Descargado desde:
Troposfera.org

Irradiación solar, ozono y contaminación urbana en los pueblos de la Región de Murcia

COORDINADORES:

Dr. Alberto Requena y Dr. Agustín Miñana

AUTORES:

A. Vázquez*, J. M. Bolarín*, A. Bastida*, J.Zúñiga*,
I. Morales**, M. Martí**, E. González**, A. Miñana**,
L.M. Tomás*** y A. Requena*

Región de Murcia
Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente
Dirección General de Calidad Ambiental

Memoria de los 16 municipios con menor población

4 de febrero de 2004

*Grupo de Láseres, Espectroscopía Molecular y Química Cuántica.
Departamento de Química Física.

**Grupo de Seguridad e Higiene en la Industria.
Departamento de Ingeniería Química.

***Grupo de Robótica, Automática y Proyectos de Ingeniería.

Universidad de Murcia

Edita:

Región de Murcia
Consejería de Agricultura, Agua
y Medio Ambiente
Dirección General
de Calidad Ambiental

Diseño, realización y producción:
C.P.D. Contraste, S.L.

Depósito Legal:
MU-934-2004

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su sincero agradecimiento a la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente y en especial a la Secretaría Sectorial de Agua y Medio Ambiente, por la excelente acogida que dispensó a este proyecto, el apoyo decidido al desarrollo del mismo y el interés mostrado a lo largo de su realización.

Así, hacemos patente nuestro reconocimiento a la buena disposición a desarrollar sistemas de control y estudios de la contaminación atmosférica, que sean fiel reflejo de la realidad regional, como ocurre con la metodología empleada en este trabajo, que parte de efectuar las medidas directamente en los municipios de la Región.

Este estudio es pionero y parcial, pues solamente alcanza a dieciséis municipios, los de menor población, a quienes mostramos nuestra gratitud por el apoyo de sus Alcaldes y la colaboración que nos ha sido facilitada desde sus respectivos Ayuntamientos.

La extensión del estudio al resto de municipios permitiría, con garantía, que conforme se vayan transponiendo e incorporando a nuestra legislación las directivas de la Unión Europea, que afectan a éste aspecto medioambiental, esta Región podría tener respuesta a las exigencias normativas que se establezcan.

Información de interés

En este texto se resumen los resultados y el análisis efectuado. Se acompaña de un CD que contiene de forma detallada los fundamentos, todos los datos obtenidos en las diferentes campañas de medida y los análisis de la información que se han llevado a cabo. De esta forma se dispone de un texto escrito, de lectura rápida, conteniendo la información extractada, mientras que la más amplia y detallada se puede encontrar en el soporte electrónico que se acompaña.

índice

CAPÍTULO 1

Introducción 7

1.1. Objetivos y finalidad del proyecto 8

CAPÍTULO 2

Estrategia de medida 9

2.1. Municipios objeto de estudio 9

2.2. Secuencia temporal de las medidas 10

2.3. Disposición de los elementos de medida 10

CAPÍTULO 3

Resultados obtenidos en los diferentes municipios 11

3.1. Los Alcázares 13

3.2. Lorquí 15

3.3. Ceutí 17

3.4. Ojós 19

3.5. Ricote 21

3.6. Villanueva del Río Segura 23

3.7. Ulea 25

3.8. Pliego 27

3.9. Blanca 29

3.10. Alguazas 31

3.11. Librilla 33

3.12. Aledo 35

3.13. Albudeite 37

3.14. Campos del Río 39

3.15. Abanilla 41

3.16. Fortuna 43

CAPÍTULO 4

Análisis de los resultados 45

4.1. El ozono y la irradiación solar 45

4.1.1. Contenido total de ozono 47

4.1.2. Radiación Ultravioleta 49

4.1.3. Radiación Eritemática 51

4.1.4. Radiación Fotosintética 53

4.2. Estudio de la concentración ambiental de COV's 55

CAPÍTULO 1

introducción

La calidad del aire es motivo de atención en las políticas de actuación en materia de Medio Ambiente y de Desarrollo Sostenible por los países de la Unión Europea, con principios en esta materia consagrados en el artículo 174 del Tratado. La pretensión no es otra que fijar objetivos de calidad del aire, puesto que el citado artículo impone la aplicación del principio de cautela en relación con la protección de la salud de las personas y del medio ambiente.

Se vienen desarrollando directivas para elaborar planes de acción en las zonas en que las concentraciones de los contaminantes superen unos valores límite establecidos, y se viene, igualmente, efectuando la transposición a la legislación de los países miembros, como se ejemplifica en los recientes Reales Decretos 1073/2002, de 18 de Octubre (BOE de 30de Octubre de 2002), 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 1796/2003, de 26 de Diciembre (BOE de 13 de Enero de 2004) relativo al ozono en el aire ambiente. De esta forma se va avanzando en el control de los contaminantes y fomentando al mismo tiempo la investigación sobre los efectos de aquellos, suscitando técnicas normalizadas de medición precisa y criterios para decidir la ubicación de las estaciones de medición como elementos importantes para la evaluación de la calidad del aire ambiente, con vistas a obtener información comparable e intercambiable entre los países miembros.

Así, podemos resumir la actuación típica en materia de calidad del aire en la consecución de los siguientes objetivos:

1. Determinar los valores límite de un contaminante que garanticen la protección o reducción, según casos, de los efectos nocivos para la salud humana y para el medio ambiente.
2. Evaluar las concentraciones de los contaminantes en el aire ambiente, empleando métodos comunes.
3. Obtener información adecuada sobre las concentraciones de los contaminantes en el aire ambiente y disponer que dicha información esté al alcance del público.
4. Mantener la calidad del aire ambiente cuando sea buena y mejorarla en los casos que sea apropiado hacerlo, adoptando las medidas oportunas.

La obtención de información adecuada sobre las concentraciones de contaminantes, y la evaluación empleando métodos y criterios comunes exige cada vez más garantías de calidad, por un lado, y, por otro, disposición de las estaciones de medida en lugares óptimos para los contaminantes, lo cual, a menudo, supone inconvenientes de movilidad de las estaciones.

Se ha trabajado en ambas direcciones, por una parte empleando técnicas de determinación avanzada que garanticen una información adecuada con precisión espectroscópica. Por otra parte, se han ensayado técnicas de medida remota de forma que los puntos de muestreo, orientados a la protección de la salud humana, sean representativos y proporcionen datos sobre las áreas situadas dentro de las zonas o aglomeraciones que registren las concentraciones más altas a las que la población puede llegar a verse expuesta, directa o indirectamente, durante un período significativo. Además, se ha pretendido que proporcionen datos sobre las concentraciones registradas en otras áreas, dentro de las zonas o aglomeraciones, que son representativas de la exposición de la población.

1.1. OBJETIVOS Y FINALIDAD DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto ha consistido en la determinación de ozono, benceno, tolueno y xilenos, además de otros compuestos orgánicos volátiles en el aire ambiente de núcleos urbanos empleando dos técnicas diferentes. Por una parte, la determinación de ozono se ha llevado a cabo mediante una tecnología muy avanzada que utiliza las irradiancias medidas mediante un radiómetro multicanal en las regiones ultravioleta y visible del espectro, empleando cinco canales centrados en 305, 312, 320, 340 y 380 nm con unas anchuras medias de banda en torno a 10 nm; el sexto canal efectúa una medida de la radiación activa fotosintética en la región comprendida entre 400 y 700 nm. En la zona óptica se emplean detectores de silicio y filtros de alta calidad protegidos por un difusor de teflón.

Se han registrado las medidas de las irradiancias y la temperatura cada minuto. Se han obtenido las medidas de irradiancia en formato CIE, dosis ponderadas de radiación UV, efectos de las nubes y abundancia total de ozono.

Entre los diferentes contaminantes emitidos por los combustibles de automoción, destacan los compuestos orgánicos volátiles (COV's), y, dentro de este grupo, los compuestos aromáticos son especialmente significativos a causa de sus efectos sobre la salud humana y su importante presencia en las gasolinas. Es bien conocida la capacidad toxicológica del benceno, habiéndose constatado sus características carcinogénicas, concretadas en su acción leucémica. En el citado Real Decreto, se fija el valor límite para el benceno en 5 μgm^{-3}, según podemos ver en la Figura 1.1.

ANEXO V

Valor límite para el benceno

El valor límite se expresará en $\mu g/m^3$ referido a una temperatura de 293 K y a una presión de 101,3 kPa.

	Período de promedio	Valor límite	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite para la protección de la salud humana.	Año civil.	5 $\mu g/m^3$.	5 $\mu g/m^3$, a la entrada en vigor del presente Real Decreto, reduciendo el 1 de enero de 2006 y posteriormente cada doce meses 1 $\mu g/m^3$ hasta alcanzar el valor límite el 1 de enero de 2010.	1 de enero de 2010 *.

* Excepto en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga.

Figura 1.1: Valor límite para el Benceno

El progresivo incremento del parque automovilístico origina un aumento significativo de emisiones de compuestos orgánicos volátiles, además de otras especies que contaminan el aire en los núcleos habitados.

Este problema preocupa a las autoridades de la Unión Europea que han señalado al benceno como hidrocarburo representativo de las emisiones de COV's, definiendo un valor límite para ambientes urbanos en la Directiva 2000/69/CE de 16 de noviembre (DOCE, 13 diciembre de 2000). Así pues, en este estudio benceno, tolueno y xilenos (BTX), han sido seleccionados como trazadores para estimar la contaminación provocada por los COV's, debido a su toxicidad y su presencia en los combustibles en niveles significativos. Además se han determinado otros compuestos cuya presencia también es característica, como n-hexano, ciclohexano y etilbenceno.

Por otro lado, compuestos como tolueno y xilenos tienen carácter tóxico, provocan acciones depresoras sobre el sistema nervioso central y, si bien no está plenamente demostrado, se admite que su presencia puede acarrear una mayor incidencia en el desarrollo de tumores malignos.

2.1. MUNICIPIOS OBJETO DE ESTUDIO

La Región de Murcia es un territorio que, tanto histórica como geográficamente, se ha caracterizado por su estructuración en comarcas que aglutinan, al día de hoy, los 45 municipios que componen esta comunidad uniprovincial, organizados en torno a la capital, que reside en la ciudad de Murcia. En la Figura 2.1, se muestra la distribución de los municipios agrupados en sus respectivas comarcas, según los datos estadísticos recogidos en la página oficial de la Región de Murcia.

La Comarca del Campo de Cartagena agrupa los municipios de Cartagena, La Unión y Fuente Álamo. La Comarca del Alto Guadalentín está compuesta por los municipios de Lorca (el término municipal de mayor extensión de España), Águilas y Puerto Lumbreras. La del Bajo Guadalentín por los de Totana, Aledo, Alhama de Murcia, Librilla y Mazarrón. La Comarca del Mar Menor por Torre Pacheco, Los Alcázares, San Javier y San Pedro del Pinatar. La Comarca de la Huerta de Murcia aglutina a los municipios de Murcia, Alcantarilla, Beniel y Santomera. La Comarca Oriental con Fortuna y Abanilla. La Comarca de la Vega Media por Las Torres de Cotillas, Alguazas, Molina de Segura, Ceutí, Lorquí y Archena. La Comarca de la Vega Alta del Segura los de Abarán, Blanca y Cieza. La Comarca del Valle de Ricote por Ricote, Ulea, Ojós y Villanueva del Segura. El Altiplano con Yecla y Jumilla. La Cuenca del Río Mula agrupa los municipios de Albudeite, Campos del Río, Mula y Pliego. Finalmente, la Comarca del Noroeste reúne a los municipios de Moratalla, Caravaca, Cehegín, Calasparra y Bullas.

Figura 2.1: Municipios y comarcas de la Región de Murcia.

Los 16 municipios estudiados a lo largo de este proyecto, corresponden en este caso a aquellos con el menor número de habitantes, siendo la mayoría de ellos muy compactos y situados en zonas rurales, con un bajo nivel de emisiones provenientes del tráfico y procesos industriales. En la Tabla 2.1. se muestra la relación de los municipios estudiados, junto con su número de habitantes y la Comarca a la que pertenecen.

	MUNICIPIO	HABITANTES	COMARCA
1	Ojós	589	Valle de Ricote
2	Ulea	956	
3	Villanueva del Río Segura	1555	
4	Ricote	1579	
6	Blanca	5706	Vega Alta
5	Lorquí	5527	Vega Media
7	Alguazas	7021	
8	Ceutí	7153	
9	Albudeite	1370	Cuenca del Río Mula
10	Campos del Río	2005	
11	Pliego	3401	
12	Aledo	1005	Bajo Guadalentín
13	Librilla	3873	
14	Abanilla	6153	Oriental
15	Fortuna	6652	
16	Los Alcázares	877	Mar Menor

Tabla 2.1: Municipios de la Región de Murcia en los que se ha desarrollado el estudio.

2.2. SECUENCIA TEMPORAL DE LAS MEDIDAS

La estrategia llevada a cabo en este estudio se iniciaba con el desplazamiento semanal -realizado de forma secuencial- a los 16 municipios indicados. En cada uno de ellos se llevaba a cabo, de manera conjunta, la medida de la irradiación solar empleando el radiómetro multicanal NILU-UV6, unida al muestreo, a través de cuatro captadores pasivos, de compuestos orgánicos volátiles, situando los puntos de muestreo en ubicaciones diferentes.

La secuencia de las medidas efectuadas se iniciaba el miércoles de cada semana, con el traslado del material y su instalación. Transcurrida una semana, se procedía a la desinstalación de los equipos, previa descarga de datos, y recogida de las muestras de carbón activo de los captadores. Estas muestras eran selladas "in situ", y almacenadas en condiciones adecuadas para su posterior análisis en un cromatógrafo de gases.

2.3. DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE MEDIDA

La instalación del radiómetro ha estado, en la mayoría de las ocasiones, influenciada por la disponibilidad de un emplazamiento adecuado, generalmente en ayuntamientos y edificios públicos, unido a la colaboración por parte de las autoridades locales para garantizar la seguridad y normal desarrollo de funcionamiento.

La ubicación de los captadores pasivos se efectuó distribuyéndolos estratégicamente por distintas zonas urbanas, de tal forma que, en su conjunto, la concentración de contaminantes correspondiera a un valor representativo del municipio estudiado. En primer lugar, en cada punto de muestreo se fijaba la cubierta protectora mediante sujeciones a farolas u otros elementos urbanos a una altura aproximada de tres metros sobre el nivel del suelo. A continuación, se montaba el captador y se colocaba en el interior de la cubierta.

De forma general en todos los municipios estudiados, al menos uno de los captadores se ha situado en la proximidad del emplazamiento del radiómetro.

CAPÍTULO 3
resultados obtenidos en los diferentes municipios

Los resultados experimentales obtenidos, siguiendo la estrategia propuesta en el capítulo 2, se exponen a continuación en las secciones (3.1) - (3.16), ordenados según los períodos semanales en los que transcurrieron las medidas.

A su vez, para cada municipio se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Descripción del municipio.
- Periodo de medida.
- Ubicación de los puntos de medida.
- Información meteorológica.
- Determinación del ozono y la irradiación solar.

La representación y análisis de esta información consta de los siguientes parámetros:

- Representación de la respuesta conjunta de cada uno de los 6 canales. Descargadas semanalmente del equipo en un fichero de texto, "municipio.txt".
- Nivel de ozono (DU).
- Radiación eritermática (CIE).
- Índice ultravioleta (UVI).
- Radiación UVA.
- Radiación UVB.
- Transmisión de las nubes.
- Radiación Fotosintética (PAR).

Dificultades acaecidas en el sistema de alimentación eléctrica del espectrorradiómetro durante los períodos de experimentación en las localidades de Los Alcázares y Ceutí, obligaron a la repetición de las medidas. En esos casos, se podrá observar un dato aislado, que corresponde a la primera toma de datos, aunque solamente aporta información adicional, de forma que las medidas y los análisis completos corresponden al segundo período de medida realizado en estos dos emplazamientos.

- Concentraciones de COV's.

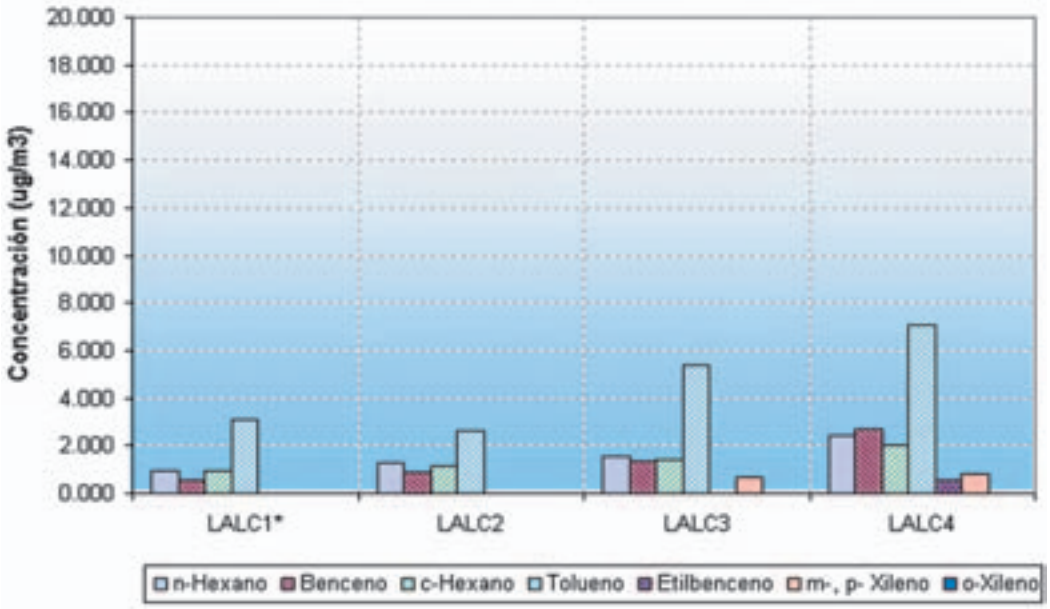
Los COV's que han sido determinados y cuantificados (en $\mu g/m^3$) en cada uno de los cuatro puntos de muestreo, son los siguientes:

- n-Hexano.
- Benceno.
- c-Hexano.
- Tolueno.
- Etilbenceno.
- m-,p-Xileno.
- o-Xileno.

3.1. LOS ALCÁZARES

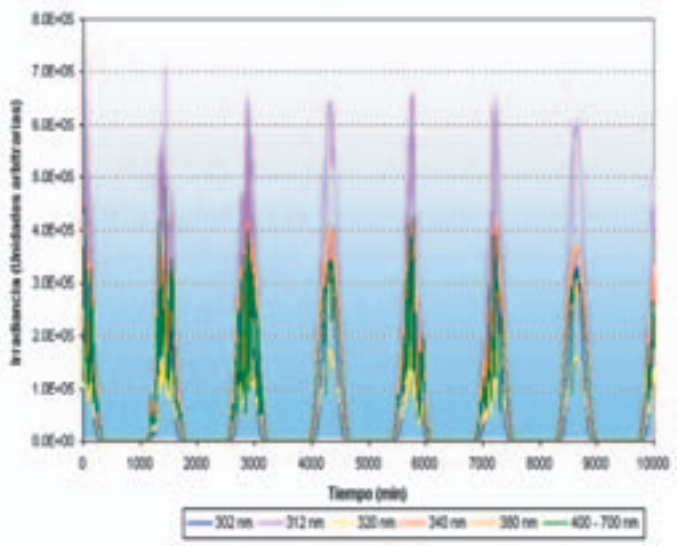
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	6.877	Terraza del Ayuntamiento
Período de medida	26/06/02 - 03/07/02	Terraza del Ayuntamiento
Latitud:	37.7500	Av. de la libertad - Calle de la Cruz
Longitud:	-0.8500	Av. de la libertad - Comisaría de Policía Local
Altitud:	5 m.	Av. de la Constitución - M. Rozalejo (Los Narejos)

Plano urbano del municipio de Los Alcázares (Los Narejos). Distribución de captadores de COV's.

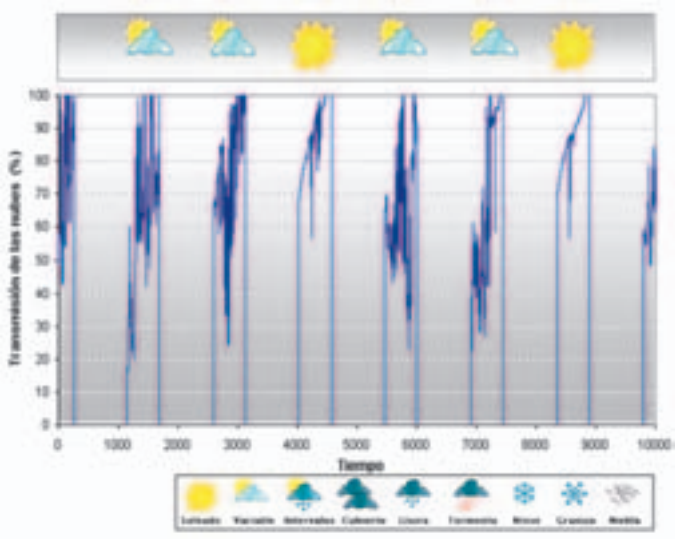


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

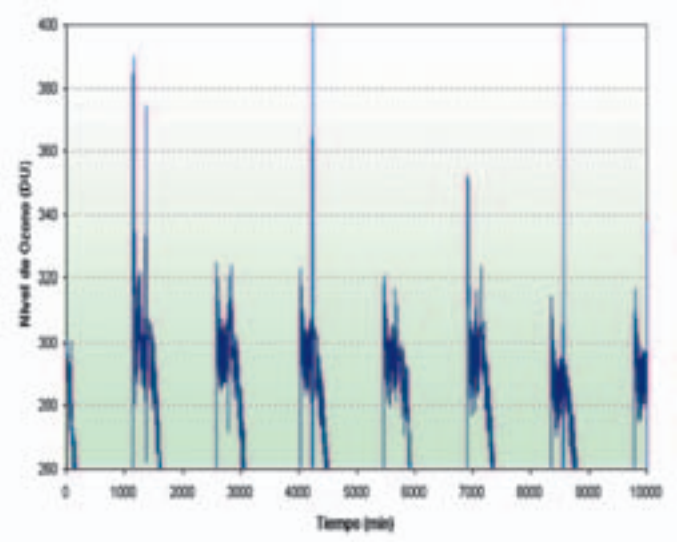
LOS ALCÁZARES. Medida de la irradiación solar durante el periodo (16/10/02 - 23/10/02)



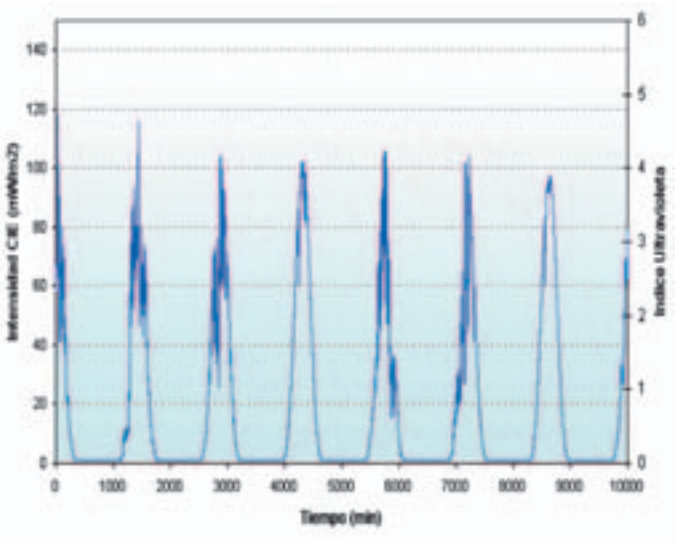
Datos experimentales de Irradiancia solar.



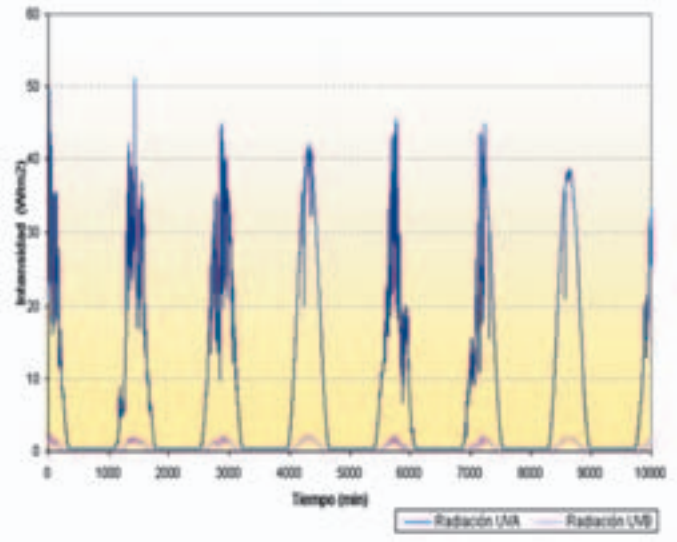
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



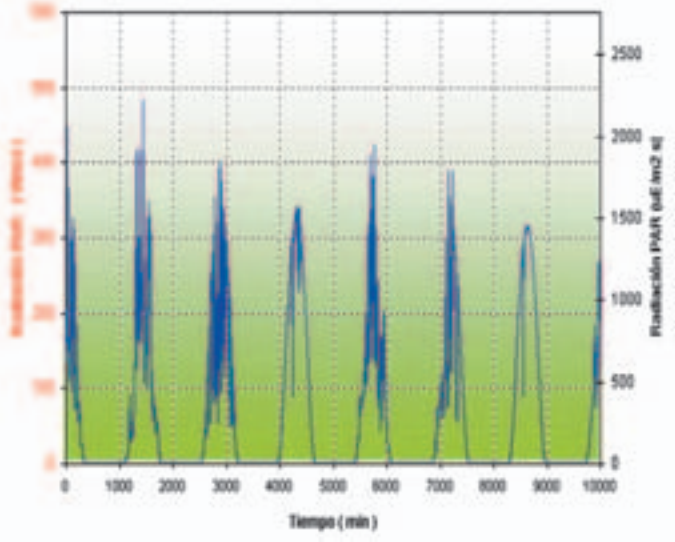
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



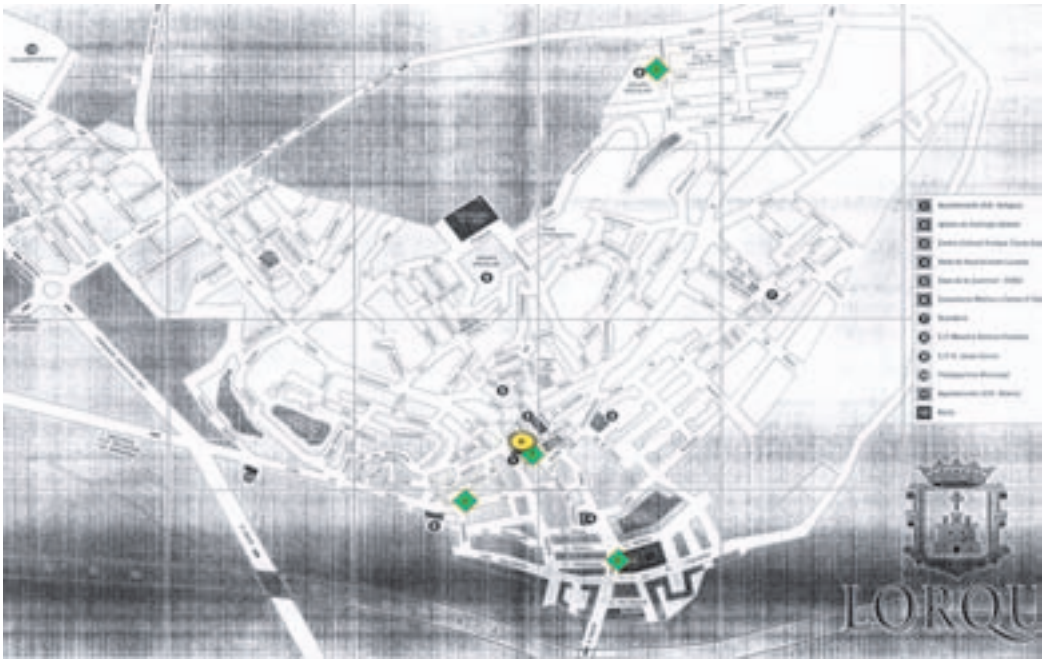
Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).



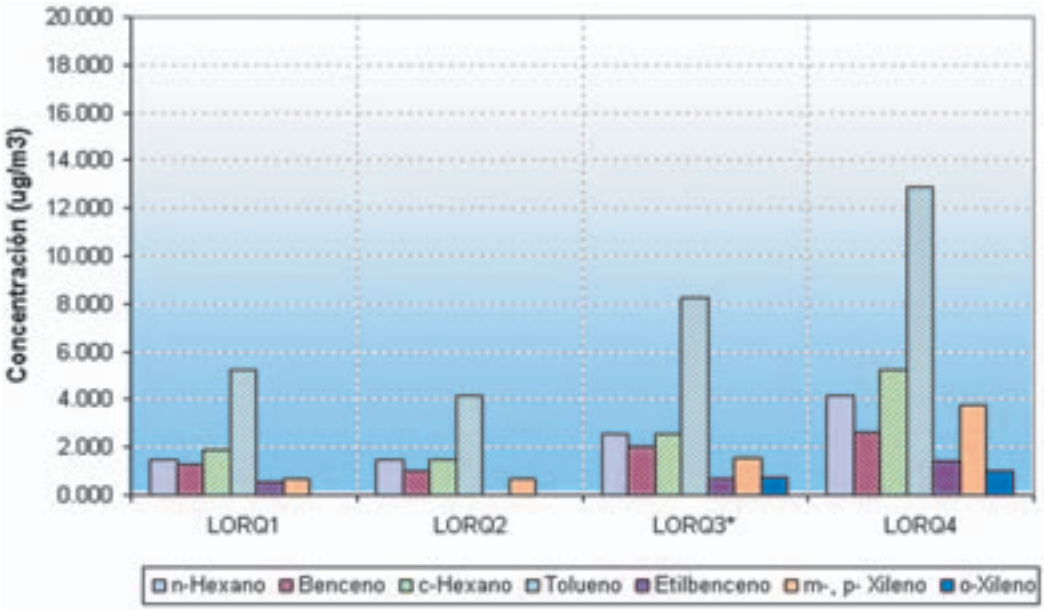
Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.2. LORQUÍ

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	5.527	Calle Mayor - Ayuntamiento (Edif. Antiguo)
Período de medida	03/07/02 - 10/07/02	Plaza del Ayuntamiento (Edif. Nuevo)
Latitud:	38.0833	Calle Los Claveles - Colegio M.D. Escámez
Longitud:	-1.2500	Calle Mayor - Ayuntamiento (Edif. Antiguo)
Altitud:	89 m.	Calle de la Noria - Consultorio médico

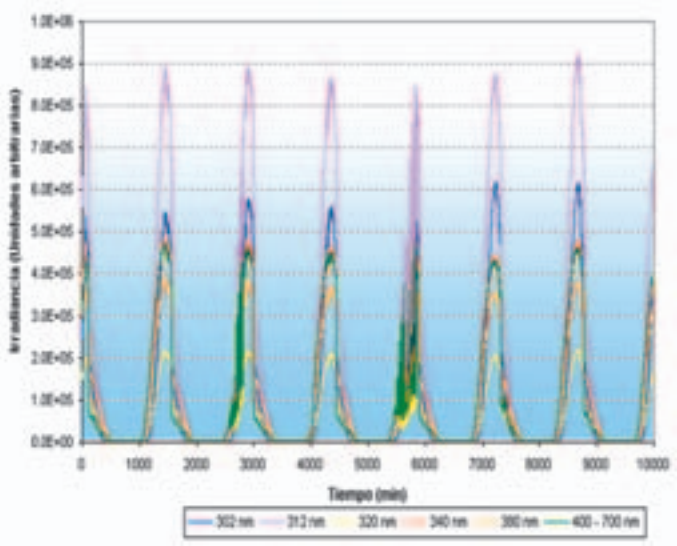


Plano urbano del municipio de Lorquí. Distribución de captadores de COV's.

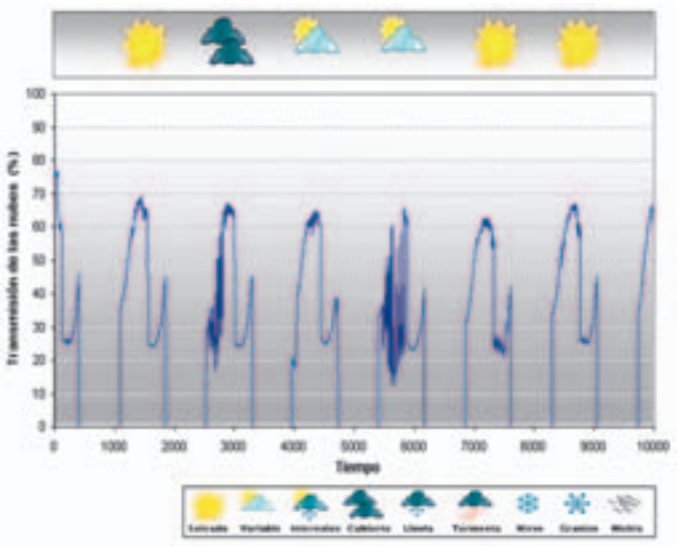


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

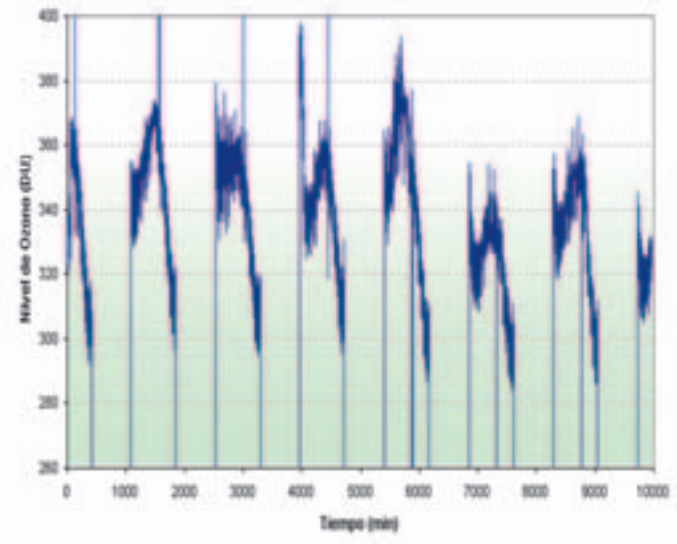
LORQUÍ. Medida de la irradiación solar durante el periodo (03/07/02 - 10/07/02)



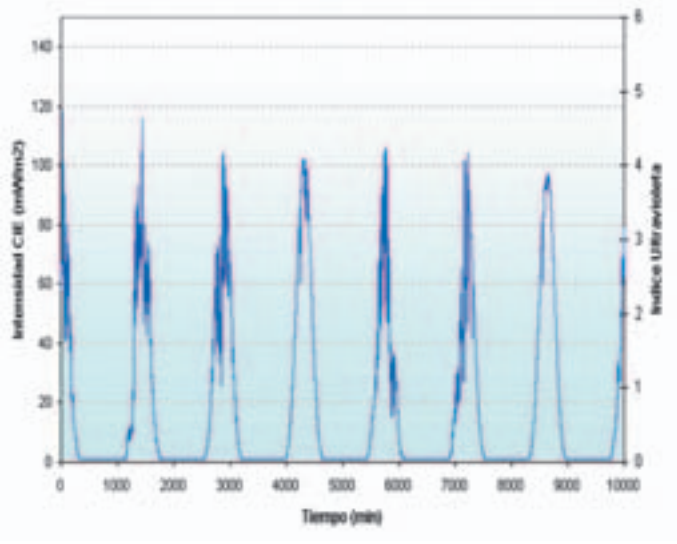
Datos experimentales de Irradiancia solar.



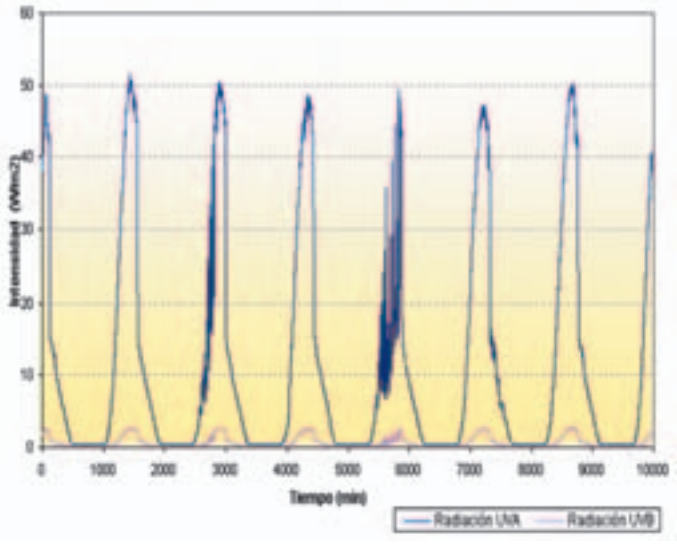
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



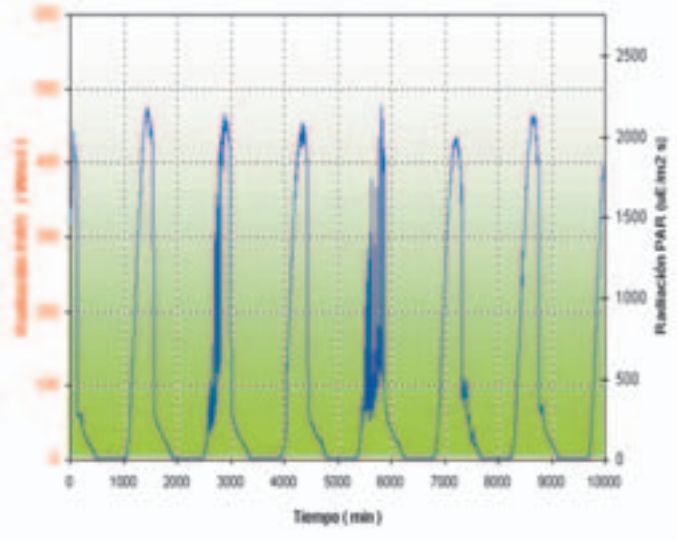
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).

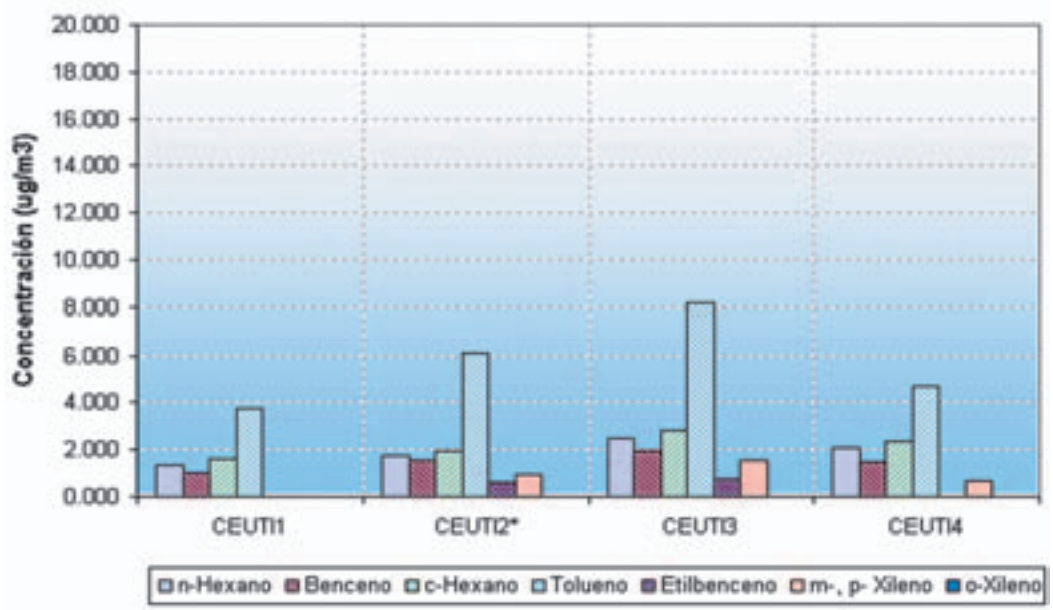


Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.3. CEUTÍ

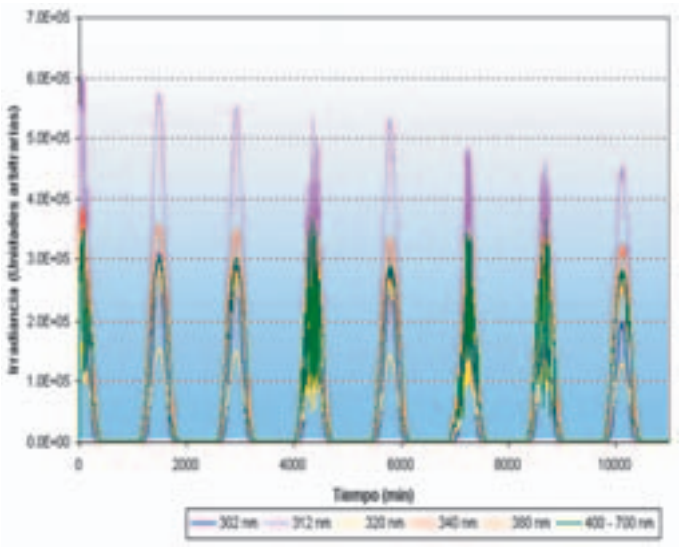
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	7.153	Avd. Las Farolas - Biblioteca Pública Municipal
Período de medida	10/07/02 - 17/07/02	Plaza José Virgili - Balcón del Ayuntamiento
Latitud:	38.0833	Avda. Las Farolas - Biblioteca Pública Municipal
Longitud:	-1.2667	Avda. de Lorquí
Altitud:	64 m.	Calles Severo Ochoa - Dr. Fleming

Plano urbano del municipio de Ceutí. Distribución de captadores de COV's.

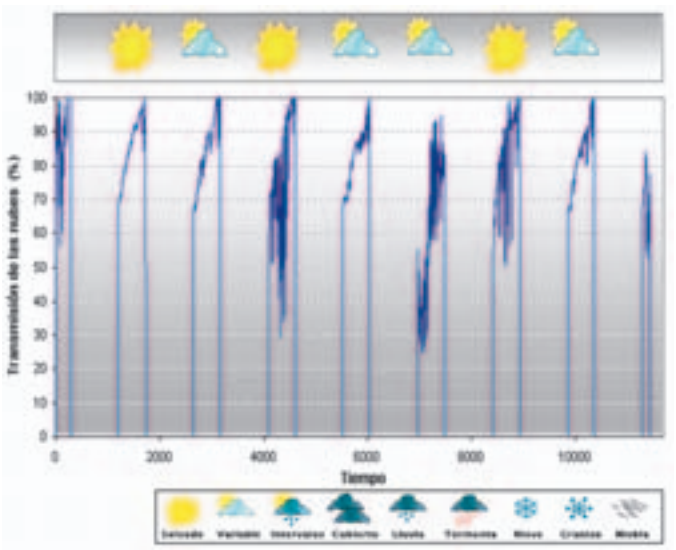


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

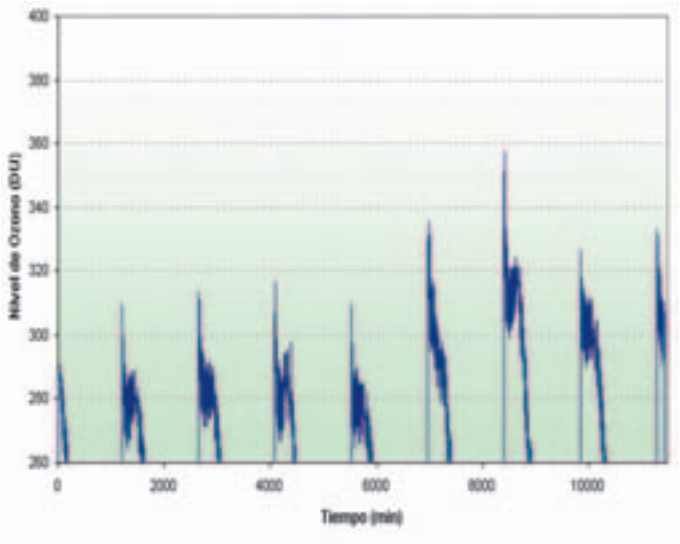
CEUTÍ. Medida de la irradiación solar durante el periodo (25/10/02 - 01/11/02)



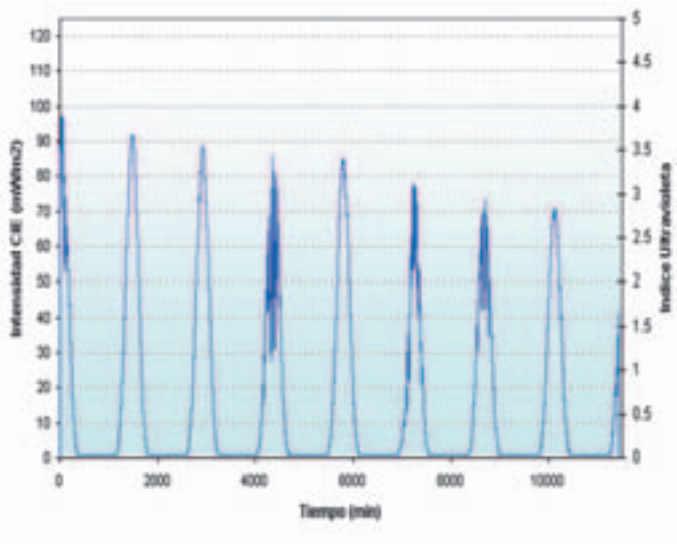
Datos experimentales de Irradiancia solar.



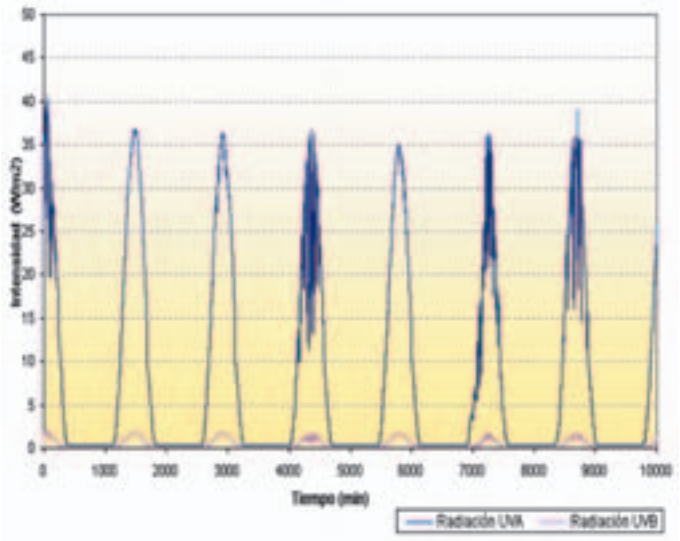
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



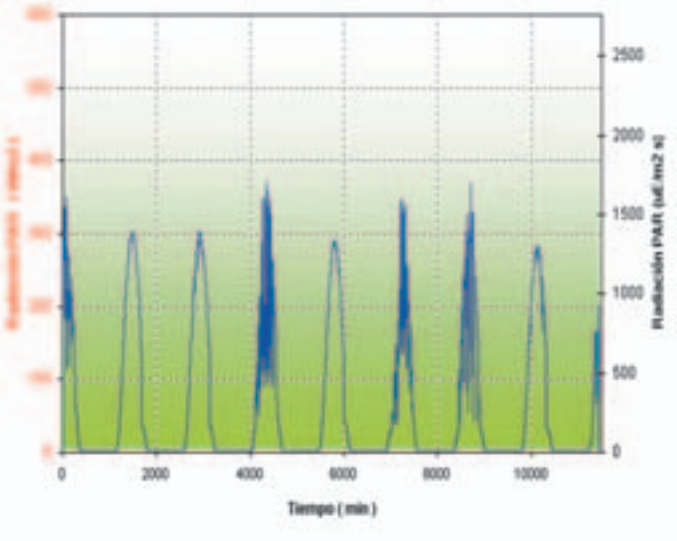
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).

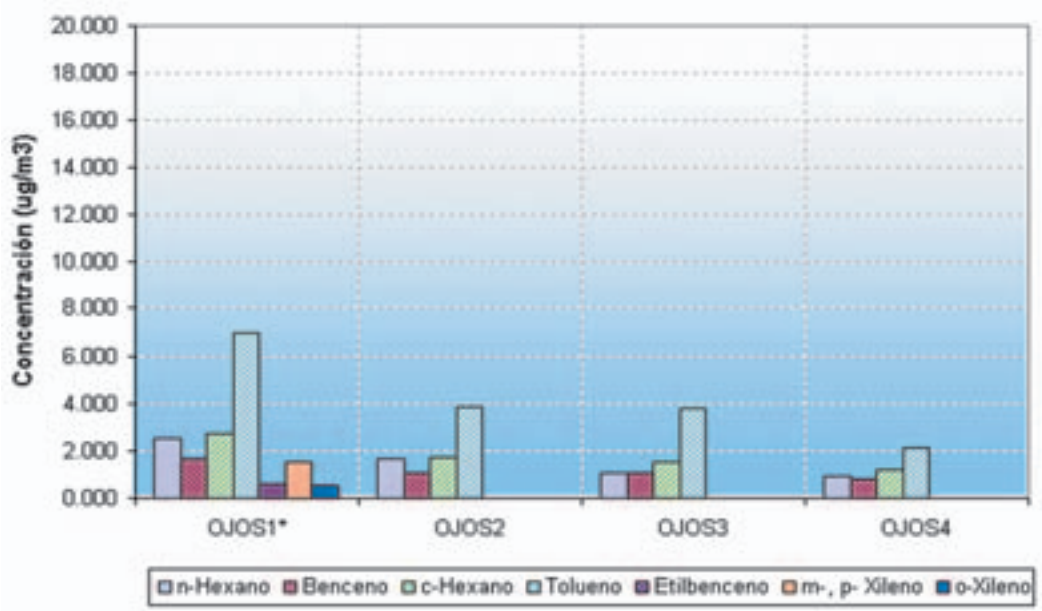


Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.4. OJÓS

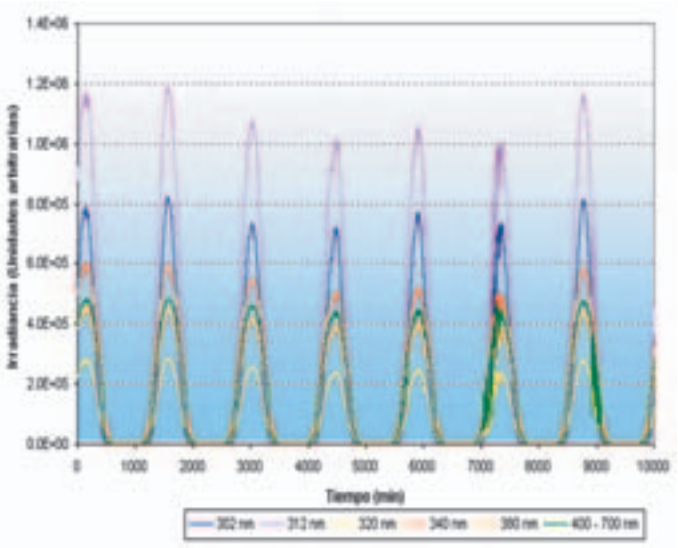
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	589	Terraza del Ayuntamiento
Período de medida	17/07/02 - 24/07/02	Calle Lateral al Ayuntamiento
Latitud:	38.1500	Calle principal a la entrada de Ojós
Longitud:	-1.3333	Calle principal - Iglesia de San Agustín
Altitud:	122 m.	Calle principal - Parada de autobús

Plano urbano del municipio de Ojós. Distribución de captadores de COV's.

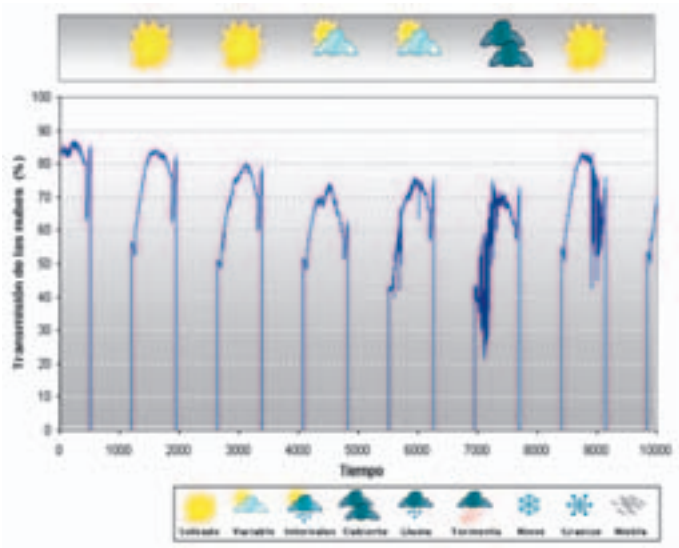


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

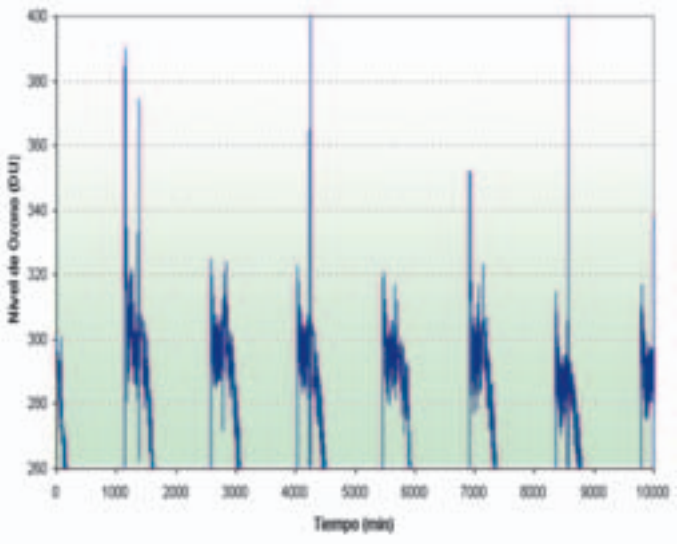
OJÓS. Medida de la irradiación solar durante el periodo (17/07/02 - 24/07/02)



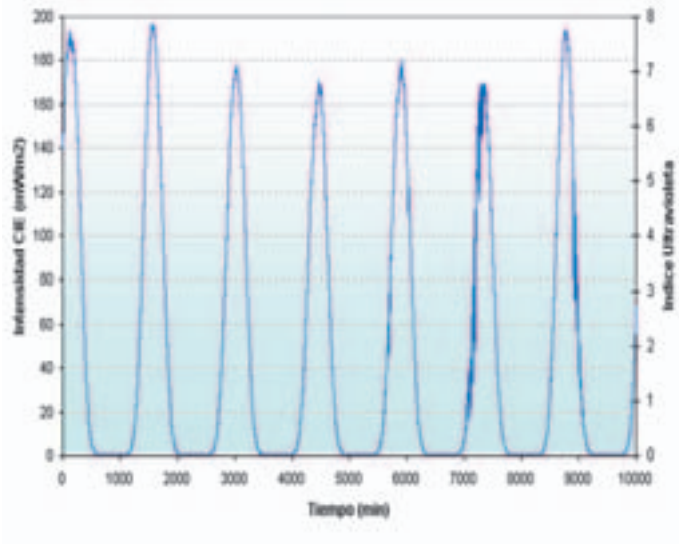
Datos experimentales de Irradiancia solar.



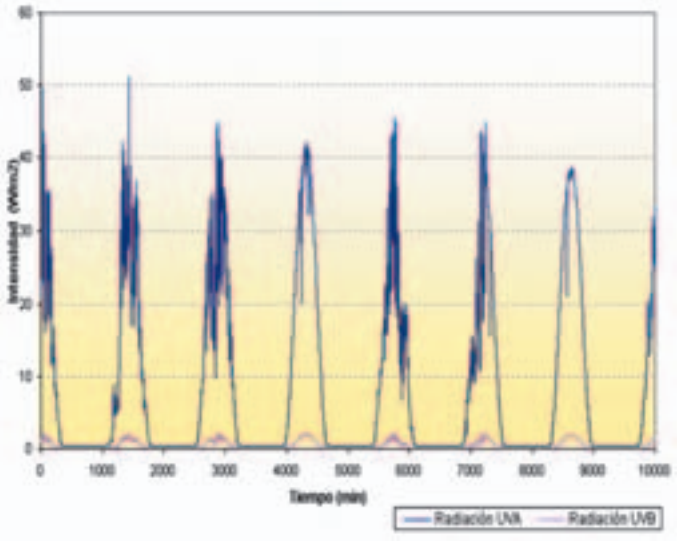
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



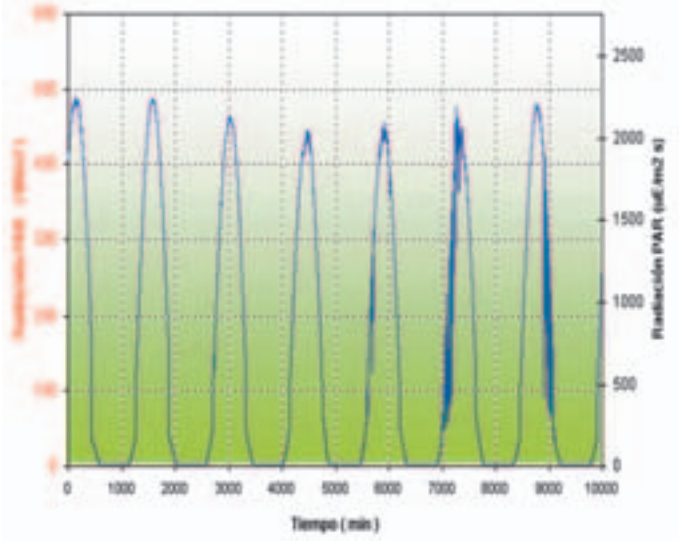
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).



Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.5. RICOTE

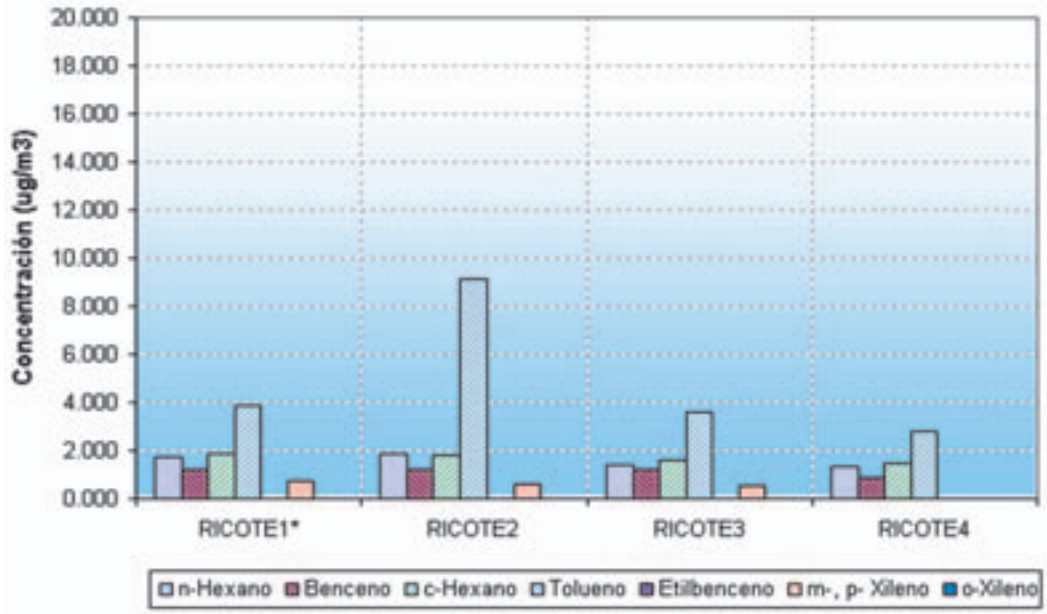
Información Geográfica

Nº de Habitantes	1.579
Período de medida	24/07/02 - 31/07/02
Latitud:	38.1500
Longitud:	-1.3667
Altitud:	293 m.

Localización de los puntos de medida

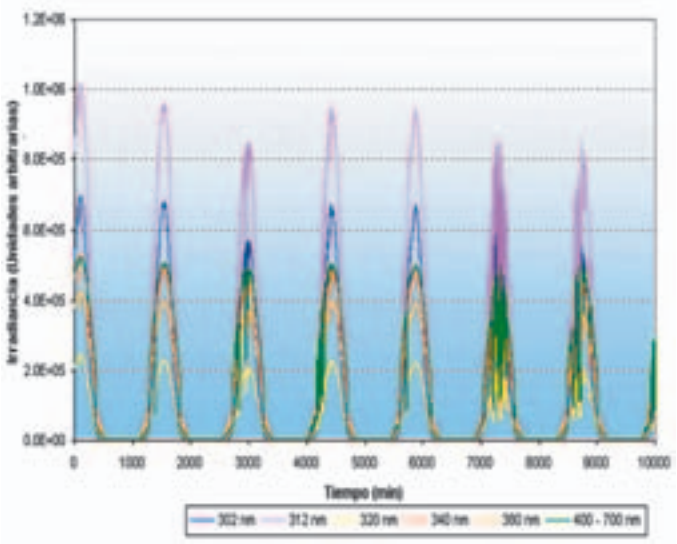
II	Plaza de España - junto a Ayuntamiento
1	Plaza de España - junto a Ayuntamiento
2	Avda. Valle de Ricote - Calle Profesor Tierno Galván
3	Avda. Valle de Ricote - Avda. Juan Carlos I
4	Plaza de San Pedro

Plano urbano del municipio de Ricote. Distribución de captadores de COV's.

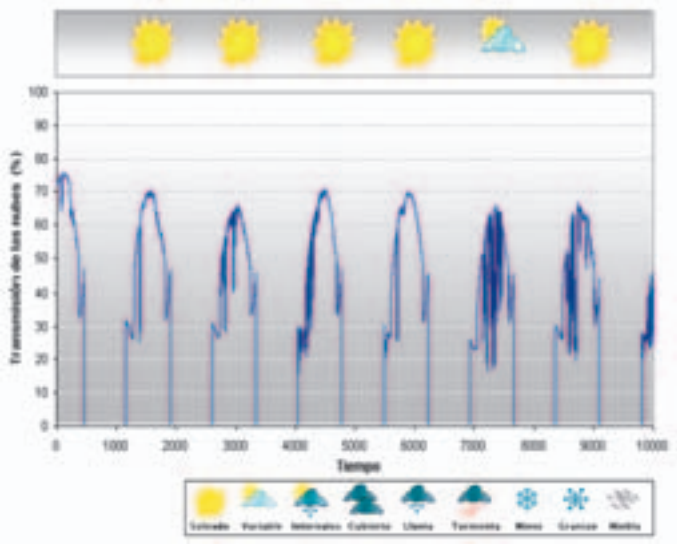


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

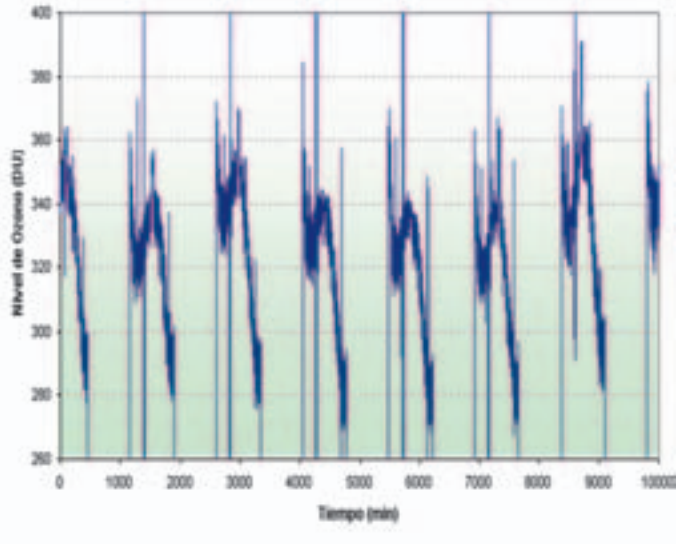
RICOTE. Medida de la irradiación solar durante el periodo (24/07/02 - 31/07/02)



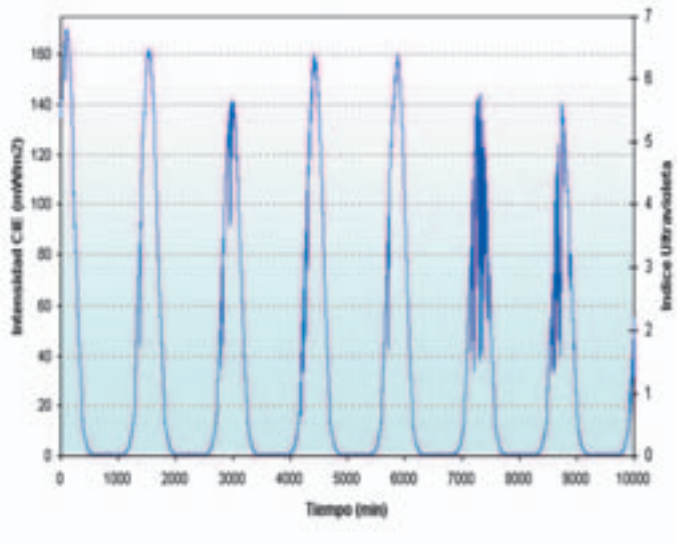
Datos experimentales de Irradiancia solar.



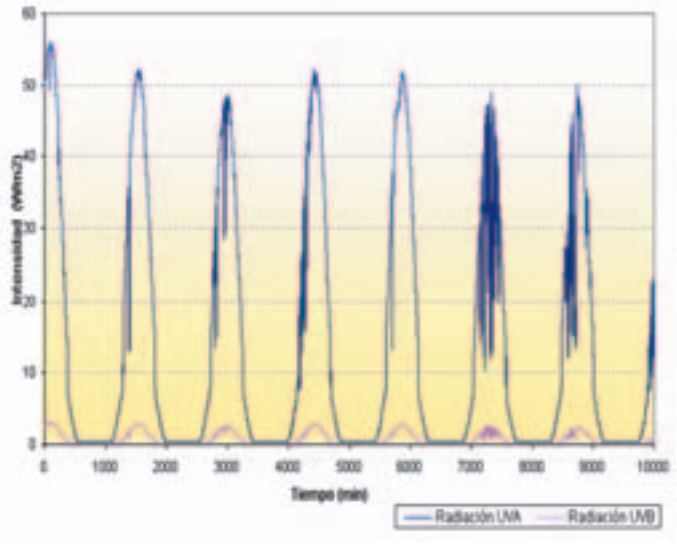
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



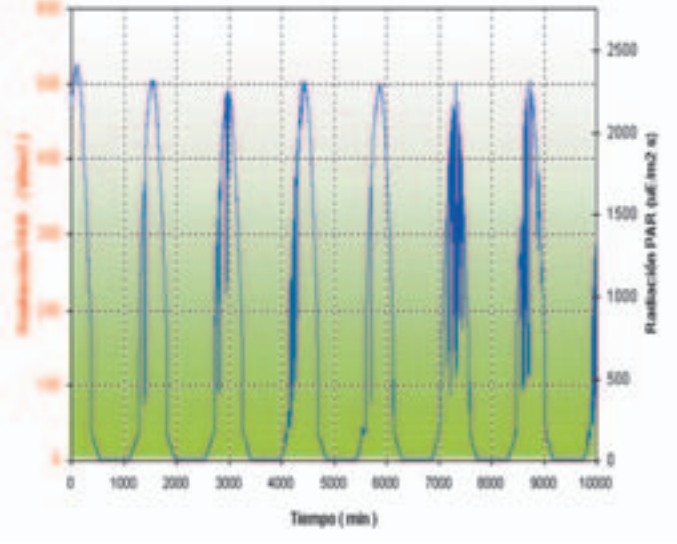
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



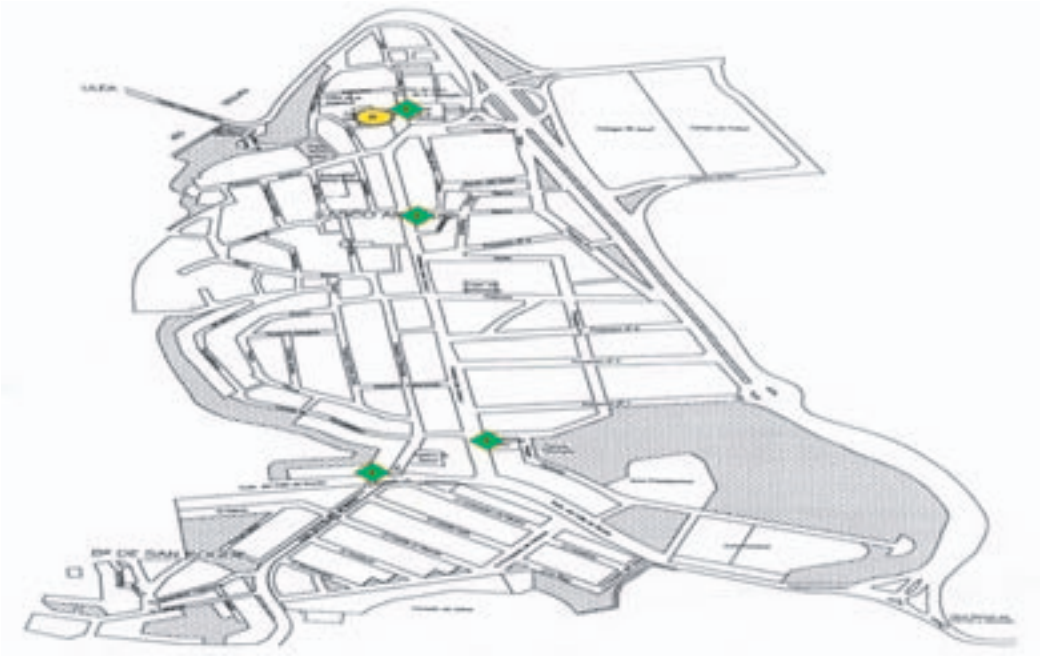
Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).



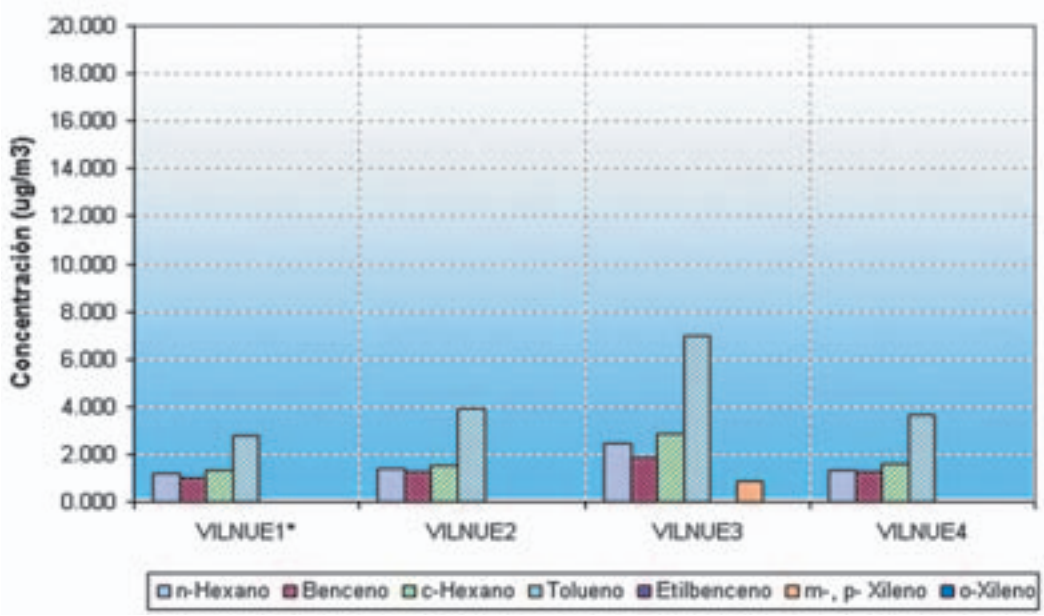
Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.6. VILLANUEVA DEL RÍO SEGURA

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	1.555	Terraza del centro cultural Infanta Cristina
Período de medida	31/07/02 - 07/08/02	Plaza de la Constitución - Terraza del Ayuntamiento
Latitud:	38.1333	Avda. Juan Carlos I - Calle Asunción
Longitud:	-1.316700	Plaza Andrés Ortiz
Altitud:	113 m.	Avda. Valle de Ricote - Avda. Región de Murcia

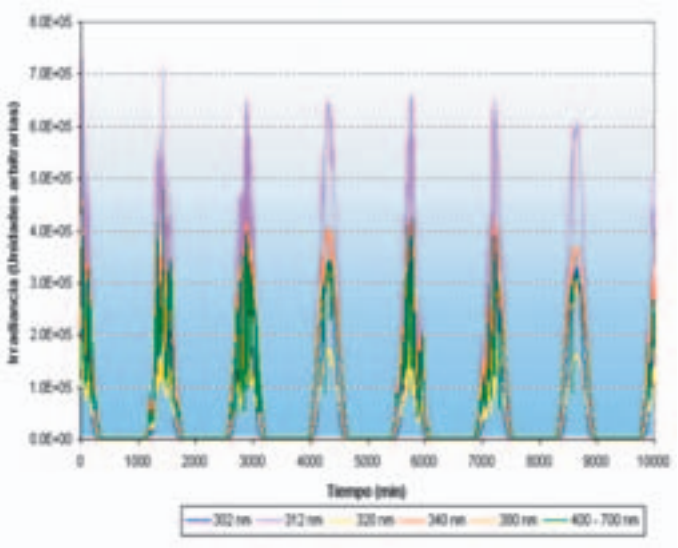


Plano urbano del municipio de Villanueva del Río Segura. Distribución de captadores de COV's.

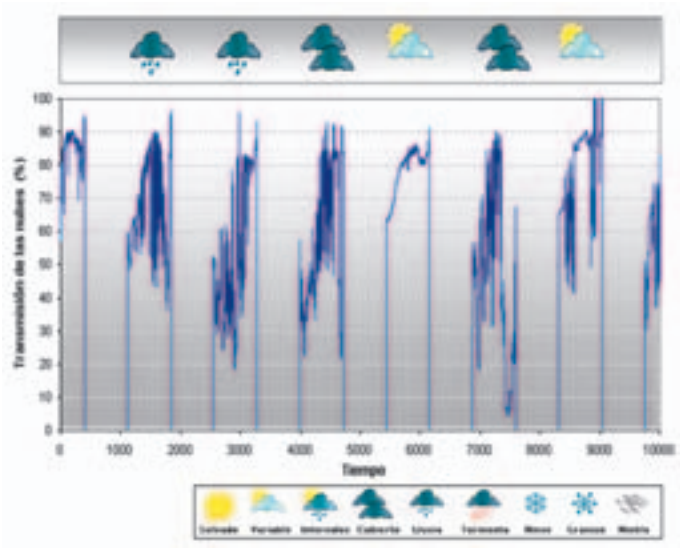


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

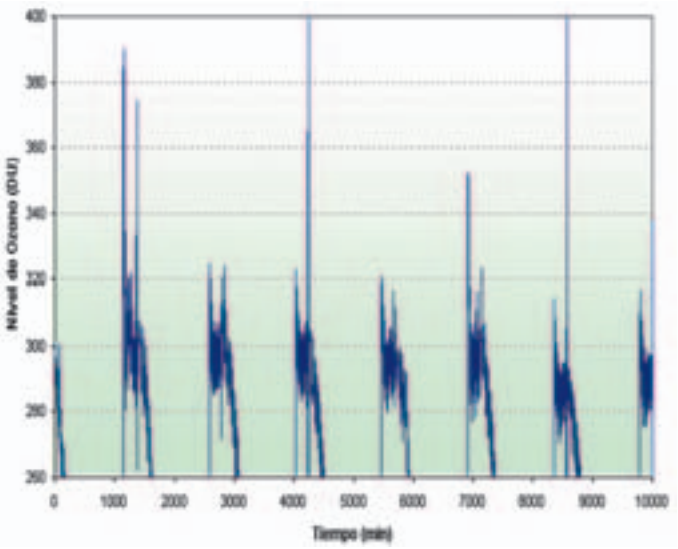
VILLANUEVA DEL RÍO SEGURA. Medida de la irradiación solar durante el periodo (31/07/02 - 07/08/02)



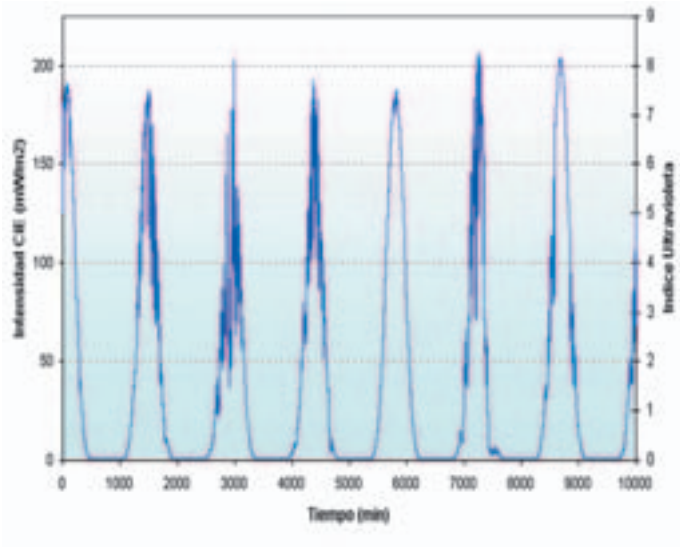
Datos experimentales de Irradiancia solar.



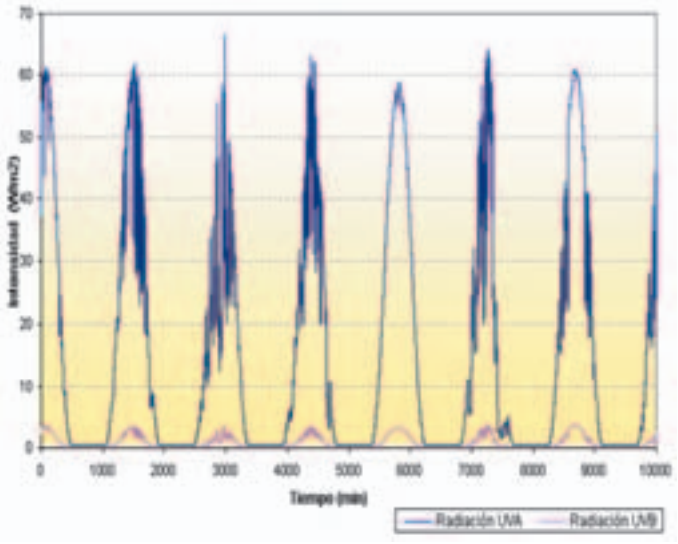
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



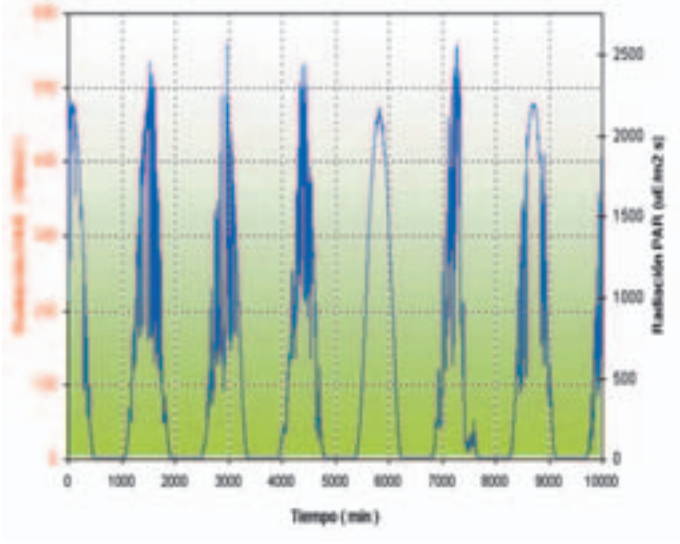
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



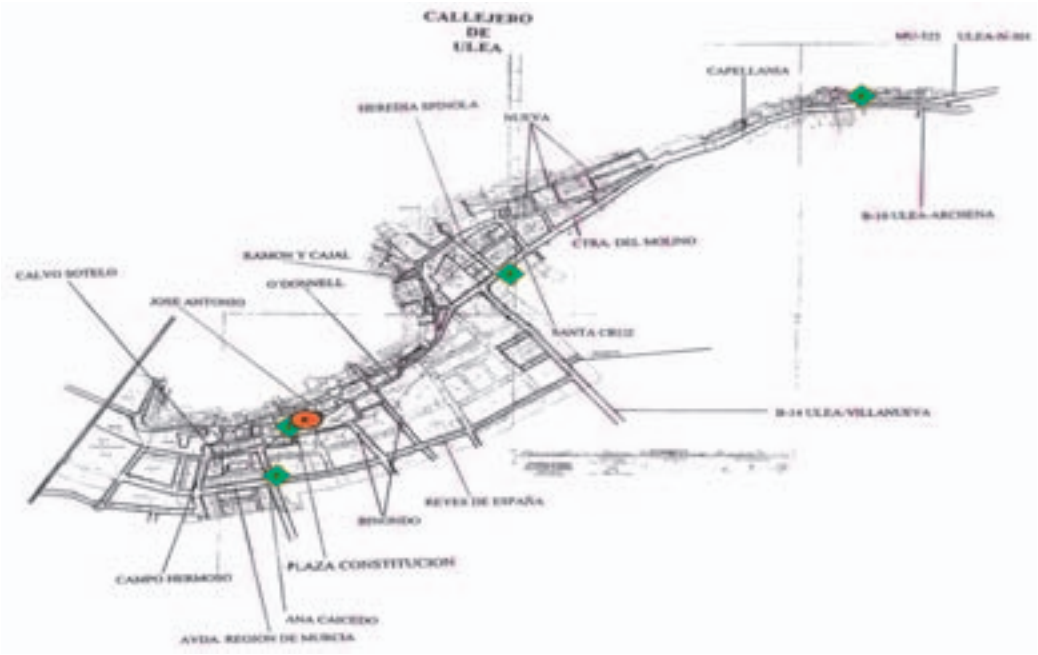
Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).



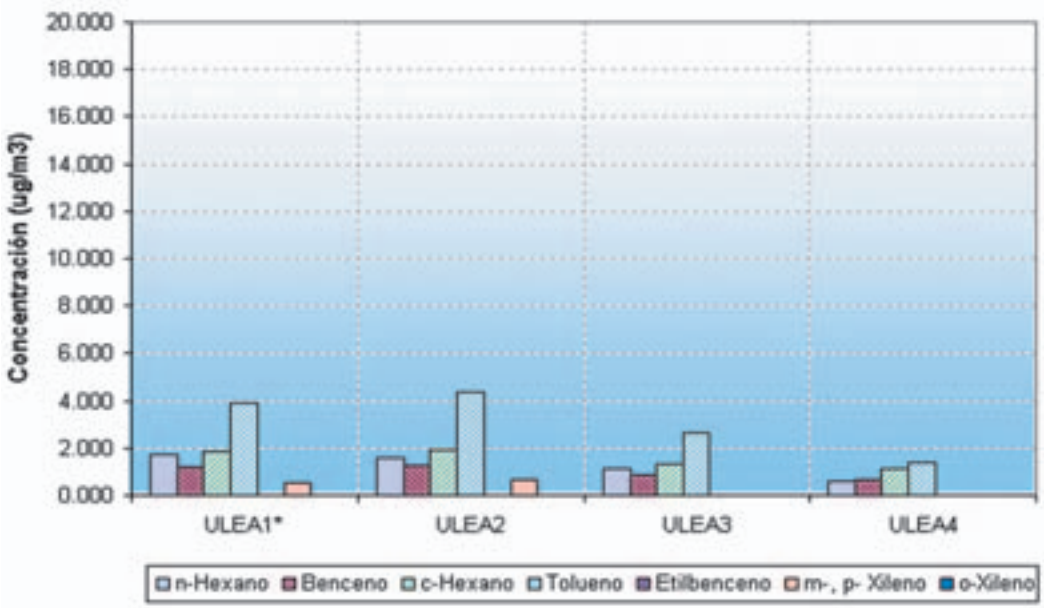
Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.7. ULEA

Información Geográfica		Localización de los puntos de medida
Nº de Habitantes	956	Terraza del Ayuntamiento (Edif. Antiguo)
Período de medida	07/08/02 - 14/08/02	Plaza de la Constitución
Latitud:	38.1333	Avda. de la Región de Murcia - Calle Ana Caicedo
Longitud:	-1.3333	Carretera del Molino - Calle Heredia Espinola
Altitud:	126 m.	Calle Capellanía - Carretera Ulea-(N-301)

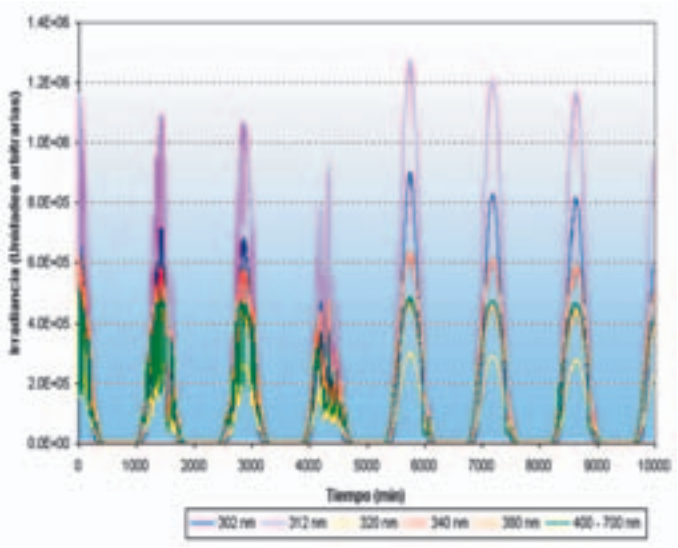


Plano urbano del municipio de Ulea. Distribución de captadores de COV's.

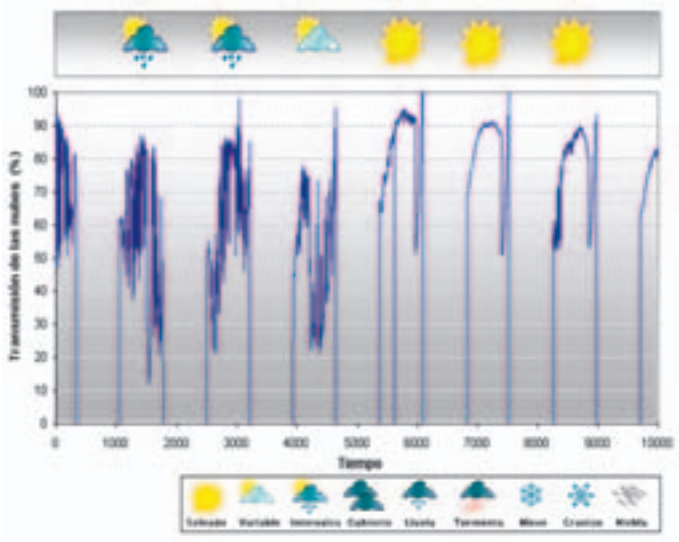


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

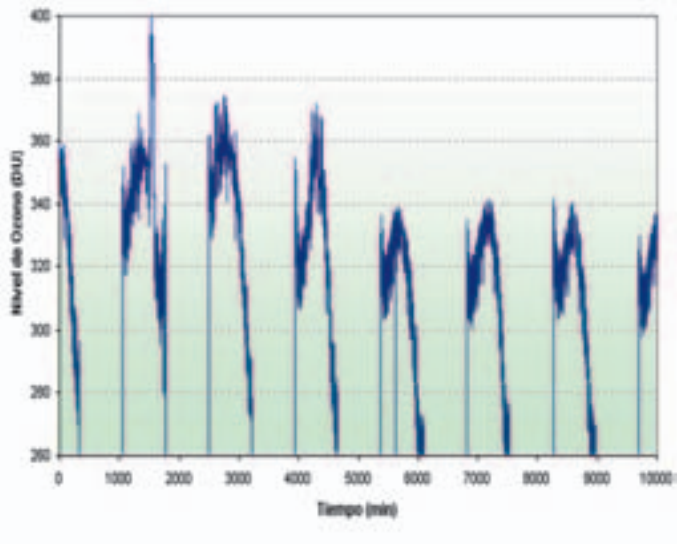
ULEA. Medida de la irradiación solar durante el periodo (07/08/02 - 14/08/02)



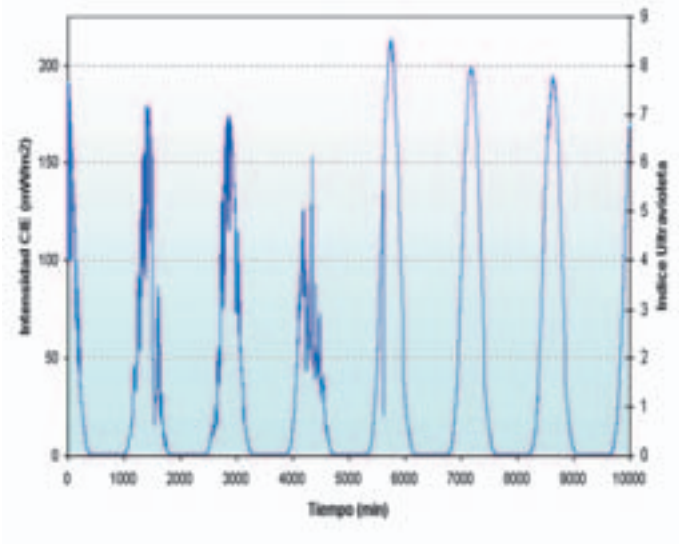
Datos experimentales de Irradiancia solar.



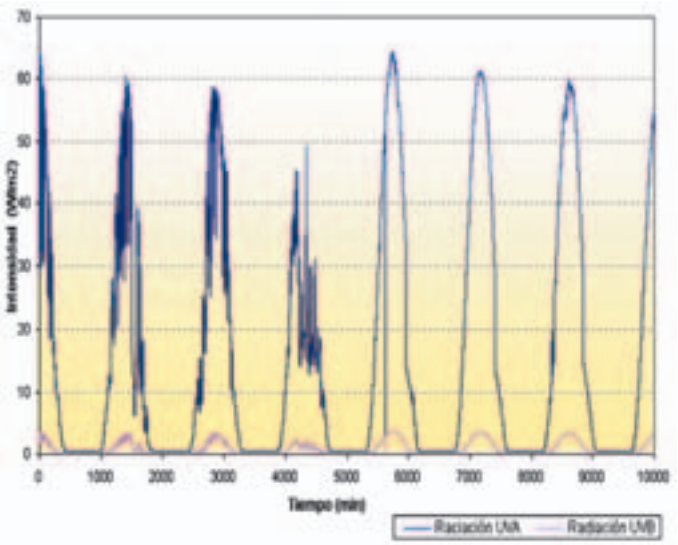
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



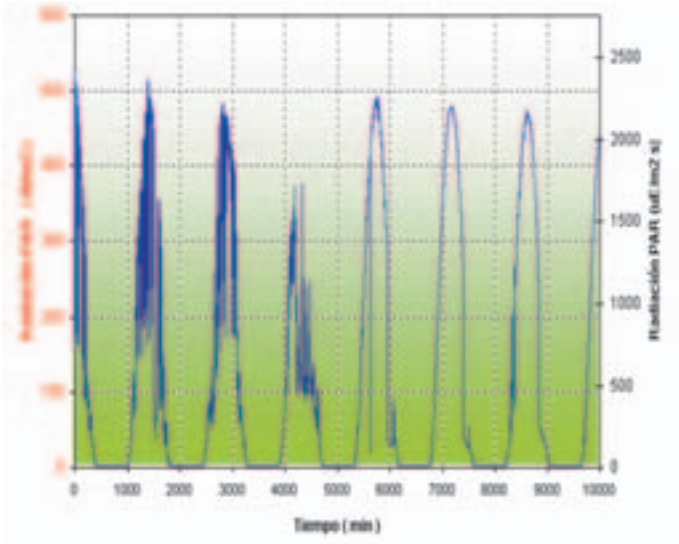
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



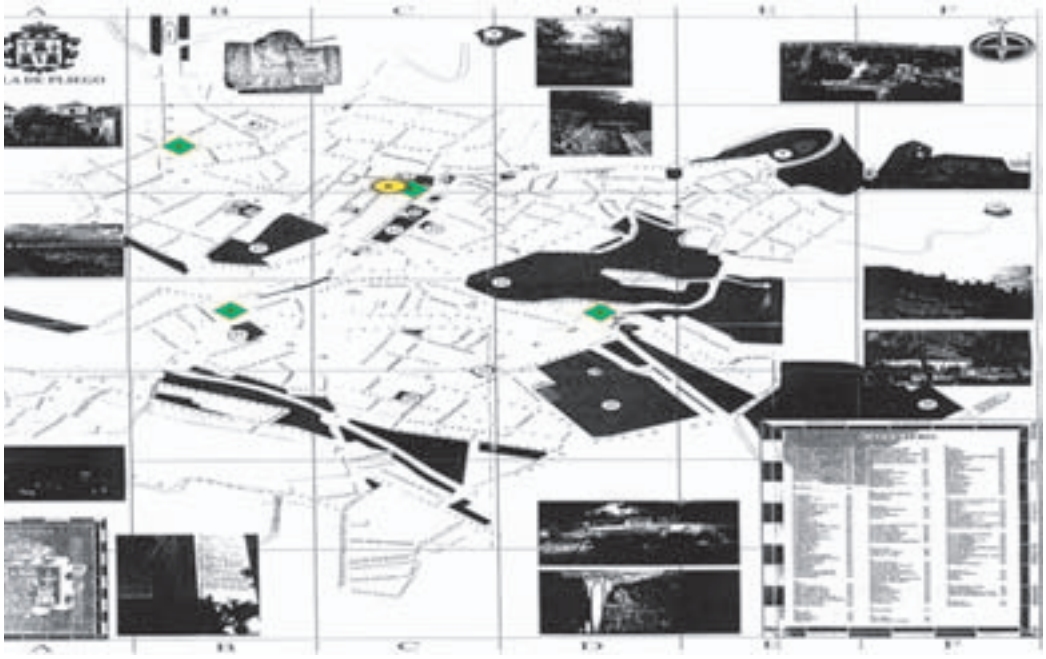
Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).



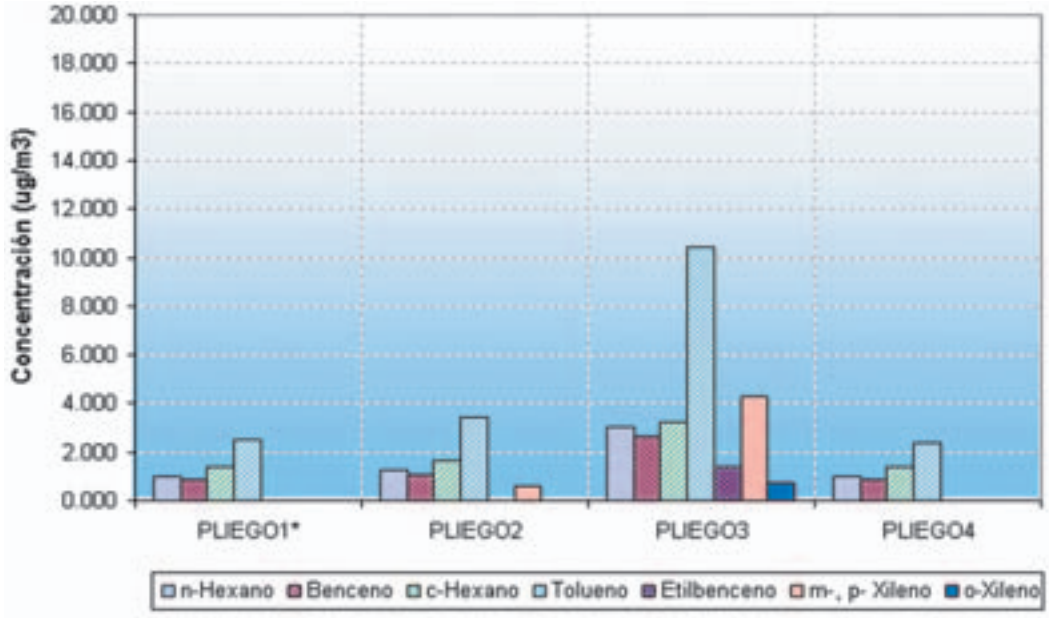
Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.8. PLIEGO

Información Geográfica		Localización de los puntos de medida
Nº de Habitantes	3.401	Terraza del Ayuntamiento
Período de medida	14/08/02 - 21/08/02	Calle Federico Balart - Calle de la Iglesia
Latitud:	37.9833	Avda. de Alhama (Parada de Autobús)
Longitud:	-1.5000	Avda. de Alhama - Avda. de Lorca
Altitud:	420 m.	Avda. de Mula - Calle Picaso

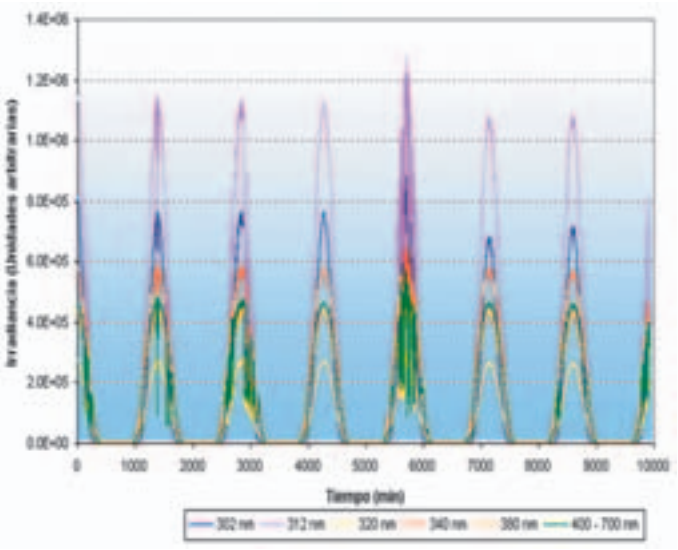


Plano urbano del municipio de Pliego. Distribución de captadores de COV's.

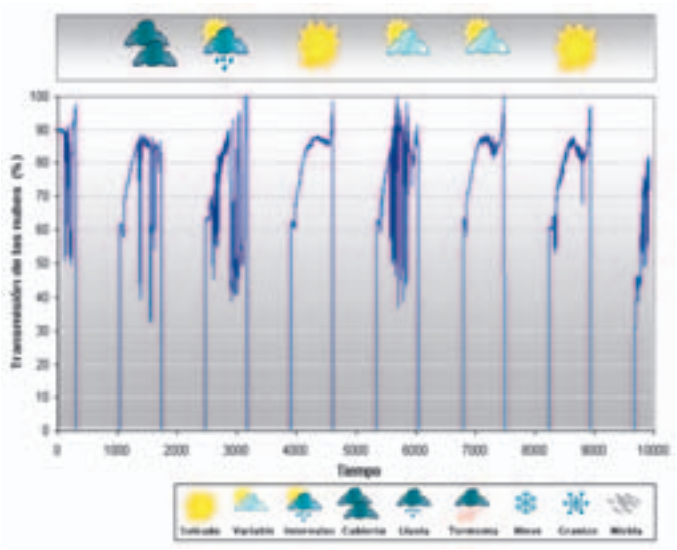


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

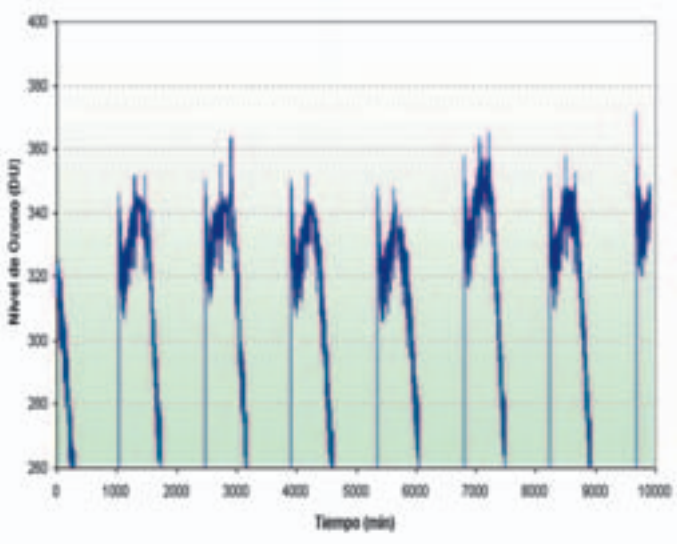
PLIEGO. Medida de la irradiación solar durante el periodo (14/08/02 - 21/08/02)



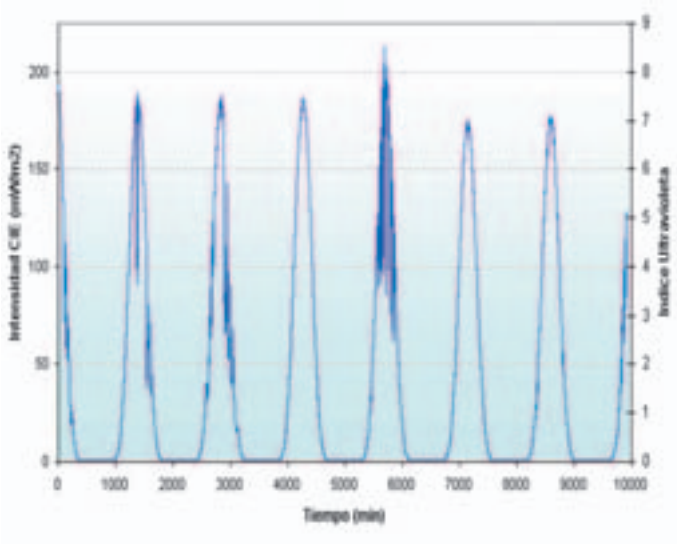
Datos experimentales de Irradiancia solar.



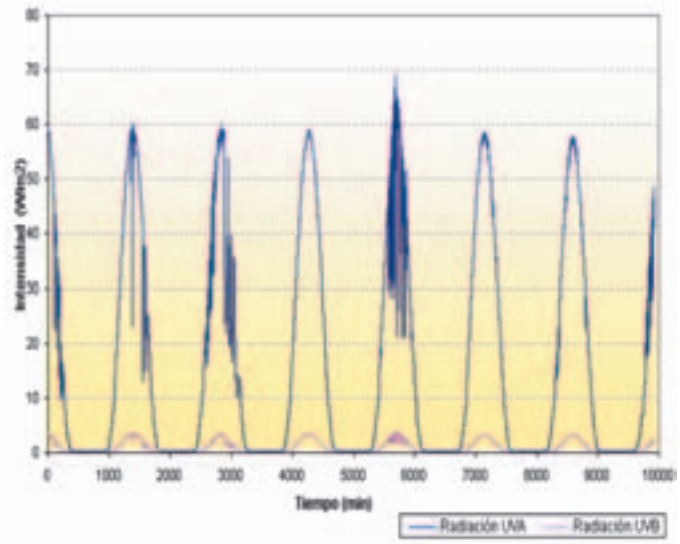
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



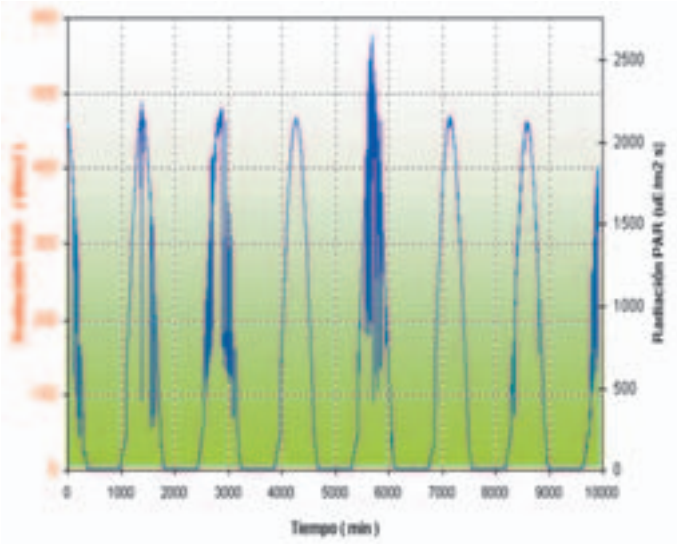
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).

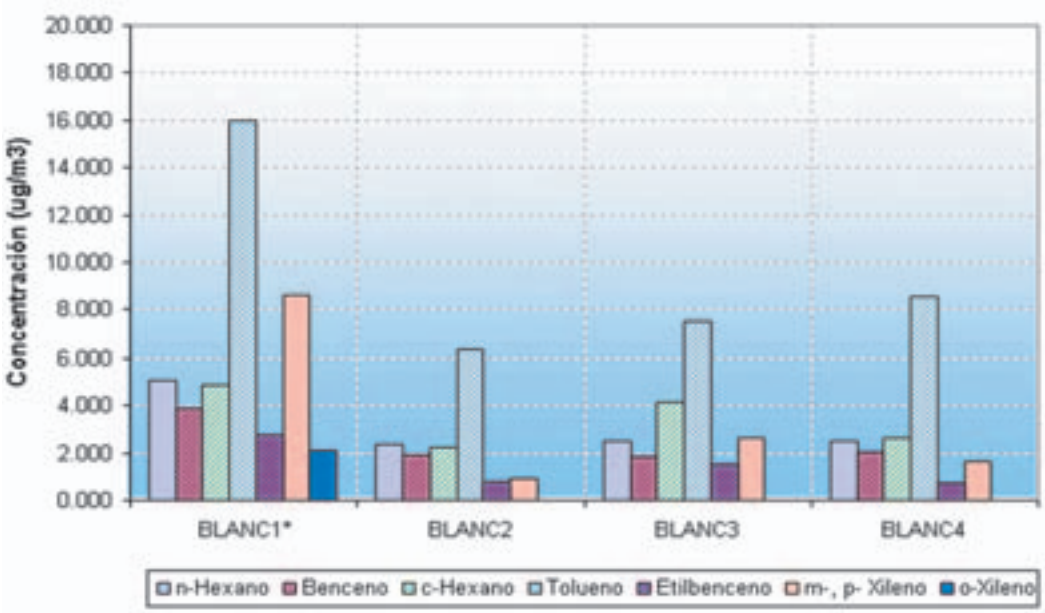


Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.9. BLANCA

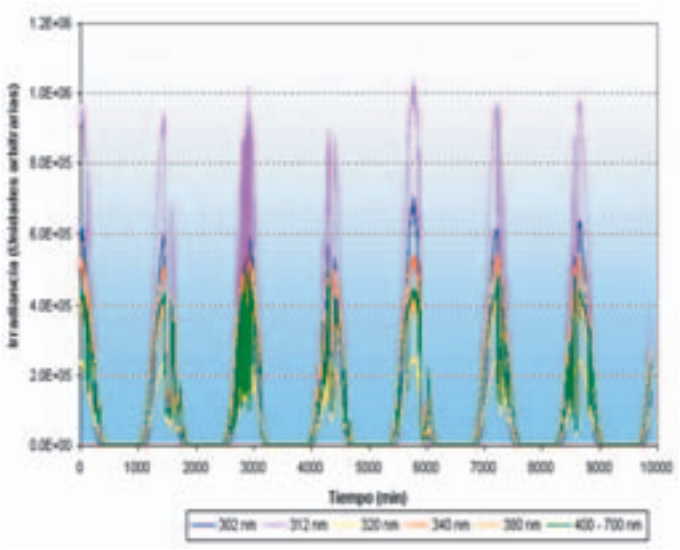
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	5.706	Terraza del Teatro Victoria
Período de medida	21/08/02 - 28/08/02	Gran Vía - Calle Ortega y Gasset
Latitud:	38.1833	Calle de San Roque - Calle del Dr. Navajas
Longitud:	-1.3667	Carretera de la Estación
Altitud:	233 m.	Calle Federico Servet - Puente de Hierro

Plano urbano del municipio de Blanca. Distribución de captadores de COV's.

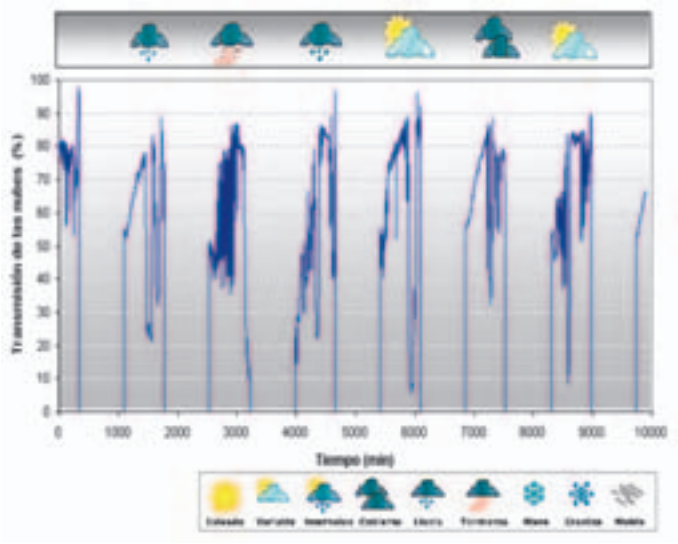


Concentración ($\mu g/m^3$) de COV's recogida en los cuatro captadores.

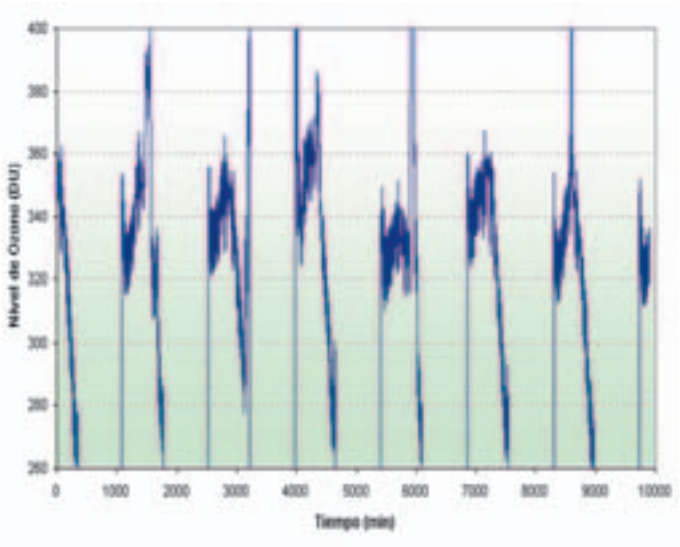
BLANCA. Medida de la irradiación solar durante el periodo (21/08/02 - 28/08/02)



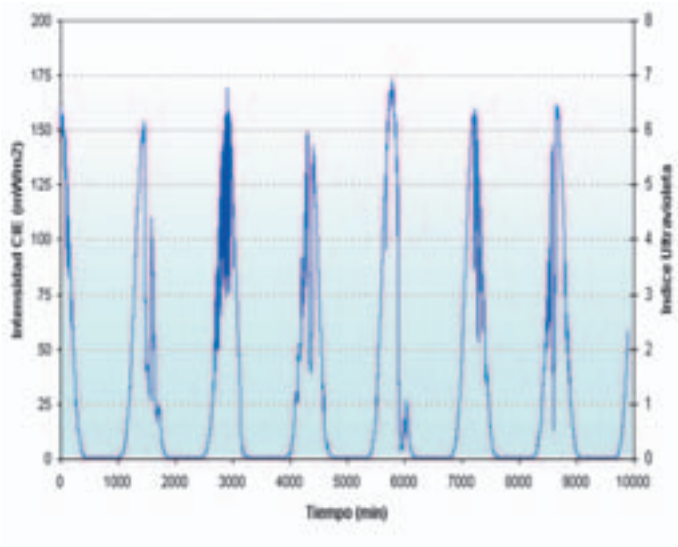
Datos experimentales de Irradiancia solar.



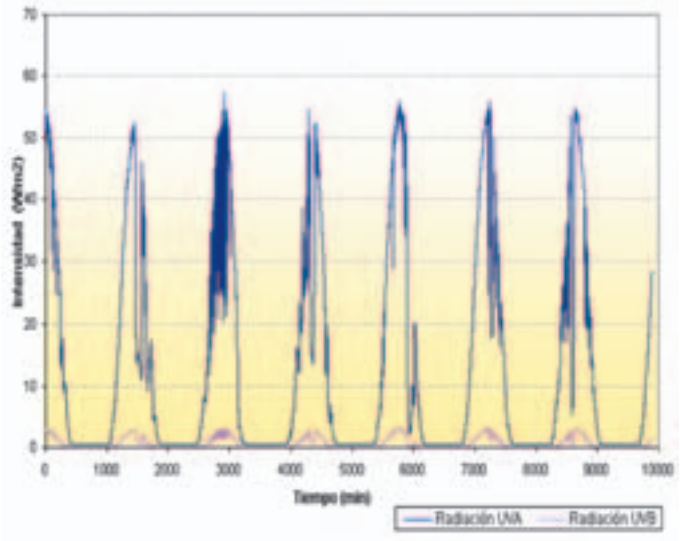
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



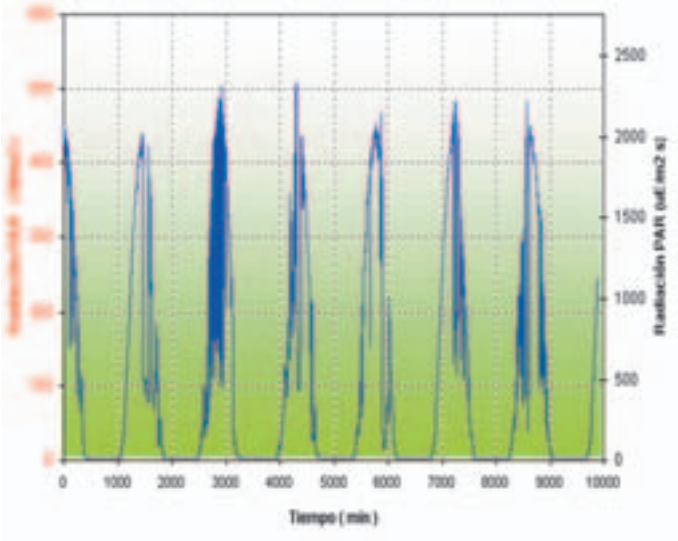
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



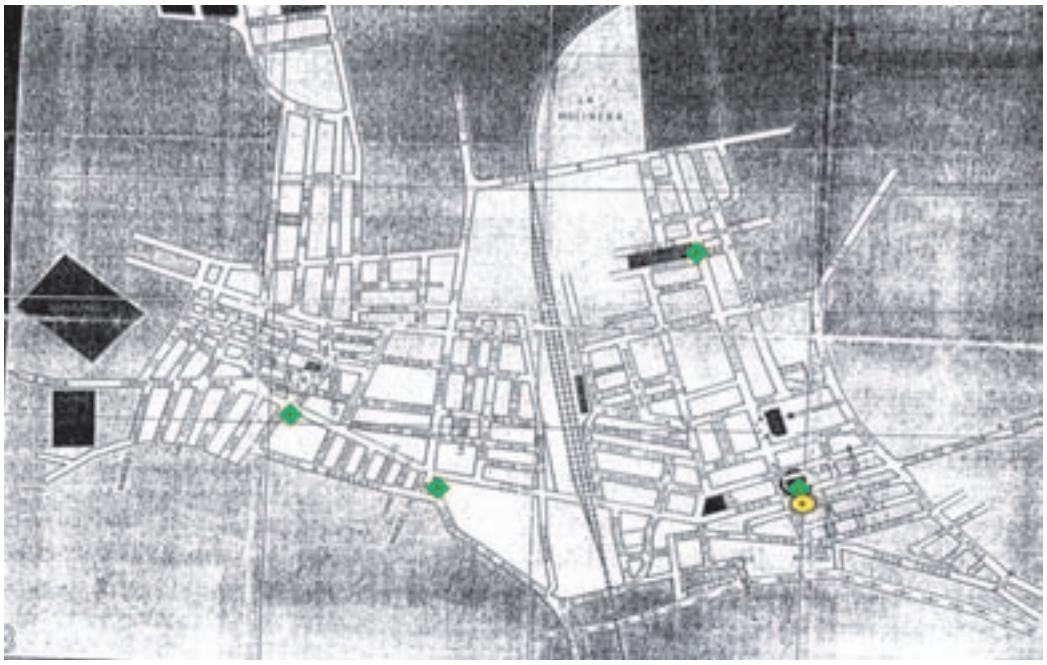
Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).



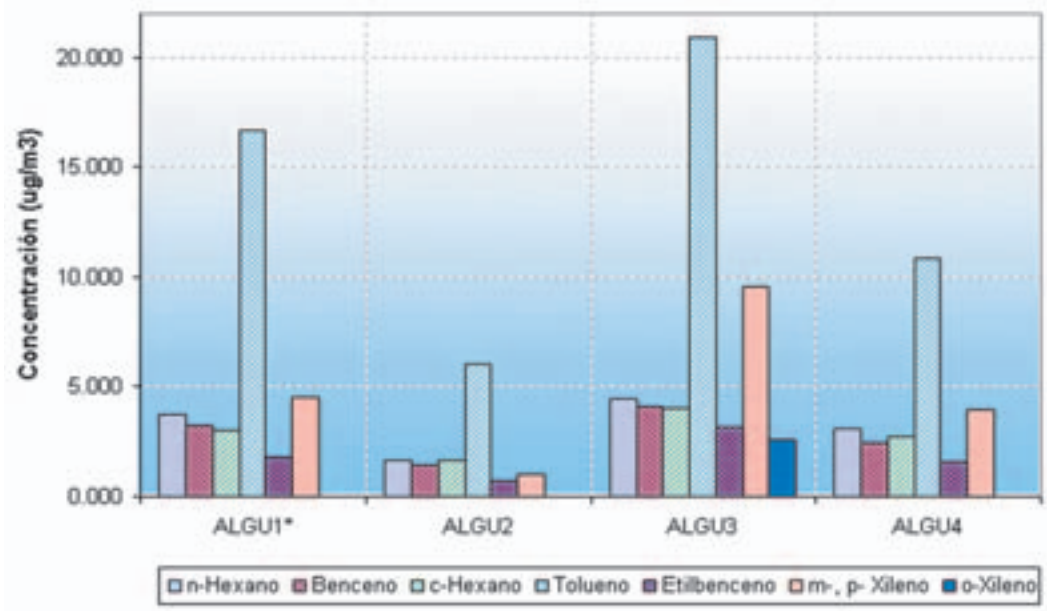
Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.10. ALGUAZAS

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	7.021	Terraza del Centro Cultural
Período de medida	28/08/02 - 04/09/02	Calle Mayor - Iglesia
Latitud:	38.0500	Calle Las Escuelas - Colegio Público General Primo de Rivera
Longitud:	-1.2333	Carretera Alcantarilla - Mula - Ceutí
Altitud:	83 m.	Carretera de Mula - Plaza de la Libertad

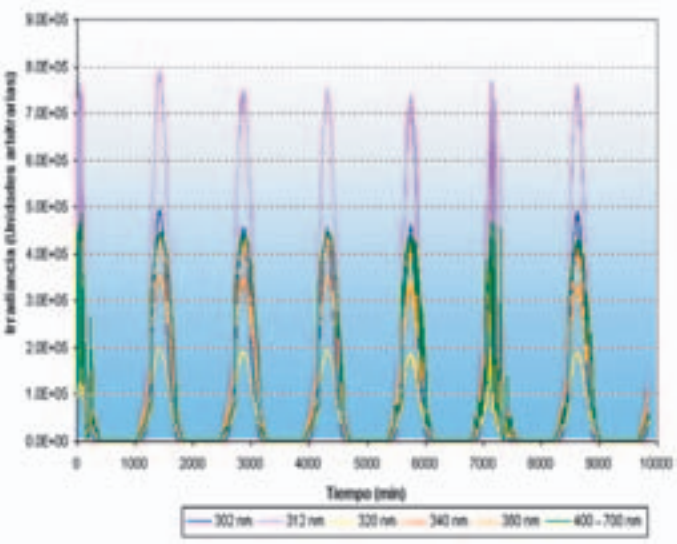


Plano urbano del municipio de Alguazas. Distribución de captadores de COV's.

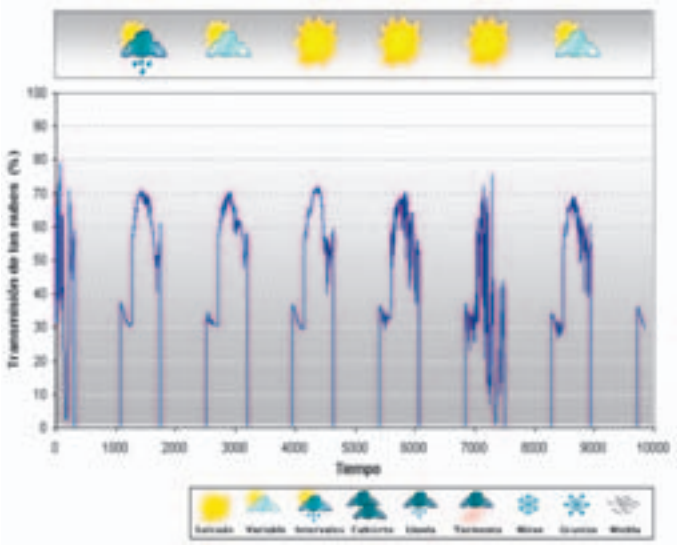


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

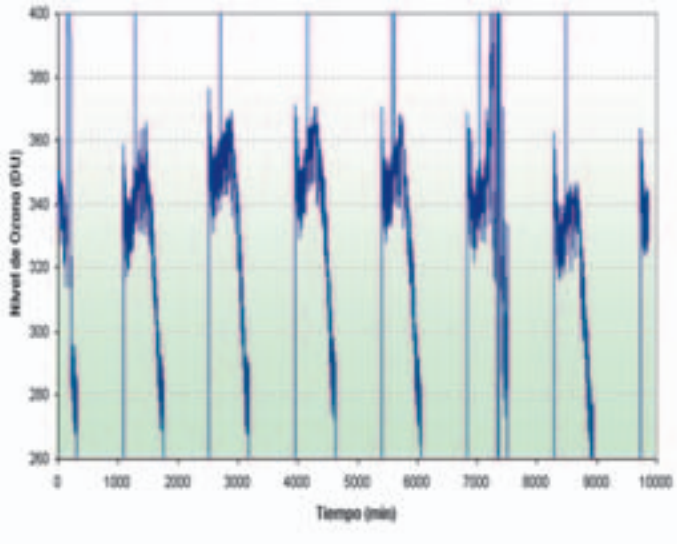
ALGUAZAS. Medida de la irradiación solar durante el periodo (28/08/02 - 04/09/02)



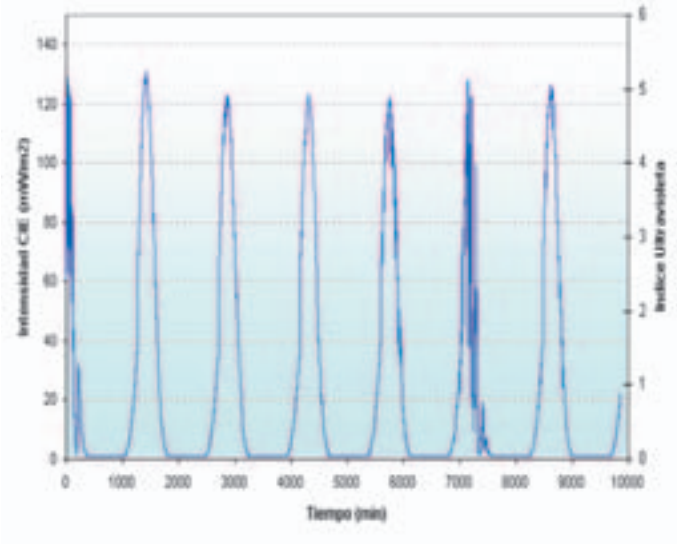
Datos experimentales de Irradiancia solar.



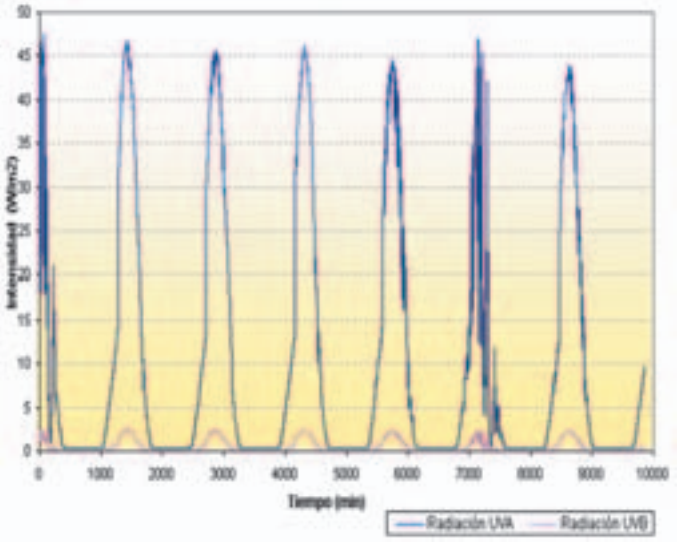
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



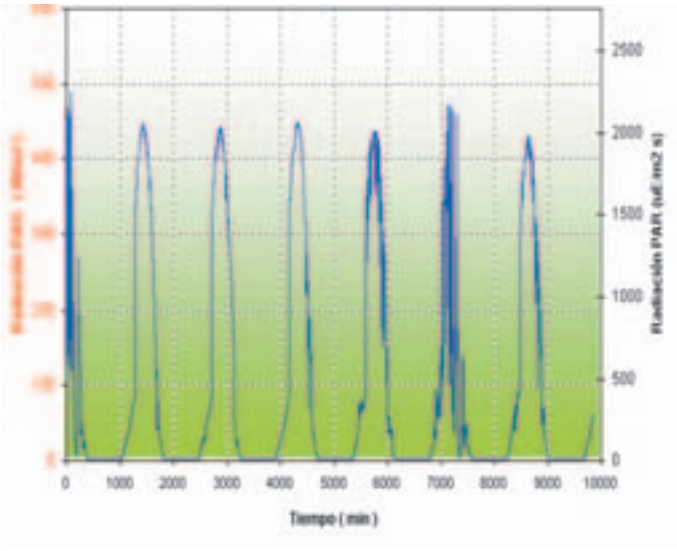
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).

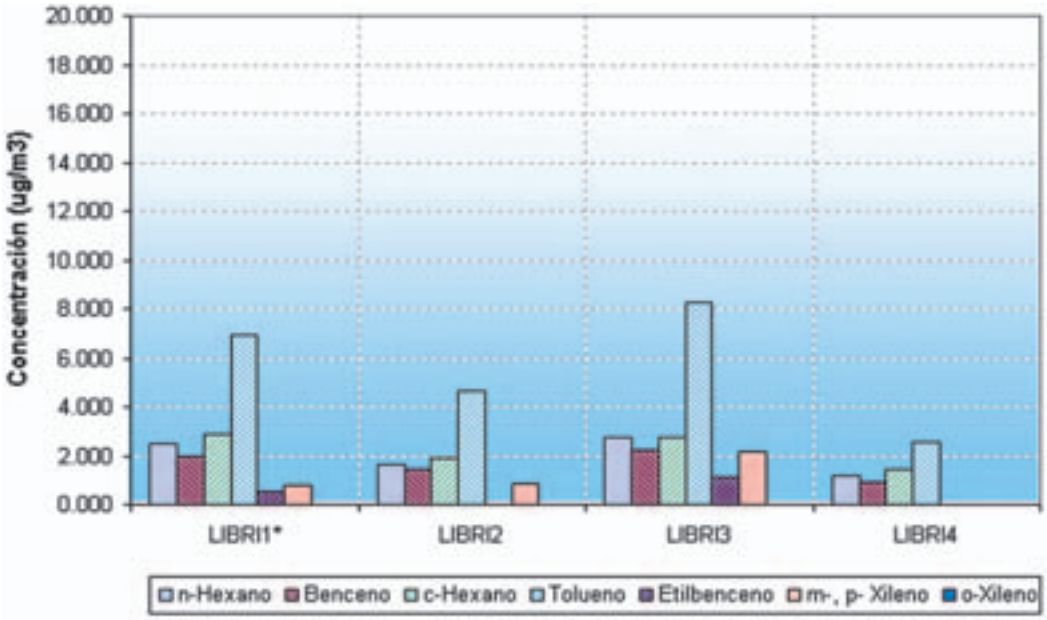


Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.11. LIBRILLA

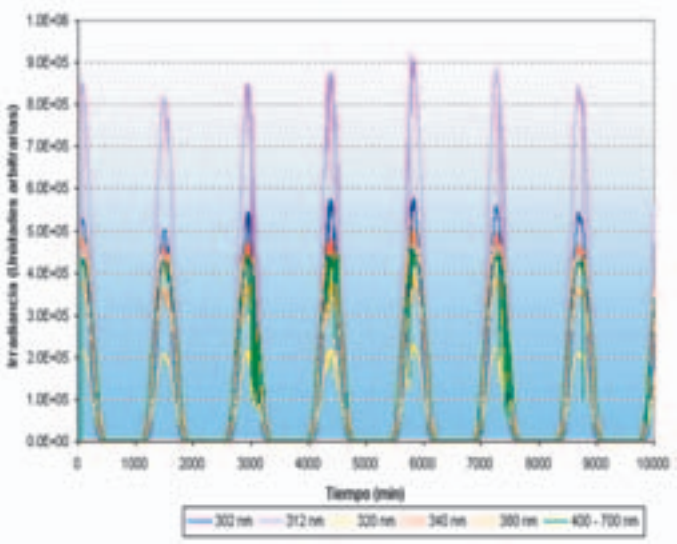
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	3.873	Terraza del Ayuntamiento
Período de medida	04/09/02 - 11/09/02	Balcón del Ayuntamiento
Latitud:	37.8833	Car. Casas Nuevas - Avda. Natividad Sanz de Lezaun
Longitud:	-1.3500	Calle San Bartolomé - Edif. Servicios Múltiples
Altitud:	167 m.	C. Jaime el Conquistador - C. Inf. Sagrado Corazón

Plano urbano del municipio de Librilla. Distribución de captadores de COV's.

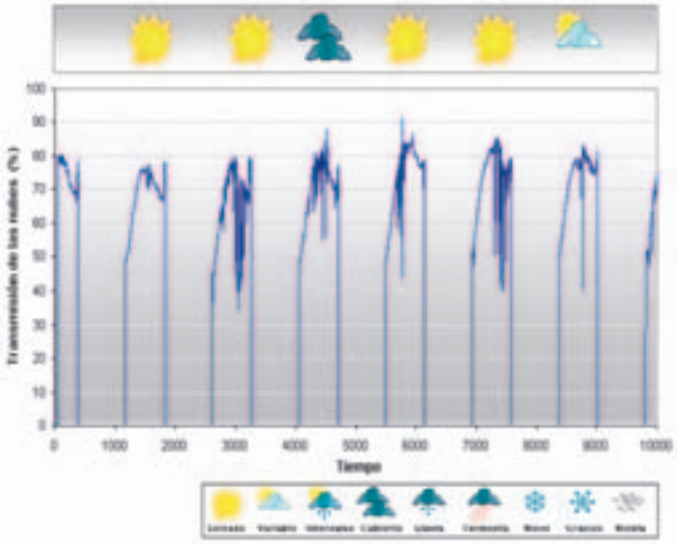


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

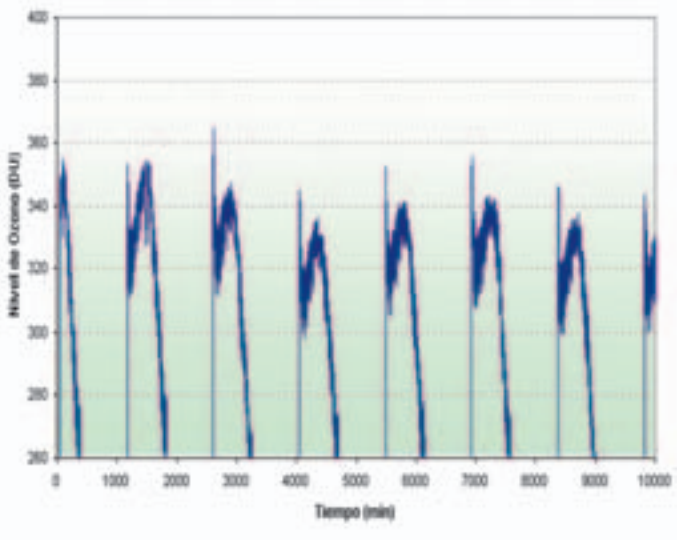
LIBRILLA. Medida de la irradiación solar durante el periodo (04/09/02 - 11/09/02)



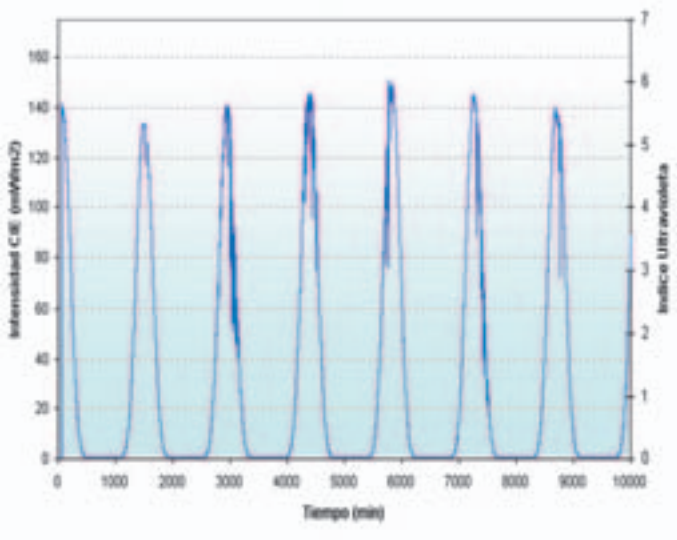
Datos experimentales de Irradiancia solar.



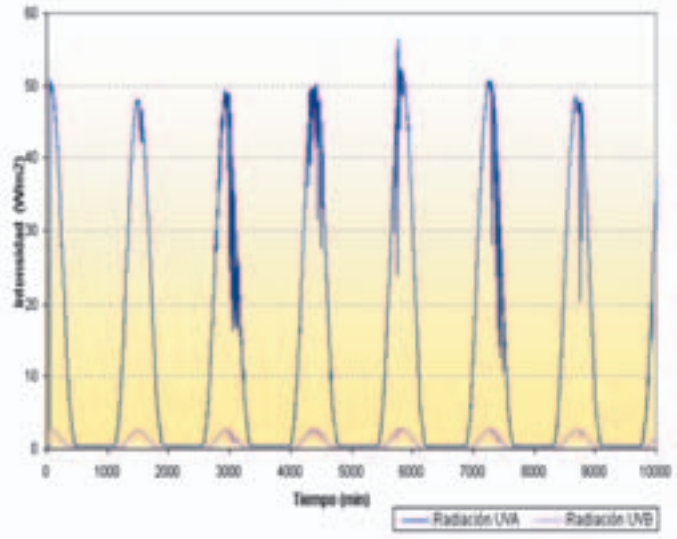
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



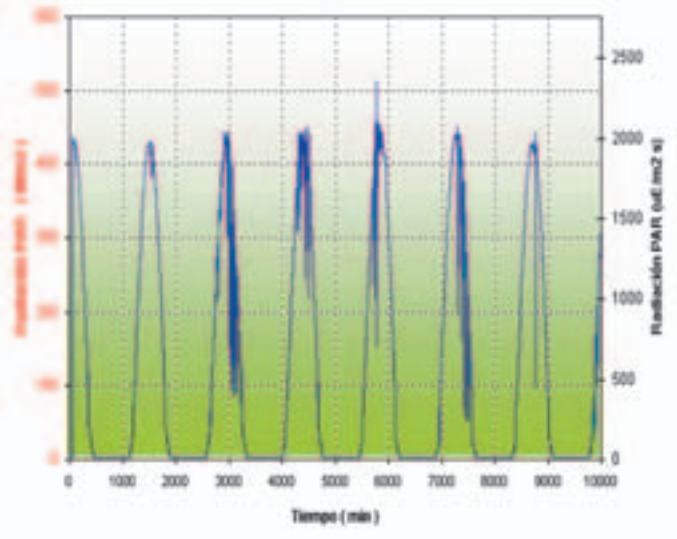
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).

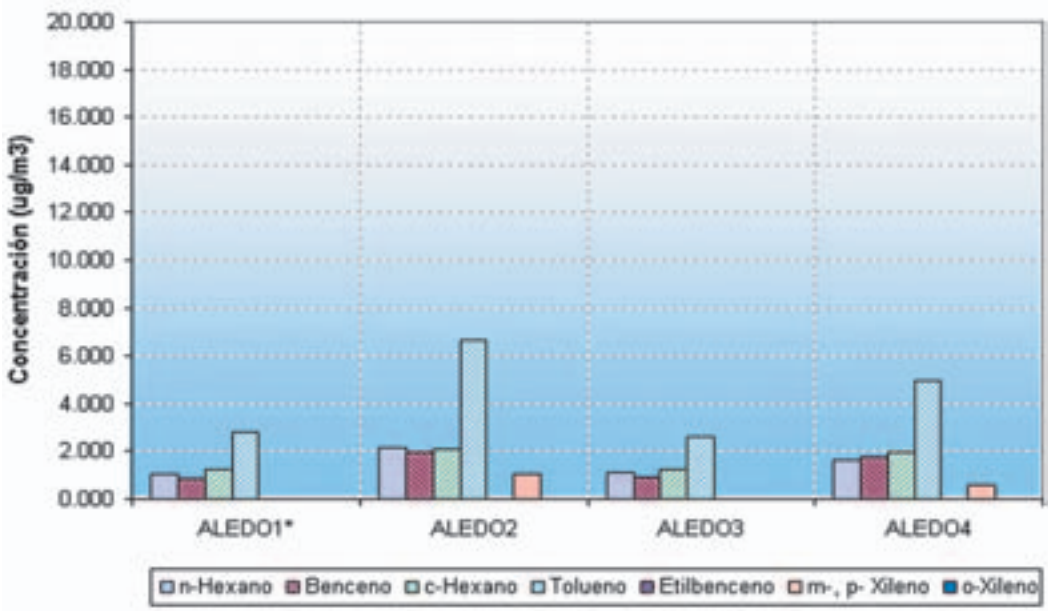


Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.12. ALEDO

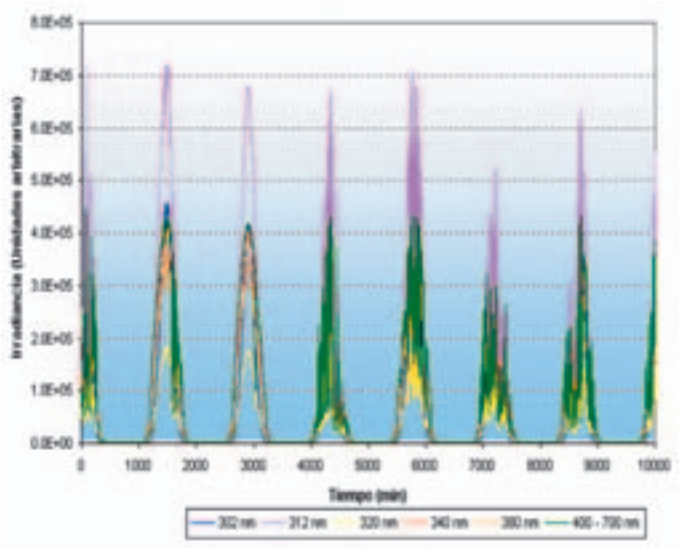
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	1.005	Plaza del Caudillo - Ayuntamiento
Período de medida	26/06/02 - 03/07/02	Balcón del Ayuntamiento
Latitud:	37.8000	Calle José Antonio - Calle Travesía
Longitud:	-1.5667	Plaza de la Diputación
Altitud:	850 m.	Plaza de la Fuente

Plano urbano del municipio de Aledo. Distribución de captadores de COV's.

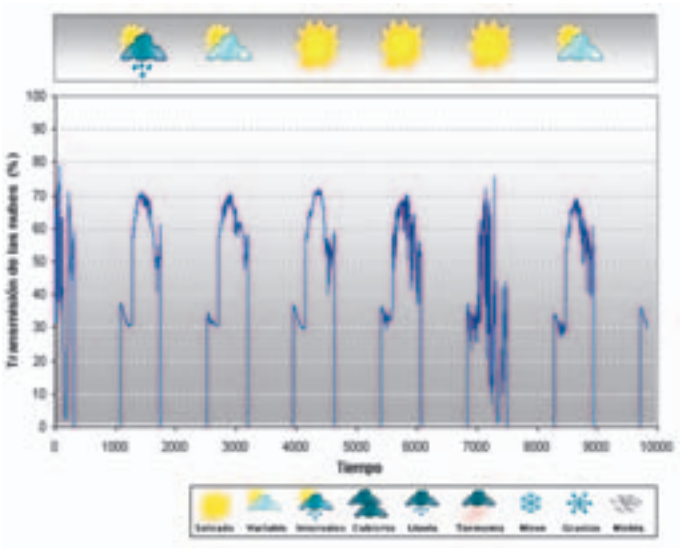


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

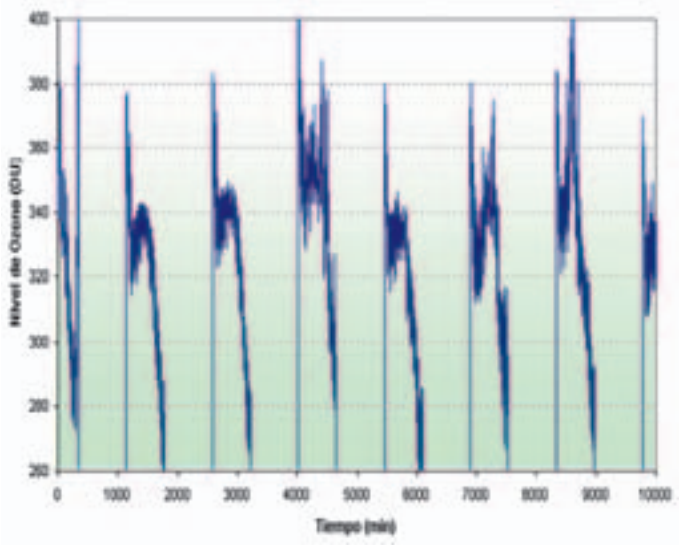
ALEDO. Medida de la irradiación solar durante el periodo (16/10/02 - 23/10/02)



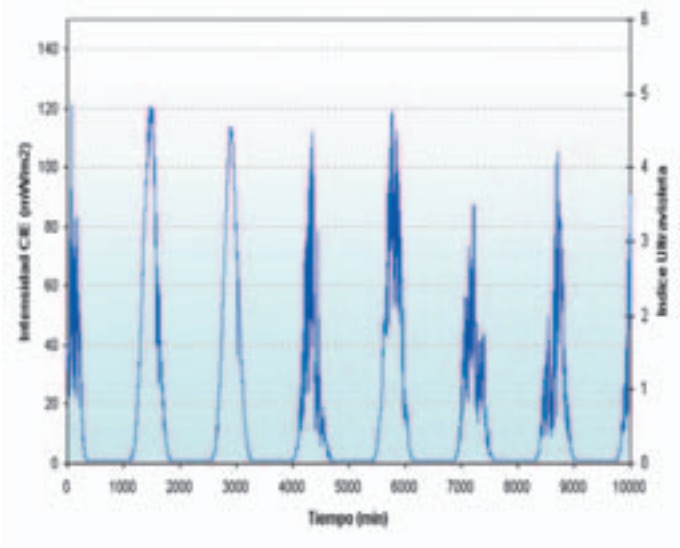
Datos experimentales de Irradiancia solar.



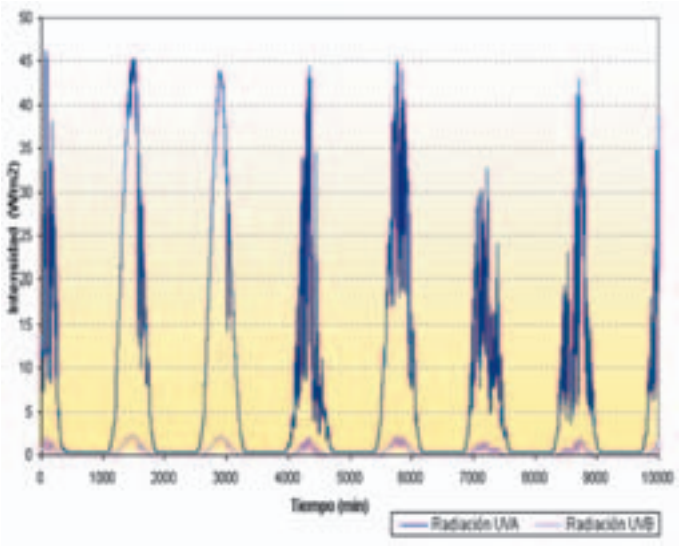
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



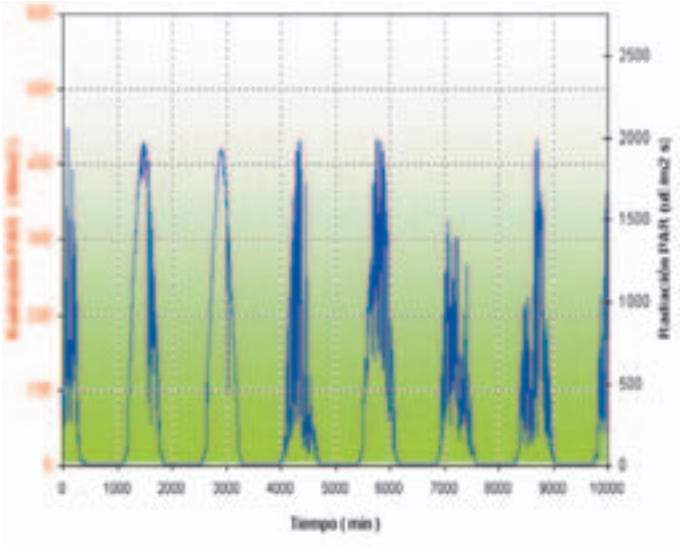
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



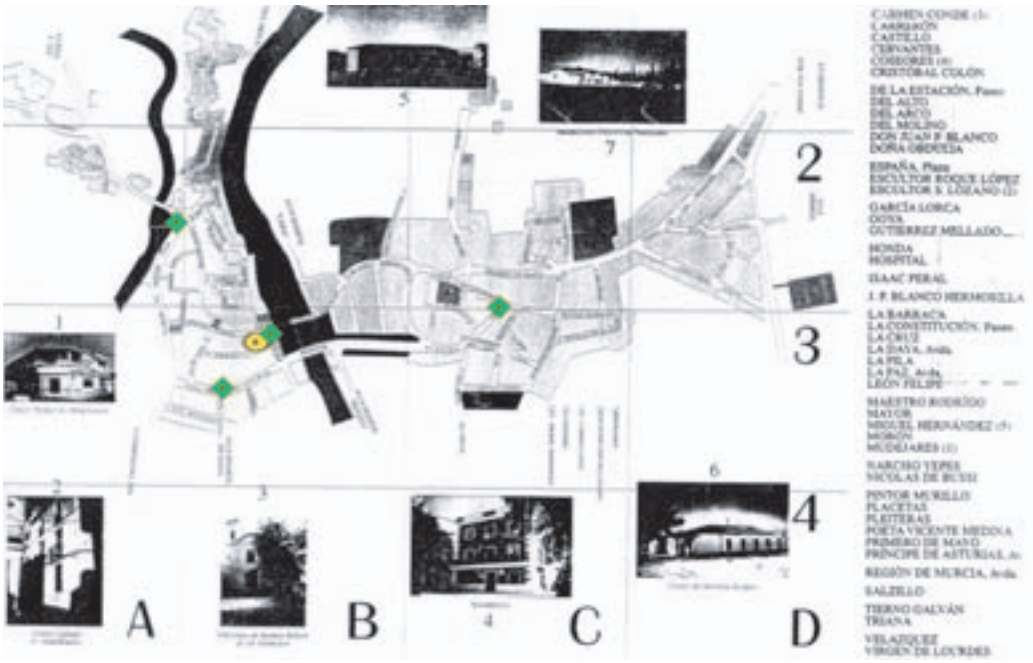
Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).



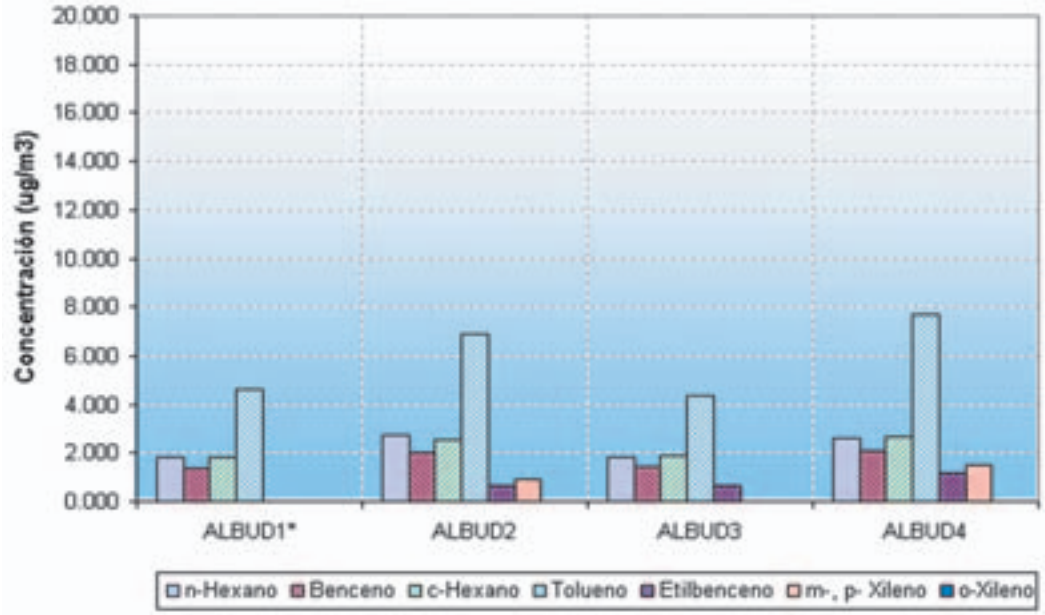
Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.13. ALBUDEITE

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	1.370	Terraza del Ayuntamiento
Período de medida	18/09/02 - 25/09/02	Paseo de la Constitución
Latitud:	38.0333	Avda. Príncipe de Asturias - Avda. la Daya
Longitud:	-1.3833	Avda. de la Región de Murcia - Calle Mayor
Altitud:	181 m.	Avda. de la Paz - Calle Virgen de Lourdes

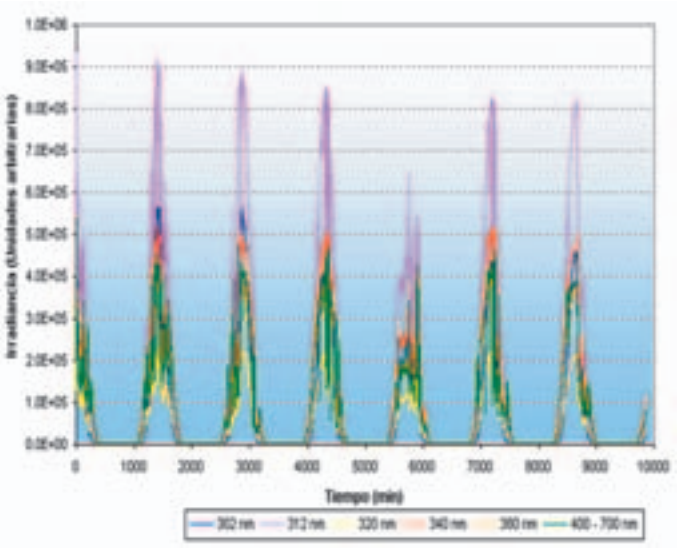


Plano urbano del municipio de Albudeite. Distribución de captadores de COV's.

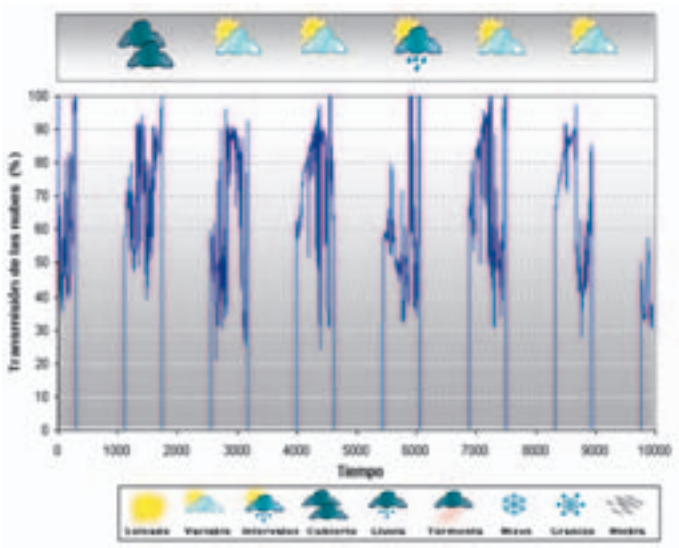


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

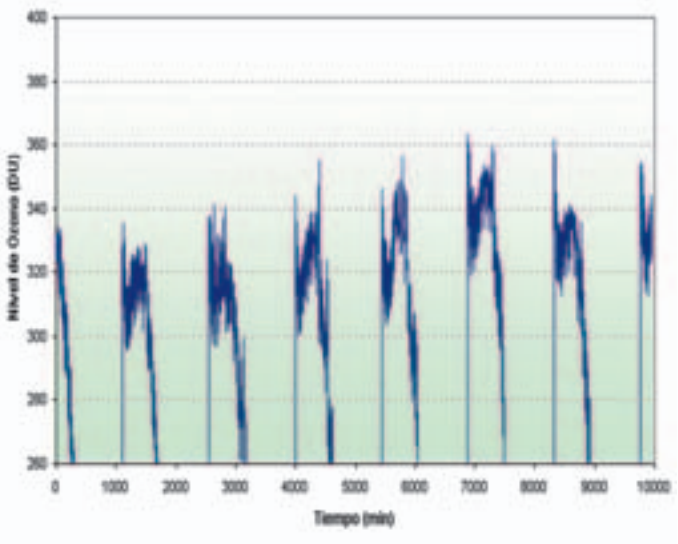
ALBUDEITE. Medida de la irradiación solar durante el periodo (16/10/02 - 23/10/02)



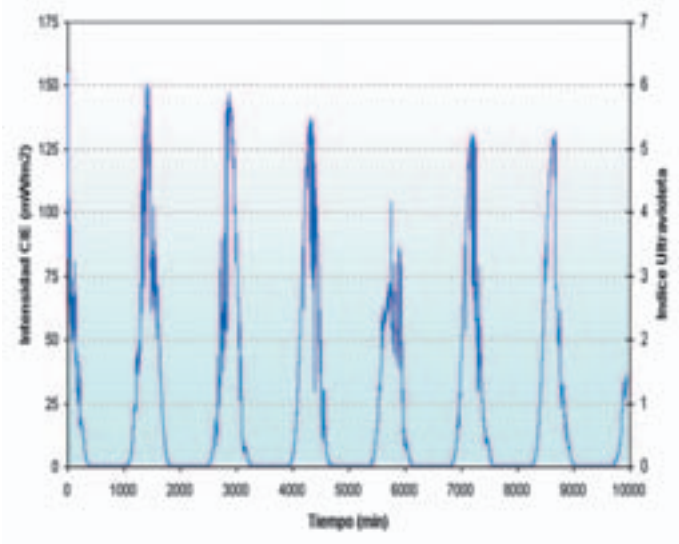
Datos experimentales de Irradiancia solar.



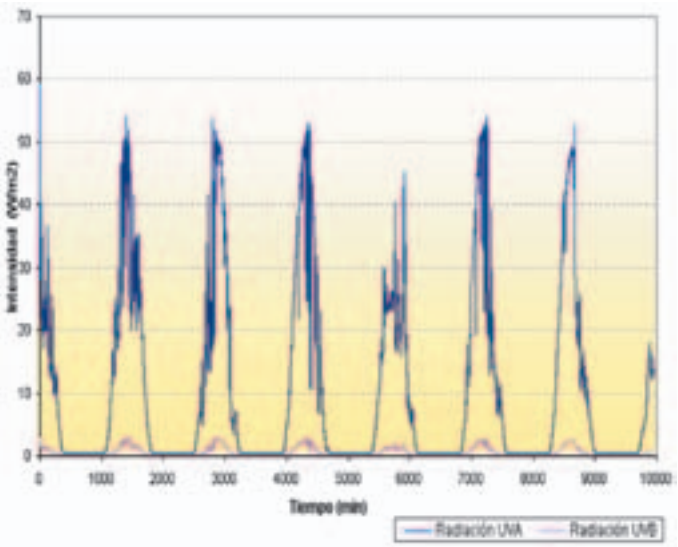
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



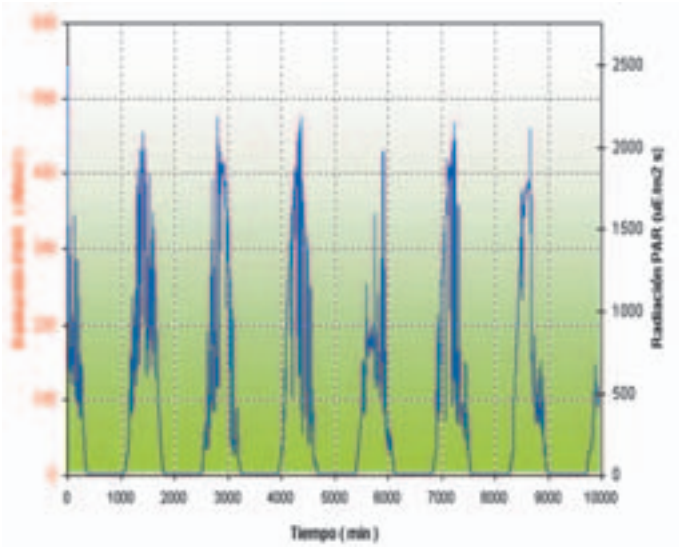
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



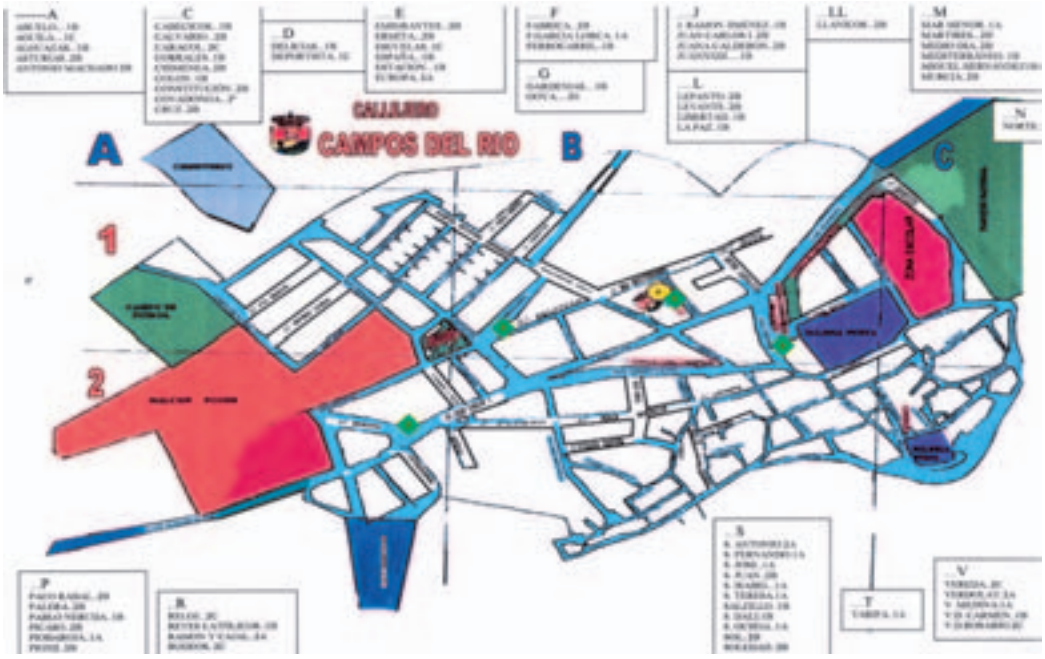
Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).



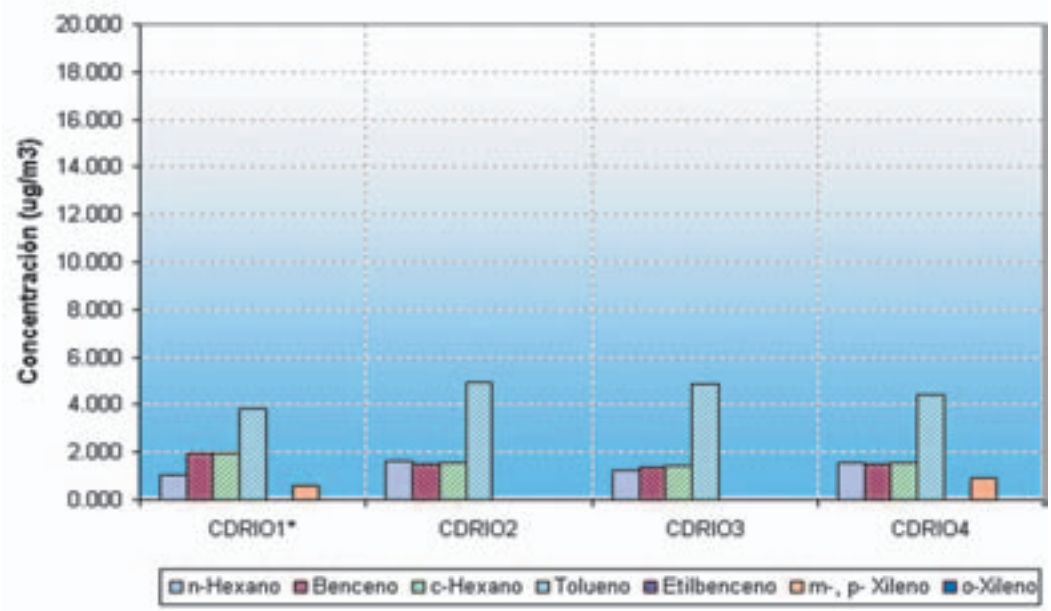
Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.14. CAMPOS DEL RÍO

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	2.005	Terraza del Ayuntamiento
Período de medida	25/09/02 - 02/10/02	Balcón del Ayuntamiento - Calle Virgen del Carmen
Latitud:	38.0500	Calle Salzillo - Calle del Ferrocarril
Longitud:	-1.3500	Avda. Juan Carlos I - Calle Europa
Altitud:	172 m.	Avda. de España - Iglesia Nueva

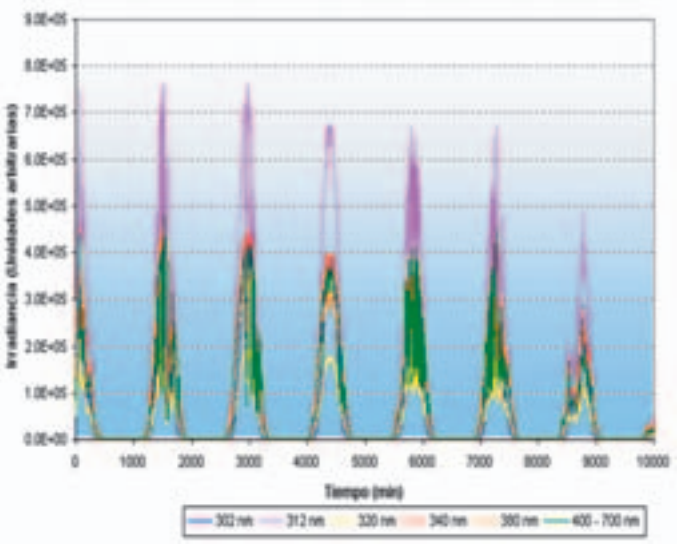


Plano urbano del municipio de Campos del Río. Distribución de captadores de COV's.

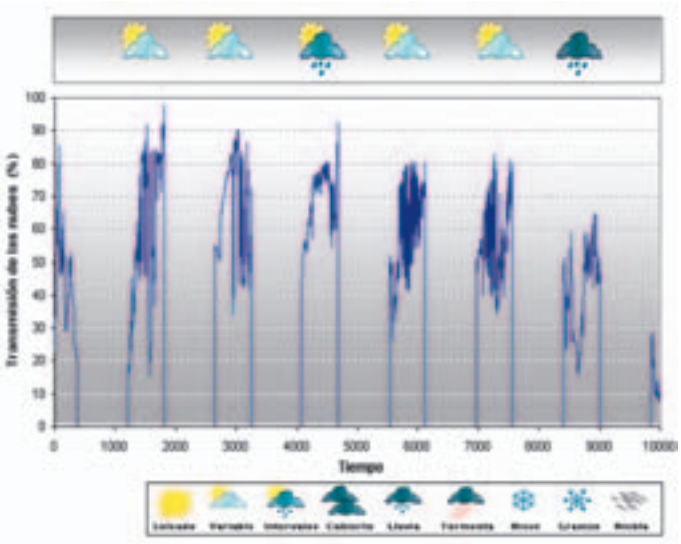


Concentración ($\mu g/m^3$) de COV's recogida en los cuatro captadores.

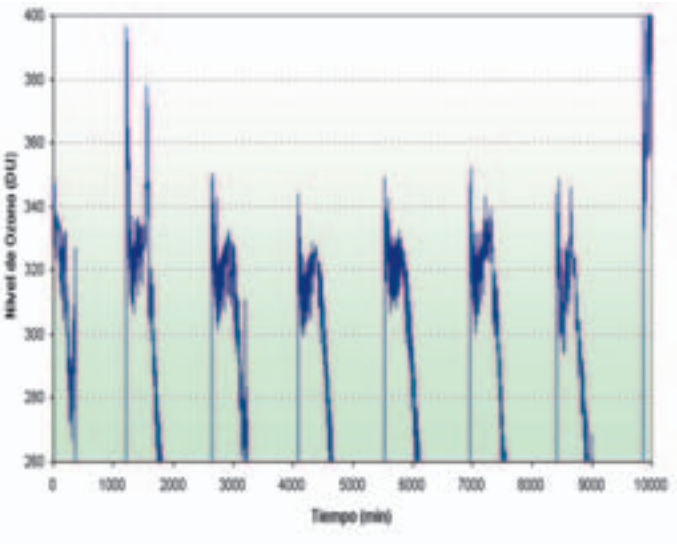
CAMPOS DEL RÍO. Medida de la irradiación solar durante el periodo (25/09/02 -02/10/02)



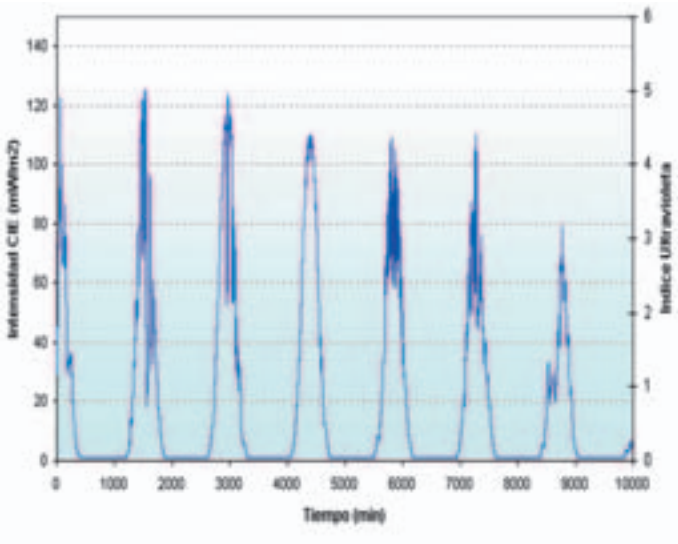
Datos experimentales de Irradiancia solar.



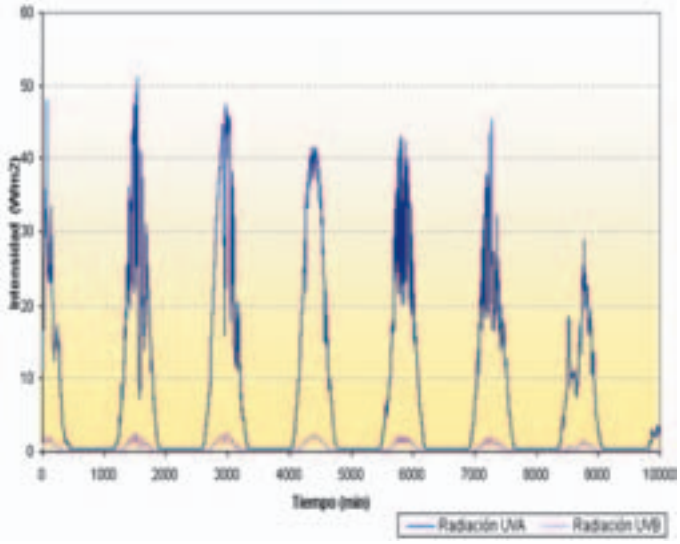
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



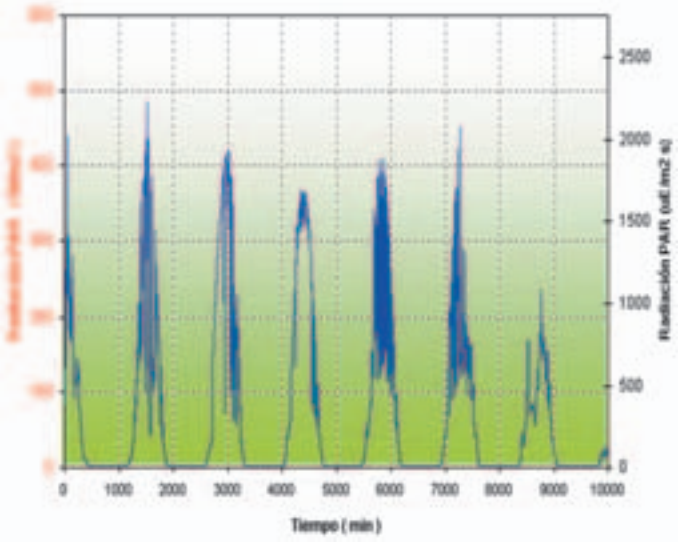
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).

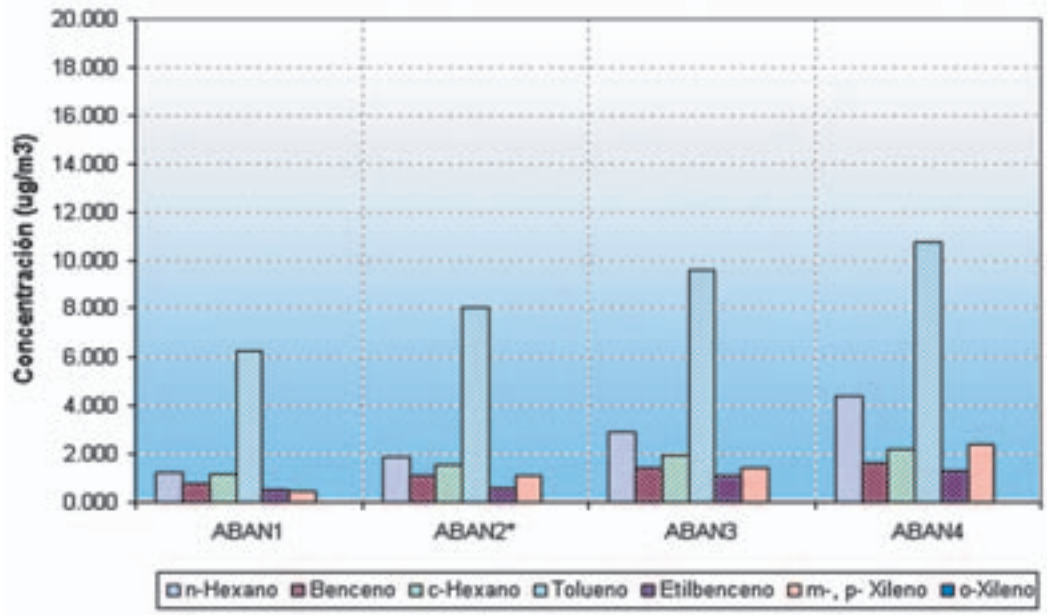


Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.15. ABANILLA

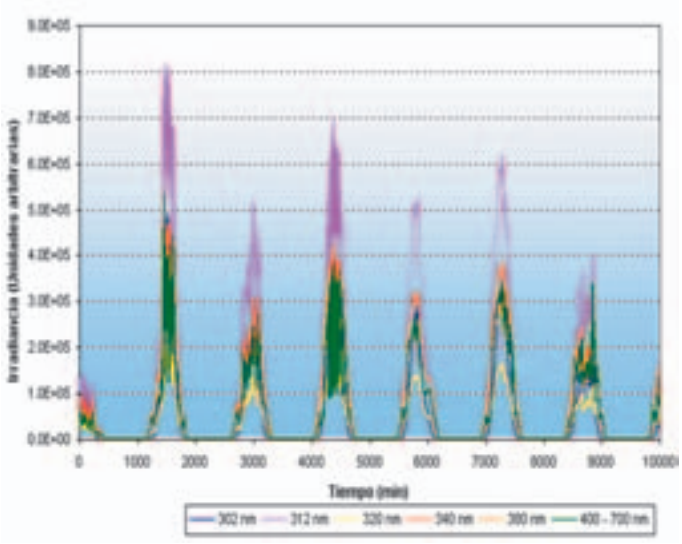
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA
Nº de Habitantes	6.153	Terraza de la Piscina Municipal
Período de medida	02/10/02 - 09/10/02	Plaza de la Constitución - Ayuntamiento
Latitud:	38.2000	Avda. de la Región de Murcia - Calle Azahar
Longitud:	-1.0500	Avda. Salvador Allende - Centro de Salud
Altitud:	222 m.	Calle de la Encomienda - Calle Santa Eulalia

Plano urbano del municipio de Abanilla. Distribución de captadores de COV's.

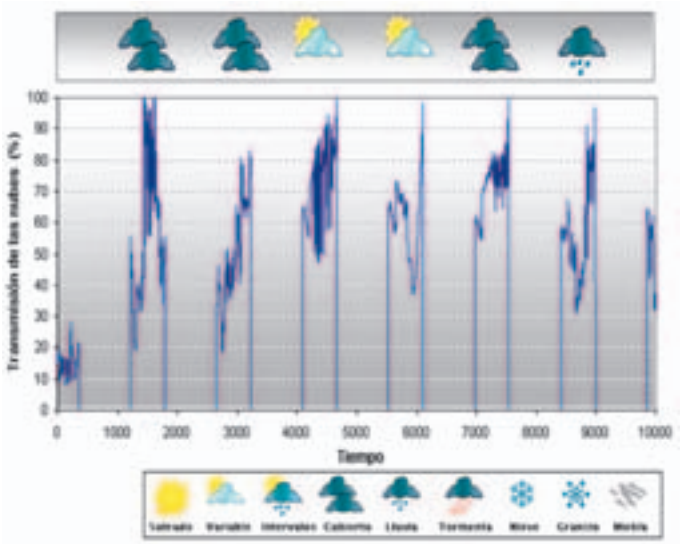


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

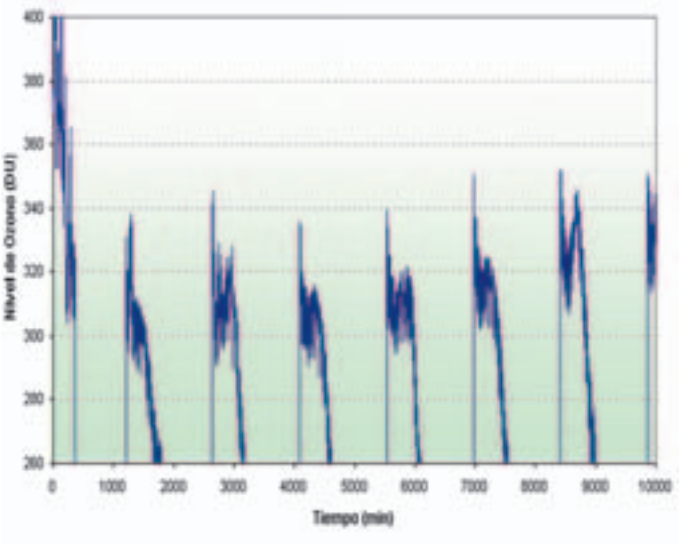
ABANILLA. Medida de la irradiación solar durante el periodo (02/10/02 - 09/10/02)



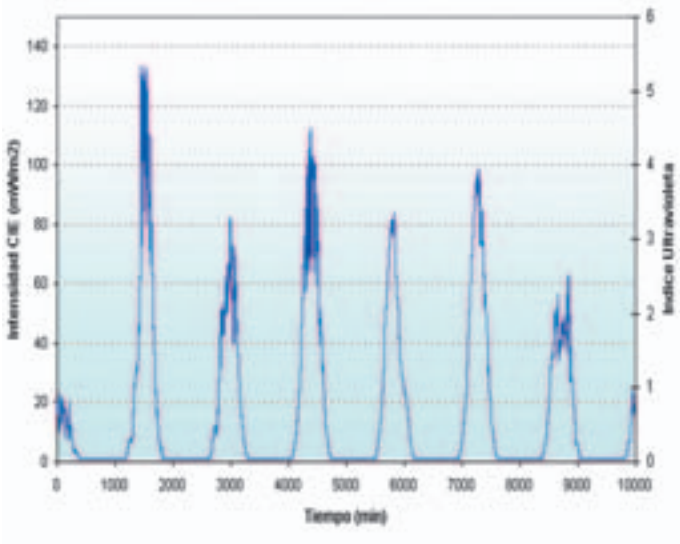
Datos experimentales de Irradiancia solar.



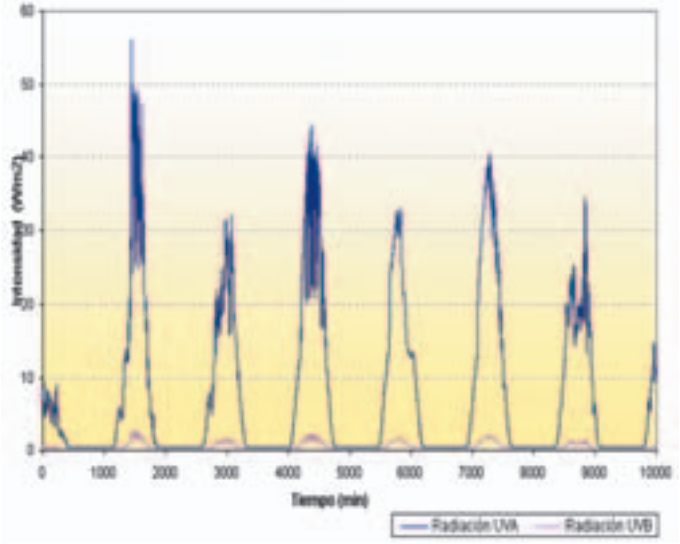
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



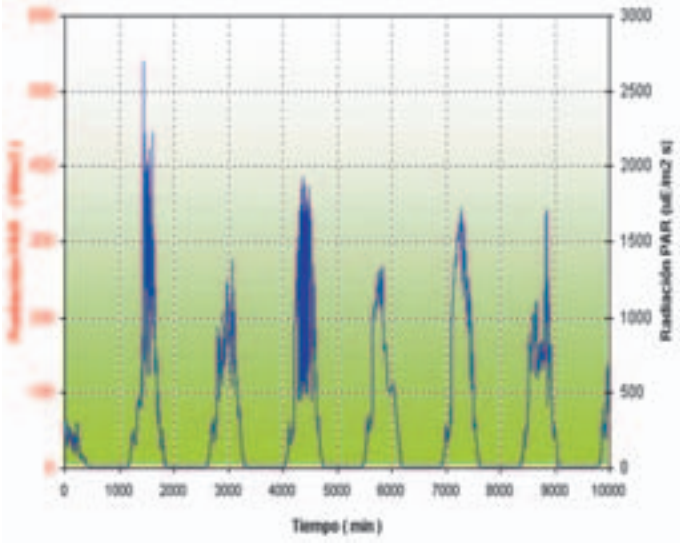
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



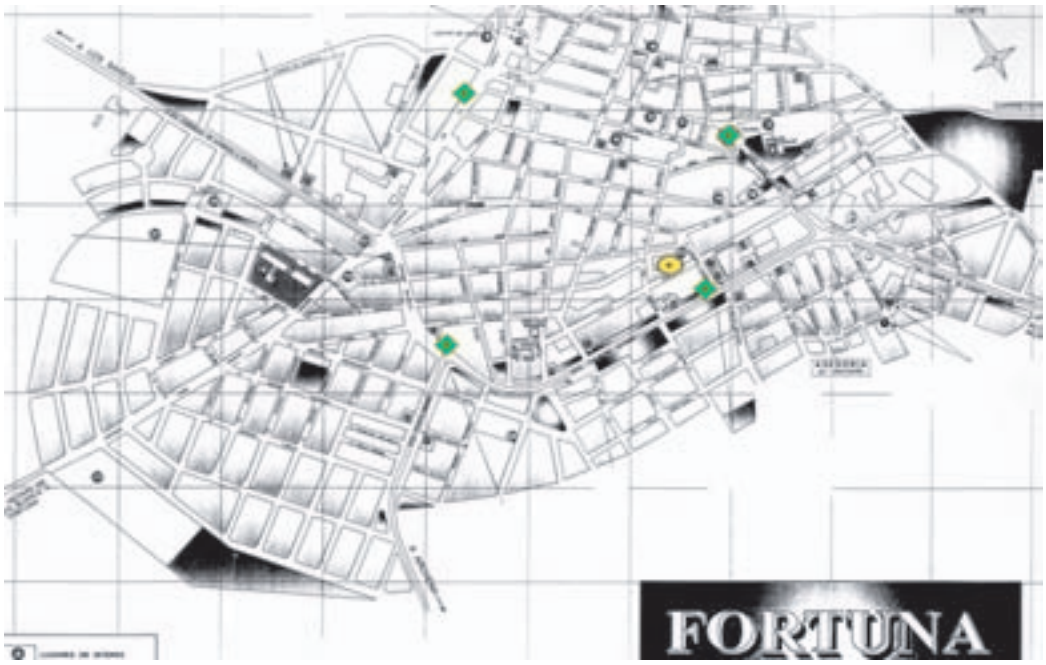
Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).



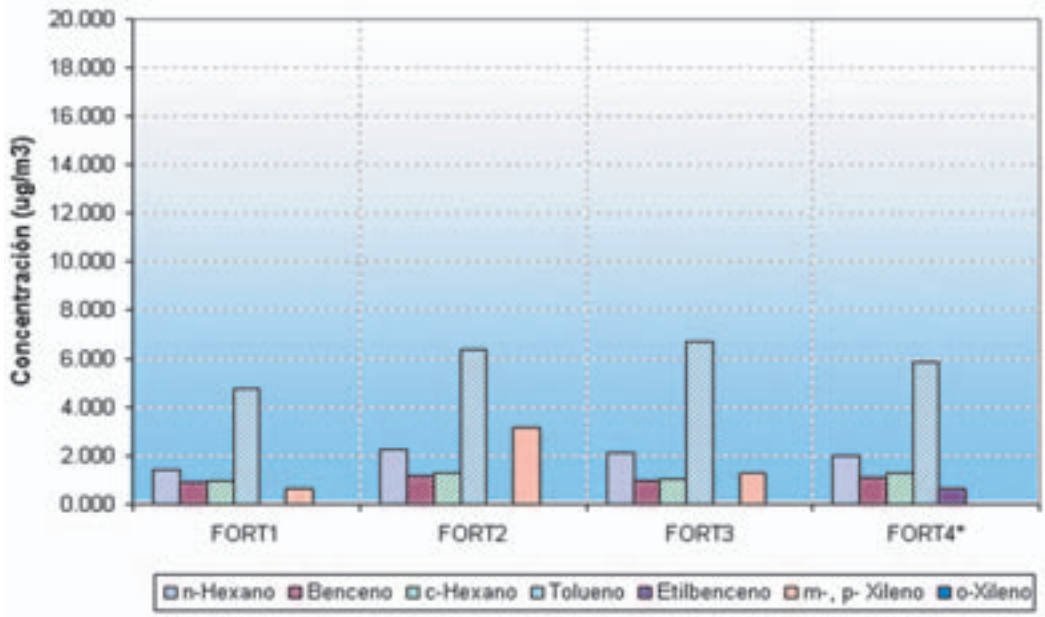
Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

3.16. FORTUNA

Información Geográfica			Localización de los puntos de medida
Nº de Habitantes	6.652	R	Terraza de la Carpintería Municipal
Período de medida	09/10/02 - 16/10/02	1	Plaza Juan XXIII
Latitud:	38.1833	2	Avda. Juan de la Cierva - C. Nuestra Señora del Carmen
Longitud:	-1.1166	3	Avda. Salzillo - Avda. Vicente Medina
Altitud:	240 m.	4	Avda. Salvador Allende - Calle Carmen Conde

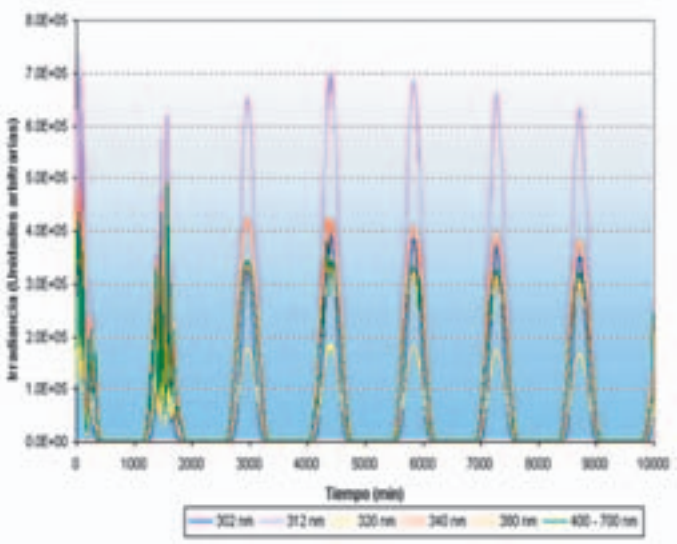


Plano urbano del municipio de Fortuna. Distribución de captadores de COV's.

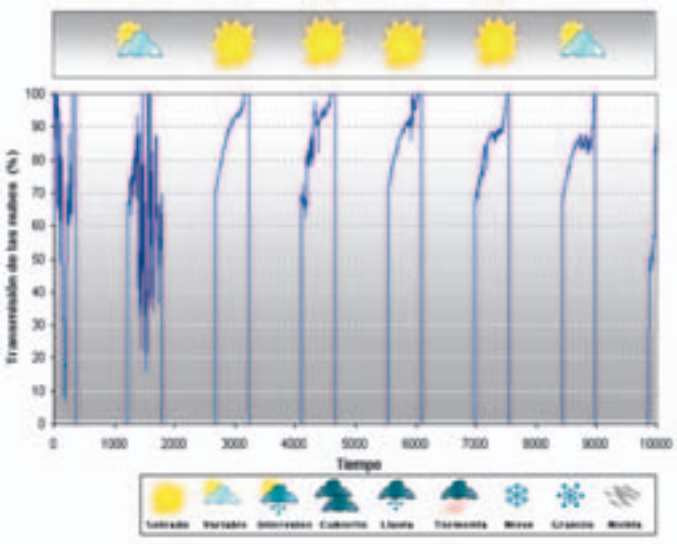


Concentración *(µg/m³)* de COV's recogida en los cuatro captadores.

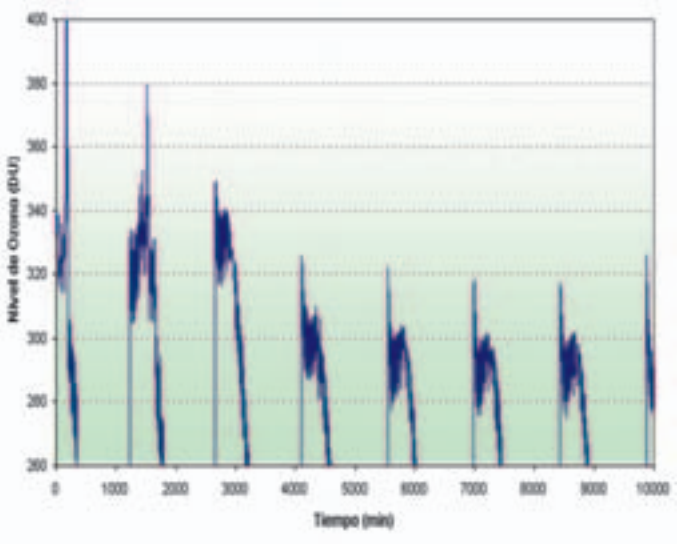
FORTUNA. Medida de la irradiación solar durante el periodo (09/10/02 - 16/10/02)



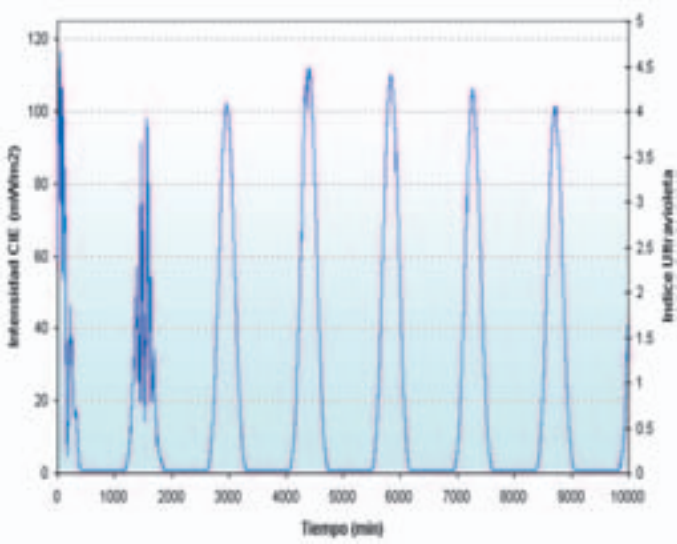
Datos experimentales de Irradiancia solar.



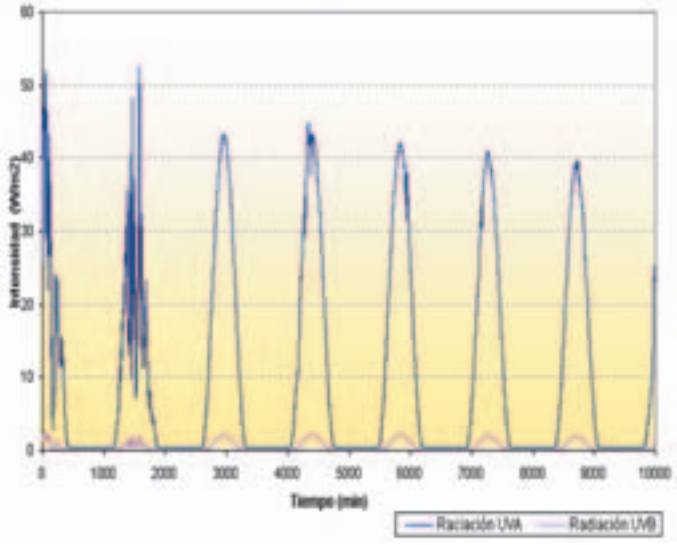
Meteorología y transmisión de las nubes (%).



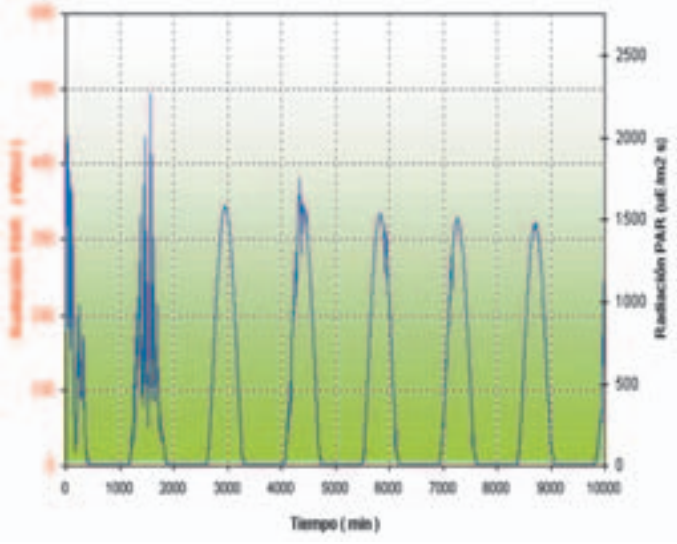
Variaciones de la columna total de ozono (DU).



Radiación eritemática (CIE) e índice ultravioleta.



Intensidad de radiación UV-A y UV-B (W/m^2).



Radiación fotosintética (PAR), (W/m^2 y $\mu E/m^2s$).

CAPÍTULO 4

análisis de los resultados

Una vez expuestos los resultados experimentales en el Capítulo 3, se va a proceder a su discusión. De este modo, se pretende reflejar, tanto bajo un punto de vista global, a lo largo del período de tiempo en el que se ha llevado a cabo el estudio, como individual, para cada emplazamiento el estado en el que se encuentran los 16 municipios de menor población de la Región de Murcia.

En primer lugar, a través de la medida y el análisis correspondiente de la irradiación solar y el ozono, se procederá a la descripción del estado de una serie de variables relacionadas con la irradiación captada por el radiómetro multicanal. Y posteriormente, mediante la determinación de la concentración ambiental de los compuestos orgánicos volátiles (COV's) indicados, se establecerá el estado en el que se encuentran los municipios estudiados respecto a la contaminación urbana, de la que es responsable en su mayor parte el tráfico urbano e interurbano que afecta a estos municipios.

4.1. EL OZONO Y LA IRRADIACIÓN SOLAR

En este apartado se lleva a cabo el estudio de los valores absolutos y la dependencia mutua de una serie de variables y procesos químico-físicos:

Por una parte, el contenido total de ozono describe el estado de la atmósfera de modo global. La irradiación solar, y las distintas variables asociadas describen, por otra parte, la cantidad y naturaleza de la radiación electromagnética que llega hasta un punto de observación, y que, a la vez, está estrechamente vinculada con el grado de interacción de aquella con la atmósfera. Por tanto, se demostrará que una característica, como es la abundancia de un compuesto químico en la atmósfera, puede incidir en una propiedad física, como es la radiación solar que llega a la superficie terrestre. Se puede profundizar todavía más, ya que dependiendo de la cantidad y naturaleza de la radiación recibida, el ser humano es capaz de experimentar nuevos procesos químicos, que pueden llegar a provocar determinados efectos, tanto positivos (formación de vitamina D, refuerzo del sistema inmunológico, etc...), como negativos (causando lesiones oculares, quemaduras, alteraciones genéticas, etc...).

Ambos procesos químico-físicos se verán afectados, de un modo u otro, de una variabilidad o factor temporal, que se repite de forma anual, por causa de diversos fenómenos (entre los que se encuentran fenómenos de transporte , fenómenos químicos y fenómenos celestes). Este factor, será de gran importancia a la hora de plantear una discusión acerca de los resultados obtenidos, que conduzca a obtener una valoración correcta, durante un período de validez adecuado. Normalmente, al realizar una medición de irradiación solar, debe hacerse mención a la posición geográfica desde donde se ha medido. En este sentido, los 16 puntos de medida corresponden a posiciones relativamente próximas, estando comprendidas dentro de intervalos de longitud y latitud muy estrechos:

- Latitud:
  (Norte, 37.75º ⟷ 38.2º)
- Longitud:
  (Oeste, -0.85º ⟷ -1.56º)

Figura 4.1: Región de Murcia. Municipios estudiados.

Obviamente, si nos referimos a la estratosfera, estos intervalos de latitud y longitud son demasiado pequeños para esperar una variación significativa en la composición respecto al ozono, tal y como puede ocurrir en zonas muy diferentes del planeta, como el ecuador (Latitud 0º) y los polos, (Latitud ± 90º).

Por otra parte, la posición con respecto a la altitud sobre el nivel del mar ha presentado una variación de entre 5 y 850 metros, correspondiente a los municipios de Los Alcázares (situado a orillas del Mar Menor) y Aledo (situado en una zona montañosa).

Al mismo tiempo, hay que tener en cuenta que este estudio no ha sido realizado simultáneamente en los 16 municipios. Al disponer de un único radiómetro multicanal, la campaña se ha llevado a cabo de modo secuencial, desarrollando las medidas durante períodos de 7 días en cada municipio, abarcando los meses de julio, agosto, septiembre y octubre de 2002. Como es habitual, durante estos meses la situación atmosférica ha sufrido los correspondientes cambios climatológicos. De este modo, en la Figura 4.2, se establece la variación del ángulo cenital que se produce a lo largo de la campaña, así como los intervalos de temperaturas máximas y mínimas que se han registrado en las comarcas a las que pertenece cada municipio.

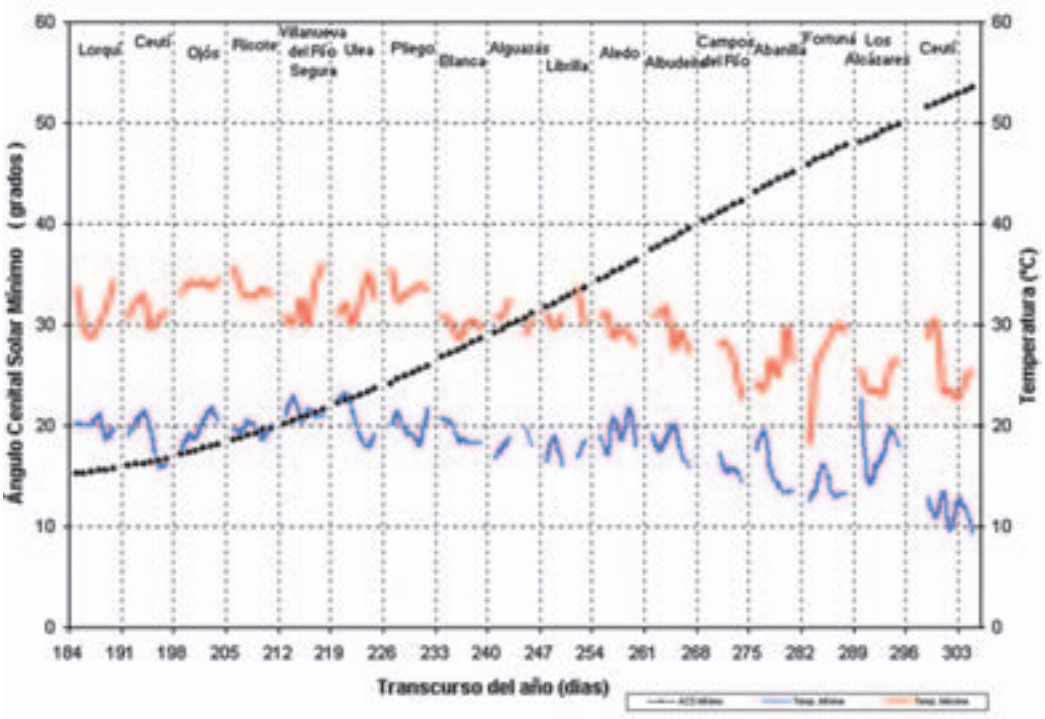


Figura 4.2: Región de Murcia. Representación de la variación del ángulo cenital solar mínimo y las temperaturas máximas y mínimas durante el período (04/07/02 - 01/11/02).

4.1.1. Contenido total de ozono

El contenido total de ozono, expresado en Unidades Dobson (DU), indica el contenido de este gas en la totalidad de la columna vertical, en torno al punto de observación elegido.

Del total de la columna vertical de ozono, se supone que aproximadamente el 90% se distribuye en la estratosfera, a unos 20 - 25 Km de altura sobre la superficie, mientras que el 10% restante se encuentra en la troposfera, la capa más cercana a la superficie.

Variación global de la columna de ozono en los 16 Municipios

A continuación, en la Figura 4.3 se representan los valores de ozono obtenidos en los diferentes municipios a lo largo de la campaña.

Aun así, los resultados obtenidos ofrecen unos valores que están comprendidos dentro del rango habitual para esta latitud.

Esta comportamiento, en el caso de las medidas efectuadas por el radiómetro, puede verse de forma mucho más clara en la representación interna de la Figura 4.3, al comparar los resultados obtenidos durante la campaña, con los medidos por el mismo instrumento, ubicado en el Campus Universitario de Espinardo, en las inmediaciones de la ciudad de Murcia, a lo largo del año 2002 (exceptuando el período en que se llevó a cabo la campaña en los 16 municipios). Superponiendo ambas medidas, se puede observar el patrón de variación anual de la columna total de ozono en la Región de Murcia.

vierno, cuando comienza de nuevo el ciclo ascendente. Esta variación anual, es consecuencia de la llegada de vientos de origen meridional, cargados de ozono, durante finales de invierno y comienzos de la primavera. Progresivamente, el transporte hacia la troposfera y su reacción con la superficie, actúan como fuente neta de ozono, promoviendo una disminución observada a lo largo del verano y del otoño.

De acuerdo tanto con los resultados observados en la campaña efectuada, como en los recogidos a lo largo del año, se puede llegar a la conclusión de que el contenido total de ozono estratosférico en la Región de Murcia presenta unos niveles aceptables. Es decir, por un la-

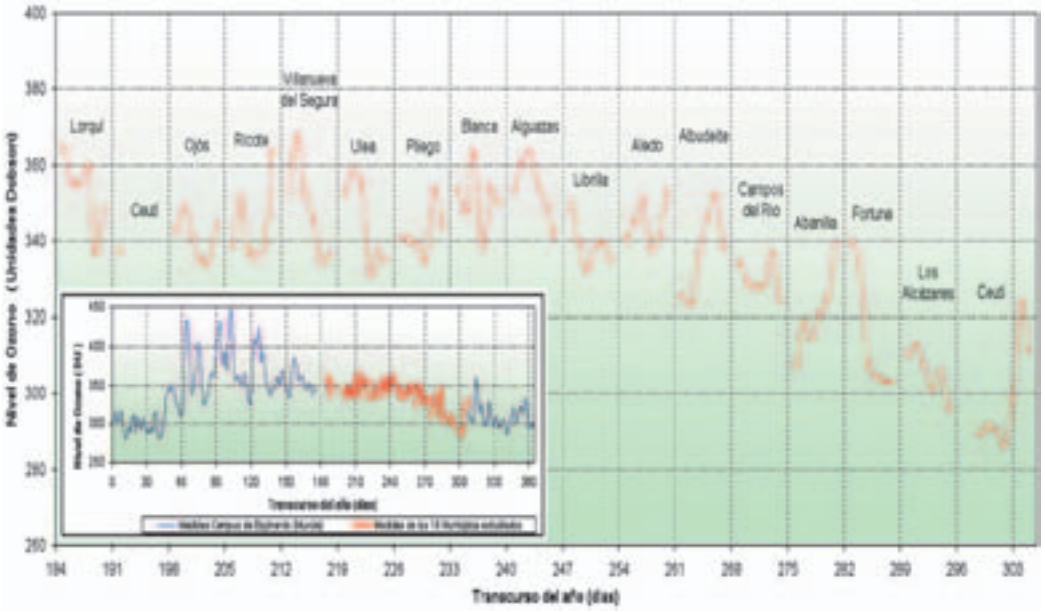


Figura 4.3: Global: Representación del contenido total de ozono en los 16 municipios estudiados en el período (04/07/02 - 01/11/02). Interior: Representación de los valores de ozono obtenidos junto a los obtenidos en el puesto de observación situado en el Campus Universitario de Espinardo (Murcia), durante el año 2002.

En la Figura 4.3, se observa un rasgo muy peculiar en este tipo de medidas, y es su variabilidad.

Efectivamente, el contenido total de ozono en la atmósfera está sujeto a fluctuaciones, unas propias del proceso de detección en si, y otras que son consecuencia de la propia variabilidad de la columna atmosférica.

Dicho patrón, presenta un máximo en torno a los meses de Abril-Mayo, seguido de una disminución progresiva, a lo largo del verano, incluyendo las medidas registradas en los 16 municipios estudiados. A finales de otoño, se estabiliza en torno a unos valores mínimos que perduran hasta mediado el invierno, cuando comienza de nuevo el ciclo ascendente. Esta variación anual, es consecuencia de la llegada de vientos de origen meridional, cargados de ozono, durante finales de invierno y comienzos de la primavera. Progresivamente, el transporte hacia la troposfera y su reacción con la superficie, actúan como fuente neta de ozono, promoviendo una disminución observada a lo largo del verano y del otoño.

De acuerdo tanto con los resultados observados en la campaña efectuada, como en los recogidos a lo largo del año, se puede llegar a la conclusión de que el contenido total de ozono estratosférico en la Región de Murcia presenta unos niveles aceptables. Es decir, por un lado, existe una explicación natural a las variaciones registradas en los períodos de tiempo especificados, y por otro, no se han llegado a registrar valores mínimos (normalmente por debajo de las 220 DU) que indiquen la existencia de un debilitamiento excesivo y preocupante de la capa de ozono.

Otra fuente de medición de ozono

Con objeto de comparar estos resultados con los ofrecidos por otra fuente, a continuación, en la Figura 4.4 se expone el contenido total de ozono (DU) determinado por el instrumento GOME (Global Ozone Monitoring Experiment), a partir de la medición desde un satélite de la radiación reflejada por la atmósfera terrestre. Los resultados expuestos en GOME, expresan el estado de la atmósfera a través del valor medio durante cada mes. Extrayendo las medias de los cuatro meses en los que ha transcurrido nuestra campaña (Julio, Agosto, Septiembre y Octubre), se representa a través de una escala de colores, con una definición en torno a las 25 DU, la variación que han experimentado los niveles de ozono a lo largo de todo el hemisferio norte, donde se incluye nuestra Región.

En la Figura 4.4, puede identificarse, de acuerdo con la escala de colores correspondiente, una progresiva disminución en el contenido de ozono, desde un color amarillento (correspondiente a unas 350 DU), hasta un color verde azulado (correspondiente a unas 275 DU). Como también puede deducirse de este mapa, la Península Ibérica (y la Región de Murcia, como parte de ella) no ha experimentado unas variaciones excesivas, que puedan arrastrar como conclusión que la atmósfera presenta un hipotético agujero de ozono. No obstante, en algunas regiones árticas, se han llegado a alcanzar durante el mes de octubre valores muy cercanos a las 225 DU. En ambos tipos de medida, esa concordancia puede aplicarse de igual forma para corroborar la existencia de una misma tendencia general. De hecho, conforme se analizan los resultados a lo largo de este período de tiempo, puede apreciarse una paulatina disminución de los niveles de ozono, tanto en las mediciones llevadas a cabo mediante el radiómetro como en las ofrecidas por el satélite, de acuerdo con las Figuras 4.3 y 4.4.

A corto y medio plazo no debe ser este un factor preocupante, debido a la localización geográfica de nuestra Región en una zona templada del planeta. Sin embargo, la observación continua llevada a cabo a lo largo de los últimos 30 años, ha demostrado la existencia de una disminución paulatina de la Capa de Ozono, en torno al 3% cada diez años, lo cual implica la necesidad de se-

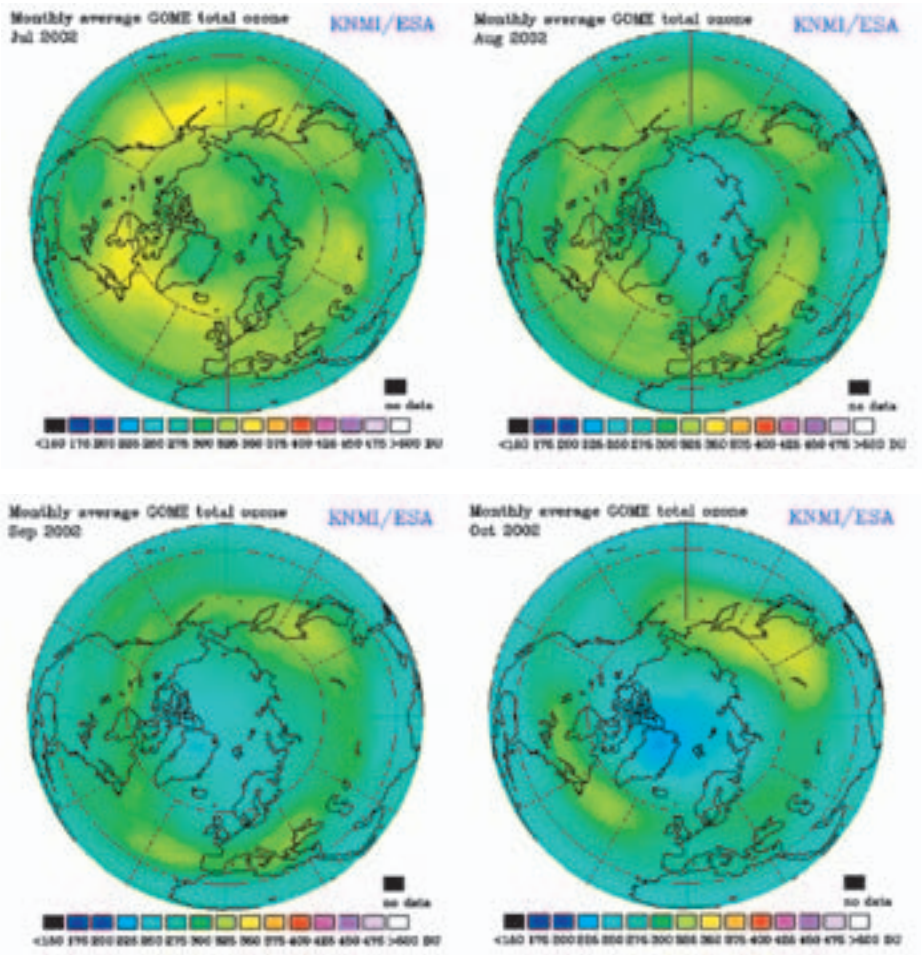


Figura 4.4: Representación del contenido total de ozono (DU) obtenido por el instrumento GOME, a partir de la medición por satélite de la luz reflejada por la atmósfera. Resultados medios obtenidos en el polo norte planetario, durante los meses de Julio (Sup.-Izq.), Agosto (Sup.-Der.), Septiembre (Inf.-Izq.), y Octubre (Inf.-Der.). Extraído de los datos publicados en la web "GOME Fast Delivery Service", desarrollada por el KNMI.

guir efectuando un seguimiento continuo, gracias a la labor conjunta de una red de instrumentos. Tanto con los satélites que rodean la órbita terrestre, como con la disposición de espectrorradiómetros, realizando medidas de irradiación solar en distintos puntos de la superficie terrestre.

4.1.2. Radiación Ultravioleta

En esta sección, se llevaría a cabo el estudio de la irradiación ultravioleta, dentro de las regiones correspondientes al UV-A (320 - 400 nm), y al UV-B (290 - 320 nm).

Radiación UV-A

En primer lugar, en la Figura 4.5, se exponen los niveles máximos de intensidad UV-A *(W/m²)*, así como las dosis de radiación diaria *(KJ/m²)*.

riación del ángulo cenital solar. Este factor, tal y como se muestra en la Figura 4.2, presenta unos valores menores al principio de la campaña, momento más cercano al solsticio de verano (21 de junio). Al avanzar los días, se produce una disminución paulatina de los valores mínimos registrados, hasta el punto teórico del solsticio de invierno (21 de diciembre), fecha a la cual no se llegó. Como consecuencia del aumento paulatino del ángulo cenital, la radiación solar sufre cada vez una mayor interacción con la atmósfera, absorbiendo y dispersando una mayor cantidad de radiación dentro de este rango de frecuencias. Derivado de este proceso, se puede relacionar incluso la disminución paulatina de las temperaturas registradas, de acuerdo con la Figura 4.2.

nómeno. Sin embargo, es adecuado añadir que, a parte de los valores netos de intensidad adoptados durante cada instante del día, conforme queda atrás el solsticio de verano, la progresiva variación en la inclinación terrestre hace que la duración del día solar vaya disminuyendo, reduciéndose el tiempo de exposición, y por lo tanto, la dosis de radiación diaria recibida.

Del mismo modo que el aumento paulatino del ángulo cenital reduce la intensidad y la dosis de la radiación ultravioleta que llega hasta la superficie, existe otro factor importante en este balance, éste es el espesor de las nubes. El porcentaje de transmisión solar permitido por la masa nubosa existente entre el sol y el punto de observación, determina de forma efectiva la

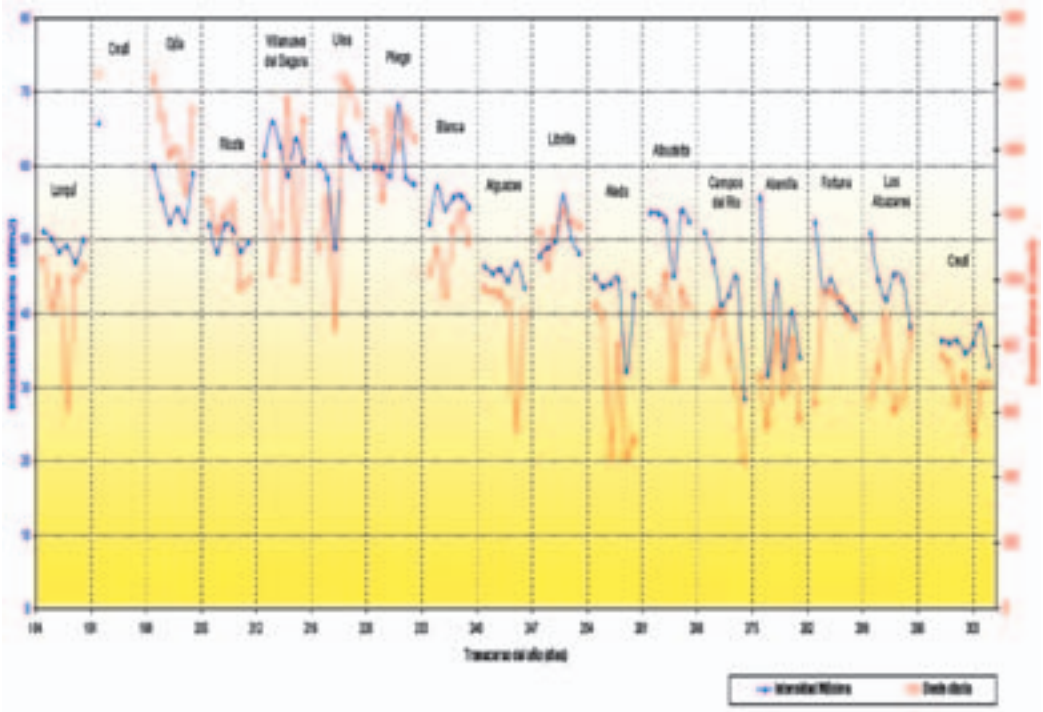


Figura 4.5: Región de Murcia. Representación de la intensidad máxima de radiación UV-A (Trazo azul), así como la dosis diaria (Trazo morado), de los 16 municipios estudiados en el período (04/07/02 - 01/11/02).

La intensidad de radiación ultravioleta depende únicamente del grado de exposición a la luz solar. En este sentido, uno de los parámetros más influyentes en el perfil observado ha sido la va-

Por otra parte, el comportamiento seguido por la dosis diaria de radiación UV-A, reflejado en la Figura 4.5, resulta en parte ocasionado por el mismo fe-

cantidad de radiación solar que se recibe. Por ello, en la Figura 4.6 se representan conjuntamente ambos factores, medidos en el mismo instante, en este caso al mediodía.

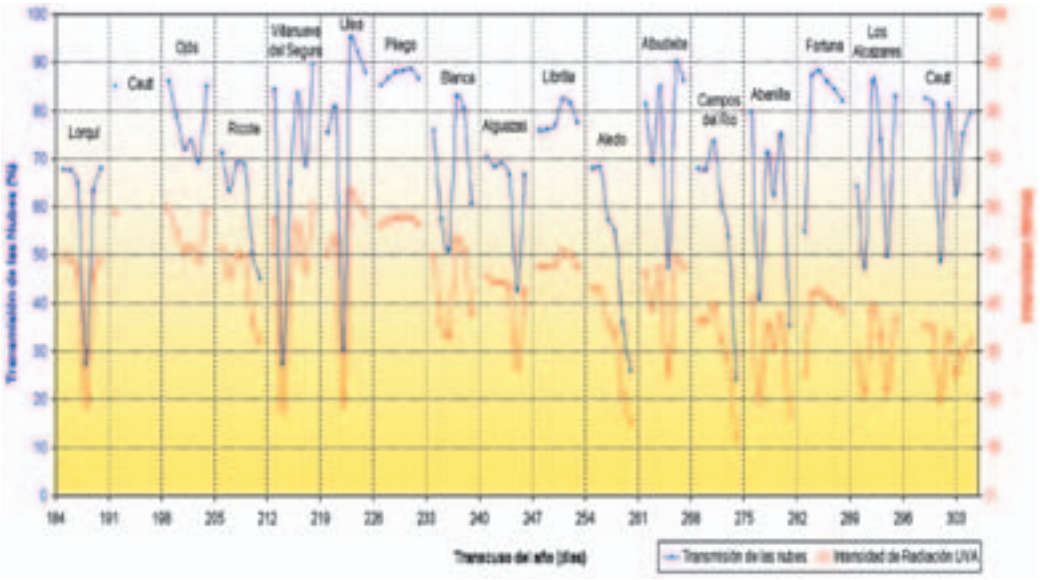


Figura 4.6: Región de Murcia. Representación conjunta de la transmisión de las nubes (trazo azul) y de la intensidad de radiación UVA (trazo morado). Datos obtenidos al mediodía en los 16 municipios estudiados en el período (04/07/02 - 01/11/02).

La Figura 4.6, permite observar que el comportamiento mostrado por la transmisión de las nubes (trazo azul) se corresponde claramente con el de la intensidad de radiación UV-A (trazo morado). A partir de ahí se comprueba como las nubes son capaces de absorber este tipo de radiación.

Radiación UV-B

La radiación UV-B es la componente más energética de la radiación UV que llega hasta la superficie terrestre, es una radiación muy peligrosa y como tal, supone una grave amenaza para los seres vivos, produciendo diversos daños sobre la piel y ojos, e incluso sobre las plantas y los organismos acuáticos. Por tanto, su seguimiento a lo largo de un período de tiempo, y en un determinado lugar, es de gran importancia para establecer el riesgo al que se está expuesto.

La radiación UV-B sufre la influencia de los mismos factores que afectan a la UV-A, ya que al igual que esta, es un componente más de la totalidad de la radiación solar que llega hasta la superficie terrestre. Por ello, las variaciones del ángulo cenital solar, o la influencia de las nubes, afectan del mismo modo a la atenuación que la radiación UV-B sufre al atravesar la atmósfera, de forma que los mayores valores se esperen en torno al solsticio de verano, y en días poco nubosos.

En la Figura 4.7, se exponen los niveles máximos de intensidad *(W/m²)*, así como la dosis diaria *(KJ/m²)*, recogida en los 16 municipios.

Sin embargo, tal y como se puede observar a partir de la

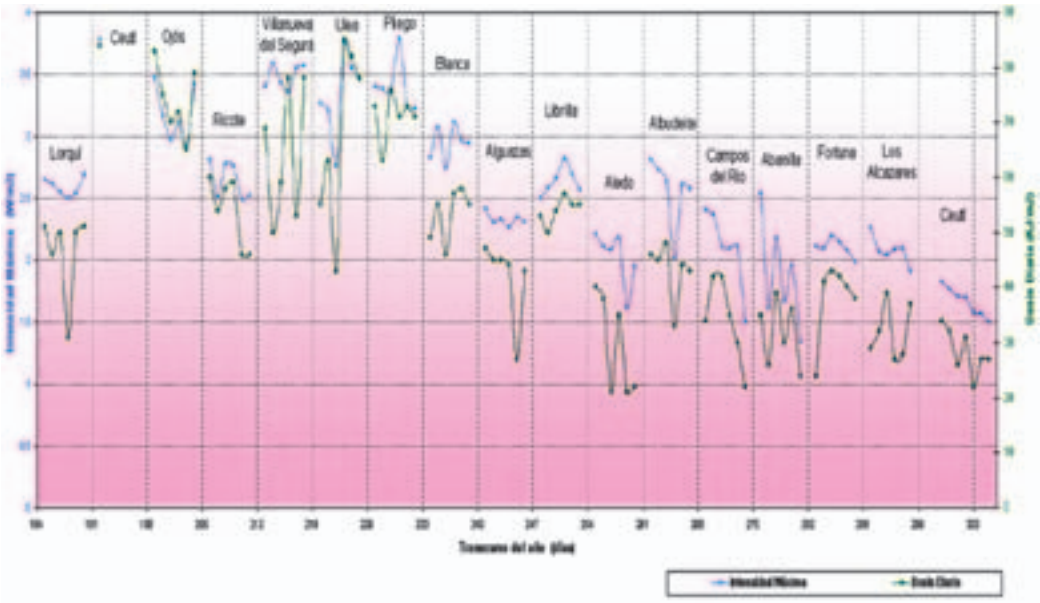


Figura 4.7: Región de Murcia. Representación de la intensidad máxima (Trazo azul), y dosis diaria (Trazo verde) de radiación UV-B en los 16 municipios estudiados en el período (04/07/02 - 01/11/02).

comparación entre las Figuras 4.5 y 4.7, en términos de intensidad de radiación *(W/m²)*, o bien en términos de energía *(KJ/m²)*, los valores de la radiación UV-B son en torno a un 95% más bajos que los de la UV-A.

Esta menor proporción de intensidad o energía UV-B con respecto a la UV-A, es sin duda la que reduce enormemente los niveles de peligrosidad de la radiación solar que recibimos. Este hecho se debe principalmente a la conjunción de dos factores:

- *La naturaleza del espectro solar extraterrestre*. La radiación solar no se emite por igual en todas las frecuencias, sino que presenta un máximo en torno a los 500 nm, dentro de la parte visible, estando las radiaciones UV en menor proporción conforme aumentamos la frecuencia.
- *La absorción llevada a cabo por el ozono atmosférico*. En general, la radiación solar, a su paso por la atmósfera, experimenta una atenuación, debido a la absorción y dispersión causada por las moléculas de aire y vapor de agua, etc... Sin embargo, uno de los componentes que tiene mayor influencia en dicha atenuación, dentro del rango de frecuencias correspondiente al UV-B, es el ozono, existente en su mayoría en la capa estratosférica.

Por ello, en la Figura 4.8, se representan conjuntamente las variaciones de la radiación UV-B y ozono tomadas en torno al mediodía en los 16 municipios estudiados.

De acuerdo con esta representación, e independientemente de que los niveles máximos disminuyan conforme se avanza hacia el otoño, existe una dependencia inversa entre las variaciones simultaneas del contenido de ozono y la intensidad UV-B. Por tanto, si se representan ambas variaciones, en forma de derivada, se obtiene la representación interior de la Figura 4.8. En ella, junto a los valores puntuales obtenidos, se ha determinado una relación lineal, con una pendiente negativa (-0.04).

4.1.3. Radiación Eritemática

Una vez analizados los valores observados en la radiación ultravioleta, en las regiones UV-A y UV-B, se estudiará a continuación la componente de la radiación ultravioleta con acción eritemática, es decir, la que está directamente relacionada con la ocurrencia de quemaduras solares (o eritemas) en la piel.

En este sentido, los parámetros que se han considerado son la energía ponderada de acuerdo con el espectro de absorción eritemático propuesto por la CIE *(mW/m²)*, o bien un factor adimensional, más ampliamente utilizado y que se deriva del anterior, como es el índice Ultravioleta (UVI).

En la Figura 4.9, se exponen los niveles máximos de la intensidad CIE, así como el UVI correspondiente, observado en los 16 municipios estudiados.

En primer lugar, de acuerdo con la Figura 4.9, se deduce que los valores presentan una variación similar a la encontrada para el caso de la intensidad UV-A y UV-B, por el hecho de que, pese a la ponderación efectuada a través del espectro de absorción eritemática, los días

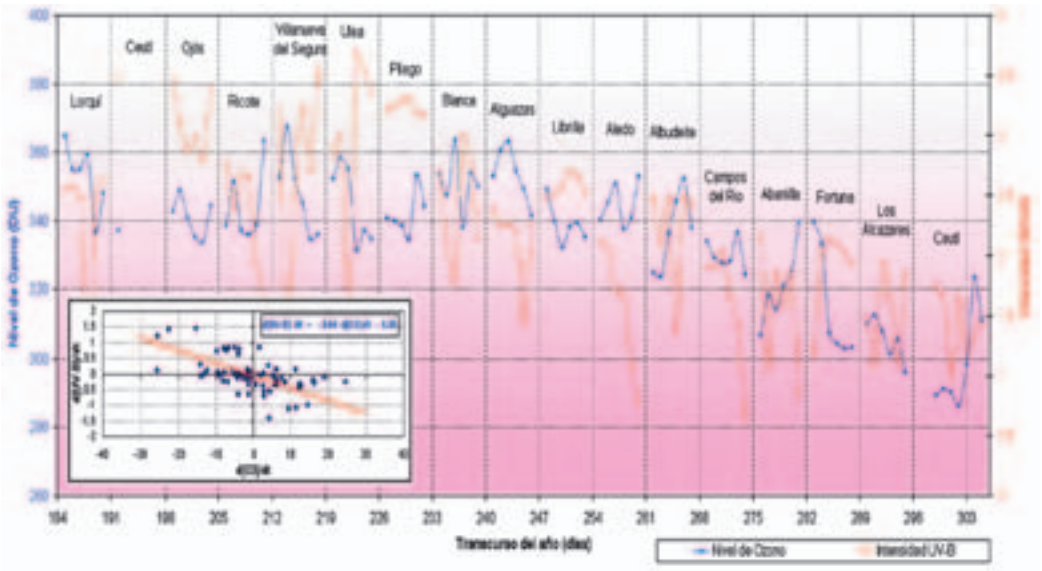


Figura 4.8: Región de Murcia. Global: Representación conjunta de las variaciones del contenido total de ozono (trazo azul), y la radiación UV-B (trazo morado), tomadas en torno al mediodía, durante el período (04/07/02 - 01/11/02). Interior: Aproximación lineal de la relación entre las variaciones de radiación UV-B, y la columna total de ozono.

que son muy soleados ofrecen en todos los casos los más altos valores de intensidad. Por lo tanto, el efecto de la variación del ángulo cenital, la transmitancia de las nubes, y el contenido de ozono afectarían de modo similar a estos parámetros.

Por otro lado, la función más importante desempeñada por esta variable, especialmente en función del UVI, reside en caracterizar el mayor o menor riesgo de sufrir quemaduras superficiales, de acuerdo con la dosis recibida. La exposición a una determinada intensidad de acción eritemática, caracterizada por el índice ultravioleta, se divide en varios niveles (mínimo, bajo, moderado, alto y muy alto) según el riesgo de sufrir quemaduras, mientras que la mayor o menor extensión de éstas está en función del tiempo durante el cual se ha estado expuesto, y de la propia tendencia natural de cada tipo piel a experimentar cambios.

A continuación, de acuerdo con la categoría de peligrosidad asociada al valor del UVI, se llevará a cabo la categorización de la radiación en distintos niveles de exposición. En ella, los decimales se aproximan al valor entero superior, por lo tanto:

- $0 < UVI \leq 2 \rightarrow$ Mínimo
- $2 < UVI \leq 4 \rightarrow$ Bajo
- $4 < UVI \leq 6 \rightarrow$ Moderado
- $6 < UVI \leq 9 \rightarrow$ Alto
- $UVI > 9 \rightarrow$ Muy Alto

De acuerdo con esta clasificación, atendiendo a los valores máximos del índice ultravioleta registrados durante la campaña, ningún municipio registró niveles de exposición muy altos. Municipios como Ceutí (julio), Ojós, Ricote, Villanueva del Segura, Ulea, Pliego y Blanca registraron valores máximos dentro de un nivel alto; municipios como Lorquí, Alguazas, Librilla, Aledo, Albudeite, Campos del Río, Abanilla, Fortuna y Los Alcázares registraron niveles moderados; y, por último, Ceutí (octubre), no llego a sobrepasar un nivel bajo. Por último, los valores máximos de ningún municipio llegaron a estar clasificados como mínimos.

Mediante el empleo del software desarrollado en la Universidad de Murcia (OZCIEUVA.exe), se logró llevar a cabo un estudio más exhaustivo y pormenorizado de los índices ultravioleta registrados cada minuto, así como su categorización en su respectivo nivel de exposición a lo largo de los 16 municipios estudiados.

Si se toma como valor representativo del día el ángulo cenital solar, se puede definir el transcurso completo de un día mediante aquellas medidas realizadas por debajo del ángulo cenital crítico de 90 grados. Reuniendo toda esta información, se construye la Figura 4.10, donde se pueden observar las variaciones que se han producido a lo largo de toda la campaña.

Por un lado, se puede aprecian el efecto de acortamiento progresivo de los días a lo largo de la campaña, mientras que por otro, se advierte la progresiva disminución de los niveles de peligrosidad, de tal forma que a partir del mes de septiembre, prácticamente no se alcanzan niveles de exposición altos en ningún momento del día.

Adoptando como referencia la totalidad de las medidas realizadas a lo largo del día, se ha elaborado un estudio del porcentaje del tiempo correspondiente a cada nivel de exposición

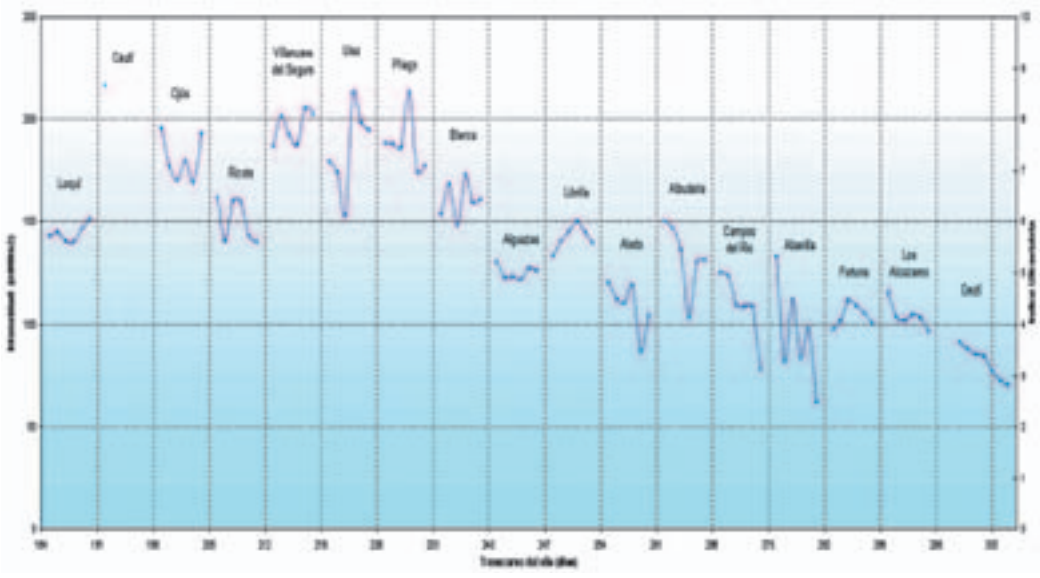


Figura 4.9: Región de Murcia. Niveles máximos de la intensidad de radiación Ultravioleta (CIE) (Izq.) e índice Ultravioleta (Der.) en los 16 municipios estudiados en el período (04/07/02 - 01/11/02).

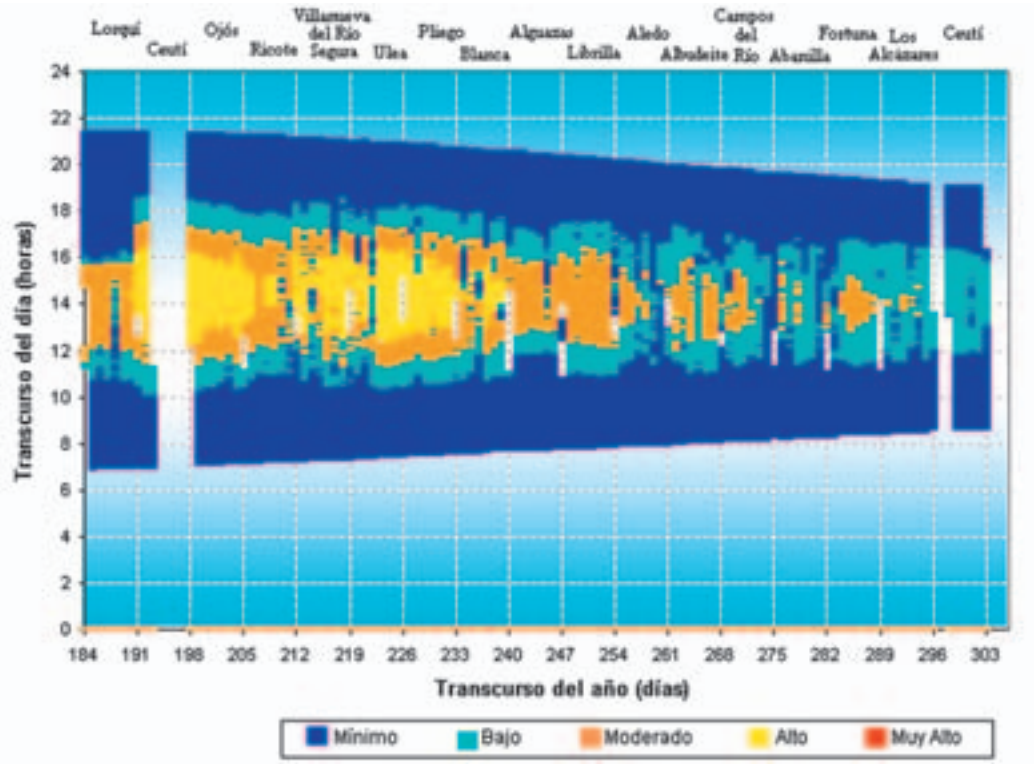


Figura 4.10: Región de Murcia. Categorías de exposición a la radiación solar durante el período (03/07/02 - 02/11/02).

(Mínimo - Muy Alto). Así pues, las personas expuestas de forma continua a la intemperie, en el transcurso de una jornada, desde el amanecer hasta el anochecer, reciben estos porcentajes y niveles de radiación.

De acuerdo con la Figura 4.10, se observa que, por regla general, el mayor porcentaje corresponde a un nivel mínimo, que comprende a las primeras horas de la mañana y últimas horas de la tarde, y abarca, en todos los casos a más de la mitad de las horas con luz solar.

Los niveles bajos y moderados ofrecen unos porcentajes menores que el correspondiente al nivel mínimo, sin embargo constituyen una aportación importante, ya que en algunos casos llegan hasta el 30-40 %. Comparando estas dos categorías, se observa que existen períodos en los que el nivel moderado posee un porcentaje superior al bajo, frecuentemente en días soleados de pleno verano; conforme se acerca al otoño, el nivel moderado disminuye, hasta corresponderle en la mayoría de las situaciones, un porcentaje menor que el nivel bajo.

Los niveles altos solamente alcanzan porcentajes significativos durante los meses de julio y agosto, en los municipios de Ceutí (julio), Ojós, Ricote, Villanueva del Río Segura, Ulea (donde se registraron porcentajes de hasta el 30%), Pliego y Blanca. En el resto de la campaña, la contribución del nivel alto es prácticamente despreciable.

Por último, conviene destacar que los porcentajes correspondientes a niveles muy altos han sido nulos a lo largo de toda la campaña. Resulta de interés indicar que, gracias al seguimiento del índice ultravioleta, y teniendo en cuenta una serie de recomendaciones, se puede proceder, en cada caso, a la elaboración del respectivo plan de prevención. Este plan, dependería obviamente de la conjunción de una serie de factores, tales como el tiempo previsto de exposición y las horas concretas a las que se realice, ya que en torno al mediodía se reciben las radiaciones más peligrosas. Un último factor, y no por ello menos importante, viene referido a la mayor o menor capacidad de cada individuo para sufrir quemaduras y lesiones solares, de ahí el mayor o menor rigor en el cumplimiento de las recomendaciones que se establezcan.

4.1.4. Radiación Fotosintética

La radiación fotosintética (PAR) constituye la componente de la radiación solar que es efectiva para la realización de la fotosíntesis por los vegetales, tanto los que se encuentran sobre la superficie terrestre, como los que están formando parte de muchos entornos acuáticos.

En la Figura 4.11, se exponen los niveles máximos de radiación fotosintética (PAR) expresados en W/m^2, y en $\mu E/m^2 s$, recogidos en los 16 municipios.

Atendiendo a las distintas funciones que los organismos vegetales realizan a lo largo de su ciclo vital, la radiación foto-

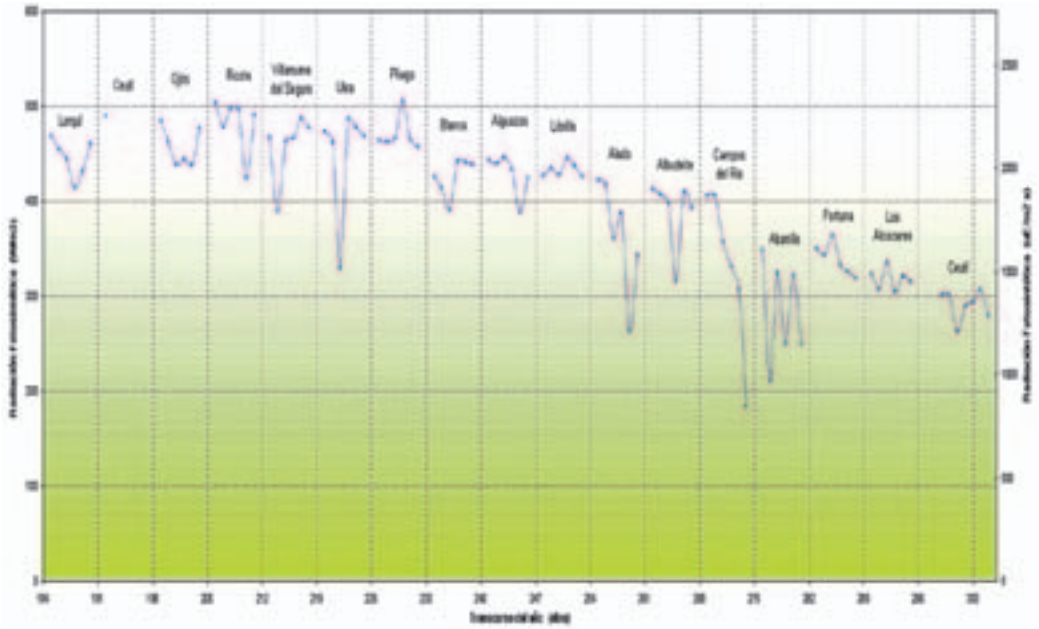


Figura 4.11: Región de Murcia. Niveles máximos de la radiación fotosintética (PAR) en los 16 municipios estudiados en el período (04/07/02 - 01/11/02).

sintética influye de forma relevante en los procesos fotosintéticos, siendo el aporte energético principal y necesario para llevar a cabo la fotosíntesis. En ella, gracias a este suministro de energía, se lleva a cabo la fijación del CO_2 atmosférico, desprendiendo O_2 y formando productos orgánicos (glucosa), necesarios como aporte energético del metabolismo vegetal.

Cada organismo vegetal responde de una manera concreta a la luz recibida, de tal forma que a partir de una determinada curva de respuesta (o curva P-I), puede establecerse una relación directa entre la componente fotosintética de la radiación solar recibida (PAR, *(µE /m² · s)*, y la velocidad del proceso fotosintético, expresada por ejemplo en función del consumo o asimilación de CO_2 por unidad de tiempo y unidad de área *(µ mol CO_2 /m² · s)*.

Para entender este planteamiento, se ha llevado a cabo el desarrollo de un proceso fotosintético que, en términos generales, puede representar a un conjunto de organismos vegetales. En ausencia de fenómenos de fotoinhibición, el modelado de la fotosíntesis se describe según una ley de tipo hiperbólico, cuyos parámetros fundamentales han sido los siguientes:

- $V_{Max\ Abs}$= 28 *(µ mol CO_2 /m² · s)*,
- α = 0.35 *(m² · s / µ · E)*,
- V_{Resp}= 14 *(µ mol CO_2 /m² · s)*.

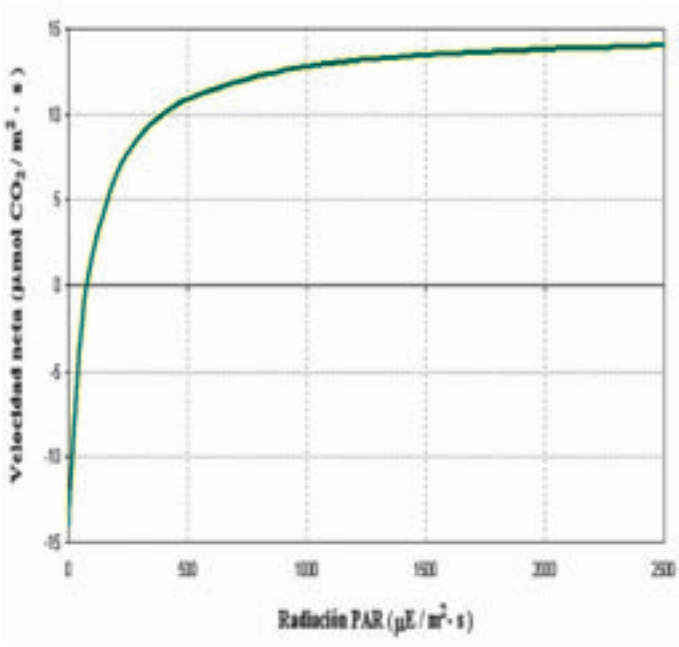


Figura 4.12: Representación de la curva P-I correspondiente el modelo fotosintético generado.

Gracias a estos parámetros, se ha desarrollado un modelo matemático, cuya representación (curva P-I) se expone en la Figura 4.12.

En la curva P-I expuesta, el punto de compensación (PC) se corresponde con la radiación PAR que hace nula la velocidad neta de asimilación de CO_2, es decir, cuando las velocidades absolutas de respiración y fotosíntesis son iguales. Por otra parte, cuando la velocidad supera el 85% de la velocidad máxima, se dice que

se ha alcanzado el punto de saturación (PS).

De acuerdo con el modelo matemático seguido, los parámetros representativos del ecosistema fotosintético escogido, y los criterios establecidos para la elección de los puntos críticos, se ha llevado a cabo una aplicación directa a la radiación fotosintética recogida a lo largo de la campaña realizada en los 16 municipios de la Región de Murcia.

De forma similar al estudio del comportamiento del índice ultravioleta, y los niveles de exposición asociados a él, se ha llevado a cabo una categorización de la radiación Fotosintética, según esté comprendida por encima o por debajo de unos puntos críticos determinados:

PAR < PC	→ $V_{Fot.} < V_{Res.}$	**Respiración Celular.** El aporte de luz es insuficiente. En esta zona los procesos de respiración celular originan una generación neta de CO_2.
PC < PAR < PS	→ $V_{Fot.} > V_{Res.}$	**Limitación Luz.** El aporte de luz es suficiente como para que los procesos fotosínticos dominen sobre los procesos de respiración, aunque su velocidad sigue estando controlada por el aporte de luz.
PAR > PS	→ $V_{Fot.} < V_{Res.}$	**Limitación CO_2.** El aporte de luz es máximo. La velocidad de fotosíntesis ha alcanzado su valor máximo para esa concentración de CO_2, siendo este ahora el factor limitante.

Por tanto, analizando los valores instantáneos de radiación fotosintética PAR *(μ E /m² · s)*, y realizando la categorización anteriormente expuesta, se obtiene la Figura 4.13:

4.2. ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN AMBIENTAL DE COV'S

La determinación de la concentración ambiental de los compuestos orgánicos volátiles (COV's), ha supuesto en los últimos años un interés creciente, debido por un lado, al gran incremento de las fuentes de origen, en su mayoría relacionadas con el tráfico urba-

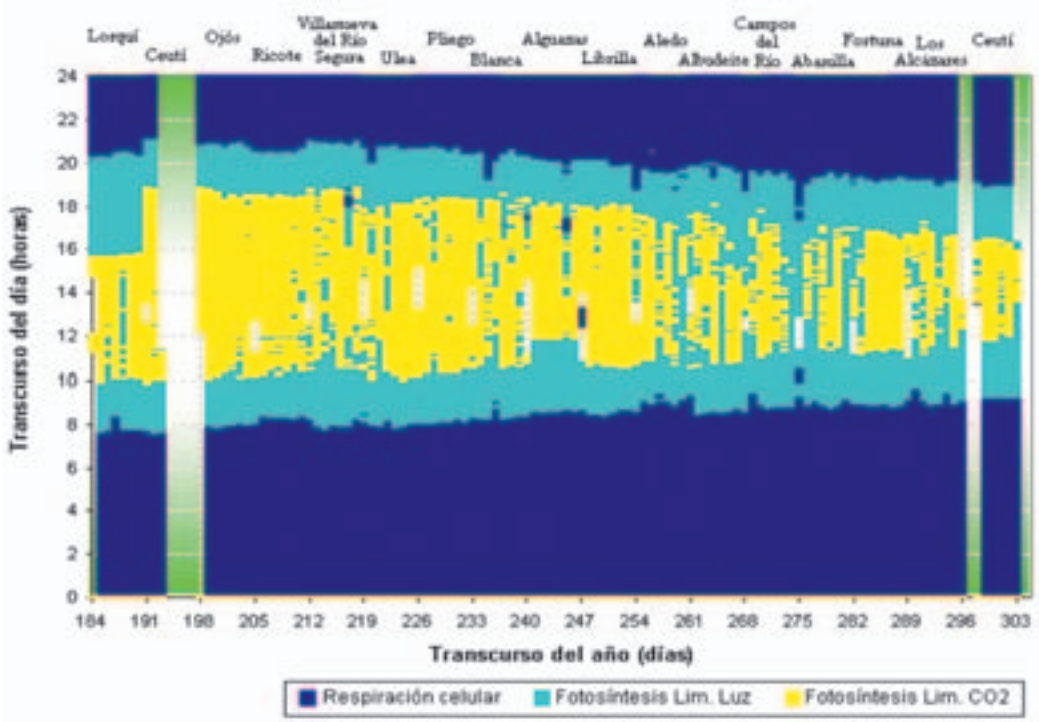


Figura 4.13: Región de Murcia. Representación de las distintas categorías dependientes de la velocidad de los procesos fotosintéticos, causados por la exposición a la radiación solar. período (03/07/02 - 02/11/02).

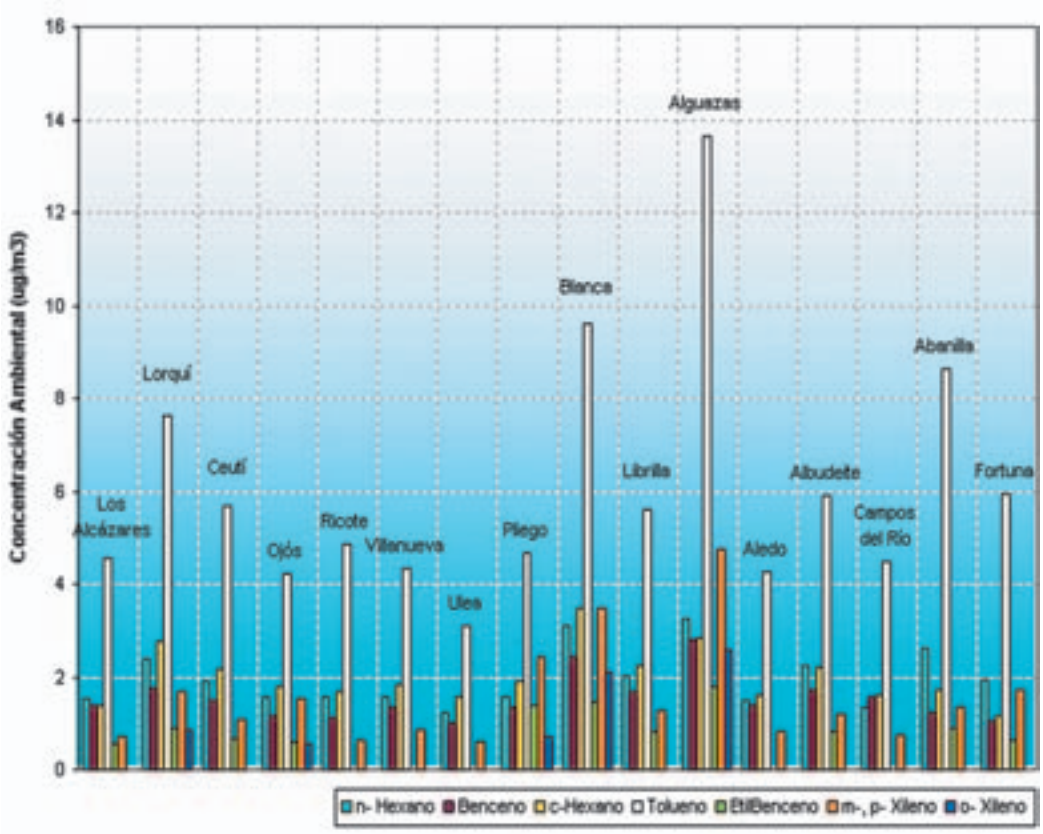


Figura 4.14: Región de Murcia. Valores medios de la concentración ambiental de n-Hexano, Benceno, c-Hexano, Tolueno, Etilbenceno, m-,p-Xileno y o-Xileno *(µg/m³)*.

no, y por otro lado, a la progresiva vinculación de dichos compuestos con enfermedades respiratorias y procesos cancerígenos, debido a su ya conocido carácter tóxico.

A partir de los resultados obtenidos, el análisis se centrará en dos aspectos fundamentales. Por un lado, se comprobará si los valores absolutos medidos son razonables, concuerdan con las estimaciones esperadas para este tipo de emplazamientos y, al mismo tiempo, se encuentran dentro de los límites que la legislación ha establecido para cada uno de ellos. Por otro lado, mediante el tratamiento global de los datos de concentración de los distintos contaminantes estudiados, se evaluará el carácter representativo de uno de ellos, en relación a la cuantificación del resto de compuestos que suelen acompañarle, debido a que en muchos casos, proceden de las mismas fuentes contaminantes.

En primer lugar, en la Figura 4.14, se recoge un resumen de los resultados obtenidos en los 16 municipios estudiados, extrayendo los valores medios de la concentraciones ambientales *(µg/m³)* de cada contaminante.

Si las concentraciones ambientales anteriormente expuestas se expresan en términos porcentuales, se obtiene la Figura 4.15:

A partir de esta representación gráfica (Figura 4.15), se observa que entre los compuestos orgánicos determinados, el más abundante es el tolueno, con unos porcentajes que se sitúan en torno al 50 %, mientras que el 50% restante, se reparte entre los otros seis compuestos. A su vez, tanto el etilbenceno como el o-xileno han presentado en diversos casos concentraciones muy bajas, en muchos casos inferiores al límite de detección del equipo.

De los compuestos volátiles estudiados, el benceno es el único cuya concentración en aire ambiente urbano está limitada por disposición legal. Por tanto, con independencia de que cuantitativamente no sea el contaminante orgánico mayoritario, resulta de interés considerar dos aspectos relacionados con dicho compuesto. En primer lugar, comparar los valores medidos con el valor límite establecido, para poder calificar el grado de contaminación de los municipios estudiados. En segundo lugar explorar la posibilidad de adoptar la concentración de benceno como valor guía para estudios de contaminación urbana, estableciendo su relación con las concentraciones de otros compuestos orgánicos volátiles que proceden, también, de los

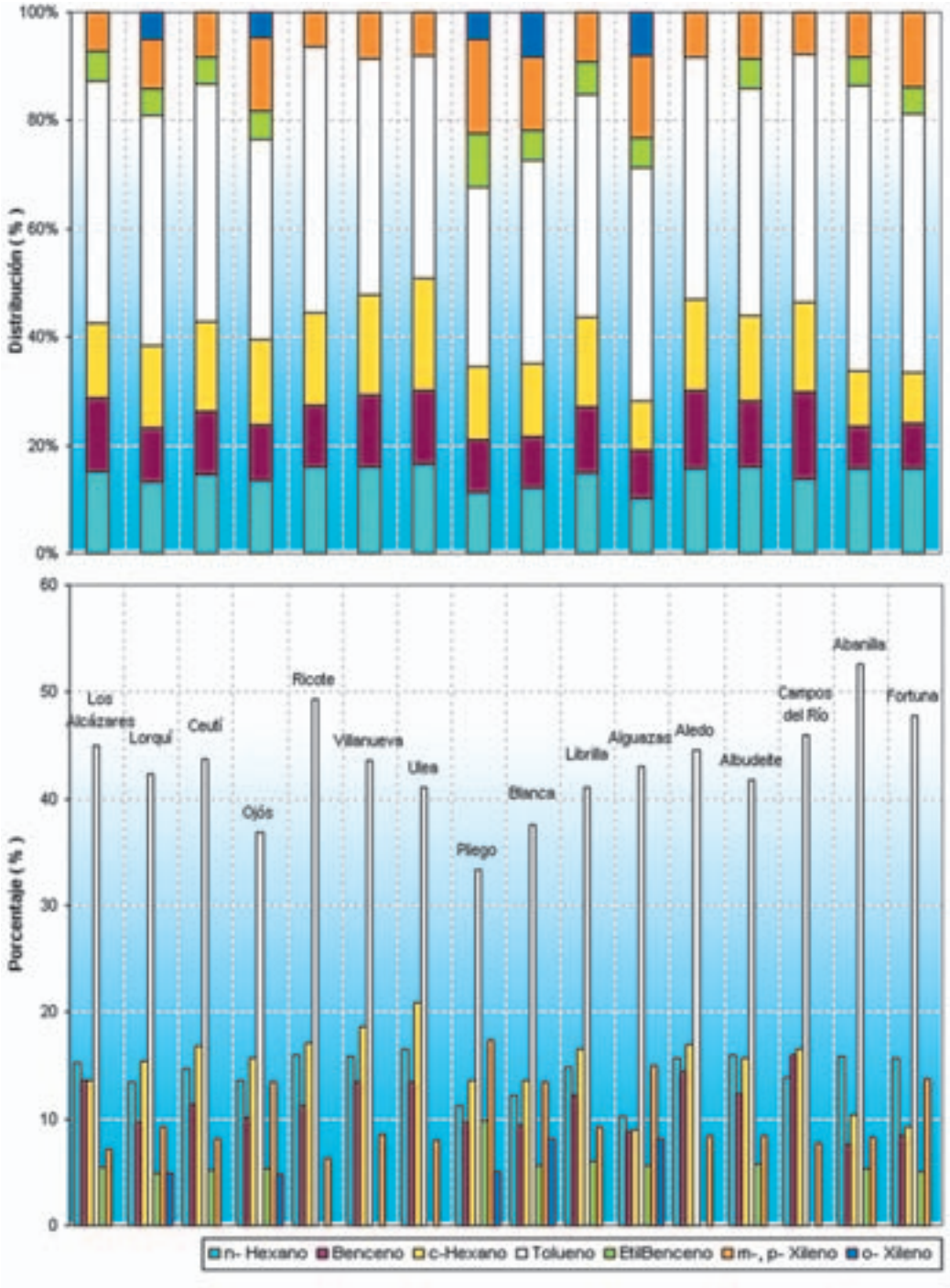


Figura 4.15: Región de Murcia. Distribución porcentual y porcentaje de las concentraciones ambientales medias de n-Hexano, Benceno, c-Hexano, Tolueno, Etilbenceno, m-,p-Xileno y o-Xileno.

combustibles de automoción.

En la Figura 4.16 se representa gráficamente el valor medio de la concentración de benceno de cada municipio. De igual modo, se recoge el valor límite establecido, y las tolerancias permitidas hasta el 2010, según el Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre (BOE de 30 de Octubre de 2002), 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.

Se puede comprobar como los valores medios, obtenidos en todos los municipios estudiados, están muy por debajo del valor límite establecido, no sólo actualmente, sino el de 5 $\mu g/m^3$ que se fija para el 2010.

Como dispone el artículo 4 del antecitado Real Decreto, haciendo referencia a que las Comunidades Autónomas elaborarán listas diferenciadas, donde se incluyan diferentes tipos de zonas y aglo-

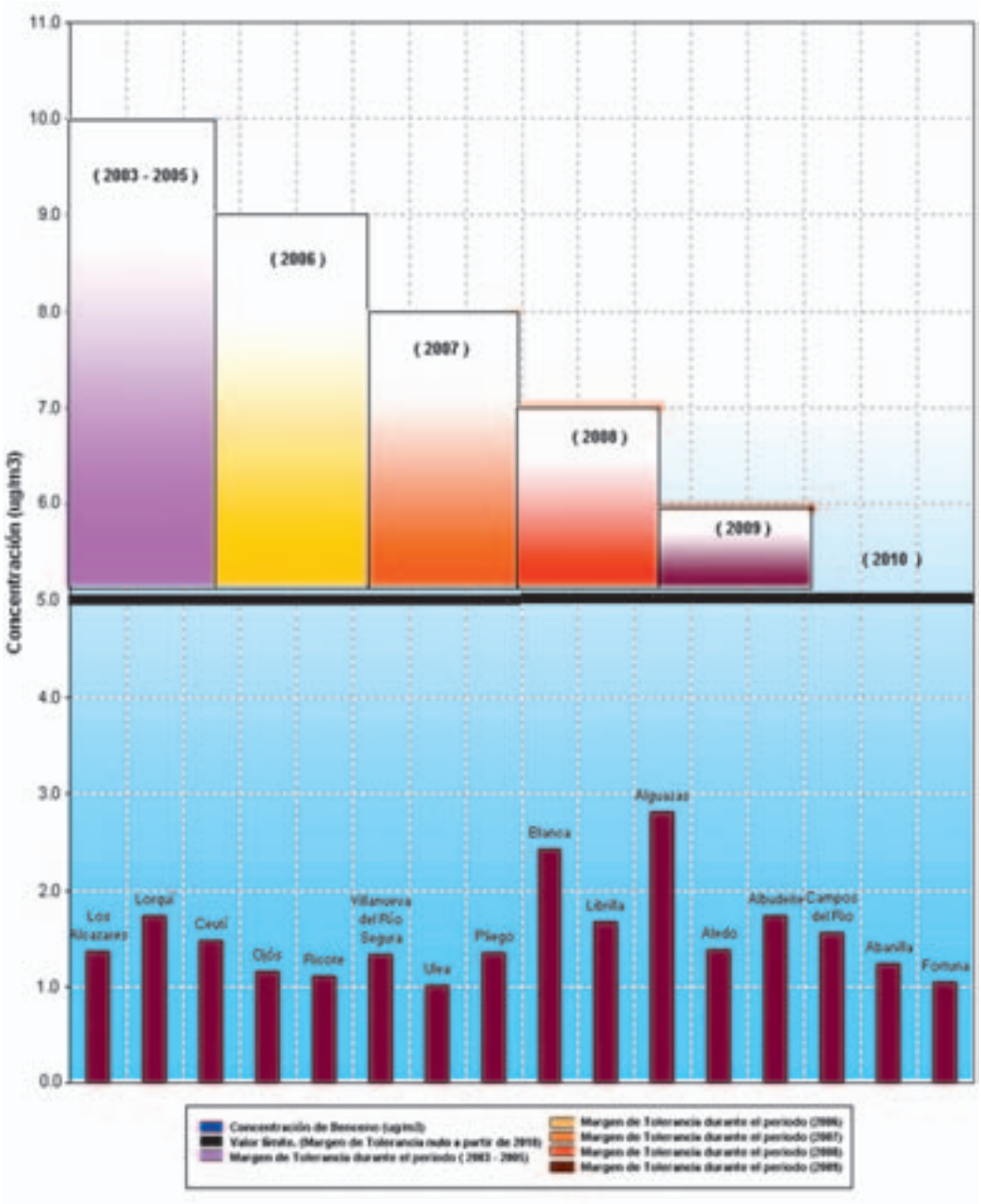


Figura 4.16: Figura 4.16: Valores medios de la concentración de benceno y valor límite normativo, con las tolerancias permitidas hasta el 2010, según el Real Decreto 1073/2002

meraciones, en el caso de los municipios estudiados, estos corresponderán a aquellas zonas en la que los contaminantes regulados, en este caso, benceno, sean inferiores a sus valores límite.

Para abordar el segundo aspecto -el benceno como compuesto trazador de la contaminación debida a COV's- se ha efectuado un tratamiento global del conjunto de datos procedentes de los 16 municipios estudiados.

Inicialmente en la Figura 4.17, se han representado las concentraciones de n-hexano, c-hexano, tolueno, etilbenceno y xilenos (según la suma de m-,p-xileno y o-xileno), medidos en cada uno de los puntos de muestreo, frente a las correspondientes concentraciones de benceno y, después de efectuar el ajuste de datos, se ha procedido a trazar las líneas representativas de las relaciones existentes, entre cada compuesto y el benceno.

Una vez estudiado el comportamiento presentado por los distintos puntos de medida ubicados en cada municipio, a continuación se ha procedido a comprobar si estas relaciones, establecidas para el conjunto de datos, pueden aplicarse, igualmente, a los valores medios obtenidos en cada localidad. En la Figura 4.18, se muestran conjuntamente los patrones de variación para cada compuesto orgánico.

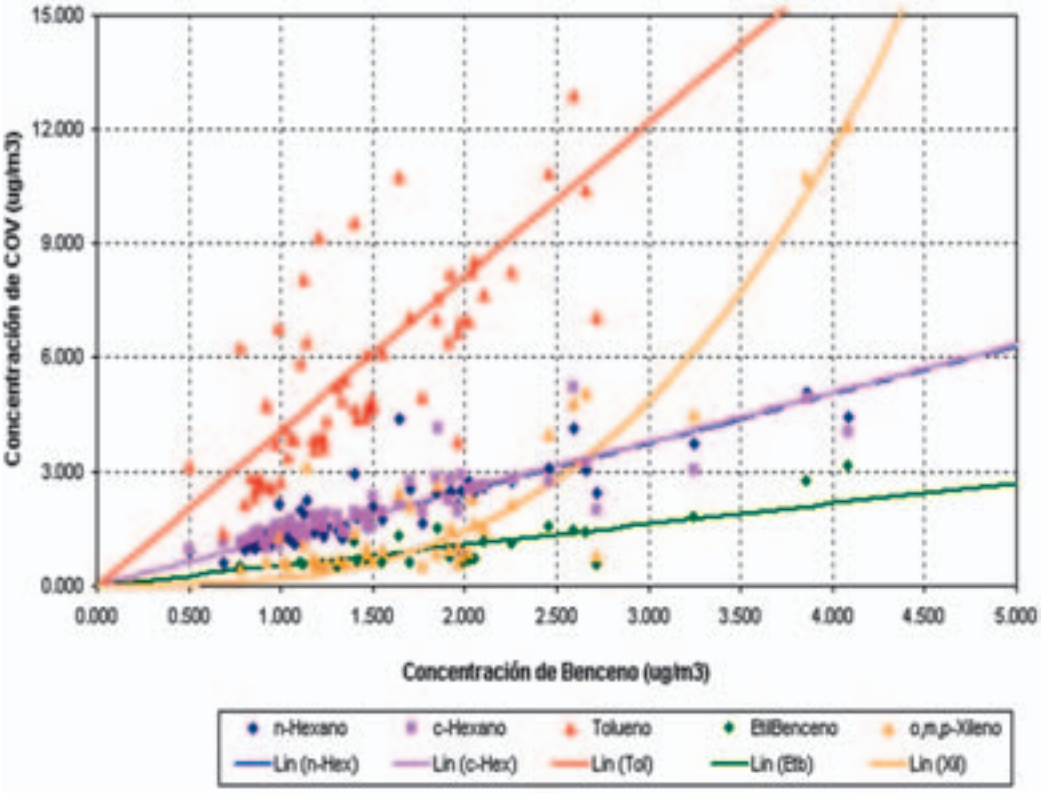


Figura 4.17: Relación entre las concentraciones de n-hexano, c-hexano, tolueno, etilbenceno y xilenos, y las concentraciones de benceno en cada uno de los captadores utilizados a lo largo de la campaña.

Finalmente, en la Tabla 4.1, se recogen, tanto para los valores individuales como para los valores medios, los parámetros del ajuste por regresión lineal ([COV] = A [Benceno]), donde A es la pendiente de una recta que parte del origen. La bondad del ajuste se expresa mediante la desviación estándar (D) y el coeficiente de correlación (r).

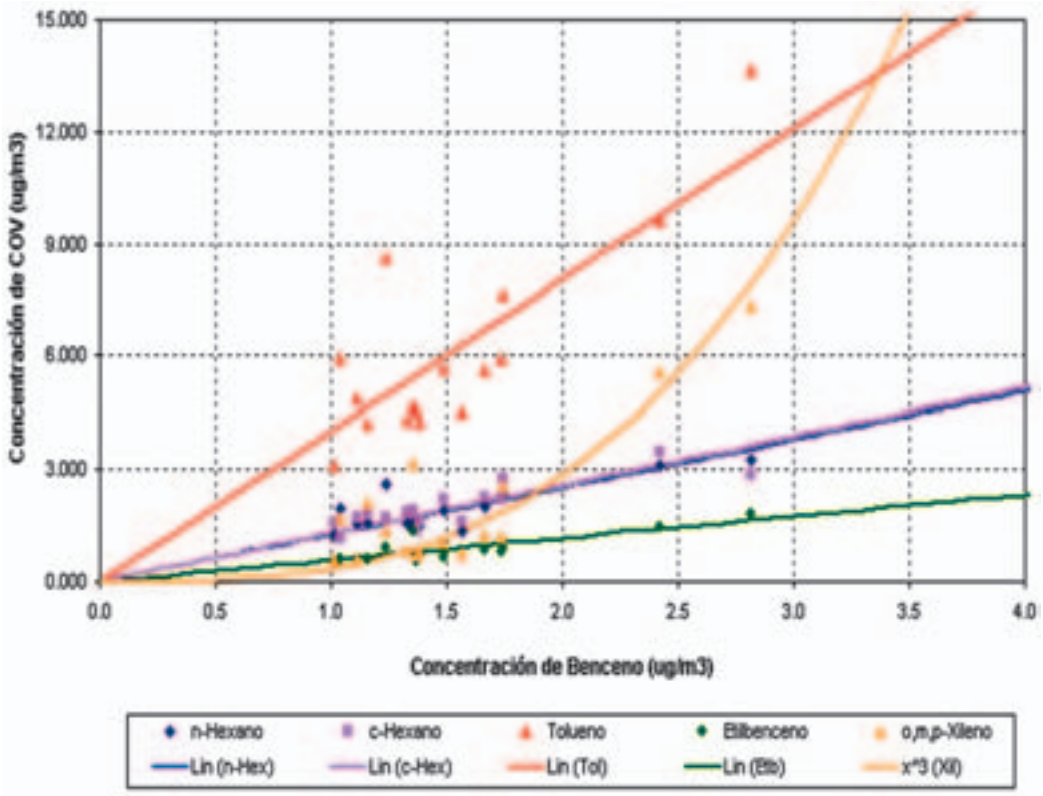


Figura 4.18: Relación entre las concentraciones medias de n-hexano, c-hexano, tolueno, etilbenceno y xilenos, y las concentraciones medias de benceno, de cada municipio.

COV's y Ajuste	Valores puntuales			Valores medios		
	A	D. Std.	r	A	D. Std.	r
n-Hexano [COV] = A [Benceno]	1.257	0.496	0.845	1.263	0.383	0.776
c-Hexano [COV] = A [Benceno]	1.265	0.498	0.824	1.291	0.341	0.826
Tolueno [COV] = A [Benceno]	4.059	1.790	0.869	4.026	1.494	0.827
Etilbenceno [COV] = A [Benceno]	0.544	0.398	0.806	0.583	0.239	0.806
Xilenos [COV] = A [Benceno](3)	0.179	0.882	0.937	0.356	0.888	0.886

Cuadro 4.1: Análisis de la regresión Benceno - COV's. Regresiones obtenidas mediante el análisis de los puntos de muestreo y los valores medios ambientales de cada Municipio.

En el ajuste experimental de la concentración de xilenos, ha sido necesario recurrir a una relación no lineal para mejorar la bondad del ajuste. De este modo, el polinomio que mejores resultados ha ofrecido ha sido una potencia cúbica ([o,m,p-Xileno] = A x [Benceno]$^{(3)}$), logrando minimizar la desviación estándar D y maximizar el coeficiente de regresión r.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede afirmar que a partir de la concentración de benceno, se puede estimar, dentro de un intervalo de confianza, la concentración de los compuestos orgánicos volátiles, (COV's), considerados.

La validez de estas estimaciones, estará en muchos casos vinculada con la regularidad que presenten las fuentes emisoras de estos compuestos. En cuanto al nivel de contaminación que se puede alcanzar en determinados momentos, hay que tener en cuenta dos factores importantes. Por un lado, las características del tráfico urbano en cada uno de los emplazamientos en que se desarrolla el estudio, así como su evolución a lo largo del tiempo. Esto puede facilitar la detección de cualquier alteración del patrón de emisiones, así como la aparición de posibles episodios de contaminación.

Por otro lado, las condiciones meteorológicas (influencia de las temperaturas, vientos y precipitaciones), pueden modificar la concentración ambiental de estos compuestos. Por ejemplo, aumentos significativos de las concentraciones derivados de los incrementos de temperatura, registrados principalmente en los meses de verano -mayor evaporación de los combustibles-, o bien por la aparición de capas de inversión térmica, que promueven la acumulación de contaminantes en torno a las fuentes de emisión, por ejemplo en los períodos matinales. Sin embargo otros fenómenos meteorológicos, como los vientos y las precipitaciones, representan un factor favorable para la reducción del nivel de contaminación al facilitar la dispersión o el abatimiento de los contaminantes y, por tanto, la disminución de las concentraciones de inmisión.

bibliografía

[1] Tsay S., Stamnes K., and Jayaweera K. Radiative transfer in stratified atmospheres: development and verification of a unified model. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer,* 43 (2):133–148, 1990.

[2] Chandrasekhar S. *Radiative Transfer.* Dover, New York, 1960.

[3] Dahlback A. Measurements of biologically effective uv doses, total ozone abundances, and cloud effects with multichannel, moderate bandwith filter instruments. *Applied Optics*, 35: 6514–6521, 1996.

[4] Nicolet M. Solar spectral irradiances with their diversity between 120 and 900 nm. *J. Planet. Space. Sci.*, 37:1249–1289, 1989.

[5] Paur R. J. and Bass A. M. The ultraviolet cross-sections of ozone. ii. results and temperature dependence. In *Atmospheric Ozone, Proceedings of the Quadrennial Ozone Symposium*, pages 611–616, Halkidiki, Greece (Reidel, Hingham, Mass.), 1985.

[6] Hu Y. X. and Stamnes K. An accurate parameterization of the radiative properties of water clouds suitable for use in climate models. *J. Climate*, 6:728–742, 1993.

[7] Cuevas E., Lamb K., and Bais A. Total ozone contents derived by different instruments and soundings. Meteorological Publications No 27, Finnish Meteorological Institute, 105 –114, Helsinki, 1994.

[8] McKinlay A.F. and Diffey B. L. A reference action spectrum for ultra-violet induced erythema in human skin. In *Human Exposure to Ultraviolet Radiation: Risks and Regulations,* W.F. Passchier and B.F.M. Bosnjakovich. International Congress Series, pages 83–87, 1987.

[9] Kinney J. P., Long C. S., and Geller A. C. The ultraviolet index: A useful tool. *Dermatology Online Journal,* 6 (1):2, 2000.

[10] Setlow R. B. The wavelengths in sunlight effective in producing cancer: a theoretical analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 71:3363–3366, 1974.

[11] Caldwell M. M., Camp L. B., Warner C. W., and Flint S. D. Action spectra and their key role in assessing biological consequences of solar uv-b radiation. In Worrest Caldwell, editor, *Stratospheric Ozone Reduction, solar Ultraviolet Radiation and Plant Life*, pages 87–111. Springer Heidelberg, 1986.

[12] McCree K. J. The action spectrum, absorbance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agric. Meteorol.*, 9:191–216, 1972.

[13] Fishman J., Watson C. E., Larsen J. C., and Logan J. A. Distribution of tropospheric ozone determined from satellite data. *J. Geophys.* Res., 95:3599–3617, 1990.

[14] Weisel C. P., Cody R. P., and Lioy P. J. Relationship between summertime ambient ozone levels and emergency department visits for asthma in central new jersey. *Environmental Health Perspectives*, 103:97–102, 1995.

[15] Molina M. J. and Rowland F. S. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atomcatalyzed destruction of ozone. *Nature*, 249:810, 1974.

[16] DeMore W. B. Chemical kinetics and photochemical data for use in stratospheric modeling. evaluation number 12. jet propulsion laboratory, national aeronautics and space administration, Pasadena, ca. *JPL publication*, 4, 1997. See http://jpldataeval.jpl.nasa.gov under.

[17] Jacob D. J. *Introduction to Atmospheric Chemistry.* Princeton University Press, 1999.

[18] Demerjian K. L., Schere K. L., and Peterson J. T. Theoretical estimates of actinic (spherically integrated) flux and photolytic rate constants of atmospheric species in the lower troposphere. *Advances in Environmental Science and Technology,* 10:369–441, 1980.

[19] Carter W. P. L. Development of ozone reactivity scales for volatile organic compounds. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 44:881–899, 1994.

[20] Wallace L. Environmental exposure to benzene: An update. *Environmental Health Perspectives,* 104 (Suppl 6), 1996.

[21] Wallace L. A., Pellizzari E., Hartwell T. D., Perrit K., and Ziegenfus R. Exposures to bencene and other volatile organic compounds from active and passive smoking. *Arch. Environ. Health,* 42:272–279, 1987.

[22] Ashley D. L., Bonin M. A., Carkinali L., McCraw J. M., andWooten J. V. Blood concentrations of volatile organic compounds in a nonoccupationally exposed us population and in groups with suspected exposure. *Clinical Chemistry,* 40:1401–1404, 1994.

[23] Bono R., Russo R., Arossa W., Scursatone E., and Gilli G. Involuntary exposure to tobacco smoke in a population of adolescents. urinary cotinine and environmental factors. *Arch. Environ. Health,* 51(2):127–131, 1996.

[24] Wallace L. A. Total exposure assessment methodology (team) study: an analysis of exposures, sources, and risks associated with four chemicals. *J. Am. Coll. Toxicol.*, 8:883–895, 1989.

[25] Chan C-C., Halûk Özkaynak, Spengler J. D., and Sheldon L. Driver exposure to volatile organic compounds, co, ozone, no2 under different driving conditions. *Environ. Sci. Technol.*, 25:964–972, 1991.

[26] Berkowicz R. and Olesen H. R. *The Danish Gaussian air pollution model (OML)*, volume 2. New York, 1986.

[27] Pasquill F. Atmospheric dispersion parameters in gaussian plume modeling: Part ii. *EPA-600/4-76- , 030b*, pages 1–44, 1976.

[28] Fishbein L. An overview of environmental and toxicological aspects of aromatic hydrocarbons. i: *Benzene. Science Total Environment,* 40:198–218, 1984.

[29] Moss A. H., Gabow P. A., Kaehny W. D., and Goodman S. I. Fanconi's syndrome and distal renal tubular acidosis after glue sniffing. *Ann. Int. Med.*, 92:69, 1980.

[30] Gerarde H. W. *Toxicology and Biochemistry of Aromatic Hydrocarbons, London.* London, 1960.

[31] American Petroleum Institute, editor. A. P. I. *Toxicological Review of Xylene.* New York, 1960.

[32] Cocheo V., Boaretto C., and Socco P. High uptake rate radial difusive sampler suitable for both solvent and thermal desorption. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1998.

[33] Ballesta P. P., Baldan A., and de Saeger E. Intercomparison excercises in the framework of the macbeth project, 1999. Conference Air Quality in Europe.

[34] Pérez P., González E., and Miñana A. *Muestreo de contaminantes en aire por captación pasiva.* Servicio de publicaciones, 1993.

[35] Mapa de los municipios de la Región de Murcia. El Territorio, localización y límites de la Región, 2002. *http://www.carm.es/regi/.*