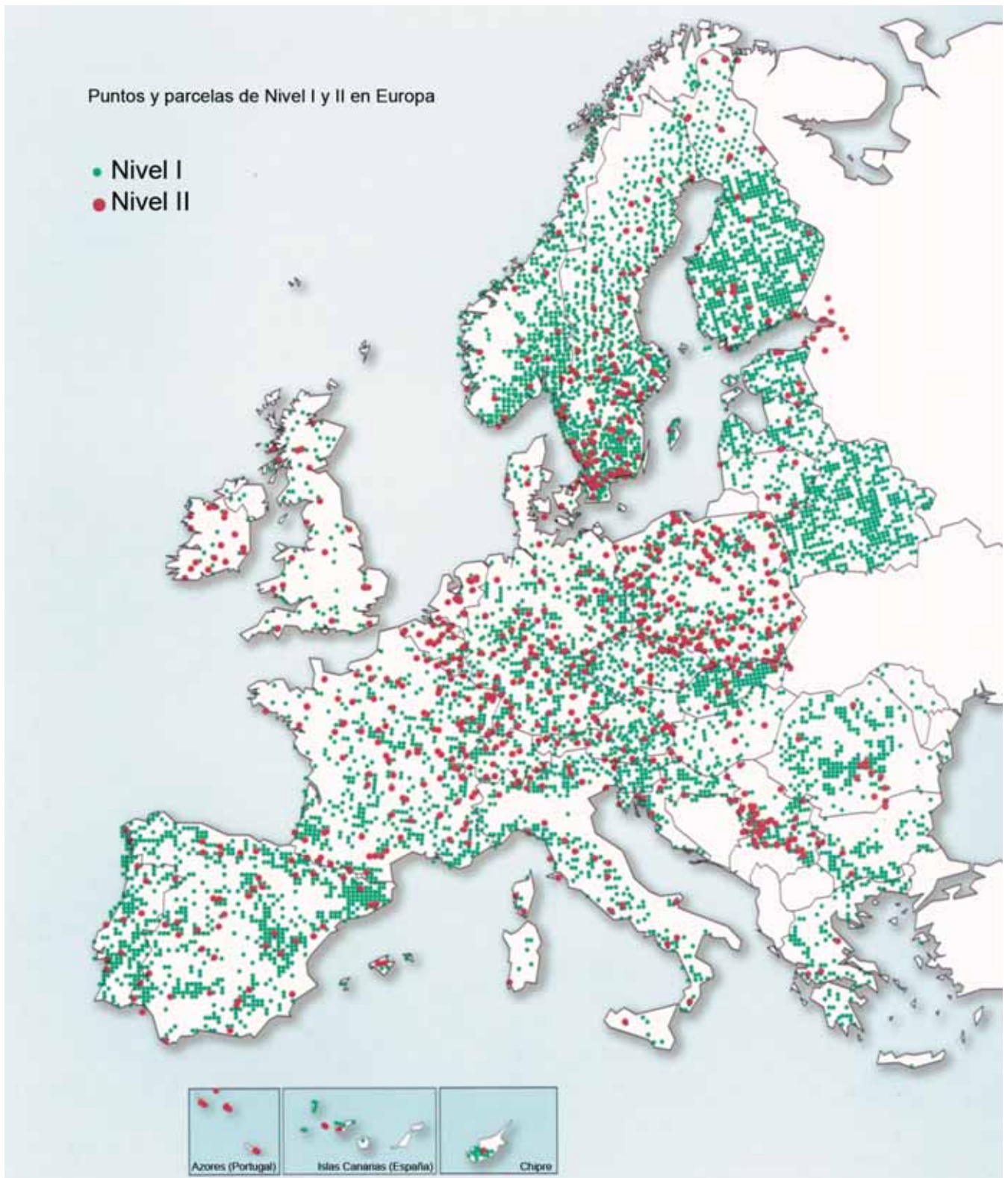


Estado de los Bosques en Europa

Informe Ejecutivo 2005





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 estatus jurídico de un país, territorio, ciudad o zona, o de sus autoridades o en relación con la delimitación de sus fronteras o límites.

© CEPE, Ginebra, 2005
 Reproducción autorizada, excepto con fines comerciales, mencionando la fuente

ISSN 1020-587X
 Impreso en España

Estado de los Bosques en Europa

Informe Ejecutivo 2005

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

Comisión Económica de las
Naciones Unidas para Europa

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 los autores

Richard Fischer, Annemarie Bastrup-Birk (Cáp. 3.6), Rolf Becker (Cáp. 3.5), Vicent Catalayud (Cáp. 3.2), Hans-Peter Dietrich (Cáp. 1), Nancy Dise (Cáp. 3.4), Matthias Dobbertin (Cáp. 3.1), Elizabeth Graf-Pannatier (Cáp. 3.1), Per Gundersen (Cáp. 3.4), Thomas Haußmann (Cáp. 4), Anders Hildingsson (Cáp. 1), Martin Lorenz (Cáp. 2), Jürgen Müller (Cáp. 3.1), Volker Mues (Cáp. 2; 3.3), Pavel Pavlenda (Cáp. 3.1), Bruno Petriccione (Cáp. 2 – estudio

específico), Stephan Raspe (Cáp.1; 3.1),

Gerardo Sanchez-Peòla (Cáp. 3.1), María José Sanz (Cáp.2), Erwin Ulrich (Cáp. 3.3; 3.6), Richard Volz (Cáp. 3.1), Sture Wijk (Cáp. 1)

así como a

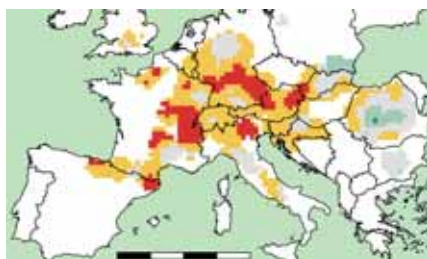
Dan Aamlid, Georg Becher, Rona Pitham, Wim de Vries, Ole Einar Tveito, Martin Forsius, Vincent Gauci, Norbert Kräuchi, Georg Krause, Gert-Jan Reinds, Svein Solberg, Caroline van der Salm

CONTENIDOS

Prólogo.....xx

1. El Programa pan - Europeo de seguimiento a largo plazo del estado de los bosques.....xx

El Programa de seguimiento PCI - Bosques fue creado en 1985 bajo los auspicios de la CEPE de NNUU y ha celebrado recientemente su 20 aniversario. En la actualidad participan 41 países. Los resultados se basan en 6000 puntos de Nivel I y 860 parcelas de Nivel II.



Desviación de la defoliación media por punto del haya en 2004 a partir de la defoliación media para el periodo 1997 - 2003.

2. El estado de los Bosques en Europa en 2004 y su evolución a lo largo del tiempo.....xx

En el 2004, las principales especies arbóreas mostraron un claro empeoramiento del estado de las copas en comparación con años anteriores. Los efectos, con retraso, del extremo calor y la sequía en verano del 2003 pueden ser una explicación plausible. La única excepción fue el pino silvestre, que se presenta en muchos puntos no afectados por las condiciones climáticas extremas. En 2004, la cuarta parte de los alrededor de 135 000 árboles evaluados fueron clasificados como dañados.

Estudio específico: Bosque Mediterráneo de quercíneas perennifolias: estado, dinámica y amenazas.....xx



Síntomas por calor estival en hojas de roble.

3. Influencias medioambientales y reacciones de los ecosistemas.....xx

3.1 Los bosques sufrieron por los extremos climáticos en 2003 y 2004.....xx

Debido al excepcional calor y la sequía en 2003, se agotaron completamente los recursos hídricos en muchas Parcelas de Seguimiento Intensivo, especialmente en Europa Central y Occidental. Un cierto número de reacciones típicas ante la sequía condujeron a una reducción en el follaje y en la vitalidad del arbolado. Se produjeron fuertes tormentas en Suecia y Eslovaquia. En esta época de clima cambiante, se reconoce la necesidad de una red multifuncional de seguimiento.

3.2 Evaluaciones de Ozono llevadas a cabo satisfactoriamente.....xx

La necesidad de datos de ozono de áreas forestales remotas se cubrió de manera satisfactoria mediante la instalación de muestreadores de ozono en alrededor de 100 parcelas de Nivel II entre 2002 - 2003. Complementariamente se han llevado a cabo entrenamientos y evaluaciones de daños visibles por ozono.

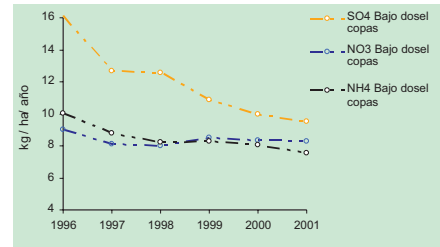
Las concentraciones de ozono se incrementaron en 2003, debido principalmente a la radiación solar intensa. Fueron más altas en el sur de Europa y en grandes altitudes.



Concentraciones medias de ozono de Abril a Septiembre 2002.

3.3 Deposición decreciente de azufre y fluctuante de nitrógeno.....xx

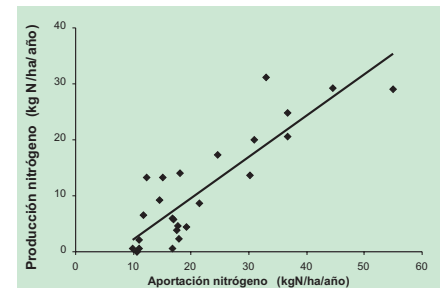
Las aportaciones medias anuales de azufre disminuyeron en un 40 %, de 16 a 9,5 kg por hectárea y año, en el periodo 1996 a 2001. La deposición total de nitrógeno bajo el dosel de las copas se redujo alrededor de un 15 %. Estas cifras se basan en los resultados de 169 Parcelas de Seguimiento Intensivo localizadas mayoritariamente en Europa Central. La deposición actual varía considerablemente de unas parcelas a otras y todavía existen muchas localizaciones con aportes demasiado altos. Los árboles forestales continúan filtrando grandes cantidades de sulfatos y otros contaminantes procedentes del aire.



Evolución de la deposición media de sulfatos ($\text{SO}_4\text{-S}$), nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$), y amonio ($\text{NH}_4\text{-N}$) en 169 parcelas.

3.4 Infiltración de la deposición de nitrógeno en aguas subterráneas.....xx

El filtrado de la deposición de nitrógeno a las aguas subterráneas se encuentra fuertemente relacionado con las aportaciones de nitrógeno atmosférico. Esto es particularmente cierto en emplazamientos ricos en nitrógeno. En sitios con bajos niveles de nitrógeno, las temperaturas medias anuales juegan un importante papel adicional.



Estrecha relación entre las aportaciones de nitrógeno atmosférico y la infiltración de nitratos en parcelas ricas en nitrógeno.

3.5 La recuperación de los ecosistemas forestales puede tardar décadas la aplicación de modelos dinámicos.....xx

Para muchas parcelas se predice una lenta recuperación en la química de la solución del suelo tras la reducción de las emisiones siguiendo el protocolo de Gotemburgo (CEPE/NNUU). Sin embargo, la química de la fase sólida del suelo reacciona más lentamente, según muestran los modelos dinámicos para suelos.



El análisis de la solución del suelo en laboratorio.

3.6 El desfronde - una parte importante del ciclo ecológico.....xx

Durante años se han llevado a cabo evaluaciones de desfronde en muchos países. Desde 2004 se dispone de una metodología de muestreo armonizada. Los muestreos proporcionan importante información sobre el funcionamiento de los ecosistemas, sobre los ciclos de nutrientes y sobre fases fenológicas tales como la fructificación, floración y caída de hojas y acículas.



Colectores de desfronde.

4. Conclusiones.....xx

Anexos.....xx



PRÓLOGO

Los niveles de contaminación atmosférica de origen industrial se han visto drásticamente reducidos en los últimos 20 años en Europa Occidental, debido a la implantación con éxito de protocolos para reducción de emisiones adoptados a nivel nacional por los países firmantes del Convenio sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia (CLRTAP, Ginebra, 1979). Estos resultados han sido también obtenidos a través del estudio y el seguimiento del estado de los bosques, lanzado en 1986 en el marco de los Programas de Cooperación Internacional sobre Bosques (PCI - Bosques) y Seguimiento Integrado de los Ecosistemas, y siguiendo las iniciativas de la Unión Europea relacionadas, desde los primeros reglamentos sobre estado de las copas durante los 1980s hasta los más recientes reglamentos sobre seguimiento intensivo de los ecosistemas forestales durante los 1990s. En comparación con los 1970s, las emisiones de azufre y nitrógeno procedentes del sector industrial se han visto reducidas en un 20-30%, generando una significativa mejora en el estado de todos los ecosistemas a lo largo del continente Europeo. Las famosas "lluvias ácidas" que contribuyeron en el pasado a un fuerte deterioro de la salud de los bosques, particularmente en Europa Central, son hoy en día tan solo un mal recuerdo en la mayoría de países Europeos.

Nuevos y antiguos riesgos dañan y amenazan los delicados ecosistemas forestales Europeos manejados durante siglos por sus preciados e irremplazables recursos económicos. Entre estos factores, una nueva y alarmante amenaza es el daño debido a los crecientes niveles de ozono troposférico. La causa principal es el rápido incremento de los transportes de personas y bienes por carretera con las consiguientes emisiones de óxidos de nitrógeno, que incrementa el ozono troposférico: además, el incremento en la deposición de nitrógeno sobre los suelos forestales, debido al menos en parte a la misma causa, está amenazando la integridad y el funcionamiento de los ecosistemas forestales. Finalmente, nuestros bosques están amenazados por los cambios observados en el clima y por una importante pérdida de biodiversidad, que ocurren en todo el continente Europeo, particularmente en el sur.

Antes del establecimiento de la red Europea para el seguimiento intensivo de los ecosistemas forestales, los conocimientos disponibles sobre niveles de contaminación atmosférica en áreas forestales remotas era muy limitado:

los dispositivos de seguimiento estaban localizados, en casi todas las ocasiones, en áreas urbanas o suburbanas y sólo en pocos casos en áreas verdaderamente remotas. La gran cantidad de datos sobre contaminación atmosférica generados a través de las actividades de seguimiento llevadas a cabo en las parcelas de Nivel II del Programa NNUU/PCI – Bosques desde los 90s conforma el primer banco de datos significativo y fiable establecido a nivel pan- Europeo sobre el estado ecológico de los ecosistemas terrestres. La evaluación integrada y combinada de estos datos supone una oportunidad excepcional a la hora de obtener una imagen clara sobre el estado, riesgo y cambios actuales en los ecosistemas forestales Europeos. Los primeros resultados indican claramente que los ecosistemas forestales del Sur de Europa están expuestos a niveles muy altos de ozono, bastante por encima de los umbrales de riesgo aceptados a nivel internacional. Se ha documentado la particular sensibilidad ante los daños provocados por ozono de varias especies vasculares, con efectos observados en los crecimientos y en la defoliación de las copas. Los efectos del ozono en los bosques son también potencialmente peligrosos para la conservación de la biodiversidad

(descenso de la capacidad de competencia en especies sensibles), para la vitalidad forestal (incremento en la defoliación de las copas), para la captura y almacenamiento de carbono (descenso del crecimiento forestal) y en general para el manejo forestal sostenible.

En Italia, el Programa PCI – Bosques se lleva a cabo en el marco del Convenio LRTAP y el Reglamento CE nº 2152/2003 sobre seguimiento de los bosques e interacciones medioambientales (Forest Focus). El Corpo Forestale dello Stato (Servicio Forestal Nacional Italiano) es el organismo responsable a nivel nacional, bajo la autoridad del Ministerio de Agricultura y Bosques. El programa CONECOFOR (Seguimiento Intensivo de los Ecosistemas Forestales) es la primera y única red ecológica a largo plazo que ha sido posible establecer, mantener y desarrollar con éxito durante todo este tiempo en Italia. En el marco de las nuevas tareas requeridas por el Reglamento CE Forest Focus, se lanzó una nueva fase test para evaluaciones de biodiversidad en el 2004, basado en los mismos indicadores clave detectados en parcelas permanentes de Nivel II seleccionadas y de acuerdo a una metodología armonizada a nivel internacional. Los primeros resultados muestran la efectividad y

fiabilidad de los métodos aplicados, obteniendo importantes datos sobre el estado de los bosques. En unos pocos meses de muestreos de líquenes e insectos, se descubrieron varias especies nuevas para la ciencia o muy raras en Italia. Los resultados obtenidos proporcionan un buen contexto para la fase inicial del proyecto internacional ForestBIOTA, un proyecto de cooperación que abarca a 13 países Europeos y 120 parcelas de Nivel II de 2005 en adelante. Dentro de este marco, Italia organizó dos talleres internacionales sobre biodiversidad forestal en 2003 y ha sido designado en 2004 para representar al PCI – Bosques en las iniciativas coordinadas por la Agencia Europea de Medio Ambiente para el establecimiento de una red pan – Europea para el seguimiento de la biodiversidad (SEBI2010), implementando el Convenio sobre Diversidad Biológica.



Gianni Alemanno
Ministro de Agricultura y Bosques,
Italia



Paisaje forestal en Noruega

1. EL PROGRAMA PAN-EUROPEO DE SEGUIMIENTO A LARGO PLAZO DEL ESTADO DE LOS BOSQUES

Una historia de 20 años de éxito

El 4 de Octubre de 1985, se creó el programa Internacional de Cooperación para la Evaluación y Seguimiento de los Efectos de la Contaminación Atmosférica en los Bosques (PCI - Bosques) en su primera Reunión Plenaria, que tuvo lugar en Freiburg, Alemania, con 26 países participantes. El miedo de un decaimiento a gran escala del bosque en Europa y el incierto papel de los contaminantes atmosféricos eran en ese momento las principales causas. Funcionando bajo el Convenio de CEPE/NNUU sobre Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia, el programa no ha cambiado hasta hoy en día este enfoque principal. Sin embargo, ahora se percibe el estado y la salud del bosque en un contexto más amplio, y el programa se ha convertido en un sistema de seguimiento multifuncional. El PCI - Bosques proporciona hoy en día una plataforma de intercambios de información para científicos forestales, gestores y políticos de 40 países.

Enlaces políticos y cooperación

En el año 2003, la Unión Europea adoptó el Reglamento "Forest Focus" (CE n° 2152/2003). Este prolonga la base para la estrecha cooperación con PCI - Bosques que ha durado desde 1986. Las actividades de seguimiento también persiguen los objetivos de varias resoluciones de la Conferencia Ministerial para la Protección de los Bosques en Europa (MCPFE). Se han especificado las posibles contribuciones al Convenio Marco de Cambio Climático (FCCC) y al Convenio de Diversidad Biológica (CBD). El programa mantiene estrechos contactos con la Red de Seguimiento de Deposición Ácida en Asia Oriental (EANET).

El PCI - Bosques promueve el amplio uso de sus datos para evaluación científica. Bajo requerimiento y de acuerdo con los dueños de los datos, los datos están disponibles para los usuarios externos. En el Anexo III figura un listado con los usuarios que ya han hecho uso de los datos.

Un sistema de seguimiento confeccionado con objetivos exigentes

El programa ha sido establecido para evaluar el estado de salud y el desarrollo de los bosques Europeos a gran escala y para informar a los políticos, científicos y al público regularmente sobre los resultados. Los datos necesarios son recogidos por los países participantes en puntos permanentes de observación llamados Nivel I (ver Fig. 1-1). Estos están dispuestos en una malla de 16*16 km que cubre 33 países a lo largo y ancho de Europa. Además de los muestreos anuales de estado de las copas se prevé una repetición del primer muestreo de suelos en los próximos años.

El seguimiento Intensivo se lleva a cabo en 860 parcelas de Nivel II con objeto de detectar como afectan varios factores de estrés a los ecosistemas forestales. Los efectos de la contaminación atmosférica constituyen el enfoque particular del programa. Las actividades requieren equipos técnicos caros para un gran número de muestreos como son el estado de las copas, química foliar, suelos y química de la solución del suelo, crecimiento arbóreo, vegetación, deposición atmosférica, calidad del aire, meteorología, fenología, desfronde y teledetección. En la actualidad se encuentran en fase de prueba un cierto número de muestreos de biodiversidad, dentro del proyecto ForestBIOTA (ver www.forestbiota.org).



Lugar Nuevo, Freising, Blåbärskullen:

EJEMPLOS DE PARCELAS DE NIVEL II A TRAVÉS DE EUROPA

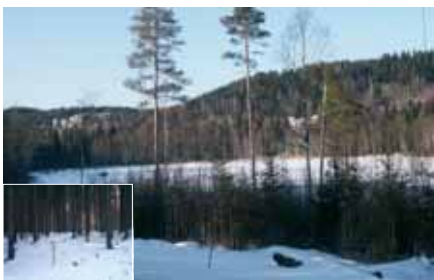
Las parcelas de Nivel II han sido seleccionadas entre los tipos de bosque más importantes de 30 países participantes en Europa, y se está llevando a cabo la creación de instalaciones comparables en Asia Oriental y Norteamérica. La selección de las localizaciones de las parcelas no es estadísticamente representativa. En cambio, las parcelas posibilitan estudios casuísticos y pueden dar una visión desde dentro sobre complejos procesos en los ecosistemas forestales que difieren a través de Europa. El presente informe enfatiza este hecho usando para ello tres parcelas durante varios capítulos como ejemplos ilustrativos.



● Lugar Nuevo está situado en la cadena montañosa de Sierra Morena, en el sur de España a una altitud de 605 m sobre el nivel del mar. Está cubierto por bosque abierto de encina mezclado con pastizal (dehesa). En otras espesos arbustos forman la típica maquia. Los suelos marrones con un moderado aporte de nutrientes se han desarrollado a partir del material parental de granito sólido. El clima seco Mediterráneo se caracteriza por precipitaciones medias anuales por debajo de 500 mm y temperaturas estivales frecuentes de más de 35°. Las actividades de seguimiento comenzaron en 1994 e incluyen muestreos y evaluaciones quincenales de deposición, meteorología, fenología, calidad del aire (dosímetros pasivos) y síntomas de daños por ozono.



● Freising es una vieja ciudad que da nombre a la parcela de Nivel II localizada en las proximidades de Baviera, sur de Alemania - 30 km al norte de Munich - a una altitud de 500 m sobre el nivel del mar. La masa mixta de haya y roble de 153 años de edad está sobre un rico sustrato y las hayas gozan de buena salud. Los suelos se han desarrollado a partir de loess sobre sedimentos altos del Mioceno. En combinación con precipitaciones medias anuales bastante altas de 880 mm y una temperatura media anual moderada de 7,7° C, crean condiciones de estación favorables para el crecimiento forestal resultando en un volumen maderable en pie de 550 m³ por hectárea y un incremento anual de 19.5 m³ por hectárea. Los muestreos empezaron en 1994 y se llevan a cabo todas las actividades obligatorias y opcionales de ICP Forests. En una zona abierta cercana se miden meteorología, deposición, calidad del aire y síntomas parecidos a los que produce el ozono y se ha instalado un jardín fenológico.



● Blåbärskullen (Bilberry Hill) está situado en el centro de Suecia tan sólo a 30 km de la frontera con Noruega. La altitud es de 355 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 4,1°C y se registra una precipitación media anual ligeramente mayor de 1000 mm. El suelo está sobre un material morrénico de textura bastante fina y no tiene distinción entre horizontes, debido a que el sitio probablemente ha debido de ser cultivado en épocas anteriores.

La masa pura de píceas fue plantada a primeros de los años 50. No se han llevado a cabo operaciones de gestión forestal desde que se estableció la parcela en 1995. Desde entonces se ha muestreado la deposición y el agua en el suelo y en 2003 mediante una mini estación meteorológica se comenzaron a realizar mediciones de temperatura, precipitación y humedad.



Copas arbóreas en un bosque de hayas en Ucrania.

2. ESTADO DE LOS BOSQUES EN EUROPA EN 2004 Y SU EVOLUCIÓN A LO LARGO DEL TIEMPO

Resumen

- Más de un 23% de los alrededor de 135.000 árboles evaluados en 2004 fueron clasificados como dañados. La defoliación varió enormemente entre especies y regiones. El roble común y el albar presentaron la defoliación más alta y el pino silvestre la más baja.
- Las tendencias en defoliación difieren también entre especies y regiones. Comparando con el último año, la mayor parte de las especies arbóreas muestran un claro empeoramiento en el estado de las copas. Ese efecto fue particularmente pronunciado para el caso del haya. Los efectos retardados del extremo calor y la sequía en verano del 2003 pueden ser una explicación plausible. Mientras que la defoliación de varias especies principales se ha incrementado desde 1990, la defoliación del pino silvestre es ahora claramente más baja que a mitad de los años 90.

Introducción

El estado de los bosques en Europa se convirtió en un asunto de especial preocupación a principios de los años 80, ya que se observó un deterioro en el estado de las copas de los árboles en grandes zonas de Europa. Esto condujo a un continuo seguimiento del estado de las copas bajo el PCI - Bosques y la UE. El parámetro clave para el muestreo del estado de las copas es la defoliación. La defoliación puede evaluarse con un costo razonable a escala Europea. La Conferencia Ministerial sobre la Protección de los Bosques en Europa (MCPFE) lo ha elegido como un indicador de salud forestal y de gestión forestal sostenible. En la malla transnacional a gran escala de 16*16 km, se evaluó la defoliación en 2004 en 135.372 árboles en 6.133 puntos de 31 países como un indicador rápido de reacción ante numerosos factores naturales y antropogénicos que afectan a la vitalidad del arbolado. En muchos países, se llevaron a cabo muestreos adicionales en redes nacionales más densas. El informe actual se centra en aquellas especies arbóreas más frecuentemente representadas en la malla transnacional, esto es, pino silvestre, píceas, haya, y roble común y albar (que se consideran conjuntamente).

Estado de la defoliación a gran escala

La proporción de árboles clasificados como dañados o muertos fue del 23,3% en el total de Europa y del 24,2% en los Estados Miembros de la UE participantes. Estas cifras representan una proporción de árboles muertos del 0,7 % en ambos casos.

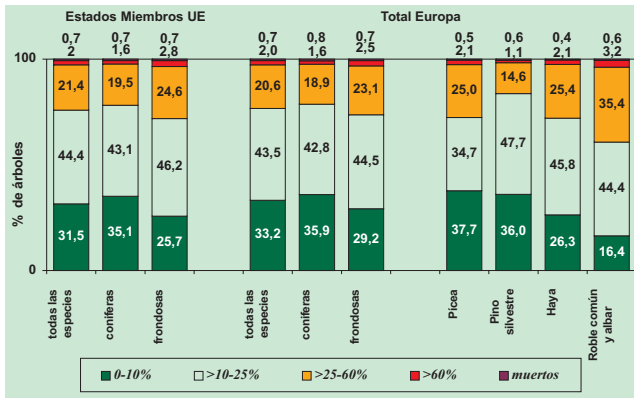


Figura 2-1: Porcentaje de árboles con diferentes clases de defoliación. Total de Europa y UE, 2004.

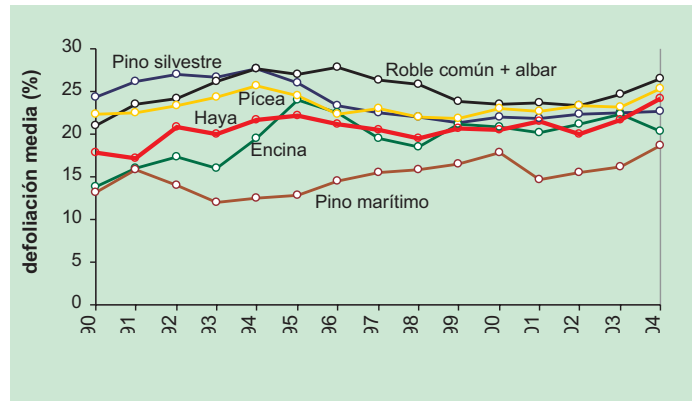


Figura 2-2: Desarrollo de la defoliación media de las principales especies arbóreas en Europa. El tamaño de la muestra varía entre 11.924 y 2.332 árboles por especie y año. Los resultados se basan en datos de 12 países con remisión continua de datos.

De las especies arbóreas más frecuentemente evaluadas en la totalidad de Europa, el roble común y el albar tienen la defoliación más alta y el pino silvestre la más baja (ver Fig. 2-1).

Desarrollo temporal

La defoliación media del haya, del roble común y el albar y en menos medida también de la pícease incrementaron durante un periodo de evaluación de 1990 a 2004. Estas especies se habían recuperado de las altas defoliaciones sufridas a mediados de los 90, pero ahora presentan un claro incremento en la defoliación entre el 2002 y el 2004 (ver Fig. 2-2). Es obvio que todas las especies excepto la encina y el pino silvestre muestran un duro incremento en la defoliación en 2004 y en cierta medida ya en 2003. La defoliación del pino silvestre ha decrecido desde 1995.

Las tendencias en la defoliación varían considerablemente a través de Europa (ver Fig. 2-3). En el 18,8% de todos los puntos se observó un incremento significativo estadísticamente durante el periodo de 1997 a 2004. Esto refleja el deterioro en el estado de las copas descrito arriba. Se produjo un descenso en la defoliación en un 12,4% de los puntos. Estos son en su mayor parte puntos de pino silvestre concentrados principalmente en Bielorrusia y en partes de Polonia y de los Estados Bálticos.

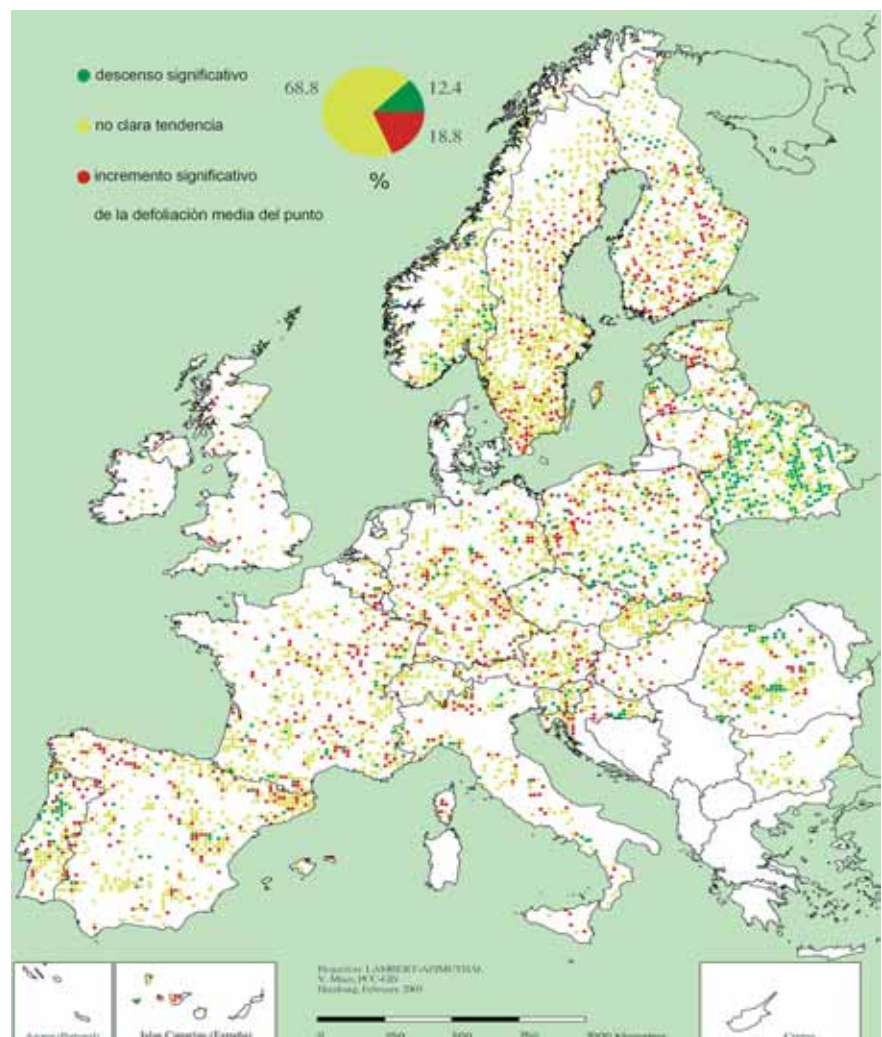


Figura 2-3: Defoliación a nivel del punto para todas las especies arbóreas, 1997-2004.

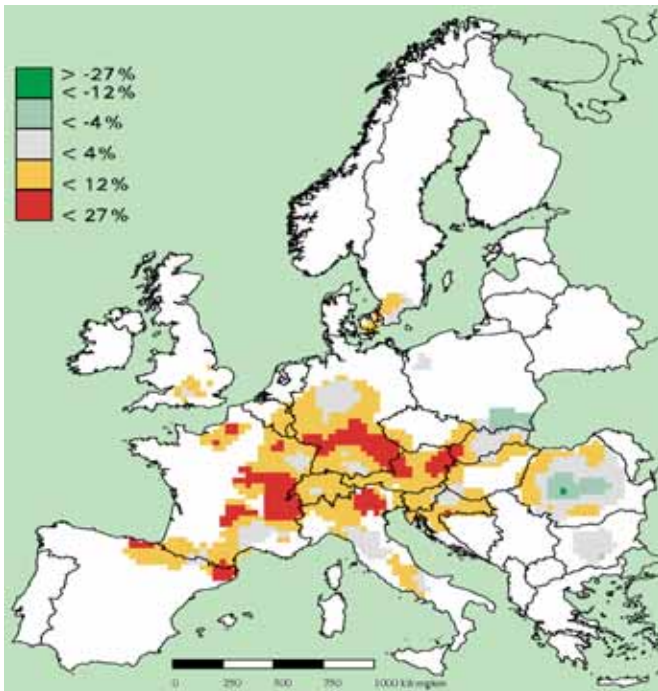


Figura 2-4: Desviación de la defoliación media del haya por punto en 2004 a partir de la defoliación media de 1997 a 2003. Interpolación Kriging basada en 564 puntos evaluados continuamente de 1997 a 2004. Clases en puntos porcentuales de defoliación.

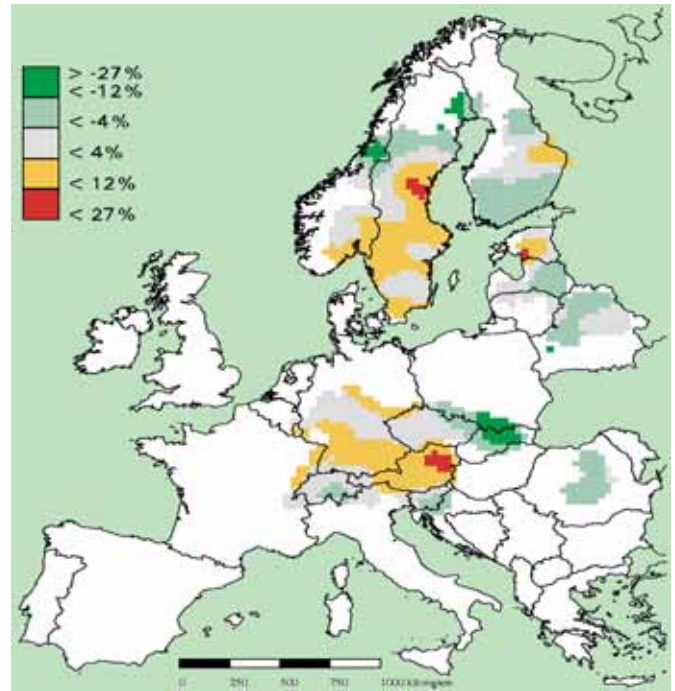
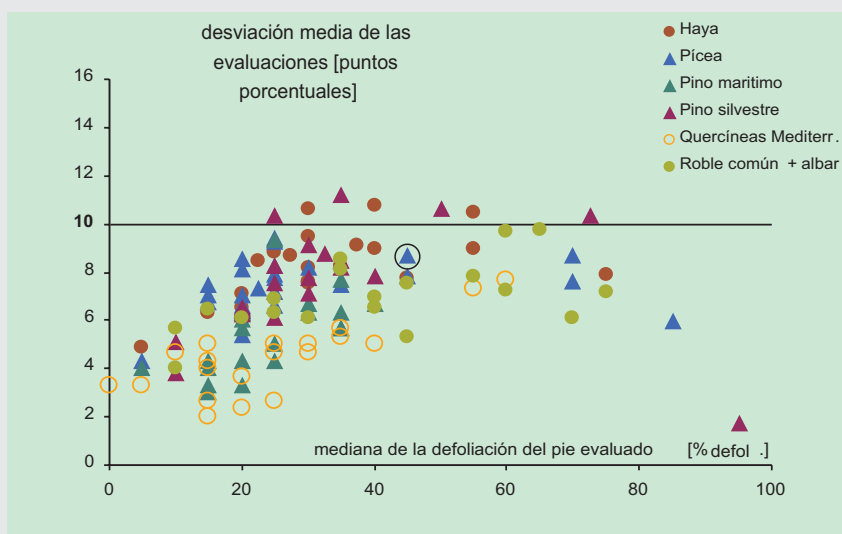


Figura 2-5: Desviación de la defoliación media de la píceas por punto en 2004 a partir de la defoliación media de 1997 a 2003. Interpolación basada en 1.463 puntos evaluados continuamente de 1997 a 2004. Clases en puntos porcentuales de defoliación.

El control de calidad en las evaluaciones de defoliación ha sido asegurado durante muchos años por ejercicios de campo, en los cuales los jefes de equipo nacionales se reúnen en bosques y evalúan los mismos árboles. Como medida adicional, en 2004 se hicieron circular por correo postal fotos de copas arbóreas y se llevaron a cabo evaluaciones descentralizadas por

primera vez. La re-evaluación de las mismas fotos en los próximos años es una excelente herramienta para garantizar la consistencia temporal de las evaluaciones. El ejercicio se basa en 20 fotos de copas, para cada especie arbórea, de varias regiones de Europa. En total, participaron 84 expertos y equipos. Para árboles con defoliaciones

extremadamente bajas y altas, las desviaciones fueron menores. Las especies arbóreas que sólo crecen en zonas más pequeñas de Europa, como las quercíneas mediterráneas y el pino marítimo, fueron evaluados más homogéneamente que la píceas y el pino silvestre, que fueron evaluados por un mayor número de expertos.



Desviación de las evaluaciones en foto con respecto a la defoliación media de los árboles evaluados. La variación en las evaluaciones estaba en general por debajo del 10%. La píceas marcada, por ejemplo, tenía una defoliación media del 45% y las evaluaciones hechas por los expertos se desviaron como promedio en 8,7 puntos porcentuales.

En 2004, el haya se deterioró en todas las regiones muestreadas, excepto en las regiones más orientales de Europa (ver Fig. 2-4). El deterioro fue menos obvio para el roble común y el albar a causa de las más altas defoliaciones ocurridas en años anteriores (no representadas). Para la píceca (ver Fig. 2-5) la desviación con respecto a la defoliación a medio plazo muestra una alta variabilidad espacial. La defoliación fue más alta que la media en el este de Austria y Suecia central, pero menor que la media en amplias regiones del centro, este y norte de Europa.

El incremento en la defoliación en 2004 fue ya predecido en el informe del pasado año en vista del estrés producido por el calor y la sequía que se produjeron en 2003. Dependiendo

de las especies arbóreas, hay varias razones para que continúe o incluso se incremente la defoliación después del actual año de sequía, todo ello implicando un debilitamiento de los árboles a lo largo de varios años. El haya constituye un ejemplo clásico para la explicación del incremento en la defoliación por estrés hídrico (ver Cáp. 3-1). La mejora del estado de las copas de pino silvestre en Europa central y del este se conoce ya desde cerca de una década y ha sido atribuido a la mejora en las condiciones climáticas y el descenso en la contaminación atmosférica.



Copas de ejemplares de pinos silvestres sin defoliación (izquierda), Copas de ejemplares de pinos silvestres con defoliación ligera (Centro), Copas de ejemplares de pinos silvestres con defoliación moderada (derecha).



Bosque cerrado perennifolio de encina en la parcela de Nivel II en la costa de la Toscana, Italia

2. BOSQUE MEDITERRÁNEO DE QUERCÍNEAS PERENNIFOLIAS: DINÁMICA Y AMENAZAS

Los bosques mediterráneos de quercíneas perennifolias constituyen la vegetación natural más característica del sur de Europa, donde se estima que hoy en día cubren una superficie de alrededor de 5 millones de hectáreas, 2 millones de las cuales están localizadas en España.

La especie arbórea dominante es la encina (*Quercus ilex*). Debido a su alto valor ecológico y de conservación estos bosques se encuentran listados en la Directiva de Habitats de la UE nº 93/43, y existe una necesidad de proteger un ecosistema tan rico en biodiversidad y característico para el paisaje mediterráneo. Los bosques de frondosas perennifolias parecen ser muy resistentes a la contaminación atmosférica. Sin embargo, en el pasado se ha registrado un fuerte declive en la biodiversidad. Esto se debió principalmente a la sobreexplotación, resultando en un cambio de uso de la tierra y fragmentación de habitats. Sin embargo cuanto más alta sea la integridad ecológica de los bosques, mayor será su capacidad para prevenir incendios forestales y lentos procesos de desertificación. Sólo bosques con un buen funcionamiento pueden contribuir a alcanzar los objetivos tanto del Convenio Marco sobre Cambio Climático como del Convenio para combatir la Desertificación. Cientos de puntos de Nivel I y varias parcelas de Nivel II se encuentran localizados en bosques mediterráneos de quercíneas perennifolias en el marco del programa de seguimiento del PCI - Bosques, una de las cuales es la parcela de Lugar Nuevo en España, que se presenta con más detalle en otros capítulos de este informe.

Nicho ecológico y características

El rango natural de los bosques de quercíneas perennifolias cubre la totalidad del sur de Europa, de Portugal a Turquía, principalmente desde el nivel del mar hasta 500 m sobre el nivel del mar. En algunas regiones, sin embargo, llegan hasta 1.200 m. Estos bosques requieren temperaturas medias suaves (15-20°C) y precipitaciones anuales de bajas a medias (300-1 000 mm) y raramente se presentan en áreas con más de diez días de heladas al año.

Dos comunidades principales se presentan naturalmente en el Mediterráneo central, las dos dominadas por la encina: (1) un tipo adaptado a la sequía en las áreas costeras (*Viburno-Quercetum ilicis*) y (2) un tipo montañoso (*Orno-Quercetum ilicis*). Estudios recientes sugieren que en tiempos históricos el último también incluía quercíneas caducifolias como el roble pubescente. También se presentan en el área mediterránea occidental comunidades nativas esporádicas dominadas por el alcornoque.

Dinámicas

Durante más de 2.500 años, estos bosques de quercíneas perennifolias han estado estrechamente unidos al desarrollo cultural en la región y a la influencia humana. Hoy en día los bosques densos naturales y semi - naturales remanentes constituyen sólo una pequeña parte de un área forestal que era originariamente más amplia. Los bosques naturales están bien estructurados con cuatro capas de vegetación y sólo 20-25 especies vasculares por cada 100 m². Estos remanentes se gestionan en su mayor parte para funciones protectoras. Un área más amplia ha sido transformada en bosques antropogénicos de baja densidad, formando un mosaico junto con arbustos y herbazales secos llamados dehesa en España y montado en Portugal. Estos son gestionados para funciones múltiples incluyendo el pastoreo.



Un área más amplia que antiguamente era encinar cerrado ha sido transformado en formaciones abiertas de encina (dehesa). Parcela española de seguimiento en Lugar Nuevo



Repetidos incendios y pastoreo en amplias áreas del Mediterráneo llevan a una degradación de los bosques de quercíneas perennifolias. Etapa de garriga en Croacia.

La mayor parte del rango natural, sin embargo, se encuentra cubierto actualmente por comunidades arbustivas más simplificadas (maquia), que sustituyen al bosque como resultado de incendios y pastoreos recurrentes. El tipo de vegetación de la maquia tiene tres estratos pero no muestra cambios significativos en la composición por especies. Una presión aún mayor de incendios, pastoreo y explotación maderera ha llevado a comunidades de un único estrato (garriga o phrigana) con un incremento significativo en el número de especies de hasta 50 especies vasculares por 100 m².

Amenazas

En los últimos diez años, se ha notado en Italia un descenso en los incendios forestales. De acuerdo con los datos del 2000 al 2003, sólo un 10% del área forestal quemada está cubierta por bosques de quercíneas perennifolias; el 21% está cubierta por maquia. En total, sólo se ve realmente afectada por el fuego un área de 12000 ha por año, correspondiente a un 3% de bosques perennifolios y maquia; los incendios ocurren mayoritariamente en las mimas áreas año tras año.

Los niveles de ozono son altos (40-50 ppb*h) y exceden ampliamente el umbral AOT40 (5 000 ppb*h). Sin embargo, los síntomas visibles no han sido detectados aún y la correlación con el estado de las copas no es significativa. Los diferentes tipos de bosque Mediterráneo parecen estar adaptados a estos niveles altos de ozono.

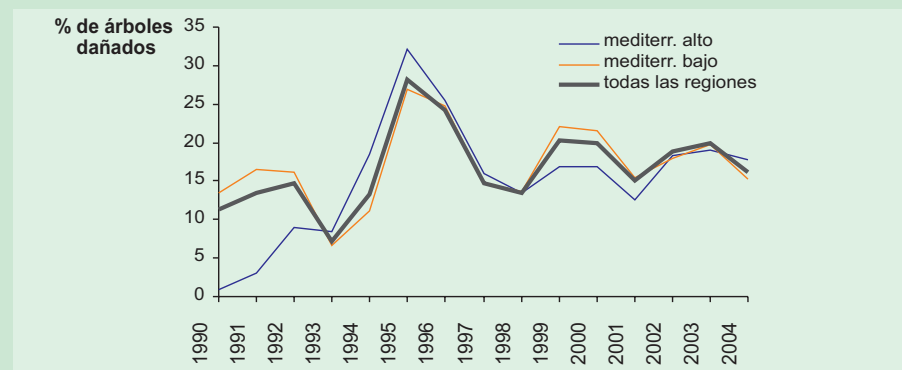
La biodiversidad se encuentra aún afectada por las actividades turísticas, pero recientemente se ha establecido un número de áreas protegidas a fin de proteger el

ecosistema. Por otra parte, el incremento del turismo puede ser una amenaza para la riqueza en biodiversidad. Por ello, se necesita información y un manejo específico. Además, el abandono de la tierra, el rápido descenso del valor económico de la madera y la creciente protección por parte de las legislaciones regional, nacional y de la UE han ayudado a parar la degeneración en etapas muy frágiles y no equilibradas de garriga.

la ayuda financiera de la UE proporcionará nuevas evidencias para el 2006.

Actividades de seguimiento en curso

Un cierto número de parcelas de Nivel II dominadas por la encina fueron seleccionadas en Italia, España y Grecia para una primera fase test de evaluación de la biodiversidad bajo el proyecto piloto ForestBIOTA del Programa UE/PCI Bosques. Los



Porcentaje de encinas dañadas en la red transnacional de Nivel I. El tamaño de la muestra es de más de 3000 árboles. El pico a mediados de los años 90 se debe principalmente a un acusado déficit hídrico en España.

Sin embargo, hoy en día la tendencia prevaleciente es un proceso de regeneración hacia el estado de maquia.

Por otra parte, los cambios registrados en el clima en los últimos 50 años aparecen como una amenaza emergente. Dichos cambios han conducido a un incremento en los síntomas de sequía en el ecosistema Mediterráneo. A pesar del esperado efecto negativo en las comunidades forestales como un todo, el cambio climático también podría ser un factor positivo para especies limitadas por las heladas como la encina y otras, que podrían expandir su rango de distribución. Un proyecto piloto específico, llevado a cabo por Italia con

primeros resultados de Italia apuntan a un alto valor en cuanto a biodiversidad y conservación. Algunas de las parcelas han mostrado la cantidad mínima de cerca de 20 especies vasculares apuntando a un proceso natural de fluctuación en combinación con valores máximos en el índice de biodiversidad líquénica. Se caracterizan por una alta complejidad estructural y hasta 30 m³ de madera muerta por hectárea. La evaluación de los datos del seguimiento reveló un alto grado de naturalidad y diversidad paisajística. Además, se describieron por primera vez tres nuevas especies de insectos en el bosque perennifolio Mediterráneo.



Síntomas de daños por calor estival en hojas de haya.

3. INFLUENCIAS MEDIOAMBIENTALES Y REACCIONES DE LOS ECOSISTEMAS

3.1 Los bosques sufrieron extremos climáticos en 2003 y 2004

Resumen

- El año 2003 se caracterizó por un calor y sequía extremos, especialmente en Europa Central. Los datos del seguimiento intensivo revelan que las reservas de agua en el suelo se agotaron completamente en muchas parcelas. Se supone que estas condiciones climáticas son la principal explicación del incremento en la defoliación que se produjo en 2004 para muchas de las especies arbóreas principales.
- En la región Mediterránea, los bosques ya habían sufrido una acusada sequía a principios de los años 90. Los resultados del muestreo desde entonces muestran que la recuperación no sólo está relacionada con factores naturales tales como las condiciones del lugar y del clima sino que también depende del manejo forestal incluyendo la selección de especies arbóreas.
- Tormentas de dimensiones históricas azotaron el sur de Suecia en Enero de 2005 y las montañas del Tatra en Eslovaquia en Noviembre de 2004. Los resultados de investigaciones suizas centradas en los daños por tormentas en 1999 sugieren una relación entre el aporte de nitrógeno y el riesgo de daños por tormentas.

Calor y sequía excepcionales en 2003

En el año 2003, las temperaturas subieron de 40°C durante varios días consecutivos en muchos lugares en Europa y la precipitación estuvo por debajo de las medias observadas durante largos periodos de tiempo (ver Fig. 3-1). A nivel global, la Organización Meteorológica Mundial (WMO) clasifica el 2003 como el tercer año más caluroso que se ha registrado instrumentalmente desde 1861 hasta el momento actual. Particularmente en Europa Central, se considera al estrés hídrico resultante como la principal explicación para el incremento en la defoliación de especies de frondosas (ver Cáp. 2). Las masas que han sufrido tales extremos climáticos son más susceptibles a factores adicionales de estrés como plagas de insectos y contaminación atmosférica. Las altas concentraciones de ozono estuvieron ligadas a radiación solar extrema (ver Cáp. 3-2).

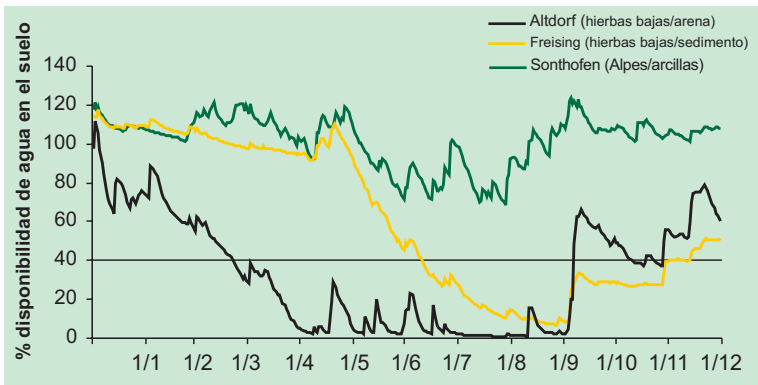


Figura 3-2: Disponibilidad de agua en el suelo en 3 parcelas de Nivel II en Baviera, Alemania, en 2003. Con una disponibilidad de agua del 100 %, todos los poros del suelo están rellenos de agua. Valores sobre el 100% indican escorrentía superficial o pérdidas. Con valores por debajo del 40%, el agua disponible está al límite para la mayor parte de las especies arbóreas y comienzan a aparecer las reacciones de los árboles ante la sequía. En 28 de las 39 parcelas alemanas evaluadas la disponibilidad relativa de agua en el suelo decreció por debajo del margen del 40% durante el verano de 2003. La disponibilidad de agua en el suelo está principalmente determinada por el tiempo atmosférico y el clima, el tipo de suelo y el tipo de vegetación en la parcela.

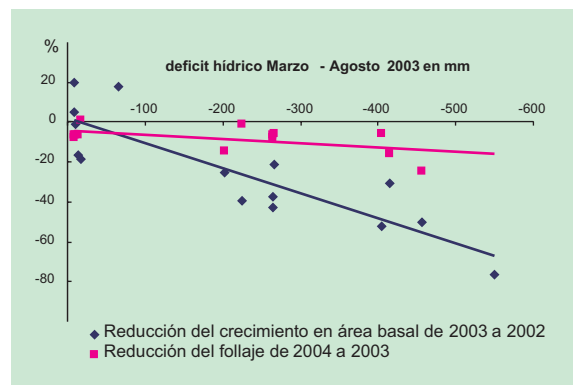


Figura 3-3: Déficit hídrico en el suelo, cambios en el crecimiento arbóreo y en el estado de las copas en Suiza.

En verano del 2004, se redujo el follaje arbóreo en comparación con el 2003. Esta reducción estuvo relacionada con la cantidad de déficit hídrico durante el periodo de crecimiento en 2003 (Marzo-Agosto). Mientras que el estado de las copas no mostró ningún síntoma de daño por sequía en 2003, el crecimiento del tronco se redujo ese año. El déficit hídrico se calculó como la diferencia entre la evapotranspiración real y potencial entre Marzo y Agosto 2003.



Figura 3-1: Diferencias en la precipitación en mm/mes en Junio, Julio y Agosto de 2003 en comparación con el periodo 1960-90 (fuente: www.dwd.de). El fuerte y duradero déficit de precipitación fue agravado por altas temperaturas en muchas zonas de Europa

La disponibilidad de agua en el suelo disminuyó por debajo de los valores críticos en muchas parcelas de Centroeuropa.

Los modelos físicos posibilitan el cómputo de curvas de disponibilidad de agua en el suelo (ver Fig. 3-2). El cálculo para parcelas en Centroeuropa muestra que el estrés en 2003 fue comparable y en parte incluso peor que en 1976 y 1947.

Muchas de las reacciones arbóreas no se hicieron visibles hasta 2004

En muchas zonas de Europa, los altos valores de defoliación en 2004 se deben en gran medida a la sequía del año anterior. En aquellas masas que sufrieron sequía en 2003, la transpiración y el transporte de agua en las plantas se redujo durante semanas. Los procesos de crecimiento y producción se redujeron considerablemente o se interrumpieron. Los árboles se sustentaban mediante sustancias de reserva, de las que carecían para formación de yemas, alargamiento de brotes y crecimiento en 2004. Debilitadas por la sequía, las frondosas en particular produjeron menos yemas en 2003, generando poca foliación en 2004. El follaje del haya, especie que presentó el incremento más acusado en la defoliación, también se redujo debido a la alta producción de semilla, lo cual es una reacción típica de los árboles tras un estrés hídrico. En las parcelas de Nivel II

suizas, se encontró una relación estadística significativa entre la reducción del follaje en la parcela en 2004 y el déficit hídrico en el suelo en 2003 (ver Fig. 3-3).

Sequía en la región Mediterránea

Comparada con años anteriores, la sequía en 2003 no fue tan extrema en la región Mediterránea. Sin embargo, entre 1991 y 1995 un extremo déficit de agua afectó a la mayor parte de España, con olas de calor en 1994 en particular. Durante este periodo se llevaron a cabo en el país muestreos específicos para la evaluación de la sequía basándose en casi la mitad de los puntos de Nivel I en España, que se convirtieron en centros de áreas visuales de evaluación de cerca de 100 Has. Adicionalmente, se analizaron los valores históricos de defoliación, mostrando que la defoliación media de la principal especie arbórea española, la encina, evolucionó de un 17% a un 33% entre 1991 y 1994. Los resultados del sistema de muestreo muestran que el daño por sequía, así como la recuperación, estaban influenciados por el tipo de suelo, la topografía, la edad y la historia de la masa. Las masas con poca densidad y biomasa mostraban una resistencia más alta a la sequía. En general, dos factores clave resultaron ser los que tenían la mayor importancia: cambios en la composición específica y el manejo humano.



En Eslovaquia, una tormenta el 19 de Noviembre de 2004 destruyó 24.000 ha de masas forestales, que es el 1,2% de la superficie forestal total del país. 5.5 millones de m³ de madera fueron derribados o rotos. El Parque Nacional de Tatra fue el área más afectada.



La tormenta que azotó el sur de Suecia la noche del 9 de Enero de 2005 causó el peor daño jamás conocido a los bosques suecos. Aproximadamente 75 millones de m³ fueron derribados por el viento o dañados.

De nuevo tormentas de dimensiones históricas

Los fenómenos tormentosos y la severidad de los daños se han visto incrementados en Europa a lo largo de las pasadas décadas. La serie de fenómenos tormentosos en las últimas décadas continuó con una tormenta extrema en Eslovaquia y otra a lo largo de Suecia, Letonia y Dinamarca. En ambos casos se derribó o rompió un volumen de madera correspondiente a la corta total anual en toda Suecia o Eslovaquia. El daño por tormentas más grande jamás registrado en Europa ocurrió solo cinco años antes en Diciembre de 1999, cuando se registraron 200 millones de m³ dañados, principalmente en Francia, Suiza y Alemania.

El riesgo de rotura del tronco en picea estaba ligado al crecimiento y al aporte de nitrógeno.

En Suiza se analizaron 1.600 píceas de 104 masas dañadas por las tormentas de 1999 con objeto de descubrir si el CO₂ o la disponibilidad de nitrógeno tienen influencia en el riesgo de daños. Los árboles rotos mostraban anillos más anchos en la década 1990 - 99 comparando con los árboles no rotos. También se midieron concentraciones de nitrógeno más altas en la madera de

los árboles rotos. Esto refleja en su mayor parte un mayor aporte de nitrógeno para los árboles rotos. El estudio sospecha que el incremento en el crecimiento arbóreo y el aporte de nitrógeno redujeron la resistencia mecánica en la muestra de Suiza.

Perspectivas

De acuerdo con la mayoría de los modelos climáticos, extremos climáticos tales como tormentas, altas temperaturas y largos periodos de sequía se producirán más frecuentemente en el futuro. El programa multifuncional de seguimiento PCI Bosques ofrece una herramienta única para registrar la extensión y la intensidad de estos sucesos y para evaluar las reacciones de los ecosistemas.

Información adicional:

Indermühle M., Raetz P., Volz R. 2005: *LOTHAR Ursächliche Zusammenhänge und Risikoentwicklung. Synthese des Teilprogramms 6. Umwelt-Materialien Nr. 184. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 45 pp.*

3.2 Evaluaciones de Ozono llevadas a cabo satisfactoriamente

Resumen

- Las concentraciones de ozono en 2003 fueron significativamente más altas que en 2002. Esto se debe sobre todo al extremadamente caluroso y seco verano de 2003. La formación de ozono en la atmósfera se incrementa con la radiación solar intensa y las altas temperaturas. Se espera que el cambio climático hacia veranos más calurosos y más secos dé lugar a mayores concentraciones de ozono en el futuro.
- Las concentraciones de ozono son más altas en el sur de Europa y a mayores altitudes.
- Se ha implantado satisfactoriamente en Europa un sistema para la identificación de daños visibles por ozono. La evaluación de riesgos es muy compleja, ya que las altas concentraciones de ozono no siempre se traducen en mayores daños a las plantas.

Una exitosa fase test

Hoy en día se considera al ozono existente a nivel del suelo como uno de los gases de efecto invernadero más importantes. Su formación en la atmósfera se ve agravada por contaminantes atmosféricos tales como dióxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles sin metano (VOCs). Debido a que los datos de ozono procedentes de áreas forestales y remotas eran hasta hace poco tiempo muy difíciles de conseguir, el PCI Bosques comenzó en 2001 una fase test con los llamados dosímetros pasivos en sus parcelas de Nivel II. Esto ha arrojado información sobre concentraciones

medias mensuales, quincenales o semanales en más de 100 parcelas y ayudado a la determinación de daños visibles por ozono en hojas y acículas.

El calor fomentó un incremento en las concentraciones de ozono en 2003

En la mayor parte de las parcelas estudiadas, las concentraciones de ozono fueron mayores en 2003, comparando con el 2002 (ver Fig. 3-4). Este hecho es particularmente evidente en Alemania, Grecia e Italia, en donde muchas parcelas alcanzaron concentraciones medias de ozono por encima del límite crítico de 45 ppb (Directiva 2002/3/CE). El incremento refleja diferentes condiciones climáticas en los dos años. El 2002 fue un año lluvioso y tormentoso, con episodios de excepcionales inundaciones en Centroeuropa, mientras que el 2003 estuvo caracterizado por temperaturas excepcionalmente altas y problemas de sequía en amplias partes de Europa. Los largos e intensos periodos de sol en el 2003 dieron como resultado las altas concentraciones de ozono ya que la radiación solar es un prerrequisito para la formación de ozono en la atmósfera.

Las parcelas con concentraciones de ozono más altas estaban situadas en el sur de Europa y a mayores altitudes (ver Fig. 3-5). Las concentraciones más altas se midieron en el sur de Suiza y el norte de Italia. Durante la primavera y el verano se forman regularmente capas ricas en ozono que re-circulan a lo largo de la cuenca Mediterránea durante varios días. Esto explica las altas concentraciones de ozono observadas en el sur de Europa.



Dosímetro pasivo de ozono instalado en una parcela de Nivel II en el Centro-Este de Grecia.

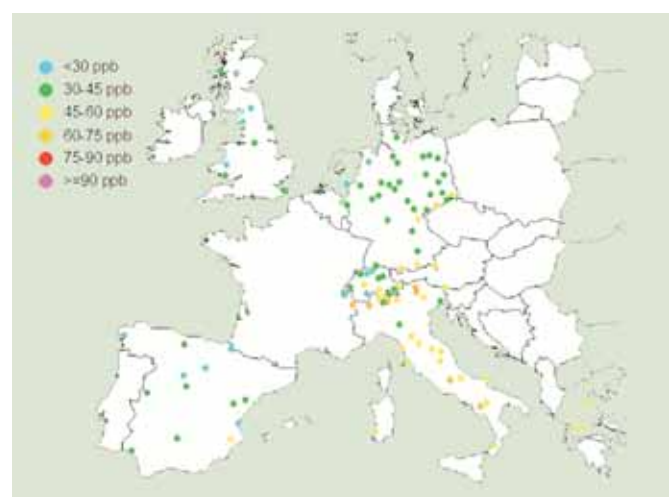
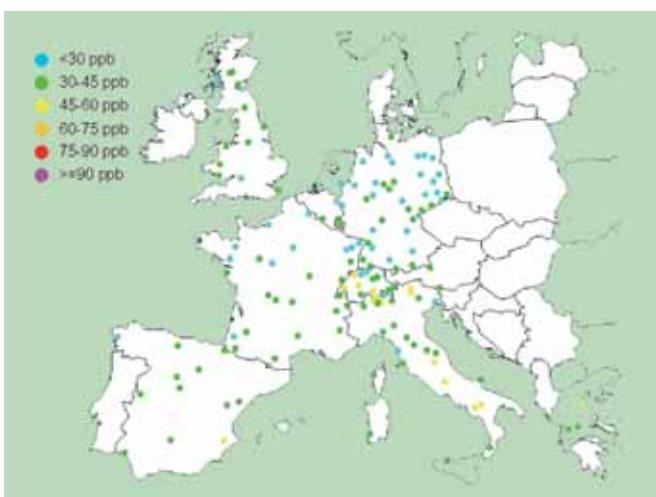


Figura 3-4: Concentraciones medias de ozono de Abril a Septiembre en 2002 y 2003: en parcelas con medición de valores durante más del 50% de los días entre Abril y Septiembre.

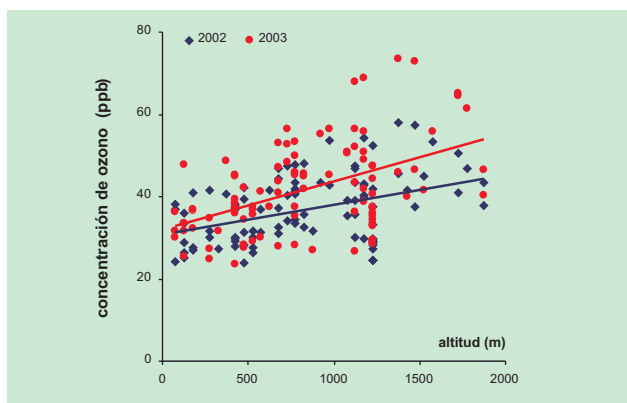


Figura 3-5: Análisis por regresión de las concentraciones de ozono y las altitudes para los años 2002 y 2003.

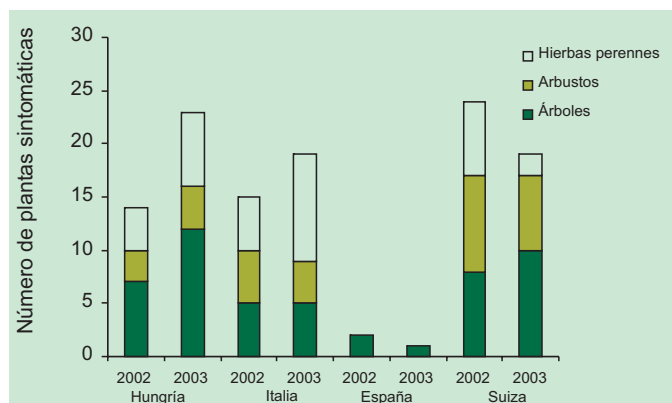


Figura 3-6: Número de especies que muestran síntomas en parcelas normales muestreadas en 2002 y 2003.

Los daños visibles por ozono muestran reacciones en las plantas

Seis países remitieron datos sobre daños visibles durante la fase test, 2001-2003. En diferentes países de Europa se han encontrado 108 casos de especies distintas de plantas que muestran síntomas. Se han registrado daños visibles por ozono en haya en hasta 13 parcelas, mientras que en para el fresno el máximo número de parcelas fue de 8 durante la fase test. En España y Suiza, el número de especies que muestran síntomas descendió entre 2002 y 2003 mientras que se incrementó en Italia. En Hungría también se detectaron más especies que muestran síntomas en 2003 que

en 2002, pero allí no se llevaron a cabo mediciones de concentraciones de ozono (ver Fig. 3-6). No se puede demostrar una relación clara entre veranos cálidos y más presencia de daños. El descenso en la disponibilidad de agua para las plantas reduce el intercambio de gases a través de hojas y acículas y por tanto también la absorción de ozono. Por consiguiente, las concentraciones altas de ozono en veranos secos no están necesariamente ligadas a una mayor presencia de daños.

Conclusiones y perspectivas

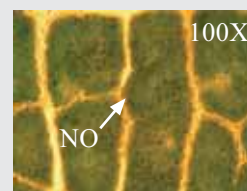
La fase test de muestreos de ozono del PCI Bosques ha contribuido en

proporcionar los datos de concentraciones en áreas remotas, datos que se necesitaban con urgencia. El disponer de series más largas de mediciones de ozono y evaluaciones de daños por ozono ayudará a esbozar conclusiones más definitivas sobre los efectos del ozono en los bosques europeos. Esto se hace particularmente necesario bajo condiciones climáticas y medioambientales cambiantes con unas predicciones de incrementos en las temperaturas en verano y una mayor frecuencia de episodios de sequía. La comparación de los años 2002 y 2003 demuestra que bajo tales escenarios climáticos se esperan niveles más altos de ozono.

Determinación de daños por ozono en hojas de haya

Los daños por ozono pueden desarrollarse como un bronceado entre las nerviaciones en el haz de la hoja, especialmente en las partes expuestas al sol (ver foto). Estos síntomas pueden normalmente reconocerse en el campo sin usar mucho equipamiento técnico. Cuando los síntomas no están claros, pueden ser verificados mediante el uso de métodos microscópicos. En caso de que sólo las células epidérmicas se encuentren afectadas, el daño no está

causado por ozono (Tipo A, estructuras marrones en las líneas amarillas). Sin embargo las células en empalizada coloreadas en oscuro y marrón son síntomas de daños por ozono (Tipo B).



TIPO A



TIPO B



Colector de deposición bajo el dosel de las copas en Chipre y colector a cielo abierto en Noruega.

3.3 Deposición decreciente de azufre y fluctuante de nitrógeno

Resumen

- Las aportaciones medias de azufre bajo el dosel de las copas decrecieron en un 40 %. Estos resultados se basan en 169 parcelas localizadas mayormente en Centroeuropa.
- Los árboles forestales filtran grandes cantidades de sulfatos y otros contaminantes del aire. Por ello, las aportaciones de azufre bajo el dosel de copas son en su mayor parte más altas comparando con las mediciones en zonas cercanas a cielo abierto.
- Las altas concentraciones de nitratos son comunes en Europa central, del norte de Italia al sur de Escandinavia. En casi todos los países evaluados se pueden

encontrar todavía parcelas con altas deposiciones de sulfatos.

Los bosques en particular se ven afectados por la reducción de la contaminación atmosférica

Entre 1996 y 2001, la deposición de sulfatos descendió de 7.4 a 5.9 kg S ha⁻¹ año⁻¹. La deposición medida bajo la cubierta de las copas descendió de 16 a 9.5 kg S ha⁻¹ año⁻¹. Estos son valores medios de 169 estaciones de medición localizadas principalmente en Centroeuropa (ver Fig. 3-7). Los árboles forestales limpian el aire filtrando los contaminantes. Esta es la razón por la cual la deposición en masas forestales cercanas era como promedio dos veces mayor comparando con las zonas a cielo abierto. El pronunciado descenso

del 40% en la curva de deposición bajo el dosel de copas ilustra de un modo claro que la reducción de emisiones alivia específicamente a los ecosistemas forestales. La deposición media de amonio y nitrato bajo el dosel de copas ha descendido asimismo. En mediciones a cielo abierto, las aportaciones de nitratos fluctuaron en lugar de descender. A pesar de las mejoras conseguidas, los informes de los últimos años han mostrado que la deposición se encuentra todavía por encima de los niveles críticos en muchas parcelas. Además, los contaminantes se han ido depositando en los suelos forestales durante años y décadas. Los modelos dinámicos muestran que incluso una recuperación parcial puede tardar más décadas (ver Cáp. 3-5).

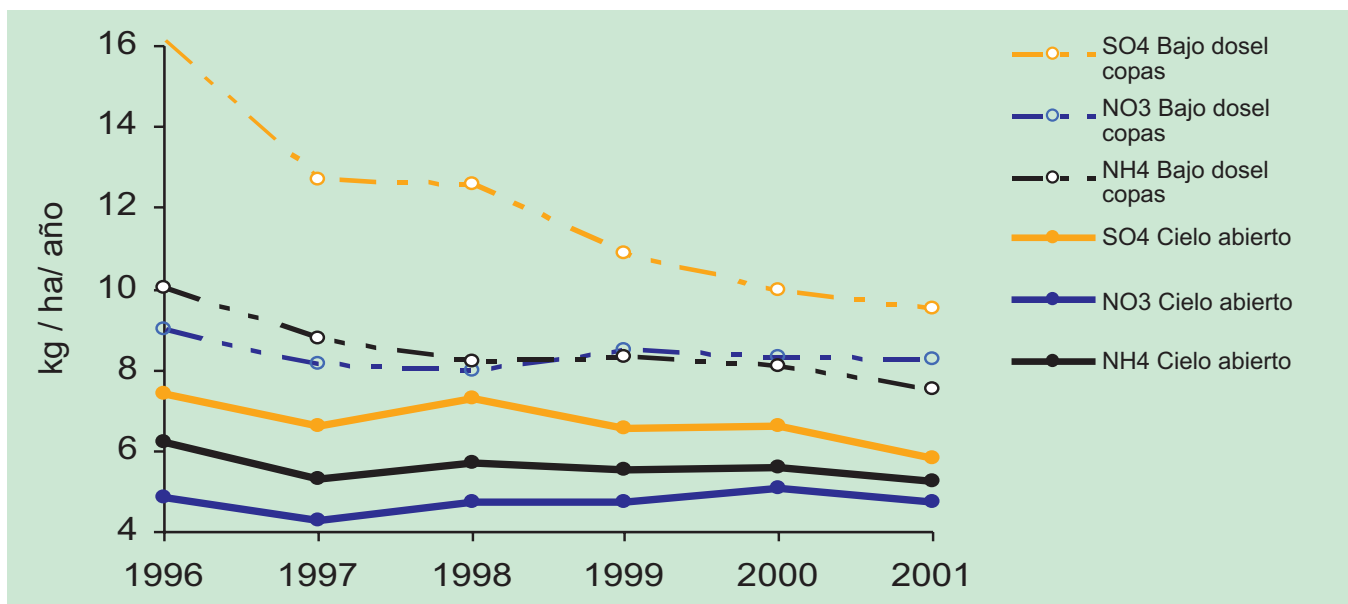


Figura 3-7: Desarrollo de la deposición media de sulfato (SO₄-S), nitrato (NO₃-N), y amonio (NH₄-N) en 169 parcelas.

Los niveles y tendencias en la deposición varían a lo largo de Europa

Las altas deposiciones de nitratos son comunes en Europa central desde el norte de Italia al sur de Escandinavia. En general prevalecen las parcelas sin cambios en los aportes a cielo abierto. La deposición bajo el dosel de copas descendió en un 21.8% de las parcelas. Esto refleja ampliamente el éxito de las políticas de aire limpio (ver Fig. 3-8 - 3-11). Con respecto a los aportes todavía altos de nitrato y amonio, la implantación del Protocolo CEPE/NNUU para Disminución de la Acidificación, Eutrofización y Ozono Troposférico que entró en vigor el 17 de mayo de 2005 tiene un lugar

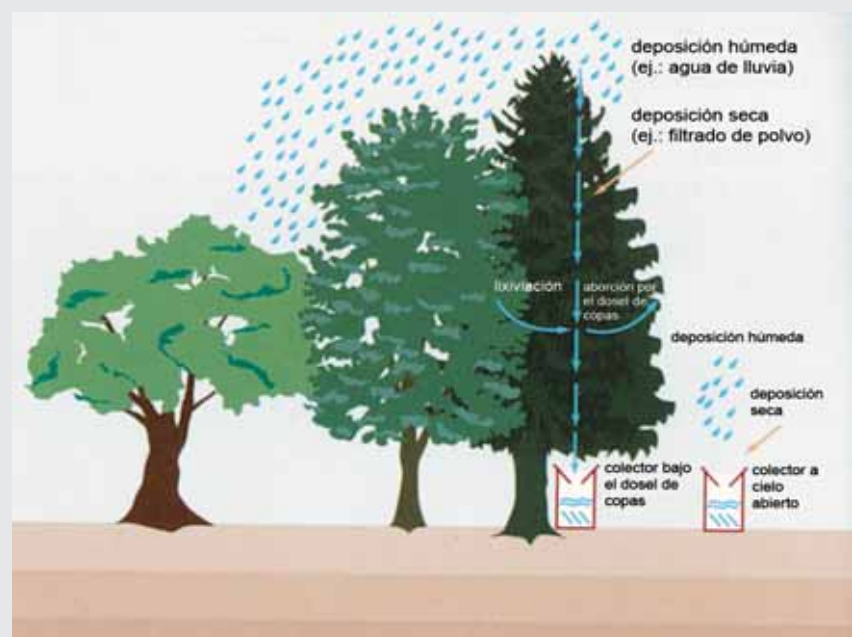
relevante en la agenda política. Las fluctuaciones anuales en las deposiciones atmosféricas a menudo se deben a variaciones en la precipitación. Sin embargo, los descensos en la deposición de azufre son mayores de lo que podría esperarse a través de las tendencias observadas en la precipitación durante el mismo periodo. Las altas aportaciones de sulfatos en parcelas cerca de las costas pueden tener un origen natural marítimo. La alta variabilidad de situaciones de parcelas y tipos de bosques a lo largo de Europa subraya la necesidad de un seguimiento más amplio. Los tres ejemplos específicos presentados en la siguiente página ilustran esto.

Flujos de deposición, selección de parcelas y evaluación de datos

Siguiendo su mandato, el programa PCI Bosques ha comenzado a implantar mediciones de deposición en Parcelas de Seguimiento Intensivo en la segunda mitad de los años 90. La deposición se mide tanto a cielo abierto como en el interior de las masas forestales (bajo dosel de las copas). Las mediciones de flujos de escorrentía a lo largo del tronco son de particular importancia en hayedos donde hay considerables cantidades de agua de lluvia que alcanzan el suelo forestal escurriendo a lo largo de la corteza lisa de los árboles. En las muestras a cielo abierto se puede cuantificar directamente la deposición húmeda y una parte desconocida de la deposición seca. La deposición en masas forestales es normalmente más alta comparada con la deposición a cielo abierto debido al efecto filtrante del dosel de copas arbóreas. Sin embargo, las mediciones han de interpretarse con cuidado, ya que el agua de lluvia lava ciertos elementos (Ej. potasio, K) del follaje de los árboles cuando percola a través del dosel de copas (lixiviación). Otros compuestos (Ej. nitrógeno, N) son tomados por las hojas y acículas (absorción por parte del dosel de copas). En comparación con los compuestos nitrogenados, la

lixiviación o la absorción de sulfatos por el dosel de copas es baja. Tras realizar intensos chequeos de calidad, están disponibles juegos completos de datos de deposición bajo el dosel de las copas y a cielo abierto para nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$), amonio ($\text{NH}_4\text{-N}$), y sulfatos ($\text{SO}_4\text{-S}$) procedentes de 169 parcelas, de los años 1996 al 2001. Se calcularon las deposiciones medias anuales para estas parcelas. Para el

mismo periodo se han chequeado para búsqueda de resultados significativos las pendientes de las regresiones lineales, a nivel de parcela. Se han calculado las medias específicas por parcela para el periodo 1999 a 2001. En los mapas se han incluido todas las parcelas que tienen juegos completos de datos para el compuesto descrito. Por tanto, los números de parcelas son mayores.



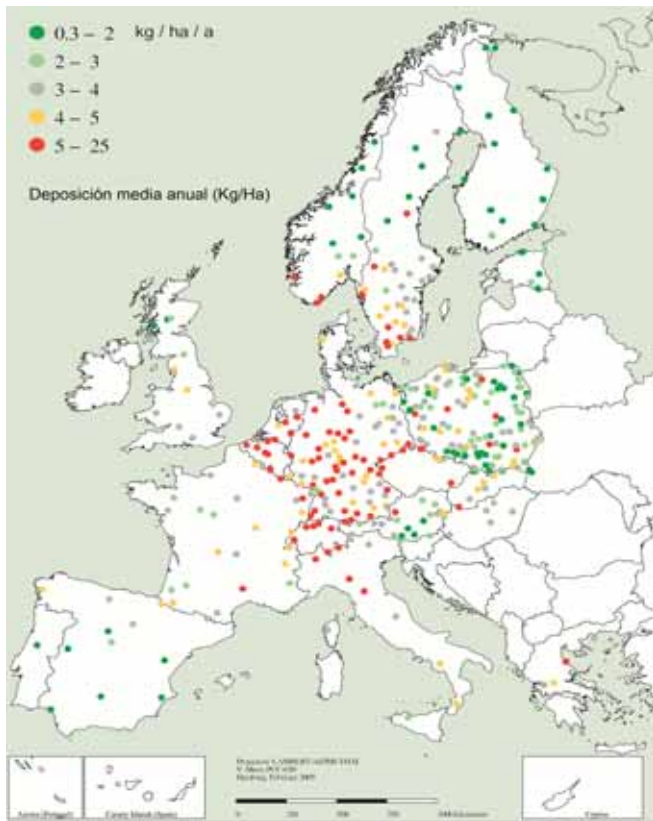


Figura 3-8: Medias de nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) en la deposición a cielo abierto. 1999 – 2001 en 409 parcelas

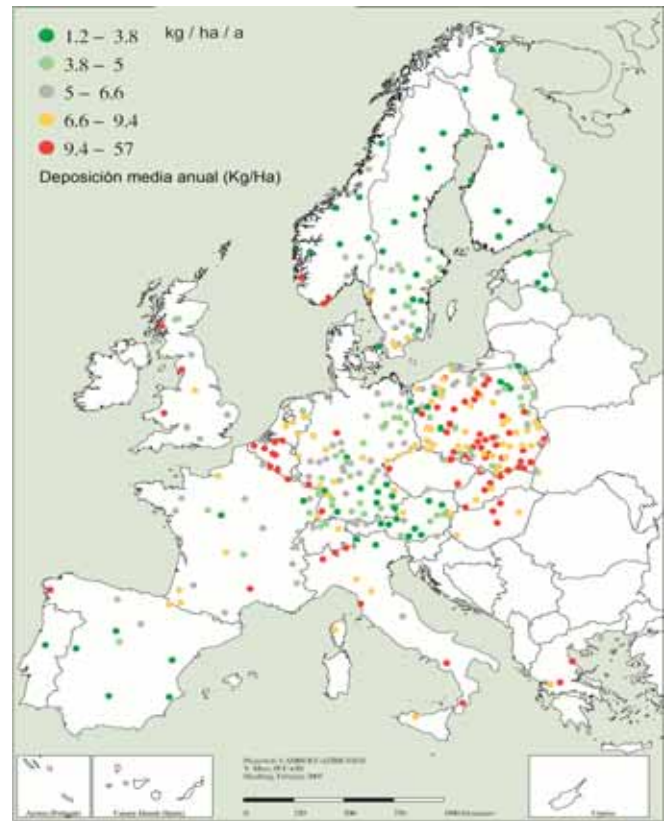


Figura 3-9: Tendencia del nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) en la deposición a cielo abierto. 1996 – 2001 en 294 parcelas. Sólo se han incluido las parcelas con juegos completos de datos en dicho periodo temporal.

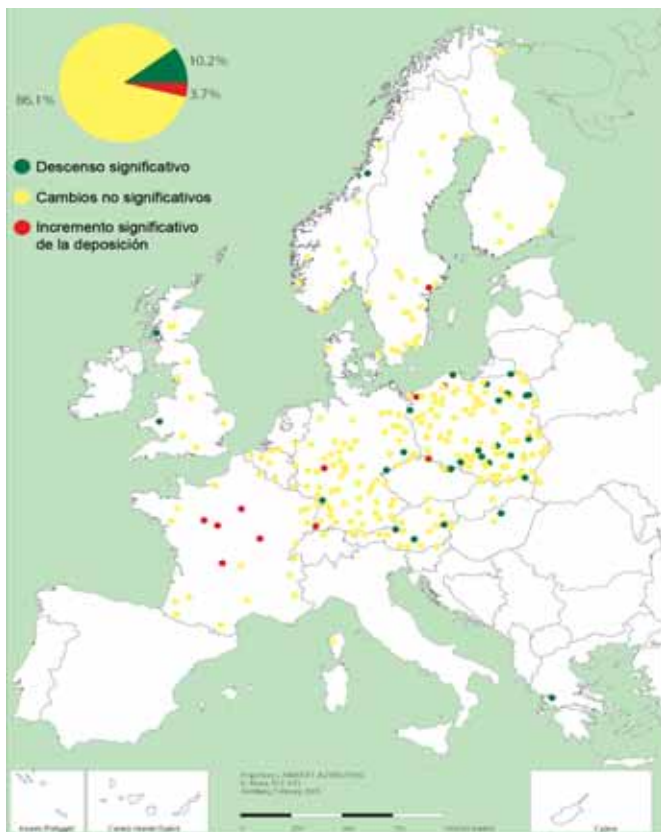


Figura 3-10: Medias de sulfato ($\text{SO}_4\text{-S}$) en la deposición a cielo abierto. 1999 – 2001 en 401 parcelas.

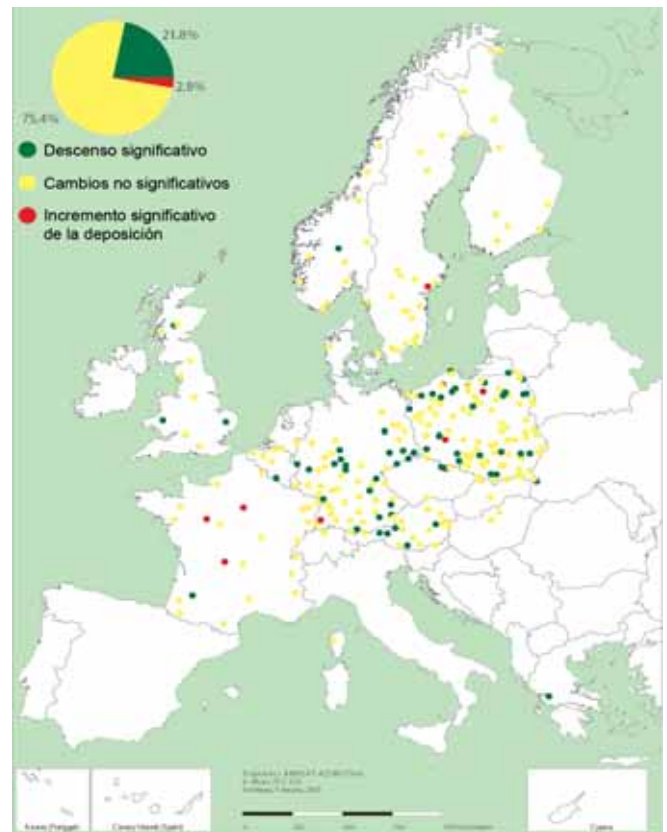


Figura 3-11: Tendencia del sulfato ($\text{SO}_4\text{-S}$) en la deposición a cielo abierto. 1996 – 2001 en 285 parcelas. Sólo se han incluido las parcelas con juegos completos de datos en dicho periodo temporal.



Lugar Nuevo, Freising, Blåbärskullen:

DIFERENTES TENDENCIAS EN CUANTO A DEPOSICIÓN A TRAVÉS DE EUROPA

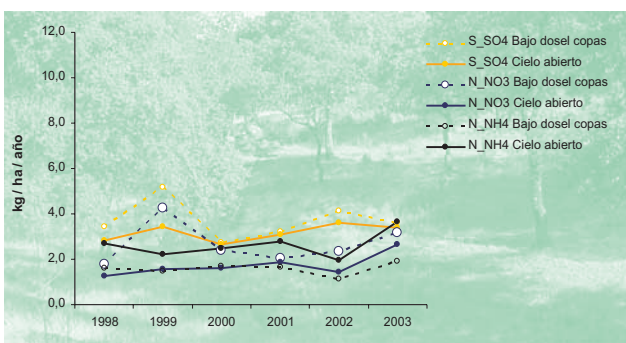


Figura 3-12: Tendencia en la deposición media de sulfato (SO_4-S), nitrato (NO_3-N), y amonio (NH_4-N) en Lugar Nuevo, en España.

● El seguimiento completo de la deposición en la parcela española, situada en Sierra Morena, comenzó en 1998. Su baja deposición es típica de lugares remotos en la región Mediterránea (ver Fig. 3-12). La deposición de nitrato y sulfato bajo el dosel de las copas es igual o ligeramente superior a las mediciones a cielo abierto, mostrando que (i) no hay mucha deposición seca para ser filtrada y (ii) las masas de encina, bastante abiertas, probablemente no son tan efectivas como filtros del aire. La cantidad de deposición de amonio bajo el dosel de copas por debajo de las aportaciones a cielo abierto indica la captación por parte de las copas arbóreas. Con esta captación, los árboles obtienen nitrógeno adicional, que parece ser un nutriente limitante para el crecimiento en la parcela.

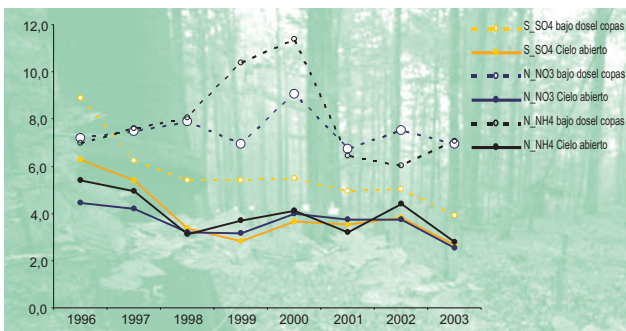


Figure 3-13: Tendencia en la deposición media de sulfato (SO_4-S), nitrato (NO_3-N), y amonio (NH_4-N) en Freising, en Alemania.

● La parcela de Nivel II de Freising recibe aportaciones de sulfato por debajo de las de otros emplazamientos en Centroeuropa. Se puede observar un descenso generalizado (ver Fig. 3-13). Sin embargo y al igual que en muchos otros bosques de Europa central, las aportaciones de nitrógeno a las masas forestales son el principal problema. La masa continúa filtrando del aire cantidades considerables de contaminantes. Esto queda demostrado por las aportaciones bajo el dosel de copas que algunas veces son el doble que las de las muestras a cielo abierto, lo cual es muy significativo para el caso de una masa caducifolia de haya. Hasta el momento la pérdida de nitrógeno del suelo es muy baja.

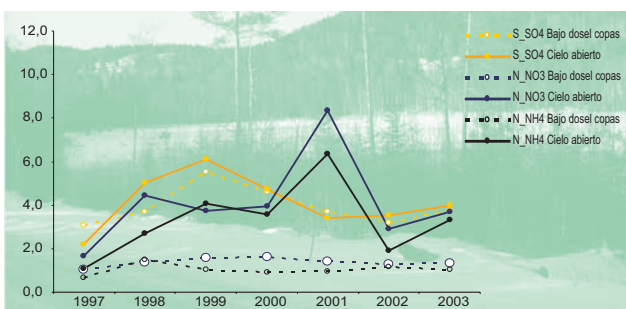


Figure 3-14: Tendencia en la deposición media de sulfato (SO_4-S), nitrato (NO_3-N), y amonio (NH_4-N) en Blåbärskullen, en Suecia.

● En Blåbärskullen en Suecia central, la deposición de sulfato fluctúa por debajo de los valores medios europeos (ver Fig. 3-14). Las aportaciones de nitrógeno se han incrementado en las mediciones a cielo abierto a lo largo del periodo evaluado de 5 años. La baja deposición de nitrógeno bajo el dosel de copas indica que solo muy pequeñas cantidades alcanzan el suelo forestal. En cambio, los árboles consumen la mayor parte del nitrógeno entrante por medio de la absorción por el dosel de copas. La baja deposición de nitrógeno a cielo abierto en 1997 y los altos valores en 2001 están fuertemente correlacionados con la cantidad de precipitación anual.

3.4 Infiltración de la deposición de nitrógeno en aguas subterráneas

Resumen

La infiltración de nitrógeno en aguas subterráneas está fuertemente relacionada con las entradas de nitrógeno atmosférico. Esto es particularmente palpable en lugares que ya están enriquecidos en nitrógeno.

En lugares con un nivel de nitrógeno más bajo, la temperatura media anual juega un papel adicional importante. El modelo muestra la infiltración más alta a una temperatura media anual de alrededor de 7,5°C. Con temperaturas medias anuales más bajas y más altas, se observan tasas de infiltración más bajas.

Introducción

Las emisiones de nitrógeno por parte de la agricultura y la combustión del combustible fósil son todavía el mayor problema en Europa central. Como se muestra en el capítulo 3.3, la deposición promedio de nitrógeno en las parcelas forestales solo ha descendido despacio o se ha mantenido en los mismos niveles. A lo largo de las últimas décadas esta deposición ha conducido a un incremento en el almacenamiento de nitrógeno en la material orgánica y en el suelo, y por último a una intensificación de las concentraciones de nitrógeno en el agua de escorrentía superficial y el agua del suelo. Los datos procedentes de 121 Parcelas de Seguimiento Intensivo junto con los datos adicionales a gran escala procedentes de la base de datos de Indicadores de Función de los Ecosistemas Forestales fueron la base para la evolución del impacto de las altas deposiciones de nitrógeno en suelos forestales en Europa central y del norte. Este estudio fue promovido por los proyectos de la UE DYNAMIC y CNTER.

Los aportes de nitrógeno al suelo y los niveles de nitrógeno en suelos determinan los flujos de lixiviación

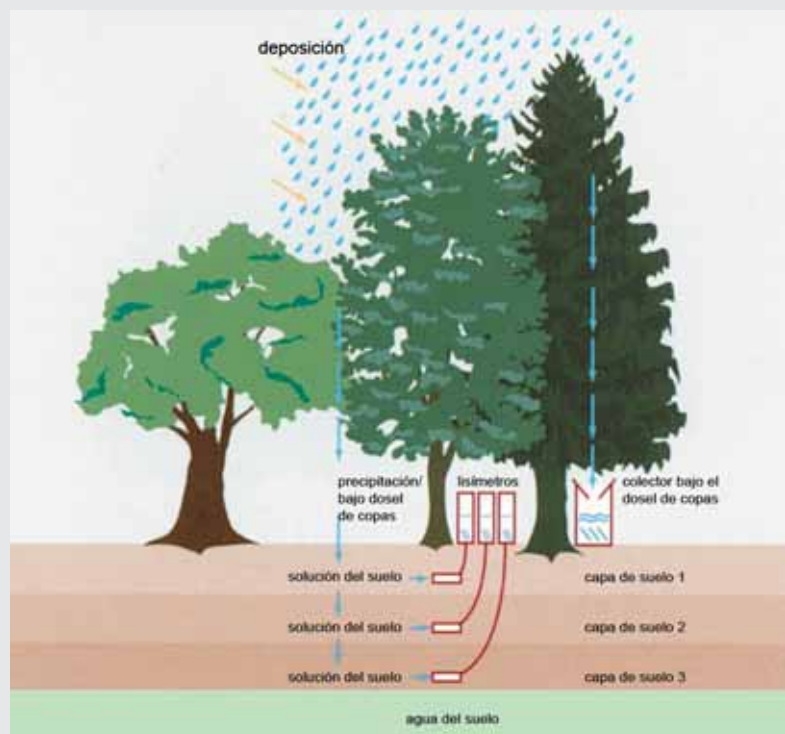
Tal y como se ha comentado antes, la alta lixiviación de nitrógeno estaba ampliamente relacionada con la alta deposición de nitrógeno bajo el dosel de copas. En otras palabras, cuando el agua de lluvia contiene grandes cantidades de nitrógeno, hay una probabilidad más alta de que el nitrógeno se cuele en el agua del suelo.



Lisímetros extrayendo solución del suelo en Francia.

Para la determinación de las relaciones entre las aportaciones de nitrógeno y la lixiviación del nitrógeno al agua del suelo, se

requieren tanto mediciones bajo el dosel de las copas como lisímetros



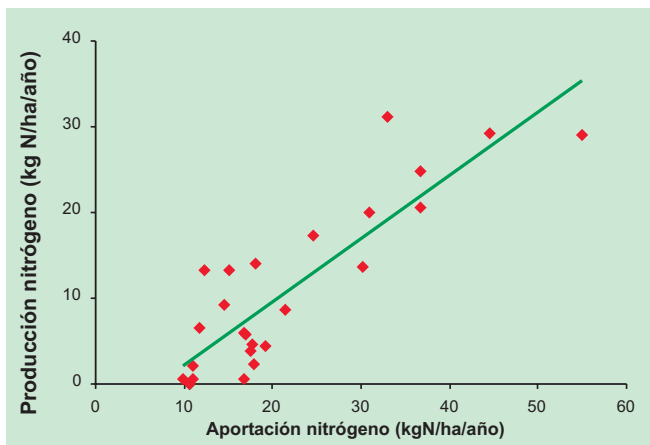


Figura 3-15: Lixiviación de nitrógeno ($\text{kg N ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) contra aporte de nitrógeno bajo dosel de copas en lugares ya de por sí enriquecidos en nitrógeno.

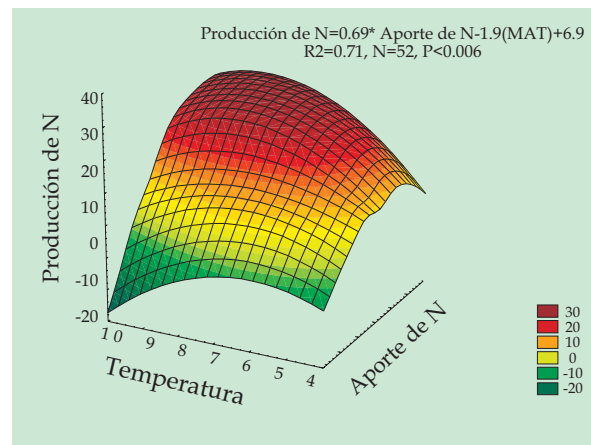


Figura 3-16: Lixiviación de nitrógeno ($\text{kg N ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) en relación con la deposición (bajo el dosel de copas) y la temperatura media anual para bosques con bajos niveles de nitrógeno.

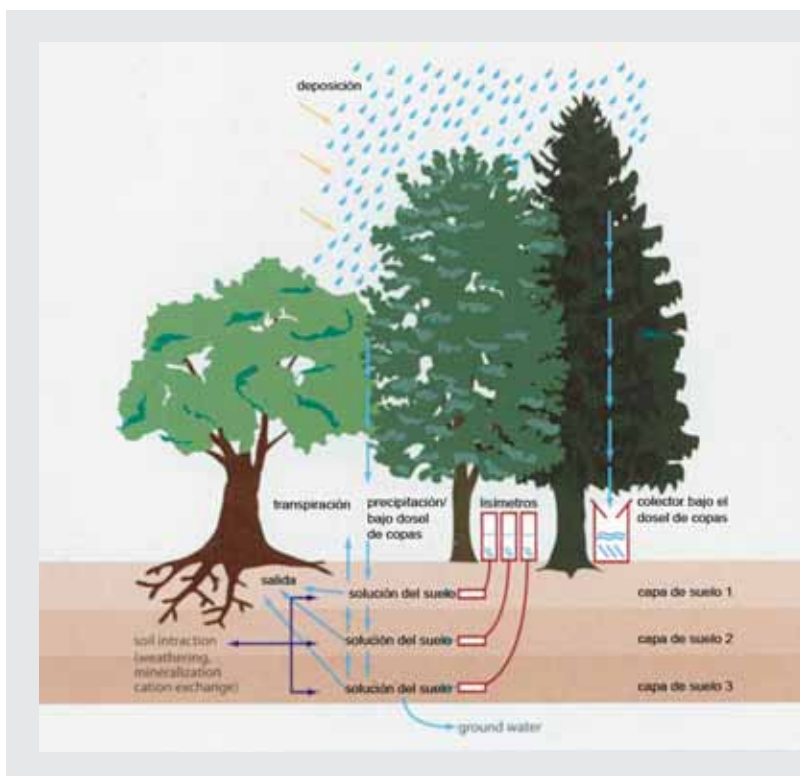
Esta relación general es específicamente cierta para lugares con suelo forestal ya de por sí enriquecido en nitrógeno ('altos niveles de N') (ver Fig. 3-15). En este caso, ni el suelo ni las plantas son capaces de retener mucho nitrógeno adicional y lo dejan pasar a través de ellos bastante deprisa.

En lugares que son bastante pobres en nitrógeno ('bajos niveles de N'), se mostraba que la temperatura media

anual jugaba un papel adicional en la determinación de la lixiviación de nitrógeno. Para cualquier aportación de nitrógeno dada, el modelo muestra que la mayor salida de nitrógeno se produce a temperaturas medias anuales alrededor de 7.5°C . A mayores temperaturas hay una lixiviación de nitrógeno más baja (ver Fig. 3-16). Una posible explicación para esto es que las temperaturas más cálidas están ligadas a una mejora en la productividad de la vegetación y

por tanto a más captación de nitrógeno. Las tasas de lixiviación más bajas se producen también a temperaturas más bajas, probablemente debido a la preponderancia microbiana en los ciclos de nitrógeno a temperaturas más bajas.

Información adicional:
www.flec.kvl.dk/CNTER



Modelos dinámicos de la química del suelo

Los modelos dinámicos de la química del suelo, tales como el SAFE (Soil Acidification in Forest Ecosystems) y el VSD (Very Simple Dynamic Model) muestran los efectos a lo largo del tiempo de la deposición ácida y actuaciones forestales como las cortas y las enmiendas calizas en los suelos y en la solución del suelo.

Los procesos clave incluidos en los modelos dinámicos son las reacciones de equilibrio en la solución del suelo que incluyan CO_2 , ácidos orgánicos y aluminio, intercambio de cationes, movimiento de elementos con flujos horizontales de agua en modelos de múltiples estratos y la nitrificación. Se tienen en cuenta los flujos de elementos en la deposición, la captación de nutrientes y los ciclos de nutrientes incluyendo la mineralización, procesos de disgregación de los cationes básicos y el aluminio, y la lixiviación de elementos al agua del suelo.

3.5 La recuperación de los ecosistemas forestales puede tardar décadas - la aplicación de modelos dinámicos

Resumen

- Se predice una lenta recuperación en la química de la solución del suelo en muchas parcelas tras la reducción de emisiones siguiendo el protocolo de Gotemburgo de CEPE/NNUU. Sin embargo, tal y como muestran los modelos dinámicos de suelos, la química de la fase sólida del suelo reacciona incluso más lentamente.
- Los procesos de recuperación están determinados principalmente por la deposición específica de la parcela en cationes ácidos y básicos, desintegración de los minerales y captación de nutrientes por parte de los árboles.
- Los resultados de los modelos dinámicos indican que se necesitan más reducciones de emisiones basadas en los valores límite ya negociados con objeto de alcanzar los límites críticos.

Los resultados de los seguimientos muestran que la deposición de azufre ha descendido claramente en muchas parcelas, mientras que las entradas de nitrógeno en general están bien fluctuando o descendiendo (ver Cáp. 3.3). Pero, ¿cuales son los efectos a medio y largo plazo de décadas con alta contaminación atmosférica? ¿Podemos actuar de nuevo como si nada hubiera ocurrido una vez que las entradas estén por debajo de las cargas críticas? Los modelos dinámicos nos ofrecen una herramienta orientada a procesos para estimar el tiempo de recuperación de los ecosistemas forestales. Los datos de Nivel II proporcionan una excelente base para estos cálculos. Los resultados del llamado modelo SMART han sido presentados en informes anteriores. Ahora se presentan los primeros resultados del VSD y del modelo más complejo SAFE.

Los modelos dinámicos han sido aplicados con éxito a los datos obtenidos de los seguimientos nacionales por países como Bulgaria, Alemania, Noruega, Suecia, Suiza y el Reino Unido. Los resultados muestran que:

- La aplicación de SAFE en 84 parcelas de Nivel II en Alemania predice que en más del 90% de las parcelas investigadas los límites



Análisis de la solución del suelo en laboratorio.

críticos aún se excederán en 2010 y los procesos de recuperación serán muy lentos.

- Los modelos también han predicho una lenta recuperación de la química del suelo para 16 masas forestales en Suecia, asumiendo la total implantación del protocolo de Gotemburgo. En 2100, un 44% de las lugares modelizados podrían aún tener capas de suelo con una proporción cationes básicos/aluminio por debajo del supuesto valor crítico de 1.
- Las cargas críticas para azufre y nitrógeno no se excedieron en ninguna de las tres parcelas de Nivel II evaluadas en Bulgaria.
- Para Noruega, la aplicación del modelo dinámico predice que, incluso con un escenario de reducción de máxima fiabilidad, los niveles de saturación básica en los suelos no alcanzarán los niveles pre-industriales en los próximos 50 años en ninguno de los lugares modelizados.
- En general, la recuperación de suelos acidificados y mermados es en gran parte dependiente de la disgregación de los minerales, la deposición de cationes ácidos y básicos y la captación de nutrientes por los árboles.
- Las reducciones de emisiones

basadas en el protocolo de Gotemburgo, el programa de la UE CAFE y demás acuerdos internacionales dan como resultado alguna recuperación en los suelos en muchas parcelas.

- Se necesita más reducción de emisiones con objeto de asegurar un estado del suelo que asegure la estabilidad a largo plazo del ecosistema. En contraste con la solución del suelo, que reacciona comparativamente rápido, la química de la fase sólida del suelo, e incluso más la flora y la fauna, reaccionan mucho más lentamente. En este caso, los procesos de recuperación pueden tardar muchas décadas.

Los futuros esfuerzos estarán dirigidos a la aplicación de SAFE en un mayor número de parcelas de Nivel II y hacia modelos aún más sofisticados que sean capaces de simular las reacciones de las comunidades vegetales y el crecimiento forestal a los parámetros medioambientales cambiantes.

Información adicional:
www.icpmapping.org



Se aplicaron los modelos dinámicos a las tres parcelas de ejemplo. Los cálculos se basan en datos de Nivel II y tasas históricas de deposición disponibles a partir de la literatura. Se aplicaron futuros escenarios de deposición basados en el protocolo de Gotemburgo tal y como fueron calculados por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA). Con

Lugar Nuevo, Freising, Blåbärskullen:

LOS MODELOS DINÁMICOS REVELAN UN AGOTAMIENTO SOSTENIDO DE LOS SUELOS INCLUSO DESPUÉS DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES

objeto de definir los límites críticos se requería que el pH del cuerpo del suelo por debajo de 10 cm. de profundidad en la época pre-industrial no debería estar significativamente cambiado. En el caso de las parcelas de Freising y Blåbärskullen, la disponibilidad de datos opcionales de medición posibilitó la aplicación del modelo de múltiples estratos SAFE.

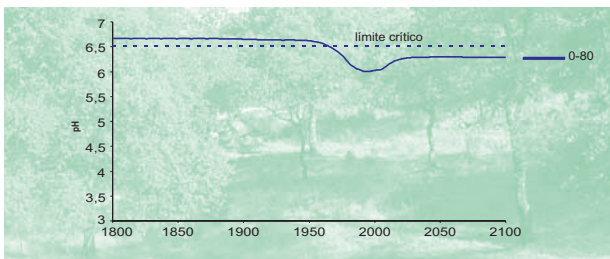


Figure 3-17: pH modelizado de la solución del suelo en Lugar Nuevo, en España.

● La parcela de Lugar Nuevo recibe una deposición relativamente alta de cationes básicos (ver Fig. 3-17). Esta es la razón por la cual el pH (modelizado) en 1800 era de 6.7. Debido a la deposición de azufre y nitrógeno atmosférico entre 1950 y 1998 el pH descendió a 6.0. En el caso de reducción de emisiones siguiendo el protocolo de Gotemburgo, el pH podría incrementarse de nuevo a 6.3 después del año 2030, lo cual sin embargo está todavía por debajo del límite crítico que fue calculado para un pH de 6.5. Esto muestra la necesidad de una reducción adicional de las emisiones.

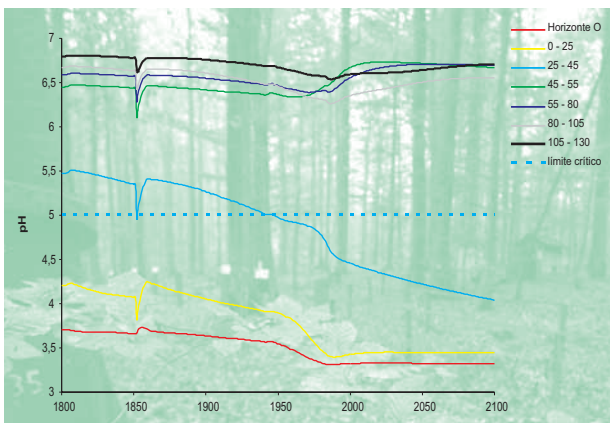


Figure 3-18: pH modelizado de la solución del suelo en Freising, en Alemania.

● En la parcela de Seguimiento Intensivo en Freising, una corta a hecho, documentada en la historia de la masa forestal conduce a un colapso en el pH de la solución del suelo a lo largo de varios años a mediados del siglo XIX (ver Fig. 3-18). Desde entonces, el incremento en la contaminación atmosférica contribuye a un continuo descenso del pH. A finales del siglo XX este declive fue bastante acusado en las capas de suelo mineral situadas por encima de los 45 cm. de profundidad. El escenario de reducción de emisiones da como resultado la recuperación de las capas más profundas del suelo ayudada por los cationes resultantes de la disgregación de un material parental bastante rico en nutrientes. En las capas de suelo más altas, el aporte de cationes procedentes de la parte profunda del suelo no es suficiente en relación con la deposición ácida, y se predice que el pH continuará estando bajo el nivel crítico tal y como se indicó para la capa de 25 – 45 cm.

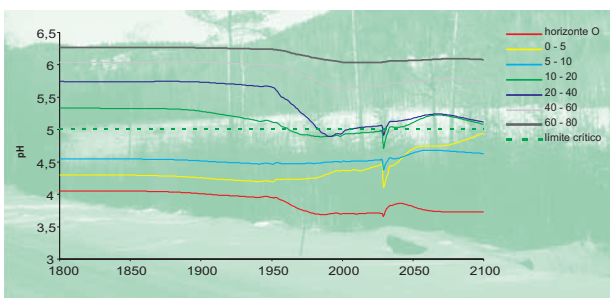


Figure 3-19: pH modelizado de la solución del suelo en Blåbärskullen, en Suecia.

● En la parcela de Blåbärskullen, el pH de la solución del suelo desciende en las capas más profundas del suelo en particular tras la plantación de una masa de píceas en lo que anteriormente, en 1950, eran tierras agrícolas y debido al incremento en la deposición (ver Fig. 3-19). Sólo las capas minerales superiores se beneficiaron de los aportes de cationes básicos a través del desfronido. Puede observarse una recuperación tras la reducción de emisiones en la mayor parte de las capas tras el año 2000 y el límite crítico ya no será excedido tras el 2050. Si continúan llevándose a cabo las operaciones de manejo forestal tradicionales, una corta a hecho en el 2030 influenciará claramente al pH.

3.6 Desfronde – una parte importante del ciclo ecológico

Resumen

Muchos países han llevado a cabo evaluaciones de desfronde durante años. Desde el 2004 se dispone de una metodología armonizada para el muestreo. Los muestreos proporcionan una información importante sobre el estado de las copas arbóreas en el ecosistema, sobre los ciclos de nutrientes y sobre eventos fenológicos tales como la fructificación, la floración y sobre la aparición y caída de hojas y acículas.



Colectores de desfronde instalados en una parcela de Nivel II de abeto en Grecia central.

Se denomina muestreo de desfronde a la recolección de hojas, acículas, frutos y flores desprendidos del árbol al suelo forestal. El desfronde constituye una parte importante del ciclo químico y biológico en los ecosistemas forestales. La importancia de estas mediciones ha sido reconocida por muchos países y bajo iniciativas nacionales se llevaron a cabo muestreos de desfronde en alrededor del 45% de las parcelas de Seguimiento Intensivo ya en 2001. Desde el 2004, este muestreo está incluido oficialmente en el programa transnacional de seguimiento y recientemente ha sido adoptado un manual con los métodos armonizados. Solo unos pocos países han evaluado estos datos. Estos resultados nacionales muestran ya la importancia del muestreo.

El desfronde y las condiciones climatológicas

Un estudio noruego en masas de picea ha investigado las relaciones entre la caída de acículas y las condiciones climáticas cálidas y secas a lo largo de 15 años. Las acículas caídas fueron separadas en acículas rojizas y acículas verdes y esto fue correlacionado con las condiciones climáticas. Los veranos

inusualmente secos fueron seguidos de un incremento en la caída de acículas rojizas en otoño e invierno y las temperaturas inusualmente altas fueron acompañadas por un incremento en la cantidad de acículas verdes caídas. Estos resultados pueden explicar el incremento en la defoliación de las copas en el Sudeste de Noruega, a causa de su correspondencia temporal con el excedente en la caída de acícula. Todo esto junto indica que el clima es un factor dominante para la caída de acícula y probablemente también para la defoliación.

La hojarasca transporta nutrientes para su reciclaje

La composición química de la capa de hojarasca proporciona información sobre la situación en cuanto a nutrientes. Las evaluaciones a partir de once parcelas de Nivel II en el Reino Unido han mostrado que el aporte de nitrógeno a los suelos a través del desfronde es el factor que más contribuye al ciclo de nutrientes en los ecosistemas forestales. Sin embargo, debe hacerse notar que el nitrógeno contenido en el desfronde es resultante tanto del ciclo interno del nitrógeno como de la deposición como aporte adicional.

La producción de semilla es información importante a nivel ecológico y de manejo

Cada vez se incrementa más el uso de la regeneración natural en vez de las plantaciones forestales en muchas áreas en Europa. La información sobre la cantidad de fruto producida por hectárea y las tendencias en esta producción a lo largo de los años puede ayudar en gran medida a los forestales en la planificación de las áreas forestales a ser regeneradas naturalmente o de las semillas a cosechar para la regeneración artificial. La fructificación de los árboles también está relacionada con las condiciones climatológicas así con los factores de estrés y un conocimiento más a fondo de estas influencias resulta esencial para describir las dinámicas dentro del bosque. Los primeros resultados de Francia confirman la bien conocida variación entre años y entre lugares (ver Fig. 3-20). Los datos ofrecen una oportunidad única para evaluar los factores relacionados con la producción de semilla.

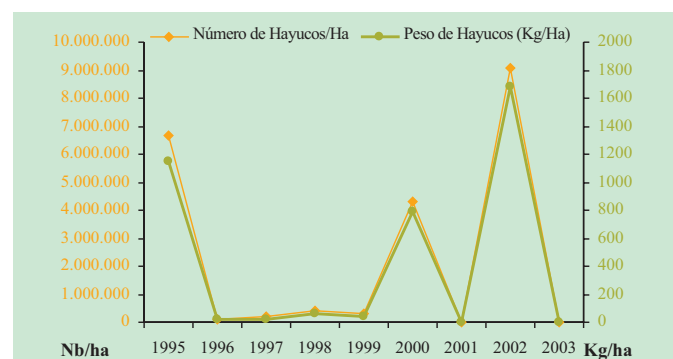
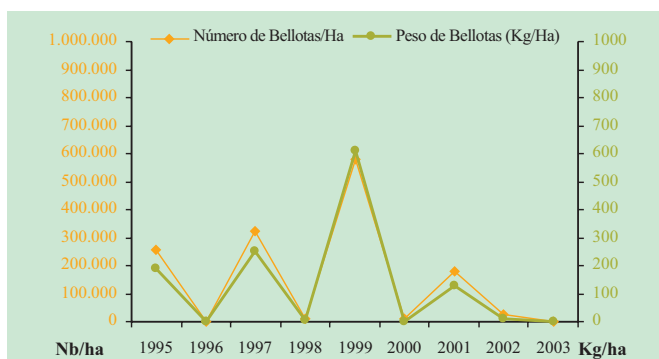


Figura 3-20: Tendencias en el número y peso de las bellotas (*Quercus petraea*) o hayucos (*Fagus sylvatica*) por hectárea de 1995 a 2003 en masas de roble albar en el norte y en el sur (izquierda) y de haya (derecha) en Francia.



Bosque de hayas, Alemania.

4. CONCLUSIONES

Hace más de dos décadas en Europa cundió la alarma ante los escenarios de los efectos de la contaminación atmosférica causando daños catastróficos a los bosques. Ahora, los titulares han cambiado. Desde entonces se han tomado medidas en el campo de las políticas de aire limpio. El estado de los bosques a escala europea se ha deteriorado mucho menos dramáticamente que lo que se temía a principios de los años 80.

El aporte de una imagen detallada sobre el estado de los bosques en el espacio y en el tiempo y el establecimiento de un sistema de alarma temprana para los bosques Europeos se encuentran entre los principales resultados del seguimiento conjunto llevado a cabo bajo el Programa Internacional de Cooperación para la Evaluación y el Seguimiento de los Efectos de la Contaminación Atmosférica en los Bosques (PCI Bosques) y el esquema de la Unión Europea "Forest Focus".

Sin embargo, en muchas regiones varios factores de estrés, incluyendo la contaminación atmosférica, afectan considerablemente al estado de los bosques. La extrema sequía y el calor durante el verano de 2003 contribuyeron al acusado empeoramiento del estado de muchas de las principales especies arbóreas en 2004, notablemente en el caso del haya y especialmente en Europa central. Sólo la defoliación del pino silvestre es ahora claramente más baja que a mediados de los años 90. Se ha probado que el estado de las copas es un valioso indicador para la estimación del estado de los árboles en un tiempo relativamente corto y con bajos costes. La inclusión de un nuevo muestreo de desfronde dentro del sistema de seguimiento es una oportunidad adicional para evaluar el enlace entre defoliación y factores medioambientales de estrés.

Existen varias causas para las diferentes tendencias en el estado de los ecosistemas forestales en Europa. El Programa de Seguimiento Intensivo (las llamadas parcelas de Nivel II) del PCI Bosques ofrece una oportunidad única para una visión más en profundidad sobre las reacciones de los ecosistemas relacionadas con diferentes factores de estrés. La deposición media anual de nitrógeno bajo el dosel de copas de 169 parcelas de Nivel II localizadas mayormente en regiones de Centroeuropa se redujo de alrededor de 19 a 16 kg por hectárea y año entre 1996 y 2001. En casi todas las parcelas, los aportes de nitrógeno fueron considerablemente más altos que la deposición de azufre. Los aportes medios de azufre fueron de 10 kg por hectárea y año en el año 2001. La alta deposición de nitrógeno incrementa el riesgo de lixiviación de nitratos al agua del suelo. Esto es particularmente palpable en lugares ya de por sí enriquecidos en nitrógeno.

Los protocolos Internacionales bajo la Convención de la CEPE/NNUU entraron en vigor con objeto de reducir los efectos de la contaminación atmosférica en los ecosistemas. Los modelos dinámicos de la química del suelo predicen una cierta recuperación de la química de la solución del suelo a consecuencia de las estrategias de disminución de emisiones. Sin embargo, la completa recuperación de muchas parcelas puede tardar décadas y dependerá de las nuevas reducciones de emisiones.

La fase test de seguimiento de la calidad del aire que comenzó en 2001 en cerca de 100 parcelas de Seguimiento Intensivo ha conducido a la obtención de datos fiables sobre ozono procedentes de zonas forestales remotas. La amenaza de concentraciones de ozono más altas en repetidos episodios de veranos calurosos ha adquirido fuerza. La evaluación de los efectos del ozono en las plantas acaba de comenzar. Los primeros resultados muestran que no existe una clara relación entre las concentraciones de ozono y los daños visibles por ozono, ya que el intercambio de gases y por tanto la captación de ozono se ve limitada en condiciones climáticas secas.

Los resultados publicados por el PCI Bosques durante las dos pasadas décadas constituyen una parte de la base científica de los protocolos bajo la Convención de Ginebra sobre Transporte de la Contaminación Atmosférica a Larga Distancia. En el futuro, el aporte de información científica relevante a la Convención también seguirá siendo de alta prioridad para el PCI Bosques. No obstante, el programa también usará su enfoque multidisciplinar de los seguimientos y su extensa base de datos para contribuir a otras políticas medioambientales internacionales. Proporcionará información sobre la diversidad en especies en los bosques Europeos y sobre las causas de sus cambios a lo largo del tiempo. Además, el PCI Bosques contribuirá con datos armonizados sobre captura de carbono. La estrecha cooperación con la comunidad científica asegurará nuevos beneficios mutuos y, finalmente, el estrecho contacto con programas de otros continentes como Asia Oriental y Norteamérica, ayudará a completar la imagen global respecto al estado de los bosques.

ANEXO I: BOSQUES, MUESTREOS Y CLASES DE DEFOLIACIÓN EN PAÍSES EUROPEOS (2004)

Resultados de los muestreos nacionales remitidos por los Centros Focales Nacionales

Países participantes	Área forestal (x 1000 ha)	% terreno forestal respecto al área total	Tamaño malla (km x km)	Nº de puntos muestreo	Nº. de árboles muestra	Defoliación de todas las especies por clase (agregadas), muestreos nacionales		
						0	1	2-4
Albania	1030	35.8	10 x 10	299	8970	42.7	45.1	12.2
Andorra	47		16 x 16	3	72	16.7	47.2	36.1
Austria	3878	46.2	16 x 16	136	3582	51.4	35.4	13.2
Bielorrusia	7845	37.8	16 x 16	406	9603	40.0	50.0	10.0
Bélgica	691	22.8	4 / 8	125	2966	38.2	42.4	19.4
Bulgaria	3314	29.9	4 / 8 / 16	124	4356	19.8	40.5	39.7
Croacia	2061	36.5	16 x 16	87	2082	35.3	39.5	25.2
Chipre	298	32.2	16 x 16	15	360	22.5	65.3	12.2
República Checa	2630	33.4	8 / 16	140	6585	11.7	31.0	57.3
Dinamarca	468	10.9	7 / 16	24	576	64.9	23.3	11.8
Estonia	2206	49.9	16 x 16	93	2201	49.4	45.3	5.3
Finlandia	20032	65.8	16 / 24x32	594	11210	57.1	33.1	9.8
Francia	14591	26.6	16 x 16	511	10219	32.0	36.3	31.7
Alemania	10264	28.9	16 / 4	451	13741	27.6	41.0	31.4
Grecia	2512	19.5	16 x 16		No hubo muestreo en 2004			
Hungría	1823	19.4	4 x 4	1204	28313	39.9	38.6	21.5
Irlanda	650	6.3	16 x 16	19	403	56.8	25.8	17.4
Italia	8675	28.8	16 x 16	255	7111	20.5	43.6	35.9
Letonia	2932	44.9	8 x 8	352	8384	20.9	66.6	12.5
Liechtenstein	8	50.0			No hubo muestreo en 2004			
Lituania	2045	31.3	8x8/16x16	261	6243	10.7	75.4	13.9
Luxemburgo	89	34.4			No hubo muestreo en 2004			
República de Moldavia	318	9.4	2 x 2	680	11895	30.1	35.9	34.0
Países Bajos	334	9.6	16 x 16	11	232	52.2	20.3	27.5
Noruega	12000	37.1	3 / 9	1566	8191	43.3	36.0	20.7
Polonia	8894	28.0	variable	1276	25520	8.3	57.1	34.6
Portugal	3234	36.4	16 x 16	133	3990	44.8	38.6	16.6
Rumanía	6244	26.3	4 x 4	3827	100041	62.5	25.8	11.7
Fed. Rusa	8125	73.2	Variable		No hubo muestreo en 2004			
Serbia y Montenegro	2360		16 x 16	130	3031	58.3	27.4	14.3
República de Eslovaquia	1961	40.0	16 x 16	108	4216	11.3	62.0	26.7
Eslovenia	1099	54.2	16 x 16	42	1008	30.5	40.2	29.3
España	11588	30.9	16 x 16	620	14880	24.0	61.0	15.0
Suecia	23400	57.1	Variable	2819	14805	48.8	34.7	16.5
Suiza	1186	28.7	16 x 16	48	1041	25.6	45.3	29.1
Turquía	20199	25.9			No hubo muestreo en 2004			
Ucrania	9316	15.4	16 x 16	57	1395	18.6	51.5	29.9
Reino Unido	2794	11.6	Aleatorio	347	8328	24.2	49.3	26.5
TOTAL	200456		Variable	16763	325550			

Serbia y Montenegro: Sólo Serbia.

Algunas diferencias en el nivel de los daños a lo largo de las fronteras nacionales pueden ser debidas al menos parcialmente, a diferencias en los estándares utilizados. Esta restricción, sin embargo, no afecta a la fiabilidad de las tendencias en el tiempo.

ANEXO II: DEFOLIACIÓN DE TODAS LAS ESPECIES (1993-2004)

Resultados de los muestreos nacionales remitidos por los Centros Focales Nacionales –

Países participantes	Clases de defoliación de todas las especies 2-4												% cambio puntos 2003/ 2004
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Albania						9.8	9.9	10.1	10.2	13.1		12.2	
Andorra												36.1	
Austria	8.2	7.8	6.6	7.9	7.1	6.7	6.8	8.9	9.7	10.2	11.1	13.1	2.0
Bielorrusia	29.3	37.4	38.3	39.7	36.3	30.5	26.0	24.0	20.7	9.5	11.3	10.0	-1.3
Bélgica	14.8	16.9	24.5	21.2	17.4	17.0	17.7	19.0	17.9	17.8	17.3	19.4	2.1
Bulgaria	23.2	28.9	38.0	39.2	49.6	60.2	44.2	46.3	33.8	37.1	33.7	39.7	6.0
Croacia	19.2	28.8	39.8	30.1	33.1	25.6	23.1	23.4	25.0	20.6	22.0	25.2	3.2
Chipre									8.9	2.8	18.4	12.2	-6.2
República Checa	51.8	57.7	58.5	71.9	68.6	48.8	50.4	51.7	52.1	53.4	54.4	57.3	2.9
Dinamarca	33.4	36.5	36.6	28.0	20.7	22.0	13.2	11.0	7.4	8.7	10.2	11.8	1.6
Estonia	20.3	15.7	13.6	14.2	11.2	8.7	8.7	7.4	8.5	7.6	7.6	5.3	-2.3
Finlandia	15.2	13.0	13.3	13.2	12.2	11.8	11.4	11.6	11.0	11.5	10.7	9.8	-0.9
Francia	8.3	8.4	12.5	17.8	25.2	23.3	19.7	18.3	20.3	21.9	28.4	31.7	3.3
Alemania	24.2	24.4	22.1	20.3	19.8	21.0	21.7	23.0	21.9	21.4	22.5	31.4	8.9
Grecia	21.2	23.2	25.1	23.9	23.7	21.7	16.6	18.2	21.7	20.9			
Hungría	21.0	21.7	20.0	19.2	19.4	19.0	18.2	20.8	21.2	21.2	22.5	21.5	-0.1
Irlanda	29.6	19.7	26.3	13.0	13.6	16.1	13.0	14.6	17.4	20.7	13.9	17.4	3.5
Italia	17.6	19.5	18.9	29.9	35.8	35.9	35.3	34.4	38.4	37.3	37.6	35.9	-1.7
Letonia	35.0	30.0	20.0	21.2	19.2	16.6	18.9	20.7	15.6	13.8	12.5	12.5	0.0
Liechtenstein													
Lituania	27.4	25.4	24.9	12.6	14.5	15.7	11.6	13.9	11.7	12.8	14.7	13.9	-0.8
Luxemburgo	23.8	34.8	38.3	37.5	29.9	25.3	19.2	23.4					
Rep. de Moldavia	50.8		40.4	41.2				29.1	36.9	42.5	42.4	34.0	-8.4
Países Bajos	25.0	19.4	32.0	34.1	34.6	31.0	12.9	21.8	19.9	21.7	18.0	27.5	9.5
Noruega	24.9	27.5	28.8	29.4	30.7	30.6	28.6	24.3	27.2	25.5	22.9	20.7	-2.2
Polonia	50.0	54.9	52.6	39.7	36.6	34.6	30.6	32.0	30.6	32.7	34.7	34.6	-0.1
Portugal	7.3	5.7	9.1	7.3	8.3	10.2	11.1	10.3	10.1	9.6	13.0	16.6	3.6
Rumanía	20.5	21.2	21.2	16.9	15.6	12.3	12.7	14.3	13.3	13.5	12.6	11.7	-0.9
Fed. Rusa		10.7	12.5						9.8	10.9			
Serbia y Montenegro				3.6	7.7	8.4	11.2	8.4	14.0	3.9	22.8	14.3	-8.5
Rep. Eslovaquia	37.6	41.8	42.6	34.0	31.0	32.5	27.8	23.5	31.7	24.8	31.4	26.7	-4.7
Eslovenia	19.0	16.0	24.7	19.0	25.7	27.6	29.1	24.8	28.9	28.1	27.5	29.3	1.8
España	13.0	19.4	23.5	19.4	13.7	13.6	12.9	13.8	13.0	16.4	16.6	15.0	-1.6
Suecia			14.2	17.4	14.9	14.2	13.2	13.7	17.5	16.8	19.2	16.5	-2.7
Suiza	15.4	18.2	24.6	20.8	16.9	19.1	19.0	29.4	18.2	18.6	14.9	29.1	14.2
Turquía													
Ucrania	21.5	32.4	29.6	46.0	31.4	51.5	56.2	60.7	39.6	27.7	27.0	29.9	2.9
Reino Unido	16.9	13.9	13.6	14.3	19.0	21.1	21.4	21.6	21.1	27.3	24.7	26.5	1.8

Austria: Desde el año 2003 en adelante, los resultados están basados en la malla transnacional de 16x16 km y no deben ser comparados con los de años anteriores. *República Checa:* Sólo los pies mayores de 60 años fueron evaluados hasta el año 1997. *Francia:* Debido a cambios metodológicos, las series temporales 1993-94 y 1997-2004 son consistentes, pero no comparables entre sí.

Italia: Debido a cambios metodológicos, las series temporales 1993-96 y 1997-2004 son consistentes, pero no comparables entre sí. *Reino Unido:* La diferencia entre 1992 y años consecutivos se debe principalmente al cambio de método de evaluación, en línea con el utilizado en otros países.

ANEXO III

Datos del PCI Bosques pedidos por usuarios externos en 2003 y 2004

Proyecto	Institución
ALARM (EU 6FP) Assessing large-scale environmental risks with tested methods	Department of Biology, University of York, United Kingdom
Indicators of the element budget in forest ecosystems	Department of Soil Ecology, University of Bayreuth, Germany
The use of foliar chemistry to indicate vitality in Swedish beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.) and oak (<i>Quercus robur</i> L.)	Department of Ecology, Plant Ecology and Systematics, University of Lund, Sweden
European Forest Information System Demonstrator - NEFIS	European Forest Institute (EFI), Finland
Mapping bioavailability and natural background of metals in European soils	European Copper Institute (ECI), Belgium
Methods for mapping European forest types	Nature and Environment Section, Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), Denmark

Para más información, contactar:

Federal Research Centre for Forestry and Forest Products

PCC of ICP Forests

A la atención de: Dr. M. Lorenz, R. Fischer

Leuschnerstr, 91

D-21031 HAMBURGO

Alemania

Internet:

<http://www.icp-forests.org>

PAÍSES PARTICIPANTES Y CONTACTOS

- Albania: Ministry of the Environment, Dep. of Biodiversity and Natural Resources Management, e-mail: cep@cep.tirana.al, Rruga e Durresit Nr. 27, Tirana.
- Andorra: Ministry of Agriculture and Environment, Ms Silvia Calvo, e-mail: silvia_calvo@govern.ad, C/Prat de la Creu núm. 62-64.
- Austria: Bundesforschungs – und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Mr. Ferdinand Kristöfel, e-mail: ferdinand.kristoefel@bfw.gv.at, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien.
- Bielorrusia: Forest Inventory republican unitary company "Belgosles", Mr. V. Kastsiukevich, e-mail: belgosles@open.minsk.by, 27, Zheleznodorozhnaja St., 220089 Minsk.
- Bélgica: Wallonia, Ministère de la Région Wallonne, Div. de la Nature et des Forêts, Mr. C. Laurent, e-mail: c.laurent@mrw.walloon.be, Avenue Prince de Liège, 15, B-5000 Namur.
- Flanders, Institute for Forestry and Game Management, Mr. Peter Roskams, e-mail: peter.roskams@inbo.be, Gaverstraat 4, B-9500 Geraardsbergen.
- Bosnia y Herzegovina: Poljop. Vodop. Sum., Mr. Bajram Pescovic, Maršala Tita br. 15, Sarajevo.
- Bulgaria: Ministry of Environment and Waters, Ms. Penka Stoichkova, e-mail: forest@nfp-bg.eionet.eu.int, 136, Tzar Boris III blvd., BG-1618 Sofia.
- 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, e-mail: , 2700, Einstein, CDN - STE. FOY - Quebec G1P 3W8.
- Croacia: Sumarski Institut, Mr. Joso Gracan, e-mail: josog@sumins.hr, Cvjetno Naselje 41, 10450 Jastrebarsko.
- Chipre: Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment, Mr. Andreas K. Christou, e-mail: achristou@fd.moa.gov.cy, CY-1414-Nikosia.
- República Checa: Forestry and Game Management Research Institute (VULHM), Mr Bohumir Lomsky, e-mail: lomsky@vulhm.cz, Strnady 136, CZ-15604 Praha 516, Zbraslav.
- Dinamarca: Centre of Forest Landscape and Planning, Mr. Lars Vesterdal, e-mail: lv@kvl.dk, Hörsholm Kongevej 11, DK-2970 Hörsholm.
- Estonia: Estonian Centre for Forest Protection and Silviculture, Mr. Kalle Karoles, kalle.karoles@metsad.ee, Rõõmu tee 2, EE-51013 Tartu.
- Finlandia: Finnish Forest Research Institute, Mr. John Derome, e-mail: jonh.derome@metla.fi, Parkano Research Station, Kaironiementie 54, FIN-39700 Parkano.
- Francia: Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales, Mr. Jean Luc Flot, e-mail: jean-luc.flot@agriculture.gouv.fr, 19, avenue du Maine, F-75732 Paris Cedex 15.
- Alemania: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft– Ref. 533, Mr. Thomas Haußmann, e-mail: thomas.haussmann@bmvpl.bund.de, Postfach 140270, D-53107 Bonn.
- Grecia: Institute of Mediterranean Forest Ecosystems, Mr. George Baloutsos, Mr. Anastasios Economou, e-mail: oika@fria.gr, Terma Alkmanos, GR-11528 Athens-Ilissia.
- Hungría: State Forest Service, Mr. Andras Szepesi, e-mail: szepesi.andras@aes.hu, Széchenyi u. 14, H-1054 Budapest 5.
- Irlanda: Coillte Teoranta, Research and Development, Mr. Pat Neville, e-mail: pat.Neville@coillte.ie, Newtownmountkenedy , IRL-CO. Wicklow.
- Italia:Corpo Forestale dello Stato, Servizio Conecofor, Mr. Bruno Petriccione, e-mail: conecofor@corpoforestale.it, Via Sallustiana 10, I-00187 Roma.
- Letonia: State Forest Service of Latvia, Ms Liene Suveizda, e-mail: ieva.zadeika@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, Claude Parini, e-mail: claude.parini@ef.etat.lu, 16, rue Eugène Ruppert, L-2453 Luxembourg-Ville (Cloched'Or).
- Moldavia: State Forest Agency, Mr. Anatolie Popusoi, e-mail: icaspiu@starnet.md, 124 bd. Stefan Cel Mare, MD-2012 Chisinau.
- Países Bajos: Ministry of Agriculture, Nature Management & Fisheries, Mr. Gerald Grimberg, e-mail: g.t.m.grimberg@minlnv.nl, P.O. Box 482, NL-6710 BL Ede.
- Noruega: Norwegian Forest Research Institute, Mr. Dan Aamlid, e-mail: dan.aamlid@skogforsk.no, Høgskolevn. 8, N-1432 Ås.
- 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 dos Recursos Florestais, Ms Maria Barros, e-mail: mbarros@dgrf.min-agricultura.pt, Av. Joao Crisostomo 28-6°, P-1069-040 Lisboa.
- Rumania: 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 Visislava street 3, YU-11000 Novi-Beograd.
- República de Eslovaquia: Lesnický výskumny ústav, Mr. Tomáš Bucha, e-mail: tomas.bucha@fris.sk, Mr. Pavel Pavlenda, e-mail: pavlenda@fris.sk, T.G. Masaryka 22, SK-96092 Zvolen.
- Eslovenia: Gozdarski Institut Slovenije, Ms. Nike Krajnc, e-mail: nike.pogacnik@gozdis.si, Vecna pot 2, SLO-1000 Ljubljana.
- España: Dirección General para la Biodiversidad, Mr. Sanchez Peña, e-mail: gsanchez@mma.es, Gran Vía de San Francisco, 4, E-28005 Madrid.
- 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.Ê24ÊBahcelievler, TR-06561 Gazi-Ankara.
- Ucrania: Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Mr. Igor F. Buksha, e-mail: buksha@uriffm.org.ua, Pushkinskaja 86, UKR-61024 Kharkiv.
- 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.
- Estados Unidos de América: USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, , e-mail: abytnerowicz@fs.fed.us, 4955 Canyon Crest Drive, Riverside, CA 92507.

