ECOLOGIA

La salud del agrosistema. La contaminación atmosférica en la cuenca mediterránea: El Ozono

María José Sanz.
CEAM

Han colaborado:
Millán Millán, Enrique Mantilla, Juan C. Bezares, Carmen Martín
CEAM

José V. Miró
DIRECC. GEN. CALIDAD AMBIENTAL

EL CEAM

Los temas medioambientales han cobrado un interés particular en el ámbito Mediterráneo en los últimos años, especialmente los relacionados con la contaminación atmosférica. Recientes estudios cofinanciados por la Unión Europea (Millán & al., 1993) han puesto de manifiesto una serie de peculiaridades en la Cuenca Mediterránea que la diferencian del resto de los territorios europeos en cuanto al diagnóstico y tratamiento de los problemas medioambientales.

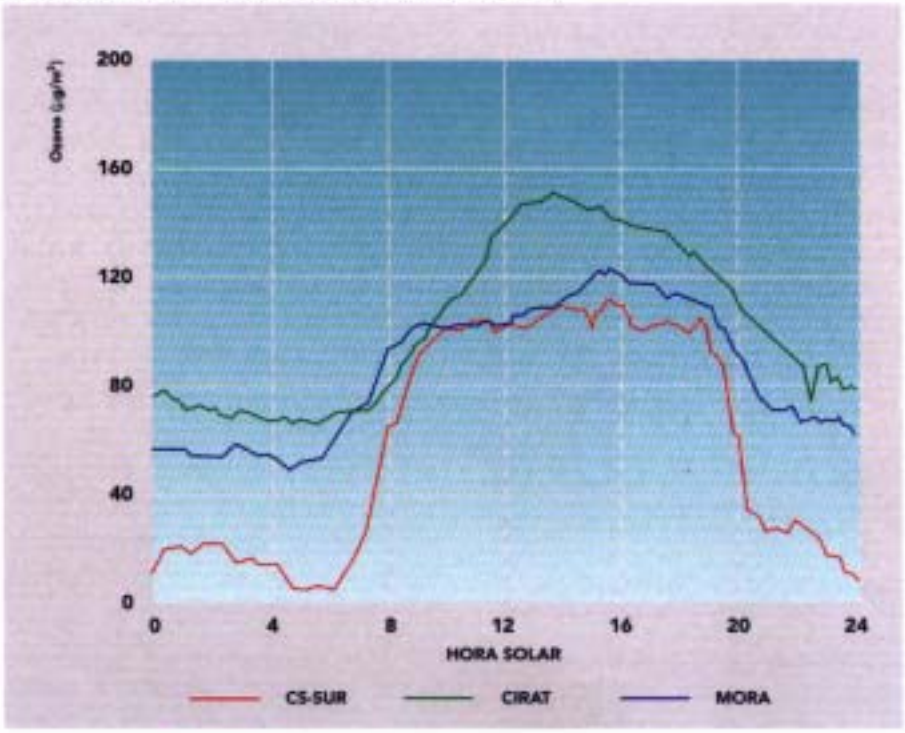
El CEAM (Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo) es una fundación de carácter científico creada en 1991 por la Generalidad Valenciana y Bancaja con apoyo de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación y de la Comisión Europea (DG XII). Responde a la necesidad de potenciar la capacidad de investigación y desarrollo de tecnología ambiental en los países Mediterráneos, donde tradicionalmente ha predominado la ingeniería aplicada en estos temas. Y tiene como uno de sus objetivos la identificación y el estudio de problemas específicamente mediterráneos (haciendo especial hincapié en la Comunidad Valenciana), especialmente aquellos directa o indirectamente relacionados con la contaminación atmosférica.

Por todo ello se trabaja en cuatro áreas de investigación relacionadas con la contaminación atmosférica en el ámbito mediterráneo:

- **El estudio de la dinámica de los contaminantes atmosféricos**, tema del cual se dispone de una amplia base de datos.
- **La química de estos contaminantes en atmósferas simuladas** (Proyecto EUPHORE, European Photoreactor) y en campo. Para ello se dispone de dos reactores (cámaras semiesféricas de teflón transparente de 200 m³) fotoquímicos, considera-

FIGURA 1. PROMEDIO 19 - 29 / 07 / 89

Media de las concentraciones de ozono para las localidades de Castellón (en la costa), Cirat (a 40 Km de la costa) y Valbona (a 80 Km de la costa) situadas en el valle del Mijares desde el 19 al 29 de Julio de 1989. (Modificado de Millán & al. 1993).



das las de mayor tamaño en la actualidad en todo el mundo. En ellas se trabaja en atmósferas simuladas, para averiguar que ocurre con los contaminantes una vez son emitidos a la atmósfera.

- **Los efectos de los contaminantes atmosféricos en vegetales**, tanto en ecosistemas naturales como en agrosistemas. Complementado con la identificación de bioindicadores específicos para ecosistemas mediterráneos (incluyendo líquenes, cultivos y especies endémicas o típicamente mediterráneas).
- **Posibles cambios climáticos** a escala local ligados a la contaminación atmosférica, análisis de riesgos meteorológicos (lluvias torrenciales e incendios forestales).
- Así mismo, se estudian temas relacionados con la **restauración de la cubierta vegetal después de incendios**, dada la gran importancia de este fenómeno en la Comunidad Valenciana, y la relación que puede llegar a tener con cambios climáticos locales.

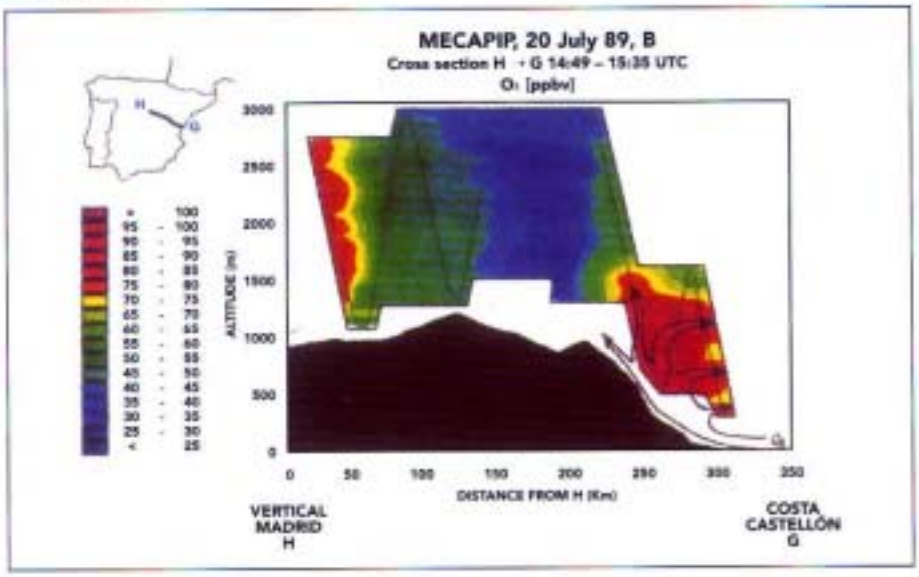
Una de las líneas que la Fundación está potenciando actualmente con mayor interés es la de caracterizar los posibles efectos que la contaminación a nivel regional que se ha documentado recientemente producida por fotooxidantes (ozono principalmente) en los cultivos hortícolas de la Comunidad Valenciana. En esta línea de trabajo se esta colaborando estrechamente con el Servicio de Sanidad y Certificación Vegetal (SSCV) de la Consellería de Agricultura y Medio Ambiente.

ELEVADOS NIVELES DE OZONO EN EL ESTE PENINSULAR

EVIDENCIAS DE LA EXISTENCIA DE PROBLEMAS AMBIENTALES ASOCIADOS A FOTOOXIDANTES EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

Los resultados de los proyectos de la Unión Europea sobre la dinámica de los contaminantes atmosféricos en la Cuenca Mediterránea han mostrado que su comportamiento en verano es muy característico, y responde a un sistema de brisas que se establece principalmente durante los meses de verano y primavera (Figura 2 Millán & al., 1993). Se ha detectado la presencia persistente de elevadas concentraciones de ozono asociadas a las brisas mar-tierra que se forman todos los días en las costas de la Cuenca Mediterránea, que transportan el ozono hacia las zonas del interior de la Comunidad Valenciana preferentemente utilizando los valles litorales como caminos naturales. Ello resulta, por ejemplo, en concentraciones elevadas a cierta distancia de la costa, en áreas rurales, en el Valle del Mijares a la altura de Cirat (Castellón, a 40 Km. de la Costa) y Mora de Rubielos (Teruel, a 80 Km. de la Costa). En la Figura 1 se observan las curvas correspondientes al verano en la costa de Castellón, Cirat y Valbona, en todos los casos se aprecian valores que superan los 32 ppb Ozono media de 24 horas. Este tipo de curvas se pueden considerar como típicas en muchos valles costeros de la Comunidad Valenciana.

FIGURA 2



Ejemplo de la penetración de las brisas hacia el interior por el valle del Mijares. Los colores rojos indican concentraciones altas de ozono, que como puede apreciarse penetran desde la costa junto con las brisas, y a mediodía (hora en la que tomaron estas medidas) ya penetran del orden de 150 Km hacia el interior por el valle. Valbona está a 80 Km de la costa en este mismo valle y Cirat a 40 Km. Sobre la vertical de Madrid también se observan elevadas concentraciones de Ozono. Se puede observar entre la costa y el centro de la Península zonas con aire limpio (en azul). (Modificado de Millán & al. 1993).

Básicamente se pueden destacar los siguientes procesos:

- La formación de una zona de bajas presiones ("baja térmica") sobre la Península Ibérica en los días de verano fuerza una convergencia del campo de vientos de superficie en las zonas costeras, hacia el centro de la península (brisas diurnas). Estas brisas tienden a quedar canalizadas por pasos naturales que no excedan más de 1000 a 1200 m de altura (Valles litorales), y puede penetrar hacia el interior 100 ó más km. durante el día. Ello explica la presencia de Ozono en Valbona a 80 Km. de la costa (esquematizado en la Figura 3).
- También se ha documentado que en algunos casos estas masas de aire cargadas de Ozono pueden elevarse hasta 5 Km de altura y ser transportadas a gran distancia por encima de la inversión de subsidencia anticiclónica a grandes distancias.

• Sobre la costa Mediterránea española el comportamiento más general incluye: la inyección de los contaminantes hasta 2.5-3 km. de altura en la zona frontal de las brisas de mar y de ladera (Figura 3), su transporte hacia el mar en los flujos de retorno de las brisas, la subsidencia sobre el mar, y la deriva a lo largo de la costa durante la noche. El ciclo se completa con el reprocesamiento de los contaminantes, junto con los de emisión más reciente, dentro de la brisa de mar del día siguiente, y así sucesivamente, un día tras otro durante períodos extensos de tiempo.

• En conjunto, estos mecanismos pueden considerarse como componentes de un gran reactor fotoquímico que opera cada día, sobre la península ibérica y áreas costeras circundantes, desde la primavera hasta el otoño. En él se procesan las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), y compuestos orgánicos volátiles, emitidos por vehículos e industria, en presencia de radiación solar, para producir (esencialmente) ácido nítrico y nitratos que se pueden depositarse sobre la superficie (terrestre y/o marítima).

• Como productos intermedios se producen compuestos fotooxidantes (por ejemplo el Ozono). En la costa Mediterránea española y durante períodos de varios meses, estos mecanismos pueden generar concentraciones de Ozono 2 a 3 veces superiores a los niveles de protección a la vegetación en directiva del ozono.

• Se han identificado tres mecanismos inter-relacionados que pueden explicar: el transporte regional de fotooxidantes y otros contaminantes dentro del Mediterráneo Occidental, el transporte a larga distancia de fotooxidantes generados en este área hacia el centro de Europa, y a lo largo de la costa africana hacia las islas canarias y zona de convergencia intertropical.

Todos estos puntos se resumen en el esquema de la Figura 3.

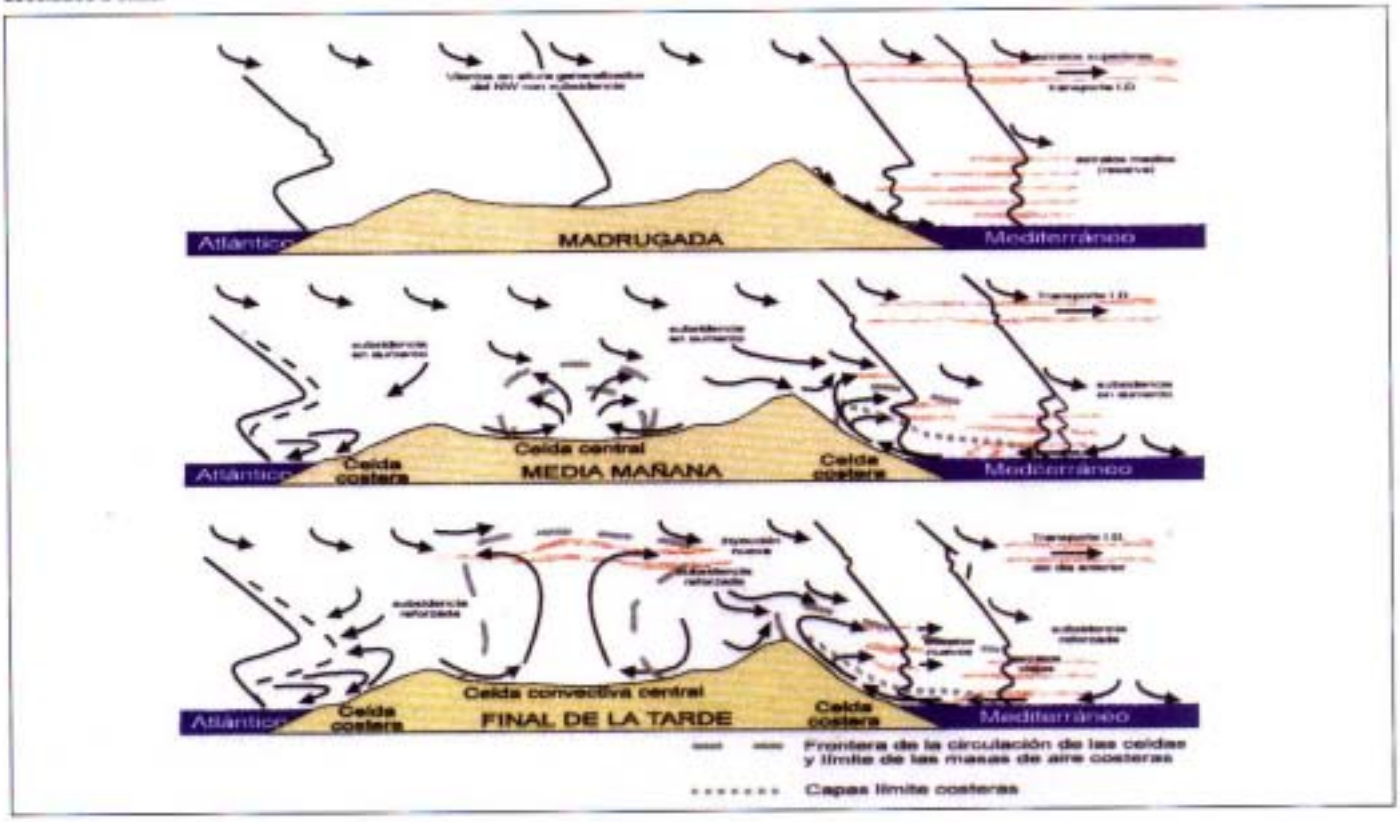
Aunque no están totalmente caracterizadas, una primera evaluación de las circulaciones atmosféricas, asociadas con los comportamientos observados de los contaminantes, sugieren que las fuentes de precursores o ingredientes primarios responsables de la generación de los contaminantes fotoquímicos secundarios, tales como ozono, **pueden** ser las siguientes:

• **Vapores orgánicos volátiles**: el complejo de refinerías que se extiende desde el golfo de Génova en Italia, por el Sur de Francia y costa este española y, en menor medida (?), el venteo de gas natural de los pozos argelinos y el tráfico en zonas costeras mediterráneas.

• **Compuestos nitrogenados primarios**: tráfico y emisiones indus-

FIGURA 3

Esquema de las circulaciones que se producen en la Península Ibérica durante el verano. Ilustrando la formación de brisas y estratos de contaminantes asociados a ellas.



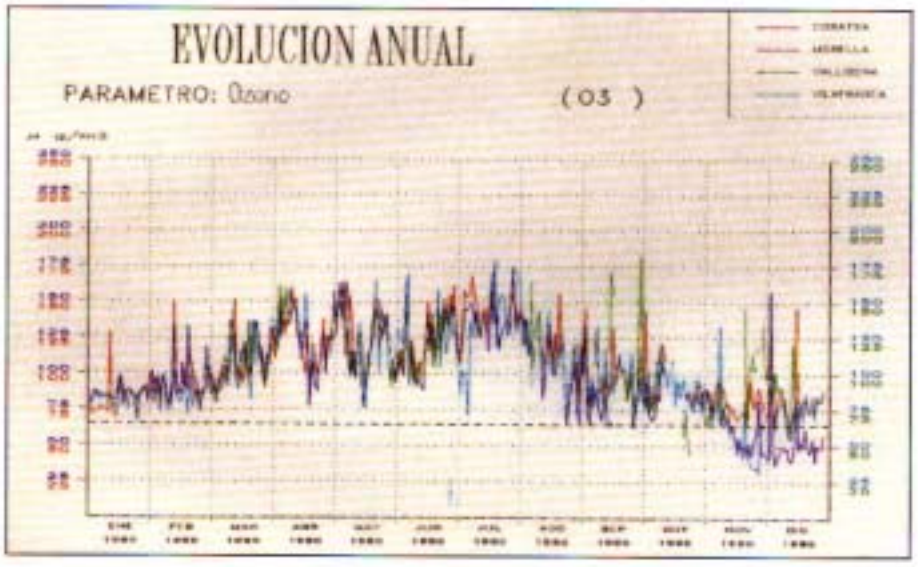


FIGURA 4

Medias diarias (24 horas) de la concentración de ozono en cuatro estaciones rurales de la Comunidad Valenciana en el norte de Castellón. La línea punteada indica el umbral de protección para la vegetación establecido por la direcctiva europea de 65 ugr/m³, que se supera ampliamente durante la mayor parte del año. Estos datos pertenecen a las cabinas de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana, y han sido cedidos por la Dirección General de Calidad Ambiental de la Conselleria de Agricultura y Medio Ambiente.

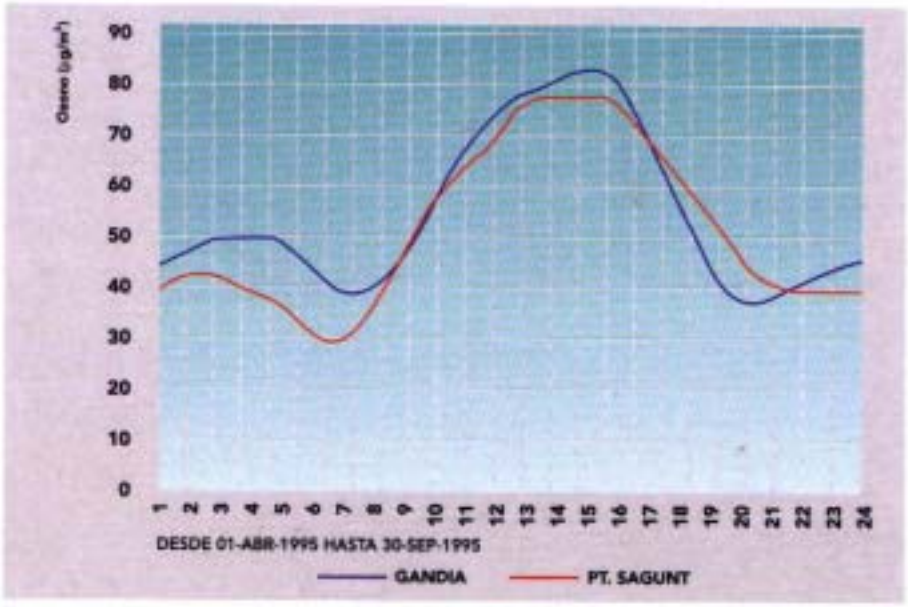


FIGURA 5
EVOLUCIÓN DIARIA MEDIA. PARÁMETRO: OZONO

Curva de evolución media diaria de las concentraciones de ozono en Gandía y Puerto de Sagunto durante 1995 (desde Enero hasta Diciembre). Se observa un ciclo diario relativamente bien marcado. Estos datos pertenecen a las cabinas de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana, y han sido cedidos por la Dirección General de Calidad Ambiental de la Conselleria de Agricultura y Medio Ambiente.

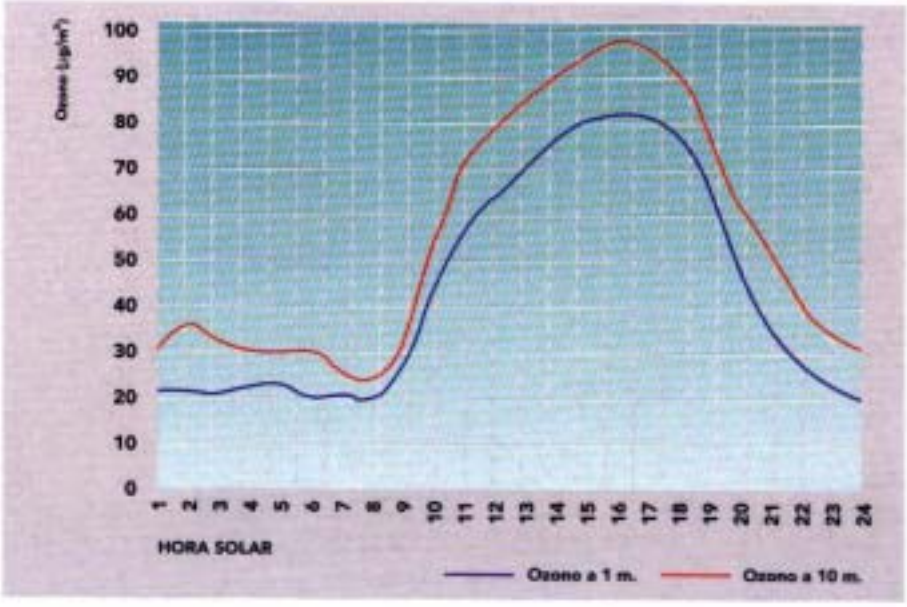
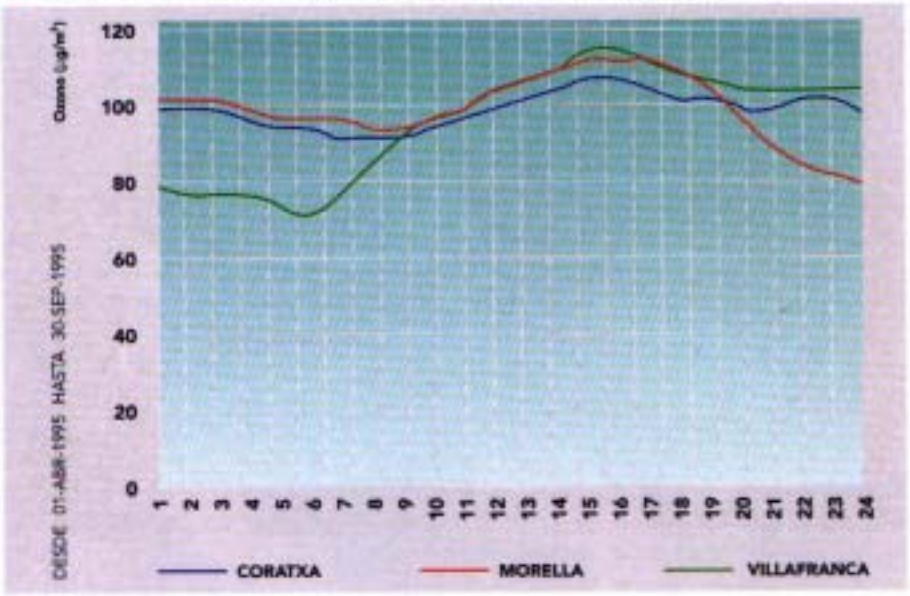


FIGURA 6
MARZO-96: MEDIA MENSUAL DE OZONO. LA PEIRA (BENIFAIÓ)

Curva de evolución media diaria de las concentraciones de ozono en Coratxar, Morella y Villafranca durante la primavera y el verano de 1995 (desde Abril hasta Septiembre). En las dos localidades que se encuentran en sitios elevados a más de 1000 m, no se observa prácticamente ningún ciclo diario y las concentraciones se mantienen elevadas durante todo el día. En Villafranca hay un ciclo, aunque menos marcado que en la costa. Estos datos pertenecen a las cabinas de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad Valenciana, y han sido cedidos por la Dirección General de Calidad Ambiental de la Conselleria de Agricultura y Medio Ambiente.

FIGURA 7. EVOLUCIÓN DIARIA MEDIA. PARÁMETRO: OZONO.



Curva de evolución media diaria de las concentraciones de ozono en el Campo Experimental "La Peira" (Benifaió) durante el mes de Marzo de 1996. Se observa un ciclo bien marcado, con concentraciones al medio día que superan ampliamente los 65 µgr/m3 ya en el mes de marzo. Las dos curvas corresponden al ozono medido a 1,5 m de altura sobre el suelo y a 10 m de altura. Se observa una disminución de ozono en la superficie, lo que indica que está habiendo una deposición sobre el suelo y sobre las plantas que allí se encuentran.

triales en la cuenca aérea mediterránea y regiones circundantes.

• **Radiación solar**: Durante el verano es muy intensa sobre toda la zona y está favorecida, en particular, sobre la zona de subsidencia atmosférica que existe sobre el afloramiento de agua fría en el golfo de León.

Estudios realizados a nivel de toda la Cuenca Mediterránea cofinanciados por la Comisión Europea y liderados desde el CEAM han puesto de manifiesto que la estratificación de masas de aire envejecido que se apreciaba en la costa de Castellón sobre el mar se mantiene como era de esperar sobre el mar y las Islas Baleares. Existe pues, un problema medioambiental del que se tiene constancia, su importancia se deriva tanto de las elevadas concentraciones de fotooxidantes detectadas como de la amplitud espacial implicada y, lo que es más importante, la persistencia temporal durante largos periodos del año recurrentes en años sucesivos.

Se sabe que el ozono puede provocar daños tanto en los vegetales como en los animales, y es por ello que la Comunidad Europea ha legislado sus concentraciones. La normativa actualmente en vigencia en la Comunidad Europea (Directiva 92/72) y en España (Decreto 1494/95) establece los umbrales siguientes:

– Protección a la salud, 110 µg/m³ (aproximadamente 55 ppb) como valor medio en 8 horas.

– Protección a la vegetación, 65 µg/m³ (aproximadamente 32.5 ppb) como valor medio en 24 h y 200 µg/m³ (aproximadamente 100 ppb) como valor medio en 1 hora.

– Aviso a la población, 180 µg/m³ (aproximadamente 90 ppb) como valor medio de 1 hora.

– Alerta a la población, 360 µg/m³ (aproximadamente 170 ppb) como valor medio de 1 hora.

NIVELES DE FOTOOXIDANTES DETECTADOS EN LA RED DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA COMUNIDAD VALENCIANA

Si se observan los valores de ozono registrados por algunas estaciones de la Red de Calidad Ambiental de la Comunidad Valenciana, especialmente los registrados en estaciones de tipo "rural" (fuera de las ciudades), estos sobrepasan los valores de la *Directiva Europea de Protección a la Vegetación* de 32.5 ppb (65 µgr/m³) valor medio de 24 horas durante los meses de primavera, verano y parte del otoño (Figura 4, medias diarias en algunas estaciones de la red de calidad del aire de la Comunidad Valenciana).

Es interesante destacar que aunque en general en todas las estaciones que se han estudiado sobrepasan los valores de protección a la vegetación se puede observar varios tipos de ciclo diario según la localización de las estaciones:

• En la costa, los ciclos son claramente de alternancia día/noche, con un máximo a mediodía y valores más bajos por la noche. Ejemplos, Gandía, Sagunto (Figura 5). A este tipo de situación corresponde la localización del Campo Experimental de Benifaió (Figura 6).

• En las estaciones situadas en localizaciones relativamente altas (más de 1000 m de altura), fuera de los valles, no se produce un ciclo diurno marcado. Las concentraciones se mantienen constantes durante todo el día o con un ciclo muy poco marcado. Y van aumentando paulatinamente hacia el verano (Figura 4). Ejemplo, Morella, Corachar, donde no se aprecian ciclos diarios marcados, aunque las concentraciones son elevadas durante todo el día.

• Existen algunas variaciones de estos ciclos, y se pueden observar en la cabecera de los valles, y en sus elevaciones medias, donde se observan valores nocturnos elevados y un ciclo diurno (aumento) que se superpone a estos. Ejemplo, Villafranca (Figura 7), Cirat (Figura 1), ambos con valores elevados por las noches y que se elevan aún mas durante el día.

En resumen, en muchas localizaciones de la Comunidad Valenciana donde se cultivan hortícolas las concentraciones de ozono medidas superan los valores de protección a la vege-

tación de 32.5 ppb como media de 24 h.

LA PROBLEMÁTICA EN LAS HORTÍCOLAS Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En los últimos años se han detectado problemas en el cultivo de algunas hortalizas y ha contribuido a la reducción de las superficies de cultivo en más de 10.000 ha en el cuatrienio 88-92 en la Comunidad Valenciana (Porcuna, Gimeno & Jiménez, 1995). **En un principio**, muchos de estos problemas se han achacado a la aparición de nuevos y más agresivos problemas virales (Porcuna, 1992; Porcuna & al, 1993). Además parece constatarse que su agresividad y manifestación parece estar asociada a la proximidad al mar, amortiguándose o desapareciendo en las áreas del interior de la Comunidad Valenciana.

Se ha encontrado un factor común con capacidad de desequilibrio a nivel global la presencia de niveles de fotooxidantes (ozono) desde los meses de Abril a Septiembre que superan el umbral de protección de la vegetación, y por tanto pueden considerarse fitotóxicos para grupos de plantas sensibles (Porcuna, Gimeno & Jiménez, 1995). Ello no significa que puedan haber otros además de éste.

LOS FOTOOXIDANTES Y LOS DAÑOS EN HORTALIZAS EN LA COSTA MEDITERRÁNEA ESPAÑOLA. EVIDENCIAS EXPERIMENTALES

Muchas de las hortalizas son mayoritariamente plantas anuales con elevados rendimientos en cortos periodos de tiempo, que se vienen abajo cuando un estrés agudo afecta el agrosistema. Un factor de estrés que ha cobrado una gran importancia en las últimas décadas es la contaminación atmosférica, y especialmente en todo el arco levantino el ozono que alcanza concentraciones preocupantes, como ya se ha apuntado en el apartado anterior.

Una de las cámaras descubiertas del campo experimental.

Las primeras sospechas sobre la gran repercusión que podía tener esta problemática medioambiental en la horticultura se materializaron en 1987, cuando por primera vez en España se identificaron daños visibles causados por ozono en una variedad de sandía (var. Toro). Este tipo de daños y un descenso en la producción y calidad, se había venido detectando en los cultivares de sandía de la Granja MIGJORN desde 1976 aproximadamente, desconociéndose su origen (Selleras & al. 1989).

En 1988 se inició una experiencia utilizando cámaras descubiertas (*Open Top Chambers, OTC*) con el objetivo de comprobar si los daños que aparecían eran realmente debidos a las elevadas concentraciones de ozono observadas en el Delta. En esta experiencia se identificaron y tipificaron los daños visibles en hojas causados por el ozono en la variedad de sandía utilizada (Reinert & al. 1992), y se cuantificaron las diferencias en la producción y calidad de los frutos en las plantas expuestas (Cámaras con aire no filtrado) y no expuestas (Cámaras con aire filtrado) al ozono. La conclusión fue que además de la aparición de daños visibles existían diferencias significativas en el número total de frutos producidos y el contenido total de sólidos solubles. Las concentraciones de ozono registradas durante la campaña realizada en 1988 fueron muy elevadas en primavera (Abril, Mayo y Junio) alcanzando medias mensuales de más de 50 ppb durante el mediodía, y sobrepasando los 30 ppb las 24 horas del día. Concentraciones que se superan fácil mente en la Comunidad Valenciana. Efectos debidos a la presencia de ozono se han detectado también en otro tipo de cultivos en el campo de experimentación de la granja MIGJORN, por ejemplo, en 1991-92, en la judía (var Lit. y var Win) (Bermejo & al. 1992).

Por otra parte, existían ya evidencias de la probable aparición de daños causados por ozono en cultivos hortícolas utilizados comercialmente en áreas mediterráneas cuando las concentraciones de ozono superaran ciertos límites, pues estos habían sido inducidos fumigando en condiciones controladas variedades comerciales de sandía, melón, guisantes y judías con 90 ppb de ozono 6 horas diarias durante 5 días con anterioridad (Fernández, 1991).

Todas las evidencias mencionadas hacían pensar que el fenómeno

podría tener una extensión relativamente grande afectando a todo el arco mediterráneo peninsular, desde Tarragona a Almería. Se puso en marcha un seguimiento por parte del Servicio de Protección de Vegetales de Silla en colaboración con el CIEMAT, utilizando como bioindicadores los cultivos de sandía de la zona contrastados con la implantación de cultivares de tabaco de la variedad BW3 (de reconocida sensibilidad al ozono) con el que se han detectado daños visuales en todo este territorio. En este mismo estudio, se han observado también daños visibles que pueden ser debidos al ozono en otros cultivos mediterráneos prospectados "in situ": patatas, vid, cacahuetes, judías, soja, tomates y variedades de tabaco comercial (Gimeno al. 1992). Concretamente, en la Comunidad Valenciana se han prospectado puntos distribuidos entre las tres provincias apareciendo daños visibles en muchas de las localidades, los daños son de intensidad mayor no exactamente en las áreas costeras (Porcuna, coms. pers.), sino en zonas a una cierta distancia de la costa aunque no muy hacia el interior. Este patrón espacial de daños responde al patrón de concentraciones mostrado en la Figura 1, donde la localización intermedia de Cirat es la que parece presentar una dosis acumulada más importante de ozono; este fenómeno parece responder a varios factores entre los que destaca la existencia en la mayor parte de las áreas más cercanas a la costa una elevada emisión de óxidos de nitrógeno (debido al tráfico, etc.). Cada vez son más las evidencias de cierta interacción entre la presencia de fotooxidantes y algunos de los problemas observados en especies hortícolas, aunque también cada vez se observa más la existencia de interacciones más complejas con la topografía, las emisiones locales, etc.

LOS FOTOOXIDANTES Y LOS DAÑOS EN HORTALIZAS EN OTROS PAÍSES COSTEROS DEL MEDITERRÁNEO

Desde que los primeros estudios con bioindicadores en cultivos de los efectos producidos por elevadas concentraciones de ozono se llevaron a cabo en los 70 en Israel utilizando la variedad de tabaco Bel-W3 (Naveh & al. 1978), se han realizado pocos estudios relacionados con los daños producidos por fotooxidantes en la Cuenca Mediterránea hasta mediados de los 80.

Existe información y cierto número de estudios en Italia, país que junto con España ha desarrollado cierta investigación más o menos continua aunque puntual, desde mediados de los años 80 en el campo de los efectos producidos por fotooxidantes en cultivos. Así pues, la primera referencia, de la que tenemos constancia, de la existencia de este tipo de daños en Italia es de 1984 (Lorenzini & al, 1984), que parece coincidir con los primeros indicios de la problemática en nuestro país a principio de los años 80. Los estudios más intensivos se han llevado a cabo en el valle del Po y Tuscany (Lorenzini & Panattoni, 1986, Lorenzini & al, 1988, Mignanego & al., 1992, Schenone & Mignanego, 1988) donde se ha establecido una buena correlación entre los daños aparecidos en los cultivos y las concentraciones reales detectadas. Existen así mismo trabajos puntuales en el área de Roma y Boloña (citados en Lorenzini, 1993). Frecuentemente en los citados estudios, en las series de datos de ozono pertenecientes a áreas rurales, se ha observado que se sobrepasan los estándares de fitotoxicidad. Por ello, no es de extrañar la aparición de daños en los cultivos, aunque la variabilidad observada es grande. Algunos aspectos de los datos obtenidos por estos equipos ita-

Vista aérea del campo experimental.

Vista panorámica del Campo experimental, mostrando una cámara y una parcela ambiental.

Torre meteorológica de 10 m situada en el campo experimental.

Detalle de los monitores de ozono y óxidos de nitrógeno y el sistema de electroválvulas.

lianos merecen destacarse: (*) en primer lugar los efectos producidos por el ozono son más agudos en áreas rurales que en áreas urbanas o sus áreas de influencia, (*) y en segundo lugar la respuesta de los mismos cultivos es diferente en diferentes condiciones climáticas. El primero de estos aspectos se explica fácilmente por el exceso de óxidos de nitrógeno en las áreas urbanas y sus alrededores que disminuyen considerablemente la concentración de ozono.

También se han encontrado evidencias de daños producidos por ozono en plantas de tabaco en Grecia, coincidiendo con la presencia de elevadas concentraciones de este contaminante determinadas con sensores fisicoquímicos en verano (Velissariou & al. 1992). Utilizando metodologías análogas, este tipo de daños se han detectado en la zona de los Vosgos en Francia (Garrec & Rose, 1988). Es decir, que en toda la Europa mediterránea se han documentado daños por ozono con mayor o menor severidad.

Todas estas evidencias confirman que los fotooxidantes, y especialmente el ozono, se muestran como un problema que afecta a toda la cuenca del Mediterráneo. Coincidiendo su aparición, a finales de la década de los 70, con la instalación de grandes complejos industriales en la costa mediterránea. Además algunos de los problemas aparecidos en la agricultura mediterránea se han podido relacionar directamente con las elevadas concentraciones de este contaminante, y existe la fuerte sospecha de que algunos problemas fitosanitarios que se han acentuado últimamente pueden estar relacionados también con esta problemática (su comportamiento anómalo).

UN CAMPO EXPERIMENTAL CON CÁMARAS DESCUBIERTAS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

Con objeto de estudiar los efectos del ozono en algunas especies hortícolas que vienen teniendo problemas debidos a la parece ser combinación de varios factores, de los cuales el más evidente es la aparición de virosis muy agresivas, se han instalado un total de 9 cámaras y 4 parcelas ambientales en la Finca "La Peira" en el término municipal de Benifaió. Esta instalación es el fruto de la Colaboración de el CEAM y el Servicio de Sanidad y Certificación Vegetal de Silla (SSCV) de la Conselleria de Agricultura y Medio Ambiente.

Las instalaciones se encuentran cerca de una vía de comunicación importante: (1) se han observado daños producidos por el ozono en los seguimientos realizados con bioindicadores por el SSCV en variedades sensibles a medianamente sensibles de tabaco (W3 y B) y sandía; (2) se dispone de suficiente espacio y la colaboración del propietario de la finca; (3) en las condiciones meteorológicas (brisa de mar) en que se producen las máximas concentraciones de Ozono, la carretera queda "viento abajo" de las instalaciones por lo que no se producen interferencias con las emisiones del tráfico.

DESCRIPCIÓN DE LAS CÁMARAS DESCUBIERTAS

Las cámaras instaladas en Benifaió son las denominadas NCLAN, estandarizadas por el "National Crop Loss Assessment North American Program" de los Estados Unidos. Se trata de 3 circunferencias de 3 m de diámetro, reforzadas con barras oblicuas y perpendiculares entre los aros, la altura total de la cámara es de 2.4 m (Figura 7).

Toda la cámara está recubierta por un plástico transparente de polietileno no tratado de 800 galgas. La mitad inferior presenta una doble capa con perforaciones que permiten la distribución homogénea del aire que procede de un ventilador. Se produce una renovación del orden de 3,5 veces por minuto.

El aire es introducido gracias a un motor de 1,5 CV protegido por una caja de metal, dentro de la caja que contiene el motor se introducen una serie de filtros de carbón activado y uno de partículas a la entrada. Estos filtros de carbón se encuentran presentes sólo en 5 cámaras mientras que le de partículas está en todas las cámaras. El objetivo es eliminar gran parte del ozono ambiental (obteniéndose una eficiencia de exclusión del ozono de alrededor de un 75%) en parte de las cámaras y la casi totalidad de partículas en todas ellas. Los niveles de ozono que apa-

recen en las cámaras filtradas son del orden de 10 a 12 ppb, mientras que en las cámaras si filtros de durante el mes de Marzo es del orden de 45-55 ppb a medio día (Figura 6).

La instalación dispone además de un cabezal de riego, que cuenta con un filtro de arena y otro de anillas, una bomba de inyección de abonado y un programador de riego con tres sectores independientes.

La utilización de la cámara NCLAN respecto de otros diseños, se ha elegido para este estudio por varias razones: (1) permitirá comparar los resultados obtenidos con los de los otros equipos que trabajan en estos temas dado que es la más utilizada, (2) es uno de los diseños más económicos y más probados, lo que se traduce en un coste de mantenimiento muy bajo, (3) permiten la movilidad de la instalación a otro campo experimental o dentro del mismo en el futuro si se estimase necesario.

Así mismo se han situado además 4 parcelas ambientales, consistentes en círculos de 3 m de diámetro delimitados por una fila de ladrillo. Estas parcelas sirven para comparar con el tratamiento de cámara/aire no filtrado y determinar el llamado "efecto cámara" (o efecto invernadero, sobradamente conocido por los agricultores).

MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CAMPO EXPERIMENTAL Y OTROS PARÁMETROS AMBIENTALES EN LAS CÁMARAS

La concentración de ozono y óxidos de nitrógeno en cada una de las cámaras y parcelas ambientales, se mide de forma continua con dos monitores de respuesta rápida conectados a un secuenciador de 12 válvulas solenoidales de tres vías conectadas a su vez a un colector de teflón al final del cual se sitúa una bomba que aspira el aire de forma continua. Todo el sistema está gobernado por un temporizador y un sistema de Adquisición de datos diseñados al efecto que permiten muestrear cada 5 minutos las cámaras y parcelas ambientales. Estos datos se almacenan en un ordenador conectado a todo el sistema. Sensores de Temperatura y humedad relativa se sitúan en las cámaras y los datos son almacenados también en el ordenador.

El campo experimental está dotado, así mismo, con una **torre meteorológica de 10 m de altura** en la que se miden temperatura, dirección y velocidad de los vientos cada 10 minutos.

FUTURO DESARROLLO DE EXPERIENCIAS Y EQUIPOS INVESTIGADORES COLABORADORES

El Campo experimental está actualmente en funcionamiento. Se han iniciado experiencias con melón (var. yupi) durante esta primavera, después de la germinación se exponen lo plantones en cámaras filtradas y no filtradas inoculando con el virus del cribado del melón la mitad del material vegetal. El objetivo es determinar si existen diferencias en la manifestación de la virosis respecto del tratamiento aplicado (con aire filtrado, aire sin filtrar).

Está prevista la instalación de un sistema de control y un generador de ozono, para realizar fumigaciones, incrementando en algunas cámaras la concentración ambiental de ozono.

En el desarrollo de estas experiencias colaboran además del CEAM y el SSCV:

- La ETS de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Producción Vegetal. El equipo de la Dra. Concha Jordá asesora en los temas relacionados con las virosis, obtención de inóculos, etc.
- El IVIA. El Dr. Fernando Pomares está asesorando en los temas de tipos de sustrato a emplear, nutrición y riego.
- La Universidad de Valencia, Departamento de Bioquímica de la Fac. de C. Biológicas. El Dr. Pedro Carrasco, dirigirá los ensayos encaminados a detectar el estrés oxidativo a nivel molecular en las plantas tratadas.

BIBLIOGRAFIA

- Martín M., Plaza J., Andrés M.D., Bezares J.C. and Millán M.M. (1991) Comparative study of seasonal air pollutant behavior in a Mediterranean coastal site: Castellón (Spain). *Atmos. Environ.* **25A**, 1523-1532.
- Millán M.M., Artiñano B., Alonso L., Castro M., Fernández-Patier R. and Goberna J. (1993) **"Meso-meteorological Cycles of Air Pollution in the Iberian Peninsula (MECAPIP PROJECT)"**. Air Pollution Research Report 44. Directorate-General for Science, Research and Development (DG XII/E). Commission of the European Communities. Brussels.
- Garrec, J.P. & Rose, C. (1988). Utilisation d'un bioindicateur végétal pour la mesure de lózone en montagne. Pollution Atmospherique, 30: 271-276.
- Gimeno, B.S., Selleras, J.M., Bermejo, V., Ochoa, M.J. & Tarruel, A. (1989). Efectos del ozono sobe plantas de Sandia en el Delta del Ebro: sintomatología (II). **Phytoma España**, 12: 19-28.
- Gimeno, B.S., Selleras, J.M., Bermejo, V., Ochoa, M.J. & Tarruel, A. (1990). Efectos del ozono sobe plantas de Sandia en el Delta del Ebro: rendimiento y calidad (III). **Phytoma España**, 16: 15-21.

Naveh, Z.; Chaim, S. & Steinberg E.H. (1978) Atmospheric oxidant concentrations in Israel as manifested by foliar injury in Bel-W3 tobacco plants. **Environmental Pollution**, 16: 249-262.

- Porcuna, J.L. (1992). Reflexions sobre la sanitat vegetal. Camp, 6.
- Porcuna, J.L.; Sanchez, B; Quilis, J.; Vidal, I.; Tena, LL & Cano, A. (1993). Otros criterios que argumentarían la actual problemática en los cultivos horticolas del litoral mediterráneo. **Phytoma** España, 50: 90-96.
- Porcuna, J.L.; Gimeno, B.S. & Jimenez, A. (1995). Epidemiología de las virosis en el sureste peninsular. **Phytoma** España, 73: 44-51.
- Pujadas, M., Gimeno, B.S., Selleras & Tarruel, A (1991). Funcionamiento del campo experimental con cámaras descubiertas instalado en el Delta del Ebro. **Phytoma** España, 29: 9-11.
- Fernandez Bayón, J.M. (1991). Respuestas de algunos cultivos mediterráneos al ozono. **Phytoma** España, 31: 27-32.
- Reinert, R. Gimeno, B.S., Selleras, J.M., Bermejo, V., Ochoa, M.J. & Tarruel, A (1992). Ozone effects on watermelon plants at the Ebro delta (Spain). **Syntomatology. Agriculture, Ecosystems and Environment**, 38: 41-49.
- Lorenzini, G. (1993). Towards an ozone climatology over the mediterranean basin: environmental aspects. **MEDIT**, 4(2): 53-59.
- Schenone, G & Lorenzini, G. (1992). Effects of regional air pollution on crops in Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 38: 51-59.
- Lorenzini, G. (1993). A miniturized kit for ozone biomonitoring. **ABAB**, 41(1) (in press).
- CEC (1993). The European Open-Top Chamber Proyect: Assesment of the Effects of Air Pollutants on Agricultural Crops. Air Pollution Research Report 48. 207 pp.