



VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

2014

Adoración Carratalá Giménez

Departamento de Ingeniería Química

Informe con referencia: CAUA-IQ15/01

Índice

1. Objetivos y antecedentes.	5
2. Disponibilidad de datos	7
3. Meteorología de la zona de estudio	8
3.1 Meteorología loca/regional	8
4. Niveles de inmisión de SO₂	12
4.1 Niveles de inmisión de SO ₂ en los alrededores de la UA	12
4.2 Comparación de los niveles de SO ₂ con otras estaciones de la GV	13
5. Niveles de inmisión de NO₂ y O₃	16
5.1 Niveles de NO ₂	16
5.1.1 Niveles de inmisión de NO ₂ en la UA	17
5.1.2 Comparación de los niveles de NO ₂ con otras estaciones de la GV	19
5.2 Niveles de O ₃	21
5.2.1 Niveles de inmisión de O ₃ en la UA	22
5.2.2 Comparación de los niveles de O ₃ con otras estaciones de la GV	23
6. Niveles de inmisión de PM	26
6.1 Niveles de PM ₁₀ en la Universidad de Alicante	26
6.3 Comparación con los niveles de PM de las estaciones de la GV	31
7. Análisis químicos	38
7.1 Selección de muestras y análisis	38
7.2 Composición química	39
8. Conclusiones	43
9. Referencias bibliográficas	44
10. Agradecimientos	45
11. Anexos	48

1. Objetivos y antecedentes.

El principal objetivo de este informe es la continuidad de la vigilancia de la calidad del aire (inmisiones) en la Universidad de Alicante (UA) y alrededores, siguiendo con los mismos procedimientos y técnicas analíticas que los utilizados para la realización de los informes CAUA precedentes.

La estación de medida, denominada UA-CIEN, ubicada en la terraza de la Fase II de la Facultad de Ciencias, sigue siendo la estación principal de medida de contaminantes en la vigilancia de la calidad del aire en la UA.

Durante este año y dada la escasez de recursos económicos con los que ha contado el proyecto, la vigilancia se ha concentrado en el seguimiento de los niveles de partículas y de su composición química. El seguimiento de la vigilancia de los contaminantes gaseosos implicaba un mayor coste tanto por el mantenimiento y calibración de los equipos como por la mayor dedicación de personal.

Sin embargo en este informe, se incluirá los datos de las estaciones de la Generalitat valenciana que complementaran a los de la Universidad de Alicante, con énfasis en la estación de la Generalitat Valenciana GV-RABASA ubicada en el entorno de la expansión de la UA (zona de Rabasa). El análisis de los datos de dicha estación forma parte del programa de vigilancia desde 2010 cuando en funcionamiento como resultado de la Autorización Ambiental Integrada de la planta CEMEX-II, para la vigilancia de los posibles impactos de dicha planta.

Las estaciones de medida pertenecientes a la Red de Calidad del Aire de la Generalitat Valenciana de Alicante (El Pla y La Florida) se han utilizado para la interpretación de los resultados obtenidos. A diferencia de los informes anteriores, la estación de San Vicente del Raspeig no están ya operativas.

El sector industrial de la zona, una de las principales fuentes antropogénicas de emisión de contaminantes atmosféricos, ha disminuido su actividad en los últimos años debido a la crisis económica (Santacatalina *et al.*, 2012) disminuyendo así la concentración de algunos contaminantes. Aun así, la zona de estudio sigue teniendo un elevado índice de producción clinker (el cemento sí ha disminuido significativamente en los últimos años) y también una influencia cerámica que le llega directamente desde Agost, donde se encuentra la mayor concentración de industrias cerámicas de toda la comarca de L'Alacantí, que también se han

visto afectadas por la crisis. Estos dos sectores, asociados a un gran número de otras industrias dentro del sector de la construcción (canteras, hormigoneras, áridos, etc...) así como el transporte de materiales, emiten cantidades importantes de material particulado atmosférico, metales y otros contaminantes gaseosos, como el SO₂, NO_x y CO₂ entre otros. Dicha actividad, actualmente atenuada por la crisis económica, hacen indispensable el continuar con las mediciones de concentración, tanto de gases como de partículas, para la gestión y evaluación de la calidad del aire en la zona, ante la futura recuperación de la actividad industrial en la misma.

A través del vicerrectorado de campus y sostenibilidad y en el marco de Universidad Sostenible La **Universidad** y zona de aplicación del **Parque Científico** de Alicante, dan continuidad a la vigilancia de la calidad del aire en su entorno iniciada en 2003 y al *Estudio su evolución de la calidad del aire dado el entorno urbano industrial complejo y enfocándolo a facilitar la viabilidad de las nuevas actividades industriales*. Este vicerrectorado, a través de este proyecto pone a disposición del parque científico y de la comunidad universitaria toda la información tanto de calidad del aire disponible (y su actualización anual), al mismo tiempo que en el marco de la universidad sostenible mantiene apuesta por la calidad del aire para sustentar iniciativas y proyectos que incluyan la misma como un pilar básico de sostenibilidad.

Como se ha mencionado, durante este año y dada la escasez de recursos económicos que ha sido posible dedicar, la vigilancia se ha concentrado en el seguimiento de los niveles de partículas y de su composición química, mientras que los datos de contaminantes gaseosos se ha seguido a través de las estaciones de la Generalitat Valenciana.

2. Disponibilidad de datos

En este informe se presentan los datos correspondientes al periodo 1 de Enero de 2013 - 31 de Diciembre de 2013. Estos datos junto con los pertenecientes a los informes CAUA anteriores de vigilancia de la calidad del aire en la Universidad de Alicante, que empezaron en el periodo Junio 2004, dan una cobertura de medidas en la Universidad de nueve años y medio.

La ubicación de los equipos durante el 2014 ha sido la siguiente:

Universidad de Alicante

1- La masa diaria de PM_{10} de Enero a Diciembre de 2014 en UA-CIEN (equipo Digital DL77). Se han tomado muestras a lo largo del año durante dos días lo que ha permitido muestrear un total de 100 días al año y obtener 50 filtros que serán susceptibles de ser analizados en 2015 y formar parte del informe de 2015.

2-Análisis químicos en un total de 45 filtros del emplazamiento UA-CIEN del periodo Enero-diciembre de 2013.

Estaciones de la Generalitat Valenciana

Se han utilizado los datos de las estaciones de la Generalitat Valenciana ubicadas en San Vicente del Raspeig (GV-JI), en Agost (GV-AGO), y en Alicante (en la zona del Pla, GV-PLA, en la zona de La Florida, GV-FLO, y en la zona de Rabasa, GV-RAB), con las correspondientes medidas en cada una de ellas:

1. GV-JI: PM_{10} , SO_2 , O_3
2. GV-AGO: PM_{10}
3. GV-PLA: PM_{10} , SO_2 , O_3 , NO_2
4. GV-FLO: $PM_{2.5}$, SO_2 , O_3 , NO_2
5. GV-RAB: PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1 , SO_2 , O_3 , NO_2

Las estaciones GV-JI y GV-AGO son residenciales, GV-PLA y GV-FLO son comerciales y residenciales, y GV-RAB es suburbana al igual que UA-CIEN y UA-SSTTI y se encuentra en la zona de incidencia de CEMEX-II bajo los vientos del Noroeste (NO) dominantes en la zona. Hay que destacar que la estación GV-JI ubicada en San Vicente del Raspeig ha sido eliminada de la red y por tanto se presentan los últimos datos de la misma.



Figura 1: Localización de la Universidad de Alicante y zona de desarrollo del Parque Científico de Alicante. Principales actividades que pueden afectar a la calidad del aire del entorno más próximo. Ubicación de las estaciones de muestreo, tanto las pertenecientes a este proyecto (verde) como las pertenecientes a la red de vigilancia de la calidad del aire de la Generalitat Valenciana (naranja).

3. Meteorología de la zona de estudio

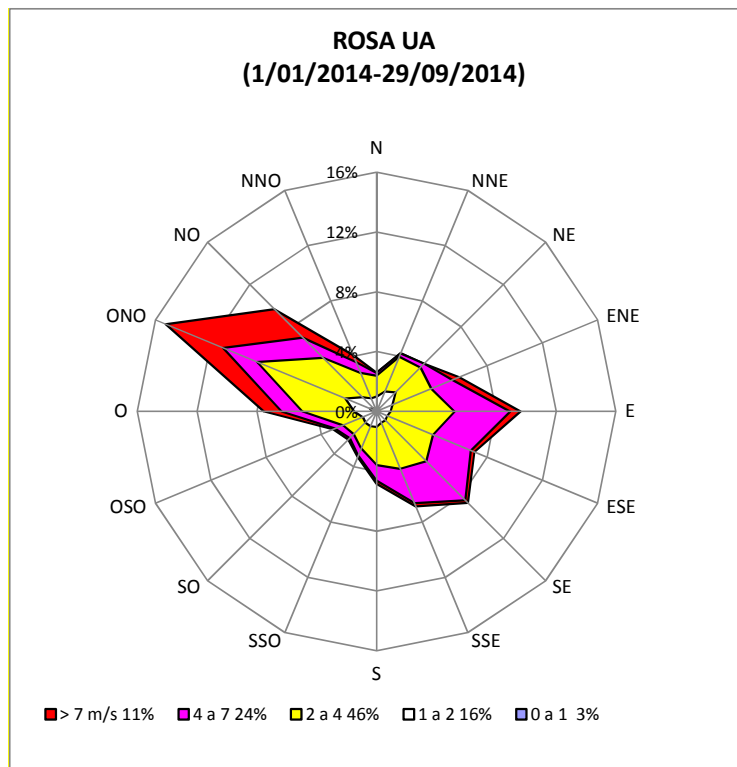
3.1 Meteorología local/regional

La meteorología de la zona ha quedado completamente definida en los informes precedentes y en un artículo de investigación (Santacatalina *et al.*, 2011). Con los datos meteorológicos recogidos en la estación de UA-CIEN durante estos años de estudio se ha visto que existen dos direcciones predominantes de los vientos, la del E-SE, brisas costeras, y las ONO-NO, advecciones atlánticas. Las brisas marinas son más frecuentes en verano, y a escala diaria se suelen dar más durante el día. Las advecciones son más frecuentes en los meses de invierno, y a escala diaria se dan más durante la noche y de madrugada. Estas dos situaciones se suelen dar a velocidades de viento elevadas. Durante todo el año tienen lugar otro tipo de situaciones meteorológicas, no tan comunes pero sí muy frecuentes, que se dan con vientos flojos: vientos

de derrame nocturno por el enfriamiento e inversión térmica (NO) y situaciones transitorias de cambio de régimen de tierra a brisa y viceversa. Todas estas situaciones han marcado el comportamiento de los contaminantes en la zona de estudio, dibujando un patrón definido para cada uno de ellos, sobre todo para el SO₂ (Santacatalina et al., 2011).

En la figura 2 se muestran las rosas de viento para el año 2014 y en las figuras 2b y 2c se presentan las rosas de viento estacionales para los años 2014. Hay que decir que en 2004 desde principios de octubre ha funcionado mal el anemómetro y no se dispone de medidas de dirección de viento. Esto puede haber sesgado los valores anuales al faltar el periodo otoñal. De forma general en las rosas de viento de 2014 se observa una distribución similar de los vientos predominantes tanto a escala anual como en las distintas estaciones del año a los años precedentes. La meteorología de la zona no se ve muy alterada con el tiempo y se mantienen los mismos patrones meteorológicos a lo largo de los años. Sin embargo al comparar la frecuencia de los vientos en cuanto a su intensidad se observa que a escala anual (figura 2a) la frecuencia de los vientos de más de 4m/s es en 2014 de 35%. Los vientos más bajos menores de 2m/s que son en los que se produce mayor concentración de contaminantes en esta zona son en 2014 de 19% . muy similares a 2013.

Figura 2a: Rosas de viento anuales de 2014 a partir de los promedios diezminutales. Entre paréntesis aparece el % asociado a cada velocidad de viento.



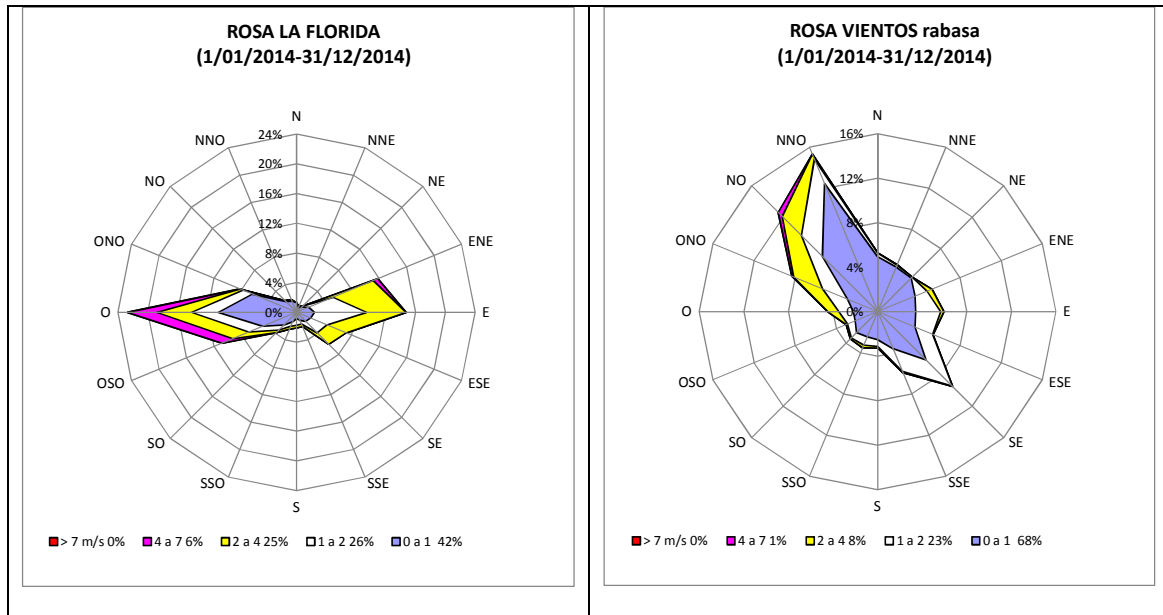


Figura 2b: Rosas de viento anuales de 2014 a partir de los promedios horarios en las estaciones de la florida y Rabasa. Entre paréntesis aparece el % asociado a cada velocidad de viento.

En las rosas de las figuras 2b correspondientes a las estaciones urbanas de la red de calidad del aire de la GV se observa el efecto que la estructura urbana tiene en la modificación de los vientos. La estación de la florida se encuentra en una calle con disposición este-oeste mientras que en la de Rabasa están más apantallados los vientos del este y los del NO entran con más componente norte.

A escala estacional, figura 2c, es en la estación de invierno domina la circulación del NW y vientos más fuertes. Esta circulación baja en primavera y en verano queda reducida a vientos flojos nocturnos de tierra a la mar. En verano, son los vientos del E los que tienen mucha relevancia aunque no alcanzan velocidades tan altas.

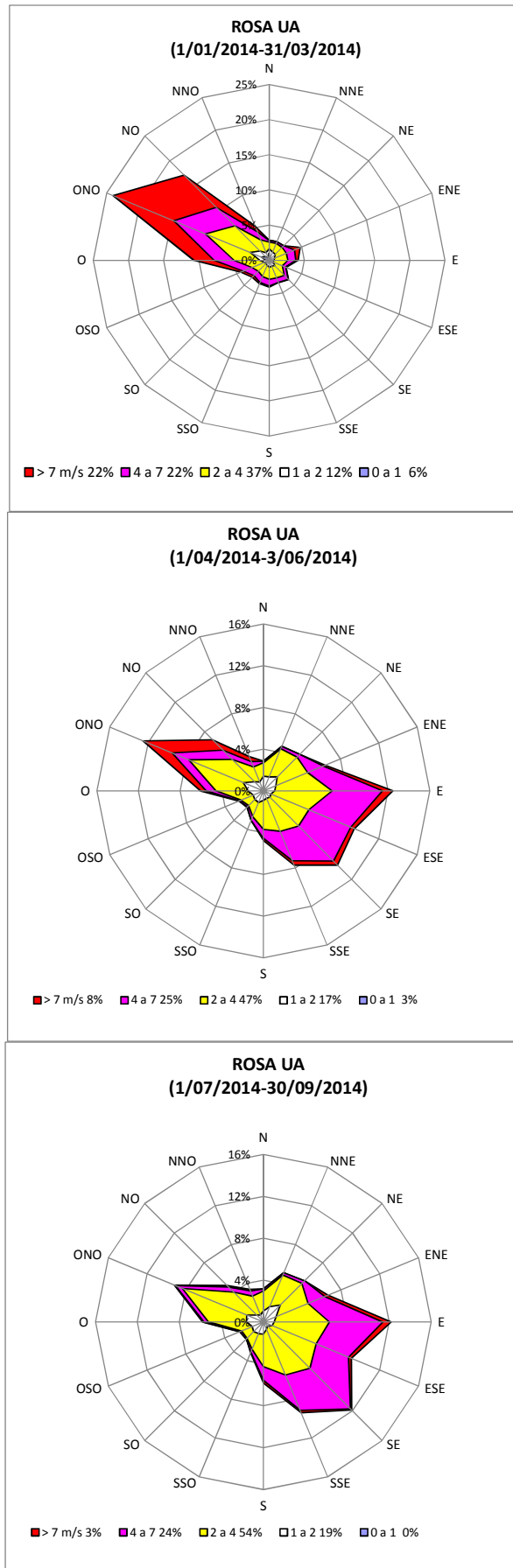


Figura 2b: Rosas de viento estacionales de 2014 a partir de los promedios horarios en UA-CIEN.

4. Niveles de inmisión de SO₂

4.1 Niveles de inmisión de SO₂ en los alrededores de la UA

El SO₂ ya no es un contaminante crítico en la zona de estudio, desde el cierre de una de las plantas de fabricación de cemento en 2008. El promedio anual de SO₂ en todas las estaciones de medida de la zona no supera los 3 µg/m³, y además, en estos últimos años no ha habido ninguna superación horaria ni diaria en ninguna de las estaciones de medida. El límite horario es de 350 µg/m³, que no puede superarse en más de 24 ocasiones al año, y el límite diario es de 125 µg/m³, que no puede superarse en más de 3 ocasiones al año. Se está muy alejado de incumplir esos valores límite. Desde 2010, el seguimiento del SO₂ se lleva a cabo mediante la estación de GV-RAB, ubicada en las proximidades de la Universidad de Alicante, características similares a las de UA-CIEN, y que se encuentra bajo la incidencia del foco de CEMEX-II, con el viento del NO dominante en la zona. Los resultados que se obtuvieron en 2010 muestran que estas dos estaciones son similares y no es necesario hacer un seguimiento doble.

Tabla 1: Parámetros estadísticos de SO₂ en la estación de GV-RAB en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE SO2	
ESTACION DE MEDIDA	GV-RABASA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	8445
% Anual	96
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	315
% Anual	4
PROMEDIO	2
STDS	1
MEDIANA	2
PERCENTIL 25	1
PERCENTIL 75	3
PERCENTIL 95	3
PERCENTIL 98	3
PERCENTIL 90.4	3
MÍNIMO	0
MÁXIMO	18
nº DE HORAS >125	0

4.2 Comparación de los niveles de SO₂ con otras estaciones de la GV

Los niveles promedio de SO₂ han estado alrededor de los 2-3 µg/m³ anuales y no ha habido ni superaciones diarias ni horarias. A continuación se muestran unas tablas con los valores estadísticos de las estaciones de Alicante GV-PLA y GV-FLO.

Los valores son los esperados según lo que se ha comentado anteriormente. En este caso las dos estaciones tienen un porcentaje de cobertura alto, prácticamente cubren todo un año de medidas. Los niveles promedio son menores de 3 µg/m³, los valores de los percentiles no superan los 15 µg/m³ y no ha habido ni superaciones diarias ni horarias.

Tabla 2: Parámetros estadísticos de SO₂ en la estación de GV-PLA en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE SO2	
ESTACION DE MEDIDA	GV-FLORIDA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	7152
% Anual	82
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	1608
% Anual	18
PROMEDIO	3
STDS	2
MEDIANA	3
PERCENTIL 25	1
PERCENTIL 75	3
PERCENTIL 95	5
PERCENTIL 98	7
PERCENTIL 90.4	4
MÍNIMO	0
MÁXIMO	88
nº DE HORAS >125	0

Tabla 3: Parámetros estadísticos de SO₂ en la estación de GV-FLO en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE SO2	
ESTACION DE MEDIDA	GV-PLA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	5902
% Anual	67
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	2858
% Anual	33
PROMEDIO	3
STDS	4
MEDIANA	2
PERCENTIL 25	1
PERCENTIL 75	3
PERCENTIL 95	10
PERCENTIL 98	15
PERCENTIL 90.4	6
MÍNIMO	0
MÁXIMO	52
nº DE HORAS >125	0

En la figura 3 se ve la evolución de las medias diarias a los largo de 2014 en las estaciones del estudio. Puede verse como el comportamiento de los niveles es muy similar en las tres estaciones.

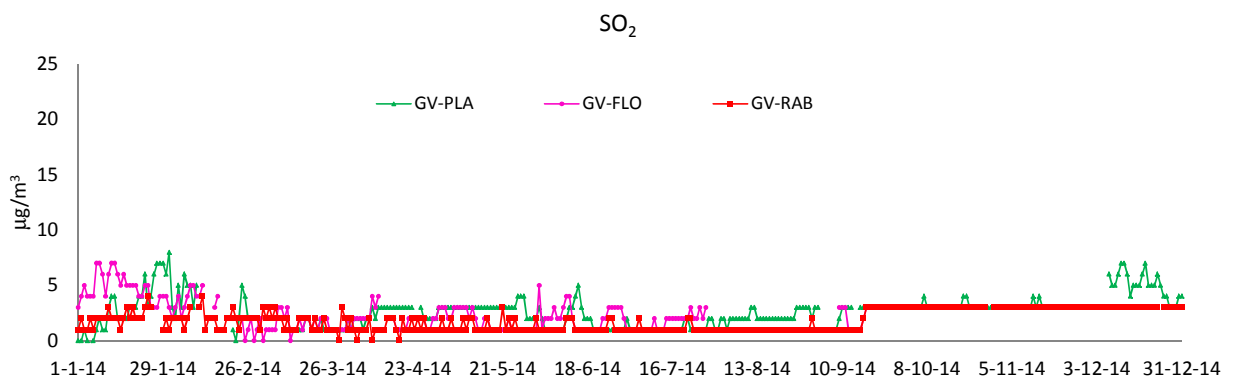


Figura 3. Evolución de los niveles diarios de SO₂ en las estaciones del entorno de la universidad de Alicante y de la ciudad de Alicante durante 2014.

En la figura 4 la comparación estadística entre las cuatro estaciones durante 2014.

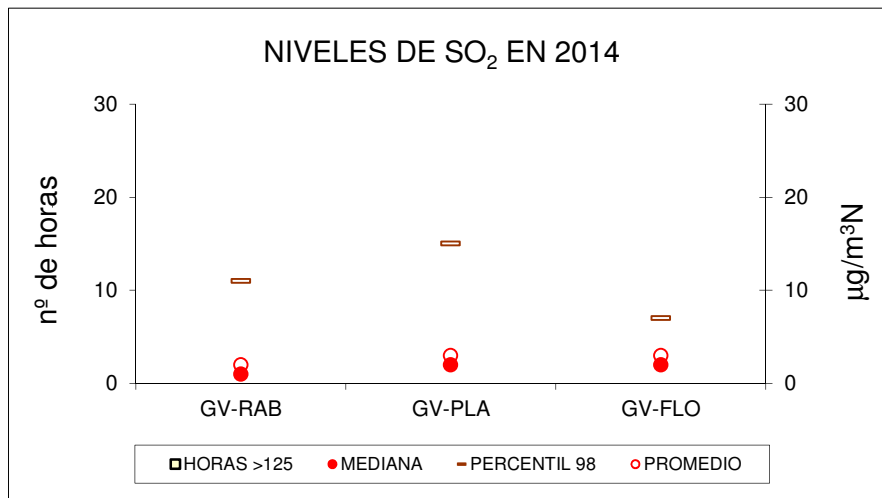


Figura 4. Comparación estadística entre las estaciones del entorno de la universidad de Alicante y de la ciudad de Alicante durante 2014.

En la figura 5a se representan las gráficas de barras del SO₂ en la estación de UA-CIEN en los años en los que hubo medidas (2005-2010), y en la estación GV-RAB a partir de 2010, como sustituta de UA-CIEN. En las figuras 5b las de las estaciones con las que se compara. En todas ellas se puede observar la bajada de niveles desde 2008.

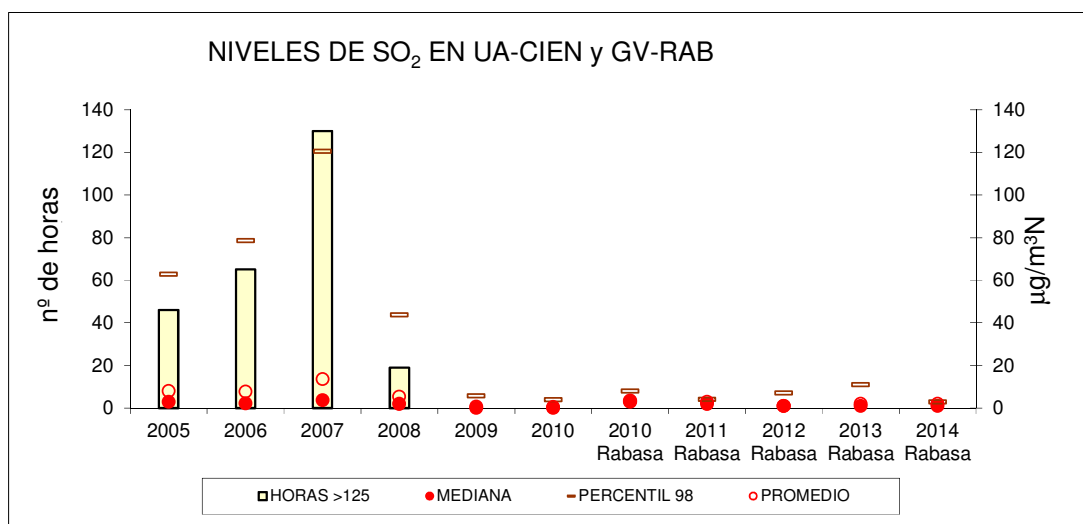


Figura 5a: Gráfica de barras de los niveles de concentración de SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) desde 2005 a 2010 en la estación UA-CIEN y desde 2010 a 2014 en la estación GV-RAB. Se representa el promedio (horario), el percentil 50 (mediana), el percentil 98 y las horas mayores de 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

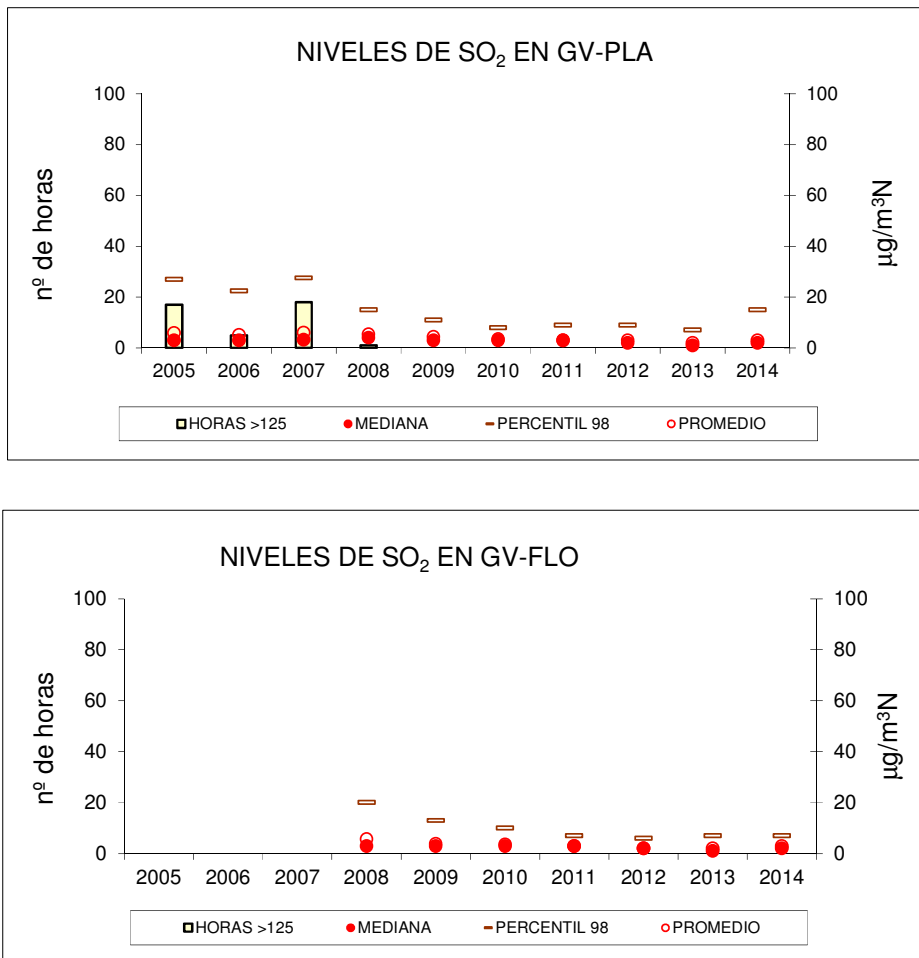


Figura 5b: Gráficas de barras de los niveles de concentración de SO₂ (µg/m³) en 2014 en las distintas estaciones de medida (figura arriba), variación de los niveles desde 2005 hasta 2014 (dependiendo de los casos) en las diferentes estaciones de medida (figuras abajo). Se representa el promedio (horario), el percentil 50 (mediana), el percentil 98 y las horas mayores de 125 µg/m³.

5. Niveles de inmisión de NO₂ y O₃

5.1 Niveles de NO₂

El NO₂ es un potencial contaminante atmosférico que está directamente ligado con los procesos de combustión, principalmente se relaciona con la fuente tráfico (Shon and Kim, 2011).

Según la normativa vigente los valores límites horarios y anuales, expresados a 20°C y 1 atm, para la protección de la salud humana son de 200 µg/m³ el límite horario, que no podrá superarse en más de 18 ocasiones al año y de 40 µg/m³ el valor límite anual.

La gestión para disminuir los niveles de inmisión de este contaminante presenta una especial dificultad, pese a las mejoras tecnológicas, por el incremento del parque móvil, de su concentración en las aglomeraciones urbanas y áreas metropolitanas y una movilidad basada en el vehículo privado. El área de L'Alacantí tiene un fuerte crecimiento urbano en este sentido y es susceptible de tener un incremento de niveles.

En la zona de estudio los niveles son más bajos que en los núcleos urbanos pero aun así el NO₂ es un contaminante que hay que vigilar puesto que es un precursor de O₃ y fotooxidantes y sus niveles deben mejorarse.

5.1.1 Niveles de inmisión de NO₂ en la UA-ESTACION DE RABASA-

Como se ha indicado en los objetivos y metodología, no se han medido los gases en la estación de UA-CIEN. Al igual que en el caso del SO₂ las medidas de la estación de Rabasa se consideran como un buen indicador de los niveles en la Universidad. Desde 2010 se viene midiendo simultáneamente en ambas estaciones y los niveles de la estación UA-CIEN estaban ligeramente por debajo: 13 µg/m³ frente a 15 µg/m³ en 2012.

En 2014 la estación de GV-RABASA no hay superaciones horarias de más de 200 µg/m³ y el valor promedio no supera los 20 µg/m³ (17 µg/m³).

Tabla 4: Parámetros estadísticos de NO₂ en la estación de GV-RAB en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE NO2	
ESTACION DE MEDIDA	GV-RABASA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	8440
% Anual	96
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	320
% Anual	4
PROMEDIO	13
STDS	12
MEDIANA	8
PERCENTIL 25	4
PERCENTIL 75	17
PERCENTIL 95	38
PERCENTIL 98	49
PERCENTIL 90.4	30
MÍNIMO	0
MÁXIMO	106
nº DE HORAS >200	0

Tabla 5: Parámetros estadísticos de NO₂ en la estación de GV-PLA en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE NO2	
ESTACION DE MEDIDA	GV-PLA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	7334
% Anual	84
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	1426
% Anual	16
PROMEDIO	26
STDS	26
MEDIANA	17
PERCENTIL 25	9
PERCENTIL 75	33
PERCENTIL 95	77
PERCENTIL 98	102
PERCENTIL 90.4	59
MÍNIMO	0
MÁXIMO	266
nº DE HORAS >200	7

Tabla 6: Parámetros estadísticos de NO₂ en la estación de GV-FLO en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE NO2	
ESTACION DE MEDIDA	GV-FLORIDA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	6608
% Anual	75
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	2152
% Anual	25
PROMEDIO	28
STDS	25
MEDIANA	20
PERCENTIL 25	9
PERCENTIL 75	40
PERCENTIL 95	79
PERCENTIL 98	99
PERCENTIL 90.4	65
MÍNIMO	0
MÁXIMO	188
nº DE HORAS >200	0

5.1.2 Comparación de los niveles de NO₂ con otras estaciones de la GV

Comparando con dos de las estaciones urbanas de Alicante, (El Pla y La Florida), donde los niveles de inmisión de NO₂ se presuponen más elevados que en la estación de la Universidad, ya que estas dos estaciones son de fondo urbano y la influencia del tráfico afecta directamente a los niveles de NO₂, y sí se observan niveles superiores en la comparación de los parámetros estadísticos obtenidos.

El promedio anual en la estación de GV-PLA es de 26 µg/m³ y en la de La Florida de 28 µg/m³. Destaca la similitud de los promedios al igual que el resto de los estadísticos pese a que en la estación de Florida sólo tiene el 75% de las medidas (faltan las de los meses fríos que suelen tener niveles más altos). El límite para el promedio anual es de 40 µg/m³, y como se puede observar no se supera en ninguna de las estaciones. Estos valores son muy similares al año 2013 y ligeramente más bajos en la estación de Rabasa. Ello podría ser atribuido al menor uso de vehículos por el uso de la línea de Tram de la universidad. Es uno de los contaminantes a tener en cuenta en la vigilancia de la calidad del aire en el futuro próximo aunque no se sobrepasen los niveles, puesto que una vez que se recupere la actividad económica en la zona el tráfico rodado puede ir en aumento y ambas fuentes pueden influir en el aumento de la concentración en aire de óxidos de nitrógeno.

En la figura 7 se representan los valores promedio diarios de NO₂ en 2014 de las estaciones de El Pla, La Florida y Rabasa. En la estación de La Florida no hay datos a partir de julio. Por norma general en los meses de invierno los niveles suelen ser más elevados debido tanto a una posible mayor actividad de tráfico rodado como a las fuentes de calefacción y sobre todo a una menor dispersión atmosférica por el mayor número de días de estabilidad atmosférica. En verano los niveles suelen disminuir debido a la disminución del tráfico y a la dispersión que el régimen de brisas impone. Estos patrones de comportamiento se pueden observar en todas las estaciones. Sin embargo en las urbanas de GV-PLA y GV-FLO los niveles en verano se asemejan a los de invierno por que la actividad en verano no desciende.

En Rabasa y por tanto también en la Universidad los niveles son más bajos por la dispersión y por presentar menor carácter urbano. Los niveles ligeramente más bajos que en 2013 podría atribuirse a la bajada en el uso de coche como medio de acceso a la UA por la puesta en marcha del TRAM en septiembre de 2013.

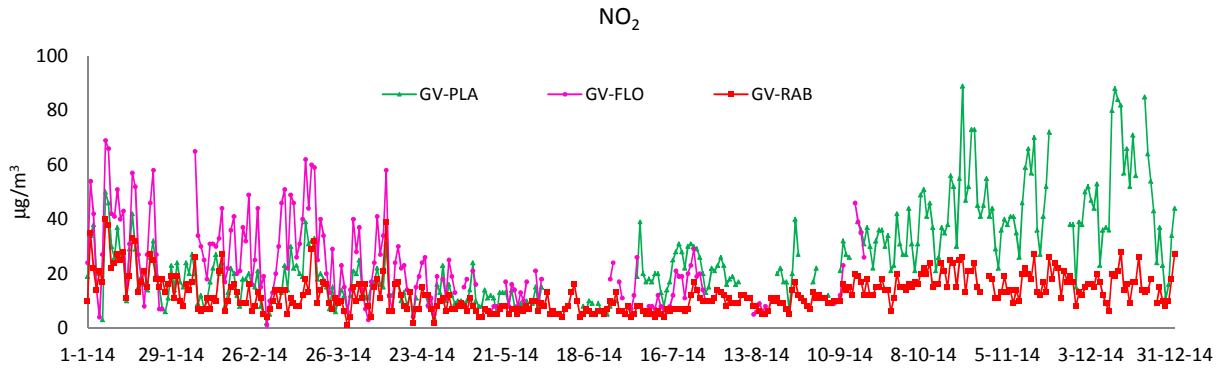
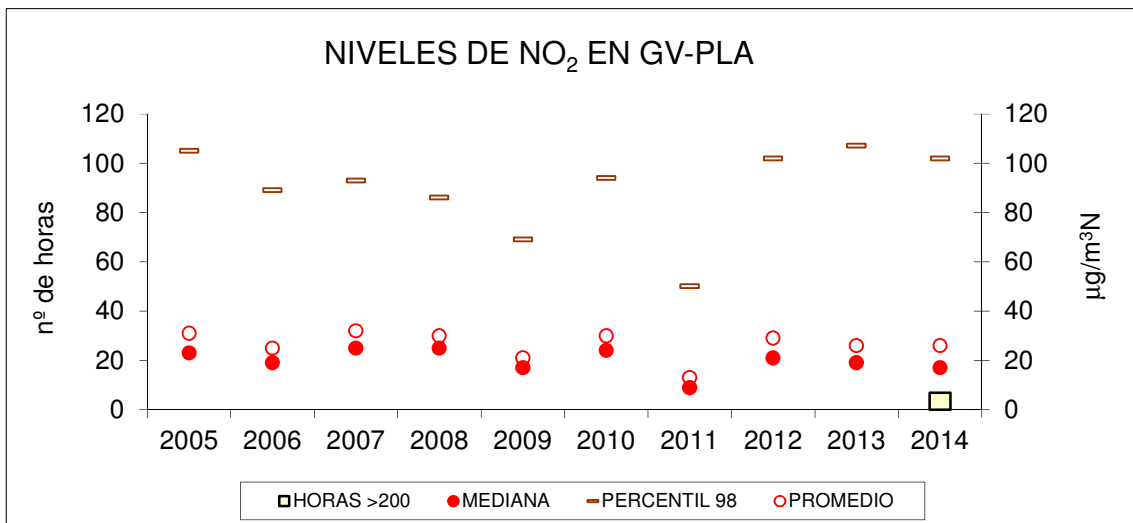
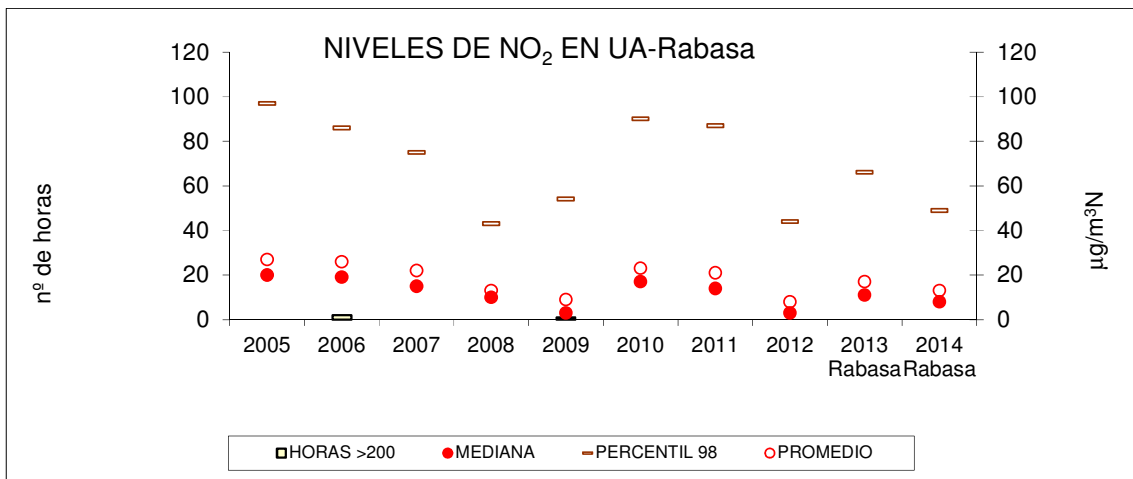


Figura 6: Niveles diarios de concentración de NO₂ (µg/m³) en las 3 estaciones de medida.

Se observa en general una estabilidad de los niveles promedio de en torno a 25µg/m³ o ligeramente por debajo. Hay años con valores excepcionalmente bajos que normalmente coinciden con ausencia de datos durante el invierno donde los niveles son más elevados.



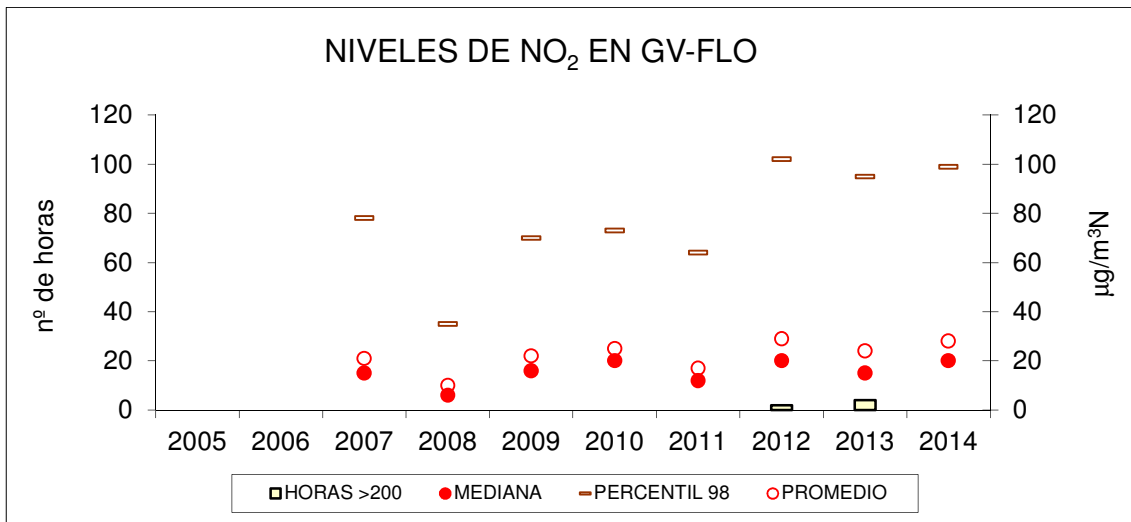


Figura 7: Gráficas de barras de los niveles de concentración de NO₂ (µg/m³) y su variación de los niveles desde 2005 hasta 2014 en las diferentes estaciones de medida. Se representa el promedio (horario), el percentil 50 (mediana), el percentil 98 y las horas mayores de 200 µg/m³.

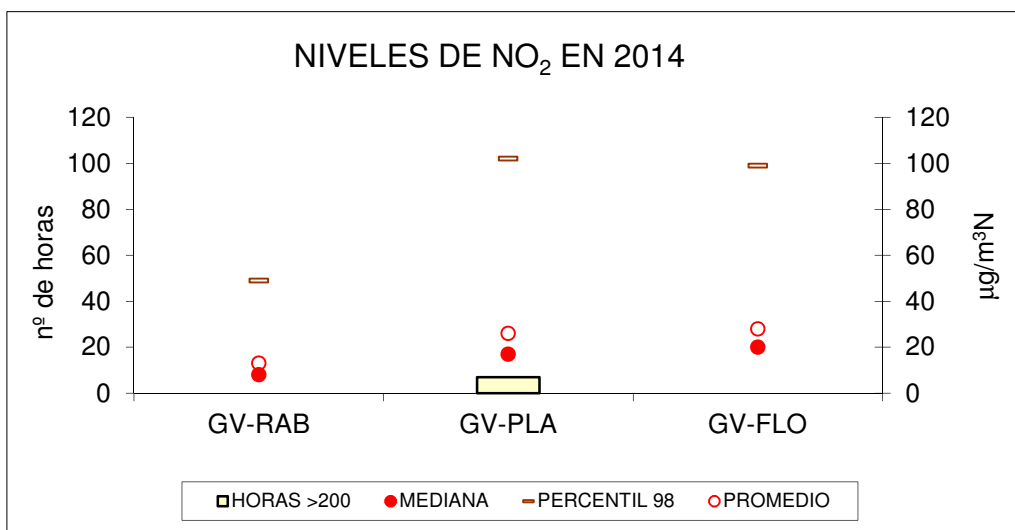


Figura 8: Gráficas de barras de los niveles de concentración de NO₂ (µg/m³) en 2014 en la estación de la UA-RABASA y en las de la ciudad de Alicante.

5.2 Niveles de O₃

El ozono (O₃) es un contaminante que posee gran poder oxidante y debido a los procesos fotoquímicos que transcurren en áreas urbanas industrializadas los niveles de ozono pueden aumentar significativamente, alcanzándose niveles a partir de los cuales se pueden originar efectos sobre los seres vivos y los materiales. Es un contaminante secundario, puesto que se

forma en la troposfera por acción de la luz solar sobre los gases considerados sus precursores, siendo los más importantes los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COV) y el metano (CH_4) (Gimeno *et al.*, 1999).

Según la normativa el máximo de las medias octohorarias del día no puede superar los $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y este valor no podrá superarse más de 25 días por cada año civil de promedio en un periodo de 3 años. El umbral de información para alertar a la población es de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a la hora. El primer límite o valor objetivo requiere de un seguimiento plurianual para ser evaluado. El umbral de información sí se evalúa a corto plazo y de hecho en la época sensible (mayo-septiembre) existe un programa de la Generalitat Valenciana que alerta de posibles días y zonas en los que se supere dicho umbral (Previozono, <http://www.cma.gva.es/ftp/ozono/html/index.html>).

5.2.1 Niveles de inmisión de O_3 en la UA-ESTACION DE RABASA-

Como se ha indicado en los objetivos y metodología, no se han medido los gases en la estación de UA-CIEN. Al igual que en el caso del SO_2 , y NO_2 las medidas de la estación de Rabasa se consideran como un buen indicador de los niveles en la universidad. Desde 2010 se viene midiendo simultáneamente en ambas estaciones y los niveles promedio de O_3 de la estación UA-CIEN han sido muy similares a los de la estación de rabasa o ligeramente inferiores (figura 9).

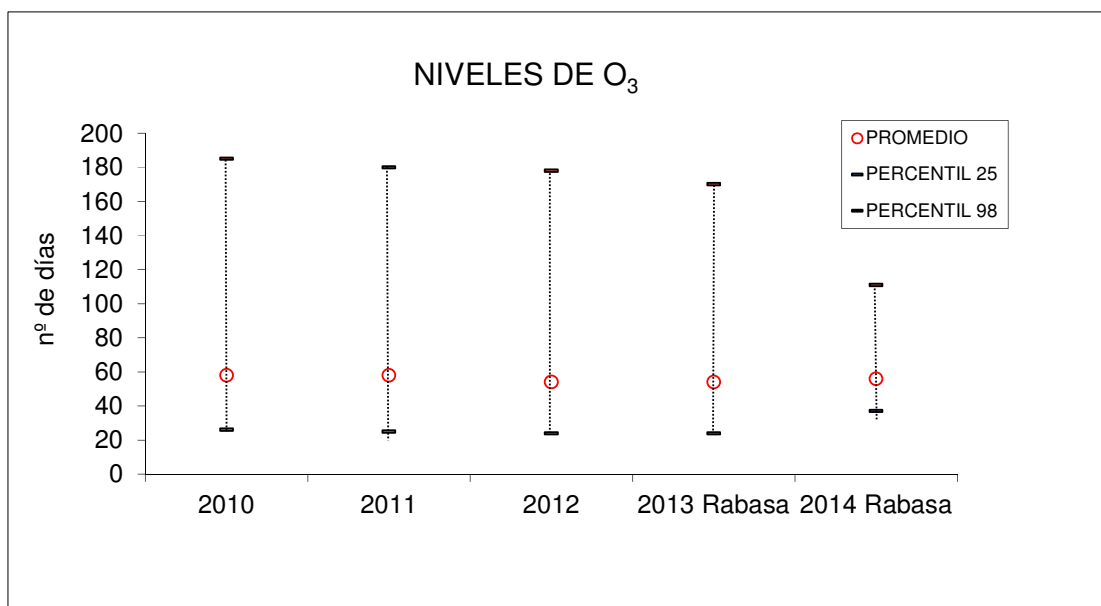


Figura 9. Valores promedio de O_3 entre la estación de la UA-CIEN y la estación de Rabasa (GV-RAB) desde 2010.

En la tabla 7 están los estadísticos generales de la estación de Rabasa para el año 2014. Dichos niveles que se considera representan bien los niveles de ozono en la universidad de Alicante tienen unos valores promedio horarios intermedios, por debajo de los niveles normativos. Las superaciones del límite 120 del promedio octohorario son muy inferiores a las 25 del límite.

Tabla 7: Parámetros estadísticos de O₃ en la estación de GV-RAB en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE O3	
ESTACION DE MEDIDA	GV-RABASA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	8663
% Anual	99
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	97
% Anual	1
PROMEDIO	56
STDS	27
MEDIANA	58
PERCENTIL 25	37
PERCENTIL 75	75
PERCENTIL 95	100
PERCENTIL 98	111
PERCENTIL 90.4	90
MÍNIMO	1
MÁXIMO	154
nº DE MEDIAS 8HORAS >120	6

5.2.2 Comparación de los niveles de O₃ con otras estaciones de la GV

Si se comparan estos niveles con los niveles obtenidos en otras estaciones de la Generalitat Valenciana (Anexo III) se puede observar que los niveles más elevados de ozono y mayor número de días con superaciones octohorarias de 120 µg/m³ (entre paréntesis) se dan en estaciones que están localizadas en zonas rurales del interior de la Comunidad Valenciana, como Morella (40), en Castellón, Ontinyent (65) en Valencia y en Alicante, en Benidorm (20) y en Pinòs (45). En 2014 no ha habido ninguna estación con superaciones horarias de 180 µg/m³.

Los parámetros estadísticos de las estaciones del entorno de la universidad GV-PLA y GV-FLO se presentan a continuación, para compararlos con los de GV-Rabasa. El promedio anual está alrededor de 50 µg/m³ en las tres estaciones de la Generalitat. No hay superaciones horarias del valor umbral de 180 µg/m³. Los percentiles se mueven en los mismos rangos al igual que los valores máximos y mínimos horarios.

Tabla 8: Parámetros estadísticos de O₃ en la estación de GV-PLA en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE O3	
ESTACION DE MEDIDA	GV-PLA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	8423
% Anual	96
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	337
% Anual	4
PROMEDIO	57
STDS	29
MEDIANA	60
PERCENTIL 25	37
PERCENTIL 75	78
PERCENTIL 95	102
PERCENTIL 98	111
PERCENTIL 90.4	94
MÍNIMO	0
MÁXIMO	136
nº de DIAS con PROMEDIO 8H >120	2

Tabla 9: Parámetros estadísticos de O₃ en la estación de GV-FLO en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE O3	
ESTACION DE MEDIDA	GV-FLORIDA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	8643
% Anual	99
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	117
% Anual	1
PROMEDIO	54
STDS	28
MEDIANA	58
PERCENTIL 25	32
PERCENTIL 75	75
PERCENTIL 95	97
PERCENTIL 98	105
PERCENTIL 90.4	90
MÍNIMO	1
MÁXIMO	127
nº de DIAS con PROMEDIO 8H >120	0

Comparando los promedios diarios de todas las estaciones mencionadas en este apartado se puede observar en la figura 10 que los niveles en invierno son más bajos que en verano por la menor radiación y menor formación. En los meses de verano la concentración de los niveles de ozono aumenta considerablemente, como consecuencia del incremento de las horas de sol y mayor formación fotoquímica. Todas las estaciones siguen un mismo patrón a lo largo del año, con valores similares. Se puede observar también que en invierno, en las estaciones urbanas GV-PLA y GV-FLO donde los niveles de óxidos de nitrógeno detectados son mayores que en las demás estaciones, la concentración de ozono es menor, debido a la oxidación de mayores cantidades de monóxido de nitrógeno para formar dióxido de nitrógeno: $\text{NO} + \text{O}_3 \Rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$.

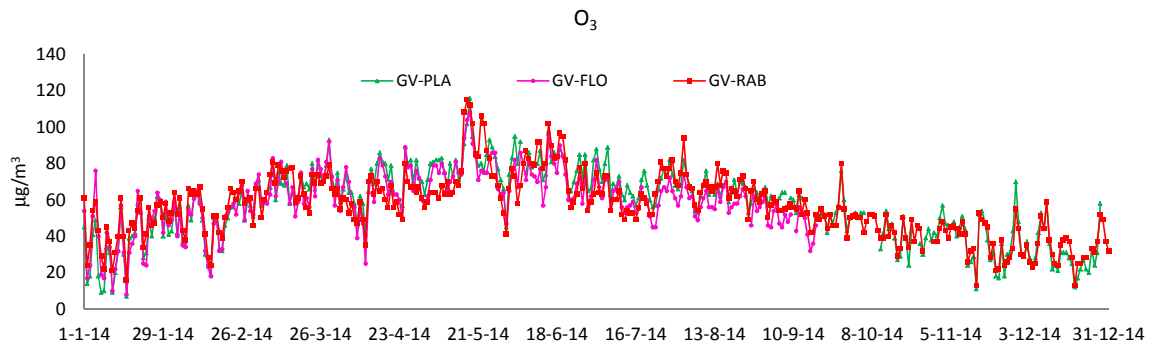


Figura 10: Niveles diarios de concentración de O₃ (µg/m³) en las 3 estaciones de medida.

6. Niveles de inmisión de PM

6.1 Niveles de PM₁₀ en la Universidad de Alicante

Otro de los principales contaminantes atmosféricos de gran relevancia en la zona de estudio es el material particulado. Se hace siempre más énfasis en la fracción gruesa de las partículas (PM₁₀) que en la fina (PM_{2,5}) ya que hasta el momento esta ha sido la fracción regulada por la normativa. Además de eso, en la fracción gruesa de las partículas se engloban una gran cantidad de compuestos que proceden de la fuente mineral y la fuente cementera, fuentes de emisión relevantes en la zona de estudio. En la Directiva 2008/50/CE se incorporó una nueva regulación para los niveles de concentración de PM_{2,5}.

Según la normativa vigente, el valor límite diario para PM₁₀ es de 50 µg/m³, que no puede superarse más de 35 veces al año. El valor límite anual para PM₁₀ es de 40 µg/m³. El límite anual para PM_{2,5} está en 25 µg/m³, si bien este valor ira descendiendo paulatinamente hasta 20 µg/m³ en 2020 (RD 102/2011). Por otra parte y a modo orientativo puesto que aparecen periódicamente informes sobre los rankings mundiales de calidad del aire respecto a los niveles de PM10 y PM2.5 recomendados por la OMS para no causar efectos en la salud humana., diremos que estos están en la mitad de los límites normativos 20 y 10 µg/m³, respectivamente.

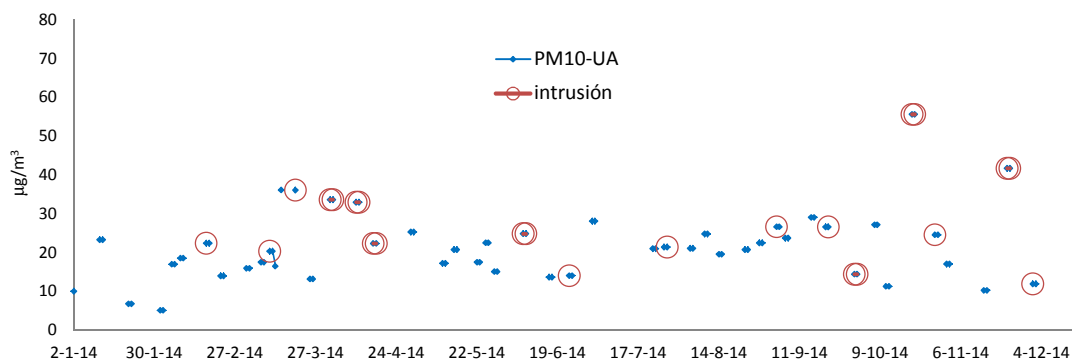


Figura 11: Niveles diarios de concentración de PM₁₀ (µg/m³) en la estación de UA-CIEN en 2014. En naranja aparecen marcados los días de intrusión sahariana.

En la estación de UA-CIEN se han tomado datos de PM₁₀ durante todo el año 2014. El muestreo ha sido aproximadamente semanal, aunque se han tomado muestras durante dos días para aumentar la representatividad de los resultados. Los niveles diarios se representan

en la figura 11, junto con los días de intrusión en 2014 y los parámetros estadísticos se presentan a continuación en la tabla 10.

Tabla 10: Parámetros estadísticos de PM₁₀ en la estación de UA-CIEN en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE PARTICULAS <10µm	
ESTACION DE MEDIDA	UA-CIEN
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	99
% Anual	27
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	267
% Anual	73
PROMEDIO	21
STDS	9
MEDIANA	21
PERCENTIL 25	14
PERCENTIL 75	25
PERCENTIL 95	36
PERCENTIL 98	42
PERCENTIL 90.4	31
MÍNIMO	5
MÁXIMO	56
nº DE DÍAS >50 (25 para PM2.5)	2

La cobertura en la estación de la Universidad ha sido del 27%. El promedio está por debajo de los límites normativos, no se ha sobrepasado en ninguna ocasión el nivel los 50 µg/m³ diarios ni siquiera en los días de intrusión o días próximos a la intrusión. Ha habido 70 días de intrusión durante el 2014 aunque debido al muestro de un tercio de los días solo 23 de los días muestreados corresponden a días de intrusión, lo que coincide con la proporción anual.

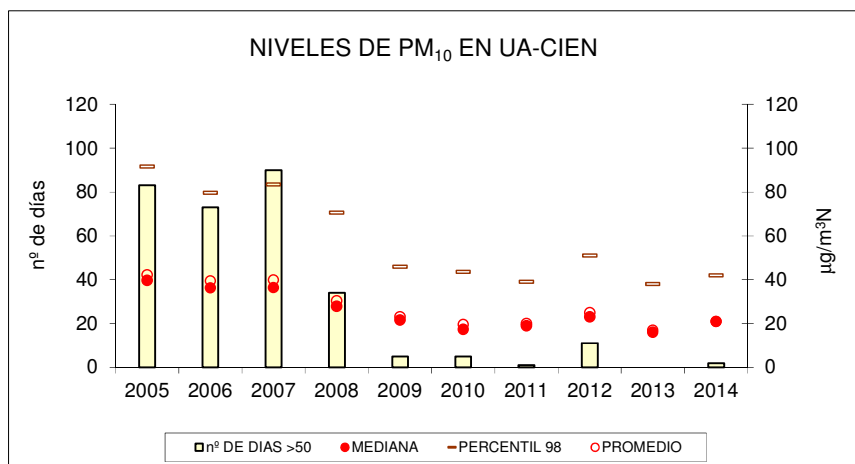


Figura 12: Evolución de promedios anuales y otros estadísticos de PM₁₀ (µg/m³) de la estación UA-CIEN desde 2005.

La evolución desde 2005 se muestra en la figura 12.

En la estación más cercana, considerada para otros parámetros de la calidad del aire en la UA, estación de RABASA (GV-RAB) se miden los niveles de partículas en continuo mediante un espectrómetro GRIMM. Esta técnica permite obtener los niveles de partículas en cortos periodos de tiempo y también diferenciar el tamaño de partícula. Por ello esta estación proporciona los datos de PM10 y también de PM2.5 en las inmediaciones de la UA. Sin embargo en esta estación no se recolectan físicamente las partículas por lo que no se puede realizar el análisis químico de las mismas. De esta forma esta estación y la de la universidad (UA-CIEN) se complementan. La tabla 11 presenta los estadísticos de PM10 de la estación de Rabasa y la figura 13 representa las series de niveles diarios de PM10 en las dos estaciones en 2014.

Tabla 11: Parámetros estadísticos de PM₁₀ en la estación de GV-RABASA en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE PM10	
ESTACION DE MEDIDA	GV-RABASA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	363
% Anual	99
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	3
% Anual	1
PROMEDIO	12
STDS	6
MEDIANA	11
PERCENTIL 25	8
PERCENTIL 75	15
PERCENTIL 95	24
PERCENTIL 98	28
PERCENTIL 90.4	21
MÍNIMO	2
MÁXIMO	63
nº DE MEDIAS 8HORAS >120	1

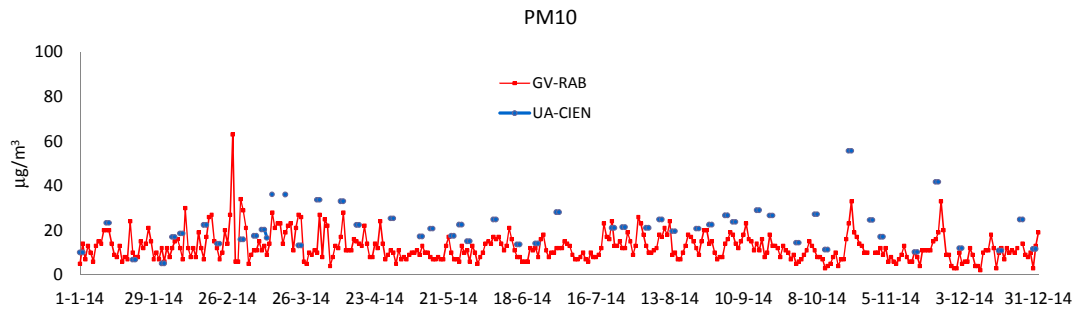


Figura 13: Comparación de los niveles diarios de PM₁₀ (µg/m³) de la estación UA-CIEN con la estación GV-RAB durante 2013.

En 2014, las diferencias en PM₁₀ entre la estación de UA-CIEN y la GV-RAB son del orden de 9 µg/m³ (promedio anual de 21 µg/m³ en UA-CIEN y de 12 µg/m³ en GV-RAB). Si se comparan la evolución anual de los niveles diarios de PM₁₀ de estas dos estaciones se puede observar que la tendencia a lo largo del año es la misma, aunque la estación de UA-CIEN tiene unos valores claramente por encima de la de Rabasa, posiblemente debido a la diferencia en los equipos de medida. Esta diferencia que era mínima en 2010 y 2011 ha aumentado con respecto a la observada en 2013 en que era de 5µg/m³. En la figura 14 puede verse la evolución descendente desde 2010 en la estación de Rabasa que no se observa en la UA-CIEN. Sería aconsejable realizar alguna inter-calibración de ambos equipos.

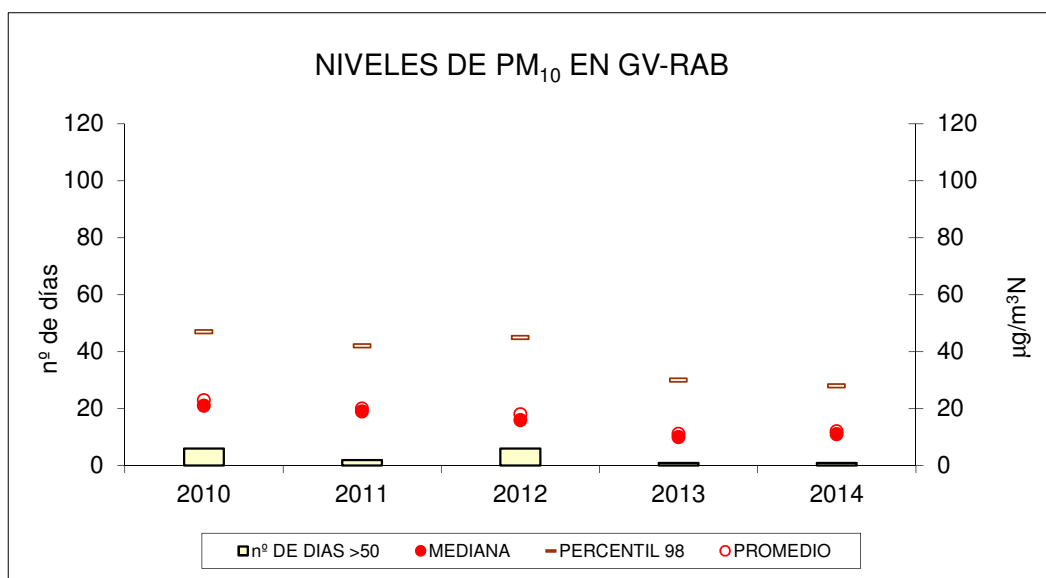


Figura 14: Evolución de promedios anuales y otros estadísticos de PM₁₀ (µg/m³) de la estación GV-RAB desde 2010.

En la estación de Rabasa también se miden PM_{2.5}, cuyos niveles también están regulados por la normativa y concretamente no han de superar los 25µg/m³ como promedio anual ni superar más de 25 veces el valor crítico de 25µg/m³. La tabla 12 presenta los estadísticos correspondientes.

Tabla 12: Parámetros estadísticos de PM_{2.5} en la estación de GV-RABASA en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE PM2.5	
ESTACION DE MEDIDA	GV-RABASA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	363
% Anual	99
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	3
% Anual	1
PROMEDIO	6
STDS	3
MEDIANA	5
PERCENTIL 25	4
PERCENTIL 75	8
PERCENTIL 95	13
PERCENTIL 98	14
PERCENTIL 90.4	11
MÍNIMO	1
MÁXIMO	18
nº DE DÍAS >50 (25 para PM2.5)	0

El nivel promedio de PM_{2.5} en la estación de Rabasa es de 6 µg/m³ cuyo valor está muy por debajo de los límites normativos e incluso de los valores recomendados por la OMS para que no se detecten incidencias hospitalarias. Sólo en dos días se supera el valor de 25µg/m³ de los 25 anuales que permite la legislación. En la sección siguiente compararemos estos niveles con los del resto de estaciones del entorno de la universidad. La evolución de los niveles de PM_{2.5} en esta estación ha sufrido un descenso desde 2010 paralelo al registrado en PM₁₀. Este descenso no se observa en el resto de estaciones de la zona, como veremos en el siguiente apartado, por tanto consideramos que esta reducción se debe al sistema de medida que ha sufrido una deriva y necesitaría ser recalibrado frente a la técnica estándar que utilizan el resto de estaciones.

6.3 Comparación con los niveles de PM de las estaciones de la GV

6.3.1 PM10

Si comparamos los niveles de PM₁₀ de la estación UA-CIEN con los de las otras estaciones de la Generalitat Valenciana se puede observar como la tendencia ha sido la misma dentro de este último año y en la misma línea que los años anteriores. Los valores estadísticos de estas estaciones de medida se presentan en las tablas 13 y 14.

Los niveles promedio diarios en las estaciones de Agost y Alicante son ligeramente superiores a los de la Universidad y Rabasa debido al mayor carácter urbano de éstas. Este carácter urbano, mayor nivel de contaminación, se veía reflejado de la misma forma en los niveles de NO₂. No ha habido mucha variación de una estación a otra. En la figura 15 se aprecia perfectamente esa similitud entre los valores.

Tabla 13: Parámetros estadísticos de PM₁₀ en la estación de GV-AGO en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE PM10	
ESTACION DE MEDIDA	GV-AGOST
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	168
% Anual	46
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	197
% Anual	54
PROMEDIO	22
STDS	9
MEDIANA	20
PERCENTIL 25	16
PERCENTIL 75	25
PERCENTIL 95	34
PERCENTIL 98	47
PERCENTIL 90.4	31
MÍNIMO	3
MÁXIMO	75
nº DE MEDIAS 8HORAS >120	4

Tabla 14: Parámetros estadísticos de PM₁₀ en la estación de GV-PLA en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE PM10	
ESTACION DE MEDIDA	GV-PLA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	317
% Anual	87
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	49
% Anual	13
PROMEDIO	23
STDS	9
MEDIANA	23
PERCENTIL 25	18
PERCENTIL 75	28
PERCENTIL 95	40
PERCENTIL 98	44
PERCENTIL 90.4	36
MÍNIMO	4
MÁXIMO	69
nº DE DÍAS >50 (25 para PM2.5)	4

Los niveles de partículas en la zona de estudio no superan los límites normativos en 2014, pero los datos previos de la zona de estudio respecto a los niveles elevados hacen que este sea un contaminante a tener en cuenta en la evaluación y gestión de la calidad del aire en la zona de estudio para que la recuperación la actividad industrial no nos retrotraiga a una menor calidad del aire y implanten las medidas del plan de gestión relacionadas con las emisiones de material particulado.

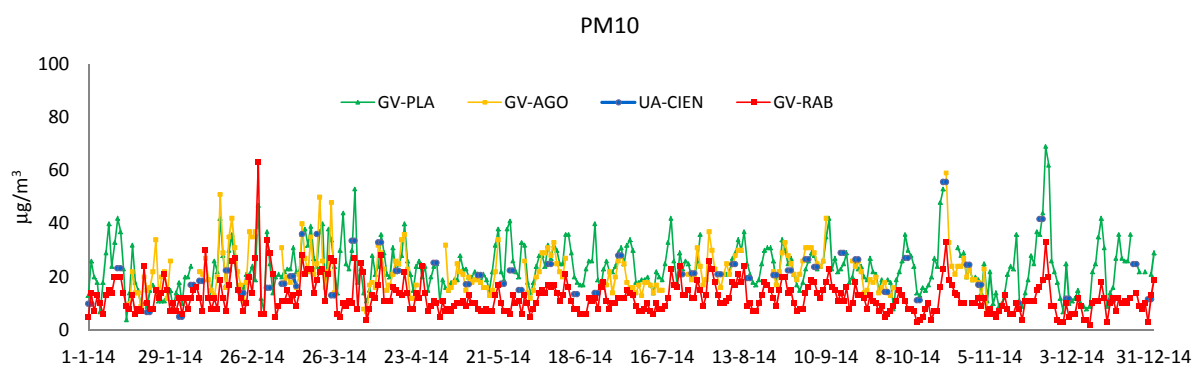


Figura 15: Comparación de los niveles diarios de PM₁₀ (µg/m³) de las 4 estaciones de medida de la zona.

En la figura 15 (arriba), en la que se comparan los niveles de PM_{10} en la zona de estudio en 2014, se observa la similitud entre los niveles en las distintas estaciones de medida que utilizan la misma técnica y los niveles inferiores de la estación de Rabasa.

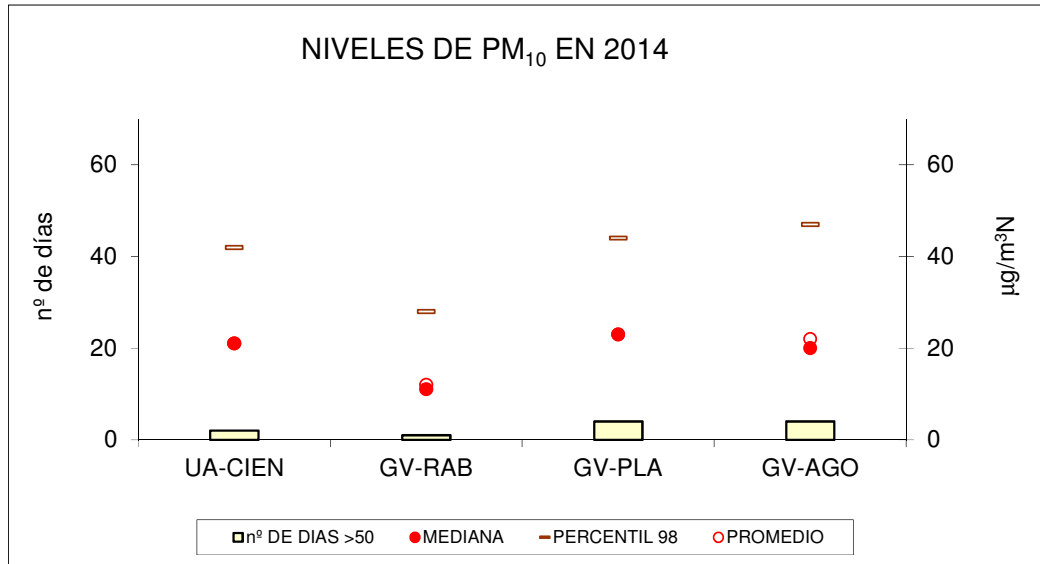


Figura 16: Gráficas de barras de los niveles de concentración de PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) promedio en 2014 en la estación de la UA-CIEN en comparación con el resto de estaciones de la zona. Se representa el promedio (horario), el percentil 50 (mediana), el percentil 98 y el número de días mayores de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La evolución temporal, figura 17, muestra en todas las estaciones un descenso gradual desde 2008 que hizo suponer que entre 2010 y 2013 se llegó a unos niveles base para este contaminante, alrededor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la zona (de entre 20 y $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la UA), por debajo de lo estimado en el Plan de Gestión, que se marcó en $25-30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo en 2014 los niveles son ligeramente superiores a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por lo que podríamos estar en un punto de inflexión que lleve a un inicio del empeoramiento de la calidad del aire por la mayor actividad. Únicamente la estación de San Vicente del Raspeig está por encima de los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el resto por debajo y con muy pocos días de superación.

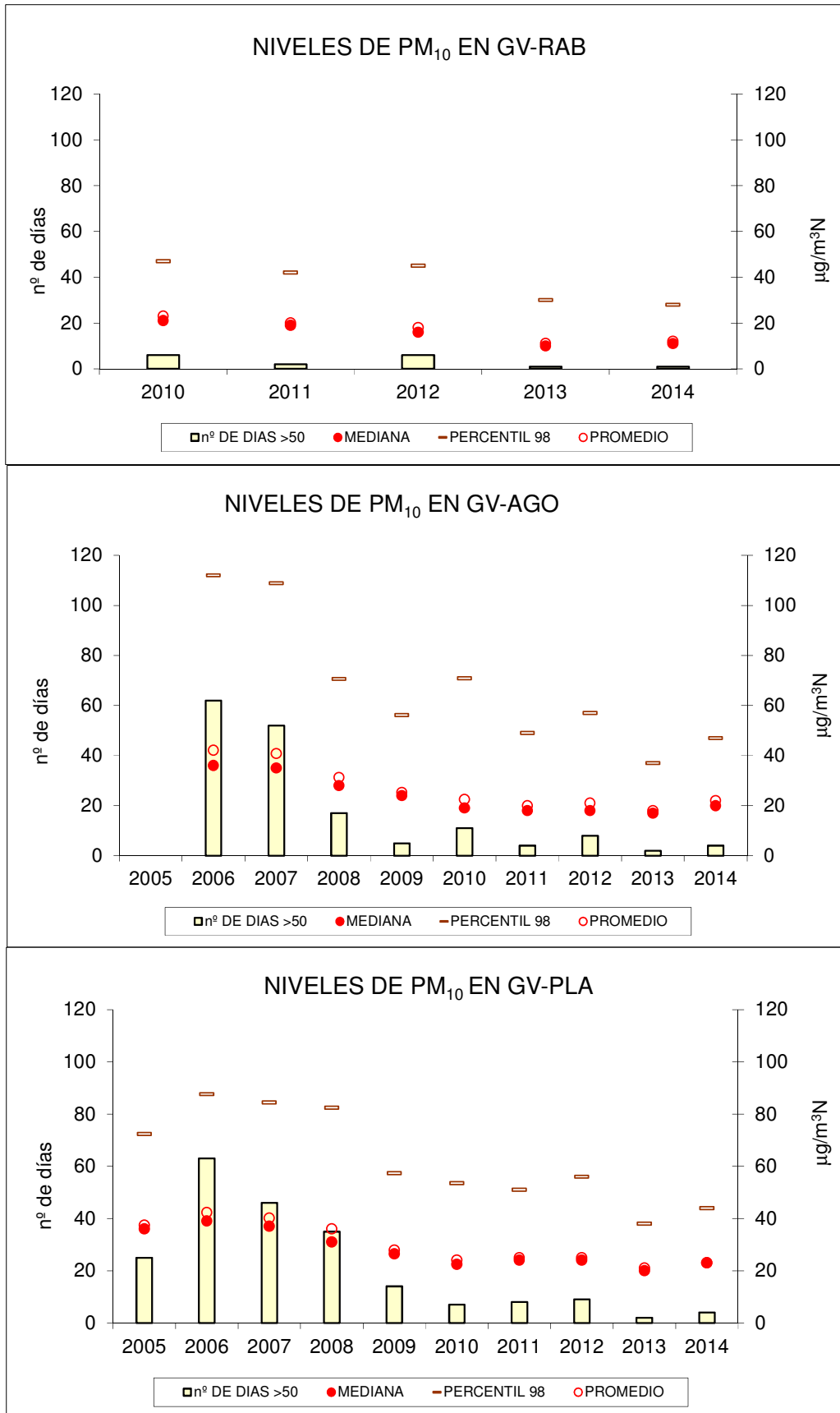


Figura 17: Evolución de los niveles desde 2005 hasta 2014 en las diferentes estaciones de medida. Se representa el promedio (horario), el p50 (mediana), el p98 y el número de días mayores de 50 µg/m³.

6.3.2 PM2.5

El nivel de PM2.5 se mide de forma sistemática en la estación de GV-Florida y de forma alternada a lo largo del año con las PM10 en Agosto, además de en la estación de Rabasa. Las tablas 15 y 16 muestran la estadística de los niveles de PM2.5 en estas dos estaciones.

Los promedios en GV-FLO y GV-AGO son 13 y 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Estos valores están muy por debajo de los límites normativos cercanos a los valores recomendados por la OMS para que no se detecten incidencias hospitalarias. Sólo en 3 y 1 día respectivamente días se supera el valor de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de los 25 anuales que permite la legislación. Estos niveles son superiores a los de la estación de Rabasa en 2014 (9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla 15: Parámetros estadísticos de PM_{2.5} en la estación de GV-FLO en 2014. Las concentraciones están expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

ESTADISTICA DE PM2.5	
ESTACION DE MEDIDA	GV-FLORIDA
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	304
% Anual	83
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	62
% Anual	17
PROMEDIO	13
STDS	6
MEDIANA	12
PERCENTIL 25	9
PERCENTIL 75	15
PERCENTIL 95	21
PERCENTIL 98	28
PERCENTIL 90.4	20
MÍNIMO	3
MÁXIMO	50
nº DE DÍAS >50 (25 para PM2.5)	9

La evolución de los niveles de PM2.5 en las estaciones de GV-FLO y GV-AGO desde 2010 no ha sufrido variaciones notables de forma similar a los niveles de PM10 dado que ya se está en el periodo de niveles bajos. Sin embargo como ya se ha mencionado en la estación de GV-Rabasa si se observa un descenso desde 2010 paralelo al registrado en PM10. Este descenso, no

observado en el resto de estaciones de la zona, podría ser debido o a la desaparición de una fuente cercana o más probablemente a que el sistema de medida que ha sufrido una deriva y necesitaría ser recalibrado frente a la técnica estándar que utilizan el resto de estaciones.

Tabla 16: Parámetros estadísticos de PM_{2.5} en la estación de GV-AGO en 2014. Las concentraciones están expresadas en µg/m³.

ESTADISTICA DE PM2.5	
ESTACION DE MEDIDA	GV-AGOST
PERIODO ANUAL	1/01/2014-31/12/2014
Nº DE DÍAS CON MEDIDAS	53
% Anual	14
Nº DE DÍAS SIN MEDIDAS	312
% Anual	85
PROMEDIO	9
STDS	3
MEDIANA	9
PERCENTIL 25	7
PERCENTIL 75	10
PERCENTIL 95	15
PERCENTIL 98	16
PERCENTIL 90.4	13
MÍNIMO	3
MÁXIMO	30
nº DE DÍAS >50 (25 para PM2.5)	1

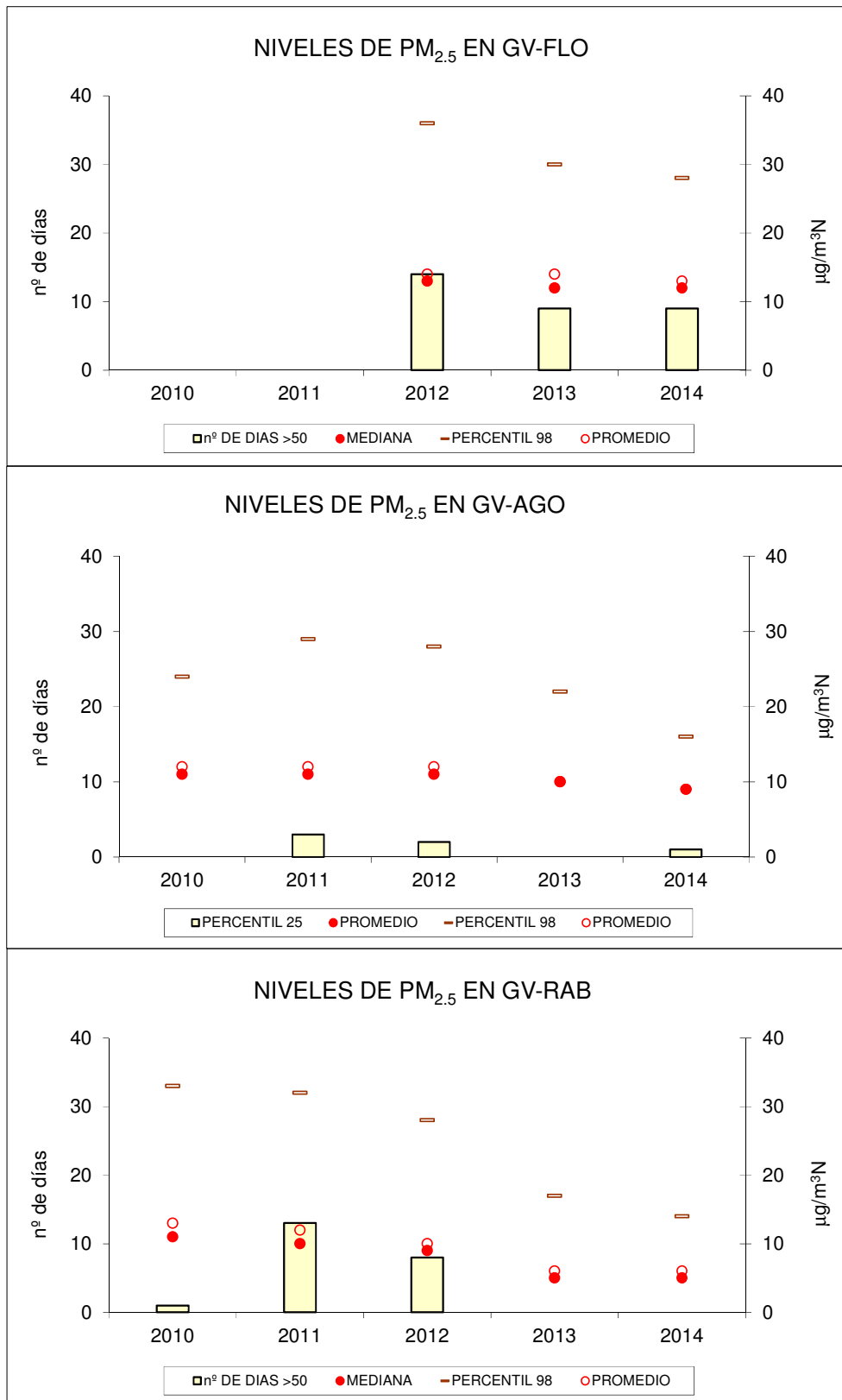


Figura 18: Evolución de los niveles de PM_{2.5} desde 2010 hasta 2014 en las diferentes estaciones de medida. Se representa el promedio (horario), el percentil 50 (mediana), el percentil 98 y el número de días mayores de 25 µg/m³.

7. Análisis químicos

7.1 Selección de muestras y análisis

Durante este año 2014 se han analizado 50 muestras de los filtros recogidos en 2013, desde Enero hasta Diciembre. Por lo que la composición química corresponde al material particulado de 2013. Se han analizado los compuestos solubles, insolubles, mayoritarios y minoritarios. Las muestras han sido aleatorias, eligiendo entre 1 o 2 muestras por semana, y de diferentes pesos y de días con diferentes situaciones meteorológicas, para abarcar un amplio abanico de posibilidades y que tuvieran representatividad anual.

Los filtros siguen el procedimiento de selección, preparación y extracción en base al método IO-3.1 de la EPA (EPA., 1999). Para llevar a cabo los análisis se utilizan los mismos procedimientos utilizados para los informes CAUA precedentes:

a) Lixiviado

El lixiviado consiste en introducir una parte del filtro (1/4 de filtro en este caso) en 20 mL de agua Milli-Q, de conductividad 0,05 μS , en una estufa a unos 60°C y permaneciendo toda una noche para desprender los compuestos solubles. Posteriormente se filtran las muestras, se llevan a volumen de 50ml y los componentes solubles se analizan por cromatografía iónica.

b) Digestión ácida

Se realizaron digestiones ácidas ($\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}_2$) en horno microondas para el posterior análisis de elementos mayoritarios (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na) y elementos traza (metales). Los trozos de filtro seleccionados para realizar estas digestiones (1/4 filtro) se introducen en unos tubos de teflón específicos para cada horno microondas, tubos de teflón de unos 60 mL, a los que se les añade el ácido y el agua oxigenada y se digieren en el horno microondas. Se siguió el método 3051 de la EPA y las modificaciones de Tursic (2008) con el siguiente procedimiento:

- Se mezclan 8 mL de HNO_3 y 2 mL de H_2O_2 . Se calientan los tubos en horno microondas con una digestión agresiva hasta alcanzar una temperatura de aproximadamente 200°C, durante media hora.
- Se filtran las muestras y se enrasan a 50 mL en un matraz aforado para obtener soluciones finales de 10% de HNO_3 .

Los componentes mayoritarios de las PM₁₀ se han analizado en un ICP-OES (Espectroscopia de emisión por plasma de acoplamiento inductivo) y los elementos traza en un ICP-MS (Espectroscopia de masas por plasma de acoplamiento inductivo). Hay que destacar que los análisis realizados en estas muestras de 2011, y en las de 2010 del informe anterior, se han llevado a cabo en un equipo nuevo de los Servicios Técnicos de Investigación, un espectrómetro de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS), modelo 7700x de la marca Agilent, que aporta como novedad la posibilidad de introducir directamente muestras con altos contenidos de sólidos disueltos, sin necesidad de realizar una dilución previa.

c) Determinaciones indirectas

El contenido de silicio (SiO₂) se ha determinado según la ecuación definida en (Querol *et al.*, 2001):

$$\text{CO}_3^{2-} = \text{Ca} * 1,5 + \text{Mg} * 2,5$$

$$\text{SiO}_2 = 3 * \text{Al}_2\text{O}_3$$

y el de alúmina (Al₂O₃) por estequiometría:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = (\text{Al}/2) * (\text{Peso Molecular Al}_2\text{O}_3 / \text{Peso Molecular Al})$$

Todos estos pasos se realizan también en filtros blancos. La concentración obtenida en los mismos se resta a las concentraciones obtenidas de las muestras para obtener la concentración real en cada muestra.

7.2 Composición química

En cuanto a los niveles de inmisión de los compuestos químicos, únicamente algunos compuestos minoritarios (metales) están sujetos a regulación normativa (Directiva 2004/107/CE y también el reciente Real Decreto 102/2011). Los valores objetivo para los metales sometidos a regulación son: para el Plomo 0,5 µg/m³, para el Arsénico 6 ng/m³, para el Cadmio 5 ng/m³ y para el Níquel 20 ng/m³. La Organización Mundial de la Salud (OMS; en inglés WHO) ha marcado también unos valores objetivo para otros metales como el Vanadio (1 µg/m³ de valor objetivo), el Manganeso (0,15 µg/m³) y el Mercurio (1 µg/m³) (WHO., 2003).

Los compuestos químicos mayoritarios no están contemplados por la normativa. Únicamente el NH₃ se ha incluido en el nuevo Real Decreto 102/2011 para mantener una vigilancia de los niveles de amoniaco en aire ambiente mediante su medición en estaciones de fondo regional y en estaciones de tráfico de las principales ciudades españolas, aunque por el momento no se estima necesario definir objetivos de calidad para este contaminante.

Tabla 20. Composición química de las muestras analizadas correspondientes al año 2013 (50 muestras) así como su desviación estándar, valore máximos y mínimos.

Composicion promedio de PM10 en 2013 en la Universidad de Alicante				
	Promedio	min	max	desvest
PM ₁₀	17,0	4,9	38,5	5,8
SO ₄ ²⁻	1,6	6,3	0,5	1,1
NO ₃ ⁻	1,5	4,5	0,3	0,9
NH ₄ ⁺	0,4	2,1	0,0	0,3
COT	3,1	1,1	8,2	1,6
CO ₃ ²⁻	1,8	3,9	0,5	0,9
Cl ⁻	0,5	3,0	0,1	0,5
Al ₂ O ₃	0,3	1,9	0,0	0,3
SiO ₂	0,9	5,7	0,1	0,9
Na ⁺	0,6	0,1	2,2	0,4
K ⁺	0,1	0,0	0,4	0,1
Ca ²⁺	0,2	0,0	0,7	0,1
Mg ²⁺	0,1	0,0	0,4	0,1
Fe	0,2	0,1	1,0	0,2
V	4,5	0,3	16,4	4,0
Mn	2,9	0,6	16,3	2,4
Ni	1,4	0,0	5,9	1,3
Cu	4,2	1,3	11,7	2,6
Sr	3,4	0,8	10,0	2,1
Sb	0,4	0,1	0,9	0,2
Tl	0,1	0,0	0,3	0,1
Pb	1,9	0,5	10,6	1,8
Ti	3,2	0,4	11,5	2,5
Cr	<BDL	<BDL	<BDL	<BDL
Co	0,1	0,0	1,4	0,2
Zn	8,6	1,8	36,8	6,6
As	0,1	0,1	0,4	0,1
Ba	4,2	1,0	12,1	2,3
Zr	<BDL	<BDL	<BDL	<BDL
Se	<BDL	<BDL	<BDL	<BDL
Cd	0,1	0,0	0,2	0,0
Mo	0,2	0,1	0,7	0,2
Hg	0,02	0,00	0,03	0,01

En la tabla 20 se presenta la composición química de las muestras analizadas correspondientes al año 2013 (50 muestras) así como su desviación estándar, valore máximos y mínimos. En dicha tabla puede verse tanto los valores medios como los valores máximos medidos están

muy por debajo de los límites de los metales regulados e incluso de los valores recomendados por la OMS.

En la tabla 21 se comparan la química de las partículas de 2013 con los resultados de los años precedentes presentados en los informes correspondientes. En las muestras de 2013 no se detectan grandes variaciones respecto a los niveles de 2012, 2011 y 2010, lo que significa que la actividad industrial en la zona todavía no se ha recuperado, tras la bajada de los niveles de PM₁₀ y de la mayoría de componentes químicos por la disminución de la actividad industrial en la zona por la crisis económica. Únicamente la fracción orgánica parece mantener los niveles.

Tabla 23: Composición química (compuestos minoritarios) de las 45 muestras analizadas correspondientes al año 2012 y comparación con los estudios previos en la universidad de Alicante.

	Septiembre 05-Agosto 06	Junio 08- Mayo 09	Enero 10- Diciembre 10	Enero 11- Diciembre 11	Enero 12- Diciembre 12	Enero 13- Diciembre 13
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$					
PM ₁₀	40,5	26,4	21,6	21,7	25,0	17,0
SO ₄ ²⁻	4,2	2,9	2,3	2,7	2,1	1,6
NO ₃ ⁻	2,7	2,7	2,3	2,8	2,1	1,5
NH ₄ ⁺	0,6	0,7	0,5	0,7	0,6	0,4
OM+EC	2,9	3,1	*****	3,3	*****	3,1
CO ₃ ²⁻	8,6	4	2,2	1,6	2,9	1,8
Cl ⁻	0,9	0,8	0,6	1,0	0,7	0,5
Al ₂ O ₃	0,6	0,6	0,4	0,4	0,0	0,3
SiO ₂	1,8	1,8	1,1	0,7	0,0	0,9
Na+	0,8	0,8	0,5	0,9	0,8	0,8
K+	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ca ²⁺	5,7	2,3	1,3	0,9	1,7	1,0
Mg ²⁺	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
Fe	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
	ng/m^3					
V	29,1	17,9	9,8	11,8	8,2	4,5
Mn	7,2	6,3	3,8	6,0	5,5	2,9
Ni	7,2	5,1	3,5	4,4	2,1	1,4
Cu	13,1	9,2	8,3	9,6	8,6	4,2
Sr	16,2	7,8	5,7	4,8	4,6	3,4
Sb	0,5	0,4	0,4	0,6	1,1	0,4
Tl	1	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1
Pb	12,6	6,2	3,1	4,4	3,0	1,9
Ti	5,8	5,1	4,7	3,0	4,7	3,2
Cr			1,6	1,6	0,8	0,0
Co			0,1	0,2	0,1	0,1
Zn			11,8	<BDL	9,9	8,6
As			0,3	<BDL	0,2	0,1
Ba			16,0	12,6	3,5	4,2
Zr			0,5	0,1	0,2	<BDL
Se			0,4	0,5	0,4	<BDL
Cd					0,1	0,1
Mo						0,2
Hg						0,02

8. Conclusiones

- La dispersión de contaminantes en la zona de L'Alacantí occidental sigue las mismas pautas de los años anteriores (informes CAUA precedentes). Los vientos predominantes de mayor entidad son las brisas costeras (E-SE) y las advecciones atlánticas (ONO-NO). Otras situaciones frecuentes, que se dan con vientos flojos, son las derivadas del derrame nocturno por el enfriamiento e inversión térmica (NO) y situaciones transitorias de cambio de régimen de tierra a brisa y viceversa.
- Los niveles de SO₂ en 2013 han estado muy alejados de límites normativos en todas las estaciones de medida (no se ha llegado a sobrepasar el valor de 3 µg/m³ como promedio horario), siendo así desde 2008, año en el que tuvo lugar el cierre de la planta vieja de fabricación de cemento. El SO₂ dejó de ser un contaminante preocupante en la zona de estudio desde entonces, aunque su seguimiento no ha parado y desde 2010 se han recogido datos de inmisión de SO₂ en la estación GV-RAB (próxima al Parque Científico y a la UA), sustituta de la estación UA-CIEN.
- En 2013 los **niveles de NO₂ en la universidad de Alicante** se evalúan a través de los medidos en la estación de Rabasa que se consideran como un buen indicador de los niveles en la universidad. El promedio anual ha sido de 13 µg/m³ de media anual muy por debajo de la legislación y también inferior al de las estaciones más cercanas de fondo urbano, como son GV- PLA con 26 µg/m³ de media anual y GV-FLO con 28µg/m³ de media anual. Estos valores son muy similares al año 2013 y ligeramente más bajos en la estación de Rabasa. Ello podría ser atribuido al menor uso de vehículos por el uso de la línea de Tram de la Universidad.
- **Los niveles de O₃ en la universidad de Alicante** son valores intermedios en las estaciones de la comunidad Valenciana que no supera el límite horario y aunque algún caso se han detectado superaciones octohorarias mayores de 120 µg/m³ (4 en GV-RAB), no han sobrepasado el límite de 25 ninguna de las estaciones del entorno.
- Los **niveles de PM10 en la zona de estudio** se mantienen bajos desde 2008 consecuencia de la disminución de la producción industrial. En 2013 se ha obtenido un promedio de 21 µg/m³ en la estación UA-CIEN, ligeramente superior al año 2013.

- La comparación de **los niveles de PM₁₀** de las estaciones de Rabasa muestra que la tendencia a lo largo del año es la misma, con niveles más bajos en GV-Rabasa. La diferencia de niveles entre la estación de UA-CIEN ha aumentado desde el año 2013. Estas diferencias pueden ser debidas a la diferencia en los equipos de medida que en Rabasa son diferentes (GRIMM) y pueden estar infra-estimando la masa de partículas en Rabasa. Por lo que se recomienda una inter-calibración entre equipos.
- El cambio a un **sistema de muestreo parcial** (sólo un 31%, en 2013 y 27% en 2014) de los días del año hace perder aunque de forma aleatoria muestras de días con niveles altos lo que da una mayor incertidumbre al valor medio estimado para la UA, pero sigue presentando una buena correspondencia con las estaciones que miden con la misma técnica. En 2014 la estación de la UA ($21\mu\text{g}/\text{m}^3$) muestra unos niveles ligeramente inferiores a las estaciones del entorno en San Vicente y Alicante: GV-PLA($26\mu\text{g}/\text{m}^3$), GV-AGOST($19\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Los **análisis químicos** de las muestras de materia particulada (PM₁₀) analizadas corresponden al periodo anual de 2013. No hay cambios significativos respecto a los resultados de las muestras desde que entramos en el periodo de niveles bajos. La disminución observada respecto de antes del 2008 se mantiene en casi todos los parámetros. Únicamente la fracción orgánica parece mantener los niveles.
- Como **conclusión general**, en la actualidad, la calidad del aire en los alrededores de la Universidad de Alicante es 'buena', aunque se recomienda el seguimiento de la vigilancia de gases como el NO₂, O₃ y de la materia particulada, con la determinación de su composición química, para detectar y actuar ante el posible incremento de los niveles por una recuperación de la actividad económico-industrial en la zona o la bajada de los sistemas de control de emisiones.

9. Referencias bibliográficas

- Devos, M., Patte, F., Rouault, J., Laffort, P. & Van Gemert, L. (1990). Standardized Human Olfactory Thresholds *Oxford University Press, New York*.
- EPA. (1999). Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air. Compendium Method IO-3.1. Selection, preparation and extraction of filter material. Center for Environmental Research Information. Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, OH 45268.

- Gimeno, L., Hernández, E., Rúa, A., Garcia, R. & Martin, I. (1999). Geographical sources of surface ozone concentrations in Spain. *Physics and Chemistry of the Earth, Part C: Solar, Terrestrial & Planetary Science* 24(5): 523-526.
- Leopold, J. G. & Gough, J. (1957). The Centrilobular Form of Hypertrophic Emphysema and its Relation to Chronic Bronchitis. *Thorax* 12(3): 219-235.
- Millán, M., Mantilla, E., Salvador, P., Carratalá, A., Sanz, M. J., Alonso, L., Gangoiti, G. & Navazo, M. (2000). Ozone cycles in the Western Mediterranean Basin: Interpretation of Monitoring Data in Complex Terrain. *Journal of Applied Meteorology* 39(4): 487-508.
- Querol, X., Alastuey, A., Moreno, T., Viana, M. M., Castillo, S., Pey, J., Rodríguez, S., Artiñano, B., Salvador, P., Sánchez, M., Garcia Dos Santos, S., Herce Garraleta, M. D., Fernandez-Patier, R., Moreno-Grau, S., Negral, L., Minguillón, M. C., Monfort, E., Sanz, M. J., Palomo-Marín, R., Pinilla-Gil, E., Cuevas, E., de la Rosa, J. & Sánchez de la Campa, A. (2008). Spatial and temporal variations in airborne particulate matter (PM10 and PM2.5) across Spain 1999-2005. *Atmospheric Environment* 42(17): 3964-3979.
- Querol, X., Alastuey, A., Rodriguez, S., Plana, F., Ruiz, C. R., Cots, N., Massagué, G. & Puig, O. (2001). PM10 and PM2.5 source apportionment in the Barcelona Metropolitan area, Catalonia, Spain. *Atmospheric Environment* 35(36): 6407-6419.
- Sanchez de la Campa, A. M., de la Rosa, J., Gonzalez-Castanedo, Y., Fernandez-Camacho, R., Alastuey, A., Querol, X., Stein, A. F., Ramos, J. L., Rodriguez, S., Orellana, I. G. & Nava, S. (2011). Levels and chemical composition of PM in a city near a large Cu-smelter in Spain. *Journal of Environmental Monitoring* 13(5): 1276-1287.
- Santacatalina, M., Carratala, A. & Mantilla, E. (2011). Influence of local and regional Mediterranean meteorology on SO2 ground-level concentrations in SE Spain. *Journal of Environmental Monitoring* 13(6): 1634-1645.
- Santacatalina, M., Reche, C., Minguillón, M. C., Escrig, A., Sanfelix, V., Carratalá, A., Nicolás, J. F., Yubero, E., Crespo, J., Alastuey, A., Monfort, E., Miró, J. V. & Querol, X. (2010). Impact of fugitive emissions in ambient PM levels and composition: A case study in Southeast Spain. *Science of The Total Environment* 408(21): 4999-5009.
- Santacatalina, M., Yubero, E., Mantilla, E. & Carratalá, A. (2012). Relevance of the economic crisis in chemical PM10 changes in a semi-arid industrial environment. *Environmental Monitoring and Assessment* 184(11): 6827-6844.
- Shon, Z.-H. & Kim, K.-H. (2011). Impact of emission control strategy on NO2 in urban areas of Korea. *Atmospheric Environment* 45(3): 808-812.
- Turšič, J., Radić, H., Kovačević, M. & Veber, M. (2008). Determination of Selected Trace Elements in Airborne Aerosol Particles Using Different Sample Preparation. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 59(2): 111-116.
- UNE-EN13725 (2004). Calidad del aire - Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica.
- WHO. (2003). Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. World Health Organization.

10. Agradecimientos

El desarrollo del presente proyecto ha sido posible gracias a la financiación por parte del Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad y a la disponibilidad de equipos de medida financiados con anterioridad en distintas convocatorias públicas y en el marco de promoción

de la vigilancia de la calidad del aire dentro del área de la Universidad llevado a cabo desde los distintos equipos de gobierno de la universidad de Alicante desde 2003.

Se desea hacer expreso agradecimiento a la Generalitat Valenciana: Dirección general de calidad ambiental y cambio climático (responsables de la gestión de la red de vigilancia de la calidad del aire), facilitando en todo momento el acceso a las medidas procedentes de la red.

También a los Servicios Técnicos de Investigación de la Universidad de Alicante (SSTI) por la realización de los análisis químicos de los filtros de partículas y por la concesión de ayudas (UAUSTI12) para la utilización de los mismos.

11. Anexos

ANEXO I: Episodios de intrusión sahariana (2014). Datos suministrados como fruto del convenio de colaboración para el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por el material particulado en suspensión en España entre el MMA, CSIC y INM.

ANEXO II: Resumen de los resultados anuales (2014), según normativa vigente, de los niveles de contaminación obtenidos en las redes de vigilancia y control de la contaminación atmosférica de la Generalitat Valenciana.

ANEXO I

ANEXO II