

Consideraciones sobre la Planificación de un Programa de Caracterización de la Calidad del Aire

Debido a numerosos factores, la presencia creciente de materiales objetables en el aire por causa de las diferentes actividades humanas hace necesario identificar la calidad del aire. En este artículo se presentan en forma muy resumida algunos de los aspectos relacionados con dicho tema.

JOSE VICENTE CASAS R.
Profesor Asociado M. Sc.
Universidad Nacional

Un programa de caracterización de la calidad del aire puede definirse como la recolección y evaluación sistemática de todos los datos que incluyen información sobre emisiones, concentraciones de contaminantes y variables meteorológicas. La interrelación de tal información proporcionará los elementos de juicio para caracterizar la calidad del aire en una zona determinada. Para lograrlo es necesario dar respuesta a las tres preguntas siguientes:

1. ¿Por qué es necesario establecer un programa?
2. ¿Qué nos interesa conocer?
3. ¿Cuáles son los mecanismos que se usarán?
4. ¿Cómo se determinan los contaminantes atmosféricos?

Las preguntas hacen referencia respectivamente a los objetivos del programa, a los parámetros y al procedimiento que permitirá establecer el programa.

DETERMINACION DE OBJETIVOS

Al estudiar la planificación de un programa de caracterización de la calidad del aire, es importante identificar los objetivos, a corto y a largo plazo, de cada programa ya que de éstos dependerán las actividades subsecuentes. Los objetivos generales más comunes que pueden conducir a programas de caracterización atmosférica son los siguientes:

Identificar fuentes de contaminación.

Establecer la naturaleza y la concentración de los contaminantes en la atmósfera.

Identificar y cuantificar la contaminación originada en un proceso dado o producida en una determinada fuente.

Estudiar la influencia de la contaminación atmosférica sobre la salud humana.

Recomendar programas de control y evaluar la efectividad de los mismos.

Estudiar la influencia de la contaminación atmosférica sobre los organismos vegetales y animales y sobre los materiales.

Evaluar la observancia de las normas sobre calidad del aire.

Determinar la tendencia de la contaminación en un área específica.

Desarrollar investigaciones diversas relativas a la

contaminación atmosférica.

Obtener datos que sirvan de base para la planificación del uso de la tierra.

Comprobar modelos de dispersión.

DETERMINACION DE LOS PARAMETROS PARA CARACTERIZAR LA CALIDAD DEL AIRE

El paso siguiente que ayuda a establecer un programa se relaciona con la selección de los parámetros que sea necesario considerar para asegurar la utilización de técnicas apropiadas, tanto de muestreo como de análisis. Los parámetros escogidos deberán ser aquellos que sean esenciales para conseguir el cumplimiento de los objetivos propuestos. De otra forma podrían perderse esfuerzos y aumentar costos en la obtención de información innecesaria.

Los parámetros involucrados en un estudio de caracterización de la calidad del aire que deberán considerarse son: los contaminantes que han de medirse tanto a corto como a largo plazo, las variables meteorológicas que van a correlacionarse y el área de estudio.

En general, la selección de los contaminantes dependerá de varios factores entre los cuales se debe considerar si el estudio se refiere a una ciudad, a una industria o a un proceso determinado.

Los requerimientos meteorológicos en un estudio de contaminación atmosférica entre otros, involucran datos sobre velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, estabilidad atmosférica, humedad y radiación solar. Como en general, en la mayoría de las regiones urbanas hay instalados sistemas de medición de estas variables meteorológicas, el primer paso será la recopilación de la información disponible.

Puesto que los contaminantes, una vez generados quedan incorporados a la atmósfera, pueden recorrer grandes distancias y producir su efecto a muchos kilómetros del punto de emisión, la zona de influencia podrá abarcar todo un complejo urbano. En muchos casos es factible que el área correspondiente a más de una región administrativa, por lo cual tal vez requiera el aporte de programas de cooperación entre los municipios o ciudades vecinas. En la definición de la zona de estudio es importante registrar las características topográficas como son cordilleras, depresiones, etc.

Si se trata de un estudio que implique la determinación de las condiciones de contaminación atmosférica en los alrededores de una fuente única, la selección de la zona de estudio dependerá de la altura a la cual se encuentra la fuente, y de las condiciones topográficas y meteorológicas cercanas, así como del o de los objetivos propuestos.

Es importante clasificar cada uno de los sitios en relación con las fuentes y actividades del área, lo cual debe hacerse en función de la utilización del terreno. En general, se puede clasificar como sector residencial, comercial, industrial o mixto, para lo

cual será indispensable efectuar un censo de actividades y correlacionarlo con las características urbanas.

PROCEDIMIENTO CONDUCENTE AL DISEÑO DEL PROGRAMA

La información básica que debe ser considerada para establecer un programa o reforzar uno existente incluye: inventarios de emisión, extractos meteorológicos, características geográficas y otros datos según el caso específico. Esta información se puede usar como una base para el proceso de selección de las estaciones de muestreo.

Los inventarios de emisiones proporcionan generalmente el tipo de información básica más importante. Suministran información sobre el tamaño y distribución de grandes fuentes puntuales. Los datos sobre fuentes puntuales y de área son útiles para evaluar la ubicación de estaciones de muestreo y verificar si su ubicación se ha seleccionado de acuerdo con la escala espacial elegida. Por ser tan importante el inventario de emisiones se ha considerado conveniente separar los comentarios sobre información básica en dos partes. La primera como inventario de fuentes y emisiones y la segunda como información adicional.

1.- Inventarios de Fuentes y Emisiones

Una de las acciones iniciales necesarias para diseñar un programa de caracterización de la calidad del aire consiste en realizar un inventario de emisiones, el cual se puede definir como la recopilación de información referente a las fuentes de contaminación, en cuanto a número, clase y localización complementada con los datos relativos al tipo y cantidad de combustibles. Aunque hay varios sistemas para efectuar un inventario de emisiones, todos dependen del uso de los factores de emisión. Estos se han formulado para determinadas fuentes de contaminación, tales como automóviles, chimeneas, plantas de cemento, etc. Se obtienen, midiendo las emisiones de un buen número de fuentes individuales de cada clase para luego promediarlas estadísticamente y relacionarlas con índice de emisión, tal como el consumo de combustible.

Los datos de emisiones se usan para estimar tanto las concentraciones presentes como las que en un futuro se puedan presentar mediante el uso de modelos de calidad del aire. Además de utilizarlas como guía, en el diseño de programas de muestreo, sirven para la estipulación de regulaciones y en el desarrollo de estrategias de control.

La multitud de fuentes en áreas urbanas puede clasificarse además de acuerdo con las tasas de emisión. Las fuentes que individualmente contribuyen en forma significativa a la contaminación se denominan fuentes puntuales. Las fuentes que individualmente no contribuyen en alto grado se pueden agrupar y en conjunto se consideran como fuentes de área.

En síntesis, el inventario de emisiones se realiza para:

1. Estimar las cantidades de contaminantes atmosféricos emitidos.
2. Determinar las ubicaciones geográficas y las características de las fuentes y emisiones, y
3. Estimar la variabilidad de las emisiones con respecto al tiempo.

Los métodos utilizados para realizar un inventario de emisiones difieren tanto por la cantidad de datos que proporcionan como por la forma en la cual sean recogidos. Cada método requiere diferente cantidad de personal, de tiempo y de otros recursos.

Para determinar el método que se utilizará se deben tener en cuenta los recursos disponibles tales como tiempo, personal y presupuesto, los fines para los cuales se usarán los datos, así como las características del área bajo estudio.

Cualquiera que sea el método utilizado, se deberán considerar tres etapas para su realización que son:

1. Diseño del inventario
2. Recolección de los datos básicos
3. Cálculo de las emisiones.

En el diseño del inventario se involucran entre otros factores, los límites del área de estudio, la subdivisión del área y los contaminantes que se registrarán.

La recolección de los datos básicos se refiere a toda la información que se usa conjuntamente con los factores de emisión para estimar las tasas de emisión. Ejemplos de datos básicos son las tasas de consumo de combustible, los contenidos de azufre de los mismos, tasa de producción de materiales, registros de número de automóviles y combustibles que usan, etc. La disponibilidad de estos datos varía según el área de estudio. Los enfoques para estimar emisiones se discuten a continuación según el tipo de fuente.

Para fuentes de combustión estacionarias se requiere información sobre:

1. Tasas de consumo de combustible, para cada fuente puntual.
2. Tasas de consumo de cada combustible de acuerdo con la clase de consumidor (residencial, comercial o industrial).
3. Información sobre la composición del combustible, principalmente contenido de azufre y cenizas. Para fuentes puntuales, la información requerida puede obtenerse directamente a través de formularios y visitas personales.

Para fuentes de combustión móviles la información requerida comprende:

1. Consumo de combustible por kilómetro
2. Número de aterrizajes y decolajes de aviones
3. Combustibles usados en trenes que operan en el área de estudio

Para fuentes industriales se requerirá conocer el tipo de procesos u operaciones que dan lugar a contaminantes atmosféricos, cantidad de gases

descargados por procesos, tipo y eficiencia de los equipos de limpieza de contaminantes atmosféricos.

En cuanto al cálculo de las emisiones vale la pena aclarar que aunque para casi todas las principales fuentes de contaminación se han recopilado y se presentan en la literatura los factores de emisión, no se pueden aplicar indiscriminadamente. Las diferencias en tecnología, los tipos de combustibles y las condiciones de operación y de mantenimiento pueden dar lugar a diferencias marcadas en las tasas de emisión. Se debe recordar que los factores de emisión son valores promedios obtenidos de datos conseguidos sobre pruebas a un gran número de fuentes semejantes. Es importante verificar y analizar la validez de los datos básicos conseguidos.

2. Información adicional

Esta dependerá de los objetivos establecidos. Sin embargo, pueden especificarse en forma general los datos más importantes.

Los datos de mayor uso son, las distribuciones de frecuencia de la velocidad y dirección del viento y la estabilidad atmosférica. Esta información puede ser obtenida del servicio meteorológico regional.

El material geográfico puede usarse para determinar la distribución de las condiciones topográficas, las vías y condiciones naturales tales como ríos, lagos, bosques, etc.

Esta información puede incluir el uso de la tierra en un futuro, la localización de aeropuertos en la zona, etc. Se puede conseguir una buena información sobre topografía urbana por observaciones visuales o fotográficas. Toda esta información puede usarse para determinar los sitios de muestreo o aun para ayudar a establecer fuentes de emisión.

A veces resulta útil la información existente sobre los daños que los contaminantes han causado o causan a la vegetación, a los animales y a los materiales del área bajo estudio. Por otra parte, será conveniente considerar las quejas presentadas por la población referentes a las molestias experimentadas. El origen y la distribución geográfica de las quejas, puede, por ejemplo, ayudar a ubicar las estaciones de muestreo. En muchos casos, aunque no se hayan establecido programas de caracterización del aire se dispone de cierta información recogida esporádicamente, por ejemplo, por medio de estudios de los servicios meteorológicos, de las universidades o de investigadores particulares.

Entonces deberá reunirse toda esta información y analizarla ya que puede ofrecer un estimativo aproximado de la magnitud del problema. Por otra parte, se hace necesario verificar el organismo o clases de organismos a quienes compete la caracterización y vigilancia de la calidad del aire y determinar los recursos humanos y económicos disponibles.

ESPECIFICACIONES SOBRE LA RED DE MUESTREO

La caracterización de la calidad del aire se realiza a través de la determinación de la concentración de los contaminantes para lo cual se hace necesario ubicar estaciones de muestreo y de análisis.

1. Criterios para establecer la ubicación de las estaciones

La ubicación de una estación de muestreo debe ajustarse a las siguientes normas:

1. El sitio debe ser representativo del área seleccionada. Para que una estación sea representativa los datos allí obtenidos han de reflejar los niveles de concentración y las fluctuaciones de los contaminantes de un área determinada. La estación debe estar situada en un lugar en el cual sean improbables las interferencias de las inmediaciones. En general, debe estar alejada de las:
 - a. Fuentes cercanas de contaminación atmosférica. La distancia recomendada dependerá de la altura e intensidad de emisión de las fuentes.
 - b. Superficies absorbentes. La distancia permitida dependerá de las propiedades de absorción que posea el material con respecto al contaminante.
 - c. Zonas en las que se prevén cambios en el uso de la tierra en un futuro cercano.

Para ciertos objetivos la localización de la estación de muestreo será representativa si los datos representan la exposición real del receptor. La medición de la contaminación causada por la circulación de automotores requiere atención especial a causa de los pronunciados gradientes de concentración que pueden encontrarse.

En ciertas condiciones atmosféricas se manifiestan reacciones y se forman contaminantes secundarios como los oxidantes fotoquímicos. Como estas reacciones tardan en producirse puede ocurrir que las concentraciones en la periferia de la zona urbana o más allá sean superiores a las registradas en el centro de la zona.

2. La estación debe instalarse y funcionar de modo que proporcione datos comparables con los de otras estaciones de la red.

Con este fin es necesario uniformizar hasta donde sea posible todos los aspectos de cada una de las estaciones de muestreo. Por ejemplo, la toma de muestras deberá hacerse a 3 ó 4 m. del nivel del piso y entre 1 y 1.5 m. de superficies horizontales o verticales.

3. El sitio debe reunir ciertos requerimientos físicos. Debe ser utilizable durante un período prolongado y ha de ser fácilmente accesible a cualquier hora.

Además, el lugar donde esté situada la estación

de muestreo deberá disponer de energía eléctrica, de 110 V, 60 Hz.

2. Número y distribución de los sitios de muestreo

La determinación del número y la localización de los sitios de muestreo dependerá de varios factores entre los cuales vale la pena mencionar:

La clase de datos o información requerida, la distribución espacial de las fuentes de contaminación, los recursos disponibles, los factores meteorológicos y topográficos.

La localización de las estaciones de muestreo debe seleccionarse de acuerdo con el deseo de determinar la variabilidad de la contaminación desde el punto de vista geográfico en un área. Es muy conveniente analizar los mapas de población, los datos previos sobre calidad del aire y la información más completa sobre fuentes de contaminación. En general, deberán colocarse las estaciones de muestreo en los lugares de mayor población y en áreas de mayor contaminación.

Resumiendo, el número de sitios de muestreo dependerá de:

- Las dimensiones del área que cubra el estudio.
- La variabilidad de las concentraciones de los contaminantes.
- Los datos requeridos según el objetivo propuesto.
- La distribución de un número determinado de sitios de muestreo puede ser obtenida por dos formas.
 - a. Mediante una red geométrica en la que los puntos de muestreo estén ubicados en las intersecciones de una cuadrícula o dentro de cada rectángulo, o bien,
 - b. Mediante una red de tipo selectivo que haga referencia a la especificación de sitios dentro del área de estudio, teniendo en cuenta la distribución de las fuentes, la densidad de población, etc.

Una red de tipo selectivo supone elegir sitios de muestreo muy representativos y ofrece una idea más detallada de los niveles de contaminación del aire en los sectores más contaminados y poblados.

3. Criterios para ubicar los elementos de muestreo

Existen normas y recomendaciones de varias entidades con relación a la ubicación de cada elemento de muestreo para cada contaminante en particular.

De acuerdo con las recomendaciones encontradas en la literatura, se observa que existen valores diferentes de posición vertical para cada contaminante. La altura o posición vertical para todos los contaminantes sería la próxima a la de la respiración, pero por consideraciones prácticas como prevención del vandalismo, seguridad, accesibilidad, disponibilidad de electricidad, es necesario en general aumentar la altura. Las diferencias en los intervalos

recomendados de altura se basan en los gradientes de concentración vertical. Por ejemplo, para el CO, los gradientes son muy grandes, por lo cual se especifica un intervalo pequeño. Para los otros contaminantes los gradientes verticales de concen-

tración son relativamente pequeños, a excepción del O₃ cerca a las vías. El límite superior de 15 m. se especifica para consistencia de datos y para permitir el uso de una misma estructura para varios contaminantes.

BIBLIOGRAFIA

1. DEININGER, ROLF. (ed) 1978. Design of environmental information systems. Michigan, ANN Arbor Science.
2. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1978. Air Quality surveillance and data. Reportings of 1978.
3. STERN, A. C. 1977 Air Pollution Vol. III y V New York, Academic Press.
4. STRAUSS, W. 1978. Air Pollution control. New York, Wiley-Interscience.