

SIGUIENDO LA PISTA

Evolución de la calidad del aire en la ciudad de León

Fernando Pérez García ⁽²⁾ y Laura López Campano ⁽¹⁾

(1) Estudio desarrollado en la asignatura de *Trabajo de Investigación (2010-11)*, bajo la supervisión de la Dra. Laura López Campano del área de Física Aplicada. Universidad de León. Campus de Vegazana s/n. 24071. León. E-mail:

laura.lopez@unileon.es

(2) Alumno de 4º curso de la Licenciatura en Biotecnología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León. E-mail:

btcfpg00@estudiantes.unileon.es

El presente estudio se ha realizado en el marco de la asignatura de *Trabajo de investigación*. En el mismo, se ha analizado la evolución de las concentraciones de los cinco contaminantes atmosféricos más frecuentes con el objetivo de evaluar la calidad del aire en la ciudad de León entre los años 1997 a 2009.

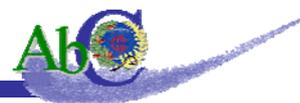
El estudio ha utilizado los datos procedentes de la Red de Control de la calidad del aire de la ciudad de León, compuesta por tres estaciones diferentes, los que nos ha permitido analizar la calidad del aire de manera diferenciada dentro de la ciudad.

Los resultados muestran cómo el buen funcionamiento de este tipo de Redes de Control, así como la ubicación de las estaciones de medida en emplazamientos representativos debería ser entendido como una medida de protección de la salud de los ciudadanos, más que como un mero requisito legislativo. Finalmente, los resultados del estudio pueden ser utilizados en el diseño de medidas de control de la contaminación específicas para cada zona de la ciudad.

Palabras clave: contaminación atmosférica, Red de Control de la Calidad del Aire, estaciones de control de la calidad del aire, Ciudad de León.

Introducción

La contaminación atmosférica es actualmente uno de los problemas ambientales más preocupantes. Tanto es así, que la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera el estudio de los contaminantes en la atmósfera como una de sus prioridades a nivel mundial. En España, un contaminante atmosférico se define como “cualquier sustancia introducida directa o indirectamente por el hombre en el aire ambiente que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana o el medio ambiente en su conjunto” (RD 1073/2002).



Las principales fuentes de contaminación atmosférica son los procesos que implican combustión (en industrias, hogares o vehículos). Los contaminantes pueden calificarse como primarios, si se emiten directamente a la atmósfera, o secundarios, si se forman posteriormente como consecuencia de las reacciones y transformaciones físicas y/o químicas sufridas por los contaminantes primarios. La descripción de los contaminantes más comunes en la ciudad de León, así como las condiciones meteorológicas más frecuentes durante los episodios de elevada contaminación se han detallado en Gallinas et al., (2010).

Con el objetivo de garantizar que la población disfrute de una calidad del aire adecuada, el RD 1073/2002 DE 18 DE OCTUBRE SOBRE EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE EN RELACIÓN CON EL DIÓXIDO DE AZUFRE, DIÓXIDO DE NITRÓGENO, ÓXIDOS DE NITRÓGENO, PARTÍCULAS, PLOMO, BENCENO Y MONÓXIDO DE CARBONO y el RD 1796/2003 DE 26 DE DICIEMBRE, RELATIVO AL OZONO EN EL AIRE AMBIENTE regulan los valores máximos permitidos en el aire para diferentes contaminantes y distintos tiempos de exposición. En la legislación, estos valores máximos se denominan Valores Límite. Así, el Valor Límite para un determinado contaminante es “un nivel que no debe superarse fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y para el medio ambiente en su conjunto” (Gallinas et al., 2010). Por tanto, la superación de estos valores implica que se pueden producir efectos nocivos sobre la salud de las personas. Por ello, es fundamental conocer los valores registrados por los diferentes contaminantes presentes en el aire a fin de evaluar su calidad, y adoptar las medidas correctoras oportunas si esta no fuese la adecuada.

Por otro lado, esta misma normativa, regula además los criterios de implantación de las denominadas Redes de Control de la Contaminación Atmosférica. Estas redes, compuestas por estaciones de control que miden de manera automática las concentraciones de diversos contaminantes atmosféricos, nos permiten conocer si se sobrepasan o no los Valores Límite establecidos (es decir, si respiramos aire más o menos contaminado). Por este motivo, el legislador establece criterios estrictos en lo referente a la ubicación de las estaciones de medida, el número mínimo de las mismas, así como el tipo de análisis requeridos en función del grado de contaminación de la zona estudiada. Por tanto, el buen funcionamiento de este tipo de Redes de Control, así como la ubicación de las estaciones de medida en emplazamientos representativos debería ser entendido como una medida de protección de la salud de los ciudadanos, más que como un mero requisito legislativo.

Finalmente, señalar que el objetivo del presente trabajo ha sido estudiar la evolución de la calidad del aire en la ciudad de León entre los años 1997 a 2009 haciendo uso de los datos recogidos por la Red de Control de la Calidad del aire en el Municipio de León. La red está compuesta por tres estaciones de control, y se engloba en la llamada "Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica en Castilla y León", perteneciente a la Junta de Castilla y León.

Base de datos

Con el objetivo de evaluar la contaminación atmosférica en la ciudad, se han utilizado los datos registrados en la Red de Control de la Calidad del Aire en el Municipio de León. La misma, está formada por tres estaciones de control, ubicadas en diferentes localizaciones dentro de la ciudad como hemos señalado (**Figura 1**). Las características de cada uno de las estaciones son las siguientes (Ayuntamiento de León, 2007):

- Estación León 1: está situada en la Avenida San Ignacio de Loyola. Es una estación de tráfico que se encuentra en una zona urbana, residencial, en un área grande y llana, con tráfico rodado medio.
- Estación León 2: esta estación se encontraba en las inmediaciones de la Plaza de Toros y al cambiar de ubicación durante el año 2009, pasó a denominarse Estación León 4. Esta nueva estación se encuentra ubicada en el Coto Escolar. Este traslado se justifica para "poder cumplir los criterios de macro y microimplantación establecidos en la normativa vigente" (Ayuntamiento de León, 2007).
- Estación León 3: está situada en la calle San Juan de Sahagún, en el barrio de la Palomera. Es una estación de fondo, ubicada en una zona urbana de carácter residencial, con tráfico rodado medio.

Es necesario señalar que la desaparición de la Estación León 2 es desde el punto de vista científico, una grave pérdida ya que imposibilita continuar con una serie de datos homogénea hasta la actualidad. Por este motivo, el estudio se ha realizado desde el año 1997 hasta el año 2009.

En la **Fig. 1** se muestran las posiciones de las estaciones meteorológicas dentro de la ciudad.

Como hemos señalado, hay que destacar que la Estación León 4 no se ha incluido en este trabajo porque no existen datos previos al año 2009. Un dato a tener en cuenta es que se localiza en el Coto Escolar en una zona de la ciudad, a priori, sin problemas de contaminación atmosférica.

Finalmente, en el presente trabajo se ha estudiado la evolución de cinco contaminantes atmosféricos por separado: Óxidos de nitrógeno (NO_2), Dióxido de Azufre (SO_2), Ozono troposférico (O_3), Partículas (PM_{10}) y Monóxido de carbono (CO).

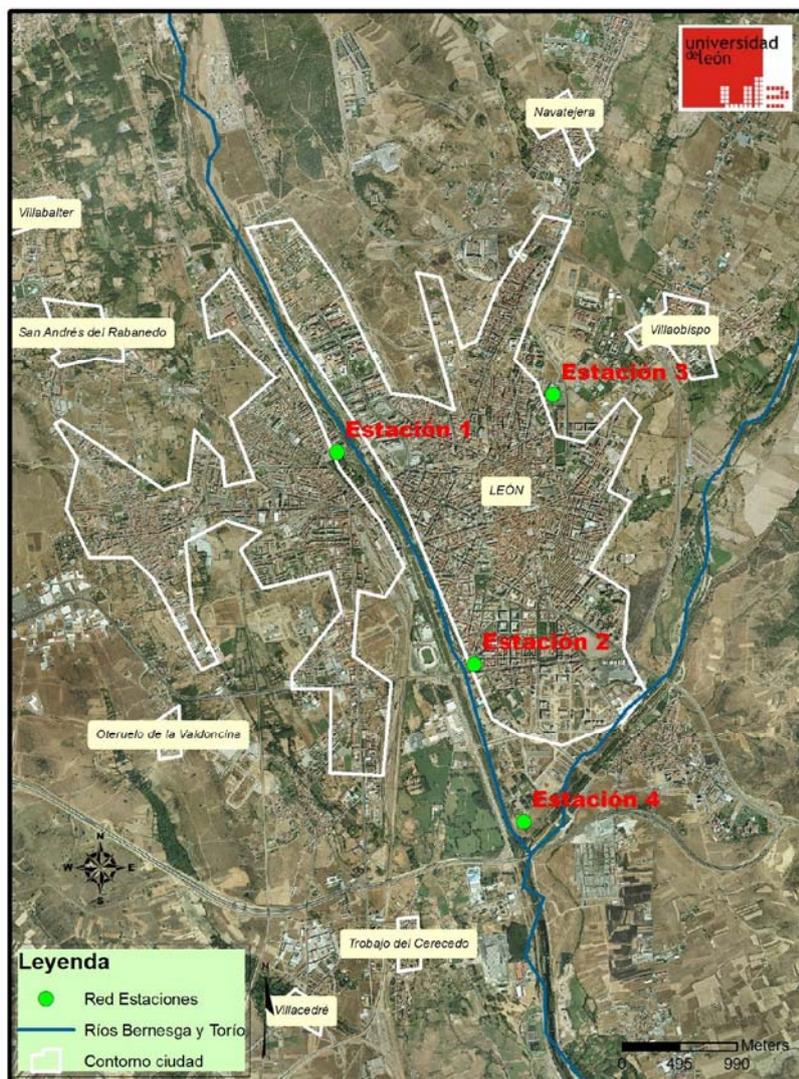


Figura 1. Red de Control de la Calidad del aire en la ciudad de León

Las condiciones meteorológicas en las que aparecen cada uno de los contaminantes han sido ya detalladas en Gallinas et al., (2010). Se han evaluado estos contaminantes ya que son los que presentan usualmente unas concentraciones más elevadas en zonas urbanas y son los contaminantes registrados en las estaciones de control (ver **Tabla 1**).

Tabla 1. Lista de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas registradas en las diferentes estaciones

Contaminantes atmosféricos ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Variabes meteorológicas
CO	Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$)
NO ₂	Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$)
O ₃	Radiación solar (W m^{-2})
Partículas PM10	Presión (hPa)
SO ₂	Humedad relativa (%)
	Dirección del viento (grados)
	Velocidad media del viento (m s^{-1})

Metodología

En primer lugar, se ha estudiado la concentración media anual de los diferentes contaminantes de manera individualizada a fin de analizar la evolución de la Calidad del Aire en el municipio desde el año 1997.

Posteriormente, se analizó la evolución anual de cada uno de los contaminantes en las tres estaciones de control de manera independiente, con el objetivo de detectar zonas dentro de la ciudad con mayores problemas de calidad del aire.

Finalmente, y siguiendo los valores límite establecidos en los R.D. 1073/2002 y 1796/2003 para cada uno de los cinco contaminantes estudiados, hemos determinando para cada estación, el número total de superaciones del Valor Límite marcado por la legislación. Esto nos permite conocer qué contaminantes presentan mayores problemas a la hora de cumplir la legislación (es decir, son más difícilmente regulables).

Resultados: evolución de la calidad del aire en la Ciudad de León

Evolución de la concentración media anual

En primer lugar, señalar que se puede apreciar una clara disminución de la concentración media anual de todos los contaminantes, excepto del ozono, que se mantiene prácticamente estable a lo largo de los años. En las **Figuras 2** y **3** se muestra la evolución de la concentración media anual de partículas y de Ozono troposférico en la ciudad. No obstante, y como veremos, el análisis no de los valores medios, sino de los valores por estación, muestra resultados más útiles ya que el valor medio representado “oculta” las particularidades de cada

estación. De hecho, en algunas estaciones los valores de los contaminantes han aumentado a lo largo de los años.

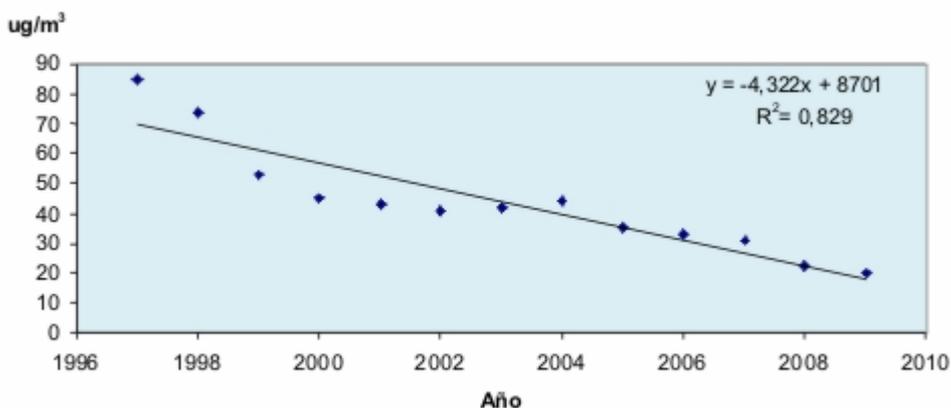


Figura 2. Evolución anual de los valores medios de PM10.

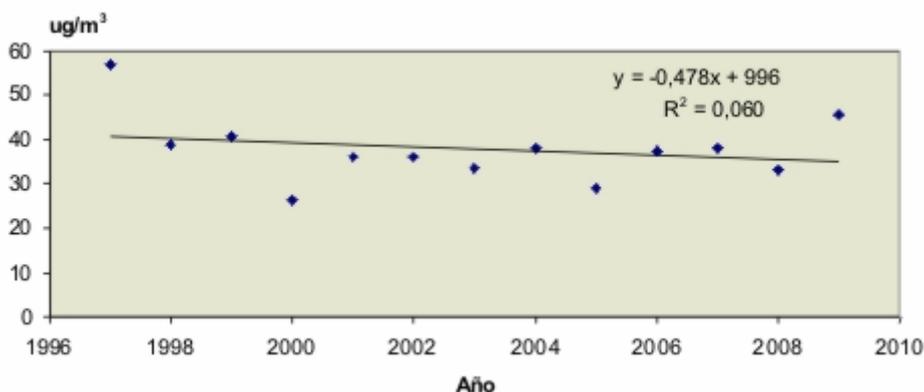


Figura 3. Evolución anual de los valores medios de ozono. Podemos observar que el ajuste lineal de los datos no es significativo.

Evolución de la concentración de la contaminación atmosférica por estación

Por otra parte, y realizando un análisis más exhaustivo de las estaciones por separado, se pueden representar las líneas de tendencia por contaminante y estación a lo largo del tiempo. El estudio de la evolución de los contaminantes por estaciones, nos permite obtener información relativa a la calidad del aire en las diferentes zonas de la ciudad. A continuación analizaremos la evolución de los diferentes contaminantes:

- *Evolución del NO2*

El dióxido de nitrógeno (NO₂), es uno de los contaminantes urbanos más peligrosos. Es un gas tóxico, irritante y precursor de la formación de partículas de nitrato, que afecta fundamentalmente al sistema respiratorio. Se forma como subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas, como los

vehículos. Las concentraciones altas dentro de la ciudad están ligadas a zonas de tráfico elevado.

La evolución anual (**Figura 4**) muestra como la Estación León 2 ha experimentado un aumento de la concentración de NO₂ desde el año 2004. La desaparición de este punto de medida y su nueva ubicación en el Coto Escolar, impide observar la evolución de la calidad del aire en los últimos años en las proximidades de la Plaza de Toros. Como podemos observar, el mantenimiento de la Estación León 2 habría sido muy interesante desde el punto de vista científico ya que se trataba de la zona de la ciudad que presentaba (¿y presenta?) mayores problemas de calidad del aire con respecto a este contaminante.

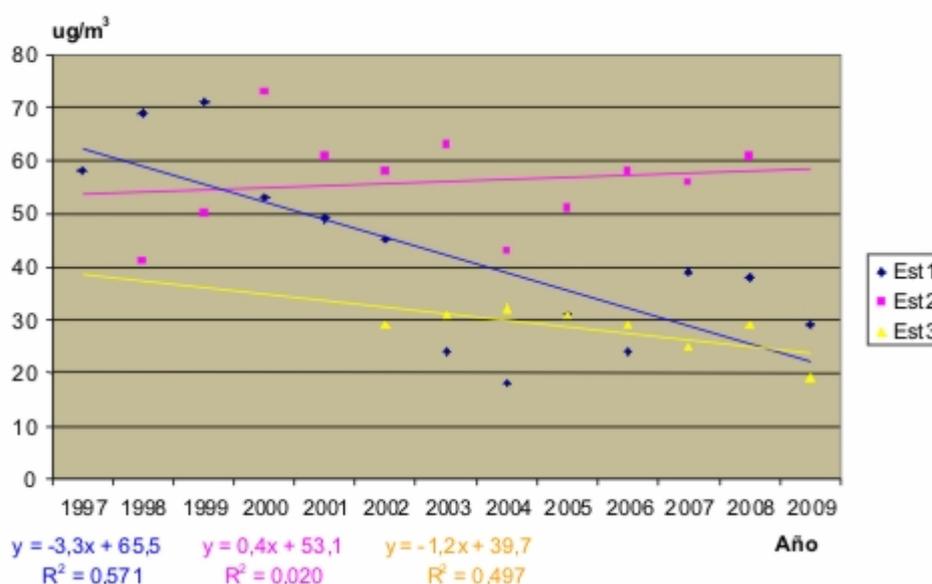


Figura 4. Evolución anual de NO₂ por estación y líneas de tendencia. Se observa que las pendientes para las líneas de tendencia de las estaciones 1 y 3 son negativas, mientras que la de la estación 2 no presenta un ajuste lineal significativo.

- *Evolución del SO₂*

El dióxido de azufre es un gas irritante y tóxico que afecta al sistema respiratorio. Es liberado a la atmósfera en los procesos de combustión que contienen compuestos azufrados, como el carbón.

La evolución anual de este contaminante (**Figura 5**) muestra una reducción muy significativa en todas las estaciones. Como ejemplo, podemos señalar que en la Estación León 1, se ha pasado de 50 ug/m³ en el año 1997 a valores próximos a 10 ug/m³ en el año 2009. La sustitución de las calderas de

combustión domésticas por otras menos contaminantes nos permite explicar en gran medida esta reducción.

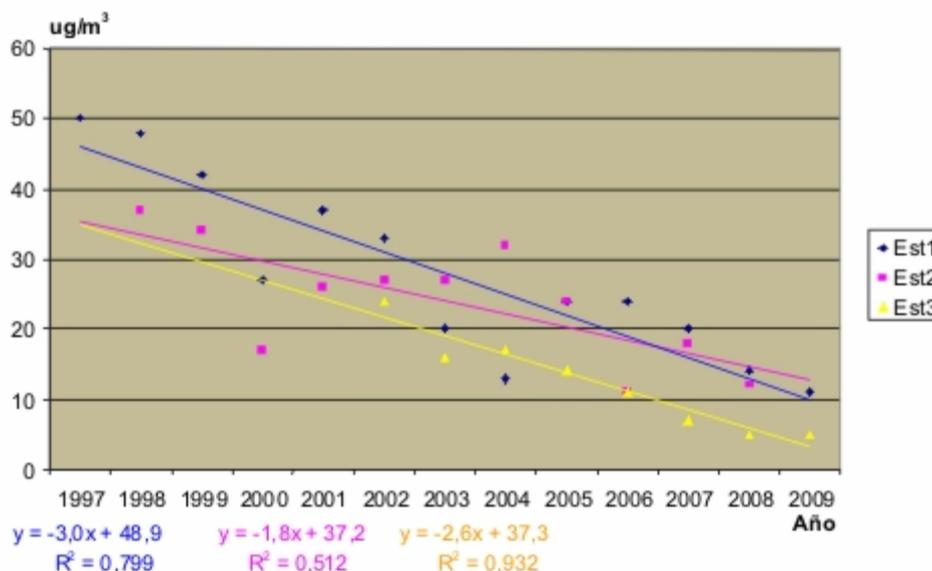


Figura 5. Evolución anual de SO2 por estación y líneas de tendencia.

- *Evolución de las partículas (PM10)*

Las relaciones entre la presencia de material particulado y los daños en la salud han sido plasmadas en diversos trabajos. Cuando inspiramos llega a nuestros pulmones alrededor de medio litro de aire, que puede contener tanto gases contaminantes como partículas sólidas. El sistema respiratorio es la principal vía de entrada de los aerosoles. Son precisamente, las características de las partículas como tamaño, densidad, y composición química los que van a determinar cual es la zona de nuestro organismo afectada. Las partículas de la fracción PM10 (partículas con diámetros iguales o inferiores a 10 micras) son muy peligrosas para la salud aunque no llegan a los alvéolos pulmonares. Según la OMS, las partículas ocasionan graves riesgos para la salud, al incrementar la mortalidad debido a enfermedades respiratorias, cardiovasculares y oncológicas. En la atmósfera proceden tanto de industrias como de vehículos y pueden tener un origen primario o secundario.

En las tres estaciones evaluadas (**Figura 6**) la línea de tendencia es decreciente cuando evaluamos el periodo total de estudio. En la Estación León 3 solo se ha dispuesto de datos a partir del año 2003. La sustitución del parque móvil por vehículos con mejores sistema de retención de partículas es una de las claves en esta reducción.

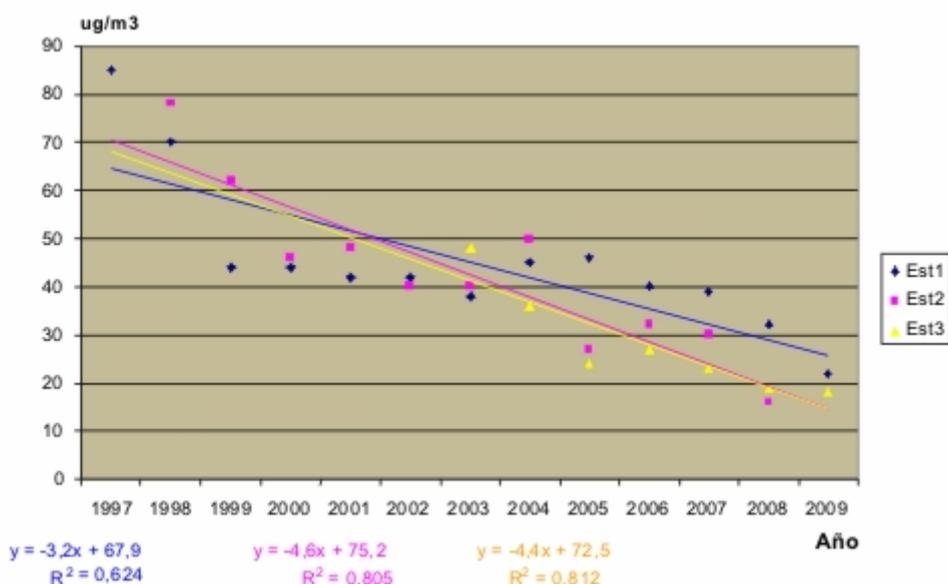


Figura 6. Evolución anual de partículas por estación y líneas de tendencia.

- *Evolución de los valores de ozono troposférico*

El ozono troposférico es un contaminante secundario que se crea a través de reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno (NOx) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) derivados de combustiones incompletas. Es el compuesto más destacado en los episodios de *smog fotoquímico* y actúa provocando problemas respiratorios graves. El análisis de este tipo de episodios de smog en la Ciudad de León ya ha sido estudiado en trabajos previos (Gallinas et al.,2010).

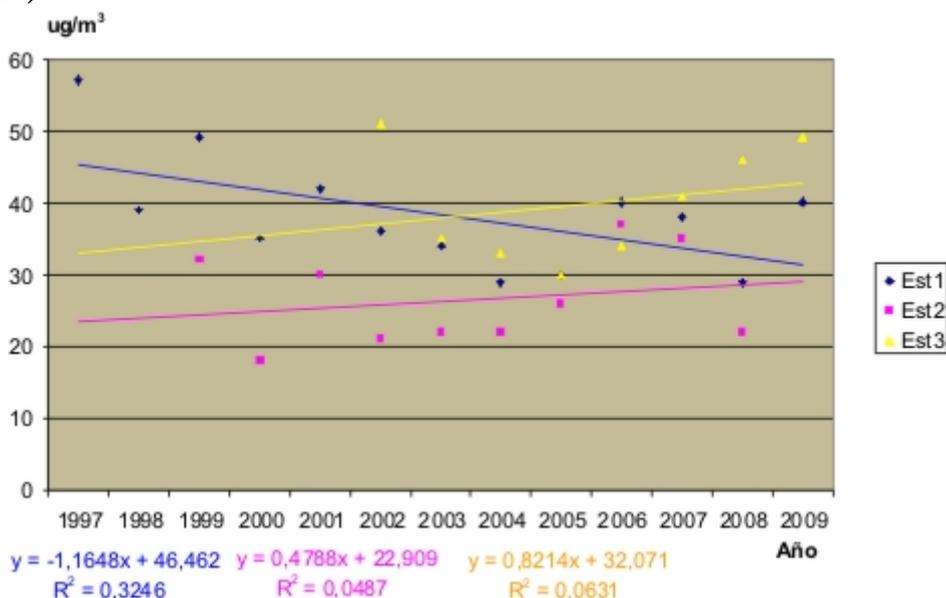


Figura 7. Evolución anual de Ozono troposférico por estación y líneas de tendencia.

La **Figura 7** nos muestra cómo la contaminación causada por ozono presenta problemas en todas las estaciones. Este contaminante aparece especialmente en zonas muy afectadas por la contaminación derivada de los vehículos. El análisis independiente de cada estación podría ser muy útil a la hora de establecer medidas de corrección (reducción del tráfico, aumento del transporte público en la zona, etc.). Vemos que la Estación León 3 es la que requiere medidas de actuación prioritarias.

- Evolución de los valores de CO

El CO se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles. Si se respira, aunque sea en moderadas cantidades, el monóxido de carbono puede causar la muerte.

En la Estación León 3 no se dispone de datos de este contaminante. Las líneas de tendencia (**Fig. 8**) muestran reducciones drásticas en este contaminante en los últimos años.

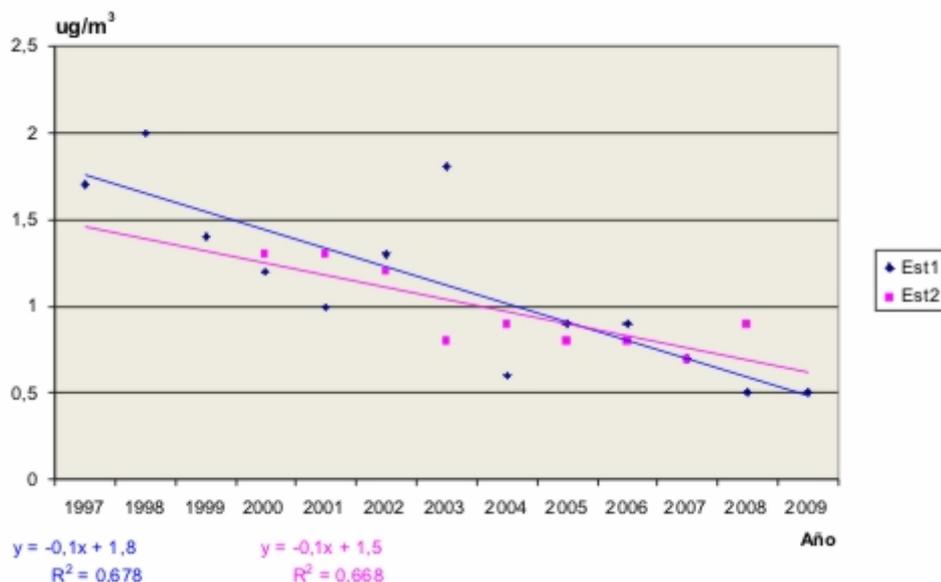


Figura 8. Evolución anual de CO por estación y líneas de tendencia.

Número de superaciones de los Valores Límite por estación

Con el objetivo de completar el análisis de la evolución de la calidad del aire en la ciudad, para cada estación, se ha analizado el número de veces en las que se ha llegado a sobrepasar el Valor Límite de cada uno de los contaminantes. Este dato nos permite conocer qué zonas están más contaminadas y cuáles son los contaminantes que presentan mayores problemas a la hora de mantener su concentración dentro de los Límites marcados por la

legislación. El número de superaciones registradas para cada contaminante puede verse en la **Figura 9**.

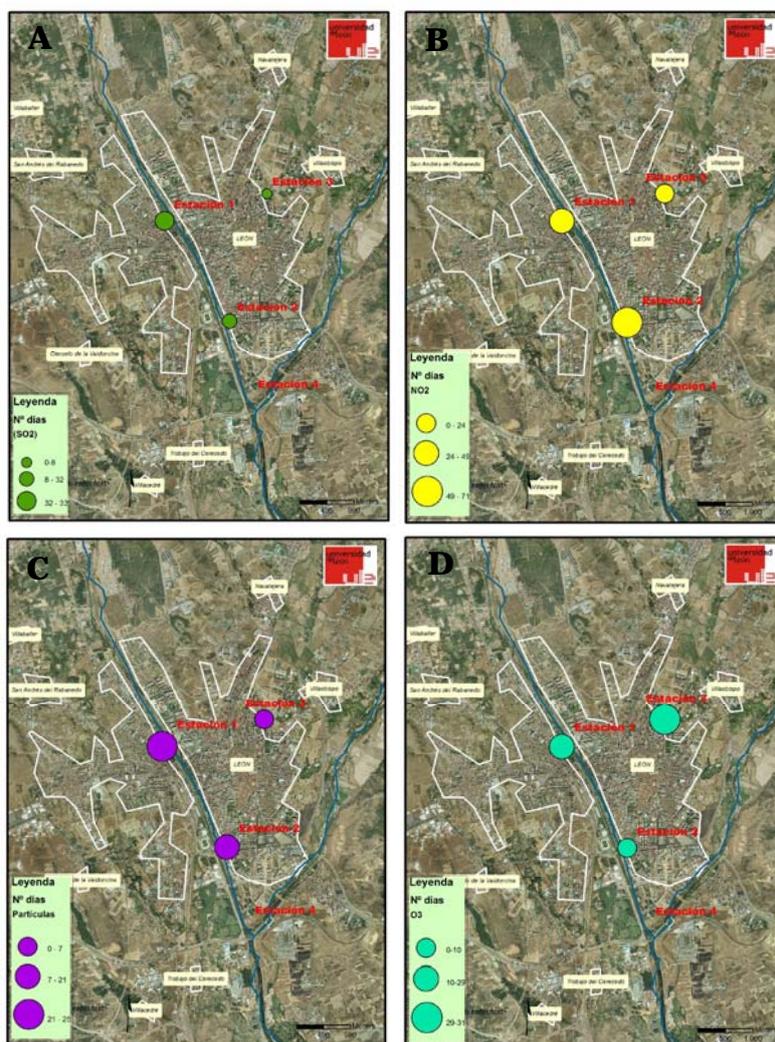


Figura 9. Número de días en los que se sobrepasan los Valores Límite para SO₂ (A), NO₂ (B), Partículas en suspensión PM₁₀ (C) y O₃ (D).

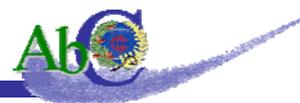
En primer lugar, podemos señalar que el CO no ha alcanzado nunca valores superiores al límite marcado por la legislación. Además, apreciamos que es el NO₂ el contaminante que ha registrado un mayor número de superaciones especialmente en la antigua Estación León 2. Este dato refleja, como ya hemos señalado, que existen problemas a la hora de mantener sus concentraciones en valores aceptables para la salud de la personas. Otro dato significativo, son los altos valores de ozono troposférico registrados en la Estación León 3, que como se puede apreciar se ven reflejados en el elevado número de días en los que no se cumple la legislación.

Conclusiones

- La calidad del aire en la Ciudad de León ha mejorado de manera significativa desde el año 1997 para los contaminantes NO₂, SO₂, CO y partículas en suspensión.
- La concentración del Ozono Troposférico en el aire ambiente ha aumentado en los últimos años, especialmente en las Estaciones León 2 y León 3 aunque se mantiene normalmente por debajo del Valor Límite marcado por la legislación.
- La calidad del aire es muy desigual en las diferentes zonas de la ciudad siendo la zona de la Estación León 2 la que registra unos valores más elevados de NO₂.
- El contaminante menos regulado es el NO₂, ya que es el que más veces supera el Valor Límite, seguido del Ozono Troposférico.
- El cambio de ubicación de la Estación León 2 es una grave pérdida desde el punto de vista científico ya que se encontraba situada en una de las zonas más contaminadas de la ciudad y además nos hubiera permitido analizar la evolución de los contaminantes en el futuro.
- La ubicación de las estaciones de medida en emplazamientos representativos debería ser entendida como una medida de protección de la salud de los ciudadanos, más que como un mero requisito legislativo.
- El estudio de la evolución de los contaminantes de manera individualizada en las diferentes estaciones de la ciudad puede ser muy útil a la hora de mejorar la calidad del aire ya que permite la adopción de medidas específicas en cada una de las zonas.

Bibliografía

- Gallinas C., Pérez F., López L. (2010). Estudio preliminar de la calidad del aire en el Campus de Vegazana de la Universidad de León. *Ambiociencias*. Vol 6: 23-43.
- Ayuntamiento de León (2007). Red de Control de la Calidad del Aire. <http://www.aytoleon.es/es/ayuntamiento/areasmunicipales/medioambiente/calidadambiental/atmosfera/Paginas/reddecontroldecalidaddelaireLeon.aspx>



RD 1073/2002 DE 18 DE OCTUBRE SOBRE EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE EN RELACIÓN CON EL DIÓXIDO DE AZUFRE, DIÓXIDO DE NITRÓGENO, ÓXIDOS DE NITRÓGENO, PARTÍCULAS, PLOMO, BENCENO Y MONÓXIDO DE CARBONO.

RD 1796/2003 DE 26 DE DICIEMBRE, RELATIVO AL OZONO EN EL AIRE AMBIENTE.