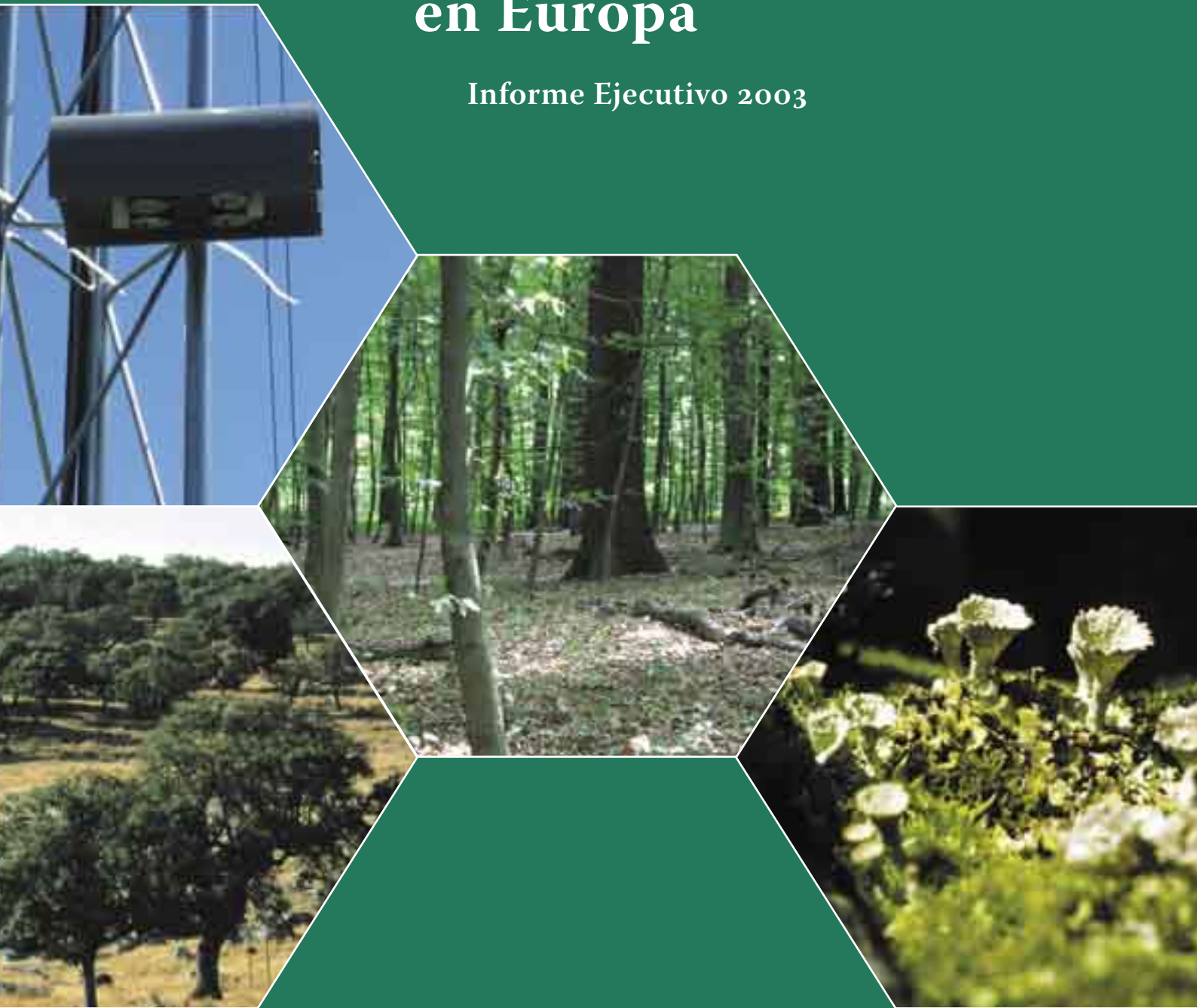


Comisión Económica de las  
Naciones Unidas para Europa

Comisión Europea

# Estado de los Bosques en Europa

Informe Ejecutivo 2003



Centro Federal de Investigación en el sector  
de la Selvicultura y los Productos Forestales (BFH)

Las designaciones empleadas en el presente informe y su contenido no representan la opinión de la Secretaría de las Naciones Unidas en relación con el estatuto jurídico de un país, territorio, ciudad o zona, o de sus autoridades o en relación con la delimitación de sus fronteras o límites.

Las opiniones expresadas en el presente informe son las de su autor y no coinciden necesariamente con las de la Comisión Europea.

Tras su aprobación por el PCI-Bosques, las restricciones aplicables al presente informe fueron suprimidas por el Grupo de Trabajo de Efectos del Convenio sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia.

© CEPE y CE, Ginebra y Bruselas,  
2003

Reproducción autorizada, excepto  
con fines comerciales, mencionando  
la fuente

ISSN 1020-5942

Impreso en Alemania

# ESTADO DE LOS BOSQUES EN EUROPA

Informe Ejecutivo 2003

Convenio sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia: Programa de Cooperación Internacional para la Evaluación y el Seguimiento de los Efectos de la Contaminación Atmosférica en los Bosques

Programa de la Unión Europea para la Protección de los Bosques contra la Contaminación Atmosférica

Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa

Comisión Europea

## Agradecimientos

La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa y la Comisión Europea quieren expresar su agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han contribuido a la elaboración de este informe: en especial al Centro Federal de Investigación en el sector de la Selvicultura y los Productos Forestales - Centro de Coordinación del Programa de Cooperación Internacional de

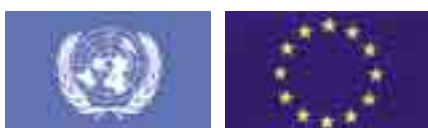
Bosques (PCI-Bosques), así como a los Centros Focales Nacionales por los datos facilitados, y a R. Fischer (ed., cap. 1+6+7), W. de Vries (cap. 3+5), E. Beuker (cap. 2.2), V. Calatayud (cap. 4), A. Fürst (cap. 2.3), K.-H. Häberle (cap. 4-estudio específico), T. Haussmann (cap. 7), D.F. Karnosky (cap. 4- estudio específico), G.H.M. Krause (cap. 4), PÁG. Gundersen (cap. 5), M. Lorenz (resumen+cap.7), S. Luyssaert (cap.

2.3), R. Matyssek (cap. 4- estudio específico), F.-J. Mayer (cap. 2- estudio específico), S. Meining (cap. 2- estudio específico), V. Mues (cap. 2.1), P. Neville (cap. 6), K.E. Percy (cap. 4- estudio específico), M. Posch (cap. 3), T. Preuhsler (cap. 2.2), H. Raitio (cap. 2.3), G.J. Reinds (cap. 3+5), J.PÁG. Renaud (cap. 6), M.J. Sanz (cap. 4), E.D. Schulze (cap. 5- estudio específico), E. Vel (cap. 3+5).

# CONTENIDOS Y PRINCIPALES CONCLUSIONES

Prólogo ..... pág. 6

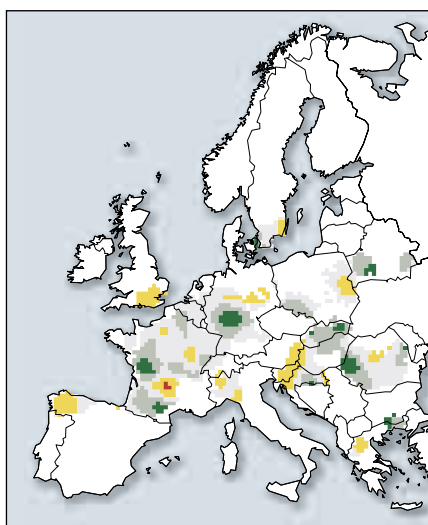
Resultados de 17 años de Seguimiento del Estado  
de los Bosques ..... pág. 8



1. El sistema de seguimiento Pan-Europeo ..... pág. 11

El programa de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) y de la Unión Europea (UE) está basado en:

- 6000 puntos de Nivel I sistemáticamente seleccionados
- 860 parcelas de seguimiento intensivo (Nivel II)
- 39 países participantes



Evolución de la defoliación en roble en cinco años

2. Estado del bosque a gran escala y respuesta de los árboles .. pág. 13

Las evaluaciones anuales durante 17 años han mostrado un deterioro general con una efímera recuperación a mediados de los años 90. En el año 2002 alrededor de 1/5 de más de 130.000 árboles muestra en Europa fueron clasificados como moderadamente o severamente dañados.

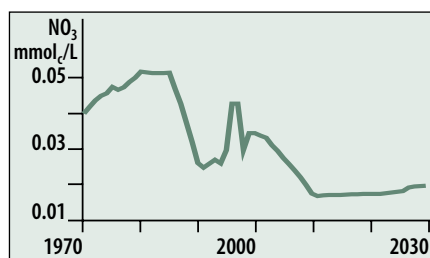
La defoliación de las copas de los árboles está influenciada por la edad de éstos, fenómenos atmosféricos extremos y daños bióticos. Se ha corroborado la relación entre la deposición de Azufre y la defoliación de las principales especies de árboles. Se refleja una reducción de las emisiones de Azufre en la química foliar de los pinos y piceas. A través de señales como cambios en las fechas de brotación, coloración y caída de hojas, los árboles parecen responder al cambio climático.

2.1 Estado de las copas en 2002 y evolución anterior ..... pág. 13

El estado del abeto (*Abies alba*)..... pág. 18

2.2 Fenología e influencias medioambientales ..... pág. 20

2.3 La composición de elementos foliares indica cambios medio-ambientales ..... pág. 21



Simulación de concentraciones de nitrato

3. Contaminación y simulación de impactos a largo plazo .... pág. 22

Las mayores deposiciones de Nitrógeno y Azufre se dan en las parcelas del centro y oeste de Europa. Los escenarios de análisis para la reducción de emisiones, de acuerdo con los acuerdos internacionales, muestran que las concentraciones de sulfato en las soluciones del suelo permanecerán en el nivel bajo ya alcanzado en el año 2000 y que las concentraciones de nitrato decrecerán en la mayoría de las parcelas hacia el año 2010.

**4. Concentraciones de Ozono en bosques . . . . . pág. 26**

Las concentraciones de Ozono fueron particularmente altas en el sur de Europa. Los daños por Ozono son visibles en el follaje de varias especies de árboles en Europa. Los primeros resultados de un ensayo sobre Ozono muestran la importancia de las actividades de seguimiento continuo dentro del programa.

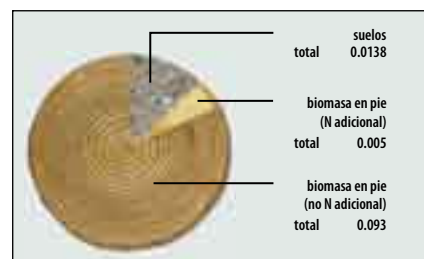


Daños por Ozono en una hoja de aliso

Ozono: situación global, daño foliar e investigación . . . . . pág. 29

**5. Secuestro de Carbono y cambio climático . . . . . pág. 30**

La captura de Carbono (secuestro) en los bosques puede reducir la velocidad del cambio climático. Los resultados muestran que la captura actual de Carbono en los bosques europeos ocurre principalmente debido al aumento de la biomasa en pie. Las entradas de Nitrógeno atmosférico aceleran el crecimiento de los árboles, pero su influencia global en el secuestro de Carbono es mínima.



Secuestro anual de Carbono en Gton/ha/año

Dióxido de Carbono: situación global, implicaciones, investigación y políticas. . . . . pág. 34

**6. Biodiversidad en las parcelas de seguimiento intensivo . . . . . pág. 35**

La base de datos del programa contiene información valiosa en muchos aspectos de la diversidad biológica forestal, incluyendo vegetación, especies arbóreas y estructura de la masa. *Galeopsis tetrahit* fue, por ejemplo, una especie con presencia en parcelas con deposiciones altas de Nitrógeno. Se ha puesto en marcha un ensayo para el desarrollo de evaluaciones adicionales e índices más exhaustivos.



Galeópside (*Galeopsis tetrahit*)

**7. Conclusiones . . . . . pág. 38**

**Anexos . . . . . pág. 40**



Dr. Heinz-Detlef Gregor

## PRÓLOGO

Es un gran placer presentarles el Informe del año 2003 del Estado de los Bosques Europeos. De nuevo este año el informe señala importantes elementos para el trabajo bajo el Convenio de Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia y la Comisión Europea a través de su red especial de cooperación científica. Bajo el Convenio fue establecido el Programa Internacional en la Evaluación y Seguimiento de los Efectos de la Contaminación en Bosques (PCI Bosques) para el seguimiento de los efectos de la contaminación en los bosques, a través de la recolección de datos completos y comparables de variaciones en los bosques bajo las actuales condiciones medioambientales y para determinar las relaciones causa-efecto, a través del seguimiento e investigación. Es el mayor programa del Grupo de Trabajo de Efectos del Convenio, e integra el desarrollo de métodos armonizados, la formación, el fomento de intercambio interno y externo de datos, la garantía de la calidad, el asesoramiento científico y la cooperación internacional.

Aprecio notablemente que el programa de trabajo de la Unión Europea/PCI Bosques, cuidadosamente planeado y ejecutado, y su cooperación con los otros cinco PCIs y el Grupo de Trabajo sobre Efectos en la Salud, proporcione las evidencias científicas necesarias para apoyar las políticas medioambientales para Europa y la región de la CEPE, e incremente la conciencia de la ciencia, la política y el público sobre los efectos de la contaminación regional. Al mismo tiempo quiero reconocer el generoso apoyo que ha recibido el PCI Bosques dentro del Programa de la Unión Europea en la Protección de los Bosques contra la Contaminación.

El Informe Ejecutivo del año 2003 realizado en base a una serie cronológica de 17 años sobre el estado de las copas, revela un deterioro general. El informe corro-

bora la relación con la contaminación y vincula variaciones fenológicas con cambio climático. Al mismo tiempo muestra evidencias de que la recuperación de los ecosistemas forestales es muy lenta.

Los ecosistemas forestales son muy complejos. Para comprender su estado y evaluar su desarrollo futuro desde el presente, los escenarios medioambientales requieren grandes grupos de datos y un seguimiento continuo. Esta circunstancia tiene como consecuencia la abundancia de datos provenientes de 37 países europeos y Norteamérica, también importantes para otros programas regionales o globales, tal como la Red de Seguimiento de los Depósitos Ácidos en Asia Oriental (EANET) o el Servicio de Bosques del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Las actividades bajo el Convenio actualmente se centran en preparar el proceso de revisión del Protocolo Multicontaminantes Multiefectos, una vez que entre en vigor, y en otros protocolos que están a la espera de entrar en vigor dentro de pocos años. Series cronológicas como las recolectadas por la Unión Europea y el programa PCI Bosques tienen un valor muy especial, al ser las que marcan las tendencias del estado de los ecosistemas objeto de seguimiento, como consecuencia de la notable mejoría del "clima contaminado" en la región de la ECE.

En este aspecto, la cooperación entre diferentes PCIs es especialmente importante. El Informe del año 2003 prueba la cooperación a gran escala del Programa con otros PCIs en la aplicación de las cargas críticas y los modelos dinámicos, en el campo de las relaciones causa-efecto, en la descripción de daños visibles por Ozono en bosques, en el apoyo al desarrollo de enfoques basados en flujos para la evaluación de los efectos del Ozono en bosques y en la evaluación de modelos de deposición.

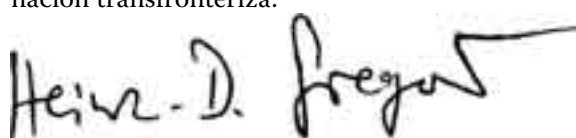


El futuro de las actividades de seguimiento coordinadas por todos los PCIs depende de las aportaciones de sus Centros Focales Nacionales, del apoyo de los países coordinadores y de las contribuciones voluntarias de las Partes, conforme al plan de trabajo para la ejecución del Convenio. La revisión con éxito de los protocolos prevista para continuar en el 2004, sólo podrá ser llevada de la forma establecida si todos los programas son capaces de llevarse a cabo de acuerdo con el plan de trabajo. Además el desarrollo a tiempo de todas las tareas pasa por el acuerdo de un instrumento financiero estable para las actividades orientadas hacia los efectos bajo el Convenio.

Quiero felicitar al programa UE/PCI Bosques por la producción de otro excelente informe. Espero que éste llegue directamente a los responsables políticos.

A la luz de la situación de multicontaminación, las tareas futuras del programa tendrán que incluir deliberaciones sobre cómo ampliar el uso de datos para llevar a cabo las evaluaciones de riesgos acumulativos.

En este sentido el PCI Bosques, en cooperación con la Comisión Europea, continuará siendo uno de los principales instrumentos con base científica orientado a la toma de decisiones políticas para la cooperación internacional en el seguimiento medioambiental, ayudando a resolver los problemas comunes sobre la contaminación transfronteriza.



Dr. Heinz-Detlef Gregor  
Jefe del Grupo de Trabajo de Efectos del Convenio de  
Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia



Paisaje de río y bosque en Noruega



## **IMPACTOS DE LOS FACTORES DE ESTRÉS MEDIOAMBIENTAL SOBRE LOS BOSQUES EUROPEOS - RESULTADOS DE 17 AÑOS DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO DE LOS BOSQUES**

El estado de los bosques en Europa está sujeto al impacto de numerosos cambios medioambientales. Estos cambios amenazan el manejo sostenible de los bosques y, por tanto, las funciones ecológicas, económicas, sociales y culturales de éstos. Las políticas internacionales de medidas preventivas deben tener una base científica. La piedra angular de esta base científica es el seguimiento intensivo, a largo plazo y a gran escala del estado del bosque.

### **Sistema de seguimiento**

El estado del bosque en Europa ha sido objeto de seguimiento durante 17 años conjuntamente por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) y la Unión Europea (UE). Las variaciones a gran escala del estado del bosque en el espacio y en el tiempo han sido evaluadas en 6.000 puntos sistemáticamente dis-

tribuidos por Europa, en relación a factores naturales y antropogénicos. Esta intensidad de seguimiento a gran escala se conoce como Nivel I. Las relaciones causales son estudiadas en detalle en 860 Parcelas de Seguimiento Intensivo, que cubren los más importantes ecosistemas forestales en Europa. Este seguimiento intensivo se conoce como Nivel II. Ambos niveles de seguimiento son complementarios entre sí. Con su gran número de parcelas y parámetros y la participación de 39 países, el Programa maneja una de las más grandes redes de bioseguimiento en el mundo.

### **Estado de copas de los árboles**

El estado de las copas es usado como un indicador de reacción inmediata para numerosos factores que afectan a la vitalidad del árbol. Evaluaciones anuales del estado de las copas en 17 años han revelado

un deterioro general con una recuperación efímera a mediados de los años 90. En el año 2002 alrededor de una quinta parte de más de 130.000 árboles muestra en Europa, fueron clasificados como moderadamente o severamente defoliados. El impacto de muchos factores en el estado de las copas varía ampliamente a través del espacio y el tiempo. Las relaciones entre las tendencias en el estado de las copas y los principales factores antropogénicos, son estudiados a través de estadísticas multivariantes y análisis geoestadísticos. Los resultados descritos en el presente informe confirman las primeras conclusiones del Programa que explican la variación en la defoliación principalmente como un efecto de la edad del árbol, los extremos meteorológicos, los factores bióticos y la contaminación. Los efectos de las condiciones meteorológicas también se reflejan





“Montado / Dehesa” formación boscosa abierta de encina en Portugal

en cambios del desarrollo fenológico del árbol, como cambios en las fechas de la aparición, coloración y caída de las hojas. Respecto a la contaminación, han sido confirmadas las relaciones entre la deposición de Azufre y la defoliación de las principales especies.

#### **Contaminación**

Cumpliendo con su mandato político, el Programa pone particular atención en los efectos de la contaminación. La contaminación puede afectar perjudicialmente a los ecosistemas forestales antes de que el daño sea notablemente visible, por ejemplo a través de la defoliación. Estudios previos en el programa revelaron las relaciones entre el estado de los suelos forestales y la deposición atmosférica. Las deposiciones de Nitrógeno han resultado ser la causa principal de la acidificación potencial del suelo. Las

deposiciones ácidas, de Nitrógeno y metales pesados exceden las cargas críticas en un gran número de lugares, indicando un incremento de los riesgos para los ecosistemas forestales. En contraste, la deposición de Azufre ha decrecido en los últimos años. El presente informe pone en evidencia las concentraciones decrecientes de Azufre en acículas de píceas y pino silvestre. Este es un éxito claro de las drásticas reducciones de las emisiones de Azufre en Europa bajo el Convenio de Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia (CLRTAP) de la CEPE. Bajo el CLRTAP, han sido adoptados ocho acuerdos legalmente vinculantes (protocolos), estableciendo techos nacionales de emisiones para los contaminantes más importantes. El último de éstos fue firmado en Gotenburgo, Suecia, en 1.999 (“Protocolo de Gotenburgo”) y tiene como objetivo reducir las

emisiones de Azufre por lo menos al 63% y las emisiones de  $\text{NO}_x$  respecto a los niveles de 1.990.

Una cuestión fundamental son los tipos de beneficios que se pueden esperar de las medidas individuales de control de emisión. Por primera vez, el presente informe presenta resultados de análisis de escenarios asumiendo futuras reducciones de emisiones de acuerdo con el protocolo de Gotenburgo. Esto se consigue a través de modelos dinámicos que simulan reacciones de la química del suelo a los cambios de las condiciones medioambientales. Los resultados indican que las reducciones esperadas de emisiones dan como resultado una rápida recuperación de la solución del suelo. Las concentraciones de solución de sulfato permanecerán al bajo nivel ya alcanzado en el año 2.000. Las concentraciones de nitrato decrecerán en la mayoría de las parcelas



Bosque de pino silvestre en Noruega

hacia el año 2.010, particularmente en las parcelas que actualmente tienen las concentraciones más altas de Nitrógeno. La recuperación de la fase sólida del suelo llevará un tiempo considerablemente mayor.

Uno de los principales contaminantes que afecta a los bosques directamente a través de las hojas y acículas es el Ozono troposférico. Las primeras mediciones llevadas a cabo dentro del programa apoyan lo ya conocido de que las concentraciones son especialmente altas en el sur de Europa. Las evaluaciones de daños por Ozono del programa serán desarrolladas más profundamente dentro del único sistema de seguimiento de efectos en los bosques a escala europea. Los primeros resultados también revelan daños por Ozono en el haya en Centroeuropa.

### Secuestro de Carbono

El calentamiento global es atribuido a las concentraciones crecientes de gases de efecto invernadero en la atmósfera, especialmente al dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). El programa de seguimiento ayuda a informar de en qué grado el secuestro de Carbono por los bosques puede disminuir las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Los resultados indican que el almacén de Carbono actual en los árboles es 5-7 veces mayor que en el suelo. Las extrapolaciones al área forestal en

Europa, corregidas por las pérdidas de Carbono por cortas e incendios forestales, dan una tasa media de 0.1 Gigatoneladas por año. Las deposiciones de Nitrógeno incrementan el secuestro de Carbono en alrededor de un 5% a través de una estimulación del crecimiento del bosque. Se considera que el manejo forestal tiene un marcado efecto en el secuestro de Carbono.

### Biodiversidad

Las actividades de seguimiento existentes suministran datos sobre muchos aspectos de la biodiversidad del bosque. En el informe del último año, se ha confirmado la influencia de la deposición atmosférica en la vegetación. Este informe se centra en la información sobre la estructura de la masa contenida en la base de datos del Nivel II. Se van a desarrollar métodos de evaluación y cálculo de índices adicionales en un ensayo del PCI Bosques iniciado en el año 2003.

### Orientaciones futuras

El seguimiento forestal en Europa continuará para proporcionar una base científica para las políticas de aire limpio bajo la CEPE y la UE. Después de los primeros éxitos de las políticas de aire limpio, las futuras tareas del programa comprenderán la comprobación de los efectos del control de emisiones. De cualquier manera, su infraestructu-

ra bien establecida, su seguimiento multidisciplinario y su base de datos global permitirán asimismo contribuciones significativas para otras áreas de políticas medioambientales. El programa ya está persiguiendo los objetivos de varias resoluciones de la Conferencia Ministerial en la Protección de los Bosques en Europa (MCPFE) y suministra información sobre algunos de los indicadores de la MCPFE para el desarrollo sostenible del bosque. Está asimismo contribuyendo activamente al Foro de las Naciones Unidas en Bosques (UNFF). Los resultados esperados en biodiversidad forestal serán relevantes para la ejecución del Convenio de Biodiversidad (CBD) y contribuyen al Proceso Ministerial "Medioambiente para Europa" relacionado con la Estrategia Paneuropea de Diversidad Biológica y del Paisaje (PEBLDS).

Mediante la posibilidad de contribuir a la evaluación del secuestro de Carbono en los bosques, el programa apoyará al Protocolo de Kioto bajo el Convenio Marco de Cambio Climático. Además, el programa está recibiendo una atención creciente fuera de Europa por parte de responsables políticos e institutos de investigación. Esto se refleja en la cooperación recientemente lanzada con programas de seguimiento Norteamericanos en el campo de evaluaciones de cargas críticas. Otro ejemplo es la discusión de la posible aplicación de los planteamientos del seguimiento forestal europeo a los bosques del Asia Oriental con la Red de Seguimiento de los Depósitos Ácidos en Asia Oriental (EANET).

---

Información adicional disponible en:

<http://www.icp-forests.org> (PCI Bosques)

<http://europa.eu.int/comm/agriculture> (Comisión Europea)

<http://www.fimci.nl> (Instituto de Coordinación del Seguimiento Forestal Intensivo)

---





Fresno europeo de montaña

## 1. EL SISTEMA DE SEGUIMIENTO FORESTAL PAN-EUROPEO

### Introducción y antecedentes

Los bosques cubren alrededor de un tercio de la superficie de Europa. En grandes áreas son el ecosistema más natural del continente. Al mismo tiempo, los bosques europeos tienen altos valores económicos y sociales que, por interés común de calidad de vida, han de ser preservados.

El estado actual de los bosques es el resultado de las interacciones continuas entre el hombre y la naturaleza a lo largo de los siglos. Las políticas medioambientales internacionales, así como el manejo forestal, dependen de medidas con base científica que influirán en la toma de decisiones sobre los ecosistemas forestales en el futuro. Una de las piedras angulares de esta base científica son los seguimientos a gran escala e intensivos del estado de los bosques, continuados a lo largo del tiempo.

El origen del sistema de seguimiento data de los años 80 cuando se observó un severo deterioro del estado del bosque en grandes áreas de Europa. Como respuesta a la preocupación creciente acerca del papel de la contaminación atmosférica en dicho decaimiento, el Programa de Cooperación Internacional para la Evaluación y el Seguimiento de los Efectos de la Contaminación Atmosférica (PCI Bosques) fue establecido en 1985 bajo el Convenio sobre la Contaminación Atmosférica a Larga Distancia de la CEPE de las Naciones Unidas. En 1986 la Unión Europea adoptó un Programa para la Protección de los Bosques contra la Contaminación Atmosférica y, con el reglamento (CEE) n° 3528/86, fue proporcionada la base legal para las evaluaciones. Hoy, 39 países participan en el programa pan-europeo de seguimiento.

### Objetivos del programa

Los objetivos del programa de seguimiento son:

- proporcionar una visión periódica global de las variaciones, en el espacio y en el tiempo, del estado de los bosques en relación con los factores antropogénicos y naturales de estrés, en una red sistemática a gran escala a nivel europeo y nacional (Nivel I);
- contribuir a una mejor comprensión de las relaciones entre el estado de los ecosistemas forestales y los factores de estrés, en particular la contaminación atmosférica, a través del seguimiento de una serie de parcelas seleccionadas de observación permanente, distribuidas por toda Europa (Nivel II);
- contribuir al cálculo de los niveles críticos, de las cargas críticas y de su superación en los bosques;
- colaborar con otros programas de seguimiento medioambien-

Muestreos realizados	Nivel I		Nivel II	
	Frecuencia	Puntos	Frecuencia	Puntos
Estado de las copas	anualmente	todos los puntos	al menos anualmente	todos los puntos
Química foliar	una vez hasta la fecha	1497 puntos	cada 2 años	todos los puntos
Química del suelo	una vez hasta la fecha	5289 puntos	cada 10 años	todos los puntos
Química de la solución del suelo			continuamente	algunas de las parcelas
Crecimiento de los árboles			cada 5 años	todos los puntos
Vegetación			cada 5 años	todos los puntos
Deposición atmosférica			continuamente	algunas de las parcelas
Calidad del aire			continuamente	algunas de las parcelas
Meteorología			continuamente	algunas de las parcelas
Fenología			varias veces al año	opcional
Teledetección			preferiblemente en la instalación de la parcela	opcional

Tabla 1-1: Muestreos llevados a cabo en el Nivel I y el Nivel II

tal con el fin de proporcionar información sobre otras cuestiones importantes, tales como el cambio climático y la biodiversidad en los bosques y contribuir, de esta forma, a la gestión sostenible de los bosques europeos;

- compilar información sobre los procesos que tienen lugar en los ecosistemas forestales y proporcionar información relevante a los responsables de las decisiones políticas y al público.

### Diseño del seguimiento

Para la consecución de estos objetivos principales se ha establecido una red de seguimiento sistemático a gran escala (Nivel I) y un programa de seguimiento forestal intensivo (Nivel II) (ver Tabla 1-1).

El punto fuerte de la red de Nivel I es su representatividad y su amplia extensión que cubren sus aproximadamente 6.000 puntos

dispuestos en una malla de 16 × 16 km, a lo largo de toda Europa. En el Nivel I se llevan a cabo evaluaciones anuales del estado de las copas. Además, se efectúan muestreos de suelo y/o follaje en muchas parcelas. Está prevista una repetición del análisis de suelos.

Para el seguimiento intensivo se han seleccionado más de 860 parcelas de Nivel II entre los ecosistemas más importantes de los países participantes. En estas parcelas se miden un gran número de factores clave; los datos recogidos posibilitan llevar a cabo estudios para los tipos más frecuentes de sistemas forestales existentes en Europa. Las últimas modificaciones de los muestreos en curso incluyen fases test para mediciones de Ozono y muestreos de daños, así como para su contribución potencial a los seguimientos de biodiversidad forestal.



## 2. ESTADO DE LOS BOSQUES A GRAN ESCALA Y RESPUESTAS DE LOS ÁRBOLES A LOS CAMBIOS MEDIOAMBIENTALES

### 2.1 Estado de copas de los árboles en el año 2002 y evolución anterior

#### Resumen

- Más del 20% de los 130.000 árboles muestreados en el año 2002 fueron clasificados como dañados. Los árboles observados desde el comienzo del estudio muestran un deterioro continuo desde 1986 hasta 1995. Después de una marcada recuperación a mediados de los años 90 el deterioro se reanudó a un ritmo menor.
- Las evaluaciones en profundidad en relación con la píceas y distintas especies de roble muestran que no hay una tendencia uniforme de defoliación a lo largo de Europa. Por el contrario, revelan que las condiciones varían según la región.
- Los niveles de precipitación, la presencia de insectos y ataques de hongos y la contaminación at-

*mosférica están correlacionadas con el estado de las copas.*

#### Introducción

El programa da una visión general del estado de los bosques de Europa a través de una malla sistemática de seguimiento a gran escala de 16×16 km. El muestreo anual del estado de las copas es la principal actividad a gran escala del programa. Dentro de este muestreo, la falta de follaje es descrita como defoliación para cada árbol muestreado. En el año 2002, más de 130.000 árboles en aproximadamente 6.000 puntos de muestro permanentes en 30 países europeos fueron evaluados siguiendo métodos armonizados. En muchos países se llevaron a cabo evaluaciones adicionales en una red más densa.

La defoliación responde a muchos factores de estrés y además es un valioso indicador general del

estado del bosque. Se usan técnicas de estadística multivariante para poner de manifiesto las relaciones entre los factores de estrés y el estado de las copas de los árboles a gran escala. Este informe se centra además en evaluaciones en profundidad para la píceas, el roble albar y el roble común siguiendo las presentaciones similares para el pino silvestre y el haya del informe del año pasado. El informe especial sobre el estado del abeto refleja la visión y la experiencia de los expertos nacionales en relación a especies de árboles concretas y continúa una serie que se ocupó de la encina, el pino carrasco y el haya en años anteriores.

Los bosques son ecosistemas complejos y las influencias medioambientales pueden ser tratadas a diferentes niveles. Esto lo indican claramente los resultados de los análisis químicos foliares y las observaciones fenológicas.



## Métodos

Los análisis de variaciones temporales y espaciales de la píceas, roble común y roble albar están basadas en aquellos puntos de Nivel I para los cuales se comunicaron continuamente los datos de al menos tres píceas o robles desde 1997 hasta 2002. Para el periodo de evaluación que comprende desde 1999 hasta 1994 se tuvieron en cuenta múltiples influencias ya que los datos de deposición no estuvieron disponibles hasta más adelante.

**Niveles de defoliación:** Las estimaciones de campo de la defoliación en Europa están influidas notablemente por la estructura de edad (los pies mayores normalmente están más defoliados) y por el país en el que se encuentra el punto de Nivel I (los métodos de evaluación a veces varían entre países). Los niveles de defoliación presentados fueron por lo tanto evaluados como las diferencias entre las estimaciones de campo y los valores basados en modelos que tienen en cuenta las variables “estructura de edad” y “país”, y de esta forma se compensa su influencia.

La evolución de la defoliación fue calculada como el gradiente lineal de una regresión con todos los valores medios anuales de puntos para los años 1997 a 2002. La influencia de la edad y el país fueron insignificantes en las evaluaciones de las tendencias en el tiempo.

Se utilizó el método geostadístico de Kriging para interpolar grados y tendencias de defoliación, con base en los puntos disponibles de Nivel I.

Se utilizaron modelos lineares múltiples para explicar la defoliación (1994-1999) en base a diferentes influencias medioambientales. Se usaron datos externos para la deposición y precipitación. Una coincidencia de defoliación alta con determinados factores de estrés puede ser interpretada como un probable efecto nocivo.

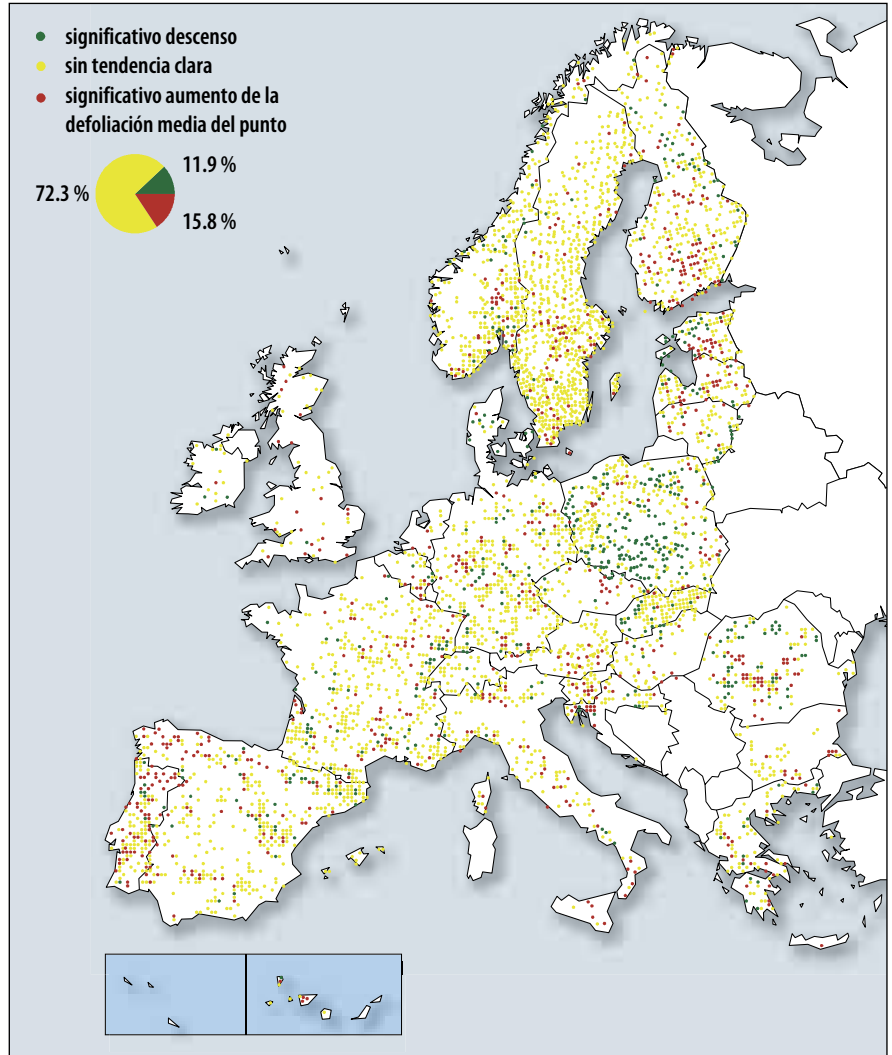


Figura 2-1: Desarrollo de la defoliación de todas las especies arbóreas. Por lo que se refiere a los puntos, se analizaron las tendencias mostradas en el periodo 1994-2002. El periodo de evaluación para Francia, Italia y Suecia fue 1997-2002.



Los Cursos de Intercalibración Internacional forman parte del programa de control de calidad para las evaluaciones del estado de las copas. En éstos, los jefes de equipo de diferentes países se reúnen en campo y evalúan los mismos árboles. La consistencia en el tiempo se controla a través de evaluaciones anuales repetidas sobre fotografías.

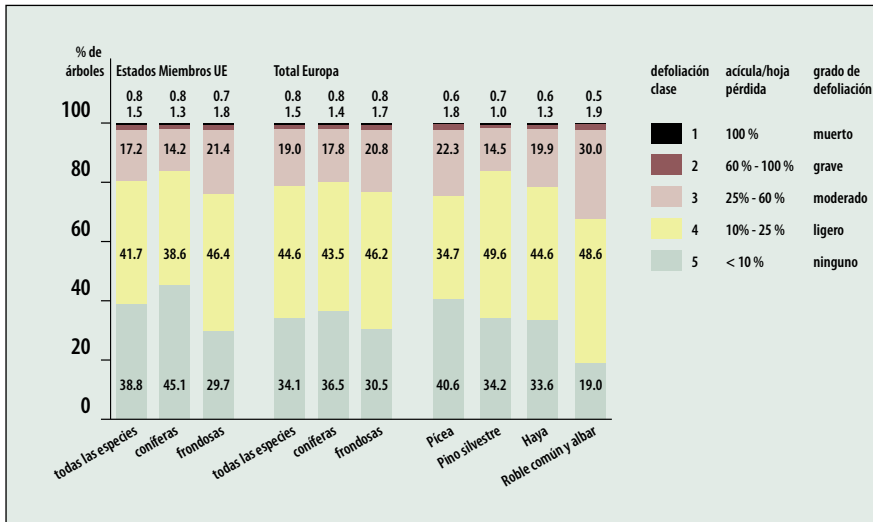


Figura 2-2: porcentajes de árboles en diferentes clases de defoliación para las principales especies. Europa y UE, 2002

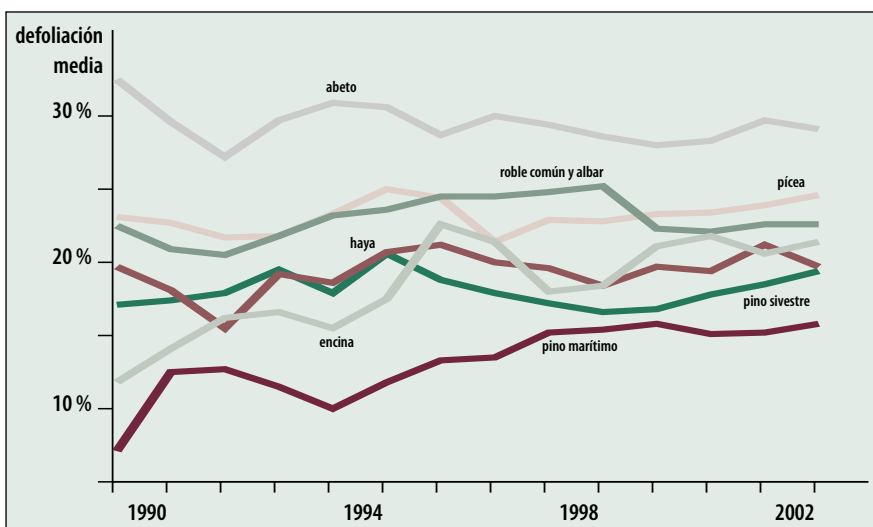


Figura 2-3: Tendencias de defoliación de las principales especies europeas, calculadas para árboles de la muestra común. Los tamaños de muestra varían entre 1.237 árboles para el roble común y el roble albar y 2.988 para la píce (abeto: 289 pies)

### Resultados a gran escala

El 21,3 % de los árboles muestreados en el año 2002 fueron clasificados como moderadamente o severamente defoliados, o muertos. El estado de las copas de los árboles en los Estados Miembros de la UE ha sido un poco mejor que el del conjunto europeo. De las cuatro especies de árboles más frecuentes en los puntos, el roble albar y el roble común fueron las especies defoliadas más severamente (Fig. 2-2).

Ha sido analizado el desarrollo temporal de la defoliación en la muestra de árboles que han sido evaluados desde el inicio de los muestreos hasta hoy (muestra común). La muestra común de abetos presenta las mayores defoliaciones medias todos los años. En general, los principales valores de defoliación variaron considerablemente

(Fig. 2-3). La proporción más alta de árboles dañados y muertos (clases de defoliación 2-4) de todas las especies fue la de 1995 (25,6%) y decreció en los dos años siguientes (no representados). Desde entonces ha sido registrado un aumento del daño, lento pero continuo.

La representación cartográfica de los puntos para todas las especies de árboles (Fig. 2-1) muestra que la proporción de parcelas con un aumento significativo de la media de defoliación desde 1994 hasta 2002 ha sido más alta (15,8%) que la proporción de puntos donde la media de defoliación ha decrecido (11,9%). Los puntos con un deterioro del estado de copas se agrupan a lo largo de la costa norte y oeste de la península Ibérica, en el sur de Finlandia y Estonia, en la región alpina de Austria y en Eslovenia y

Croacia. Las regiones donde las parcelas están mejorando se encuentran mayormente en el sur de Polonia y en la línea costera de Estonia.

### Píce

En la parte central de Noruega la defoliación media de la píce es relativamente alta (Fig. 2-4 y 2-5). La situación se explica principalmente por la micosis y enmohecimiento foliares y los hongos de las raíces. El daño fue particularmente alto debido al estrés climático. En los pasados cinco años la situación había mejorado ligeramente. En amplias regiones de Suecia la defoliación había aumentado desde 1997, por causas similares a las de Noruega. En Bielorrusia se registró una mejoría, pero en la región Báltica y en el sur de Alemania hubo un empeo-

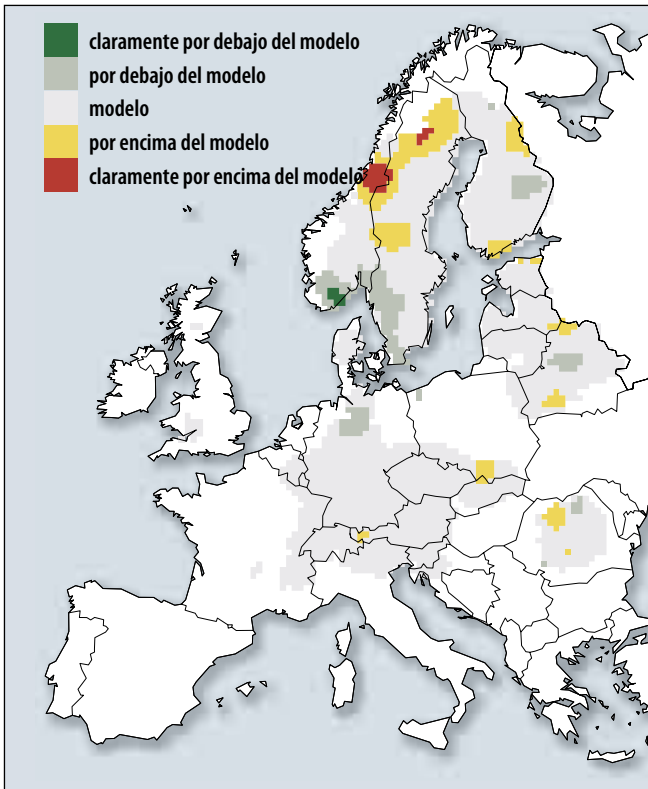


Figura 2-4: Defoliación de la píce. Diferencias entre la defoliación media a medio plazo y valor del modelo. La interpolación está basada en 1461 puntos continuamente evaluados entre 1997 y 2002.

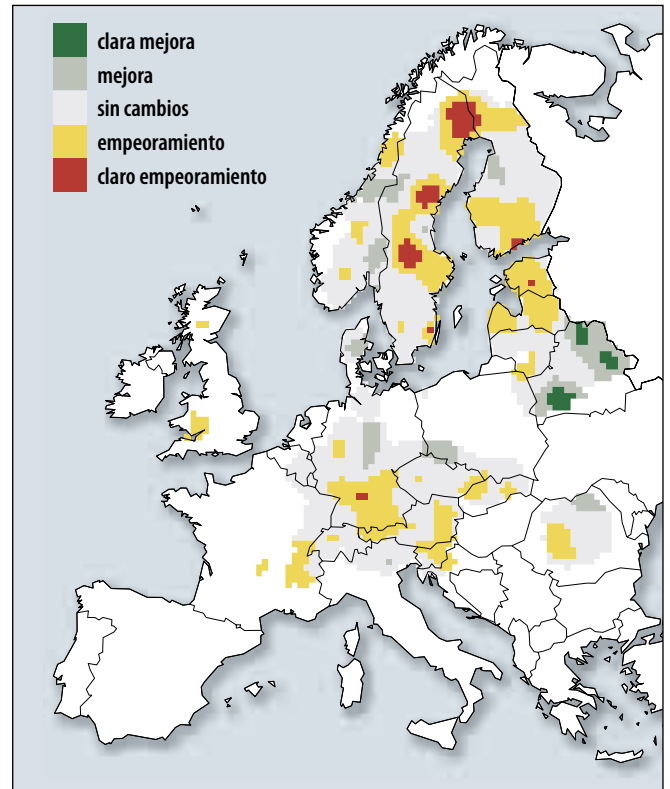


Figura 2-5: Tendencias medias de defoliación en el tiempo de la píce. La interpolación está basada en 1461 puntos, que han sido continuamente evaluados desde 1997 a 2002.

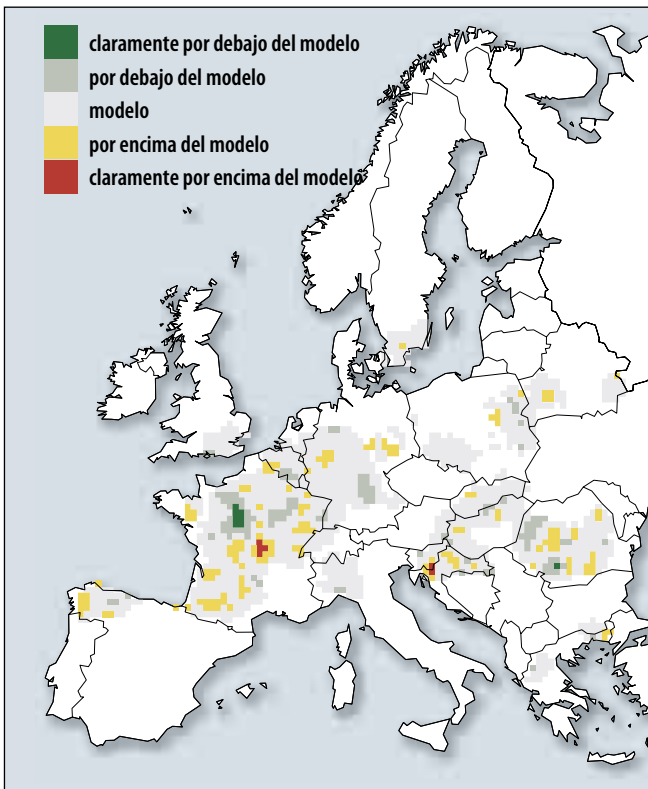


Figura 2-6: Defoliación del roble común y del roble albar. Diferencias entre la defoliación media a medio plazo y valor del modelo. La interpolación está basada en 503 puntos continuamente evaluados entre 1997 y 2002.

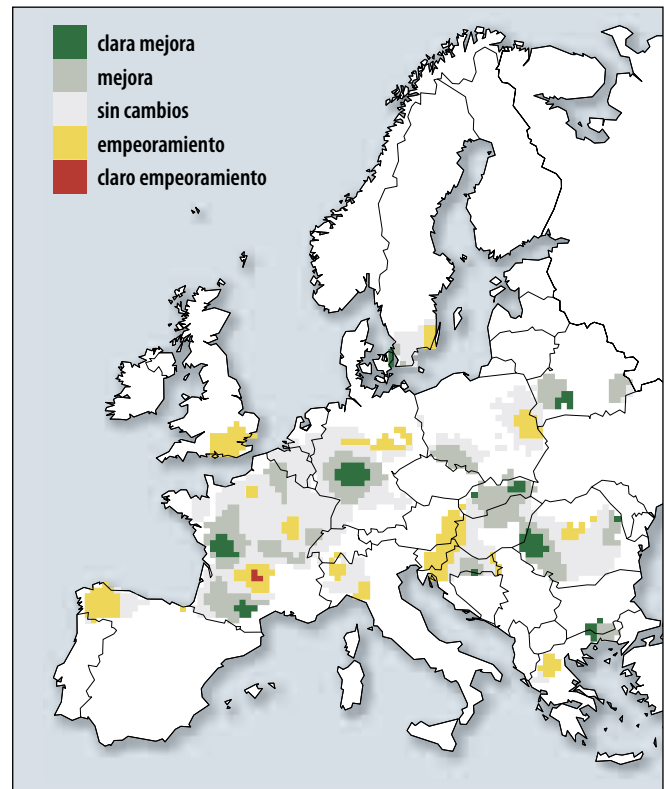


Figura 2-7: Tendencias medias de defoliación en el tiempo del roble albar y del roble común. La interpolación está basada en 503 puntos, que han sido continuamente evaluados desde 1997 a 2002.

	Variación espacial		Variación temporal	
	píceas	roble	píceas	roble
<b>R-cuadrado</b>	<b>58.7</b>	<b>43.1</b>	<b>40.8</b>	<b>43.8</b>
<b>Nº de puntos</b>	<b>1046</b>	<b>291</b>	<b>1046</b>	<b>291</b>
precipitación año actual	-	-	-	-
precipitación año anterior			-	-
insectos	+	++	+	+
hongos	+	--	-	+
deposición	S año actual	+	+	+
	NH <sub>4</sub> año actual	+	-	+
	NO <sub>3</sub> año actual	--		+
	S año anterior			-
	NH <sub>4</sub> año anterior			-
	NO <sub>3</sub> año anterior			-
año			0	0
edad <sub>corrección por el país</sub>	00	00		
país	00	00		

Tabla 2-1: Relaciones entre la variación temporal y espacial de la defoliación de la píceas y los robles común y albar y diversas variables que la explican como resultado del análisis de regresión multilínea. El valor R<sup>2</sup> indica el porcentaje de la varianza explicada por el modelo.

- correlación negativa  
-- correlación negativa considerable  
+ correlación positiva  
++ correlación positiva considerable  
0 correlación  
00 correlación considerable

ramiento en la defoliación en la mayoría de las parcelas.

### Roble común y roble albar

Los robles de hoja caduca mostraron una amplia variación en la defoliación media y en su variación temporal (Fig. 2-6 y 2-7). En algunas regiones de Francia, la defoliación fue bastante más alta con mejorías en el sur y en el oeste del país, pero no fueron identificadas las causas generales del daño a escala nacional. En la parte central de Alemania, la mejoría a gran escala se explica por una recuperación de los robles después de tres años de daños severos por insectos.

### Influencias múltiples en el estado de copas

Los modelos lineales múltiples confirman que la meteorología, los insectos y las deposiciones atmosféricas influyen en el estado de las copas de los árboles en Europa (Tab. 2-1). Las evaluaciones muestran que un

nivel alto de precipitación está relacionado con copas relativamente sanas. Estos hallazgos para la píceas y los robles de hoja caduca apoyan lo publicado para el pino silvestre y el haya en el informe del año pasado. La influencia del daño por insectos también se reflejó sistemáticamente en las evaluaciones estadísticas para las cuatro especies arbóreas más frecuentes. Los hongos mostraron relaciones variables. La deposición de Azufre el presente año se relacionó sistemáticamente con un incremento o una alta defoliación. Una tendencia lineal refleja un desarrollo no explicado estadísticamente por otras variables predictoras del modelo. Como muestran los mapas, de cualquier modo, no hay una tendencia uniforme a lo ancho de Europa, por las distintas condiciones de las diferentes parcelas. La edad y el país son factores causales relevantes en la explicación de la variación espacial pero no influyen en las evaluaciones de las tendencias temporales.





El abeto dominando los bosques mixtos de montaña, Alemania.

## EL ESTADO DEL ABETO (*ABIES ALBA*)

### Resumen

- El daño generalizado en el abeto en los años 70 llevó a la instalación de las primeras parcelas de seguimiento permanente. Éstas, posteriormente, fueron incluidas en la actual red transnacional de seguimiento del estado de los bosques.
- El abeto está todavía entre las especies más dañadas, con más del 40% de los árboles continuamente evaluados afectados y sólo se detecta una ligera mejoría en años recientes.
- Muchos estudios han mostrado su susceptibilidad a la contaminación atmosférica. Los factores de estrés natural como los periodos de sequía también juegan un papel importante. Una peculiaridad es la plaga por muérdago.

### Introducción

El daño generalizado del abeto (*Abies alba*) estaba entre las primeras citas en el contexto del denominado “Waldsterben” (decaimiento del bosque) en el sur de Alemania y en Centro Europa en los años 70. Originalmente se utilizó el término “Tannensterben” (decadencia del abeto), pero pronto pareció claro que estaban implicadas más especies arbóreas. Debido a esto, las series cronológicas regionales para el estado de copas del abeto son probablemente las más amplias que están disponibles para un gran número de puntos de muestreo.

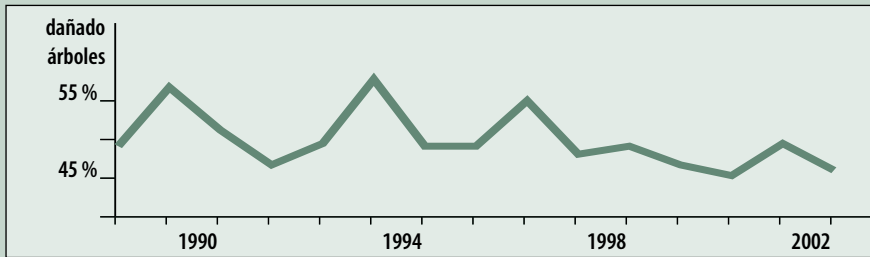
El área natural del abeto se extiende a través de las regiones montañosas húmedas del Centro y Sur de Europa. La especie es tolerante a la sombra y aparece típicamente en los bosques mixtos montañosos donde forma estructuras ricas en especies y estructura en combi-

nación con la píceas, el haya y el arce. En Centro Europa la especie aparece hasta una altitud de 1200m. Sólo en las regiones del sur, como en los Pirineos, puede ser encontrado por encima de estas altitudes. Para su óptimo crecimiento la especie requiere terrenos bien drenados con un aporte de nutrientes al menos moderado. De cualquier modo a través de un sistema de raíces plano también es posible que habiten terrenos compactos e hidromorfos. Aparece excepcionalmente en suelos fuertemente acidificados.

### Desarrollo histórico de los daños en el abeto

A principios del siglo XX ya se reseñaron daños en el abeto, incluyendo descripciones específicas de los daños. A mediados de los años 60, el deterioro fue observado de nuevo, primero en el sur de Alemania, pero posteriormente en otras re-





Porcentaje de abetos dañados (evaluados continuamente desde 1988) en la Red de Nivel I (clases de defoliación 2-4, > 25% defoliación)

giones europeas. El daño aumentó particularmente en 1976, un año con una precipitación extremadamente baja. A mediados de los años 70 las mayores emisiones de dióxido de Azufre fueron también registradas en estas regiones y por primera vez se sospechó de la relación entre la contaminación a larga distancia y el deterioro del estado de las copas.

La preocupación sobre el funcionamiento decreciente del ecosistema llevó a la instalación de parcelas de seguimiento permanente con el fin de documentar el desarrollo y para analizar las causas de los síntomas observados.

### Resultados del seguimiento

En la actualidad más de 2000 abetos están documentados en la red de seguimiento transnacional a gran escala del programa. Francia, Rumania y Alemania son los países con mayor número de ejemplares de esta especie en la base de datos. Desde 1988, la especie está entre las más dañadas con el porcentaje de pies dañados continuamente por encima del 45% (ver también Fig. 2-3).

El dato fue particularmente alto en 1989, 1993 y 1996. Desde entonces se ha observado una ligera recuperación. Tendencias cronológicas regionales muestran un daño incluso mayor antes de 1988 con una notable defoliación antes de 1986.

### Factores de estrés y regeneración

Las tendencias regionales son sorprendentemente paralelas en muchos puntos sin tener en cuenta su tipo de estructura y de terreno. Esto sugiere que la salud de las especies arbóreas no sólo depende de las influencias locales sino también de los factores de estrés a gran escala. Ha quedado claro que el abeto es susceptible a los aportes de sulfato atmosférico. Los estudios muestran que el crecimiento responde a la reducción de las altas emisiones de dióxido de Azufre. La investigación en los años 80 también indica efectos dañinos por hongos del suelo. Además los factores climáticos como los periodos de sequía, han mostrado la importancia del estado de salud de los árboles. Igualmente las masas muy densas son más propensas al declive.

También hay una relación clara entre la defoliación y la presencia de infestaciones de muérdago (*Viscum album*). Los estudios en abetos infectados muestran que el muérdago no coloniza necesariamente abetos altamente dañados. La infección de copas de árboles sanos, de cualquier modo, conduce a un debilitamiento continuado.

Los resultados del seguimiento a largo plazo en el sur de Alemania revelan una relación entre la mortalidad y la defoliación media. El "die back" es más frecuente en árboles con una alta defoliación media. Los abetos dañados también están predispuestos a factores secundarios dañinos.

En contraste con otras muchas especies, el abeto es parcialmente capaz de compensar el daño formando brotes secundarios. Los abetos dañados severamente pueden, de este modo, sobrevivir durante muchos años. En casos excepcionales, una copa vital secundaria puede reemplazar totalmente a la copa principal debilitada y así, podría completarse la regeneración.



Ejemplo de un abeto severamente dañado desde 1985 hasta 2002 mostrando una clara revitalización



Picea en diferentes estados fenológicos (antes, durante y después de la aparición de las hojas)

## 2.2 Fenología e influencias medio-ambientales

### Resumen

- Las etapas anuales del desarrollo fenológico de los árboles, como la aparición, coloración y caída de hojas muestran relaciones del crecimiento del árbol con la climatología.
- Las observaciones fenológicas, recientemente incluidas, serán ampliadas en el futuro ya que éstas ayudan en los análisis de los estreses medioambientales como el cambio climático. También sirven como un práctico y rápido sistema de alerta.

### Introducción

Las evaluaciones a largo plazo han mostrado que en Centroeuropa

la aparición de hojas de primavera ocurre actualmente aproximadamente dos semanas antes que hace cincuenta años, e incluso cuatro semanas antes en la Escandinavia más septentrional. Desde el año 2000, las fases de desarrollo de los árboles, como la floración, aparición, coloración y caída de las hojas, son registradas mediante observaciones fenológicas en un determinado número de parcelas de seguimiento intensivo. La fenología es importante en el estudio de los efectos del cambio climático en los ecosistemas forestales, y también proporciona indicios sobre la diversidad genética y la deposición atmosférica.

### Primeros resultados

En Finlandia y Alemania la aparición de hojas de la picea fue registrada en

árboles donde el diámetro es, asimismo, medido continuamente con cintas diamétricas. En general, la aparición temprana de hojas y un periodo de crecimiento más largo resulta en un incremento de diámetro mayor. (Fig. 2-8, izquierda). Sin embargo, las condiciones meteorológicas durante la estación de crecimiento así como la genética de cada pie y las condiciones del lugar a pequeña escala pueden encubrir estas respuestas básicas (árbol en Fig. 2-8, derecha).

En las parcelas de haya en Alemania, Luxemburgo y Francia, la duración del periodo de crecimiento (medido como el tiempo entre la aparición de hoja en primavera y la pérdida de color en otoño) está estrechamente relacionada con la temperatura y la región geográfica.

### Previsión

Las evaluaciones fenológicas tienen el potencial de un sistema rápido de alerta respecto a los efectos del cambio climático y se espera que sean ampliadas dentro del programa. La integración con otros datos disponibles de las parcelas de seguimiento apoyarán los análisis de las relaciones causa-efecto. Se requieren series cronológicas más amplias, información de un número mayor de parcelas y más árboles por parcela para mejorar los resultados.

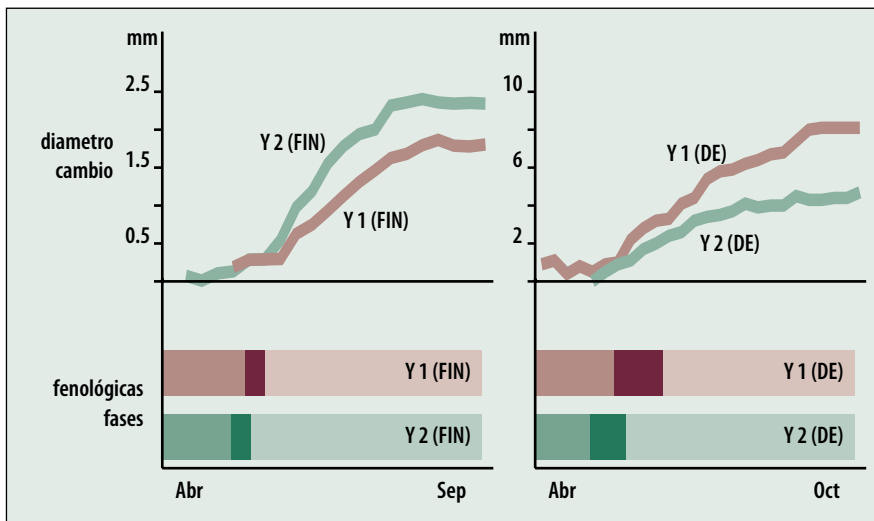


Figure 2-8: Desarrollo del diámetro y observaciones fenológicas en una picea en Punkaharju (Finlandia, izquierda) y en otra en Sonthofen (Alemania, derecha) en dos años diferentes.

gráficos superiores: medidas de cintas diamétricas.

gráficos inferiores: periodos de aparición de hojas para los mismos árboles en los dos años de observaciones (medio: antes de la aparición de la hoja, oscuro: aparición de la hoja, claro: después de la aparición de la hoja)

Las mediciones en los mismos años están representadas en los correspondientes colores.

Para más información:

<http://www.metla.fi/eu/icp/phenology/index.htm>

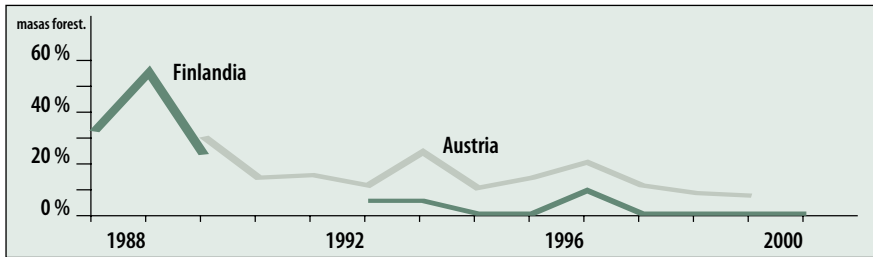


Figura 2-9: Proporción de áreas con concentraciones foliares de Azufre superiores a 1.1 mg S/g en Finlandia y Austria

### 2.3 La composición de nutrientes foliares indica cambios medioambientales

#### Resumen

- La reducción de la deposición de Azufre se refleja en el estado de la química foliar de los árboles. Esto se puede aplicar incluso a países como Finlandia y Austria donde las concentraciones de Azufre en las acículas han sido bajas durante los últimos 15 años.
- Las concentraciones foliares de Nitrógeno han permanecido bajas en ambos países, pero las tendencias en algunas áreas despiertan preocupación.

- En parcelas muestreadas en ambos países, la nutrición está caracterizada por ratios equilibrados de nutrientes.

#### Introducción

Los análisis químicos de acículas y hojas de los árboles proporcionan conocimientos valiosos sobre la nutrición de los árboles que reflejan cambios medioambientales. Desde 1987, se ha determinado anualmente la composición foliar elemental en 36 puntos finlandeses y 71 austriacos de Nivel I. Estos países fueron seleccionados para la evaluación porque tienen las colecciones de datos de química foliar más completas.

#### Resultados

Durante los últimos 15 años, las concentraciones de Azufre en acículas han sido bajas en Finlandia y Austria, incluso con este nivel bajo las concentraciones de Azufre en acículas decrecieron (Fig 2-9), reflejando el éxito de los programas de reducción de Azufre. En algunas áreas remotas en Finlandia las concentraciones de Azufre en acículas han caído al nivel encontrado normalmente en bosques primitivos. En Austria, sin embargo, el 7% de los bosques muestreados tenían concentraciones por encima de los umbrales específicos nacionales.

Las concentraciones de Nitrógeno en acículas en la mayoría de zonas de Finlandia y Austria han permanecido, en general, bajas. Esto es particularmente cierto para los bosques austriacos localizados en regiones alpinas. Los árboles con las mayores concentraciones de Nitrógeno en acículas fueron encontrados cerca de áreas agrícolas e industriales. Teniendo en cuenta el efecto normal de la edad en los árboles controlados, hubiera sido esperable un descenso en las concentraciones de Nitrógeno, bajo concentraciones constantes. Este descenso no ha sido observado, por lo que se asume que el Nitrógeno está también incrementándose en áreas remotas. Esta mayor disponibilidad de Nitrógeno puede tener efectos adversos en los ecosistemas forestales.

#### Bibliografía adicional:

Lorenz, M., V. Mues, G. Becher, C. Müller-Edzards, S. Luyssaert, H. Raitio, A. Fürst and D. Langouche, Estado de los Bosques en Europa. Resultados del muestreo a gran escala, 2002. Informe técnico. EC, CEPE 2003, Bruselas, Ginebra, 171 ppág.



Muestreo de acículas en bosques finlandeses (izquierda) y austriacos (derecha)





Los lisímetros extraen agua de las diferentes capas del suelo

### 3. SIMULACIÓN DE IMPACTOS A LARGO PLAZO DE LA DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA EN LA QUÍMICA DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO FORESTAL

#### Resumen

- Si las futuras reducciones de las emisiones siguen el protocolo de Gotenburgo, conducirán a una rápida recuperación de la solución del suelo de acuerdo con los modelos aplicados. Por otro lado, la recuperación de la fase sólida del suelo llevará décadas.
- Los cálculos en alrededor de 200 Parcelas de Seguimiento Intensivo basados en modelos dinámicos muestran una reducción muy fuerte en las concentraciones de sulfato en el suelo entre 1980 y 2000 debida a las grandes reducciones de las emisiones de Azufre.
- El escenario de reducción de emisiones también predice un descenso de las concentraciones de nitrato del suelo para la mayoría de las parcelas hacia el año 2010 si el Protocolo de Gotenburgo es ejecutado completamente en todos los

países. Las reducciones en la actualidad son más fuertes en parcelas con concentraciones altas de Nitrógeno.

- Las reducciones de las concentraciones de aluminio potencialmente tóxico están previstas principalmente para aquellas parcelas donde las concentraciones de aluminio eran altas en los años 80.

#### Introducción

La contaminación es un factor crucial que influye en el estado de los bosques en Europa. Bajo el Protocolo de Gotenburgo los países han acordado reducir significativamente las emisiones de Azufre, óxidos de Nitrógeno y otros contaminantes. Las emisiones de Azufre se han reducido considerablemente en las décadas pasadas (Fig. 3-1), pero los valores de las cargas críticas de ácidos y Nitrógeno todavía se superan en muchas parcelas, como se indicó en el informe

del año pasado. Las series cronológicas de deposición de los contaminantes atmosféricos que se miden son herramientas valiosas del programa que permiten identificar los éxitos y futuros retos para las políticas de aire limpio en Europa.

El capítulo siguiente presenta aplicaciones de un modelo dinámico, simulando reacciones futuras de los suelos a la reducción de deposiciones. Las evaluaciones son llevadas a cabo en cooperación estrecha con los programas del Convenio LRTAP, el PCI de Modelización y Cartografía y el PCI de Seguimiento Integrado. Los resultados son un paso hacia la futura meta de aplicar los modelos dinámicos no sólo a las parcelas individualmente sino a una escala europea.

#### Aplicación del modelo

En alrededor de 200 Parcelas de Seguimiento Intensivo, ambos apor-

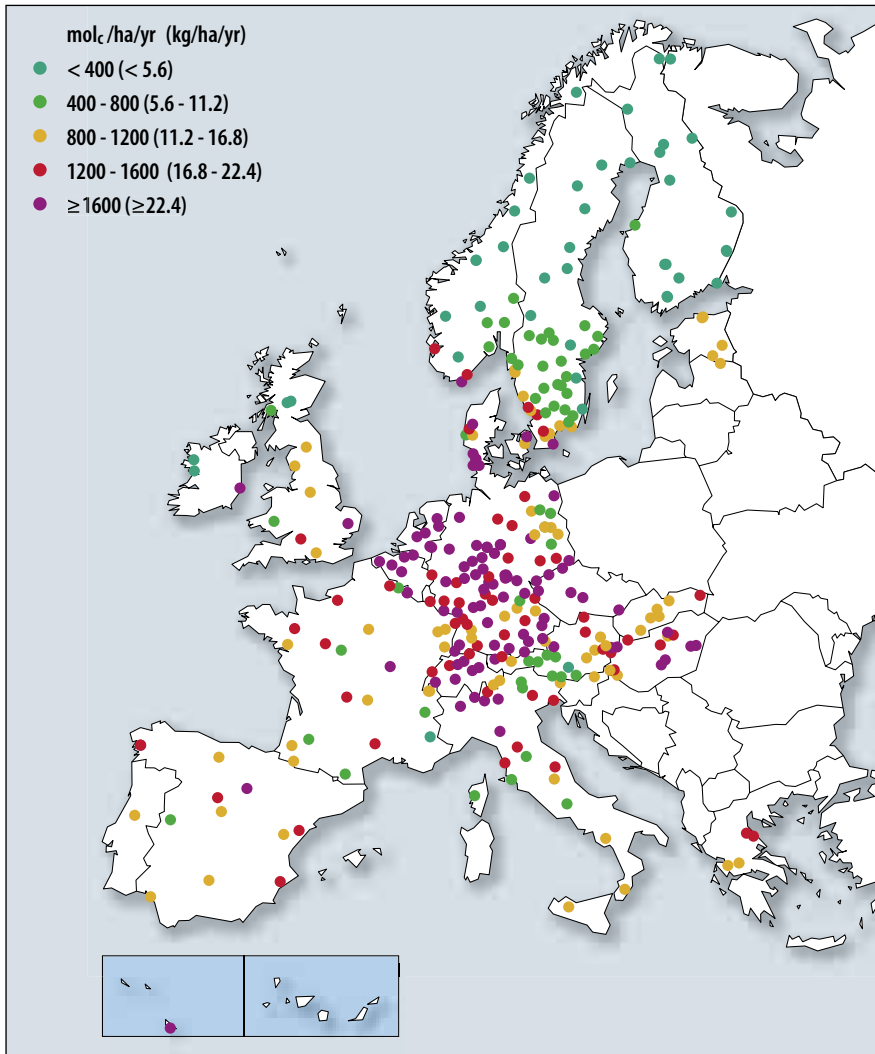


Figura 3-1: Deposición total de Nitrógeno en las parcelas de Nivel II, 1998-2000. La deposición de Nitrógeno más alta fue en Centro Europa. Las cargas críticas que determinan el que no haya más acumulación de Nitrógeno en el suelo están actualmente superadas en el 92% de las parcelas de Nivel II. Las cargas críticas que tienen en cuenta los efectos en los árboles estaban superadas en el 45% de las parcelas. Debido a las interacciones con el dosel arbóreo, la deposición total es modelizada teniendo en cuenta la deposición recogida bajo el dosel arbóreo y la deposición global registrada en espacios abiertos próximos.

tes de elementos son medidos regularmente a través de la deposición y las concentraciones de elementos en la solución del suelo. En estas parcelas se ha aplicado un modelo dinámico de acidificación del suelo para ver si las concentraciones medidas de la solución del suelo pueden ser reproducidas por el modelo. Se usaron los datos existentes para optimizar determinados parámetros del proceso en el modelo. Para la mayoría de las parcelas, la concordancia fue razonablemente buena (Fig 3-2).

Después de la optimización del modelo, los impactos de los cambios esperados de deposición fueron simulados para el periodo 1970-



Equipo de medición para recoger la deposición de agua en las estructuras forestales.

## Métodos

Las **cargas críticas** fueron ya presentadas en el Informe Ejecutivo 2002. Éstas definen las cargas a largo plazo por debajo de las cuales no se esperan efectos dañinos. Si la deposición es mayor que la carga crítica, hay un riesgo mayor de daño en el ecosistema, y será necesario reducir la deposición para salvaguardar el ecosistema.

Se utilizan **modelos estables** para calcular las cargas críticas. Éstos no tienen en cuenta los cambios temporales en la química del suelo.

Se utilizan **modelos dinámicos** para simular las respuestas de la química del suelo a los cambios de las condiciones medioambientales. Son más complejos ya que integran procesos dinámicos del suelo como intercambio de cationes, adsorción de sulfato y retención de Nitrógeno.

Los iones de **aluminio** pueden dañar las raíces de las plantas. Particularmente las concentraciones altas se dan en suelos ácidos, de forma que sus concentraciones en la solución del suelo son un factor clave para la acidificación del mismo.

La **solución del suelo** es el agua que penetra a través de los poros del suelo. Su composición química está influida por la deposición. Es también el medio básico de captura de nutrientes por las raíces de las plantas.



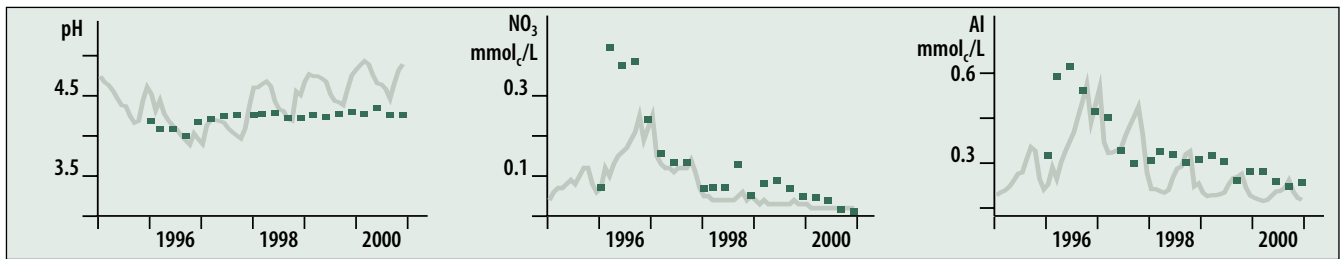


Figura 3-2: ejemplo de pH medido (puntos) y simulado (líneas), así como concentraciones de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y aluminio (Al) en la solución del suelo de una de las Parcelas de Seguimiento Intensivo. La simulación específica es buena para el aluminio pero no tanto para el pH.

2030. Se asume que si el modelo es capaz de reproducir las mediciones de la solución del suelo por encima de un número de años pasados, también dará resultados plausibles para las futuras simulaciones. El escenario de la deposición evaluada estaba basado en el acuerdo de reducción de emisiones siguiendo el Protocolo de Gotenburgo.

### Resultados

El análisis del escenario para todas las parcelas simuladas de Nivel II (Fig. 3-3) muestra un descenso acusado en la media de la concentración de sulfato de la solución del suelo causada por las fuertes reducciones en las emisiones de Azufre en Europa. También muestra que las reducciones en las emisiones de Nitrógeno conducirán a concentraciones más bajas en el suelo. Evaluaciones adicionales muestran que las reducciones probablemente se darán en parcelas que tienen altas concentraciones de nitrato hoy en día. En algunas parcelas permanece-

rán en el futuro los valores altos de nitrato. El descenso en la deposición ácida conduce a una mejoría del estado químico de las parcelas mientras que el pH aumenta y las concentraciones del aluminio acompañante decrecen. Ha de tenerse en cuenta que los resultados sólo reflejan reacciones químicas del agua del suelo. Las reacciones de la fase sólida del suelo son siempre más lentas y llevarán décadas, incluso siglos.

La distribución geográfica de las concentraciones de sulfato simuladas en la solución del suelo de los lugares modelizados ilustra el fuerte descenso en el año 2030 comparado con 1970 (Fig 3-4). También muestra una alta variabilidad espacial en la concentración de  $\text{SO}_4$  en la solución del suelo, con los valores más altos en Centro Europa.

La distribución geográfica de las concentraciones simuladas de aluminio muestra principalmente que en las parcelas con concentraciones demasiado altas, éstas se reducen notablemente con el tiempo.

Inicialmente, las concentraciones de aluminio estaban por encima del valor crítico de  $0.2 \text{ mol}_e/\text{m}^3$  en alrededor del 20% de las parcelas. Las predicciones muestran que en el futuro este porcentaje se reduce considerablemente hasta alrededor de un 5%.

### Bibliografía adicional:

De Vries, W., G.J. Reinds, M. Posch, M. J. Sanz, G.H.M. Krause, V. Calatayud, J.PÁG. Renaud, J.L. Dupouey, H. Sterba, M. Dobbertin, PÁG. Gundersen, J.C.H. Voogd and E.M. Vel, 2003. Seguimiento Intensivo de los Ecosistemas Forestales en Europa 2003. Informe técnico. CE, CEPE 2003, Bruselas, Ginebra, 170 ppág.

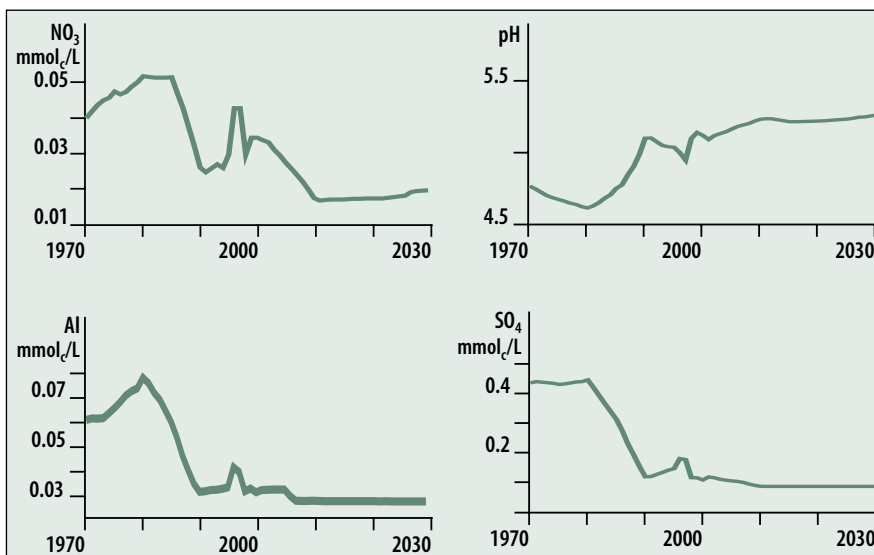


Figura 3-3: Simulación de las concentraciones medias de pH así como de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), y aluminio (Al) en la solución del suelo de 200 Parcelas de Seguimiento Intensivo para los años 1970 a 2030 bajo un escenario de emisiones siguiendo el Protocolo de Gotenburgo. El comportamiento de las líneas discontinuas entre 1996 y 2000 refleja el uso de datos específicos de esos años en este periodo, mientras que para los otros años se han usado valores medios.

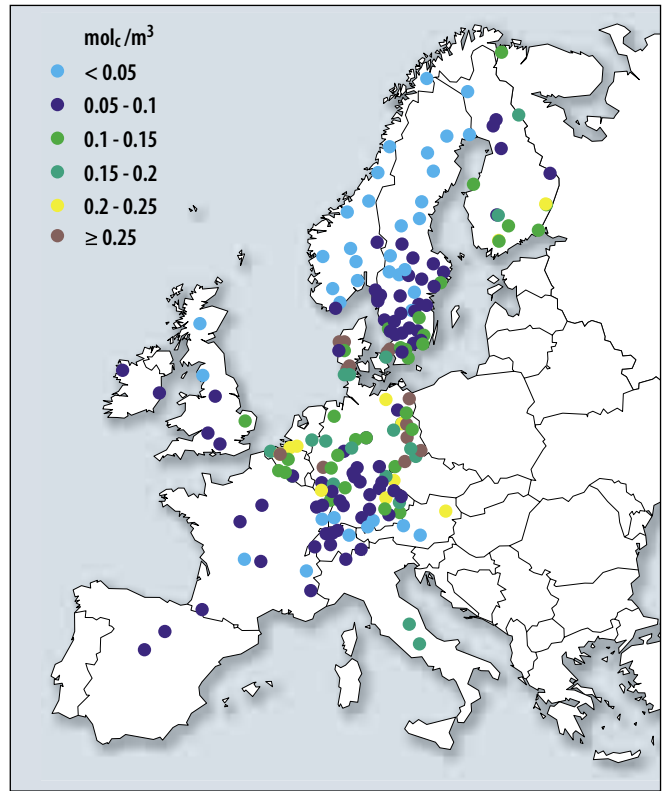
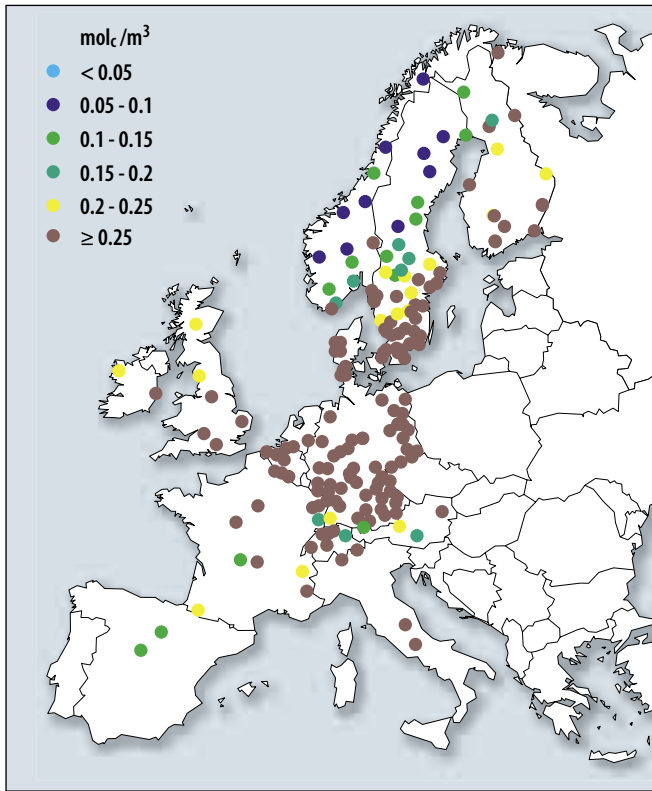


Figura 3-4: Concentración simulada de sulfato ( $SO_4$ ) en parcelas de Nivel II en 1970 (izquierda) y 2030 (derecha)

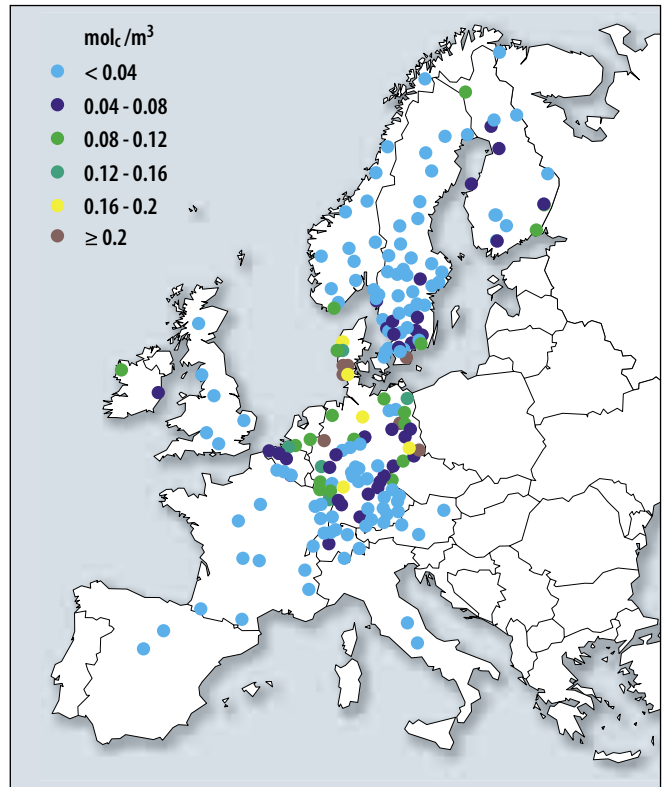
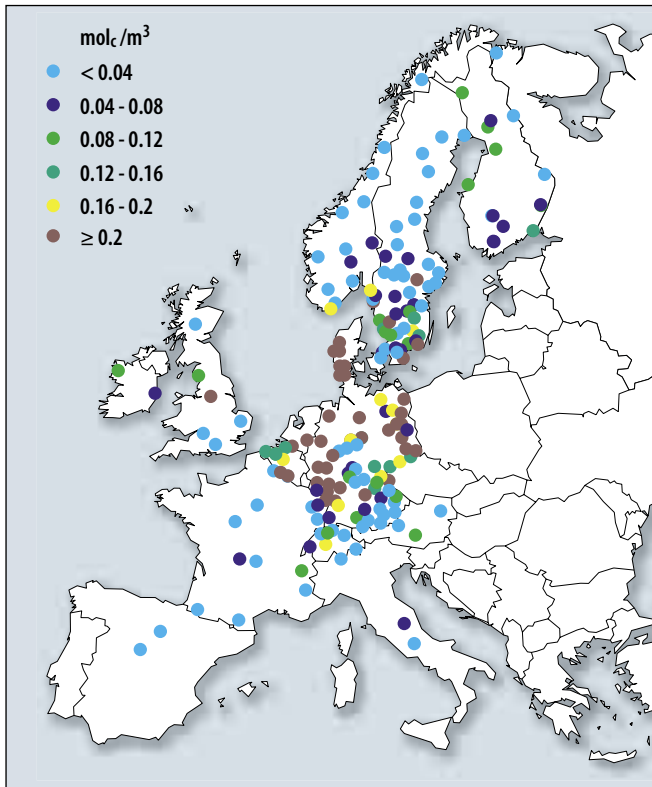


Figura 3-5: Concentración simulada de aluminio (Al) en la solución del suelo en parcelas de Nivel II en 1970 (izquierda) y 2030 (derecha)



Dosímetros pasivos instalados en España.

## 4. CONCENTRACIONES DE OZONO EN LOS BOSQUES

### Resumen

- Hoy en día se considera al Ozono como uno de los contaminantes atmosféricos de mayor impacto que afectan a los bosques.
- Un ensayo llevado a cabo en una serie de parcelas seleccionadas demuestra que es factible el seguimiento de las concentraciones de Ozono aplicado en grandes superficies y lugares remotos, estando los resultados preliminares en línea con lo conocido hoy en día. En el Sur de Europa se dan con frecuencia concentraciones de Ozono particularmente altas.
- La evaluación de daños visuales por Ozono, actualmente desarrollada por el programa, es el primer sistema de seguimiento directo de efectos a escala europea. Los resultados preliminares muestran que, de entre las principales especies arbóreas de Centroeuropa, también el haya se ve afectada por el

Ozono. Muchas especies vegetales que no se conocía que fueran sensibles al Ozono mostraron signos de daños por este contaminante.

### Introducción

La influencia de la deposición atmosférica a gran escala sobre los ecosistemas forestales fue reconocida hace muchos años, siendo una de las principales razones para la implantación del programa de seguimiento. Siguiendo este mandato, el programa ha presentado en numerosos informes resultados de conjunto de los seguimientos, principalmente relacionados con las aportaciones de Nitrógeno y Azufre, (ver [www.icp-forests.org](http://www.icp-forests.org)). A consecuencia de ello, la importancia de gases responsables del efecto invernadero como el Ozono y el dióxido de Carbono fue reconocida tanto a nivel europeo como global. En el año 2001 el programa UE/

PCI Bosques desarrolló un ensayo para el seguimiento del Ozono en las masas forestales remotas, ya que la mayor parte de los datos de Ozono a nivel europeo se derivan corrientemente de áreas urbanas y sub-urbanas. El ensayo se centró en la medición de concentraciones atmosféricas mediante dosímetros pasivos y en la evaluación de daños visibles en la vegetación. Se incluyeron alrededor de 100 Parcelas de Seguimiento Intensivo localizadas en nueve países.

### Dosimetría pasiva

Los dosímetros pasivos testados probaron ser un método fiable y comparativamente barato para conseguir información sobre la calidad del aire, específicamente en áreas forestales remotas donde no existe disponibilidad de otros medios técnicos, como estaciones de seguimiento continuo.(Fig. 4-2).



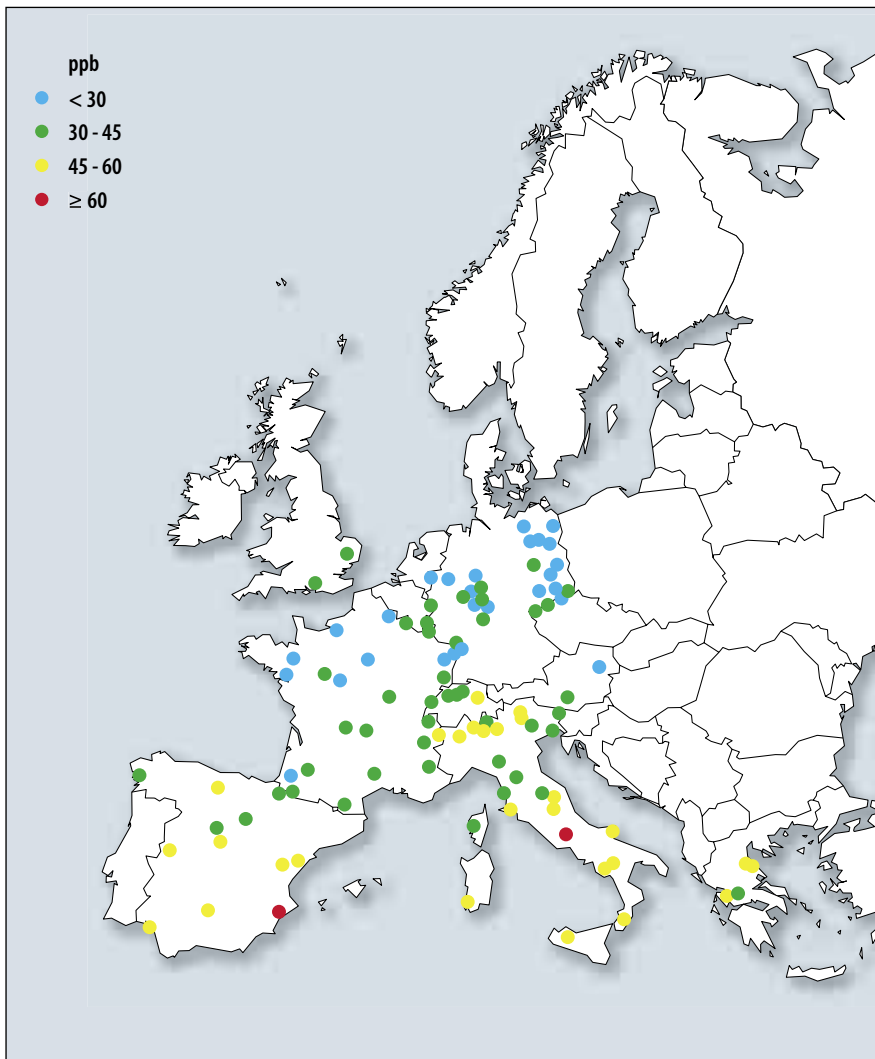


Figura 4-1: Concentración media de Ozono del 1 Abril al 30 Septiembre 2001 medida con dosímetros pasivos en parcelas seleccionadas durante la fase de prueba.

Los valores medios de Abril a Septiembre de 2001 mostraron que las concentraciones más altas se dan en el sur de Europa (Fig. 4-1), teniendo el 58% de los puntos de muestreo españoles y el 63% de los italianos una concentración media, ponderada para un periodo de 6 meses, del rango de 46 – 60 ppb. También se han observado concentraciones comparativamente altas en Grecia y en Suiza. En Alemania, Francia, Reino Unido y Austria se obtuvieron concentraciones medias más bajas. Debe tenerse en cuenta que en el 2001 las concentraciones de Ozono fueron en general bastante bajas en comparación a la mayoría de los años previos.

#### Evaluación de daños visibles por Ozono

El Ozono no deja ningún residuo que pueda ser detectado mediante técnicas analíticas. Por esta razón se han llevado a cabo evaluaciones visuales de daños en hojas y acículas de las principales especies arbóreas y de otras especies vegetales en 72 parcelas de 9 países durante el año 2001. Se ha creado una página web que incluye una galería fotográfica con ejemplos de síntomas de Ozono en hojas y acículas para así facilitar la identificación de daños por Ozono (<http://www.gva.es/ceam/ICP-forests>). También se han realizado varios cursos de entrenamiento para adquirir la experien-

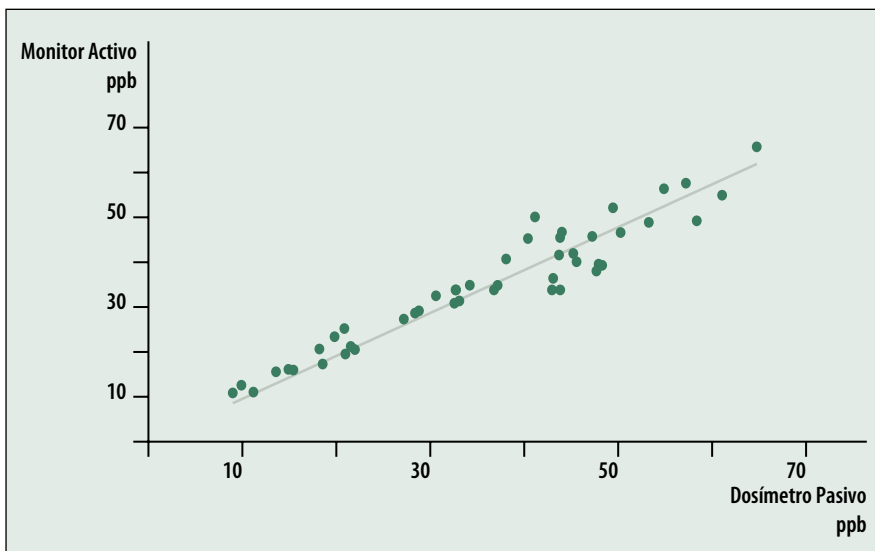


Figura 4-2: Comparación entre las concentraciones medias en dos semanas por medio de medidores pasivos y activos en España. La cercana relación entre las concentraciones medidas muestra que los dosímetros pasivos pueden dar mediciones fiables. Los dosímetros contienen sustancias químicas que reaccionan con el Ozono del aire. Después de un periodo de una a cuatro semanas los dosímetros se recogen y son analizados en laboratorio.



Daños visibles por Ozono en hojas y acículas de haya, aliso gris y pino carrasco. La diferenciación de otros síntomas de daños requiere de una considerable experiencia.

cia necesaria en este campo y para armonizar métodos. Asimismo se han desarrollado métodos microscópicos especiales para validar los síntomas en casos dudosos.

Daños visibles sobre el arbolado han sido detectados en 17 de las parcelas muestreadas. En Centroeuropa las investigaciones se centraron en el haya. Para esta importante especie, se informó sobre detección de daños en un 24% de las parcelas muestreadas. Muchas de las especies vegetales que mostraban daños visibles por Ozono en campo no eran reconocidas anteriormente como especies sensibles.

### Logros y Perspectivas

En el transcurso del ensayo se ha iniciado un sistema de seguimiento de daños por Ozono a escala Europea, probándose su operatividad. En muchos países se ha conseguido obtener experiencia sobre dosímetros pasivos. La evaluación de daños por Ozono en las principales especies arbóreas así como en la vegetación acompañante ha de ser considerada como una primera fase para la implantación de un sistema único de seguimiento de efectos a escala europea, basado en observaciones

de campo validadas. También ampliará los conocimientos sobre especies sensibles al Ozono. Se prevé refinar los métodos y continuar con las actividades de dosimetría pasiva. La información sobre ambos tipos de muestreo estará relacionada mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG). Esto ayudará a comprender mejor los efectos del Ozono sobre la vegetación forestal y también proporcionará una buena base para la calibración de los modelos del UE/ PCI Bosques y de otros programas bajo la Convención sobre Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia.

---

#### Bibliografía adicional:

De Vries, W., G.J. Reinds, M. Posch, M. J. Sanz, G.H.M. Krause, V. Calatayud, J.P. Renaud, J.L. Dupouey, H. Sterba, M. Dobbertin, P. Gundersen, J.C.H. Voogd and E.M. Vel, 2003. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report. EC, UNECE 2003, Brussels, Geneva, 170 págs.

---



Experimento de fumigación al aire libre con Ozono en Freising, Alemania

### Perspectiva global sobre la situación respecto al Ozono

- Se estima que el Ozono ( $O_3$ ) cercano a la superficie (Ozono troposférico) se ha incrementado en aproximadamente un 35% desde la era pre-industrial, experimentando algunas regiones crecimientos mayores y otras menores. En el año 2001, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) calificó al Ozono troposférico como el tercer gas de efecto invernadero en importancia, después del dióxido de Carbono ( $CO_2$ , ver también Capítulo 5) y el Metano ( $CH_4$ ).
- Mientras que las concentraciones de Ozono cercano a la superficie se han visto incrementadas, a lo largo de las últimas décadas se han observado pérdidas en la estratosfera,

en altitudes que oscilan entre los 15 y los 50 Km. Esta reducción está causada principalmente por halocarbonos de origen antropogénico y amenaza al escudo natural de la atmósfera terrestre.

### Daños por Ozono

Los árboles responden al Ozono cuando éste penetra en la hoja a través de los estomas, pequeños orificios en las superficies foliares a través de los cuales tiene lugar el intercambio gaseoso.

Dentro de la hoja, el Ozono se transforma, produciendo varios compuestos dañinos para las células llamados radicales libres. Existe consenso científico sobre el hecho de que partir de ciertos niveles en la mayor parte de Europa y Norteamérica, el Ozono in-

duce daños foliares, reduce el contenido en clorofila en las hojas y la fotosíntesis, acelera la senescencia foliar, reduce el crecimiento, altera la distribución del Carbono y predispone al árbol a ser atacado por plagas. Tanto entre las especies arbóreas como entre los árboles individuales dentro de una misma especie varía notablemente la tolerancia al Ozono.

### Investigación sobre Ozono

Los científicos responsables de las actividades de seguimiento del programa UE/ PCI Bosques colaboran estrechamente con instituciones de investigación llevando a cabo, entre otros, los dos experimentos descritos.

En el año 2000 comenzó, en un bosque mixto de haya y picea situado cerca de Freising, Alemania, un experimento sobre los efectos de la exposición crónica de árboles adultos a una concentración de Ozono dos veces mayor que la del aire. Hasta la fecha, las hojas de haya sometidas a fumigación al aire libre desarrollaron síntomas visibles y aceleraron su senescencia otoñal mientras que la picea parece ser menos susceptible. Los resultados ayudarán a interpretar la multitud de resultados obtenidos a partir de plántulas cultivadas en macetas, que no pueden ser directamente extrapolados a las reacciones que pueda tener el arbolado adulto.

El proyecto Aspen FACE (Free Air Carbon Dioxide Enrichment) en el norte de Wisconsin, Estados Unidos, aúna a científicos de Norteamérica y cinco países europeos. En un punto de muestreo al aire libre, los efectos de elevadas concentraciones de  $CO_2$ ,  $O_3$ , y  $CO_2 + O_3$  son comparados con los de las concentraciones ambientales. Los resultados de los cinco primeros años muestran claramente que una cantidad elevada ( $>200$  ppm) de  $CO_2$  atmosférico incrementaba el crecimiento de los árboles. Se vió que, bajo elevadas concentraciones, los daños por  $O_3$  podían extenderse desde la regulación genética hasta niveles de ecosistema. En interacción, el efecto beneficioso del  $CO_2$  resultó ser completamente eliminado por las elevadas concentraciones de  $O_3$ .



El experimento internacional "Aspen FACE" en Wisconsin, EEUU





Masa mixta adulta de roble y haya en Alemania

## 5. EL SECUESTRO DE CARBONO EN LOS BOSQUES EUROPEOS Y SUS IMPLICACIONES PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO.

### Resumen

- Los bosques capturan Carbono de la atmósfera. Los últimos resultados obtenidos del programa de seguimiento sugieren que el incremento neto de las reservas de Carbono en los bosques (tanto en los árboles como en el suelo) es de alrededor de 0,1 Gigatoneladas por año. Esto representa alrededor de un 25 – 50 % de las reservas totales de Carbono estimadas para Europa.
- Se calcula que el 5% del incremento en la captura de Carbono durante los últimos 40 años en todo el territorio Europeo se debe a la deposición de Nitrógeno, debido a la estimulación que éste produce en el crecimiento forestal.
- Las reservas de Carbono en los árboles son considerablemente más bajas que en los suelos. Sin embargo el secuestro anual de Carbono en árboles es en la actualidad cerca de

5 a 7 veces mayor que en los suelos forestales. Conforme la edad de las masas forestales vaya aumentando, el secuestro descenderá y por consiguiente se incrementará la importancia relativa de los suelos.

### Introducción.

La captura de Carbono en los bosques (secuestro) atenúa el incremento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y por tanto ralentiza la tasa de cambio climático. Algunas cuestiones importantes a resolver son:

- ¿Qué cantidad de Carbono es capturado por los ecosistemas forestales europeos?
- ¿Cuál es la causa del incremento que se ha producido en las últimas décadas en la cantidad neta de Carbono capturado por los bosques?

Las cifras disponibles sobre captura de Carbono varían considerable-

mente, debido en su mayor parte a las diferentes metodologías aplicadas y en menor medida a causa del pequeño número de lugares de experimentación. Influencias antrópicas, como la elevada deposición de Nitrógeno en los bosques y el manejo forestal, podrían jugar un papel importante en el secuestro de Carbono. Otros factores que posiblemente contribuyan son el incremento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y de las temperaturas. Los datos obtenidos a partir de 120 parcelas de seguimiento intensivo y 6.000 puntos de Nivel I proporcionan una base excelente para trabajar en la resolución de estos interrogantes.

### El secuestro de Carbono en las Parcelas de Seguimiento Intensivo y en los puntos de Nivel I

Los resultados en las Parcelas de Seguimiento Intensivo muestran que la captura anual de Carbono por

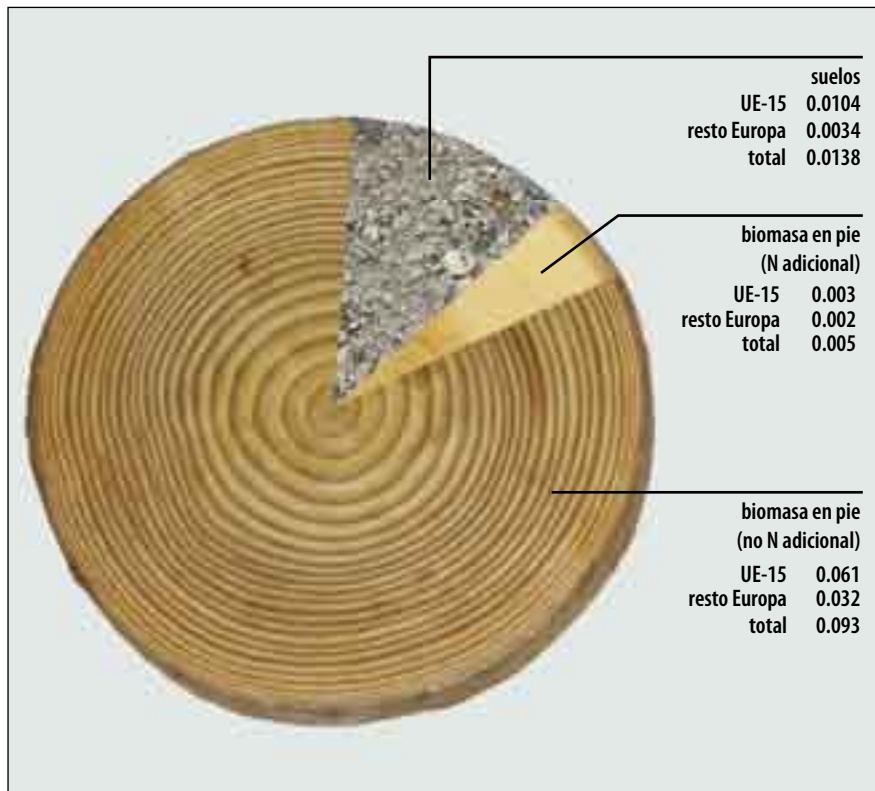


Figura 5-1: Secuestro anual neto de Carbono por la biomasa en pie y por los suelos en los bosques europeos, en Gton/Ha/año tal y como se deriva de las Parcelas de Seguimiento Intensivo y los puntos de Nivel I. El secuestro de Carbono por la biomasa en pie causado por incorporaciones adicionales de Nitrógeno es comparativamente pequeño. El total de Europa se refiere al área forestal tal y como se define en el Anexo I.

la biomasa aérea es generalmente 5 - 7 veces mayor que la que se estima para el suelo (Fig. 5-2). Como se esperaba, la cantidad de Carbono capturado por los árboles debido al crecimiento forestal se incrementa de Norte a Centroeuropa. Las evaluaciones de los puntos de Nivel I indican los mismos patrones geográficos a través de Europa (Fig. 5-3).

#### El secuestro de Carbono en los Bosques Europeos y el impacto de la deposición de Nitrógeno.

La modelización de los resultados obtenidos en 6.000 puntos de Nivel I estima una captura total de Carbono por la madera debido al crecimiento en 0,3 Gton.año<sup>-1</sup> para los bosques Europeos durante el periodo 1960 - 2000. Este valor es similar a los resultados arrojados por otros proyectos de investigación.

La estimación de las pérdidas de Carbono debido a, entre

otros, los aprovechamientos madereros, las tormentas y los incendios forestales, con una proporción total para Europa de dos tercios de la cantidad neta de Carbono secuestrado, se calculó como 0,1 Gton.año<sup>-1</sup> para los bosques europeos. La contribución de la deposición de Nitrógeno al incremento anual de Carbono en la biomasa en pie fue de 0,005 Gton.año<sup>-1</sup> (Fig. 5-1), respondiendo al aproximadamente 5% de captura adicional de Carbono debido al incremento en las incorporaciones de Nitrógeno desde 1960. Para el conjunto de Europa, en consecuencia, la deposición de Nitrógeno tuvo comparativamente un pequeño impacto en el secuestro de Carbono por los árboles, salvo en áreas con una alta deposición de Nitrógeno, donde el impacto si que puede ser sustancial.

La captura de Carbono por los suelos es más difícil de calcular.

En 120 parcelas de seguimiento intensivo de las que se poseía una extensa base de datos, se calcularon directamente las cantidades de Carbono almacenadas en los fustes y en el suelo. También fue posible el desarrollo de relaciones estadísticas para extrapolar las cantidades de Carbono almacenadas a 6.000 puntos de Nivel I asumiendo que estos sean representativos para aproximadamente 2,0 millones de Km<sup>2</sup> de bosques europeos (ver Anexo I). El año 1960 fue el que se usó en un primer momento como referencia para el cálculo de la deposición de Nitrógeno y el impacto de una deposición adicional, hasta que se hicieron estos mismos cálculos para el año 2.000.

En las Parcelas de Seguimiento Intensivo los cambios en la cantidad de Carbono almacenada en los árboles se derivaron directamente de repetidos inventarios de crecimientos. Los cambios en la cantidad de Carbono en los suelos se calcularon a través de la retención de Nitrógeno (deposición menos lixiviación), la absorción de Nitrógeno y una relación C/N (Carbono/Nitrógeno) que se asume constante a diferentes niveles de incorporación de Nitrógeno.

Para los puntos de Nivel I la deposición de Nitrógeno se derivó de estimaciones de modelos. La absorción de Nitrógeno por la biomasa aérea se calculó a través de estimaciones de la producción en función de la calidad de estación. Para los reservorios de Carbono en el suelo y sus cambios se relacionaron las fracciones de retención de Nitrógeno en los puntos de Nivel I con las relaciones C/N medidas, usando proporciones derivadas de las parcelas de Nivel II.



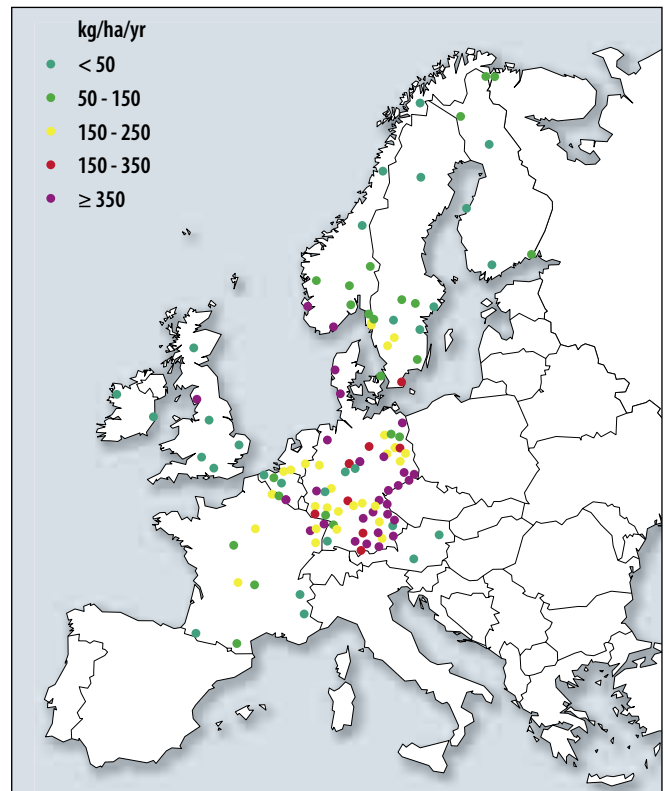
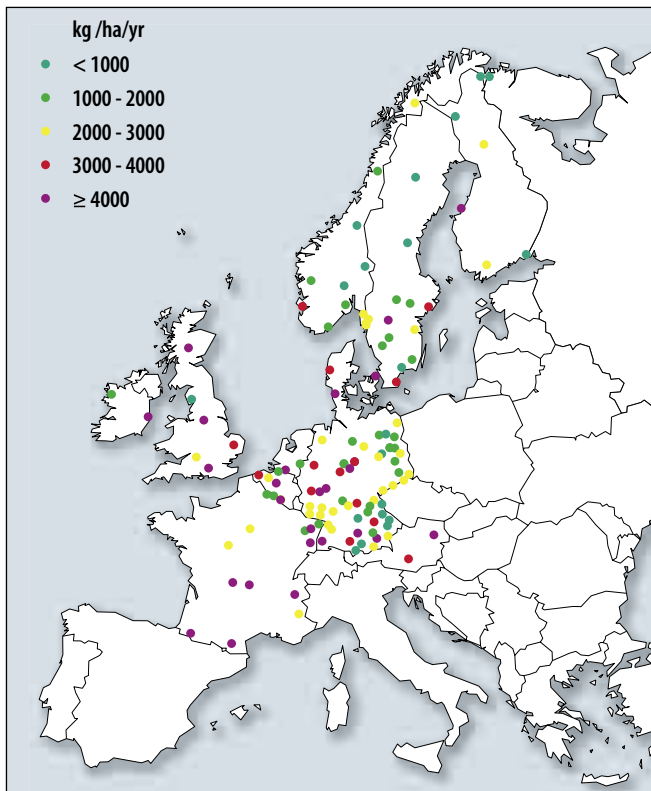


Figura 5-2: Secuestro anual neto de Carbono (kgC/Ha/año) en árboles (izquierda) y en el suelo (derecha) calculado en 121 Parcelas de Seguimiento intensivo para el año 2000. ¡Obsérvense las diferentes escalas en la leyenda!

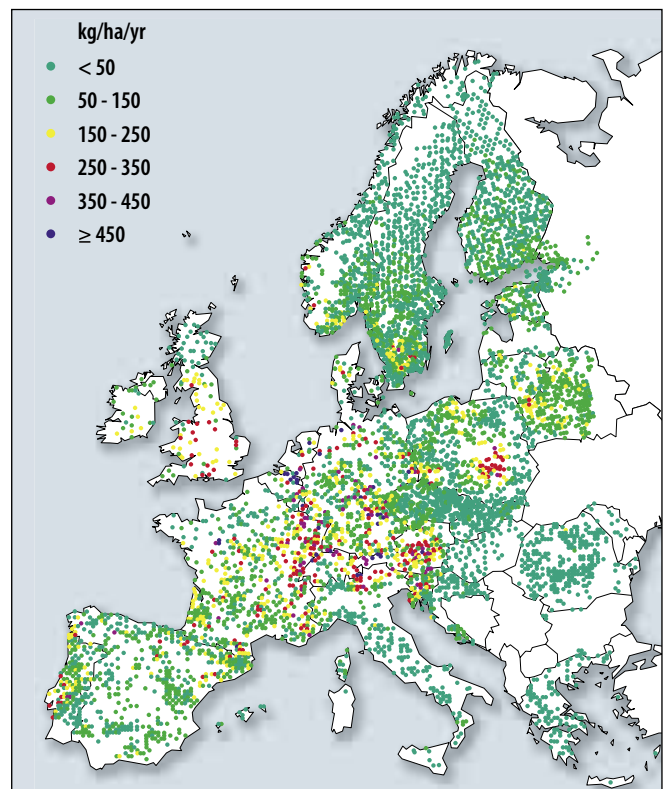
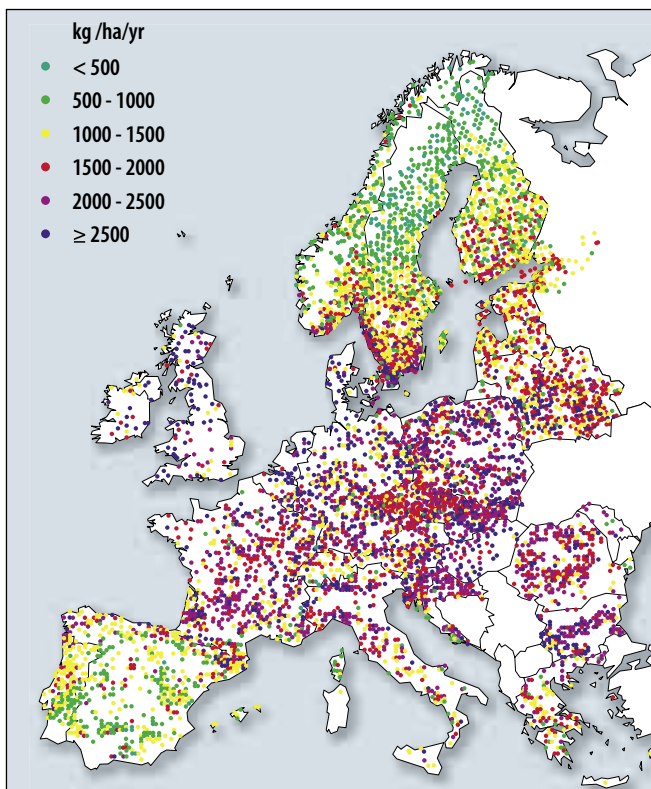


Figura 5-3: Secuestro anual neto de Carbono (kgC/Ha/año) en árboles (izquierda) y en el suelo (derecha) calculado en 6000 puntos de Nivel I para el año 2000. ¡Obsérvense las diferentes escalas en la leyenda!





Los rodales forestales con grandes volúmenes maderables en las parcelas de Nivel II almacenan hasta 250 toneladas de Carbono por hectárea (arriba), mientras que los suelos oscuros ricos en materia orgánica acumulan hasta 500 toneladas de Carbono por hectárea (abajo). El secuestro de Carbono por la biomasa aérea es actualmente más rápido si lo comparamos con el de los suelos. El secuestro de Carbono por los suelos es generalmente lento y en muchos casos sólo puede ser medido décadas más tarde.



Una primera estimación de secuestro de Carbono por los suelos tomada de once parcelas del proyecto “CANIF” apoyado por la UE indicaron un sumidero de 0,128 Gton C año<sup>-1</sup>. Muy recientemente el conjunto de proyectos CarboEurope (ver estudio específico) calculó sumideros incluso mayores sumando hasta 0,194 Giga toneladas en los suelos de cerca de 2 millones de km<sup>2</sup> de bosques europeos.

El cálculo del secuestro neto de Carbono basado en los suelos de 120 parcelas de Seguimiento intensivo muestra que sólo fueron secuestradas, en total, 0,0138 Giga toneladas en el año 2000 siendo esta cifra más de 10 veces más baja que la anteriormente comentada. Esta gran diferencia implica que se necesita

más investigación para probar el papel de los suelos forestales en el secuestro de Carbono.

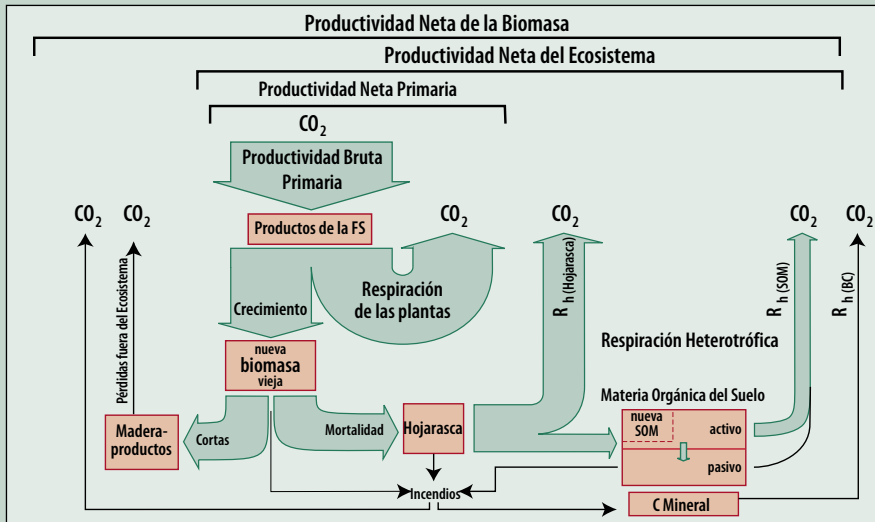
A nivel global, la contribución de la deposición de Nitrógeno al secuestro de Carbono por los árboles forestales y por los suelos forestales es probablemente baja. Asumiendo una influencia aún menor bajo elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> y con las temperaturas en incremento, esto implica que la causa más probable del incremento de los reservorios de Carbono en la biomasa en pie en Europa es el hecho de que el total de madera cortada es menor que el incremento total en las zonas forestales ya existentes y en las zonas recientemente reforestadas. Esta hipótesis requerirá comprobación en los próximos años.

---

**Bibliografía adicional:**

De Vries, W., G.J. Reinds, M. Posch, M. J. Sanz, G.H.M. Krause, V. Calatayud, J.P. Renaud, J.L. Dupouey, H. Sterba, M. Dobbertin, P. Gundersen, J.C.H. Voogd and E.M. Vel, 2003. *Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe*. Technical Report. EC, UNECE 2003, Brussels, Geneva, 170 págs.

---



El ciclo del Carbono. La captura terrestre de  $\text{CO}_2$  está regida por la producción neta de biomasa (PNB), que es el balance entre la productividad neta del ecosistema (PNE) y las pérdidas de Carbono debidas a los incendios y la biomasa extraída.

## SECUESTRO DE CARBONO

**Dióxido de Carbono: Situación global, implicaciones, investigaciones y reacciones políticas.**

Los resultados del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) indican que:

- Está demostrado que el clima de la tierra ha cambiado desde la era pre-industrial. Desde 1750, la concentración de dióxido de Carbono atmosférico ( $\text{CO}_2$ ) se ha visto incrementada en alrededor de un 30% en todo el mundo. La tasa de incremento durante el pasado siglo no tiene precedentes, al menos durante los pasados 20.000 años.

- El incremento actual del  $\text{CO}_2$  está causado por emisiones antropogénicas. Alrededor de las tres cuartas partes de esas emisiones se deben a la combustión de combustibles fósiles. El cambio de uso de la tierra, principalmente la deforestación, es responsable del resto de las emisiones.
- Se espera que las concentraciones de  $\text{CO}_2$  así como la temperatura global media de la superficie terrestre se incrementen en el siglo XXI en todos los escenarios calculados.

## Interacciones del Carbono

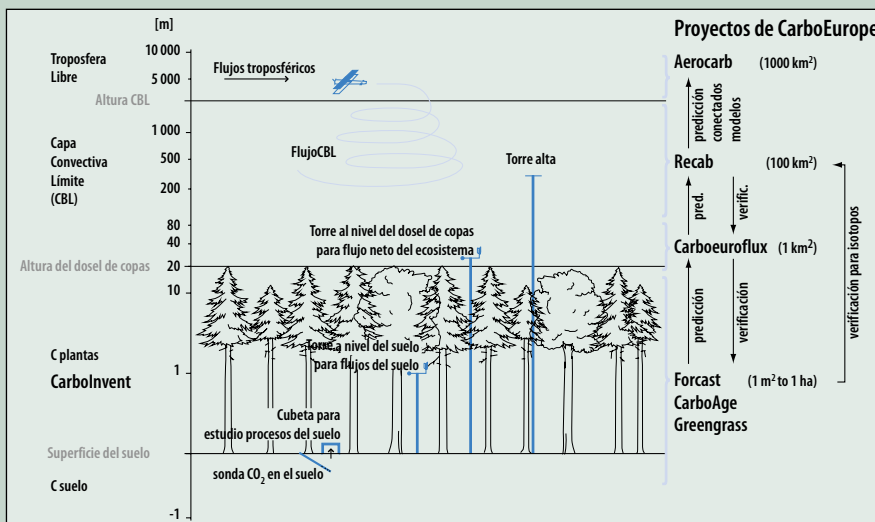
- Mediante la fotosíntesis, las plantas en proceso de crecimiento absorben  $\text{CO}_2$  liberando el oxígeno al ambiente y utilizando el Carbono como el principal componente para la creación de biomasa. La madera y el suelo secuestran Carbono durante largos periodos de tiempo y por tanto se les conoce como efectivos sumideros de Carbono. El manejo forestal puede intensificar la absorción de Carbono mediante el establecimiento de masas forestales ricas en biomasa y mediante la protección de los suelos.
- A nivel global, los océanos son los sumideros de Carbono más importantes. Sin embargo, cuanto más alta sea la concentración de  $\text{CO}_2$ , más baja será la fracción capturada por los océanos.

## El Protocolo de Kioto

En el 2002 la Comunidad Europea ratificó el Protocolo de Kioto dentro del Convenio Marco sobre Cambio Climático de NNUU comprometiéndose a una reducción de un 8% en las emisiones de  $\text{CO}_2$  para el año 2012, comparado con los niveles de 1990. Los compromisos sobre las reducciones varían entre las partes firmantes.

## CarboEurope

CarboEurope es un conjunto de proyectos de investigación de la UE que desarrolla metodologías para cuantificar el balance Europeo de Carbono con vistas al Protocolo de Kioto. La cantidad de Carbono se mide y se modeliza a varias escalas que varían desde las concentraciones troposféricas de  $\text{CO}_2$  hasta mediciones de flujos de Carbono sobre la superficie de la vegetación, y mediciones de procesos en los suelos. El programa UE/PCI Bosques contribuye con sus datos en este proyecto. Todavía existe una gran incertidumbre en las estimaciones del balance global del Carbono. Sin embargo, la compilación más elaborada de la información existente sugiere que, dentro de Europa, los bosques representan el mayor sumidero.



Organización de CarboEurope



Cladonia chlorophaea es una especie de líquen comúnmente encontrada en los bosques escandinavos de coníferas.

## 6. BIODIVERSIDAD EN LAS PARCELAS DE SEGUIMIENTO INTENSIVO

### Resumen

- La base de datos existente del programa contiene información valiosa sobre varios aspectos de la diversidad biológica en los bosques, incluyendo la estructura funcional de la vegetación, especies arbóreas y su tamaño, edad de la masa y madera muerta en pie. Al evaluar todo esto en conjunto con otros datos arrojados por muestreos realizados en las mismas parcelas – como deposición, condiciones climatológicas, agentes bióticos – el programa adquiere el potencial necesario para contribuir en los foros internacionales en aspectos relacionados con la biodiversidad forestal.
- El ensayo del PCI Bosques para un mayor desarrollo de los métodos de evaluación y cálculo de índices se inició en el año 2003. También persigue el objetivo de explorar las relaciones entre factores clave so-

bre biodiversidad, como la estructura de la masa y la vegetación.

### Introducción

Desde la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) celebrada en Río de Janeiro en 1992, la biodiversidad forestal ha conseguido ser foco de atención en todo el mundo. Hoy en día se la reconoce ampliamente como un aspecto importante en la evaluación y manejo de los ecosistemas. Esto va en línea también con los procesos de la Conferencia Ministerial sobre Protección de los Bosques en Europa (MCPFE). Dentro del programa de seguimiento UE/ PCI Bosques, se ha hecho un estudio para evaluar hasta donde pueden contribuir los datos existentes del programa de seguimiento a la comprensión de la biodiversidad en los ecosistemas forestales, teniendo en mente el papel de la contaminación atmosférica.

### La vegetación en relación con las influencias medioambientales

Además de las especies arbóreas, la vegetación es el mejor indicador de biodiversidad en las parcelas de Nivel II. La relación entre las especies vegetales y la deposición de Nitrógeno, así como muchos otros factores medioambientales se evaluó mediante análisis estadísticos multivariable. Estadísticamente hablando, 20 de las 63 especies que estaban presentes en al menos 50 parcelas mostraron una significativa reacción a la deposición de Nitrógeno. El galeópside (*Galeopsis tetrahit*) es una de estas especies que se encuentran particularmente en parcelas donde la deposición de Nitrógeno es alta. La vegetación es un poderoso bioindicador de muchas influencias ambientales. Puede dar una información integrada acerca de la fertilidad del suelo, la acidez, el estado de Nitrógeno, dispo-



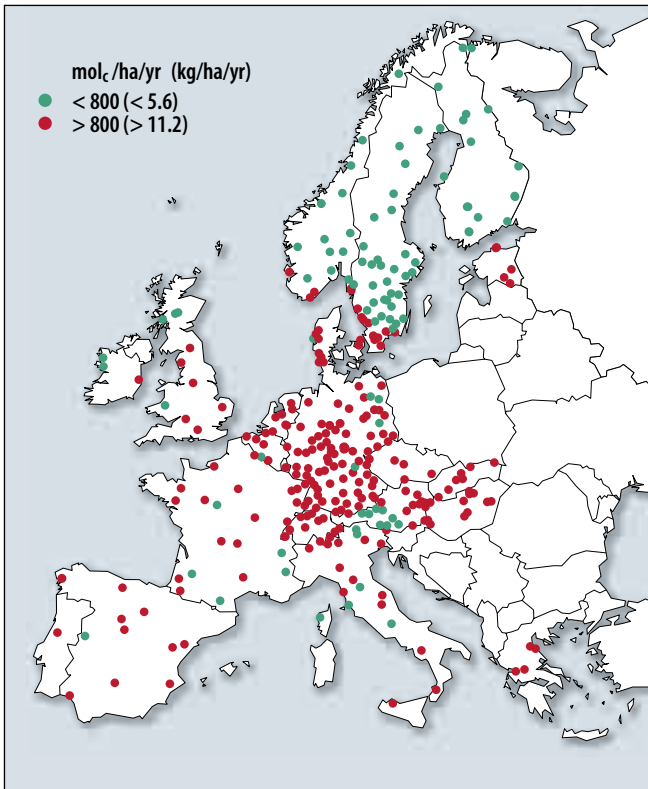


Figura 6-1: Deposición total de Nitrógeno en las parcelas de Nivel II 1998 – 2000. Valores modelizados – en kg/ha/año

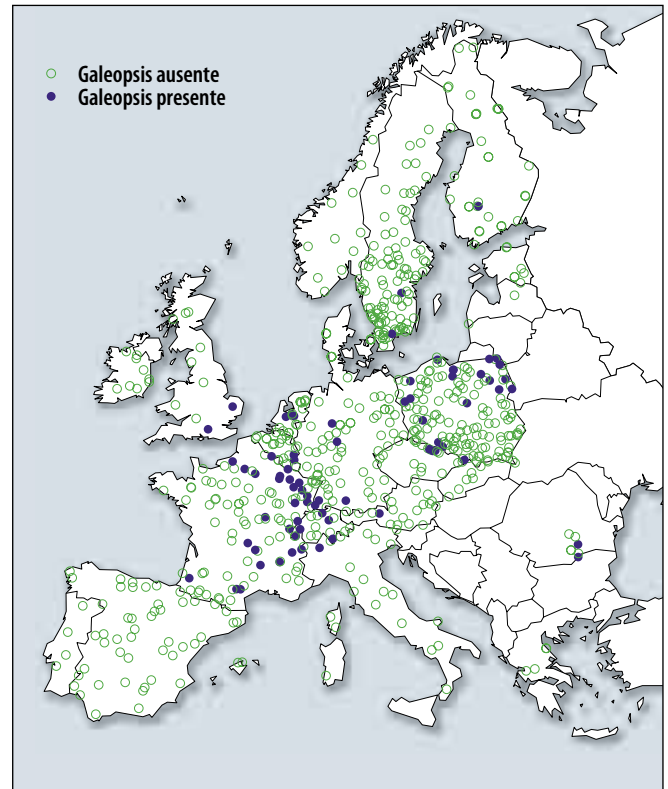


Figura 6-2: Presencia de la herbácea Galeopsis tetrahit en las parcelas de Nivel II.

nibilidad de agua o las condiciones climatológicas y sus cambios.

#### Parámetros de biodiversidad disponibles en el programa actual

De entre los datos existentes se probaron parámetros que describen aspectos sobre biodiversidad en casi 800 parcelas de Nivel II. Entre estos parámetros se incluyen la composición específica y la estructura de la masa, siendo ésta última un importante componente e indicador de la biodiversidad forestal. La edad de la masa aporta una importante información estructural debido a que las masas adultas generalmente ofrecen habitats más ricos para muchos grupos de especies.

También la variación entre diámetros de los árboles dentro de una masa forestal puede calcularse a partir de los datos ya existentes y es una información de particular inte-



El galeópside (*Galeopsis tetrahit*) normalmente crece en suelos ricos en nutrientes y florece de junio a septiembre.



La isla de Zannone situada frente a la costa del Tirreno, en Italia, es uno de los pocos puntos en el Sur de Europa donde los bosques casi nunca han experimentado una influencia humana directa. Estos relictos se encuentran en su mayor parte protegidos hoy en día y sirven como áreas de referencia para el manejo sostenible de otros bosques. Sin embargo, la flora de la isla ha cambiado notablemente en las pasadas décadas debido a la influencia del cambio climático.

rés desde el punto de vista de la biodiversidad, ya que tal variación está ligada en su mayor parte a los nichos ecológicos más ricos de un bosque. Otros parámetros estructurales que pueden ser calculados a partir de los datos existentes son el número de árboles sobresalientes y el número de árboles muertos por hectárea. El número de especies arbóreas y de otras especies vegetales son parámetros de composición.

#### **Perspectivas**

El Grupo de Trabajo de Biodiversidad del UE/PCI Bosques ha lanzado propuestas para la realización de muestreos adicionales que podrían contribuir a la evaluación de la biodiversidad forestal en Europa. Estos métodos incluyen muestreos repetidos para el seguimiento de líquenes epífitos, evaluaciones más completas de la estructura de la masa, la aplicación de una estratificación de

los tipos de bosque, muestreos intensivos de vegetación y mediciones detalladas de madera muerta. La evaluación de los datos, incluyendo la elaboración de índices específicos y su posible agregación a índices más extensos, es otra tarea importante para los expertos del programa. También se planea explorar las relaciones entre factores clave de biodiversidad como la estructura de la masa y la vegetación y por consiguiente contribuir al desarrollo de indicadores aplicables a un mayor número de parcelas. Dentro del PCI Bosques, se ha preparado un ensayo para llevar a cabo todas estas actividades. La cooperación entre organizaciones internacionales en el campo de la biodiversidad es esencial para alcanzar la mayor sinergia posible.





## 7. CONCLUSIONES

### **Principales resultados**

1. Los bosques en Europa reaccionan ante las cambiantes condiciones medioambientales. La contaminación atmosférica es una de las causas del cambio en el estado de los bosques. Existen diferentes indicadores que reflejan dichos cambios:

- La defoliación de las principales especies arbóreas se mantuvo alta durante el año 2002, con una quinta parte de los árboles clasificados como dañados. La defoliación estuvo principalmente relacionada con las condiciones climáticas desfavorables, factores bióticos y contaminación atmosférica.
- Las decrecientes concentraciones de Azufre en acículas de pino y picea reflejan una reducción en la deposición de Azufre en las décadas recientes.
- El enrojecimiento prematuro y el alargamiento del periodo vegetativo de la picea fueron correlacionados con las condiciones climáticas cambiantes.

2. El análisis de los escenarios, asumiendo una reducción en las emisiones en línea con los acuerdos internacionales, predice un descenso de las concentraciones de Azufre y Nitrógeno en la solución del suelo. La recuperación de la fase sólida del suelo puede llevar más tiempo, lo cual indica que los ecosistemas forestales sufrirán durante mucho tiempo, debido a las altas cargas de deposición.

3. Las primeras evaluaciones sobre mediciones de Ozono en las parcelas forestales confirman altas concentraciones de Ozono en el Sur de Europa. Los daños por Ozono eran visibles en hojas de algunas de las principales especies arbóreas tales como el haya y algunas otras especies vegetales que antes no se conocía que fueran sensibles al Ozono.

4. A nivel europeo se descubrió que el secuestro anual neto de Carbono en árboles era de 5 a 7 veces mayor que en los suelos forestales. La extrapolación al área forestal europea, corregida con las cortas y los incendios, pro-

dujo una tasa media de secuestro de 0,1 Gigatoneladas por año. El incremento en el crecimiento forestal debido a la deposición de Nitrógeno dio como resultado un incremento del 5% en el secuestro anual de Carbono.

### **El estado de los bosques**

El estado de los bosques en Europa está cambiando bajo las condiciones medioambientales actuales. El programa PCI Bosques y la UE manejan una de las redes de bioseguimiento más grandes del mundo con objeto de cuantificar estos cambios y contribuir al conocimiento de las relaciones causa – efecto.

### **Deposición**

La contaminación atmosférica es una de las causas del cambio en el estado de los bosques y un campo principal de las actividades de seguimiento del programa. Este informe refleja el éxito de la reducción de las emisiones de Azufre de las últimas décadas. Los análisis de escenarios basa-





Bosque en Noruega

dos en el Protocolo de Gotenburgo de la Convención sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia también predicen un descenso de las concentraciones de nitratos en la solución del suelo en la mayor parte de las parcelas. Sin embargo, la deposición atmosférica está todavía incrementándose en muchas regiones en proceso de desarrollo industrial, requiriendo muestreos continuados de la deposición. En este contexto los logros del PCI Bosques y la UE han sido reconocidos a través del Foro sobre Bosques de Naciones Unidas en su tercera sesión y sus métodos de seguimiento han sido asimismo recomendados para otras regiones del mundo.

#### **Ozono y secuestro de Carbono**

Las concentraciones de Ozono por encima de los niveles críticos y las crecientes concentraciones de dióxido de Carbono se han convertido en una amenaza para los ecosistemas forestales. En el 2002, el porcentaje

de árboles con copas dañadas continuaba siendo alto y se detectaron daños visibles por Ozono en muchas parcelas. Todavía no está claro como los ecosistemas forestales responden a gran escala a las crecientes concentraciones de los gases de efecto invernadero, al cambio climático y las complejas interacciones entre ellos. Investigaciones al aire libre nos muestran ya interacciones entre el dióxido de Carbono y el Ozono. Los resultados en este informe muestran el efecto de la deposición de Nitrógeno sobre el secuestro de Carbono. Con su sistema de puntos de seguimiento y su base de datos, el programa se encuentra en buena disposición para proporcionar una base sólida para las futuras políticas medioambientales en estos campos.

#### **Biodiversidad**

Varios indicadores evaluados en el programa muestran que los bosques reaccionan a las condiciones medioambientales cambiantes de distintas

maneras. Durante la fase test del PCI Bosques sobre biodiversidad se están desarrollando nuevos métodos de seguimiento. Los indicadores adicionales ayudarán a mejorar y refinar la documentación sobre diversidad de los bosques, diferenciando estructuras, composición y funciones.

#### **Perspectivas**

El programa continuará manteniendo su enfoque global sobre el estado de los bosques en Europa. Además producirá información clave relevante a nivel político sobre factores de estrés tales como la contaminación atmosférica y en este contexto también contribuirá con la cada vez más demandada información sobre cambio climático y biodiversidad forestal. De este modo, las actividades de seguimiento proporcionarán una base firme para las políticas de aire limpio y medioambientales así como para el manejo forestal sostenible en el futuro.

## ANEXO I: BOSQUES, MUESTREOS Y CLASES DE DEFOLIACIÓN EN PAÍSES EUROPEOS (2002)

Resultados de los muestreos nacionales tal y como son remitidos por los Centros Focales Nacionales

Países participantes	Superficie forestal (x 1000 ha)	% de superficie forestal	Tamaño de la malla (km x km)	Nº de puntos de muestr.	Nº de árboles de muestra	Defoliación de todas las especies por clases (sumatorios), muestreos nacionales		
						0	1	2-4
Albania	1028	35.8	10x10	299	8970	42.4	44.5	13.1
Alemania	10264	28.9	4x4/16x16	447	13534	35.1	43.5	21.4
Austria	3878	46.2	8.7x8.7	264	7029	60.2	29.6	10.2
Bielorusia	7845	37.8	16x16	407	9690	34.9	55.6	9.5
Bulgaria	3314	29.9	4x4/8x8/16x16	141	5303	24.1	38.8	37.1
Bélgica	691	22.8	4x4/8x8	132	3079	38.7	43.5	17.8
Chipre	298	32.2	16x16	15	360	30.8	66.4	2.8
Croacia	2061	36.5	16x16	80	1910	38.4	41.0	20.6
Dinamarca	468	10.9	7x7/16x16	20	480	61.5	29.8	8.7
Eslovenia	1099	54.2	16x16	39	936	32.3	39.6	28.1
España	11588	23.4	16x16	620	14880	24.2	59.4	16.4
Estonia	2249	49.9	16x16	93	2169	45.9	46.5	7.6
Federación Rusa	8125	73.2	variable	183	4144	37.9	51.2	10.9
Finlandia	20032	65.8	16x16/24x32	457	8593	54.6	33.9	11.5
Francia	14591	26.6	16x16	518	10355	40.1	38.0	21.9
Grecia	2512	19.5	16x16	75	1768	42.1	37.0	20.9
Hungría	1804	19.4	4x4	1143	26921	38.1	40.7	21.2
Irlanda	436	6.3	16x16	21	424	43.9	35.4	20.7
Italia	8675	28.8	16x16	258	7165	20.3	42.4	37.3
Letonia	2902	44.9	8x8	364	8682	19.8	66.4	13.8
Liechtenstein	8	50.0						
Lituania	1858	28.5	8x8/16x16	220	5162	16.4	70.8	12.8
Luxemburgo	89	34.4						
Noruega	12000	37.1	3x3/9x9	1504	7421	35.0	39.5	25.5
Países Bajos	334	9.6	16x16	11	231	57.1	21.2	21.7
Polonia	8756	28.0	variable	1229	24580	8.8	58.5	32.7
Portugal	3234	36.4	16x16	145	4350	47.8	42.6	9.6
Reino Unido	2156	8.9	aleatorio	356	8532	27.3	45.4	27.3
Rep. de Moldavia	318	9.4	2x2	480	11489	25.2	32.3	42.5
República Checa	2630	33.4	8x8/16x16	140	7013	11.6	35.0	53.4
República Eslovaca	1961	40.0	16x16	111	4207	17.3	57.9	24.8
Rumanía	6244	26.3	4x4	4028	104366	62.7	23.8	13.5
Serbia y Montenegro			16x16	46	1104	80.8	15.3	3.9
Suecia	23400	57.1	variable	4180	16671	49.2	35.0	15.8
Suiza	1186	28.7	16x16	49	1064	23.4	58.0	18.6
Turquía	20199	25.9						
Ucrania	9316	15.4	16x16	49	1204	8.9	63.4	27.7
<b>TOTAL</b>	<b>197549</b>		<b>variable</b>	<b>18124</b>	<b>333786</b>			

Grecia: Excluyendo maquia.

Serbia y Montenegro: solo Montenegro.

Suecia, Noruega: Estudio específico sobre el abedul.

Federación Rusa: solo muestreos regionales en las partes Noroccidental y Centroeuropea de la Federación Rusa.

Debe tenerse en cuenta que algunas diferencias en los niveles de daños entre fronteras nacionales pueden ser debidos en parte a las diferencias en los estándares utilizados. Esta restricción no afecta sin embargo a la fiabilidad de las tendencias a lo largo del tiempo.

## ANEXO II: DEFOLIACIÓN DE TODAS LAS ESPECIES (1991-2002)

Resultados de los muestreos nacionales tal y como son remitidos por los Centros Focales Nacionales.

Países participantes	Todas las especies clases de defoliación 2-4												cambio % puntos	
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2001 / 2002	
Albania								9.8	9.9	10.1	10.2	13.1	2.9	
Alemania	25.2	26.4	24.2	24.4	22.1	20.3	19.8	21.0	21.7	23.0	21.9	21.4	-0.5	
Austria	7.5	6.9	8.2	7.8	6.6	7.9	7.1	6.7	6.8	8.9	9.7	10.2	0.5	
Bielorusia		29.2	29.3	37.4	38.3	39.7	36.3	30.5	26.0	24.0	20.7	9.5	-11.2	
Bulgaria	21.8	23.1	23.2	28.9	38.0	39.2	49.6	60.2	44.2	46.3	33.8	37.1	3.3	
Bélgica	17.9	16.9	14.8	16.9	24.5	21.2	17.4	17.0	17.7	19.0	17.9	17.8	-0.1	
Chipre											8.9	2.8	-6.1	
Croacia		15.6	19.2	28.8	39.8	30.1	33.1	25.6	23.1	23.4	25.0	20.6	-4.4	
Dinamarca	29.9	25.9	33.4	36.5	36.6	28.0	20.7	22.0	13.2	11.0	7.4	8.7	1.3	
Eslovenia	15.9		19.0	16.0	24.7	19.0	25.7	27.6	29.1	24.8	28.9	28.1	-0.8	
España	7.4	12.3	13.0	19.4	23.5	19.4	13.7	13.6	12.9	13.8	13.0	16.4	3.4	
Estonia	*	*	*	*	*	*	*	8.7	8.7	7.4	8.5	7.6	-0.9	
Federación Rusa				10.7	12.5						9.8	10.9	1.1	
Finlandia	16.0	14.5	15.2	13.0	13.3	13.2	12.2	11.8	11.4	11.6	11.0	11.5	0.5	
Francia	7.1	8.0	8.3	8.4	12.5	17.8	25.2	23.3	19.7	18.3	20.3	21.9	1.6	
Grecia	16.9	18.1	21.2	23.2	25.1	23.9	23.7	21.7	16.6	18.2	21.7	20.9	-0.8	
Hungría	19.6	21.5	21.0	21.7	20.0	19.2	19.4	19.0	18.2	20.8	21.2	21.2	0.0	
Irlanda	15.0	15.7	29.6	19.7	26.3	13.0	13.6	16.1	13.0	14.6	17.4	20.7	3.3	
Italia	16.4	18.2	17.6	19.5	18.9	29.9	35.8	35.9	35.3	34.4	38.4	37.3	-1.1	
Letonia		37.0	35.0	30.0	20.0	21.2	19.2	16.6	18.9	20.7	15.6	13.8	-1.8	
Liechtenstein		16.0												
Lituania	23.9	17.5	27.4	25.4	24.9	12.6	14.5	15.7	11.6	13.9	11.7	12.8	1.1	
Luxemburgo	20.8	20.4	23.8	34.8	38.3	37.5	29.9	25.3		23.4				
Noruega	19.7	26.2	24.9	27.5	28.8	29.4	30.7	30.6	28.6	24.3	27.2	25.5	-1.7	
Países Bajos	17.2	33.4	25.0	19.4	32.0	34.1	34.6	31.0		21.8	19.9	21.7	1.8	
Polonia	45.0	48.8	50.0	54.9	52.6	39.7	36.6	34.6	30.6	32.0	30.6	32.7	2.1	
Portugal	29.6	22.5	7.3	5.7	9.1	7.3	8.3	10.2	11.1	10.3	10.1	9.6	-0.5	
Reino Unido	56.7	58.3	16.9	13.9	13.6	14.3	19.0	21.1	21.4	21.6	21.1	27.3	6.2	
Rep. de Moldavia			50.8		40.4	41.2				29.1	36.9	42.5	5.6	
República Checa	45.3	56.1	51.8	57.7	58.5	71.9	68.6	48.8	50.4	51.7	52.1	53.4	1.3	
República Eslovaca	28.5	36.0	37.6	41.8	42.6	34.0	31.0	32.5	27.8	23.5	31.7	24.8	-6.9	
Rumanía	9.7	16.7	20.5	21.2	21.2	16.9	15.6	12.3	12.7	14.3	13.3	13.5	0.2	
Serbia y Montenegro	9.8					3.6	7.7	8.4	11.2	8.4	14.0	3.9	-10.1	
Suecia	*	*	*	*	14.2	17.4	14.9	14.2	13.2	13.7	17.5	15.8	-1.7	
Suiza	16.1	12.8	15.4	18.2	24.6	20.8	16.9	19.1	19.0	29.4	18.2	18.6	0.4	
Turquía														
Ucrania	6.4	16.3	21.5	32.4	29.6	46.0	31.4	51.5	56.2	60.7	39.6	27.7	-11.9	

República Checa: Solo se evaluaron árboles mayores de 60 años hasta 1997.

Francia: Debido a cambios metodológicos, solamente las series temporales 1990-94 y 1997-2002 son consistentes, pero no comparables entre sí.

Alemania: En 1990, los datos sólo corresponden a la antigua República Federal

de Alemania.

Grecia: Excluyendo maquia.

Italia: Debido a cambios metodológicos, solamente las series temporales 1989-96 y 1997-2002 son consistentes, pero no comparables entre sí.

Serbia y Montenegro: En 2002 solo Montenegro.

Federación Rusa: solo muestreos regionales en las partes Noroccidental y Centroeuropa de la Federación Rusa.

Reino Unido: la diferencia entre 1992 y los siguientes años se debe mayormente a un cambio en el método de evaluación en línea con los usados en otros Estados.

\* = solo evaluadas las coníferas



## ANEXO III

### Especies arbóreas a las que se hace referencia en el texto

Pino carrasco:	<i>Pinus halepensis</i>
Haya:	<i>Fagus sylvatica</i>
Roble común:	<i>Quercus robur</i>
Aliso gris:	<i>Alnus incana</i>
Encina:	<i>Quercus ilex</i>
Pino marítimo:	<i>Pinus pinaster</i>
Píceas:	<i>Picea abies</i>
Pino silvestre:	<i>Pinus sylvestris</i>
Roble albar:	<i>Quercus petraea</i>
Abeto:	<i>Abies alba</i>

### Referencias fotográficas

D. Aamlid: págs. 7, 10, 22, 23, 33 abajo, 35, 38/39; E. Beuker: pág. 20; A. Fischer pág. 31, R. Fischer: págs. 13, 18, 30, 33 arriba, 37; A. Fürst: pág. 21 derecha; H.-D. Gregor: pág. 6; K. Häberle: pág. 29 arriba; D. Karnosky: pág. 29 abajo; J. Kribbel: pág. 36; M. Lorenz: pág. 8/9; S. Meining: pág. 19 derecha; M. Minaya: pág. 26; E. Oksanen: págs. 11, 21 izquierda; M.J. Sanz: pág. 28 derecha; M. Schaub: pág. 28 izquierda, medio; H. Schröter: pág. 19 izquierda/medio; W. Seidling: pág. 14

---

Para mayor información contactar también con:

Federal Research Centre for Forestry and Forest Products

PCC of ICP Forests

Attention Dr. M. Lorenz, R. Fischer

Leuschnerstr. 91

D-21031 HAMBURG

Comisión Europea

DG AGRI, Fl. 3

Rue de la Loi 130

B-1040 Brussels

Internet:

<http://www.icp-forests.org> (PCI Bosques)

<http://europa.eu.int/comm/agriculture> (Comisión Europea)

<http://www.fimci.nl> (Instituto Coordinador del Programa de Seguimiento Intensivo de los Bosques)

---

## PAÍSES PARTICIPANTES Y CONTACTOS

- Albania:** Ministry of the Environment, Dep. of Biodiversity and Natural Resources Management, e-mail: cep@cep.tirana.al, Rruga e Durrës Nr. 27, Tirana.
- Alemania:** Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft – Ref. 533, Mr. Thomas Haußmann, e-mail: thomas.haussmann@bmvf.bund.de, Postfach 140270, D-53107 Bonn.
- Austria:** Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Mr. Ferdinand Kristöfel, ferdinand.kristoefel@fbva.bmlf.gv.at, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien.
- Bélgica:** Valonia, Ministère de la Région Wallonne, Div. de la Nature et des Forêts, Mr. C. Laurent, c.laurent@mrw.wallonie.be, Avenue Prince de Liège, 15, B-5000 Namur.
- Flandes, Institute for Forestry and Game Management, Mr. Peter Roskams, e-mail: peter.roskams@lin.vlaanderen.be, Gaverstraat 4, B-9500 Geraardsbergen.
- Bielorusia:** Forest Inventory republican unitary company “Belgosles”, Mr. V. Kastsiukovich, e-mail: belgosles@open.minsk.by, 27, Zheleznodorozhnaja St., 220089 Minsk.
- Bosnia Herzegovina:** Federalno Ministarstvo Poljop. Vodop. Sum., Mr. Bajram Pescovic, Maršala Tita br. 15, Sarajevo.
- Bulgaria:** Ministry of Environment and Waters, Ms. Penka Stoichkova, e-mail: pafmon@nfp-bg.eionet.eu.int, 136, Tzar Boris III blvd., BG-1618 Sofía.
- Canadá:** Canadian Forest Service, Mr. Harry Hirvonen, e-mail: hirvonen@nrcan.gc.ca, 580 Booth Street – 7th Floor, CDN-Ottawa, ONT K1A 0E4. Quebec: Ministère des Ressources naturelles, Mr. Rock Ouimet, rock.ouimet@mrn.gouv.qc.ca, 2700, Einstein, CDN-STE. FOY - Quebec G1P 3W8.
- República Checa:** Forestry and Game Management Research Institute (VULHM), Mr. Bohumir Lomsky, e-mail: lomsky@vulhm.cz, Strnady 136, CZ-15604 Praha 516, Zbraslav.
- Chipre:** Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment, Mr. Andreas K. Christou, Publicity@cytanet.com.cy, P.O.Box 4157, CY-1414-Lefkosia.
- Croacia:** Sumarski Institut, Mr. Joso Gracan, e-mail: josog@sumins.hr, Cvjetno Naselje 41, 10450 Jastrebarsko.
- Dinamarca:** Danish Forest and Landscape Research Institute, Ms Anne Marie Bastrup-Birk, e-mail: abb@fsl.dk, Hörsholm Kongevej 11, DK-2970 Hörsholm.
- República Eslovaca:** Lesnícky výskumny ústav, Mr. Tomáš Bucha, e-mail: tomas.bucha@fris.sk, T.G. Masaryka 22, SK-96092 Zvolen.
- Eslovenia:** Gozdarski Institut Slovenije, Mr. Marko Kovac, e-mail: marko.kovac@gozdis.si, Vecna pot 2, SLO-1000 Ljubljana.
- España:** Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN), Mr. Sanchez Peña, e-mail: gsanchez@mma.es, Gran Vía de San Francisco, 4, E-28005 Madrid.
- Estados Unidos de América:** Forest Health Monitoring Program, Forestry Sciences Laboratory, P.O. Box 12254, USA-Research Triangle Park, NC 27709.
- Estonia:** Estonian Centre for Forest Protection and Silviculture, Mr. Kalle Karoles, e-mail: kalle.karoles@metsad.ee, Rõõmu tee 2, EE-51013 Tartu.
- Finlandia:** Finnish Forest Research Institute, Mr. Hannu Raitio, e-mail: hannu.raitio@metla.fi, Kaironientie 54, FIN-39700 Parkano.
- Francia:** Ministère de l’agriculture, de l’alimentation, de la pêche et des affaires rurales, Mr. Jean Luc Flot, jean-luc.flot@agriculture.gouv.fr, 19, avenue du Maine, F-75732 Paris Cedex 15.
- Grecia:** Institute of Mediterranean Forest Ecosystems, Mr. George Baloutsos, Mr. Anastasios Economou, e-mail: oika@fria.gr, Terma Alkmanos, GR-11528 Athens-Illissia.
- Hungria:** Forest Management Planning Service, Mr. Andras Szepesi, e-mail: szepesi.andras@aesz.hu, Széchenyi u. 14, H-1054 Budapest 5.
- Irlanda:** Coillte Teoranta, Research and Development, Mr. Pat Neville, e-mail: neville\_p@coillte.ie, Newtownmountkennedy, IRL- CO. Wicklow.
- Italia:** Ministry for Agriculture and Forestry Policy, Conecofor Service, Mr. Davide De Laurentis, conecofor@corpoforestale.it, Via Sallustiana 10, I-00187 Roma.
- Letonia:** State Forest Service of Latvia, Ms Liene Suveizda, e-mail: liene@vmd.gov.lv, 13. Janvara iela 15, LV-1932 Riga.
- Liechtenstein:** Amt für Wald, Natur und Landschaft, Mr. Felix Näscher, e-mail: felix.naescher@awnl.llv.li, Dr. Grass-Strasse 10, FL-9490 Vaduz.
- Lituania:** State Forest Survey Service, Mr. Andrius Kuliesis, e-mail: vmt@lvmi.lt, Pramones ave. 11a, LT-3031 Kaunas.
- Luxemburgo:** Administration des Eaux et Forêts, Jean-Pierre Arend, e-mail: Jean-Pierre.Arend@ef.etat.lu, 16, rue Eugène Ruppert, L-2453 Luxembourg-Ville (Cloche d’Or).
- Moldavia:** State Forest Agency, Mr. Dumitru Galupa, e-mail: Galupa@moldovacc.md, 124 bd. Stefan Cel Mare, MD-2012 Chisinau.
- Noruega:** Norwegian Forest Research Institute, Mr. Dan Aamlid, e-mail: dan.aamlid@skogforsk.no, Høgskolevn. 12, N-1432 ÅS.
- Países Bajos:** Ministry of Agriculture, Nature Management & Fisheries, Mr. G. Grimberg, g.t.m.grimberg@eclnv.agro.nl, Postbus 30, Marijke wag 24, NL-6700 AA Wageningen.
- Polonia:** Forest Research Institute, Mr. Jerzy Wawrzoniak, e-mail: j.wawrzoniak@ibles.waw.pl, Bitwy Warszawskiej 1920 nr. 3, PL-00973 Warszawa.
- Portugal:** Ministerio da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, Direcção Geral das Florestas, Divisao de Defesa e Protecção dos Arvoredos, Ms Maria Barros, e-mail: mbarros@dgf.min-agricultura.pt, Av. Joao Crisostomo 28-6°, P-1069-040 Lisboa.
- Reino Unido:** Forest Research Station, Alice Holt Lodge, Wrecclesham, Mr. Andrew J. Moffat, e-mail: andy.moffat@forestry.gsi.gov.uk, UK-Farnham-Surrey GU10 4LH.
- Rumanía:** Forest Research and Management Institute, Mr. Romica Tomescu/ Mr. Ovidiu Badea, e-mail: biometrie@icas.ro, Sos. Stefanesti nr. 128 sector 2, RO-72904 Bukarest.
- Federación Rusa:** St. Petersburg State University (SpbSU). Biological Research Institute, Ms Natalia Goltsova, e-mail: Natalia.Goltsova@pobox.spbu.ru, Oranienbaumskoe schosse 2, RUS-198504 Petrodvoretz.
- Serbia y Montenegro:** Institute for Forestry, Mr. Radovan Nevenic, e-mail: nevenic@Eunet.yu, Kneza Viseslava street 3, YU-11000 Novi-Beograd.
- Suecia:** National Board of Forestry, Mr. Sture Wijk, e-mail: sture.wijk@svo.se, Vallgatan 6, S-551 83 Jönköping.
- Suiza:** Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Mr. Norbert Kräuchi, e-mail: kraeuchi@wsl.ch, Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf.
- Turquía:** Ormancilik Arastirma Enstitüsü Müdürlüğü, Mr. Yasar Simsek, P.K. 24 Bahcelievler, TR-06561 Gazi-Ankara.
- Ucrania:** Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Mr. Igor F. Buksha, e-mail: buksha@urifm.com.ua, Pushkinskaja 86, UKR-61024 Kharkiv.

