

9. SÍNTESIS DE RESULTADOS.

Se presenta a continuación un resumen de los resultados más relevantes relativos a los trabajos desarrollados a lo largo del año de duración del proyecto (prácticamente todo el 2006) y cuya descripción y alcance ha sido el objeto del presente informe.

Una limitación general que aplica a la formulación de los resultados de todas las líneas de actuación es la necesaria limitación en la representatividad de los mismos, condicionados por la limitación a un periodo temporal muy concreto, lo que requiere una lógica precaución a la hora de extrapolar las conclusiones más allá del ámbito espacial y temporal en que se obtuvieron.

Relativas a la Metodología.

La aproximación metodológica se ha realizado en varios frentes:

- ✓ evaluación de la información histórica disponible en el entorno como base de partida de conocimiento sobre la dinámica de contaminantes en la zona;
- ✓ generación de nuevas medidas experimentales sobre las que apoyar el diagnóstico de la situación actual en la zona de interés;
- ✓ evaluación del estado de la vegetación en la comarca;
- ✓ estudio del efecto sobre las principales variedades de vid de la exposición a niveles elevados de concentración de ozono, como principal contaminante con una repercusión potencial en los cultivos;
- ✓ estimación mediante simulaciones numéricas de los incrementos esperados en las concentraciones de este contaminante debido a la nueva actividad industrial.

Relativas a las Medidas de Inmisión.

- ✓ Medidas Meteorológicas y de Calidad del Aire.

El análisis de las medidas históricas en la zona, tanto meteorológicas como de calidad del aire, así como las nuevas series generadas, ha puesto de manifiesto algunas de las peculiaridades de la dinámica de contaminantes en la zona. A gran escala la penetración de masas de aire atlánticas (del oeste) y del sur, con posible aportación de la cuenca del Guadalquivir, constituyen el marco general más habitual.

A menor escala dominan los ciclos diurnos, con un claro patrón que se manifiesta tanto en los parámetros meteorológicos como de calidad del aire, y ello especialmente durante el periodo estival.

Los niveles de inmisión compilados en la zona (tanto las medidas históricas disponibles como aquellas específicas del proyecto) son bajos en general, y sólo la estación más urbana de Badajoz registra una clara influencia antropogénica. Los niveles de concentración de ozono también son moderados en los valores máximos, si bien los niveles promedios

pueden resultar más elevados que los característicos de emplazamientos más contaminados, debido a los mayores valores nocturnos registrados en entornos abiertos.

✓ Medidas Sistemáticas de Material Particulado.

La composición del PM₁₀ muestreado en el área de estudio esta formada principalmente por los compuestos crustales (17 µg/m³, 58% del PM₁₀), cuyo origen cabría situarlo en la elevada influencia de la resuspensión natural y de los episodios de intrusión de masas de aire cargadas de polvo atmosférico desde el norte de África (Sahara/Sahel) en el verano de 2006.

La media diaria de PM₁₀ obtenida (28 µg/m³) es relativamente elevada si se compara con el rango obtenido en estaciones de fondo rural en España.

Los niveles de OM+EC (3.4 µg/m³) son también relativamente elevados y suponen el 12% de la masa de PM₁₀, probablemente por el impacto de las emisiones de los incendios forestales en Portugal y Galicia en el verano de 2006.

Los niveles de sulfato y nitrato (2.8 y 1.3 µg/m³) están en el rango de los obtenidos en otras zonas rurales, aunque en porcentaje su contribución al PM₁₀ es menor. Por el contrario, la concentración de NH₄⁺ puede considerarse baja si se compara con los niveles usualmente obtenidos en fondo rural en España.

Se obtienen concentraciones relativamente elevadas de Ca, Al, Si, Fe, que son superiores a las concentraciones medias anuales usualmente encontradas en estaciones de fondo urbano de España, y que pueden estar relacionados con la demostrada presencia de material mineral en suspensión.

Los niveles de Na⁺ (0.6 µg/m³) exceden claramente a los de Cl⁻ (0.2 µg/m³), lo que podría indicar un origen no marino (posibles aportes de silicatos), aunque no puede descartarse un efecto de la reacción del NaCl con ácido nítrico formando NaNO₃.

Respecto a los elementos traza, las concentraciones obtenidas están en el rango de las medidas en otras zonas de fondo rural para la mayoría de los elementos. La suma de todos los elementos traza analizados equivale a 0.5 µg/m³, que contribuye en menos del 1% a la masa media de PM₁₀, (como ejemplo, la concentración media diaria de Pb obtenida, 4.1 ng/m³, es claramente inferior al límite medio anual establecido por la Directiva 1999/30/CE; y en igual modo sucede para las concentraciones medias diarias obtenidas para As, Cd y Ni).

Cabe destacar adicionalmente las concentraciones relativamente elevadas de algunos elementos traza como Ti, P, Mn, Rb, Zr, Mo, La, Ga y Cs, que en ciertos casos son incluso superiores a los rangos medios de concentración obtenidos en estaciones de fondo urbano, y cuyo origen puede estar relacionado en este caso con el aporte sahariano o con la resuspensión de material del suelo.

✓ Medidas en Campañas Intensivas.

Los resultados obtenidos procedentes de los análisis químicos de filtros de PM₁₀ y PM_{2.5} de las campañas de muestreo de las estaciones fijas de Barcarrota, Alange y Cortijo del

Endrinal, han resultado bajos en todos los casos, lo que permite clasificar a esta región, tanto en niveles como en composición química del material particulado atmosférico, en la categoría de fondo Rural (Querol et al. 2006).

Las máximas concentraciones medias se han obtenido en la campaña de Verano ($39.2 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ en Alange), y las menores en Otoño ($14.5 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ en Barcarrota). Desde un punto de vista químico, las muestras de Barcarrota obtenidas en la primera campaña poseen mayores concentraciones de C_{total} , Zn, Cu, V, Ni y Pb que las de Alange. Posiblemente esto es debido a una mayor influencia de focos de combustión en la zona de Barcarrota.

Todas las concentraciones de Pb, Ni, As y Cd son muy inferiores a los descritos por la directiva 1999/30/CE para Pb en PM_{10} ($500 \text{ ngPb}/\text{m}^3$, 1999/30/CE) y a los valores guía propuesto en la directiva 2003/164/CE para Ni, As y Cd en PM_{10} ($20 \text{ ngNi}/\text{m}^3$, $6 \text{ ngAs}/\text{m}^3$ y $5 \text{ ngCd}/\text{m}^3$).

La mayoría de los elementos traza se encuentran en el rango de estaciones típicas de fondo rural de España, aunque hay que destacar el enriquecimiento en Li, Ti, Mn, Zn, As, Rb, Y y REE en las cabinas de Extremadura, interpretable en términos de resuspensión natural y posible influencia del polvo de origen Norteafricano.

Los muestreos asociados a focos muestran impactos elevados en las proximidades, con una fuerte composición de partículas finas en muchos casos. El perfil químico obtenido en los diferentes muestreos es el siguiente:

- Siderurgia: Cr+Zn+Cu+As+Cd+Pb.
- Alcoholera: Cu+Zn.
- Cantera: V+Cr+Cu+Zn+As+Sr+Mo+Pb.
- Planta de Áridos: Carbonatos+ Zn+Ba+Cu
- Cerámica Manuel Mayo: C_{total} , Zn+Cu+Ni+V.

✓ Medidas dosimétricas.

Las concentraciones de NO_2 registran valores bajos típicos de ambientes rurales/semi-rurales con concentraciones ligeramente más elevadas en los focos urbanos donde suele emitirse este contaminante. El registro anual de concentraciones muestra una onda característica con niveles menores ligados a los periodos con mayor insolación (meses primaverales/estivales) donde se intensifican las reacciones fotoquímicas y concentraciones mayores ligadas a condiciones invernales, lo que indica la preponderancia del efecto de la dispersión atmosférica sobre otros condicionantes (emisiones, reactividad, etc).

Las concentraciones de O_3 presentan promedios quincenales muy elevados, bastante más altos que las concentraciones registradas en la cabina de medida de calidad del aire situada en Barcarrota, probablemente debido a que se encuentran en aéreas diferentes con regímenes de viento distintos asociados a efectos mesoescalares. El registro temporal de concentraciones de ozono define un ciclo anual con dos picos claramente marcados, uno en

los meses de abril/mayo y otro en los meses de julio/agosto. Esta distribución de concentraciones de ozono es similar a la observada en la cuenca mediterránea.

Las concentraciones de los BTEXs presentan valores bajos típicos de ambientes rurales, donde parece que los focos de emisión de estos compuestos se encuentra ubicado en los núcleos urbanos. El registro anual de concentraciones no parece mostrar ninguna tendencia estacional. Solo en el caso del benceno se da un ciclo anual similar al observado con el NO₂, que sería en este tipo de este compuesto primario.

✓ Medidas Metales Pesados en Suelo.

Se han determinado los niveles de aquellos metales pesados ligados a actividades industriales que pueden representar un riesgo para las plantas, animales o el hombre: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn, sin que ninguno de las especies analizadas presente concentraciones que superen las establecidas en el Real Decreto 1310/90 y que muy al contrario, en la mayoría de los casos se encuentran bastante por debajo de los límites establecidos (p. ej., Ni, Pb, Zn).

Relativas a la Estimación del Impacto Fotoquímico.

Considerando el 95% de la población de máximos horarios, es decir, dejando fuera los valores picos de ozono, los incrementos en los niveles de ozono abarcan una horquilla de 5 a 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Siendo 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el valor calculado para el escenario base (más probable). Para el caso de la población de máximos octohorarios, el rango se encuentra entre 3 y 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el incremento para el escenario base.

El promedio de los impactos positivos se sitúa en una horquilla de 3 a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el incremento sobre el escenario más probable. Para los máximos octohorarios la horquilla comprende el rango entre 2 y 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el incremento para el escenario base.

La inclusión de la refinería supone también que en algunas celdas exista un descenso en los niveles de ozono, que se sitúa entorno a un valor máximo de 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para todos los escenarios de emisión, para los máximos horarios; y entorno a 2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para los octohorarios.

En los casos estudiados se observan dos zonas de impacto, una situada al norte de la refinería, y otra situada al sur (necesariamente ligados a las condiciones meteorológicas), y su localización depende fuertemente del régimen de vientos.

Con las consiguientes variaciones entre episodios, el mayor impacto de los incrementos esperados se registra entre 10 y unos 40 km del foco, (extendiéndose su influencia significativamente hasta distancias entre 80 y 100 km) con incrementos máximos en torno a 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para los promedios horarios y de 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para los promedios octohorarios (sobre una significación del 95%).

Relativas a los Efectos sobre la Vegetación.

La identificación de daños visibles en campo causados por contaminantes gaseosos ha puesto de manifiesto la ausencia de indicios claros, siendo los únicos daños que se apreciaron atribuibles a un contaminante gaseoso son debidos a HF en vid (cultivo muy sensible a este gas), localizados en las inmediaciones del polígono industrial de Villafranca de los Barros. No se detectaron tampoco daños visibles en el olivo, siendo en general esta una especie más resistente al ozono que la vid.

La experiencia de fumigación con ozono en condiciones controladas ha permitido constatar que variedad **tempranillo** es más sensible al ozono que la variedad **parda**. La fumigación con este contaminante produjo una disminución significativa de la fotosíntesis en las hojas viejas de las plantas de la variedad tempranillo. Sin embargo, bajo las condiciones experimentales, la variedad parda, la más extendida en Tierra de Barros, parece ser más resistente, ya que no se observó ningún efecto significativo en los parámetros de intercambio gaseoso tras someter a los individuos a niveles de ozono relativamente elevados. La disminución de la asimilación de CO₂ observada en la variedad tempranillo es una respuesta fisiológica típica frente al oxidante, y puede presentarse aún en ausencia de daños visibles.

Cabe destacar que los niveles de ozono a que fueron sometidos los plantones durante el experimento de fumigación (en una estrategia conservativa) están muy por encima de los valores medidos en la zona de Tierra de Barros en este momento.

Aunque estos resultados apuntan a una relativa resistencia frente al ozono de la variedad parda, habría que considerarlos por el momento como preliminares.

Otros aspectos importantes como son los efectos sobre la producción o sobre la calidad de la uva no se han abordado en el presente año por ser el primero en que se producía uva y no estar las plantas en un momento apropiado para realizar este tipo de experiencias.

Generales y Recomendaciones.

En la vid se ha detectado un "efecto memoria" que podría hacer que en años sucesivos se observaran efectos más marcados, por lo que el seguimiento de las plantas fumigadas este año durante futuros periodos de fumigación sería importante.

La gran interdependencia entre la formación fotoquímica de ozono, las zonas de impacto de la refinería y las condiciones meteorológicas, requerirían del estudio de otros escenarios, que ampliase la panoplia de escenarios meteorológicos, lo que permitiría aproximar el estudio a un ámbito "climático" y no únicamente episódico.

Se considera que sería recomendable continuar la vigilancia experimental de niveles de inmisión en la zona, como forma de proporcionar un marco en el que evaluar realistamente el posible impacto futuro de la actividad industrial.

Igualmente se sería de interés, en el mismo contexto, continuar la vigilancia del estado de la vegetación en la zona, bajo presupuestos similares a los realizados en este primer año.

Finalmente se considera que sería conveniente proseguir con el estudio en el laboratorio de las fumigaciones iniciadas sobre los plantones, con el fin de valorar efectos a más largo plazo, no apreciados en el pasado estudio.



**DIAGNÓSTICO Y VIGILANCIA DEL IMPACTO POR VÍA
ATMOSFÉRICA DE UN COMPLEJO REFINERO EN
EXTREMADURA.**

INFORME FINAL. Abril 2007.

Versión 2.0