



CUADERNO DE CAMPO PARA EL

RECONOCIMIENTO DE POSIBLES SÍNTOMAS DE OZONO EN CULTIVOS SENSIBLES



PROGRAMA DE DESARROLLO RURAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID 2014-2020

CUADERNO DE CAMPO PARA EL RECONOCIMIENTO DE POSIBLES SÍNTOMAS DE OZONO EN CULTIVOS SENSIBLES

Con agradecimiento especial a Ángel González Romeral, por sus más de 60 años de dedicación a la agricultura de Fuenlabrada, en búsqueda de una producción de calidad considerando la planta, el agua, el suelo y el aire

Las fotografías han sido cedidas para su uso en este documento por sus autores e instituciones correspondientes (CIEMAT, IMIDRA, UPM, Comunidad de Regantes Hortifuenla y Heliconia S. Coop. Mad.). La Colección fotográfica para el reconocimiento de síntomas de ozono en variedades sensibles de cultivos pertenece al Grupo de Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica del CIEMAT y procede de ensayos experimentales propios

Versión online disponible en: <http://rdgroups.ciemat.es/web/geca-ciemat/> y www.comunidad.madrid/servicios/medio-rural/publicaciones-instituto-madrileno-investigacion-desarrollo-rural-agrario-alimentario

Diseño gráfico y maquetación: Laura Aragón Lacárcel y Laura Toro
Ilustraciones: Laura Toro

Impresión: Madrid 2021

Este cuaderno de campo, para el **reconocimiento de síntomas de ozono en cultivos de la Comunidad de Madrid**, ha sido realizado en el marco del Grupo Operativo OZOCAM "Ozono y Patogenicidad Vegetal en la Comunidad de Madrid" de la Convocatoria 2018 de expresiones de interés para la cooperación en proyectos piloto y de desarrollo de nuevos productos, prácticas, procesos y tecnologías del Programa de Desarrollo Rural de la Comunidad de Madrid 2014- 2020, co-financiado por FEADER (Unión Europea), el MAPA y la Comunidad de Madrid a través del Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA); y del proyecto AGRISOST-CM "Tecnología destinada a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas" (S2018/BAA-4330, CAM y Fondos Estructurales 2014-2020 FEDER y FSE)

OZOCAM está incorporado en las redes PAUSA (<https://e-pausa.org/red/>) y Red Rural Nacional (RRN) (<http://www.redruralnacional.es>) y trabaja en el marco del Grupo de Trabajo Internacional sobre Efectos de la Contaminación del Aire en Cultivos y Vegetación (ICP- Vegetation, (<https://icpvegetation.ceh.ac.uk/>)) de la Convención del Aire de Naciones Unidas (<https://unece.org/environment-policy/air>).

Coordinación: Unidad de Modelización y Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT y Laboratorio de Sanidad Vegetal del IMIDRA. Direcciones de contacto: victoria.bermejo@ciemat.es; mariabelen.alvarez@madrid.org.

Participantes: Comunidad de Regantes del Parque Agrario de Fuenlabrada HORTIFUENLA, HELICONIA S. Coop. Mad., Grupo de Mejora Genética de Plantas (UPM), Grupo de Microbiología de Suelos (UPM), Departamento de Investigación Aplicada y Extensión Agraria (IMIDRA), Laboratorio de Sanidad Vegetal (IMIDRA) y Unidad de Modelización y Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica (CIEMAT).



Antes de comenzar a describir los síntomas visuales que el ozono puede producir en nuestros cultivos, y más concretamente en las variedades de nuestro **“Huerto de Bioindicadores de Ozono”**, introduzcámonos brevemente en el problema del ozono, a través de 20 preguntas sobre este contaminante y sus efectos en cultivos:

1. ¿Qué es el ozono troposférico? #8
2. ¿Qué relación existe entre el ozono troposférico (el malo) y el ozono estratosférico (el bueno)? #10
3. ¿Cuándo suelen producirse los niveles más altos de ozono? #12
4. ¿Por qué los niveles de ozono son altos en las zonas agrícolas si no hay fuentes de contaminación cercanas? #14
5. ¿Qué relación hay entre el ozono y el cambio climático? #16
6. ¿Están regulados en la legislación los valores de ozono en aire para la protección de cultivos y vegetación? #18
7. ¿Se sobrepasan en Madrid los niveles de ozono en ambiente regulados en la legislación para la protección de los cultivos? #20
8. ¿Por qué el ozono es un problema para la agricultura? #22
9. Los parques agrarios peri-urbanos, un caso especial #24
10. ¿Cómo afecta el ozono a los cultivos y qué efectos directos tiene? #26
11. ¿Pueden comerse las plantas que presentan síntomas de ozono en las hojas? #28

12. Además de los efectos directos del ozono en los cultivos, ¿qué otros problemas puede generar este contaminante? #30
13. ¿Pueden tener los niveles de ozono elevados algún efecto deseable por su capacidad desinfectante? #32
14. ¿Cómo se estudia la sensibilidad al ozono de los cultivos? #34
15. Un caso de estudio: Qué sabemos sobre la sensibilidad al ozono de la variedad local de acelga de Fuenlabrada #36
16. ¿Qué se puede hacer para evitar los daños por ozono en los cultivos? #38
17. ¿Es posible elegir variedades tolerantes al ozono para cultivarlas en zonas con niveles crónicos elevados de ozono? #40
18. ¿Qué son los huertos de bioindicadores de ozono? #42
19. ¿Puedo confundir en campo los síntomas de ozono con otros síntomas parecidos? #46
20. ¿Cuáles son los patrones de desarrollo más característicos de los síntomas de ozono en cultivos? #48

-
- A. Colección fotográfica para el reconocimiento de síntomas de ozono en variedades sensibles de cultivos #48
 - B. Notas de campo sobre la observación de síntomas foliares en cultivos que podrían deberse al ozono #67

1.

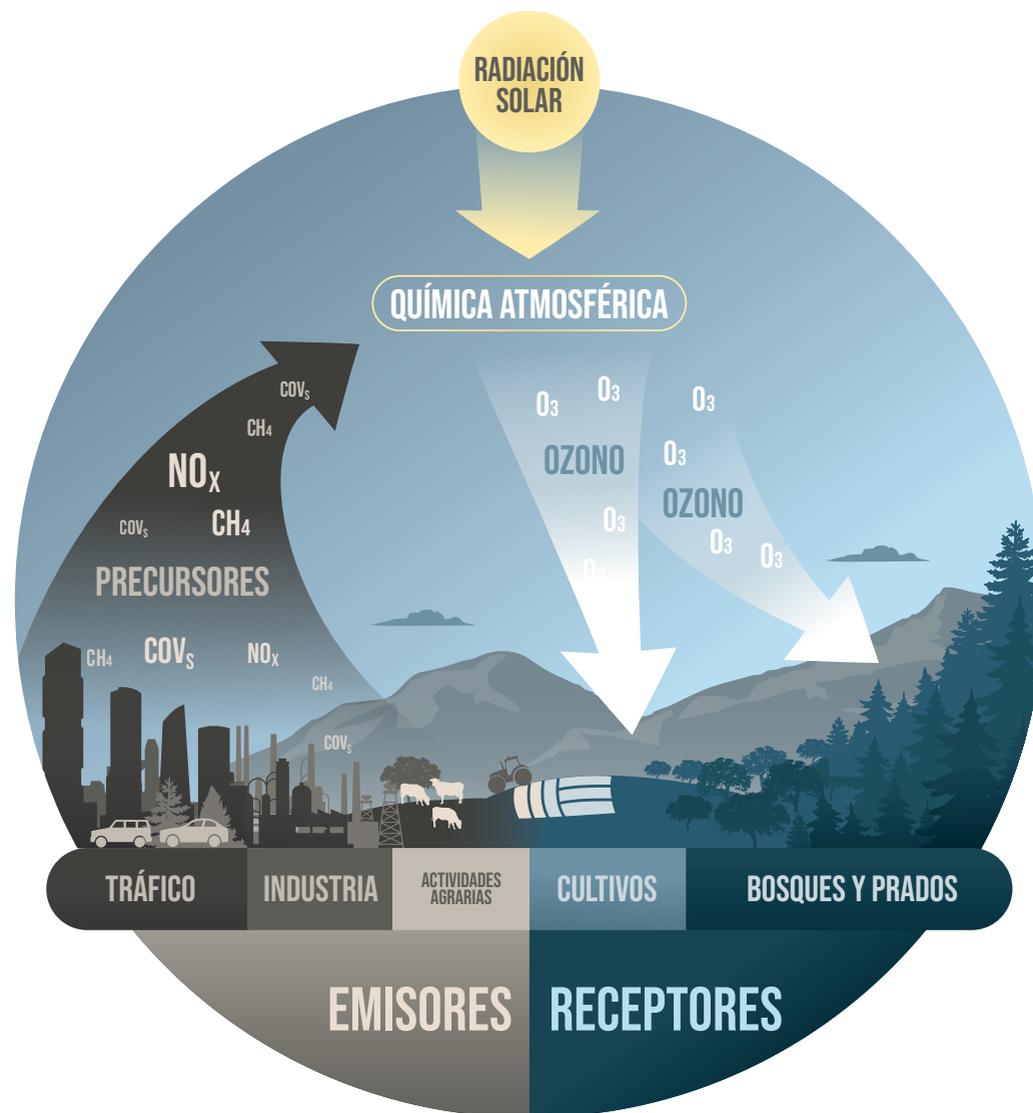
¿QUÉ ES EL OZONO TROPOSFÉRICO?

El ozono (O_3) es un gas que forma parte de la composición natural del aire en proporciones muy pequeñas. Sin embargo, su producción cerca de la superficie terrestre ha aumentado desde la revolución industrial hasta llegar a los valores actuales, en muchos casos nocivos para la salud humana, los ecosistemas naturales y los cultivos agrícolas. **Cuando los niveles naturales de ozono aumentan como consecuencia de las actividades humanas, el ozono troposférico, o de superficie, pasa a ser un contaminante del aire.**

El ozono es un contaminante secundario, es decir, que no se emite desde una fuente específica, como podría ser un tipo de industria o un proceso de fabricación, sino que se genera a partir de reacciones químicas que ocurren en la atmósfera entre compuestos que llamamos precursores, estos sí, emitidos por las actividades humanas. Una vez emitidos a la atmósfera, estos compuestos precursores reaccionan de forma compleja cuando la temperatura y la radiación solar son suficientemente elevadas, generando niveles altos de ozono en la capa más superficial de la atmósfera, en la troposfera (hasta unos 10-15 km de altitud).

Entre los principales precursores del ozono se encuentran los óxidos de nitrógeno (NO_x , emitidos en Madrid principalmente por el tráfico de carretera), los compuestos orgánicos volátiles (COVs, emitidos por industrias y actividades relacionadas con el uso de disolventes, pinturas, resinas, etc; aunque hay una importante contribución natural de emisiones biogénicas procedentes de la vegetación) y el metano (CH_4 , emitido durante actividades agrarias relacionadas con el manejo de estiércol o la digestión rumiante, el manejo de vertederos, el manejo de cultivos encharcados como el arroz; pero también, durante el transporte y manejo de los combustibles fósiles).

Figura 1. Esquema simplificado de la formación de ozono en la atmósfera a partir de la emisión de sus precursores, su transporte en la atmósfera y su depósito en cultivos y ecosistemas, donde genera efectos negativos como reducir la calidad y la producción de los cultivos o disminuir la biodiversidad en los ecosistemas naturales.

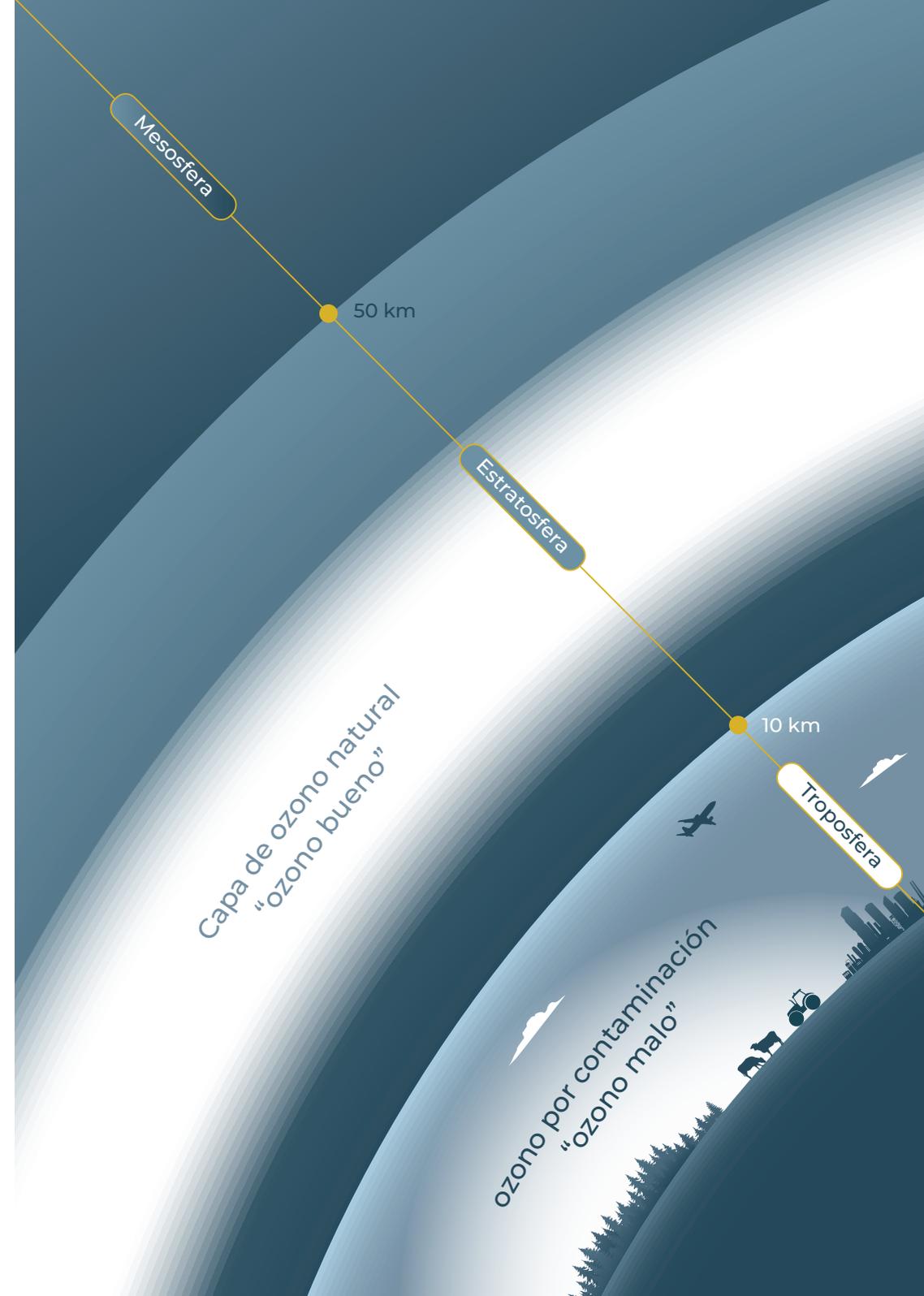


2.

¿QUÉ RELACIÓN EXISTE ENTRE EL OZONO TROPOSFÉRICO (EL MALO) Y EL OZONO ESTRATOSFÉRICO (EL BUENO)?

Estamos acostumbrados a escuchar con cierta frecuencia noticias sobre el “agujero de ozono” que amenaza la vida terrestre. Los niveles de ozono en la estratosfera, una capa externa de la atmósfera situada entre los 15 y los 35 km de altitud, presenta de forma natural unos niveles de ozono elevados; gracias a ellos se limita la llegada de rayos UV (Ultra-Violeta) a la tierra permitiendo la vida en el planeta tal y como la conocemos. Por eso, siempre ha sido motivo de preocupación la observación de los “agujeros de ozono” en los polos terrestres, que suponen una reducción del “ozono bueno” provocada por la emisión de compuestos como los CFC (compuestos clorofluorocarbonados) que destruyen el ozono en esta capa exterior.

Sin embargo, este preocupante problema de falta de ozono en la estratosfera, no tiene relación directa con el problema del exceso de ozono, el “ozono malo”, en la capa más superficial de la atmósfera, en la troposfera, que se extiende desde la superficie terrestre hasta unos 15 km de altitud. De hecho **los procesos de formación y destrucción de ozono que suceden en la troposfera y la estratosfera no suelen estar conectados y los intercambios de ozono entre las dos capas tienen poca incidencia en los niveles de ozono en superficie.** La solución ingeniosa de enviar el ozono que sobra en la troposfera a “tapar” el agujero de ozono de la estratosfera no es viable de momento.



3.

¿CUÁNDO SUELEN PRODUCIRSE LOS NIVELES MÁS ALTOS DE OZONO?

Las reacciones químicas que suceden en la atmósfera para la producción de ozono requieren de radiación solar, por eso se habla de reacciones fotoquímicas; pero además son reacciones que se ven favorecidas con el aumento de la temperatura. Por esto, el ozono presenta ciclos diarios y estacionales marcados.

A lo largo del día los valores máximos de ozono se alcanzan hacia mediodía o principio de la tarde, coincidiendo con los máximos diarios de radiación solar y temperatura. Por el mismo motivo, a lo largo del año es en primavera y verano cuando los niveles de ozono son más elevados. También existen años con mucho ozono y otros años con poco ozono, relacionado con la variabilidad de nuestras condiciones meteorológicas entre los distintos años: unos años más cálidos y secos, con más ozono, y otros más frescos y húmedos, con menos ozono.

Los patrones de los ciclos diarios y estacionales de ozono en el centro peninsular hacen que los niveles máximos del contaminante se produzcan cuando la actividad fisiológica de nuestros cultivos es la más alta, favoreciendo la absorción del ozono por la planta y aumentando las posibilidades de provocar daños.

PERFILES MENSUALES DE OZONO EN FUENLABRADA

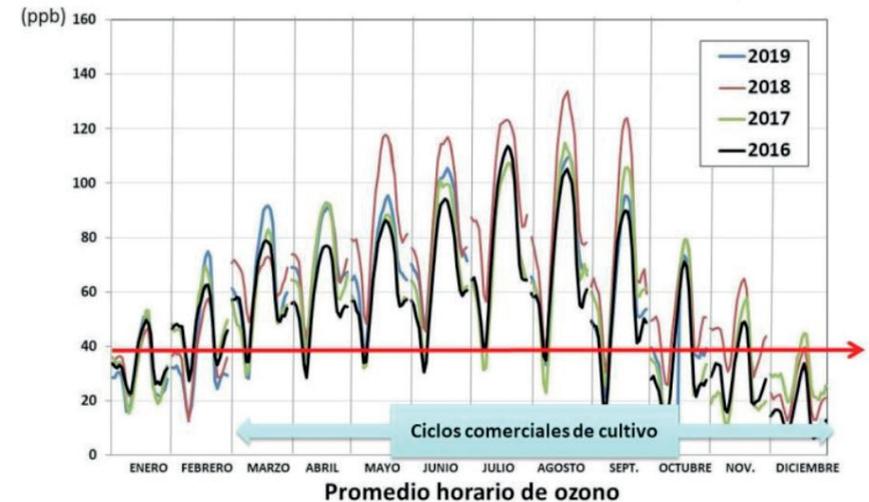


Figura 3. Perfil diario medio de ozono en Fuenlabrada para los distintos meses del año entre 2016 y 2019 (expresado en ppb, datos procedentes de la Red de Calidad del Aire de la CAM). Los niveles más elevados se alcanzan a mediodía y en los meses de primavera y verano, coincidiendo con los valores más altos de radiación y temperatura y con el desarrollo de los ciclos de los cultivos hortícolas en Fuenlabrada. **La flecha roja, marcando el valor de 40 ppb ($=80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sería indicativo del nivel natural de ozono antes de la época preindustrial y del inicio de la emisión masiva de precursores de ozono.** (Fuente: elaboración CIEMAT).

4.

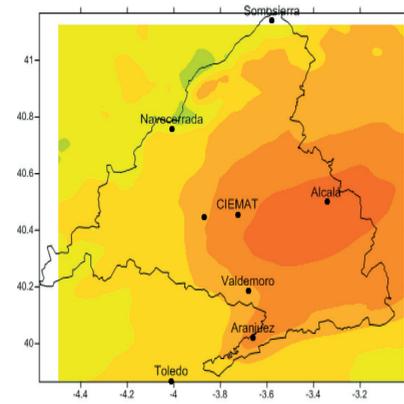
¿POR QUÉ LOS NIVELES DE OZONO SON ALTOS EN LAS ZONAS AGRÍCOLAS SI NO HAY FUENTES DE CONTAMINACIÓN?

Los precursores de ozono y los productos que se forman por sus reacciones químicas en la atmósfera, entre los que se encuentra el ozono, son transportados por las corrientes de aire hacia las zonas rurales y forestales. Este transporte llega a veces a zonas alejadas hasta cientos de kilómetros de distancia de los focos de emisión de precursores, provocando niveles de ozono elevados en zonas aparentemente no contaminadas y sin fuentes de contaminación cercanas.

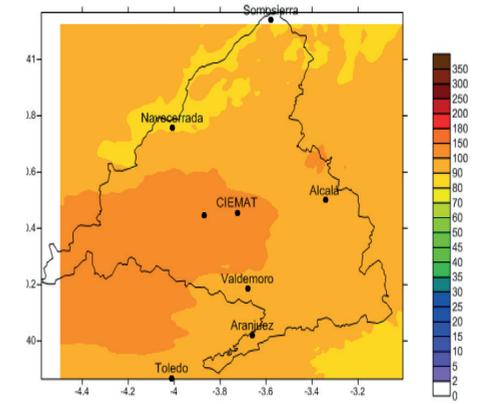
En el interior de las ciudades, las emisiones altas de óxidos de nitrógeno (sobre todo por el tráfico en el caso de Madrid), juegan un papel fundamental en la formación de ozono durante el día, pero también en su destrucción; por ello, se producen descensos significativos de ozono en las ciudades una vez que disminuye o cesa su formación. Sin embargo, en zonas rurales el ozono que llega por transporte en el aire o se ha formado a partir de sus precursores, se destruye con menor intensidad favoreciendo su permanencia en el aire. Esta combinación de transporte de precursores y ozono, unido a su menor destrucción, provoca niveles altos del contaminante en zonas rurales o forestales.

Los Parques Agrarios, como el de Fuenlabrada, constituyen un ejemplo muy valioso de agricultura peri-urbana que permite una producción de cercanía más sostenible, orientándose hacia la conservación de la biodiversidad agraria mediante el cultivo de variedades locales. Sin embargo, estas zonas deben enfrentarse a niveles elevados de ozono y de otros contaminantes del aire más directamente relacionados con su cercanía a las actividades de la ciudad.

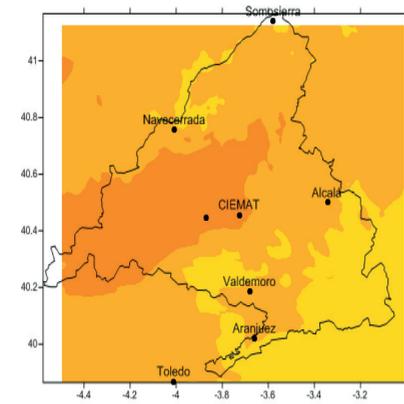
O₃ (µg/m³) 02/07/2016 14:00



O₃ (µg/m³) 03/07/2016 16:00



O₃ (µg/m³) 03/07/2016 17:00



O₃ (µg/m³) 18/07/2016 16:00

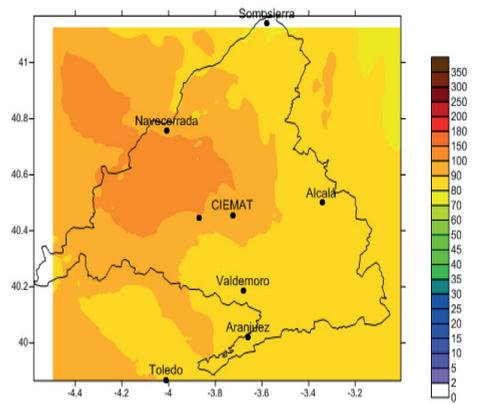


Figura 4. Niveles de ozono en la Comunidad de Madrid (expresados en µg/m³) durante diferentes días y horas del mes de julio (2016) modelizados mediante el modelo de calidad de aire CHIMERE. Puede observarse en los ejemplos mostrados, cómo las concentraciones más elevadas de ozono se producen en áreas exteriores de la ciudad de Madrid, como resultado de la influencia geográfica y de las distintas condiciones meteorológicas, especialmente la dirección de vientos dominante (Fuente: Grupo de Modelización de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT).

5. ¿QUÉ RELACIÓN HAY ENTRE EL OZONO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO?

El ozono troposférico y el cambio climático son dos caras de la misma moneda, dos factores del cambio global que interactúan mutuamente.

El ozono, además de ser un gas tóxico a elevadas concentraciones para la salud humana y las plantas, es un gas de efecto invernadero; ocupa la cuarta posición en cuanto a su capacidad para incrementar la temperatura de la atmósfera, por detrás del dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). Por tanto, el aumento de ozono en superficie contribuye directamente al calentamiento terrestre y al cambio climático.

A la vez, puesto que las reacciones químicas atmosféricas que generan ozono se potencian en los días soleados de radiación y temperatura alta, el cambio climático favorecerá la producción de ozono en superficie, ya que los modelos climáticos predicen una mayor frecuencia de estas condiciones. En el área Mediterránea, los futuros escenarios de cambio climático predicen el incremento de los niveles de ozono ligados a una mayor frecuencia de veranos secos y cálidos, de olas de calor, y a un aumento de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) de origen natural (uno de los principales precursores de ozono), algunos de los cuales constituyen un sistema defensivo vegetal para reducir la temperatura foliar.

Sin embargo, la formación de ozono troposférico en estos escenarios futuros, estará también muy condicionada por la intensidad de las emisiones de precursores de ozono a la atmósfera procedente de las actividades humanas. Como resultado de la cada vez más restrictiva legislación en materia de emisiones a la atmósfera y de calidad del aire en la Unión Europea, y de la mejora constante de la tecnología, se ha ido produciendo en los últimos años una bajada significativa de estas emisiones (por ejemplo óxidos de nitrógeno). Cuando en los ejercicios de modelización se contemplan escenarios futuros con restricciones importantes de estas emisiones, los modelos indican una compensación entre la intensificación

de la formación de ozono provocada por los cambios en el clima, con su reducción provocada por las menores emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

El cambio climático y la contaminación atmosférica son dos factores clave del llamado Cambio Global que presionan contra la conservación y la biodiversidad de nuestros ecosistemas naturales y agrosistemas, y contra la seguridad alimentaria; su evolución futura dependerá de nuestra capacidad para limitar las emisiones de contaminantes y del desarrollo de tecnologías limpias y sostenibles.

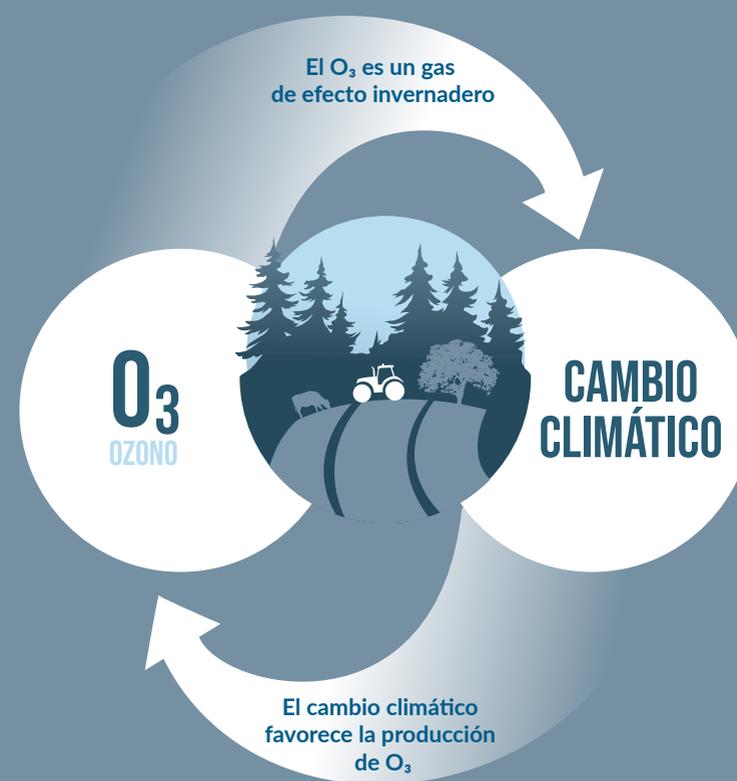


Figura 5. La contaminación atmosférica y el cambio climático son dos factores, estrechamente ligados del cambio global, que afectan negativamente a nuestros ecosistemas y agrosistemas.

6.

¿ESTÁN REGULADOS EN LA LEGISLACIÓN LOS VALORES DE OZONO EN AIRE PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS Y VEGETACIÓN?

En la Directiva Europea de Calidad del Aire 2008/50/CE, transpuesta en España mediante el Real Decreto 102/2011, están definidos los valores umbrales de ozono en aire que no deben superarse para asegurar la protección de la vegetación y los cultivos. Estos valores umbrales se basan en el índice de exposición acumulada AOT40, que se calcula como la suma de las diferencias, entre el valor horario de ozono registrado (solo durante las horas diurnas) y 40 ppb (=80 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$), acumuladas durante los meses de mayo, junio y julio. Este índice no debe sobrepasar el valor de 9000 ppb h (=18.000 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ h) para cumplir con el Valor Objetivo (de obligado cumplimiento desde enero de 2010), ni sobrepasar el Objetivo a Largo Plazo de 3000 ppb h (=6000 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ h) (sin fecha de cumplimiento obligatorio).

La Directiva de Calidad de Aire europea también obliga a las administraciones públicas a disponer de una red de estaciones de medida, donde de forma continua se realice un seguimiento de los principales contaminantes atmosféricos, incluido el ozono. La Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid dispone de un total de 24 estaciones fijas de medida que pueden consultarse en tiempo real (http://gestionamadrid.org/azul_internet/run/j/AvisosAccion.icm). A través del portal de esta red puede enlazarse también al sistema de pronóstico de la Calidad del Aire Operacional Para España (CALIOPE), que proporciona el pronóstico de la calidad del aire para Europa y España a distintas resoluciones (<http://www.bsc.es/caliope/es>, Departamento de Ciencias de la Tierra del Barcelona Supercomputing Center y Centro Nacional de Supercomputación, BSC-CNS); en concreto, para la Comunidad de Madrid proporciona las

predicciones a 24 y 48 horas. También el portal de la CAM enlaza con el visor de la calidad de aire en España en tiempo real (<https://sig.mapama.gob.es/calidad-aire/>).

A partir de estas redes, se dan las alertas al público cuando se superan los valores umbrales de ozono para la protección de la salud, pero ninguna de ellas alerta sobre la superación de umbrales tóxicos para cultivos y vegetación sensible.

El Grupo de Modelización de la Contaminación Atmosférica del CIEMAT, realiza para el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD) los mapas de ozono e indicadores de riesgo por ozono para España, incluidos los índices para cultivos y vegetación.

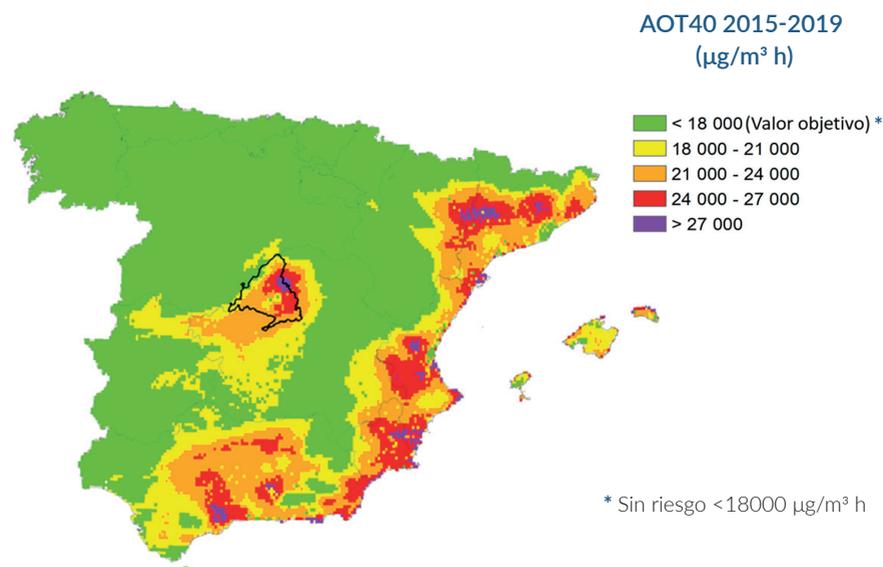


Figura 6. Representación espacial del índice de ozono para cultivos y vegetación AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ h) estimado con el modelo CHIMERE para el promedio 2015-2019 (resolución espacial 10x10 km). AOT40 calculado según la metodología de la Directiva 2008/50/CE de Calidad del Aire. Pueden observarse las zonas donde de forma crónica se excede el Objetivo a Largo Plazo de 18 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h (=9000 ppb h) (Fuente: Grupo de Modelización de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT).

7.

¿SE SOBREPASAN EN MADRID LOS VALORES DE OZONO REGULADOS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS CULTIVOS?

En la Comunidad de Madrid, y en general en la España de clima mediterráneo, se sobrepasan extensamente y de forma crónica los valores límite definidos en la Directiva Europea de Calidad del Aire 2008/50/CE para la protección de cultivos y vegetación. Sin embargo, estos valores están definidos solo en base a la concentración de ozono en aire, y suponiendo que la planta absorbe plenamente el contaminante que hay en el exterior, aunque a veces puede no suceder así.

El déficit hídrico, que frecuentemente tienen que resistir nuestros cultivos de secano, puede provocar una disminución de la absorción de ozono. La planta para adaptarse a esta situación de estrés y evitar la deshidratación, debe reducir su actividad fisiológica para restringir el consumo de agua. Cuando esto sucede, se produce un cierre estomático (un cierre de los poros situados en la superficie de hojas y partes verdes para el intercambio de gases), cerrando el paso de los gases del aire hacia el interior vegetal. En esta situación, se corta o se reduce el paso del CO₂, que paraliza o ralentiza su actividad fotosintética a la espera de mejor situación hídrica, pero al tiempo también bloquea la entrada de otros gases nocivos como el ozono. En esta situación, puede haber mucho ozono en el ambiente pero no ser absorbido por la planta y por tanto tener una menor toxicidad para los vegetales.

En base a este hecho, se han desarrollado en el marco de la Convención del Aire de Naciones Unidas (<https://unece.org/environment-policy/air>), una nueva generación de índices de riesgo de daños por ozono para cul-

tivos y vegetación basados en la dosis de ozono absorbida por la planta en función de las condiciones ambientales. Estos índices se calculan de forma específica por tipo de cultivo y, aunque son más complejos de cálculo, su resultado se ajusta más a la realidad, especialmente para los cultivos de secano o cultivos que sufren periodos importantes con déficit de agua, donde los índices de riesgo basados solo en concentración de ozono (como el AOT40) puede sobreestimar los riesgos de daño.

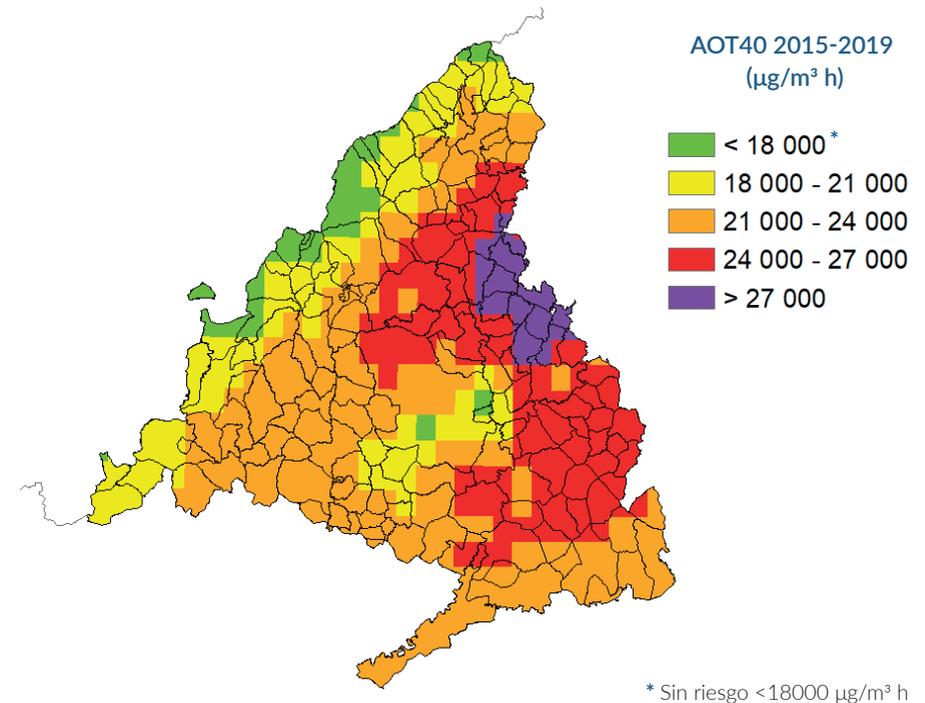


Figura 7. Índice de riesgo por ozono AOT40 para cultivos y vegetación estimado por el modelo CHIMERE combinado con medidas reales para el período 2015-2019 (expresado en µg/m³ h). Puede observarse como casi toda la Comunidad de Madrid excede el Objetivo a Largo Plazo de 18 000 µg/m³ h (=9000 ppb h) (Fuente: Grupo de Modelización de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT).

8.

¿POR QUÉ EL OZONO ES UN PROBLEMA PARA LA AGRICULTURA?

Actualmente se considera al ozono troposférico como el contaminante atmosférico que más impacto tiene en los cultivos europeos. Esta consideración, se basa en varios aspectos:

- Los efectos directos del ozono en cultivos y variedades sensibles que **reducen su producción o la calidad de su producción.**
- Los efectos indirectos del ozono que **debilitan a la planta** para poder hacer frente a otros estreses como ataques de patógenos, deficiencia de agua o escasez de nutrientes.
- La amplia extensión del problema del ozono, al ser un contaminante que **afecta de forma crónica a extensas zonas agrícolas de España y la Unión Europea.**
- La **dificultad de su control** mediante políticas de reducción de contaminantes, al ser un contaminante que depende de la emisión de muchos precursores, de las condiciones meteorológicas del año y de la evolución del clima.
- Su futuro preocupante, dado que **los escenarios de cambio climático en el Mediterráneo favorecen el incremento de ozono en el futuro** relacionado con el aumento de veranos secos y cálidos y la mayor frecuencia de olas de calor.

Se ha estimado que las pérdidas económicas para el sector agrario de la Unión Europea (EU- 25) debido al ozono podrían rondar los 2.8 billones de euros, aunque las diferencias serían muy grandes entre zonas dependiendo del tipo de actividad agrícola, la disponibilidad de agua en el suelo y los niveles de ozono.



- OZONO

+ OZONO

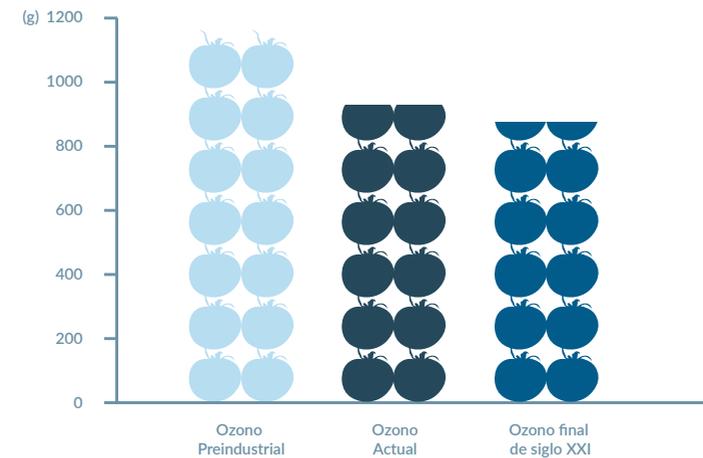


Figura 8a (arriba). Intensificación de los síntomas de ozono en acelga de Fuenlabrada con el aumento del contaminante durante un ensayo experimental; el desarrollo de estos síntomas elimina su valor comercial (Fuente: Grupo de Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT).

Figura 8b (abajo). Pérdida de producción por planta de una variedad sensible de tomate creciendo bajo: niveles de ozono bajos (fondo natural), niveles actuales en Madrid, y niveles esperados hacia final de siglo. Ensayo experimental en Instalación de Cámaras Descubiertas del CIEMAT (Fuente: Grupo de Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT).

9. LOS PARQUES AGRARIOS PERI-URBANOS, UN CASO ESPECIAL

Los Parques Agrarios constituyen un ejemplo muy valioso de agricultura peri-urbana que permite una producción de cercanía más sostenible, orientándose hacia la conservación de la biodiversidad agraria mediante el cultivo de variedades locales. Sin embargo, desde el punto de vista de la calidad del aire, estas zonas deben enfrentarse a niveles elevados de ozono y de otros contaminantes del aire más directamente relacionados con su cercanía a las actividades urbanas; esto es lo que sucede en el Parque Agrario de Fuenlabrada.

El Parque Agrario de Fuenlabrada, dispone de la “Huerta Experimental de Buenas Prácticas Agrarias” (Ayuntamiento de Fuenlabrada) donde se llevan a cabo diversos proyectos de investigación en horticultura y cultivos herbáceos. En esta huerta experimental, se analiza el comportamiento de las hortalizas de uso habitual por los agricultores locales, para perfeccionar técnicas de cultivo, como riego o fertilización, la mejora de suelos, o la búsqueda de estrategias de control de plagas y enfermedades más sostenibles desde el punto de vista ambiental y económico. También trabaja en identificar nuevas hortalizas que puedan adaptarse a la zona y aumentar el catálogo de los productos ofrecidos por los agricultores locales.

Uno de los problemas ambientales detectados en el Parque Agrario de Fuenlabrada es su mala calidad del aire; entre los contaminantes del aire que pueden estar afectando sus cultivos sensibles se encuentran los niveles elevados de ozono. Por ello, en el marco de OZOCAM se han realizado ensayos para evaluar la sensibilidad al ozono de la variedad de acelga de Fuenlabrada, ampliamente cultivada en la zona (ver pregunta 15).

Además la Comunidad de Regantes Hortifuenla del Parque Agrario de Fuenlabrada y Heliconia S.A. Coop., como empresa gestora, participan en el proyecto para la difusión de la problemática del ozono en el sector agrario madrileño; para ello, dentro de los ensayos que se realizan en la Huerta Experimental, se está optimizando la puesta en marcha de un huerto de especies bioindicadoras de ozono (ver pregunta 18) para la observación de síntomas foliares producidos por los niveles de ozono elevados en variedades sensibles.



Figura 9. Huerta Experimental del Parque Agrario de Fuenlabrada; observación de daños foliares (Fuente: Comunidad de Regantes Hortifuenla y Heliconia).

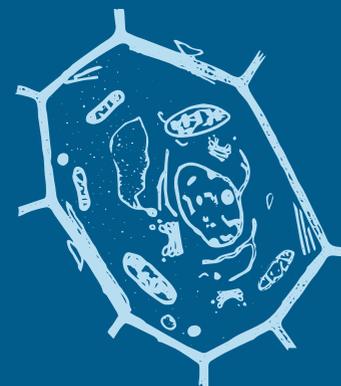
10. ¿CÓMO AFECTA EL OZONO A LOS CULTIVOS Y QUÉ EFECTOS DIRECTOS TIENE?

El ozono es un gas que se absorbe por las plantas cuando se encuentran en crecimiento, por tanto fisiológicamente activas. La absorción del ozono se realiza a través de los poros estomáticos o estomas, unos canales que atraviesan la epidermis de las superficies verdes de la planta, principalmente las hojas, y que permiten el paso del aire hacia el interior vegetal para la captura del CO_2 y su transformación en materia orgánica vegetal a través de la fotosíntesis.

Cuando la planta se activa durante el día y abre los estomas para dar paso al CO_2 , al mismo tiempo abre la vía de entrada de todos los contaminantes gaseosos que se encuentran en el aire, en nuestro caso el ozono, permitiendo su entrada hacia el interior de los tejidos vegetales.

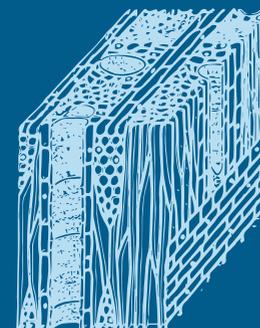
Una vez que el ozono penetra en el estoma, reacciona con el medio acuoso de su interior y forma radicales libres; unos compuestos químicos muy oxidantes que inician un daño oxidativo a escala celular. Este daño se va amplificando y termina afectando a los distintos aspectos del metabolismo vegetal (fotosíntesis, respiración, transporte de productos asimilados, absorción y transporte de nutrientes, etc). Estos efectos finalmente repercuten en el crecimiento y la producción vegetal.

Las variedades sensibles que crecen bajo niveles elevados de ozono tienen una menor producción de grano, fruto o biomasa comercial. También puede observarse una pérdida de calidad, por ejemplo, frutos con menos azúcares, o con menos nutrientes, especies pascícolas con menor contenido proteico y más fibroso (y por tanto menos digerible para consumo animal). Sin embargo, dentro de la misma especie, suele haber un rango amplio de respuesta al ozono, de forma que podemos encontrar en todos los cultivos variedades tolerantes al ozono y variedades sensibles al ozono.



ESCALA CELULAR

El ozono inicia su daño a escala celular tras penetrar a través de los estomas y formar compuestos químicos muy oxidantes (radicales libres).



ESCALA FISIOLÓGICA

Los daños celulares que provoca el ozono repercuten en los procesos fisiológicos vegetales afectando a la fotosíntesis, el transporte y el almacenamiento de sustancias asimiladas.



ESCALA DE ORGANISMO

Los daños que provoca el ozono a escala fisiológica afectan al crecimiento y producción de los cultivos, y a su calidad nutritiva.

11.

¿PUEDEN COMERSE LAS PLANTAS QUE PRESENTAN SÍNTOMAS DE OZONO EN LAS HOJAS?

El ozono es un contaminante que no deja ningún compuesto o residuo tóxico en las plantas, ni en su parte comestible, ni en la no comestible.

Su mecanismo de acción base consiste en la generación de radicales libres y formas activas del oxígeno cuando contacta con el medio acuoso de los tejidos vegetales. Estos radicales libres son compuestos muy oxidantes que se producen de forma natural durante el metabolismo vegetal, pero a unos niveles más bajos que la planta puede procesar. La generación en exceso de estos compuestos oxidantes puede superar la capacidad de la planta para procesarlos, provocando entonces efectos directos en el metabolismo celular y su regulación, pudiendo incluso provocar la muerte celular. Los grupúsculos de células afectadas pueden llegar a observarse de forma visible dando lugar a una sintomatología característica en las hojas de las variedades sensibles.

El ozono puede producir síntomas foliares, a veces llamativos, como puntaduras internerviales que cuando se necrosan se vuelven blanquecinas, pero la presencia de estos síntomas tampoco está ligada a ningún tipo de toxicidad en las hojas que lo presentan. En los cultivos de hoja (acelga, escarola, espinaca, lechuga), la presencia de estos síntomas puede hacer que se descarten comercialmente por su menor atracción para el consumidor, pero **en ningún caso estos síntomas implican la presencia de algún compuesto tóxico y pueden comerse sin problema.**

La presencia de síntomas foliares no es un indicativo exclusivo de los niveles de ozono tóxicos para las plantas; de hecho puede haber especies o variedades que presenten síntomas foliares sin que su producción se vea afectada por el contaminante, mientras que otras pueden no presentar síntomas visibles en las hojas, pero el daño en los procesos metabólicos vegetales termine en una pérdida de producción significativa.



Figura 11. Síntomas de ozono en hojas de variedades sensibles de tabaco, acelga y espinaca. Estos síntomas foliares pueden provocar el descarte de estas hojas para su consumo, pero no implican la presencia de ningún compuesto tóxico (Fuente: Grupo de Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT).

12.

ADEMÁS DE LOS EFECTOS DIRECTOS DEL OZONO EN LOS CULTIVOS, ¿QUÉ OTROS PROBLEMAS PUEDE GENERAR ESTE CONTAMINANTE?

Además de los efectos directos en la producción y la calidad de los cultivos, el ozono provoca un debilitamiento en las plantas que las hace más vulnerables a los ataques de patógenos, y de otros estreses ambientales, como deficiencias nutricionales o sequía; también el ozono puede disminuir la eficiencia de las plantas en el uso del agua o de la fertilización nitrogenada. Estos efectos indirectos, aunque difíciles de evaluar, pueden tener mayor repercusión económica en los cultivos que los efectos tóxicos directos del contaminante.

Los estudios experimentales realizados indican que, una exposición crónica al ozono (niveles de ozono medios mantenidos durante un tiempo largo), puede facilitar una mayor dispersión de insectos como los pulgones; este efecto se ha relacionado con la alteración que provoca el ozono en la savia vegetal modificando las proporciones entre aminoácidos y azúcares.

El ozono también puede favorecer el desarrollo de algunas infecciones víricas y fúngicas. Por ejemplo, el crecimiento del hongo causante de la mancha borrosa o marrón del trigo y cebada o de la septoriosis del trigo, es mayor cuando las plantas crecen en ambientes con niveles de ozono altos.

La alteración del potencial de patogenicidad de un agente biológico debido a la exposición al ozono tiene gran importancia, no sólo por su repercusión económica, sino también por su potencial repercusión

ecológica. Se trata de un campo muy desconocido que requiere todavía de un gran esfuerzo investigador. El Grupo Operativo OZOCAM se ha formado para iniciar una línea de trabajo multidisciplinar en este tema, que incluye analizar cómo afecta el ozono a la infección de *Fusarium*, un género de hongos fitopatógenos que pueden penetrar las raíces produciendo amarilleamiento de hojas, marchitez, a través de inoculaciones experimentales.

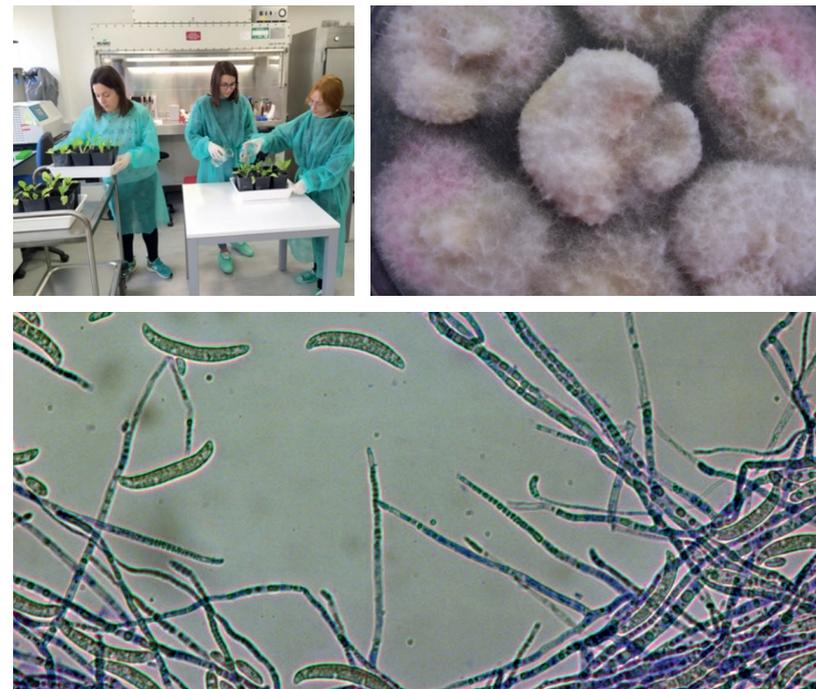


Figura 12. Estudios en el Laboratorio de Sanidad Vegetal del IMIDRA para analizar cómo el ozono modula la evolución de una infección fúngica por *Fusarium pseudograminearum* en plantas de trigo y acelga. Arriba derecha: colonias de una la cepa fitopatógena de *Fusarium* utilizada para la inoculación de plantas de trigo y acelga expuestas a distintos tratamientos de ozono. Abajo: Imagen al microscopio de micelio y macroconidias de *Fusarium* (Fuente: Laboratorio de Sanidad Vegetal, IMIDRA).

13.

¿PUEDEN TENER LOS NIVELES DE OZONO ELEVADOS ALGÚN EFECTO DESEABLE POR SU CAPACIDAD DESINFECTANTE?

Dada su elevada capacidad oxidante, el ozono ha sido empleado en diversos ámbitos como agente desinfectante o biocida; se trata de un uso industrial, normalmente empleado a concentraciones muy elevadas y producido mediante generadores de ozono industriales. **Su uso como biocida no debe relacionarse con el problema del ozono troposférico como contaminante del aire.**

El ozono está reconocido como un agente biocida por la normativa Europea (Reglamento BPR 528/2012 relativo a la comercialización y el uso de los biocidas). Los biocidas son productos utilizados para el control de organismos perjudiciales que, sin embargo, pueden implicar riesgos para las personas debido a sus propiedades o por su uso inadecuado. En España, las empresas que comercialicen con aplicaciones del ozono deben figurar en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Biocidas del Ministerio de Sanidad (ROESB, <https://www.msbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/prodQuimicos/sustPreparatorias/biocidas/ROESB.htm>)

En el campo de la agricultura, el ozono se ha empleado industrialmente como biocida en diversas aplicaciones; por ejemplo para la conservación de los frutos durante su almacenaje. Este tratamiento post-cosecha evita la podredumbre por infecciones fúngicas y bacterianas sin dejar rastro de compuestos tóxicos. Más recientemente se están ensayando otros usos industriales en el sector, como aplicaciones de choque con ráfagas de elevada concentración de ozono sobre las plantas, la desinfección previa con ozono del agua de riego, e incluso la aplicación en spray fo-

liar de agua ozonizada. Sin embargo, estos procedimientos están bajo estudio científico ya que requieren una evaluación de su eficacia y una autorización para su aplicación sin riesgo para la salud.

En el marco de la pandemia producida por la COVID-19, han surgido abundantes sistemas de desinfección, comercializados para su compra por el público en general, basados en generadores de ozono a partir de aire, que aplican niveles elevados de ozono en interiores, dirigidos a la desinfección de comercios, escuelas, hospitales, viviendas, etc. Sin embargo, **el ozono no tiene efecto viricida a las concentraciones máximas permitidas para la protección de la salud humana.** El olor a ozono que dejan algunos de estos sistemas en el ambiente, es un indicativo claro de que los niveles de ozono alcanzados en aire son nocivos para la salud humana de acuerdo a los índices de salud establecidos por la OMS y a la Directiva de Calidad del Aire europea. Además el ozono puede reaccionar con otros compuestos presentes en el aire interior y dar lugar a nuevos contaminantes perjudiciales para la salud. **Las autoridades sanitarias desaconsejan el uso de estos sistemas en presencia de personas debido al alto riesgo que representan para la salud, y destacan que no está demostrada su eficacia frente a la COVID-19 a concentraciones compatibles con la salud humana.**

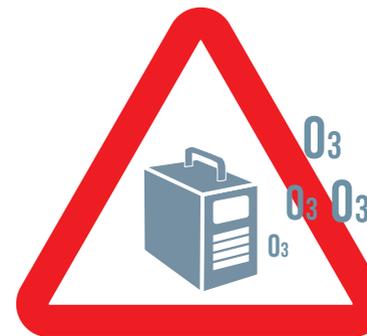


Figura 13. Las autoridades sanitarias desaconsejan el uso de ozonizadores en ambientes de interior en presencia de personas, debido a su ineficacia contra la COVID-19 a concentraciones compatibles con la salud humana, y el riesgo elevado que presenta su uso inadecuado.

14. ¿CÓMO SE ESTUDIA LA SENSIBILIDAD AL OZONO DE LOS CULTIVOS?



Los estudios experimentales para analizar la sensibilidad al ozono de los cultivos se realizan de forma mayoritaria en **Instalaciones de Cámaras de Techo Descubiertas**; se trata de instalaciones de investigación específicamente diseñadas para este tipo de estudios. El Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT dispone de la única instalación de este tipo que hay actualmente en España, ubicada en la Finca de Experimentación Agraria de La Higuera (MNCN-CSIC).

La Instalación de Cámaras Descubiertas del CIEMAT, está formada por 12 invernaderos de forma circular de unos 3 m de diámetro por 3 m de alto, donde es posible programar en su interior atmósferas con distintos niveles del ozono; tanto rebajar los valores ambientales de ozono mediante el empleo de filtros de carbón activo, como elevar el nivel de ozono por encima del valor de ambiente hasta la concentración requerida inyectando ozono dentro del invernadero. Esto último se consigue utilizando un generador que produce ozono mediante descargas de luz Ultra Violeta (UV) sobre una corriente de oxígeno puro.

La Instalación de Cámaras Descubiertas permite comparar el crecimiento de las plantas creciendo en ambientes limpios, que simulan atmósferas previas a la revolución industrial y el inicio de la emisión masiva de contaminantes atmosféricos, con plantas creciendo bajo ambientes con distinto grado de contaminación por ozono, que simulan atmósferas

futuras que podrían alcanzarse a lo largo del siglo. Esto permite estudiar y cuantificar la respuesta de los cultivos al contaminante considerando distintas escalas de trabajo: genética, celular, fisiológica, de individuo, de comunidad; y entender los mecanismos de impacto del ozono en las plantas y su interacción con otros factores como la fertilización, la disponibilidad de agua o los patógenos.



Figura 14. Instalación de Cámaras de Techo Descubiertas del CIEMAT ubicada en la Finca de experimentación agraria de La Higuera (MNCN-CSIC). Las fotos muestran ensayos con distintos cultivos como trigo y cultivos de hojas (Fuente: Grupo de Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT).

15. UN CASO DE ESTUDIO: QUÉ SABEMOS SOBRE LA SENSIBILIDAD AL OZONO DE LA VARIEDAD LOCAL DE ACELGA DE FUENLABRADA

En general, los cultivos presentan un amplio rango de respuesta al ozono dependiendo de la variedad o genotipo de la especie: dentro de una misma especie hay variedades tolerantes y variedades sensibles al contaminante. Por ello, el empleo de variedades tolerantes podría ser una de las medidas de adaptación posible para zonas agrícolas que sufren de forma crónica niveles elevados de ozono.

En el marco del Grupo Operativo OZOCAM se han desarrollado ensayos en la Instalación de Cámaras Descubiertas del CIEMAT (ver Pregunta 14) para analizar la sensibilidad al ozono de la variedad de acelga de Fuenlabrada, una variedad local de uso generalizado en el Parque Agrario de Fuenlabrada.

La acelga de Fuenlabrada puede considerarse una variedad de sensibilidad al ozono media, encontrándose en el mercado variedades de acelga más tolerantes y más sensibles. El ozono provoca la aparición de síntomas característicos en el limbo foliar: manchas necróticas internerviales de color claro que se tornan pardas y se oscurecen con el tiempo. Estos síntomas foliares reducen la producción comercial al ser descartadas por su menor atracción para el consumidor, aunque la presencia de estos síntomas no suponga ningún elemento de toxicidad. Además de los efectos en producción, el ozono reduce la calidad nutritiva de la acelga de Fuenlabrada.

La acelga es un cultivo nutricionalmente valioso por su contenido elevado en Mg, Ca, K y Na, y en menor proporción, pero de gran importancia, por su aporte en P, Fe, Mn y Zn. De hecho, la cantidad de nutrientes

aportada por una sola ración de acelga en la dieta diaria constituye casi el 100% del requerimiento diario de Mg, el 30% del Fe, el 25% del Zn y el 15% del Ca. Por ello, casi **más importante que el efecto directo del ozono en la producción de este cultivo de hoja, lo es el efecto del ozono en su calidad nutritiva, especialmente en la reducción de su contenido en Mg, Ca, Fe, Zn y Mn.** Considerando los nutrientes mayoritarios, una ración de acelga crecida bajo niveles elevados de ozono, reduciría en un 20-30% su aporte a la dieta diaria en Mg y Ca. En el caso de otros nutrientes minoritarios pero esenciales, como Fe o Zn, estos porcentajes estarían en torno al 5-10%.

EFFECTO DEL OZONO EN LA CALIDAD NUTRITIVA DE LA ACELGA DE FUENLABRADA

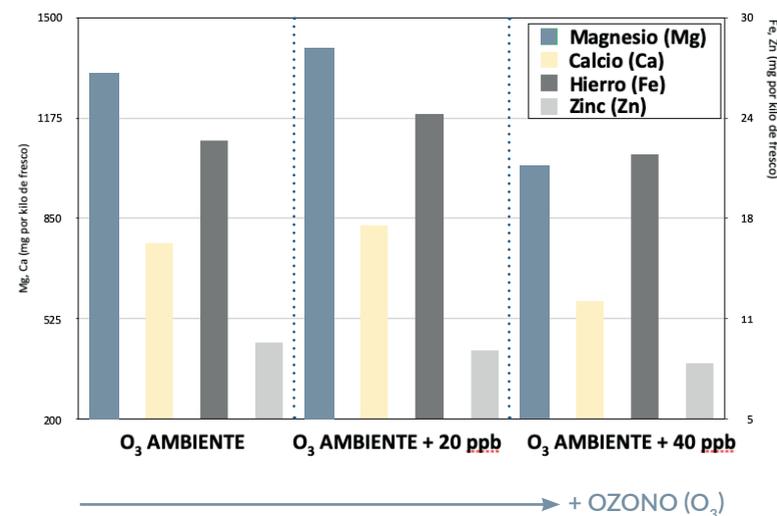


Figura 15. Ensayos con la variedad de acelga de Fuenlabrada para analizar su tolerancia al ozono. El incremento de ozono provoca una reducción de Mg, Ca, Fe y Zn (Fuente: Grupo de Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica, CIEMAT).

16. ¿QUÉ SE PUEDE HACER PARA EVITAR LOS DAÑOS POR OZONO EN LOS CULTIVOS?

Actualmente, la Unión Europea trata de conseguir una reducción de los niveles de ozono mediante políticas de control de la emisión de sus precursores, como son los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles y el metano. Sin embargo, los resultados de las políticas para la mejora de la calidad del aire en los niveles de ozono son aun inciertos, dada la complejidad de la formación de un contaminante secundario como el ozono, que procede de reacciones químicas complejas entre muchos precursores emitidos por múltiples fuentes de contaminación, y por el impacto del cambio climático en la formación de ozono (ver Pregunta 5). En cualquier caso, **la solución pasa por el control audaz de las emisiones de precursores a la atmósfera y el desarrollo de tecnologías sostenibles con el medio ambiente.**

La concienciación ciudadana para un desarrollo más verde y sostenible también contribuye a la reducción de los niveles de ozono en aire. Por ejemplo, el ahorro energético, el uso de energías renovables, el consumo responsable, el fomento de la movilidad en transporte público o sin coches, la reducción de residuos o el reciclado de materiales son actuaciones que, a escala individual, reducen la emisión de los precursores del ozono.

Hay otras acciones de adaptación para convivir con una situación de niveles de ozono elevados reduciendo en lo posible sus consecuencias, algo que parece especialmente importante para las zonas agrícolas de la Europa mediterránea, donde se registran los niveles más elevados de ozono. Estas acciones podrían estar relacionadas con la selección y empleo de variedades tolerantes al ozono, o con el manejo del riego y la fertilización nitrogenada para la reducción de los daños que produce el contaminante. Aunque la puesta en marcha de estas acciones todavía se encuentra en fase

experimental, resulta clave el desarrollo de esta investigación a través de grupos multidisciplinares como OZOCAM, que enlazan la experiencia y conocimiento de los agricultores (Comunidad de Regantes HORTIFUENLA), gestores del parque agrario (HELICONIA Soc.Coop.), gestores públicos del sector (IMIDRA) y grupos de investigación (CIEMAT, UPM, IMIDRA).



Figura 16. El ahorro energético, el uso de energías renovables, el consumo responsable, el fomento de la movilidad en transporte público o sin coches, la reducción de residuos o el reciclado de materiales son actuaciones que a escala individual, reducen la emisión de los precursores del ozono.

17. ¿ES POSIBLE ELEGIR VARIEDADES TOLERANTES AL OZONO PARA CULTIVARLAS EN ZONAS CON NIVELES CRÓNICOS ELEVADOS DE OZONO?

Todos los cultivos presentan variedades tolerantes y variedades sensibles al ozono, por lo que el uso de variedades tolerantes parece una solución sencilla para combatir los efectos del contaminante. Sin embargo, la solución no es sencilla.

Puede ocurrir, como sucede con el trigo, que la selección varietal haya derivado en variedades más productivas, pero también más sensibles al ozono, en comparación con las variedades tradicionales o locales, que son más tolerantes al ozono pero poco productivas. La solución en este caso, no pasaría por el empleo de las variedades tradicionales, sino por estudiar los rasgos que les confieren la tolerancia para utilizarlos como criterio de selección en procesos de mejora. **Se trata de obtener variedades tolerantes al ozono pero que mantengan un elevado rendimiento.**

Tampoco es posible realizar ensayos para analizar la sensibilidad al ozono de todas las variedades disponibles en el mercado; considerando tanto el gran número de variedades existentes, como el ritmo de producción de variedades nuevas. En cambio, sí es posible determinar cuáles son los rasgos de una variedad (genéticos, fisiológicos y morfológicos) asociados a su tolerancia al ozono, de forma que podamos inferir la tolerancia de una variedad en función de algunas de sus características. Una vez conocidos estos rasgos de tolerancia, se podrían dirigir los procesos de selección de variedades para conservarlos.

Todas estas posibilidades están actualmente en fase de investigación, por lo que todavía no es posible la recomendación de variedades tolerantes al ozono para

su empleo en campos comerciales. Dentro de OZOCAM, el grupo de Mejora Genética de Plantas de la UPM trabaja en el estudio de marcadores genéticos asociados a la tolerancia de las variedades de trigo españolas, una investigación muy novedosa que puede aportar importantes resultados para la agricultura mediterránea afectada de forma crónica por niveles elevados de ozono.



Figura 17. Análisis en el laboratorio del Grupo de Mejora Genética de Plantas de la UPM para el estudio de marcadores genéticos asociados a la tolerancia al ozono de las variedades de trigo españolas (Fuente: Grupo de Mejora Genética de Plantas, UPM).

18. ¿QUÉ SON LOS HUERTOS DE BIOINDICADORES DE OZONO?

Los huertos de bioindicadores de ozono son pequeñas parcelas dentro de los campos comerciales de cultivo, donde parejas de variedades sensibles y tolerantes al ozono de un mismo cultivo, se hacen crecer al mismo tiempo para observar el contraste de su respuesta a la mala calidad del aire. Cuando los niveles de ozono en aire son elevados, las variedades tolerantes crecen saludables; mientras que las variedades sensibles desarrollan síntomas foliares característicos, por lo que se las llama especies bioindicadoras de ozono. La puesta en marcha de estos huertos consigue el objetivo de poner de manifiesto el daño que la contaminación del aire puede producir de forma directa en los cultivos, ayudando a la difusión de la problemática del ozono.

Los bioindicadores de ozono se han utilizado también en los llamados “Jardines de Ozono” (“Ozone Gardens” en su terminología inglesa); con la finalidad de concienciar sobre los efectos de la mala calidad del aire en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Para ello se crece en una pequeña superficie, muchas veces incluso en macetas, especies sensibles al ozono en zonas con gran afluencia de visitantes como jardines botánicos, zonas verdes de las ciudades, entradas de museos, centros de recepción de espacios protegidos; y también en zonas relacionadas con el mundo educativo como colegios o institutos, con el fin de poder observar la sintomatología que provoca el ozono en variedades sensibles.

El Grupo Operativo OZOCAM, está trabajando actualmente en la optimización de “Huertos de Bioindicadores de Ozono” en condiciones mediterráneas empleando, cuando sea posible, variedades locales o de uso dentro del área mediterránea. Su puesta en marcha se está realizando en la Huerta Experimental del Parque Agrario de Fuenlabrada y en la finca de experimentación agraria de La Higuera (MNCN-CSIC), con idea de realizar en un futuro cercano una red más amplia que pueda implicar a un mayor número de fincas de la Comunidad de Madrid.

Los Huertos Bioindicadores de Ozono, también permiten ensayar opciones de mitigación de daños por ozono mediante el manejo de la fertilización y el riego, en base a la intensidad de daños en las especies bioindicadoras, y pueden ayudar a confirmar la sospecha en una zona de niveles de ozono elevados potencialmente dañinos para los cultivos sensibles.



Figura 18. Ensayo de Bioindicadores de ozono en el Parque Agrario de Fuenlabrada y en la finca de experimentación agraria de La Higuera (MNCN-CSIC) para la observación de daños directos de ozono en la sintomatología foliar de especies y variedades sensibles al ozono (Fuente: Comunidad de Regantes Hortifuenla).

19.

¿PUEDO CONFUNDIR EN CAMPO LOS SÍNTOMAS DE OZONO CON OTROS SÍNTOMAS PARECIDOS?

Los síntomas foliares que provoca el ozono en los cultivos pueden confundirse en campo con los síntomas que provocan otros patógenos vegetales, e incluso algunos estreses ambientales.

Por ejemplo, las picaduras que aparecen en el haz de las hojas de judía cuando es atacada por la araña roja, puede despistarnos por su semejanza con los síntomas de ozono si no observamos con cuidado, y con una lupa, la presencia de los pequeños ácaros y sus telas en el envés de la hoja.

Algunos virus provocan moteaduras internerviales en las hojas que podrían confundirse fácilmente con el ozono. En estos casos, la confirmación requeriría la realización de un test para detección de virus.

Algunas especies o variedades no desarrollan síntomas específicos frente al ozono, sino que muestran un incremento de la senescencia foliar; por ejemplo, esto ocurre con algunas variedades sensibles de trigo. Se trata de una sintomatología no específica en la que confluyen muchos otros estreses ambientales como el déficit hídrico o la deficiencia nutricional.

El seguimiento periódico del desarrollo de síntomas foliares en los cultivos, puede ayudar a descubrir el responsable del daño; si la causa es el ozono, suelen cumplirse unos patrones de desarrollo de los síntomas que no aparecen en otros tipos de estreses (ver Pregunta 20).

El empleo de los Huertos de Ozono, donde se cultivan especies sensibles indicadoras de ozono, puede ayudar a confirmar la sospecha de niveles del contaminante elevados que potencialmente pueden causar daños en cultivos sensibles.



Figura 19. Síntomas en hoja de judía provocados por araña roja. Con una lupa puede observarse la presencia del ácaro minúsculo y sus redes en el envés de la hoja (arriba izquierda), cuyo desarrollo en el haz genera unas picaduras blanquecinas similares a los síntomas de ozono. La araña ataca tanto hojas viejas como jóvenes y aparece en un rodal del cultivo que se irá extendiendo al resto de las plantas; sin embargo, los síntomas de ozono deben aparecer en las hojas más viejas y de forma generalizada en todas las plantas al mismo tiempo.

20. ¿CUÁLES SON LOS PATRONES MÁS CARACTERÍSTICOS DE DESARROLLO DE LOS SÍNTOMAS DE OZONO EN CULTIVOS?

Aunque es difícil en campo atribuir con seguridad que los síntomas que observamos en las hojas de un cultivo pueden atribuirse al ozono, hay algunos patrones en el desarrollo de los síntomas cuando los provoca el contaminante que pueden ayudar en esta tarea:

- **Los síntomas se inician en las hojas viejas**, que son las que más tiempo han estado expuestas al contaminante y por tanto han absorbido más ozono
- **Los síntomas aparecen de forma generalizada en todas las plantas**, en hojas de edad semejante; no aparecen en rodales
- **Inicialmente se trata de pequeñas manchas internerviales**, principalmente en el haz de la hoja, frecuentemente de tonos rojizos oscuros que con el tiempo se generalizan y avanzan hasta estados de necrosis blanquecina
- **Es frecuente que aparezcan efectos de fotosensibilidad en las hojas con síntomas**: la parte de la hoja cubierta por otra hoja permanece sana y sin síntomas, con una delimitación clara entre la zona soleada con síntomas y la sombreada protegida sin síntomas.

El desarrollo de este tipo de síntomas en especies de reconocida sensibilidad al ozono, que pueden crecerse junto a los cultivos comerciales como sucede en los Huertos de Bioindicadores de Ozono (ver

Pregunta 18), pueden ayudar a confirmar la sospecha de que los daños foliares observados en los cultivos se deben al ozono.



Figura 20. Desarrollo avanzado de síntomas de ozono en sandía var Toro sensible al ozono: envés (superior), haz (inferior). Los síntomas no se desarrollan en la zona de la hoja protegida o cubierta por otra hoja. (Fuente: Huerto de Ozono 2019, Parque Agrario de Fuenlabrada)

A

Colección fotográfica para reconocer síntomas de ozono en variedades sensibles de acelga, espinaca, judía, sandía, soja, tabaco, trébol y trigo, especialmente cuando se crecen como parte de un “Huerto de Bioindicadores de Ozono” como herramienta sencilla para la detección de niveles de ozono por encima de los valores saludables para los cultivos

Todas las fotos proceden de ensayos experimentales realizados por el Grupo de Ecotoxicología de la Contaminación Atmosférica del CIEMAT.

ACELGA

Los síntomas de ozono en las variedades sensibles de acelga se inician con punteaduras rosadas que afectan las zonas internerviales de la hoja, en principio aparecen de forma esporádica, pero con el tiempo avanzan generalizándose y cubriendo todo el limbo en las hojas más adultas; cuando las manchas se necrosan se tornan blanquecinas. En el caso de la acelga, los daños foliares pueden observarse también en el envés, incluso en su inicio, aunque en otras especies los síntomas tempranos solo afectan al haz. La observación al trasluz de la hoja, permite distinguir entre los daños por ozono, de coloración clara, y los provocados por hongos de coloración más oscura.

Desarrollo inicial: leves punteaduras rosadas en hojas más claras o blanquecinas en las hojas más verdes.



Desarrollo avanzado: síntomas de ozono en el haz de la hoja.



Desarrollo avanzado: síntomas de ozono en el envés de la hoja.



Ensayo realizado con la variedad de acelga de Fuenlabrada: izquierda, hoja basal sin daños foliares procedente de una planta crecida en un ambiente con niveles de ozono bajos; derecha, hoja basal con síntomas foliares, procedente de planta crecida en un ambiente con niveles de ozono altos.



ESPINACA

Los síntomas de ozono en las variedades sensibles de espinaca se inician con una decoloración internervial que se acentúa con el tiempo hacia amarilleamiento intenso. Se trata de un síntoma inespecífico que puede confundirse con otros problemas del cultivo.

Desarrollo inicial: decoloración internervial del haz de la hoja.



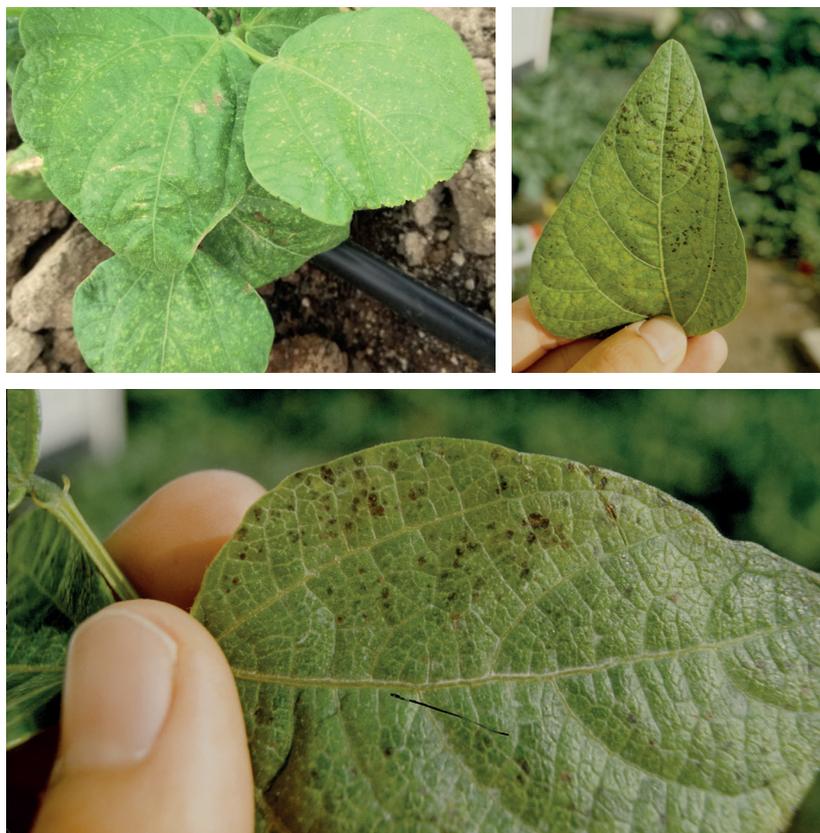
Desarrollo avanzado: intensificación de la decoloración del haz hasta llegar a senescencia.



JUDÍA

Los síntomas de ozono en las variedades sensibles de judía se inician con la aparición de manchas o punteaduras rojizas internerviales en el haz de la hoja, sin apreciarse en el envés, que con el tiempo se van extendiendo y solapando formando áreas rojizas más grandes; finalmente las manchas se necrosan, apareciendo zonas con una costra blanquecina que también afecta al envés de la hoja.

Desarrollo inicial: manchas o punteaduras rojizas internerviales desperdigadas en el haz de la hoja que no se aprecian en el envés.



Desarrollo avanzado: manchas rojizas internerviales que ocupan buena parte del limbo foliar y que se van necrosando con el tiempo formando costras blancas.



SANDÍA

Los síntomas de ozono en sandía comienzan de forma tenue, en forma de pequeñas manchas cobrizas internerviales en el haz de la hoja que no se aprecian en el envés; las manchas tienen un brillo metálico con el reflejo del sol. Conforme avanza el tiempo, las manchas se intensifican y generalizan en toda la hoja, y finalmente se necrosan formando costras blanquecinas que ocupan gran parte del limbo foliar.

Desarrollo inicial: pequeñas manchas rojizas internerviales en el haz de la hoja (izquierda), que no se aprecian en el envés (derecha).



Avance de los síntomas: se generalizan las manchas internerviales rojizas por toda la hoja (izquierda), que siguen sin afectar al envés (derecha).



Estado avanzado: las manchas rojizas se necrosan formando costras blanquecinas.



Estado final: la necrosis afecta a la totalidad de la hoja que se cubre de costras blancas.



Evolución de síntomas de ozono observados en el Huerto de Bioindicadores de Ozono del Parque Agrario de Fuenlabrada en 2019: gradación de daños por ozono observados en hojas de las variedades Toro y Sugar Baby, ambas sensibles al contaminante.



SOJA

Lo síntomas de ozono en las variedades sensibles de soja se inician con la aparición de manchas rojizas internerviales en el haz de la hoja, que no se aprecian en el envés; con el tiempo se van generalizando dando un aspecto bronceado a toda la hoja. Finalmente las manchas se necrosan dando lugar a costras blancas que afectan también al envés de la hoja.

Desarrollo inicial: izquierda, hoja sana; derecha, hoja con síntomas de ozono en su desarrollo inicial: manchas o punteaduras rojizas internerviales desperdigadas en el haz de la hoja, sin apreciarse en el envés, que se van intensificando con el tiempo.



Desarrollo avanzado: las manchas rojizas se generalizan cubriendo toda la hoja, y cuando se necrosan forman costras blancas que afectan también al envés.



TABACO

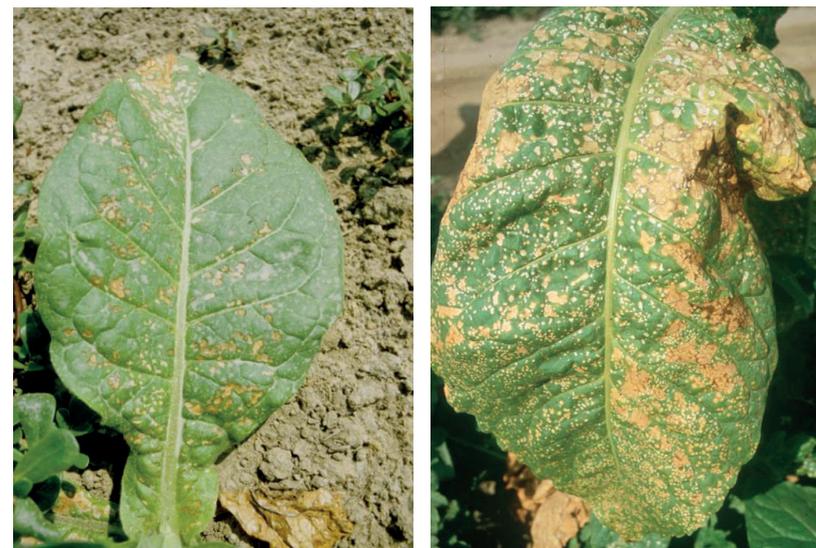
Los síntomas de ozono en las variedades sensibles de tabaco se inician con la aparición de pequeñas manchas claras internerviales que salpican el haz de las hojas basales. Con el tiempo se intensifica la densidad de estas manchas que terminan ocupando todo el limbo foliar y se extienden por la planta hacia las hojas más jóvenes superiores. Las manchas terminan necrosándose y provocando la senescencia de la hoja.

La variedad de tabaco sensible BEL-W3 ha sido empleada desde los años 80 como especie bioindicadora de la existencia de niveles de ozono elevados y potencialmente fitotóxicos; frecuentemente se acompaña en ensayos de bioindicación con las variedades BEL-C y BEL-B de sensibilidad moderada y tolerante respectivamente.

Desarrollo inicial: hoja sana basal (izquierda), y evolución de daños por ozono (derecha): desarrollo de manchas claras internerviales en el haz de la hoja y que se van intensificando con el tiempo para terminar ocupando de forma salpicada todo el limbo foliar.



Desarrollo avanzado: las manchas se necrosan y afectan de forma intensa a toda la hoja provocando su senescencia.



Ensayo de bioindicación de ozono con variedades de tabaco de distinta sensibilidad al contaminante: variedades BEL-W3 (izquierda, muy sensible al ozono), BEL-C (derecha, de sensibilidad media la ozono) y BEL-B (centro, tolerante al ozono), con una clara gradación en el desarrollo de síntomas en función de su sensibilidad al ozono (Fuente: CIEMAT, ensayo de bioindicación de ozono en el delta del Ebro).



TOMATE

Las variedades sensibles de tomate desarrollan con el ozono síntomas foliares que se inician con la aparición de pequeñas manchas rojizas o bronceadas internerviales en el haz de las hojas basales más maduras. La exposición prolongada al ozono intensifica estas manchas y acelera la senescencia foliar; según avanza el tiempo de exposición al contaminante los síntomas se van extendiendo hacia las hojas más jóvenes.

Desarrollo inicial: evolución, a partir de una hoja sana (izquierda), de manchas bronceadas internerviales en el haz de la hoja que se van intensificando con el tiempo, acompañadas de una clorosis que afecta a la hoja (derecha).



Desarrollo avanzado: las manchas rojizas ocupan el limbo foliar a la par que se produce la senescencia de la hoja.



TRIGO

Los síntomas foliares que provoca el ozono en las variedades españolas analizadas no son específicos del contaminante, sino que se observa un incremento significativo de la senescencia foliar, un tipo de síntoma común a otros estreses como la sequía. La senescencia se inicia en las hojas basales con una decoloración de apariencia rayada sobre el fondo verde, que amarillea fuertemente y provoca la senescencia prematura de la hoja. Esta senescencia va avanzando hacia las hojas jóvenes superiores.

Desarrollo de senescencia: Intensificación de la senescencia foliar en plantas de trigo crecidas en distintos niveles de ozono: a la izquierda planta creciendo en un ambiente que reproduce el fondo natural de ozono (valores preindustriales), seguida de planta crecida bajo los niveles actuales de ozono; hacia la derecha plantas creciendo en ambientes de ozono elevados que podrían alcanzarse hacia final de siglo (Fuente: Ensayo realizado en la Instalación de Cámaras Descubiertas del CIEMAT).



- OZONO

+ OZONO

B

NOTAS DE CAMPO SOBRE LA PRESENCIA DE SÍNTOMAS FOLIARES EN CULTIVOS QUE PODRÍAN DEBERSE AL OZONO

Se recomienda hacer de forma semanal el seguimiento de síntomas que podrían deberse al ozono, incluyendo también una foto y comentarios sobre cualquier daño foliar o patología que se detecte en el cultivo.

Ejemplo:

DÍA DE OBSERVACIÓN: 25 mayo 2021

LOCALIDAD: Parque Agrario de Fuenlabrada – Huerta Experimental

OBSERVADOR/RA: Pepita Pérez

COMENTARIOS GENERALES: Hace un par de días ha caído una lluvia fuerte y sin embargo no se ve bien a las plantas. Hay ataque de pulgones y algo de araña en la zona. Se ha abonado hace dos días.

CULTIVO Y VARIEDAD: Sandía _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

manchas rojizas, brillantes con el reflejo del sol, que empiezan a aparecer en el haz de las hojas viejas; de momento solo se observa en unas pocas hojas en la base de la planta, en las hojas más jóvenes no se ven estos síntomas. Parecidas a las fotos de la página 56. También araña.

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN:

LOCALIDAD:

OBSERVADOR/RA:

COMENTARIOS GENERALES:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

DÍA DE OBSERVACIÓN:

LOCALIDAD:

OBSERVADOR/RA:

COMENTARIOS GENERALES:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

DÍA DE OBSERVACIÓN:

LOCALIDAD:

OBSERVADOR/RA:

COMENTARIOS GENERALES:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

DÍA DE OBSERVACIÓN:

LOCALIDAD:

OBSERVADOR/RA:

COMENTARIOS GENERALES:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN:

LOCALIDAD:

OBSERVADOR/RA:

COMENTARIOS GENERALES:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

DÍA DE OBSERVACIÓN:

LOCALIDAD:

OBSERVADOR/RA:

COMENTARIOS GENERALES:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

DÍA DE OBSERVACIÓN:

LOCALIDAD:

OBSERVADOR/RA:

COMENTARIOS GENERALES:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

DÍA DE OBSERVACIÓN:

LOCALIDAD:

OBSERVADOR/RA:

COMENTARIOS GENERALES:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN:

LOCALIDAD:

OBSERVADOR/RA:

COMENTARIOS GENERALES:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

DÍA DE OBSERVACIÓN:

LOCALIDAD:

OBSERVADOR/RA:

COMENTARIOS GENERALES:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

CULTIVO Y VARIEDAD:

FOTO: SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS:

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

DÍA DE OBSERVACIÓN: _____

LOCALIDAD: _____

OBSERVADOR/RA: _____

COMENTARIOS GENERALES: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

CULTIVO Y VARIEDAD: _____ **FOTO:** SI NO

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS Y COMENTARIOS: _____

