



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

INFORME FINAL 2011
Proyecto LIFE07 ENV/DE/000218 "FutMon"

**Informe de actividades de la Fundación CEAM en
relación con la "Propuesta para el Seguimiento de la
Calidad Ambiental y de los Daños por Contaminación
en los Bosques Españoles"**
Expte. Nº 27.09.2.5004. Año 2011.



INFORME SOBRE LAS TAREAS:

**T.3. Campañas de muestreo de la vegetación forestal con síntomas de daños por
contaminantes, en su aspecto de coordinación y asesoría técnica.**

T.3.1. Campañas de muestreo y validación

T.3.2. Desarrollo LIFE +

Paterna, noviembre de 2011

Preparado por:
Fundación CEAM
C/Charles R. Darwin, 14
Parque Tecnológico
E-46980 Paterna, Valencia
Tel.: 961318227



En esta parte del informe se detallan las actividades referidas a las siguientes tareas y subtareas:

T.3. Campañas de muestreo de la vegetación forestal con síntomas de daños por contaminantes, en su aspecto de coordinación y asesoría técnica.

T.3.1. Campañas de muestreo y validación

T.3.2. Desarrollo LIFE +

T.3. CAMPAÑAS DE MUESTREO DE LA VEGETACIÓN FORESTAL CON SÍNTOMAS DE DAÑOS POR CONTAMINANTES, EN SU ASPECTO DE COORDINACIÓN Y ASESORÍA TÉCNICA

T.3.1. CAMPAÑAS DE MUESTREO Y VALIDACIÓN

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 de asimilación fotosintética (Reich and Amudson, 1985), reducciones en la cantidad y actividad de la Rubisco (Dan and Pell 1989; Calatayud et al., 2011b) 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. Recientes estudios han demostrado que las especies esclerófilas mediterráneas son más resistentes que las especies de hoja caduca (Calatayud et al., 2010, 2011a)

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:

05 Ps la Granja
 06 Qi Morella
 10 Ppa Almonte
 11 Qs Villanueva de la Sierra
 105 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)." (ver Anexo I). 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 2011. Las evaluaciones se realizaron a partir de finales de agosto y finales de septiembre. 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 detalla si se han producido daños por ozono en los chopos sensibles al ozono (*Populus maximowiczii x berolinensis*), plantados en algunas de las parcelas estudiadas.

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 LESS), 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 2011 se encontraron dos especies con síntomas por ozono en la parcela de Burguete (105Fs).

En muestreos anteriores se han encontrado daños en la parcela de Cervera de Pisuegra, en 2011 se observaron las siguientes especies: *Fraxinus excelsior*, *Prunus mahaleb*, *Prunus spinosa* y *Viburnum opalus*, pero estaban muy mordidas por el paso del ganado o no mostraban síntomas.

Año	Parcela	Fecha	Especie
2011	105Fs	08/09/2011	<i>Fraxinus excelsior</i>
2011	105Fs	08/09/2011	<i>Acer pseudoplatanus</i>



Figura 40: Daños por ozono en *Fraxinus excelsior* en forma de punteado internerval de Burguete (105Fs).

Se observaron dos tipos de daños en las hojas de *Fraxinus excelsior*. Como se observa en las figuras 40 y 42, se observaron daños en forma de punteado internerval amarillo y daños en forma de sombreado internerval, los dos tipos de daño se limitaban al envés de la hoja.



Figura 41: Daños por ozono en *Acer pseudoplatanus* observados en la parcela de Burguete (105Fs).

El tipo de síntoma mostrado en *Acer pseudoplatanus* es en forma de punteados amarillo- anaranjados internerviales (Fig. 41 y 42 der.).



Figura 42: Daños por ozono en *Acer pseudoplatanus* observados en la parcela de Burguete (105Fs).

Los daños se observaron en el camino de acceso a la parcela, cercanos al vallado de acceso (Fig. 43).



Figura 43: Localización de la zona OTS en la parcela de Burguete, donde se observaron los síntomas por ozono (105Fs).

LISTADO DE ESPECIES IDENTIFICADAS EN 2011

Durante los muestreos realizados en 2011 se identificaron 113 especies diferentes. En 2010 se identificaron 96 especies, mientras que en años anteriores, cuando se observaban también especies herbáceas, el número de especies era superior: en 2009: 146 especies, en 2008:162 especies, en 2007: 178 especies y el año 2006 se identificaron 123 especies.

<i>Andryala ragusina</i>	<i>Helleborus foetidus</i>
<i>Anthyllis cytisoides</i>	<i>Ilex aquifolium</i>
<i>Artemisia campestris</i>	<i>Juniperus communis</i>
<i>Asparagus acutifolius</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>
<i>Biscutella laevigata</i>	<i>Juniperus phoenicea</i>
<i>Bupleurum fruticosum</i>	<i>Lavandula latifolia</i>
<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Lavandula stoechas</i>
<i>Castanea sativa</i>	<i>Leuzea conifera</i>
<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Lithodora diffusa</i>
<i>Cistus albidus</i>	<i>Lonicera implexa</i>
<i>Cistus clusii</i>	<i>Lonicera periclymenum</i>
<i>Cistus crispus</i>	<i>Lonicera sp.</i>
<i>Cistus ladanifer</i>	<i>Marrubium supinum</i>
<i>Cistus laurifolius</i>	<i>Myrtus communis</i>
<i>Cistus salvifolius</i>	<i>Ononis minutissima</i>
<i>Clematis flammula</i>	<i>Ononisatrix</i>
<i>Coronilla juncea</i>	<i>Osyris quadripartita</i>
<i>Coronilla valentina</i>	<i>Phagnalon saxatile</i>
<i>Corylus avellana</i>	<i>Phagnalon sp.</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Phillyrea angustifolia</i>
<i>Cytisus striatus</i>	<i>Phillyrea latifolia</i>
<i>Daboecia cantabrica</i>	<i>Pinus halepensis</i>
<i>Daphne gnidium</i>	<i>Pinus nigra</i>
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	<i>Pinus pinaster</i>
<i>Equisetum ramosissimum</i>	<i>Pinus pinea</i>
<i>Erica cinerea</i>	<i>Pinus radiata</i>
<i>Erica vagans</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Euphorbia characias</i>	<i>Potentilla cinerea</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Potentilla montana</i>
<i>Frangula alnus</i>	<i>Prunus spinosa</i>
<i>Fumana ericoides</i>	<i>Quercus coccifera</i>
<i>Genista hispanica</i>	<i>Quercus faginea</i>
<i>Genista scorpius</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Halimium halimifolium</i>	<i>Quercus pyrenaica</i>
<i>Halimium lasianthum</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>Hedera helix</i>	<i>Quercus rubra</i>
<i>Helianthemum apenninum</i>	<i>Quercus suber</i>
<i>Helianthemum lavandulifolium</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>
<i>Helianthemum marifolium</i>	<i>Rhamnus lycioides</i>
<i>Helianthemum organifolium</i>	<i>Rosa elliptica</i>
<i>Helichrysum italicum</i>	<i>Rosa sp.</i>
<i>Helichrysum stoechas</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>

<i>Rubia peregrina</i>	<i>Silene nutans</i>
<i>Rubus sp.</i>	<i>Smilax aspera</i>
<i>Rubus ulmifolius</i>	<i>Sorbus aria</i>
<i>Salicornia ramosissima</i>	<i>Teucrium chamaedrys</i>
<i>Salix atrocinerea</i>	<i>Teucrium polium</i>
<i>Salix caprea</i>	<i>Teucrium pseudochamaepitys</i>
<i>Salix sp.</i>	<i>Teucrium scordium</i>
<i>Sanguisorba minor</i>	<i>Thalictrum sp.</i>
<i>Satureja montana</i>	<i>Thymus mastichina</i>
<i>Scirpus holoschoenus</i>	<i>Thymus vulgaris</i>
<i>Sedum acre</i>	<i>Ulex gallii</i>
<i>Sedum sediforme</i>	<i>Ulex parviflorus</i>
<i>Sedum sp.</i>	<i>Ulex sp.</i>
<i>Seseli elatum</i>	

En la realización de los inventarios se contabilizaron un total de 9 parcelas en las que no se observaron especies: 5 en la parcela de Villanueva de la Sierra (11Qs) y 4 en la parcela de Andujar (26Qi).

Como se observa en la tabla inferior, las parcelas con mayor diversidad de especies eran Vallivana, El Saler y Tibi que superan las 20 especies inventariadas, las parcelas de Mora de Rubielos, Cervera de Pisuerga, Cuellar, Burguete y Almonte tenían más de 10 especies, mientras que las parcelas restantes tenían menos de 10 especies. Las parcelas que menos especies tenían son las parcelas adhesionadas (Villanueva de la Sierra y Andujar) y la parcela de Valsaín (05Ps) que sufre presión fuerte de ganado donde prevalece el pastizal.

Parcela	Nº Especies
05Ps	2
11Qs	4
26Qi	5
30Ps	8
10Ppa	12
105Fs	12
37Ppr	12
102Ppr	12
33Qpe	13
22Pn	16
25Ph	21
54Ph	26
06Qi	27

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

En 2011 se detectaron 2 especies sintomáticas en los rectángulos LESS en dos parcelas diferentes de Nivel II.

Se han detectado daños por ozono en *Pinus radiata* en la parcela de Dodro (102Ppr), consistentes en un moteado clorótico (Fig. 44) 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 2 de los 8 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 44: Daños por ozono en *Pinus radiata* observados el día 1/9/2011 en la parcela de Dodro (102Ppr).

En la parcela situada en Burguete (105Fs) se observó la presencia de daños por ozono en *Prunus spinosa*. Los daños por ozono en esta especie son en forma de punteados rojizos situados entre los nervios de la parte adaxial de la hoja (Fig 45). Los daños se observaron en dos rectángulos de los ocho en los se observó esta especie.



Figura 45: Daños por ozono en *Prunus spinosa* observados el día 8/9/2011 en la parcela de Burguete (105Fs).

ESPECIES CON SÍNTOMAS SEMEJANTES A LOS DEL OZONO PARA VALIDACIÓN MICROSCÓPICA

A continuación se muestran fotografías del material que se va a estudiar a nivel microscópico, detallándose los resultados en posteriores informes.



Figura 46: Punteado amarillento internervial en la parcela de Cuellar (37Ppr).



Figura 47: Moteado clorótico en *Pinus pinaster* en la parcela de Cuellar (37Ppr).

A nivel microscópico se puede diferenciar entre daño producido por ozono o por otras causas en función de donde se observe el enrojecimiento (daño), si el

enrojecimiento (daño) se sitúa en la epidermis no lo ha provocado el ozono, en cambio, si lo que está afectado es el parénquima en empalizada el daño está producido por ozono.

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 Cervera de Pisuerga y Burguete.

Las muestras fueron enviadas por técnicos de la empresa Tecmena.

En la parcela de Cervera de Pisuerga (33Qpe) no se observaron daños por ozono en ninguna de las ramas evaluadas de *Quercus petraea*. La evaluación se realizó el 2 de agosto de 2011. Las hojas observadas mostraban daños por hongos, por insectos mordedores e insectos chupadores (Fig. 48).

Nº LOCALIDAD	Nº ÁRBOL	ESPECIE	Nº RAMA	FECHA RECOGIDA	FECHA OBSERVACIÓN	DAÑO 1 ^{er} CRECIMIENTO
33	501	<i>Quercus petraea</i>	01	27/07/11	02/08/11	0
33	501	<i>Quercus petraea</i>	02	27/07/11	02/08/11	0
33	501	<i>Quercus petraea</i>	03	27/07/11	02/08/11	0
33	501	<i>Quercus petraea</i>	04	27/07/11	02/08/11	0
33	501	<i>Quercus petraea</i>	05	27/07/11	02/08/11	0
33	502	<i>Quercus petraea</i>	01	27/07/11	02/08/11	0
33	502	<i>Quercus petraea</i>	02	27/07/11	02/08/11	0
33	502	<i>Quercus petraea</i>	03	27/07/11	02/08/11	0
33	502	<i>Quercus petraea</i>	04	27/07/11	02/08/11	0
33	502	<i>Quercus petraea</i>	05	27/07/11	02/08/11	0
33	503	<i>Quercus petraea</i>	01	27/07/11	02/08/11	0
33	503	<i>Quercus petraea</i>	02	27/07/11	02/08/11	0
33	503	<i>Quercus petraea</i>	03	27/07/11	02/08/11	0
33	503	<i>Quercus petraea</i>	04	27/07/11	02/08/11	0
33	503	<i>Quercus petraea</i>	05	27/07/11	02/08/11	0
33	504	<i>Quercus petraea</i>	01	27/07/11	02/08/11	0
33	504	<i>Quercus petraea</i>	02	27/07/11	02/08/11	0
33	504	<i>Quercus petraea</i>	03	27/07/11	02/08/11	0
33	504	<i>Quercus petraea</i>	04	27/07/11	02/08/11	0
33	504	<i>Quercus petraea</i>	05	27/07/11	02/08/11	0
33	505	<i>Quercus petraea</i>	01	27/07/11	02/08/11	0
33	505	<i>Quercus petraea</i>	02	27/07/11	02/08/11	0
33	505	<i>Quercus petraea</i>	03	27/07/11	02/08/11	0
33	505	<i>Quercus petraea</i>	04	27/07/11	02/08/11	0
33	505	<i>Quercus petraea</i>	05	27/07/11	02/08/11	0



Figura 48: Hongos e insectos chupadores en las hojas de *Quercus petraea* de la parcela 37Qpe evaluadas.

En la parcela de Burguete (105Fs) no se observaron daños por ozono en ninguna de las ramas evaluadas de *Fagus sylvatica*. La evaluación se realizó el 2 de agosto de 2011. Las hojas observadas mostraban daños por hongos, por *Rhynchaenus fagi* y agallas producidas por *Mikiola fagi* (Fig. 49).

Nº LOCALIDAD	Nº ÁRBOL	ESPECIE	Nº RAMA	FECHA RECOGIDA	FECHA OBSERVACIÓN	DAÑO 1 ^{er} CRECIMIENTO
105	501	<i>Fagus sylvatica</i>	01	28/07/11	02/08/11	0
105	501	<i>Fagus sylvatica</i>	02	28/07/11	02/08/11	0
105	501	<i>Fagus sylvatica</i>	03	28/07/11	02/08/11	0
105	501	<i>Fagus sylvatica</i>	04	28/07/11	02/08/11	0
105	501	<i>Fagus sylvatica</i>	05	28/07/11	02/08/11	0
105	502	<i>Fagus sylvatica</i>	01	28/07/11	02/08/11	0
105	502	<i>Fagus sylvatica</i>	02	28/07/11	02/08/11	0
105	502	<i>Fagus sylvatica</i>	03	28/07/11	02/08/11	0
105	502	<i>Fagus sylvatica</i>	04	28/07/11	02/08/11	0
105	502	<i>Fagus sylvatica</i>	05	28/07/11	02/08/11	0
105	503	<i>Fagus sylvatica</i>	01	28/07/11	02/08/11	0
105	503	<i>Fagus sylvatica</i>	02	28/07/11	02/08/11	0
105	503	<i>Fagus sylvatica</i>	03	28/07/11	02/08/11	0
105	503	<i>Fagus sylvatica</i>	04	28/07/11	02/08/11	0
105	503	<i>Fagus sylvatica</i>	05	28/07/11	02/08/11	0
105	504	<i>Fagus sylvatica</i>	01	28/07/11	02/08/11	0
105	504	<i>Fagus sylvatica</i>	02	28/07/11	02/08/11	0
105	504	<i>Fagus sylvatica</i>	03	28/07/11	02/08/11	0
105	504	<i>Fagus sylvatica</i>	04	28/07/11	02/08/11	0
105	504	<i>Fagus sylvatica</i>	05	28/07/11	02/08/11	0
105	505	<i>Fagus sylvatica</i>	01	28/07/11	02/08/11	0
105	505	<i>Fagus sylvatica</i>	02	28/07/11	02/08/11	0
105	505	<i>Fagus sylvatica</i>	03	28/07/11	02/08/11	0
105	505	<i>Fagus sylvatica</i>	04	28/07/11	02/08/11	0
105	505	<i>Fagus sylvatica</i>	05	28/07/11	02/08/11	0



Figura 49: Hongos y *Mikiola fagi* en hojas de *Fagus sylvatica* de la parcela de Burguete.

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 ha realizado en aquellas parcelas en las que por meteorología o proximidad al CEAM se piensa que puede tener más éxito la plantación. En 2010 hay chopos en 7 de las 13 parcelas estudiadas (06Qi, 105Fs, 22Pn, 30Ps, 33Qpe, 54Ph). 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 se produjeron 3 marras. A mediados de junio de 2011 se plantaron cuatro chopos más y se instaló un bidón con agua y riego por goteo.



Figura 50: Izq.: Localización de los chopos sensibles en la parcela de Vallivana (06Qi). Dcha.: Dos hojas marcadas por ozono.

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 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, se observaron daños por ozono en dos de los siete chopos presentes. Los daños ocupaban el 15% de la planta y el 40% de hoja afectada.

Parcela 105Fs Burguete

La plantación de los chopos en Burguete se realizó en 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 se instalaron las protecciones para fauna, pues es una zona de pasto de ganado vacuno y equino; algunos protectores estaban muy pisados y se quitaron.



Figura 51: Izq.: Chopo sensible en la parcela de Burguete (105Fs). Dcha.: Detalle de una hoja con daño por ozono.

En el viaje de evaluación de daños por ozono, realizado a principios de septiembre, se observaron daños por ozono en 4 de los 8 chopos plantados. Se evaluó el nivel de daño en hoja, que fue de 35, 35, 35 y 50% y el nivel de daño en planta con un 10, 5, 5 y 10% respectivamente de planta afectada por ozono. Algunos de los protectores habían sido pisoteados pero las plantas vegetaban bien.

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 en abril de 2010, colocándose también protectores para fauna, debido a la presencia de ungulados salvajes por la zona.



Figura 52: Izq.: Localización de los chopos junto al arroyo cerca de la fuente Fuen Narices
Dcha.: Hoja con daños posiblemente producidos por ozono

La observación de daños se realizó a mediados de septiembre y algunos ejemplares ya mostraban decoloraciones de senescencia. Tan solo se observaron daños similares al ozono en un ejemplar de los 8 observados, aunque sus hojas, a parte de presentar necrosis internerviales, también presentaban la citada decoloración otoñal. Los daños se observaron en un 15% de planta dañada en un 15% de hoja dañada.

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. En 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. En 2011, aunque no se realizó ningún riego, sobrevivieron 4 de los 6 chopos plantados. Los chopos están ubicados en el fondo del barranco que se cruza para llegar a la parcela.

En la parcela de Tibi la evaluación de daños se realizó a mediados de septiembre. En ésta parcela no se observaron daños por ozono en los clones sensibles a pesar de que los valores de ozono han sido bastante elevados en la zona. Las elevadas temperaturas probablemente hayan favorecido el cierre estomático, con lo que las plantas habrían evitado 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 53: Izq.: Localización de los chopos junto a otra plantación en 30Ps (Soria) Dcha.: Hoja con daños parecidos a los producidos por ozono.

En 2010 sobrevivieron 6 chopos y en 2011 había 5 chopos vivos. En ésta localidad tan solo se observó un ejemplar de los 6 observados con daños parecidos al ozono, el porcentaje de planta dañado era del 5% con un 45% de daño en hoja.

Parcela 33Qpe Cervera de Pisuerga

En la parcela situada en Cervera de Pisuerga se plantaron 8 chopos sensibles al ozono en junio de 2010. Los chopos se localizan 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 tienen protectores.



Figura 54: Izq.: Localización de los chopos junto a la Fuente de la Virgen en 33Qpe (Cervera de Pisuerga) Dcha.: Detalle de plantación

En 2011 se observaron 6 chopos, 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. Se pudo observar daños similares a los producidos por ozono en dos individuos, con un porcentaje de daño de hoja de 20% y un 5% de planta dañada.

Parcela 54Ph El Saler

Debido a que la parcela se encuentra situada en el Parc Natural de L'Albufera y no se permite la plantación de especies alóctonas, los chopos se colocaron en macetas grandes. Los ejemplares han estado regados por gotero.



Figura 57: Izq.: Chopos sensibles en vivero forestal cercano a la parcela de El Saler Dcha.: Hoja atacada por insectos.

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

CONCLUSIONES

- En 2011 se han evaluado los daños por ozono en las 13 parcelas instrumentadas de Nivel II. Se identificaron un total de 113 especies diferentes. Los muestreos se realizaron en verano, en el período comprendido entre el 22 de agosto y el 21 de septiembre.
- 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 2011 se restringen a zonas húmedas del norte de España (Dodro y Burguete), 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 (105Fs) y Dodro (102Ppr), donde se detectaron síntomas en *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Prunus spinosa* y *Pinus radiata*. En el caso de *Prunus spinosa* y *Pinus radiata*, los daños fueron detectados en los inventarios de los rectángulos (LESS).
- En el caso de *Fraxinus excelsior* y *Acer pseudoplatanus* 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. Deben por tanto enviarse a las bases de datos bajo el formulario OTS y no bajo el LESS.

- La experiencia de la instalación de chopos sensibles al ozono está afianzándose y se observan 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.
- Calatayud, V., Marco, F., Cerveró, J., Sánchez-Peña, G, Sanz, M.J. (2010). Contrasting ozone sensitivity in related evergreen and deciduous shrubs. *Environmental Pollution* 158, 3580-3587.
- Calatayud, V., Cerveró, J., Calvo, E., García-Breijo, J.F., Reig-Armiñana, J., Sanz, M.J. (2011a). Responses of evergreen and deciduous *Quercus* species to enhanced ozone levels. *Environmental Pollution* 159: 55-63.
- Calatayud, V., García-Breijo, J.F., Cerveró, J., Reig-Armiñana, J., Sanz, M.J. (2011b). Physiological, anatomical and biomass partitioning responses to ozone in the Mediterranean endemic plant *Lamottea diana*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74: 1131–1138.
- 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., Kuylenstierna, 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. & Matussek, 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 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. & Selldén, 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.
- 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.

T.3.2. DESARROLLO LIFE+

Durante 2011, la Fundación CEAM ha mantenido con la SPCAN un contacto continuo informando telefónicamente o por correo electrónico de los resultados de las reuniones a las que se ha asistido y los cambios llevados a cabo en los manuales dentro del proyecto FutMon.