y DE ZONAS DE DEMOSTRACIÓN"

Cristina Prieto Recio [1,2], Felipe Bravo Oviedo [1,2] y Julio Javier Diez Casero [1,2]

[1] Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. E. T. S. de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Campus "La Yutera". Av. Madrid 44. 34004-PALENCIA (España). Correo electrónico: cristina.prieto@pvs.uva.es
[2] Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible UVA-INIA. Campus "La Yutera". Av. Madrid 44. 34004-PALENCIA (España)

Resumen

La realidad del calentamiento global esta reconocida a nivel mundial, y la mayoría de los modelos climáticos predicen un aumento de 4º C de temperatura durante los próximos 100 años. Pero las consecuencias regionales están aún por definir, ya que existen muchos factores desconocidos de tipo climático, económico y medioambiental. Sin embargo, se están empezando a observar algunas amenazas específicas, tales como las perturbaciones en el ciclo vital de las especies, la introducción de nuevos patógenos o la poca adaptabilidad de las especies a las nuevas condiciones climáticas. Este proyecto de la Unión Europea (INTERREG IVB) ofrece la oportunidad de instalar una red de arboretos y de zonas de demostración única en el mundo, localizada entre las latitudes 37° y 58º, con la participación de 11 instituciones de Reino Unido, Francia, España y Portugal, para el control de la adaptación de los bosques atlánticos al cambio climático. La Universidad de Valladolid es la responsable del establecimiento de cinco arboretos y cuatro zonas de demostración en Castilla y León y Cantabria. Actualmente se están desarrollando los protocolos comunes para medir los parámetros de crecimiento, estudiar los aspectos fenológicos y evaluar los daños bióticos y abióticos de todas estas instalaciones.

Palabras clave: *Cambio climático, Ensayo de especies, "Anillos de Nelder", Patógenos, Selvicultura, Protocolos*

INTRODUCCIÓN

El proyecto REINFFORCE se engloba dentro de un contexto de cambio climático global reconocido a nivel mundial. Los escenarios de emisiones más optimistas del IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change) anuncian un aumento de la temperatura de aproximadamente 4°C en los próximos 100 años. Pero las consecuencias regionales del calentamiento global aún no están bien definidas, especialmente en el caso de las zonas de influencia oceánica, ya que existen muchos factores desconocidos de tipo climático, económico y medioambiental.

Sin embargo, ya se están empezando a observar algunas amenazas específicas, tales como el aumento de la frecuencia de riesgos abióticos

ISSN: 1575-2410
© 2012 Sociedad Española de Ciencias Forestales

(fuertes vientos, sequías, inundaciones e incendios) (JACTEL et *al.*, 2009), la introducción y avance de nuevas plagas y agentes patógenos (SCHERM, 2004) en zonas donde hasta hace muy poco no se encontraban, o la disminución en la adaptabilidad de las especies a las nuevas condiciones climáticas (HANSEN et *al.*, 2001), ya que no disponen del tiempo necesario para adaptarse. Por otro lado, sabemos que las respuestas de los bosques al cambio climático son complicadas debido a su biología y las distintas poblaciones de organismos que interactúan en ellos (ROE & BAKER, 2007). Además, los potenciales impactos del cambio climático sobre las enfermedades forestales podrían afectar en muchos aspectos, como la modificación de las estructuras de las poblaciones y de las comunidades, los procesos micro-evolutivos y la dinámica de las plantas (CHAKRABORTY et *al.*, 2000).

Este proyecto ofrece la oportunidad de instalar una red de 37 arboretos y de 32 zonas de demostración, única en el mundo, localizada entre las latitudes 37° y 58° N, con la participación de Francia, Reino Unido, Portugal y España, para realizar el seguimiento de la adaptación de los bosques atlánticos europeos al cambio climático. Este hecho es un punto clave para el desarrollo sostenible de los recursos forestales en la zona de influencia atlántica, ya que actualmente se van a plantar árboles cuyo aprovechamiento tendrá lugar dentro de más de 50 años, donde se encontrarán con unas nuevas condiciones climáticas. Y durante todo este periodo se podrá realizar un monitoreo detallado de todos los parámetros de crecimiento, de la evolución fenológica y del estado sanitario de toda esta red de plantaciones a lo largo del arco atlántico. Es de interés llevar un seguimiento del crecimiento de una serie de especies de interés forestal, ya que las influencias climáticas en los ecosistemas forestales son una mezcla compleja de efectos directos e indirectos, que individualmente pueden influir ya sea positiva o negativamente en la distribución y crecimiento de los bosques (BODEN et *al.*, 2010). Por otro lado, el monitoreo de las características fenológicas para las regiones que experimentan tendencias al calentamiento es muy interesante, ya que en los próximos años se prevé observar cambios fenológicos (PARMESAN & YOHE, 2003), ya sea por un adelanto temporal de la brotación de primavera o por un retraso de la caída de las hojas en otoño. Y por último, también es de gran importancia realizar una evaluación continua de las plagas y de los agentes patógenos que puedan afectar a las especies plantadas en los arboretos, ya que los efectos más importantes del cambio climático observados hasta ahora en los bosques de las zonas templadas probablemente se deban en gran medida este tipo de perturbaciones (ROUAULT et *al.*, 2006).

El REINFFORCE se enmarca dentro de la Cooperación Transnacional Atlántica 2007-2013. Concretamente en la parte de prioridad 2 del programa INTERREG 4B y está cofinanciado por la Unión Europea. Este proyecto está integrado por 11 instituciones de diferentes países de la Unión Europea: Forest Research del Reino Unido, Instituto Superior de Agronomía (ISA) de Portugal, Institut Européen de la Forêt Cultivée (IEFC), Centre Régional de la Propriété Forestiére (CRPF), Institut National de Recherche Agronomique (INRA), y Centre National Professionnel de la Propriété Forestiére de Francia. Y por último, en España contamos con la representación del Centro de Investigación Forestal de Lourizán (CIF) de la Xunta de Galicia, Viveros y Repoblaciones de Navarra S.A. (GAVRN), NEIKER Bizkaia, Nekazal Ikerketa Eta Teknología (IKT) de Álava, y con la Fundación General de la Universidad de Valladolid (FGUVA), coordinando los subproyectos de la Junta de Castilla y León y del Gobierno de Cantabria.

El objetivo general de este proyecto es poner en común la experiencia de estas 11 instituciones, entre las cuales se encuentra la Universidad de Valladolid, para hacer frente a una cuestión transfronteriza como es la adaptación de los bosques atlánticos a los efectos del cambio climático. Este objetivo general se va a conseguir a través de la ejecución de una serie de tareas u objetivos específicos: i) revisión y recopilación de todos los datos y documentos disponibles existentes en cada zona sobre el tema "Bosques y Cambio Climático", y establecimiento de protocolos comunes para la instalación de las infraestructuras y para la recogida de datos de forma homogénea, ii) coordinación: para realizar la evaluación técnica y administrativa de los trabajos realizados en cada zona, iii) creación de una red de 37 arboretos (Figura 1), para anticipar los efectos del cambio climático y dar solución al problema de adaptación al cambio climático a nivel de especie, iv) establecimiento de una red de 32 zonas de demostración, para comparar la selvicultura habitual con otras técnicas alternativas, y en este caso

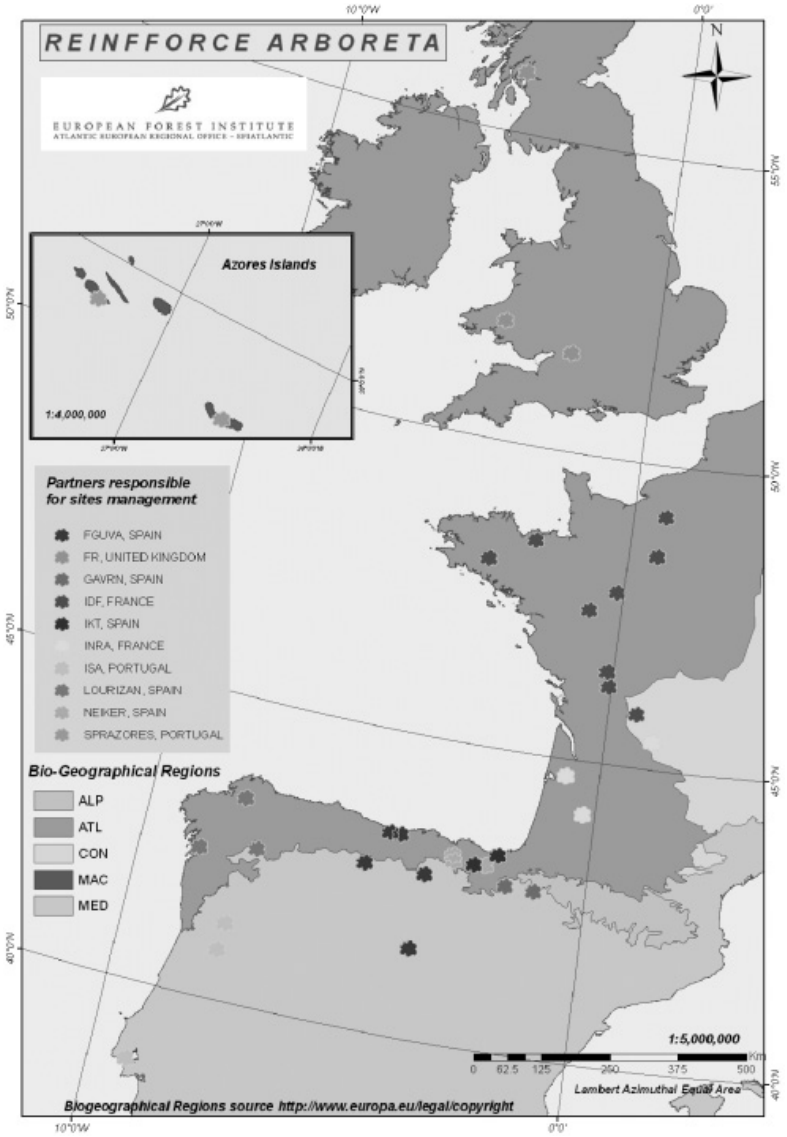


***Figura 1**. Mapa de distribución de los arboretos (Regiones biogeográficas de Europa): Adaptado de http://www.europa.eu/legal/copyright*

dar solución al problema de la adaptación de los bosques a nivel de masa forestal, y v) armonización de la recogida de datos, que consiste en desarrollar una serie de bases de datos para compartir información online sobre el crecimiento, el estado sanitario, la actividad fenológica y las variables tanto climáticas como ambientales de los diferentes dispositivos, durante los años posteriores a la instalación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para lograr estos objetivos, la Universidad de Valladolid es responsable de crear, gestionar y explorar dos arboretos y dos zonas de demostración ubicadas en Cantabria y tres arboretos y dos zonas de demostración localizadas en Castilla y León. En cada una de estas ubicaciones se va a instalar una estación meteorológica que permitirá llevar un seguimiento a largo plazo de numerosas variables climáticas a nivel regional.

Para diseñar estos arboretos se partió de una lista de 300 especies de interés forestal, se seleccionaron las 63 especies más relevantes y éstas evaluaron por parte de todos los socios siguiendo criterios de tolerancia al clima y al suelo, área de distribución, uso industrial, interés social, producción en cuanto a cantidad y calidad de la madera y

sensibilidad a perturbaciones. Mediante la puesta en común de todas estas características, finalmente se seleccionaron 31 especies (Tabla 1) para ser plantadas en los 37 arboretos que conforman esta red. De cada una de estas especies, se van a ensayar dentro de los arboretos de 3 a 9 procedencias, instalando un bloque de 12 plántulas por cada unidad genética. Cada arboreto se divide en coníferas (especies del género *Pinus* y otras coníferas) y frondosas (especies de *Quercus* y otras frondosas). Cada una de estas secciones, se ha dividido a su vez en especies de crecimiento rápido, medio y lento, y ya dentro de estos grupos se han colocado los bloques de 12 plántulas aleatoriamente. La densidad de plantación de nuestros arboretos es de 1.111 plantas por hectárea, con un marco de plantación de 3x3 m. También cabe destacar que las ubicaciones de estos arboretos se han elegido siguiendo una serie de criterios climáticos y ambientales para que abarquen los diferentes fitoclimas de la región.

Por otro lado, las zonas de demostración son lugares donde se van comparar distintas opciones de gestión a nivel de masa forestal. Estos ensayos, al igual que en los arboretos, van a ser gestionados y monitoreados durante un largo periodo de tiempo. Cada socio participante en este caso, ha propuesto un tipo de ensayo diferente, para así poder abarcar el mayor número de alternativas de gestión posibles de estos bosques. En nuestro caso, las zonas de demostración son plantaciones basadas en los "anillos de Nelder", el cual publicó en 1962 una serie de diseños sistemáticos de experimentos de espaciamiento en plantaciones. Estos experimentos se llevaron a cabo en la estación de investigación de Rothamstead, en el Reino Unido, siguiendo una serie de esquemas en los que se varían las formas y las áreas (NELDER, 1962). Nosotros hemos elegido uno de estos diseños, que propone realizar la plantación en los arcos de círculos concéntricos variando la distancia entre radios de menor a mayor, siguiendo para ello una progresión geométrica. En cada zona de demostración se ensayan dos especies variando su grado de composición en los distintos cuadrantes y se están plantando cuatro "anillos de Nelder" por cada zona de demostración. Estas especies se han elegido en función de la vegetación que existe actualmente en cada zona y también se han considerado los posibles patógenos que pueden afectar a estas plantaciones (Tabla 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez diseñados los arboretos y las zonas de demostración, un punto importante del proyecto REINFFORCE es el estudio de la susceptibili-

1. Acer pseudoplatanus	*17. Pinus peuce*
2. Betula pendula	*18. Pinus pinaster*
3. Calocedrus decurrens	*19. Pinus pinea*
4. Castanea sativa	*20. Pinus ponderosa*
5. Cedrus atlantica	*21. Pinus sylvestris*
6. Cedrus libani	*22. Pinus taeda*
7. Ceratonia siliqua	*23. Pseudotsuga menziesii*
8. Cunninghamia lanceolata	*24. Quercus rotundifolia*
9. Cupressus sempervirens	*25. Quercus petraea*
10. Eucalyptus sp.	*26. Quercus robur*
11. Fagus orientalis	*27. Quercus rubra* and *Quercus phellos*
12. Larix decidua	*28. Quercus suber*
13. Liquidambar styraciflua	*29. Robinia pseudoacacia*
14. Pinus brutia	*30. Sequoia sempervirens*
15. Pinus elliottii	*31. Thuja plicata*
16. Pinus nigra	

***Tabla 1**. Lista de especies comunes de los arboretos*

dad de todas estas especies a los riesgos bióticos y abióticos. Esta cuestión depende de los atributos individuales del árbol que a su vez depende de la composición de la masa, del tipo de regeneración, de la preparación del terreno y de los tratamientos selvícolas (JACTEL et *al.*, 2009).

Por lo tanto, en el caso de los arboretos se espera obtener resultados a nivel individual tanto de especie como de procedencia y para este fin se han desarrollado una serie de protocolos comunes para medir los parámetros de crecimiento, estudiar su fenología y evaluar daños bióticos y abióticos. En particular, el protocolo común de sanidad forestal se desarrolla a nivel de árbol y a nivel de hoja (Tabla 3). En cuanto al protocolo de fenología, se va a seguir la escala fenológica estandarizada BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical industry) adaptada a las especies que se van a plantar en los arboretos. El protocolo de crecimiento a nivel individual se basa en medidas de altura total, diámetro, dominancia apical, y descripción de la calidad del tallo.

Las zonas de demostración van a permitir obtener resultados a nivel de masa forestal en cuanto a su densidad y composición, y en ellas se pretende evaluar la influencia de la densidad en la mortalidad, el tamaño, los daños producidos por agentes patógenos y la asignación de biomasa de cada planta. El análisis de estos datos se realizará mediante regresión logística y análisis espacial.

Hoy en día, estas infraestructuras y protocolos están en proceso de creación y desarrollo. Pero en un futuro próximo, estas zonas de demostración y arboretos ofrecerán una colección de datos de gran tamaño que permitirá dar solución a la adaptación los bosques atlánticos europeos al cambio climático.

Agradecimientos

El presente trabajo está siendo cofinanciado por el proyecto de la Unión Europea INTERREG IVB, denominado REINFFORCE (REsource INFrastructure for monitoring and adapting European Atlantic FORests under Changing climatE) y está coordinado por el IEFC (European Institute of Cultivated Forest),

Zona	Especie 1	Especie 2	Enfermedades asociadas
Monte Corona (Cantabria, zona de costa)	*Eucalyptus nitens I*	*E. nitens II (Código resistente)*	*Mycosphaerella* sp.
Potes (Cantabria, zona de montaña)	*Pinus radiata*	*Pinus sylvestris*	*Fusarium circinatum*
Vidanes (Castilla y León, León)	*Pinus sylvestris*	*Quercus pyrenaica*	Estudio de posibles patógenos asociados
Moral de Hornuez (Castilla y León, Segovia)	*Pinus pinaster*	*Quercus ilex*	*Ophiostoma* sp. *Heterobasidion annosum*

***Tabla 2**. Lista de especies de las zonas de demostración*

Evaluación de Daños Bioticos y Abioticos		
Nivel Árbol	Mortalidad	Registro de los árboles muertos y envío al laboratorio para su diagnóstico
	Características de la Copa	Defoliación 0 (no) / 1-10% (baja) / 11-50% (moderada) / >50% (alta) Decoloración (amarillo, rojo, marrón) 0 / 1-10% / 11-50% / >50%, 100%
Nivel Hoja / Brote	Tipos de Daños	Ataque de Herbívoros (masticadores / fabricantes de galerías / minadores de hojas / esqueletizadores de hojas / enrolladores de hojas / saprófitos / deformadores de brotes y tallos / barrenadores de la corteza / mamíferos hervívoros) Enfermedades Forestales (Royas / Oídios / Necrosis foliares / Bandeado / Chancros / Necrosis del tallo y de los brotes) Abioticos (Sequías / Heladas / Viento)

***Tabla 3**. Protocolo de Sanidad Forestal*

www.iefc.net. Agradecemos a su vez, la colaboración de la Junta de Castilla y León y del Gobierno de Cantabria en el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

BODEN, S.; PYTTEL, P. & EASTAUGH, C.S.; 2010. Impacts of climate change on the establishment, distribution, growth and mortality of Swiss stone pine (Pinus cembra L.). *Iforest-Biogeosciences and Forestry* 3: 82-85.

CHAKRABORTY, S.; TIEDEMANN, A.V. & TENG, P.S.; 2000. Climate change: potential impact on plant diseases. *Environ. Pollut.* 108(3): 317-326.

HANSEN, A.J.; NEILSON, R.R.; DALE, V.H.; FLATHER, C.H.; IVERSON, L.R.; CURRIE, D.J.; SHAFER, S.; COOK, R. & BARTLEIN, P.J.; 2001. Global change in forests: Responses of species, communities, and biomes. *Bioscience* 51(9): 765-779.

JACTEL, H.; NICOLL, B.C.; BRANCO, M.; GONZALEZ-OLABARRIA, J.R.; GRODZKI, W.; LANGSTROM, B.; MOREIRA, F.; NETHERER, S.; ORAZIO, C.; PIOU, D.; SANTOS, H.; SCHELHAAS, M.J.; TOJIC, K. & VODDE, F.; 2009. The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Ann. For. Sci.* 66(7): 711.

NELDER, J.A.; 1962. New Kinds of Systematic Designs for Spacing Experiments. *Biometrics* 18(3): 283-307.

PARMESAN, C. & YOHE, G.; 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421 (6918): 37-42.

ROE, G.H. & BAKER, M.B.; 2007. Why is climate sensitivity so unpredictable? *Science* 318 (5850): 629-632.

ROUAULT, G.; CANDAU, J.N.; LIEUTIER, F.; NAGELEISEN, L.M.; MARTIN, J.C. & WARZEE, N.; 2006. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Ann. For. Sci.* 63(6): 613-624.

SCHERM, H.; 2004. Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management? *Can. J. For. Pathol.-Rev. Can. Phytopathol.* 26(3): 267-273.