

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El SO₂ como contaminante

El dióxido de azufre (SO₂) es uno de los principales contaminantes existentes en la atmósfera que, junto con los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el amoníaco (NH₃), forma parte de los procesos de acidificación. Es un gas estable, incoloro, no inflamable y muy soluble en agua. En altas concentraciones, tiene un olor fuerte e irritante. Es 2,2 veces más pesado que el aire, aunque se desplaza rápidamente en la atmósfera, y su vida media es de 2 a 4 días (www.gva.es).

El SO₂ puede ser muy dañino para la salud cuando se encuentra en la atmósfera en concentraciones muy elevadas. Puede causar irritación en los ojos, mucosas, piel, garganta y pulmones. Puede producir un debilitamiento del sistema inmunológico que empeora si la emisión de SO₂ va en conjunción con emisiones de partículas. No solo puede causar daños a la salud humana sino también, un alto contenido de SO₂ en la atmósfera, puede causar daños a diferentes tipos de materiales, provocando la corrosión de metales tales como el acero, zinc, compuestos de cobre, níquel y aluminio, e incluso dañar la vegetación de zonas afectadas por emisiones de SO₂ (provoca clorosis y necrosis en las plantas). Que el SO₂ llegue a causar efectos importantes depende mucho de las condiciones meteorológicas y de los factores de contaminación. Los mayores daños se producen en zonas industrializadas debido a la emisión de niveles elevados de concentración de SO₂ a la atmósfera. El SO₂ en la atmósfera se transforma en ácido sulfúrico (H₂SO₄) y es neutralizado en presencia de álcalis en sus sales como sulfato de amonio ((NH₄)₂SO₄) y sulfato de calcio (CaSO₄). Los materiales y las plantas se pueden ver afectados por la lluvia ácida, procedente de la reacción del SO₂ con el oxígeno (O₂) y el agua de la atmósfera (H₂O). Esta lluvia ácida provoca acidificación de lagos y suelos, destrucción directa e indirecta de la vegetación, corrosión de pinturas, deterioro de edificios y estatuas (mármol y piedra caliza) y la disminución de la visibilidad [Zevenhoven, R. y Kilpinen, P., 2004].

Origen del SO₂

Las emisiones de SO₂ provienen tanto de fuentes naturales como antropogénicas. La principal fuente natural de emisión de SO₂ es la oxidación de emisiones naturales de ácido sulfhídrico (H₂S), que es una descomposición anaerobia de materia orgánica. Se puede dar en erupciones volcánicas, pantanos, turberas, lodazales de mareas, etc. De unas 100 Mt producidas, unas 30 Mt provienen de los océanos y las otras 70 desde tierra.

En cuanto a las **emisiones antropogénicas** directas de SO₂, la principal es la combustión de fuentes estacionarias como la combustión del carbón y petróleo, la fundición de minerales sulfurados en procesos industriales, el transporte (diésel) o la eliminación de residuos [Robert, H. Williams, 2001]. Los combustibles fósiles (carbón y derivados del petróleo), así como los sulfuros metálicos, presentan azufre (S) en su composición.

En el proceso de combustión, el S se combina con el oxígeno, dando lugar al SO₂ en la atmósfera $S + O_2 \rightarrow SO_2$. El SO₂ suele reaccionar con el oxígeno proveniente de los procesos de combustión y formar el anhídrido sulfúrico presente en la atmósfera (SO₃) que, este a su vez, reaccionará con el agua de la atmósfera formando el ácido sulfúrico, con su consiguiente repercusión en los problemas de lluvia ácida. En los siglos XIX y XX el SO₂ fue la principal fuente de lluvia ácida, afectando a la Selva Negra en la década de 1980, el Este de los Estados Unidos y provocando la acidificación de los lagos escandinavos.

Otro proceso de emisión antropogénica de SO₂ es la oxidación del H₂S. Esta oxidación tiene lugar por la descomposición de la materia orgánica y los hidrocarburos en plantas de tratamiento y refinerías. Los mecanismos de oxidación en la atmósfera se producen según la siguiente reacción:

$H_2S + O_3 \rightarrow H_2O + SO_2$, reacción rápida en condiciones ambientales [Zevenhoven, R. y Kilpinen, P., 2004].

El SO₂ procedente de la fabricación de cemento

La industria de fabricación del cemento es una de las partes integrantes del sector químico que hay que tener en cuenta por la gran cantidad de emisiones de SO₂ que vierte a la atmósfera, debido a su proceso de producción en el que se queman grandes cantidades de combustibles como carbón y derivados de petróleo.

La producción de cemento en el mundo ha ido en aumento desde la década de 1950, con un incremento de la producción en países desarrollados, por lo que en estos años la emisión de SO₂ a la atmósfera ha tenido un auge constante y ello ha derivado en una gran preocupación sobre la contaminación atmosférica y la calidad del aire [BREF, Reference Document on BAT in the Cement Manufacturing Industries].

Las plantas cementeras no solo emiten óxidos de azufre sino también NO_x y partículas. Otras emisiones que se pueden producir en este tipo de plantas son los óxidos de carbono (CO , CO_2), los compuestos orgánico volátiles (COVs), las dioxinas (PCDDs y PCDFs), los metales y el ruido.

La química básica del proceso de fabricación del cemento empieza por la descomposición del carbonato cálcico (CaCO_3) a unos $900\text{ }^\circ\text{C}$, produciendo óxido de calcio (CaO) y liberando dióxido de carbono (CO_2); este proceso se conoce como calcinación o descarbonatación. El óxido de calcio se mezcla con compuestos de hierro, alúmina y silicio, reaccionando a 1400 o $1500\text{ }^\circ\text{C}$ para formar ferratos, aluminatos y silicatos de calcio que componen la base del cemento (clínker). Este clínker es mezclado con yeso y otros aditivos para formar el cemento. Cuando los compuestos utilizados para la formación del clínker contienen S (como en el caso de la pirita [FeS_2]) se produce la formación de SO_2 como se comenta en el apartado «*Origen del SO_2* ». Para el aporte de calor necesario para la producción del cemento se procede a la combustión de carbón o de petróleo, los cuales suelen tener un alto contenido de S y aumentan en gran medida las emisiones de SO_2 a la atmósfera.

La fabricación de cemento tiene lugar mediante procesos de **vía seca** o **vía húmeda**. Los procesos en vía seca consisten en hacer pasar el crudo por un precalentador o precalcinator antes de pasar por el horno. A la temperatura del precalcinator ($900\text{ }^\circ\text{C}$), los álcalis formados pueden reaccionar con el S procedente de los compuestos utilizados para la formación del clínker y quedarse retenido en forma de sal. Los procesos en vía húmeda consisten en moler el crudo en agua para formar una especie de lodo que se alimenta directamente en el horno. En este proceso, si las materias primas tienen un alto contenido de compuestos de S volátiles, la reacción del O_2 presente en los gases de combustión con dichos compuestos dará lugar a la formación de SO_2 a temperaturas relativamente bajas ($< 600\text{ }^\circ\text{C}$). A estas temperaturas, la cal todavía no está presente en el sistema de horno y los álcalis presentan poca reactividad, por lo que el SO_2 será en gran medida emitido a la atmósfera, arrastrado por los gases del horno [CEMEX, Memoria técnica].

Existen también procesos **semisecos** y **semihúmedos**. En los procesos semisecos, el crudo se mezcla con agua formando *pellets* y es introducido a un precalentador antes de que pase al horno. En los procesos semihúmedos, el fango es deshumedecido mediante prensado con filtros y posteriormente el filtro y la torta que quedan en él son mezclados en forma de *pellets* y alimentados al precalentador o directamente al horno. Estos procesos también emiten grandes cantidades de SO_2 a la atmósfera. El mejor método para reducir los gases es el de vía seca, porque, por su alta temperatura de trabajo, el S queda retenido antes de salir a la atmósfera [CEMEX, Memoria

Técnica; BREF, Reference Document on BAT in the Cement Manufacturing Industries].

Una gran parte de la producción de clínker en el mundo está todavía basada en procesos por vía húmeda. No obstante, en Europa, más del 75% de la producción está basada en procesos por vía seca, gracias a la disponibilidad de materiales crudos secos. Los procesos húmedos consumen mucha más energía y son mucho más caros. Las plantas que usan procesos semihúmedos deben cambiar a tecnologías secas siempre que sea requerida una expansión o mejora del proceso. La industria del cemento tiende a mejorar sus procesos de producción y disminuir sus emisiones basándose en las mejores técnicas disponibles (Best Available Techniques [BAT]) según la Comisión Europea de Control y Prevención de la contaminación integrada (IPPC, Integrated Pollution Prevention and Control) [BREF, Reference Document on BAT in the Cement Manufacturing Industries].

Técnicas de control de emisiones

Existen sistemas de control de emisiones de SO₂ y de compuestos de S. Entre otros, se enumeran a continuación los más relevantes [Zevenhoven y Kilpinen, 2004]:

Sustitución de combustibles de alto contenido en S

Una forma de sustituir combustibles con alto contenido en S por otros con menos S sería usar como combustible biomasa o gas natural en lugar de carbón. Otra manera sería usando mezcla de carbones o sistemas mixtos de carbón/gas natural. La central térmica de Teruel utiliza como combustible una mezcla de tres carbones (lignitos de Teruel, carbón tratado y hulla importada).

Pretratamiento de los combustibles

El S de la pirita (FeS₂), por su mayor densidad, puede ser eliminado por gravedad o flotación en húmedo o en seco, según el grado de pulverización del carbón. El S orgánico se elimina mediante técnicas que usan disoluciones alcalinas y lavados oxidantes. Existen también tratamientos biológicos que eliminan el S orgánico e inorgánico (*Thiobacillus ferrooxidans* convierte FeS₂ en FeSO₄ y otras especies transforman el S orgánico en tiofenos más fácilmente eliminables).

Las fracciones del petróleo pueden ser tratadas con el método del *hidrocracking*, usando hidrógeno y catalizadores de cobalto/molibdeno (Co/Mo). El S pasaría a gas en forma de H₂S que posteriormente sería tratado con tratamientos de gases efluentes. También tienen gran importancia las tecnologías

limpias del uso del carbón, como es la gasificación. Utilizando un agente gasificante (vapor de agua + O_2) con el sólido combustible se consigue atrapar el S en forma de H_2S (posteriormente tratado) y obteniéndose una fase sólida (hollín y alquitrán) y una fase gas (gas de síntesis, hidrógeno + monóxido de carbono [$H_2 + CO$]) muy útiles para ser reutilizadas en otros procesos (pirólisis y combustión de residuos).

Tratamiento de gases efluentes (FGD)

Los tratamientos de gases efluentes sirven para tratar grandes cantidades de gas de concentraciones bajas de SO_2 (< 0,5%). Se pueden utilizar absorbentes no regenerables o regenerables. En el caso de los absorbentes no regenerables, la captura del SO_2 se puede realizar a baja temperatura inyectando el absorbente después del horno y antes del desempolvado o a alta temperatura directamente en el horno (sistemas de carbón pulverizado y lecho fluidizado). El absorbente suele ser cal o cal + agua.

En el caso de los absorbentes regenerables, se suelen utilizar absorbentes (como el sulfito o citrato sódico) o catalizadores (como el carbón activo o diatomeas V_2O_5).

Mejoras de rendimiento

Se puede mejorar el rendimiento utilizando combustión en lecho fluidizado a presión o utilizando un ciclo combinado.

Dispersión mediante chimeneas altas

Al aumentar la altura de las chimeneas de las industrias por donde salen los gases contaminantes aumenta la dispersión de estos gases a la atmósfera, evitando de esta forma que se agrupen concentraciones elevadas de contaminante y disminuyendo a su vez el nivel de concentración de estos gases en cualquier punto de muestreo cercano a pueblos o ciudades (inmisiones).

Normativa vigente

La normativa vigente relacionada con la contaminación atmosférica previene y controla la contaminación originada por las **emisiones** de gases contaminantes (entre otras cosas) de instalaciones industriales. Esta normativa fija unos niveles límite de concentración de gases que no deben ser superados y expone formas para mejorar las técnicas utilizadas en esos procesos industriales.

Existe una normativa que fija los niveles de **inmisiones** de esos compuestos contaminantes y que se utiliza para controlar la calidad del aire en

zonas cercanas a polígonos industriales, zonas de mucha actividad urbana o en zonas rurales con carencia de las dos actividades anteriores.

Normativa de emisiones para instalaciones industriales

La normativa para las emisiones es la siguiente:

Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico. La Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico establece las líneas generales de actuación del Gobierno y servicios especializados de la Administración Pública para prevenir, vigilar y corregir las situaciones de contaminación atmosférica, cualesquiera que sean las causas que las produzcan. Los niveles de emisión fijados por este Decreto son aplicables a las industrias existentes de acuerdo con lo establecido en el artículo 48 y en la disposición transitoria 4ª del Decreto 833/1975. En el caso de instalaciones de combustión industrial (excepto centrales térmicas), la previsión de los niveles de emisión de partículas sólidas es de 150-250 mg/m³ y los niveles de emisión de SO₂ son 2.400 mg/m³ para las instalaciones que quemem hulla o antracita y 6.000 mg/m³ para las que empleen lignitos.

La Directiva 96/61/CE del Consejo de 24 de septiembre de 1996 (IPPC) relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (modificada por la Directiva 2003/35/CE, la Directiva 2003/87/CE, el Reglamento (CE) n.º 1882/2003 y el Reglamento (CE) n.º 166/2006) es la directiva en la que se basan otras como:

Directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del consejo de 23 de octubre de 2001 sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos.

Directiva 2003/17/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 3 de marzo de 2003, por la que se modifica la directiva 98/70/CE relativa a la calidad de la gasolina y del gasóleo.

Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo.

Real Decreto 127/2006, de 15 de septiembre, del Consell, por el que se desarrolla la Ley 2/2006, de 5 de mayo, de la Generalitat. Este decreto desarrolla la Ley 2/2006 de la Generalitat, de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental.

Legislación de inmisiones, estándares ambientales

La normativa actual, sobre contaminación ambiental relativa al SO_2 , está regida por:

La nueva **Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008**, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, regula los niveles de PM_{10} , incorporando también una nueva regulación para los niveles de concentración de $\text{PM}_{2.5}$. Esta nueva normativa supone la revisión de las normativas **Directiva 96/62/CE del Consejo de 27 de septiembre de 1996** sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente y **Directiva 1999/30/CE del Consejo de 22 de abril de 1999** relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente, desarrollada a partir de la anterior, con el fin de cumplir los objetivos de mejora de calidad del aire ambiente en los Estados Miembros.

Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono, transposición de las directrices correspondientes (1999/30/CE y 2000/69/CE).

Todas estas leyes se podrían resumir en una sola: **Ley 34/2007, de 15 de noviembre**, de calidad de aire y protección de la atmósfera. Esta ley es de carácter general y trata aspectos tanto de control y gestión de calidad del aire como de control y prevención de emisiones.

Los valores límite se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Valores límite del SO_2 de la legislación vigente, expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 20 °C de temperatura y a 1 atmósfera de presión

Límites	Periodo de promedio	Valor límite	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite horario para la protección de la salud humana	1 hora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que no podrá superarse en más de 24 ocasiones	En vigor desde el 1 de enero de 2005
Valor límite diario para la protección de la salud humana	24 horas	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que no podrá superarse en más de 3 ocasiones por año civil	En vigor desde el 1 de enero de 2005
Valor límite para la protección de ecosistemas	Año civil e invierno (del 1 de octubre al 31 de marzo)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	En vigor desde la presente norma

Existe un valor límite como umbral de alerta del dióxido de azufre de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un periodo promedio de 3 horas consecutivas en lugares representativos de la calidad del aire. Para un periodo considerado de tiempo, existen valores límite para el dióxido de azufre, como muestra la tabla 2.

Tabla 2. Valores límite de SO_2 de la legislación para un periodo considerado, expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 20°C de temperatura y a 1 atmósfera de presión

Periodo considerado	Valor límite para el dióxido de azufre	Significado de los valores medios
Anual	80-120	Medianas de los valores medios diarios registrados durante el periodo anual
Invernal	130-180	Medianas de los valores medios diarios registrados durante el periodo invernal
Anual	250-350	No deben sobrepasar durante más de tres días consecutivos el percentil 98 de todos los valores medios diarios registrados durante el periodo anual

En esta normativa queda totalmente especificada la forma de medida de las emisiones y de las inmisiones. Para la medida de emisiones, se utilizan métodos estandarizados de medidas según las siguientes normas: Comité Europeo de Normalización (CEN), International Organization for Standardization (ISO) y Environmental Protection Agency (EPA). Para la medida de inmisiones, la intensidad y el tipo de medidas dependen de los niveles detectados y del número de habitantes del territorio a estudiar. Las zonas de estudio se suelen clasificar según el umbral de evaluación superior (60% del límite diario, $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y el umbral de evaluación inferior (40% del límite diario, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Este proyecto de investigación está basado en la medida de inmisiones de SO_2 utilizando los métodos estandarizados de medida, como se verá a continuación. Las medidas de concentración de inmisiones de este trabajo están expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 20°C de temperatura y a 1 atmósfera de presión (condiciones normales).

MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

La investigación presentada en esta memoria ha sido realizada en la Universidad de Alicante (UA), la cual se encuentra situada entre las ciudades de San Vicente del Raspeig y Alicante, con una población aproximada de 65.000 y 350.000 habitantes respectivamente. Estas dos localidades están unidas por zonas residenciales y a una distancia de menos de 2 km de dos

plantas de fabricación de cemento. La más antigua, denominada **CEMEX-I**, empezó a funcionar en 1920. La más nueva, llamada **CEMEX-II**, inició su funcionamiento en 1975. Estas plantas tienen una capacidad de producción de un millón y medio de toneladas al año, repartiéndose aproximadamente en 1.170.000 toneladas de cemento gris y 365.000 toneladas de cemento blanco [www.cemex.es, comunicación personal].

Alrededor de 40.000 personas, estudiantes y trabajadores, conviven en la Universidad diariamente y la calidad del aire es un tema de preocupación. Además, la Universidad está actualmente en expansión hacia la ciudad de San Vicente y hacia el Parque Científico, con la consecuente aproximación a las plantas cementeras. De ahí parte la necesidad de realizar un estudio sobre la calidad del aire en la zona. El trabajo se centra en el seguimiento de las inmisiones de SO_2 y otros gases y en discernir los factores que condicionan la calidad del aire, factores de dispersión y emisión.

En 2003 se realizó una campaña de medidas cuyos resultados motivaron el inicio de la investigación que abarca un periodo de cuatro años (2004-2007), con el objetivo de vigilar la calidad del aire en la zona y discernir los factores que condicionan la misma. Con los datos obtenidos durante este periodo se ha evaluado el impacto de las emisiones en la zona de estudio a lo largo de los cuatro años en las distintas condiciones meteorológicas que se dan en la zona de estudio. En este trabajo se ha comparado la variación de datos estadísticos anuales del SO_2 con la legislación y con otras estaciones del entorno y se ha estudiado la dinámica y el comportamiento de las inmisiones de este gas teniendo en cuenta los parámetros de emisión y meteorológicos.

ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Alicante y su área de influencia, situada en primera línea de costa entre el Cabo de las Huertas y el de Santa Pola, se abre hacia el interior en una plana litoral que rápidamente limita con un complejo sistema montañoso (las sierras del Maigmó, Castella, Peñarroya...), jalonado hacia el interior por diferentes cuencas fluviales (Vinalopó, Verde, Serra...) que constituyen importantes pasos aéreos que juegan un papel fundamental en la dinámica de las masas aéreas que afectan a la zona. Por su situación en el ámbito mediterráneo, es habitual la elevada frecuencia de regímenes de brisa que, en una elevada proporción de días, determinan y condicionan los principales procesos dispersivos (transporte y difusión) a los que se ven expuestas las emisiones locales. Los contaminantes primarios procedentes de fuentes próximas son incorporados en el seno de este tipo de circulaciones y sometidos a los característicos procesos de estos movimientos atmosféricos [Millán, M. y cols., 2000].

El área de estudio ha sido la cuenca aérea que se extiende de Alicante a San Vicente del Raspeig, y con una mayor intensidad en la Universidad de Alicante y su área de expansión, por la necesidad de respuesta ante la comunidad universitaria sobre la calidad del aire.

Durante el periodo de investigación se han tomado medidas de SO₂ en diferentes emplazamientos, teniendo en cuenta la posición de las plantas de cemento respecto de las zonas residenciales, de la Universidad y de la ampliación de la misma. Los resultados obtenidos han sido tratados junto con los datos de las estaciones de la Generalitat Valenciana situadas en el entorno de Alicante y a mayor o menor distancia de las plantas cementeras, y se han comparado con otras estaciones de la red de calidad del aire de la Generalitat Valenciana de especial relevancia. Estos últimos han sido obtenidos de la página web de la Generalitat, <http://www.gva.es/>.

Emplazamiento de la Universidad de Alicante

El primer emplazamiento de muestreo se localiza en la UA, en la terraza del edificio de la Fase II de la Facultad de Ciencias (**UA-CIEN**), estando **CEMEX-I** situada en dirección noroeste (NO) de este emplazamiento.

Emplazamientos en las inmediaciones de la ampliación de la Universidad

Ampliación NO

Debido a que una de las ampliaciones de la Universidad es en dirección NO, uno de los puntos de muestreo se instaló entre CEMEX-I y la Universidad: el equipo se situó en el Colegio Público Azorín en San Vicente del Raspeig (**CP-AZN**). A finales del 2007 se buscó otro emplazamiento sustitutivo de este, ya que el equipo se desinstaló por consideraciones de la dirección del colegio. La nueva ubicación se encuentra en el edificio de la Villa Universitaria (**UA-VU**), muy próxima a la anterior. Se ha demostrado que ambos emplazamientos tienen un comportamiento equivalente, por lo que se utilizaron como un mismo emplazamiento en los capítulos de interpretación. En la misma dirección pero en vía opuesta respecto de la cementera, se situó otro equipo en el Colegio Público Miguel Hernández de San Vicente del Raspeig (**CP-MH**), para documentar el alcance del foco de CEMEX-I (figura 1, Capítulo I).

Ampliación oeste-suroeste (O-SO)

Por la expansión de la Universidad hacia el oeste (O), se situó otro punto de muestreo en la terraza de uno de los edificios nuevos de la Universidad, en

el laboratorio de Petrología (**UA-PTR**), próximo a otra cementera (**CEMEX-II**), (figura 1, Capítulo I).

La toma de datos no ha sido totalmente continua en todos los años de investigación debido a los cambios de emplazamiento y a las averías que han sufrido los equipos durante este periodo. El punto de muestreo de la Universidad de Alicante ha sido el más continuo, puesto que ha permanecido todos los años en la misma ubicación y solo ha dejado de funcionar en caso de avería. El muestreo en UA-PTR y UA-MH se ha realizado de forma alternada y del punto CP-AZN se pasó al de UA-VU, como se ha comentado anteriormente.

En la tabla 3 se indica el periodo de muestreo de cada uno de los puntos estudiados.

Tabla 3. Periodo de muestreo en cada emplazamiento

	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007
UA-CIEN	190504-311204	010105-311205	010106-311206	010107-311207
UA-PTR	-----	280105-180505	-----	-----
CP-MH	-----	190505-311205	010106-201106	070507-191007
CP-AZN	-----	010205-311205	010106-180906	-----
UA-VU	-----	-----	-----	241007-311207

Estaciones de calidad del aire de la Generalitat Valenciana

Se dispone de los datos de SO₂ procedentes de la red de calidad del aire de la Generalitat Valenciana de las estaciones en la zona de estudio. Una de las estaciones está situada en San Vicente del Raspeig, en el Colegio Público Jaime I (**GV-JI**). Esta estación inicia su funcionamiento en la red de calidad del aire de la Generalitat Valenciana como consecuencia de los datos procedentes del estudio previo realizado en la Universidad de Alicante en 2003. Las otras dos estaciones están situadas en Alicante, la estación de El Pla (**GV-PLA**) y la estación de RENFE (**GV-REN**) [figura 1, Capítulo I]. En la tabla 4 se indica el periodo de muestreo de cada uno de los puntos de las estaciones de la Generalitat Valenciana:

Tabla 4. Periodo de muestreo en cada emplazamiento

	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007
GV-JI	310804-311204	010105-311205	010106-311206	010107-311207
GV-PLA	010104-311204	010105-311205	010106-311206	030107-311207
GV-REN	010104-311204	010105-311205	010106-311206	020107-311207

La figura 1 es un mapa de localización que muestra las ciudades de Alicante y San Vicente del Raspeig junto con los puntos de los emplazamientos de muestreo de SO_2 (de este estudio y de la Generalitat Valenciana) durante el periodo de investigación, así como la localización de las dos plantas de fabricación de cemento. Como se verá en capítulos posteriores, los vientos predominantes en la zona son los que proceden de la dirección este-sureste (E-SE) y de la dirección NO, como se puede ver claramente en la rosa de vientos de la figura 1. Se observa que las estaciones CP-AZN (y su sustituta, UA-VU), UA-CIEN y CP-MH están situadas en la dirección de los vientos predominantes respecto de CEMEX-I.

Figura 1. Mapa de localizaciones. Ubicación de los puntos de emplazamiento de muestreo en San Vicente del Raspeig y puntos de emplazamiento de estaciones de la Generalitat Valenciana

