

FURTHER DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN
EU-
LEVEL FOREST MONITORING SYSTEM
-FUTMON-



Action: IM1: Intensive
Monitoring in Cooperation
with the International
Cooperative Programme on
Assessment and Monitoring of
Air Pollution Effects on
Forests (ICP Forests)



***Intensive Monitoring IM1: Assessment of
Ozone Injury in SPAIN - Report 2010***



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

SECRETARÍA DE ESTADO DE
MEDIO RURAL Y AGUA
SECRETARÍA GENERAL DE
MEDIO RURAL
DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO
NATURAL Y POLÍTICA FORESTAL

SERVICIO DE PROTECCIÓN DE LOS MONTES CONTRA LOS AGENTES NOCIVOS
C/ Ríos Rosas, 24
28003 Madrid, SPAIN



SECRETARÍA DE ESTADO DE
MEDIO RURAL Y AGUA
SECRETARÍA GENERAL DE
MEDIO RURAL
DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO
NATURAL Y POLÍTICA FORESTAL

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

**PROYECTO LIFE 07 ENV/DE/000218 “FutMon”
ACTION IM1 “Intensive Monitoring”**

RED NIVEL II MEMORIA -2010

“ASSESSMENT OF OZONE INJURY IN SPAIN”



CAMPAÑAS DE MUESTREO DE LA VEGETACIÓN FORESTAL CON
SÍNTOMAS DE DAÑOS POR CONTAMINANTES

1. INTRODUCCIÓN

El ozono es el contaminante más relevante para los bosques. Sus efectos sobre la vegetación han sido objeto de multitud de estudios especialmente a partir de los años 80. Se sabe que el ozono afecta a los bosques causando daños visibles y otros efectos adversos a las plantas (Krupa and Manning, 1988). En un contexto de cambio climático (IPCC, 2001), se prevé un aumento en los niveles de este gas (Fowler, 1999; Ashmore, 2005). El ozono puede comprometer la estimulación de la producción primaria causada por este gas (King et al., 2005) y reducir la capacidad de absorción (sumidero) por parte de los ecosistemas (Karnovsky *et al.*, 2003). En zonas forestales de Europa los niveles de este contaminante tienden a aumentar hacia la Región Mediterránea (Sanz *et al.*, 2006; 2007), debido al hecho de que en el sur de Europa la formación de ozono está particularmente favorecida por la intensa radiación solar, altas temperaturas y por los procesos de re-circulación de las masas de aire contaminadas (Millán *et al.* 1997, 2000; Sanz and Millán, 1998; Sanz *et al.*, 2007). Estos niveles son suficientemente altos para producir daños visibles en las hojas de las plantas autóctonas sensibles (e.g. Bussotti and Ferretti, 1998; Skelly *et al.* 1999; Innes *et al.*, 2001; Sanz *et al.* 2001; de Vries *et al.*, 2003).

Los efectos del ozono en las plantas se han revisado en los últimos años desde diversos puntos de vista (e.g. Runeckles and Chevone, 1992; Matyssek *et al.*, 1995; Heath and Taylor, 1997; Pell *et al.*, 1997; Black *et al.*, 2000; De Kok and Tautz, 2001). El ozono entra en las plantas principalmente a través de los estomas y dentro de las hojas reacciona con elemento del apoplasto produciendo especies oxidativas reactivas (ROS), que están relacionadas con la fototoxicidad de este contaminante (Mehlhorn *et al.*, 1990). La exposición al ozono a menudo causa incrementos en la actividad de los enzimas asociados con los mecanismos de defensa general de la planta (Kangasjärvi *et al.*, 1994), y altera la permeabilidad de las membranas celulares y de los patrones de lípidos (Heath, 1987). Otros efectos bien conocidos son la disminución de las tasas

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II AÑO 2010

de asimilación fotosintética (Reich and Amudson, 1985), reducciones en la cantidad y actividad de la Rubisco (Dan and Pell 1989) y la destrucción de las clorofilas (e.g. Pleijel *et al.*, 1994; Saitanis *et al.* 2001). Este contaminante también produce alteraciones en células y tejidos, induciendo la muerte celular y la necrosis de los tejidos, y finalmente produciendo daños que son visibles (e.g. Mikkelsen and Heide-Jørgensen, 1996; Günthard-Georg *et al.*, 1997; Reig-Armiñana *et al.*, 2004). Si la dosis es suficiente también se producen reducciones en el crecimiento (Chappelka and Chevone, 1992; Chapelka and Samuelson, 1998; Matyssek and Innes, 1998). Si bien estos efectos se han estudiado en condiciones controladas, y teniendo en cuenta que la contaminación por ozono (al contrario que la contaminación por fluoruros o por dióxido de azufre) no deja residuos elementales detectables por técnicas analíticas, en el campo se considera que los daños en hojas o acículas son la única evidencia clara de sus efectos.

A escala pan-Europea, en las parcelas de Nivel II, se ha adoptado un manual (en 2001, modificado en 2004 y posteriormente en 2010, ver anexo I), para evaluar los daños por ozono en la vegetación natural. Con el muestreo se pretende confeccionar un mapa de Europa mostrando una distribución de los síntomas de daños por ozono en especies forestales europeas. Complementariamente, el estudio ampliará la información sobre la distribución y confeccionará una lista de especies con síntomas semejantes a los del ozono en distintas comunidades presentes en varios lugares a lo largo de las áreas forestales.

La Red de Nivel II de España consta de 54 parcelas en las que, de acuerdo con la Conferencia de Ministros para la protección de los bosques celebrada en Estrasburgo en 1990, se han de "realizar estimaciones y medidas numerosas y precisas, que caractericen la masa forestal y su historia, el arbolado y su follaje, la vegetación, el suelo, el clima, la composición química del agua de lluvia al descubierto, bajo el dosel de las copas y de las aguas de drenaje". La evaluación de los daños por ozono en la vegetación natural se ha de realizar en aquellos puntos donde existen medidas de las concentraciones de este contaminante por dosimetría pasiva. Por tanto, los inventarios de daños por ozono se han restringido a aquellas parcelas con dosímetros de ozono. Esto es, las 13 parcelas de Nivel II instrumentadas. Se listan a continuación:



**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II
AÑO 2010**

05 Ps la Granja
06 Qi Morella
10 Ppa Almonte
11 Qs Villanueva de la Sierra
15 Fs Burguete
22 Pn Mora de Rubielos
25 Ph Tibi
26 Qi Andujar
30 Ps Soria
33 Qpe Cervera de Pisuerga
37 Ppr Cuéllar
54 Ph El Saler
102 Ppr Dodro

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología seguida en el establecimiento de la zona de muestreo (LESS) y toma de inventarios en las parcelas de Nivel II se ajusta a lo especificado por el “Submanual for the Assessment of Ozone Visible Injury on European Forest Ecosystems (Intensive Monitoring Plots/Level II). En la aplicación del nuevo manual se han introducido cambios importantes como la superficie y las especies evaluadas. En el nuevo manual la superficie evaluada es mayor, evaluándose en todas las parcelas 33 cuadrados de 2x1 m. Otro cambio importante, que afecta a la realización de los inventarios, es que a partir de la aplicación del nuevo manual, sólo se evaluarán las plantas leñosas, obviando las herbáceas. La codificación de la evaluación por ozono es la siguiente:

N	No síntomas
Y	Presencia de daños por ozono
5	No hay presencia de especies leñosas
P	Punteado, semejante a daños por ozono.
R	Enrojecimiento, semejante a daños por ozono, para validación.

Para la metodología de la evaluación de daños foliares por ozono en las ramas tomadas para deposición (LTF), ver también este manual.



3. RESULTADOS

En las siguientes páginas se adjuntan los resultados de los muestreos llevados a cabo en 2010. Las evaluaciones se realizaron a partir de mediados de agosto y principios de octubre. Los resultados de la metodología LESS se documentan como sigue: el tipo de vegetación presente en el LESS de las diferentes parcelas se documenta fotográficamente y se describen brevemente las características de éstas parcelas. Se adjuntan además las tablas con los inventarios de vegetación (en cada uno de los rectángulos de 2x1 m), indicándose si hay daños visibles en algunas de estas especies. Posteriormente, se indica si se han encontrado daños por ozono en las proximidades de las parcelas (OTS, fuera del LESS), así como el listado de todas las especies identificadas en el total de los muestreos y un resumen de las especies dañadas por ozono en el LESS y otras que muestran daños similares al ozono. En un segundo apartado se muestran los resultados de la evaluación del LTF. Por último, en el tercer apartado, se presenta un informe preliminar sobre la colocación de chopos sensibles al ozono (*Populus maximowiczii x berolinensis*), su instauración y si se han producido daños por ozono en ésta especie.

**ESPECIES CON DAÑOS POR OZONO FUERA EN ZONAS NO CUBIERTAS
POR LOS INVENTARIOS (FORMULARIO OTS)**

Tal como indica el submanual para la evaluación de daños por ozono, tras realizar los inventarios de vegetación en los rectángulos (formulario LSS), se debe realizar un examen del resto del borde del bosque en un radio de 500 m. Si se observa alguna especie sintomática, ésta se apunta en el formulario OTS.

En el año 2010 se encontró una especie sintomática en Burguete (15Fs) y otra especie sintomática en Cervera de Pisuerga (33Qpe):

Año	Parcela	Fecha	Especie
2010	15Fs	09/09/2010	<i>Fraxinus excelsior</i>
2010	33Qpe	08/09/2010	<i>Fraxinus excelsior</i>



Figura 40: Daños por ozono en *Fraxinus excelsior* observados el día 09/09/2010 en la parcela de Burguete (15Fs).

En las dos parcelas coincide que los daños se observaron en la misma especie. Los daños presentes en la parcela de Burguete fueron en forma de punteados internerviales amarillentos. En cambio los observados en la parcela de Cervera de Pisuerga fueron en forma de zonas necróticas o marrones también internerviales.



Figura 41: Daños por ozono en *Fraxinus excelsior* observados el día 08/09/2010 en la parcela de Cervera de Pisuerga (33Qpe).

Se han realizado observaciones microscópicas para comprobar que los daños observados han sido producidos por el ozono. Los resultados obtenidos se muestran en apartados posteriores.

LISTADO DE ESPECIES IDENTIFICADAS EN 2010

Durante los muestreos realizados en 2010 se identificaron 96 especies diferentes. El hecho que en 2010 sólo se evaluaran las especies leñosas ha provocado que el número de especies identificadas bajara drásticamente respecto a otros años. Por ejemplo en 2009 se identificaron 146 especies, en 2008 se identificaron un total de 162 especies, el año 2007, un total de 178 especies y el año 2006 se identificaron 123 especies.

<i>Acer campestre</i>	<i>Juniperus communis</i>
<i>Anthyllis cytisoides</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>
<i>Artemisia glutinosa</i>	<i>Juniperus phoenicea</i>
<i>Asparagus acutifolius</i>	<i>Juniperus thurifera</i>
<i>Asparagus officinalis</i>	<i>Lavandula stoechas</i>
<i>Bupleurum fruticosum</i>	<i>Lithodora diffusa</i>
<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Lithodora fruticosa</i>
<i>Castanea sativa</i>	<i>Lonicera implexa</i>
<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Lonicera periclymenum</i>
<i>Cistus albidus</i>	<i>Malcolmia littorea</i>
<i>Cistus clusii</i>	<i>Myrtus communis</i>
<i>Cistus ladanifer</i>	<i>Ononis minutissima</i>
<i>Cistus salvifolius</i>	<i>Phagnalon rupestre</i>
<i>Coronilla juncea</i>	<i>Phillyrea angustifolia</i>
<i>Corylus avellana</i>	<i>Phillyrea latifolia</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Phlomis lychnitis</i>
<i>Cytisus striatus</i>	<i>Pinus halepensis</i>
<i>Daphne gnidium</i>	<i>Pinus nigra</i>
<i>Dittrichia viscosa</i>	<i>Pinus pinaster</i>
<i>Erica cinerea</i>	<i>Pinus pinea</i>
<i>Erica vagans</i>	<i>Pinus radiata</i>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Euphorbia characias</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Potentilla cinerea</i>
<i>Fumana ericoides</i>	<i>Potentilla montana</i>
<i>Genista anglica</i>	<i>Prunus spinosa</i>
<i>Genista hispanica</i>	<i>Quercus coccifera</i>
<i>Genista scorpius</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Globularia alypum</i>	<i>Quercus petraea</i>
<i>Halimium halimifolium</i>	<i>Quercus pyrenaica</i>
<i>Halimium lasianthum</i>	<i>Quercus rubra</i>
<i>Hedera helix</i>	<i>Quercus suber</i>
<i>Helianthemum apenninum</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>
<i>Helianthemum lavandulifolium</i>	<i>Rhamnus catharticus</i>
<i>Helianthemum origanifolium</i>	<i>Rhamnus lycioides</i>
<i>Helianthemum sp.</i>	<i>Rosa elliptica</i>
<i>Helichrysum italicum</i>	<i>Rosa sp.</i>
<i>Helichrysum stoechas</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
<i>Helleborus foetidus</i>	<i>Rubia peregriana</i>

**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II
AÑO 2010**

Ilex aquifolium
Rubus ulmifolius
Salix atrocinerea
Salix caprea
Sedum acre
Sedum album
Sedum sediforme
Smilax aspera
Sorbus aucuparia

Rubus sp.
Teucrium chamaedrys
Teucrium pseudochamaepitys
Teucrium scordium
Thymus mastichina
Thymus vulgaris
Ulex gallii
Ulex parviflorus
Ulex sp.

ESPECIES SINTOMÁTICAS – DAÑOS POR OZONO EN LOS RECTÁNGULOS DEL LESS (FORMULARIO LSS)

En 2010 se detectaron 2 especies sintomáticas en los rectángulos LESS en tres parcelas diferentes de Nivel II. Aunque, todavía falta por determinar la validación por microscopia de daños en semejantes a los producidos por ozono, en forma de enrojecimientos en especies que se detallan en el siguiente apartado.

Se han detectado daños por ozono en *Pinus radiata* en la parcela de Dodro (102Ppr), consistentes en un moteado clorótico (fig. 42) que tentativamente se han asignado al ozono ya que no parece estar causado por insectos. Dado que en la localidad se detectan también impactos por SO₂, es posible que este contaminante también contribuya de alguna manera a los daños observados. Se observaron daños en 10 de los 15 rectángulos en los que apareció *Pinus radiata*. En anteriores años también se ha podido observar el moteado clorótico típico producido en las coníferas por el ozono.



Figura 42: Daños por ozono en *Pinus radiata* observados el día 29/8/2010 en la parcela de Dodro (102Ppr).

**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II
AÑO 2010**

En la parcela situada en Cuéllar (37Ppr) se observó la presencia de daños por ozono en *Salix caprea*. Los daños por ozono en esta especie son en forma de punteados amarillentos y rojizos situados entre los nervios de la parte adaxial de la hoja (fig 43). Los daños se observaron tan solo en un rectángulo de los cuatro donde se observó esta especie.



Figura 43: Daños por ozono en *Salix caprea* observados el día 18/8/2010 en la parcela de Cuéllar (37Ppr).

VALIDACIÓN MICROSCÓPICA DE ALGUNOS SÍNTOMAS PRODUCIDOS POR OZONO

Los trabajos de laboratorio se han realizado en el Departamento de Anatomía e Histología Vegetal “Julio Iranzo” del Jardí Botànic de la Universitat de València. Las muestras que habían sido fijadas con Karnoski se hidrataron durante 20 minutos y se realizaron los cortes con un microtomo de congelación (Leica CM 1325). El grosor de los cortes realizados en hielo oscila entre 20 y 30 μm . Los cortes se recogen en un portaobjetos, se montan y se observan en un microscopio de campo claro (Olympus Provis AX 70). El microscopio lleva incorporado una torre que dispone de un juego de cubos para seleccionar la longitud de onda (ultravioleta, y verde azul violeta) y una fuente de luz para la observación de la muestras en fluorescencia. Las fotografías se realizan con una cámara digital (Lumenera Infinity Analyze v 4.0) que tiene el microscopio acoplado.

Fraxinus excelsior

Las muestras dañadas de *Fraxinus excelsior* de la parcela de Cervera de Pisuerga fueron observadas al microscopio de campo claro y con fluorescencia.

Los daños se observaban en el parénquima en empalizada de forma discontinua. La clorofila de dichas células disminuye, provocando bandas blancas cuando se observan en fluorescencia (fig. 44). Estas observaciones nos confirman que los daños observados a nivel visible son producidos por ozono.

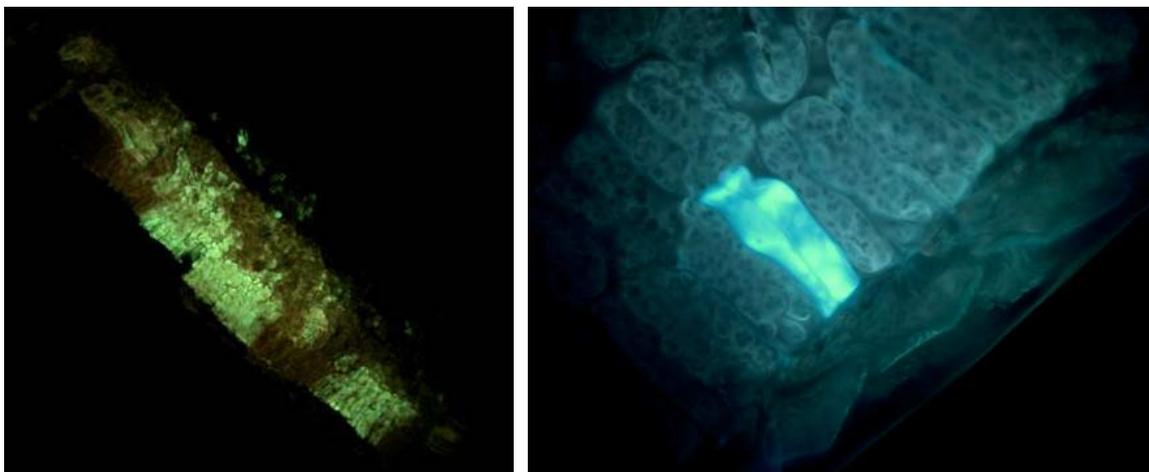


Figura 44: Observación microscópica de una hoja dañada por ozono de *Fraxinus excelsior* (Cervera de Pisuerga). **Izq.:** Fluorescencia azul verde (200 aumentos). **Dcha.:** Se observan daños incipientes en el parénquima en empalizada mediante fluorescencia ultravioleta (1000 aumentos).

SÍNTOMAS SEMEJANTES A LOS PRODUCIDOS POR EL OZONO

En los inventarios de daños por ozono se han observado enrojecimientos en las hojas que a veces se han atribuido al ozono. En este informe, sin embargo, se ha adoptado un criterio conservador ya que consideramos que este tipo de respuesta no es específica y puede producirse también frente a otros tipos de estrés (radiación solar, estrés hídrico).

Las especies que mostraban enrojecimientos y las que se generaban dudas han sido: *Prunus spinosa* y *Fagus sylvatica* de la parcela de Burguete; *Teucrium scordium* de Cervera del Pisuerga y *Potentilla montana* en la parcela de Soria.

Prunus spinosa

Como se observa en la Figura 45, *Prunus spinosa* mostraba enrojecimientos internerviales en la mayoría de las hojas de la planta, sin distinguir entre hojas jóvenes y viejas.



Figura 45: Enrojecimiento internervial en *Prunus spinosa* en la parcela 15Fs de Burguete.

Fagus sylvatica

Como se observa en la Figura 46, *Fagus sylvatica* mostraba punteados nectóticos internerviales en el haz de las hojas. Debido al tipo de daño, ésta especie es especialmente problemática, por ello se han realizado cortes de material para la observación a nivel microscópico. Los cortes se realizaron sobre material fijado en Karnoski, posteriormente hidratado y en un microtomo de congelación en el Jardí Botànic de València.



Figura 46: Punteados internerviales en *Fagus sylvatica* en la parcela 15Fs de Burguete.

Cuando se observan las muestras al microscopio, los daños son bastante escasos. Como se observa en la fotografía de una muestra de *Fagus sylvatica* observada al microscopio en fluorescencia azul verde, se observa la fluorescencia de la clorofila en las células del mesófilo, así como la presencia de sustancias tánicas en las células epidérmicas. La presencia de las sustancias tánicas se produce de forma natural en esta especie, estas sustancias aparecen cuando las hojas sufren algún tipo de estrés (radiación ultravioleta, sequía, empobrecimiento de nutrientes o el ozono). Estas sustancias se acumulan en principio en las vacuolas, especialmente en la epidermis superior y en el parénquima empalizada. Estas sustancias tienen un papel de protección y participan en procesos de detoxificación (Bussotti *et al.*, 1998).

Debido a los pocos daños observados a nivel microscópico, se mantiene el criterio conservador y no se atribuyen al ozono.

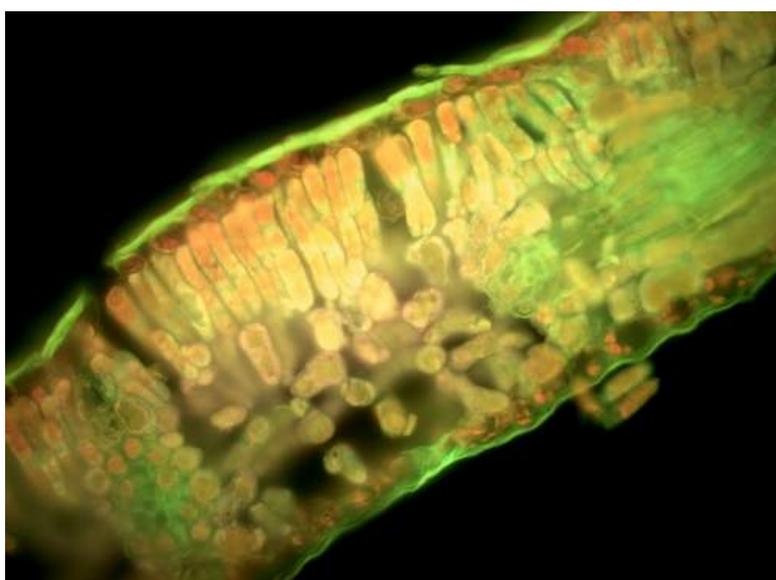


Figura 47: Muestra de *Fagus sylvatica* observada en fluorescencia verde azul (400 aumentos).

Teucrium scordium

En la parcela de Cervera de Pisuerga (33Qpe) se observó la presencia de enrojecimientos en las hojas de *Teucrium scordium*.



Figura 48: Enrojecimiento de las hojas de *Teucrium scordium* en la parcela 33Qpe de Cervera de Pisuerga

Al observar las muestras de *Teucrium scordium* al microscopio se observan que las estructuras no están dañadas. El parénquima en empalizada no muestra daños y tan sólo se observan algunas pequeñas acumulaciones de calosa en el parénquima lagunar. Por lo que se concluye que los daños no son producidos por ozono.

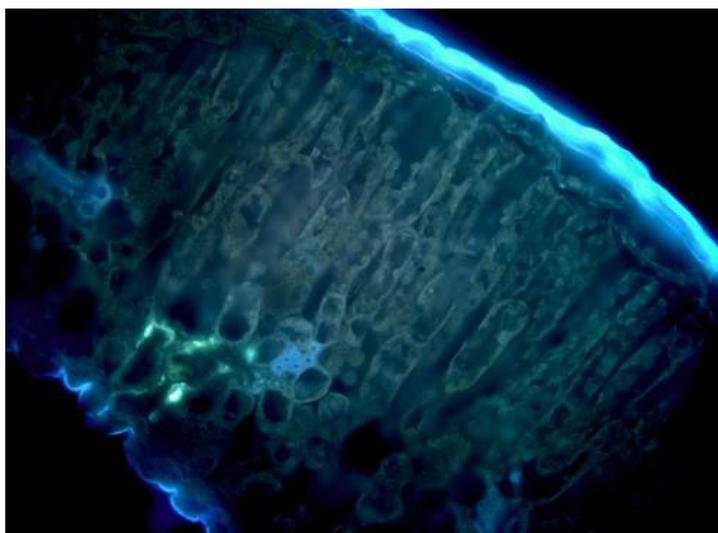


Figura 49: Acumulaciones de calosa en el parénquima lagunar de *Teucrium scordium*

Potentilla montana

En la parcela de Soria (30Ps) se observó la presencia de enrojecimientos en las hojas de *Potentilla montana*. Estos enrojecimientos no se han atribuido al ozono por que se pueden haberse producido por diferentes factores (radiación solar, sequía).



Figura 50: Enrojecimiento de *Potentilla montana* en la parcela 30Ps de Soria

**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II
AÑO 2010**

3.2 Resultados LTF

La observación de daños por ozono en las ramas recogidas de los árboles de la parcela interior (LTF) se realizó en las parcelas de Andujar y El Saler.

Las muestras fueron suministradas por el técnico Félix Caballero de la empresa Tecmena.

En la parcela de Andujar (26Qi) no se observó daños por ozono en ninguna de las ramas evaluadas. La evaluación se realizó un día después de la recogida de la muestra, el 27/1/2010. Se observó que las hojas del primer crecimiento estaban bastante mordidas y las del segundo crecimiento presentaban fumaginas, minador y estaban un poco mordidas. La mayoría de las ramas evaluadas mostraban dos crecimientos.

Nº LOCALIDAD	Nº ÁRBOL	ESPECIE	Nº RAMA	FECHA RECOGIDA	FECHA OBSERVACIÓN	DAÑO 1 ^{er} CRECIMIENTO	DAÑO 2 ^o CRECIMIENTO
26	1	Quercus ilex	1	26/01/10	27/01/10	0	0
26	1	Quercus ilex	2	26/01/10	27/01/10	0	0
26	1	Quercus ilex	3	26/01/10	27/01/10	0	0
26	1	Quercus ilex	4	26/01/10	27/01/10	0	0
26	1	Quercus ilex	5	26/01/10	27/01/10	0	0
26	2	Quercus ilex	1	26/01/10	27/01/10	0	0
26	2	Quercus ilex	2	26/01/10	27/01/10	0	0
26	2	Quercus ilex	3	26/01/10	27/01/10	0	0
26	2	Quercus ilex	4	26/01/10	27/01/10	0	0
26	2	Quercus ilex	5	26/01/10	27/01/10	0	0
26	3	Quercus ilex	1	26/01/10	27/01/10	0	0
26	3	Quercus ilex	2	26/01/10	27/01/10	0	0
26	3	Quercus ilex	3	26/01/10	27/01/10	0	0
26	3	Quercus ilex	4	26/01/10	27/01/10	0	0
26	3	Quercus ilex	5	26/01/10	27/01/10	0	0
26	4	Quercus ilex	1	26/01/10	27/01/10	0	0
26	4	Quercus ilex	2	26/01/10	27/01/10	0	0
26	4	Quercus ilex	3	26/01/10	27/01/10	0	0
26	4	Quercus ilex	4	26/01/10	27/01/10	0	0
26	4	Quercus ilex	5	26/01/10	27/01/10	0	0
26	5	Quercus ilex	1	26/01/10	27/01/10	0	0
26	5	Quercus ilex	2	26/01/10	27/01/10	0	0
26	5	Quercus ilex	3	26/01/10	27/01/10	0	0
26	5	Quercus ilex	4	26/01/10	27/01/10	0	0
26	5	Quercus ilex	5	26/01/10	27/01/10	0	0



**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II
AÑO 2010**



Figura 51: Aspecto de las hojas de *Quercus ilex* de la parcela 26Qi evaluadas.

En la parcela de El Saler (54Ph) no se observaron daños por ozono en ninguna de las ramas evaluadas. La evaluación se realizó el mismo día que la recogida el 27 de enero de 2010. Las acículas del primer verticilo presentaban bastante *Leucaspis pini*, mientras que las del segundo crecimiento estaban bastante afectadas por la presencia del hongo defoliados *Thyriopsis halepensis*. Todas las ramas estudiadas, menos cuatro, presentaban dos verticilos.

Nº LOCALIDAD	Nº ÁRBOL	ESPECIE	Nº RAMA	FECHA RECOGIDA	FECHA OBSERVACIÓN	DAÑO 1 ^{er} CRECIMIENTO	DAÑO 2º CRECIMIENTO
54	1	Pinus halepensis	1	27/01/10	27/01/10	0	0
54	1	Pinus halepensis	2	27/01/10	27/01/10	0	0
54	1	Pinus halepensis	3	27/01/10	27/01/10	0	0
54	1	Pinus halepensis	4	27/01/10	27/01/10	0	0
54	1	Pinus halepensis	5	27/01/10	27/01/10	0	0
54	2	Pinus halepensis	1	27/01/10	27/01/10	0	0
54	2	Pinus halepensis	2	27/01/10	27/01/10	0	0
54	2	Pinus halepensis	3	27/01/10	27/01/10	0	0
54	2	Pinus halepensis	4	27/01/10	27/01/10	0	0
54	2	Pinus halepensis	5	27/01/10	27/01/10	0	0
54	3	Pinus halepensis	1	27/01/10	27/01/10	0	0
54	3	Pinus halepensis	2	27/01/10	27/01/10	0	0
54	3	Pinus halepensis	3	27/01/10	27/01/10	0	0
54	3	Pinus halepensis	4	27/01/10	27/01/10	0	0
54	3	Pinus halepensis	5	27/01/10	27/01/10	0	0
54	4	Pinus halepensis	1	27/01/10	27/01/10	0	0
54	4	Pinus halepensis	2	27/01/10	27/01/10	0	0
54	4	Pinus halepensis	3	27/01/10	27/01/10	0	0
54	4	Pinus halepensis	4	27/01/10	27/01/10	0	0
54	4	Pinus halepensis	5	27/01/10	27/01/10	0	0
54	5	Pinus halepensis	1	27/01/10	27/01/10	0	0
54	5	Pinus halepensis	2	27/01/10	27/01/10	0	0
54	5	Pinus halepensis	3	27/01/10	27/01/10	0	0
54	5	Pinus halepensis	4	27/01/10	27/01/10	0	0
54	5	Pinus halepensis	5	27/01/10	27/01/10	0	0



Figura 52: Detalle de una rama evaluada con abundante presencia de *Thyriopsis halepensis* en el segundo verticilo de *Pinus halepensis* de la parcela 54Ph

3.3. Resultados de la instalación de chopos sensibles al ozono (*Populus berolinensis x maximowiczii*) en las proximidades de las Parcelas de Nivel II

Debido a que las parcelas de Nivel II no fueron elegidas con criterio de observar daños por ozono, sus características no son muy óptimas para la observación de daños. Por ello, a nivel europeo se ha decidido que sería conveniente establecer bioindicadores sensibles al ozono en las proximidades de la zona LESS. La utilización de bioindicadores tiene bastantes ventajas, en primer lugar se está observando una planta que es sensible al ozono y que muestra daños con relativa facilidad, por otra parte se están observando las mismas plantas en todos los países y las mismas localidades (pues en nuestro caso se han expuesto clones del mismo chopo).

La especie elegida para la evaluación es un clon del género *Populus* (*Populus berolinensis x maximowiczii*) suministrado por el WSL en Suiza. Se han plantado 8 individuos por parcela. La instalación de los chopos se está realizando de forma escalonada, plantándose en aquellas parcelas en las que por meteorología se piensa que puede tener más éxito la plantación. En 2010 hay chopos en 8 de las 13 parcelas estudiadas (06Qi, 15Fs, 22Pn, 30Ps, 33Qpe, 54Ph y 102Ppr). A continuación se detallan las incidencias y los primeros resultados de las plantaciones.

Parcela 06Qi Vallivana

Los chopos en la parcela de Vallivana llevan plantados desde 2008. En 2008 se instalaron con riego y sobrevivieron bien el verano, pero en 2009 se les eliminó el riego y se produjeron 7 marras. En la primavera de 2010 se volvieron a plantar, instalando de nuevo el riego y tan sólo se ha producido una marra.



Figura 53: Izq.: Localización de los chopos sensibles en la parcela de Vallivana (06Qi). Dcha.: Detalle de un esqueje brotando.

Los chopos están ubicados junto a la parcela exterior (a unos 20 metros, sobre un terreno muy arenoso, resto de la construcción de la carretera que pasa cerca de la

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II AÑO 2010

parcela. Debido a que por la zona pasta con frecuencia ganado vacuno se han colocado protectores para fauna.

Cuando se realizó la evaluación del LESS, no se observaron daños por ozono en los chopos.

Parcela 15Fs Burguete

La plantación de los chopos en Burguete se realizó el 4 de junio de 2010, disponiendo del permiso del Servicio de Conservación de la Biodiversidad del Gobierno de Navarra.

Los chopos se encuentran a unos 20 metros de la parcela exterior, junto a un arroyo. En esta parcela también se instalaron las protecciones para fauna, pues pasta con frecuencia ganado vacuno.



Figura 54: Izq.: Localización de los chopos sensibles en la parcela de Burguete (15Fs), al fondo se observa la parcela exterior. Dcha.: Plantación de chopos junto al arroyo.

En el viaje de evaluación de daños por ozono, realizado a principios de septiembre, se observaron daños por ozono en 3 de los 8 chopos plantados. Se evaluó el nivel de daño en hoja, que fue de 5, 30 y 40% y el nivel de daño en planta con un 20, 40 y 50% respectivamente de planta afectada por ozono. Algunos de los protectores habían sido pisoteados pero las plantas vegetaban bien.



Figura 55: Izq.: Hoja dañado por ozono de la parcela 15Fs. Dcha.: Protector deformado por el paso del ganado vacuno.

Parcela 22Pn Mora de Rubielos

Debido a que la parcela de Mora de Rubielos es muy pedregosa y no tiene una ubicación buena para la plantación de los chopos, se pensó que la mejor solución para que éstos pudieran vegetar bien era plantarlos junto a la fuente Fuen Narices, situándose un poco alejada de la parcela exterior (745m.), pero siendo el mejor sitio para su supervivencia. La plantación se realizó el 20 de abril de 2010, colocándose también protectores para fauna, debido a la presencia de ungulados salvajes por la zona.



Figura 56: Izq.: Localización de los chopos junto al arroyo cerca de la fuente Fuen Narices
Dcha.: Detalle de plantación

Debido a que la revisión de los daños por ozono se realizó un poco tarde (7 de octubre) los chopos estaban un poco senescentes. Se observaban daños semejantes a los producidos por ozono pero el hecho de tener tan adelantada la senescencia, los daños no se pueden relacionar únicamente con el ozono.

Las plantas habían vegetado muy bien, aunque aquellas ramas que sobresalían de los protectores habían sido comidas por cabra montés.

Parcela 25Ph Tibi

En la parcela de Tibi se realizó una primera plantación de chopos en 2009, siendo esta infructuosa, muriéndose todas las plantas. El 30 de abril de 2010 se realizó una segunda plantación en el mismo lugar donde se plantaron en 2009. A diferencia de 2009, se realizaron dos riegos, uno en junio y otro en agosto, que hizo que este año sí que sobrevivieran las plantas.

Los chopos están ubicados en el fondo del barranco que se cruza para llegar a la parcela.



Figura 57: Localización de los chopos junto al barranco, parcela 25Ph.

En la parcela de Tibi la evaluación de daños también se realizó a principios de octubre, pero a diferencia de la parcela de Mora de Rubielos los chopos no estaban senescentes. En ésta parcela no se observaron daños por ozono en los clones sensibles y aunque los valores de ozono han sido bastante elevados en la zona, las elevadas temperaturas hayan favorecido el cierre estomático con lo que evitan la entrada del contaminante al interior de las hojas.

Parcela 30Ps Soria

En la parcela de Soria se realizó una plantación piloto en 2009, en la que murieron 6 de los 8 chopos plantados. En la primavera de 2010 se reemplazaron las marras y se instalaron protectores para fauna. La plantación se encuentra bastante cerca de la parcela exterior, cerca de un arroyo y donde también se han realizado plantaciones.



Figura 58: Izq.: Localización de los chopos junto a otra plantación en 30Ps (Soria) Dcha.: *Chrysomela populi*

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II AÑO 2010

En 2010 el número de marra fue menor, sobreviviendo 6 individuos. En ésta parcela se observó que las hojas estaban parcial o totalmente mordidas por *Chrysomela populi*. En ésta localidad no se observaron daños por ozono.

Parcela 33Qpe Cervera de Pisuerga

En la parcela situada en Cervera de Pisuerga se plantaron 8 chopos sensibles al ozono el 3 de junio de 2010. La plantación se realizó en la zona de recreo, (junto a la fuente de la virgen) donde siempre hay un pequeño arroyo del agua sobrante de la fuente, situada junta a la pista de acceso a la parcela exterior. En ésta parcela, debido a la abundante presencia de fauna salvaje, los chopos fueron plantados con protectores.



Figura 59: Izq.: Localización de los chopos junto a la Fuente de la Virgen en 33Qpe (Cervera de Pisuerga) Dcha.: Detalle de plantación

En 2010 se produjo una marra, vegetando el resto de chopos muy bien, mostrando unos crecimientos importantes, que en algunos casos eran mordidos por la fauna silvestre si se salían del protector. Las hojas estaban algo dañadas por la acción del pedrisco. Se pudo observar daños por ozono en tres individuos, con un porcentaje de daño de hoja de 20% y un 5% de planta dañada.



Figura 60: Izq.: Chopo sensible con cartel informativo en la parcela 33Qpe Dcha.: Daños por ozono

Parcela 54Ph El Saler

La plantación de los chopos en la parcela de El Saler se realizó en dos sesiones. En un principio, los chopos se plantaron en el suelo de un vivero forestal, propiedad del Ajuntament de València, debido a que la parcela se encuentra situada en el Parc Natural de L'Albufera y no se permite la plantación de especies alóctonas. Posteriormente, desde el vivero se pensó que mejor colocar las plantas en macetas grandes para evitar rebrotes indeseados, por lo que se arrancaron de donde habían sido plantados y se pasaron a macetas. Los ejemplares han estado regados por gotero.



Figura 61: Izq.: Chopos sensibles en vivero forestal cercano a la parcela de El Saler Dcha.: Detalle de un chopo sensible

En la parcela de El Saler sobrevivieron todos los chopos, pero se vieron afectados de manera importante por ácaros, produciendo defoliaciones, que dificultó la observación de daños por ozono en las hojas.

Parcela 102Ppr Dodro



**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II
AÑO 2010**

En la parcela de Dodro se realizó una plantación de chopos en la primavera de 2009, de la cuál sobrevivieron 2 chopos observados en la revisión de la parcela de 2009. En 2010 no se realizó ninguna plantación complementaria, además la parcela fue desbrozada en 2010, por lo que no se observó ningún chopo en la revisión de agosto de 2010.



CONCLUSIONES

- En 2010 se han evaluado los daños por ozono en las 13 parcelas instrumentadas de Nivel II. Se identificaron un total de 96 especies diferentes. Los muestreos se realizaron en verano, en el período comprendido entre el 17 de agosto y el 7 de octubre.
- Tal como se ha puesto de manifiesto en anteriores informes, la respuesta de las plantas frente al ozono es compleja. No depende únicamente de los niveles ambientales de este contaminante sino del flujo de ozono entre la atmósfera y las hojas y de la capacidad antioxidante de las plantas. El intercambio gaseoso de las plantas con la atmósfera (y en particular conductancia estomática para el vapor de agua, que es proporcional a la conductancia para el ozono) depende de diversos factores ambientales entre los que los más importantes son la temperatura, la humedad relativa, y el potencial hídrico de la planta. En el mediterráneo, los niveles de ozono son relativamente elevados respecto a otras zonas de Europa pero las plantas están sometidas a un fuerte estrés hídrico que provoca un cierre estomático y por tanto el ozono absorbido por planta puede reducirse notablemente. Por este motivo, en la actualidad se está desarrollando un nuevo tipo de Niveles Críticos basados en el flujo en vez de en las concentraciones. Además, las plantas esclerófilas presentan adaptaciones a la sequía como la presencia de abundantes pelos, paredes celulares engrosadas, y una alta capacidad antioxidante que les sirven tanto para dificultar el acceso de las moléculas de ozono al mesófilo de las hojas como para tamponar su capacidad oxidativa, minimizando los daños. Los resultados del presente trabajo confirman lo mencionado anteriormente. En las parcelas de las zonas secas de España no encontramos daños en la vegetación. Los daños por ozono en la campaña 2010 se restringen a zonas húmedas del norte de España (Dodro, Burguete y Cervera de Pisuerga), que aunque están sometidas a niveles de ozono más bajos en general, presentan vegetación más sensible a este contaminante y, presumiblemente, un intercambio de gases (incluyendo ozono) con la atmósfera muy elevado.
- Los daños más claros se presentaban en la parcela de Burguete (15Fs), Dodro (102Ppr), Cervera de Pisuerga (33Qpe) y Cuellar (37Ppr), donde se detectaron síntomas en *Fraxinus excelsior*, *Pinus radiata* y *Salix caprea*. En el caso de *Pinus radiata* y *Salix caprea*, los daños fueron detectados en los inventarios de los rectángulos (LSS).



**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II
AÑO 2010**

- En el caso de *Fraxinus excelsior*, los síntomas, los daños fueron observados en la vegetación de alrededor de la parcela (OTS). En Burguete se localizaron en una plantación realizada junto a la pista y en Cervera de Pisuerga en un árbol situado junto a la pista de acceso. Deben por tanto enviarse a las bases de datos bajo el formulario OTS y no bajo el LSS.
- La experiencia de la instalación de chopos sensibles al ozono está afianzándose, teniendo mayor éxito en las nuevas ubicaciones de las plantaciones y observándose síntomas en campo en algunas de las parcelas donde también se observan daños en la vegetación.

- BIBLIOGRAFIA

- Ashmore, M.R. (2005). Assessing the future global impacts of ozone vegetation. *Plant, Cell and Environment*, 28, 949–964.
- Black, V.J., Black, C.R., Roberts, J.A. & Stewart, C.A. (2000). Impact of ozone on the reproductive development of plants. *Tansley Review for New Phytologist*, 147, 421–447
- Bussotti, F. & Ferretti, M. (1998). Air pollution, forest condition and forest declines in southern europe. An overview. *Environmental Pollution*, 101, 49–65.
- Bussotti F, Gravano E, Grossoni P, Tani C, fbussotti. 1998. Occurrence of tannins in leaves of beech trees (*Fagus sylvatica*) along an ecological gradient, detected by histochemical and ultrastructural analyses. *New Phytologist* 138: 469-479.
- Chappelka, A.H. & Chevone, B.I. (1992). Tree responses to ozone. pp. 271-324. In: *Surface-level Ozone Exposures and Their Effects on Vegetation*. A.S. Lefohn, ed., Lewis Publish. Inc., Chelsea, MI. pp. 271–324
- Chappelka, A. H., Samuelson, L. J. (1998). Ambient ozone effects on forest trees of the eastern United States: a review. *New Phytologist* 139, 91–108.
- Dann, M.S., Pell, E.J. (1989). Decline of activity and quantity of ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase and net photosynthesis in ozone-treated potato foliage. *Plant Physiology*, 91, 427–432.
- De Kok, L.J. & Tausz, M., (2001). The role of glutathione in plant reaction and adaptation to air pollutants. In: Grill, D., Tausz, M., De Kok, L.J. (Eds.), *Significance of Glutathione to Plant Adaptation to the Environment*. Kluwer Publishers, Amsterdam, pp. 185–208.
- de Vries, W., Reinds, G.J., Posh, M., Sanz, M.J., Krause, G., Calatayud, V., Renaud, J.P., Dupoucy, H., Sterba, H., Vel, E.M., Dobbertin, M., Gundersen, P. & Voogd, J.C.H. (2003). *Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe, 2003*. Technical Report. EC-UN/ECE, Brussels, Geneva (ISSN 1020–6078).
- Fowler, D., Cape, J. N., Coyle, M., Flechard, C., Kuulenstierna, J., Hicks, K., Derwent, D., Johnson, C. & Stevenson, D. (1999). The global exposure of forests to air pollutants. *Water, Air, & Soil Pollution*, 116, 5-32.
- Günthardt-Goerg, M.S., McQuattie, C.J., Scheidegger, C., Rhiner, C. & Matyssek, R. (1997). Ozone-induced cytochemical and ultra-structural changes in leaf mesophyll cell walls. *Canadian Journal of Forest Research*, 27, 453–463.
- Heath, R.L. (1987). The biochemistry of ozone attack on the plasma membrane of plant cells. In: *Recent advances in phytochemistry. Phytochemical effects of environmental compounds* (eds., J.A. Saunders, L. Kosak–Channing and E.E. Conn). New York, N.Y.: Plenum Press, pp. 29–54.
- Heath, R.L. & Taylor, G.E. Jr. (1997). Physiological processes and plant responses to ozone exposure. In: Sandermann, H., Wellburn, A.R., Heath, R.L. (Eds.), *Forest Decline and Ozone: a comparison of controlled chamber and field experiments*. Ecological Studies 127. Springer-Verlag, New York, 317–368 pp.
- Innes J.L., Skelly J.M. & Schaub M. (2001). Ozone and broadleaved species. A guide to the identification of ozone-induced foliar injury. [Ozon, Laubholz- und



**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II
AÑO 2010**

- Krautpflanzen. Ein Führer zum Bestimmen von Ozonsymptomen]. Haupt, Bern, Stuttgart, Wien.
- IPCC (2001) Climate Change 2001: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.
- Kangasjärvi, J., Talvinen, J., Utriainen, M. & Karjalainen, R. (1994). Plant defense systems induced by ozone: Commissioned Review. *Plant, Cell and Environment*, 17, 783–794
- Karnosky, D.F., Zak, D., Pregitzer, K., Awmack, C., Bockheim, J., Dickson, R., Hendrey, G., Host, G., King, J., Kopper, B., Kruger, E., Kubiske, M., Lindroth, R., Mattson, W., McDonald, E., Noormets, A., Oksanen, E., Parsons, W., Percy, K., Podila, G., Riemenschneider, D., Sharma, P., Thakur, R., Sober, A., Sober, J., Jones, W., Anttonen, S., Vapaavuori, E., Manskovska, B., Heilman, W., Isebrands, J. (2003). Tropospheric O₃ moderates responses of temperate hardwood forests to elevated CO₂: a synthesis of molecular to ecosystem results from the Aspen FACE project. *Functional Ecology*, 17, 289–304.
- King, J.S., Kubiske, M.E., Pregitzer, K.S., Hendrey, G.R., McDonald, E.P., Giardina, C.P., Quinn, V.S. & Karnosky, D.F. 2005. Tropospheric O₃ compromises net primary production in young stands of trembling aspen, paper birch and sugar maple in response to elevated atmospheric CO₂. *New Phytologist*, 168, 623–635
- Krupa, S. & Manning, W.J. (1988). Atmospheric ozone: formation and effects on vegetation. *Environmental Pollution*, 50, 101–137.
- Matyssek, R., Innes, J. L. (1999). Ozone - a risk factor for trees and forests in Europe?. *Water, Air, & Soil Pollution*, 116, 199–226.
- Matyssek, R., Reich, P., Oren, R. & Winner, R.E. (1995). Response mechanisms of conifers to air pollutants. In: Smith, W.K., Hinckley, T.M. (Eds.), *Ecophysiology of Coniferous Forests*. San Diego, Academic Press, San Diego, pp 255–308.
- Mehlhorn, H., Tabner, B.J. & Wellburn, A.R. (1990). Electron spin resonance: evidence for the formation of free radicals in plants exposed to ozone. *Physiologia Plantarum*, 79, 377–383.
- Mikkelsen, T.N. & Heide-Jørgensen, H.S. (1996). Acceleration of leaf senescence in *Fagus sylvatica* L. by low levels of tropospheric ozone demonstrated by leaf colour, chlorophyll fluorescence and chloroplast ultrastructure. *Trees*, 10, 145–156.
- Millán, M.M., Mantilla, E., Salvador, R., Carratalá, A., Sanz, M.J., Alonso, L., Gangoiti, G. & Navazo, M. (2000). Ozone cycles in the Western Mediterranean Basin: Interpretation of monitoring data in complex coastal terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 39, 487–508.
- Millán, M.M., Salvador, R., Mantilla E. & Kallos, G. (1997). Photo-oxidant Dynamics in the Mediterranean Basin in Summer: Results from European Research Projects. *Journal of Geophysical Research* 102 no.D7, 8811–8823.
- Pell, E.J., Schlaghaufer, C.D., & Arteca, R.N. (1997). Ozone-induced oxidative stress: mechanisms of action and reaction. *Physiologia Plantarum*, 100, 264–273.
- Pleijel, H., Skärby, L., Ojanperä, K. & Sellden, G. (1994). Exposure of oats, *Avena sativa* L. to filtered and unfiltered air in open-top chambers: effects on grain yield and quality. *Environmental Pollution*, 86, 129–134.



**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES- RED NIVEL II
AÑO 2010**

- Reich, P.B. & Amudson, R.G. (1985). Ambient levels of ozone reduce net photosynthesis in tree and crop species. *Science*, 230: 566–570.
- Reig-Armiñana, J., Calatayud, V., Cerveró, J., García-Breijo, F.J., Ibars, A. & Sanz, M.J. (2004). Effects of ozone on the foliar histology of the mastic plant (*Pistacia lentiscus* L.). *Environmental Pollution*, 132, 321–331.
- Runeckles, V.C. & Chevone, B.I. (1992). Crop responses to ozone. In: Lefohn, A.S. (Ed.), *Surface Level Ozone Exposures and their Effects on Vegetation*. Lewis Publishers, Inc, Chelsea, MI, pp. 189–270.
- Saitanis, C.J., Riga-Karandinos, A.N. & Karandinos, M.G. (2001). Effects of ozone on chlorophyll and quantum yield of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) varieties. *Chemosphere*, 42, 909–917.
- Sanz, M.J. & Millán, M. (1998). The dynamics of aged air masses and ozone in the western Mediterranean: relevance to forest ecosystems. *Chemosphere*, 98, 1089–1094.
- Sanz, M.J., Sánchez, G., Calatayud, V., Minaya, M.T. & Cerveró, J. (2001). La contaminación atmosférica en los bosques. Guía para la identificación de daños visibles causados por ozono. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, 163 p.
- Sanz, M.J., Sanz, F., Calatayud, V., Sánchez-Peña, G. (2006). Ozone in Spain's National Parks and Protected Forests. *TheScientificWorldJOURNAL* (in press)
- Sanz, M.J., Calatayud, V., Sanchez, G. (2007). Measures of ozone concentrations using passive sampling in forests of South Western Europe. *Environmental Pollution*, 145, 620–628.
- Skelly, J.M., Innes, J.L., Savage, J.E., Snyder, K.R., Vanderheyden, D., Zhang, J. & Sanz, M.J. (1999). Observation and confirmation of foliar ozone symptoms of native plant species of Switzerland and southern Spain. *Water, Air, and Soil Pollution*, 116, 227–234.