

PLANES DE ACCIÓN LOCALES PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE Y ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL APOYADOS EN MODELOS DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA

Montes de Oca, L.*, Rodríguez, R.*, Pierra, A.*, Cuesta, O.**, Tricio, V.***

*Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba

**InsTEC e Instituto de Meteorología, Cuba

***Universidad de Burgos, España

RESUMEN

En los últimos años se vienen utilizando diversas estrategias enfocadas a proyectos de Ciudades Saludables y en las Agendas 21 Locales, para enfrentar los problemas presentes y en parte derivados de la contaminación de las ciudades. En los países en vías de desarrollo los modelos de dispersión están siendo cada vez más usados y pueden ser muy útiles en evaluaciones de impacto ambiental, así como para apoyar la elaboración de planes de acción locales para mejorar la calidad del aire.

Varias empresas privadas ofrecen versiones mejoradas de modelos gaussianos. Las mejoras incorporan interfaces amigables entre el ordenador y el usuario, facilitando la entrada y análisis de datos, el despliegue gráfico de los resultados y personalizando los resúmenes de resultados. Adicionalmente proporcionan apoyo técnico, e incluso algunas de estas empresas ofrecen entrenamiento en el uso de modelos. Algunos de los modelos (como ISC3 y AERMOD), son denominados como "modelos preferidos" por la US EPA debido a que acreditan cumplir los criterios técnicos mínimos definidos por esa Agencia Ambiental, fueron probados en el terreno y extensamente revisados.

En el presente trabajo se revisa el uso de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos en Estudios de Impacto Ambiental (EslA) como apoyo en los planes de acción locales para mejorar la calidad del aire en Cuba. Se expone la experiencia acumulada en dicho país en relación con estos estudios y se presentan resultados que sugieren la necesidad de revisar el procedimiento de los EslA y los planes de acción locales para mejorar la calidad del aire.

Palabras Claves: modelos de dispersión atmosférica, contaminación atmosférica, calidad del aire, estudios de impacto.

1. INTRODUCCIÓN

La solución a los actuales problemas medio ambientales constituye un paso fundamental para el desarrollo de la vida con sentido de sostenibilidad. La satisfacción de tal aspiración es condicionada en buena medida por la preservación de una atmósfera limpia dada la incidencia de este medio en la dinámica de la biosfera, resultando premisa indispensable el conocimiento de los mecanismos de incorporación de contaminantes al aire, sus tiempos de vida atmosférica, reacciones de combinación y vías de remoción entre otros aspectos, considerando que los enfoques del problema varían en dependencia del contexto espacial y temporal involucrado.

En el caso específico de Cuba, en la actualidad se realizan esfuerzos para una paulatina modernización de la industria en general. No obstante, predominan los procesos basados en el uso de tecnologías atrasadas que representan importantes fuentes de contaminantes. Las actividades domésticas pueden constituir una causa importante de emisión para el SO₂ en áreas urbanas y otros asentamientos poblacionales donde se utiliza mayoritariamente combustibles fósiles como fuente de energía (Sánchez, P., et al., 2003). Otra fuente típica en el medio urbano es el transporte automotor, que se ha convertido en muchos países en causa principal de pérdida de la calidad del aire, aspecto ampliamente abordado en el Congreso Mundial sobre Contaminación del aire en Países en vías de desarrollo, celebrado en San José, Costa Rica (1996).

Cuando se trata de estudiar la eficacia de los diversos medios de lucha contra la contaminación atmosférica, es importante conocer las relaciones que existen entre la emisión, transporte atmosférico y transformación de contaminantes. Y es aquí donde la modelación matemática de los procesos atmosféricos juega un papel importante al contribuir a cubrir el espacio que hay entre las observaciones de campo y la comprensión detallada de dichos fenómenos (Collazo, A., 2007).

2. Teoría sobre modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos.

Las estimaciones de la calidad del aire, a escala local o regional, resultan necesarias para la implementación de normas regulatorias para el control de la contaminación atmosférica producidas por fuentes industriales. Estas estimaciones pueden efectuarse mediante el uso de diferentes tipos de modelos.

Para el cálculo de la dispersión de los contaminantes en la atmósfera existen tres sistemas teóricos fundamentales, a los cuales se han brindado múltiples soluciones numéricas para facilitar su aplicación práctica en estudios del impacto ambiental provocado por emisiones desde fuentes estacionarias. Estos sistemas son identificados en sus formas generales como: Modelo de la Similitud, (Monin, 1959), Modelo de Dispersión Gaussiano (Taylor, 1921), Modelo de Transporte-Gradiente o Modelo K, cada uno de los cuales presentan características que definen el principio de su campo de aplicación.

Los modelos de simulación de la calidad del aire han sido categorizados de forma diferente por distintos autores, y dentro de cada uno de ellos podemos encontrar modelos que parten de hipótesis diversas con respecto al sistema de referencia a utilizar, de aquí que algunos se referirán a sistemas de referencia Eulerianos, Lagrangianos, e incluso mezclados ambos tipos. (Szepesi, 1989) los diferenció con fines prácticos en ocho clases de categorías: (a) determinativos simples; (b) estadísticos; (c) de penacho; (d) de caja y multicaja; (e) de diferencias finitas y redes; (f) de partículas, (g) físicos, y (h) regionales.

La norma cubana que trata el tema, en lo referente a los modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos, no ha cambiado en los últimos 20 años y no refleja los últimos avances de la ciencia en la modelación de la dispersión (Turtós y Roque, 2006). La consideración de los modelos que hoy no son previstos en la norma cubana: el SCREEN3 (US EPA, 1995) para estudios de sondeo, el ISCST3 (Paine, R., et al; 1997), el ISC-PRIME (Paine, R., et al; 1997) y el AERMOD (Cimorelli, A.J., et al; 2002), para estudios locales detallados, entre otros; permitirán valoraciones más representativas que deben introducir en el país la aplicación de modelos que están al nivel del estado del arte internacional.

3. Experiencia cubana en el uso de la modelación de la dispersión en estudios locales.

Entre los primeros autores que trabajan relacionados con la modelación de la dispersión de contaminantes en nuestro país tenemos a Álvarez, R. (1976), López, C. (1978), Bonito, I. (1987 y 1992), Curriel, L. (1990), Álvarez, O. (1991). Más recientemente y relacionados con estudios de calidad del aire podemos citar a Collazo, A. (1999), Cuesta, O. (2000), Turtós, L. (2000), Wallo, A. (2003), Pierra, A. (2004), Govin, M. (2004), Sánchez, A. (2005), Rodríguez, D. (2007) y Núñez, V. (2007), entre otros. Algunos de estos autores han realizados trabajos aplicados a los estudios locales de impacto ambiental y también sobre aspectos teóricos y prácticos para mejorar la modelación y por último también se ha trabajado sobre las transformaciones químicas que los contaminantes pueden tener en nuestras condiciones tropicales (Collazo, A., 2007).

En Cuba, se ha trabajado en diversos proyectos de investigación vinculados a la contaminación atmosférica, así lo muestran los resultados hallados en años recientes que muestran datos experimentales y de utilización de técnicas de modelación de la dispersión de los contaminantes, con el fin de evaluar la calidad del aire (Cuesta, O., et al., 2000 y 2001).

Otros resultados a destacar son el comportamiento de diferentes contaminantes como los compuestos del azufre y el nitrógeno, tanto a nivel nacional como en la Ciudad de La Habana, a través de su análisis cualitativo (Wallo, A., et al., 2002). Con más profundidad se ha logrado caracterizar este comportamiento en las zonas aledañas a la Bahía de La Habana a través del uso de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) en los siguientes trabajos: (Wallo, A., et al., 2003, 2004a y 2004b) y (Sánchez, P. et al., 2004a y 2004b).

En el ámbito provincial corresponde a la tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Ciencias Meteorológicas. (Sánchez, A. 2005) con el estudio correspondiente al comportamiento de las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) y Asma Bronquial (AB), su relación con el tiempo, clima y contaminación atmosférica en el municipio de Pinar del Río, se analizaron los datos climáticos y los mapas meteorológicos de superficie correspondientes al mismo periodo, por otro lado, se estudió el efecto de la contaminación atmosférica apoyados con el uso de modelos de dispersión atmosférica Rodríguez, D. (2007). También se destacan los trabajos realizados por Núñez, V. (2007) y colaboradores en la región central de Cuba. En el oriente cubano los trabajos realizados por Pierra, A. (2004) y colaboradores, también están orientados a los estudios locales de impacto ambiental.

4. Caso de estudio en el uso de la modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos en estudios locales de impacto ambiental.

Estudios realizados para conocer la influencia de la contaminación atmosférica sobre la salud humana en el municipio Regla de la Ciudad de La Habana muestran que las crisis agudas de asma bronquial durante el período 1998-2005 (Figura 1) han presentado una disminución, presentando su valor más elevado en enero de 1998, es de significar que se mantienen los máximos en el periodo poco lluvioso del año y los mínimos en el lluvioso (Wallo, A., 2005; Wallo, A. y Cuesta, O. 2006).

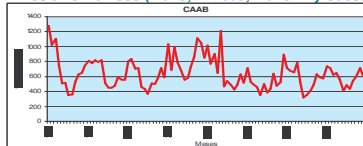


Fig 1. Crisis agudas de asma bronquial en el municipio Regla durante el período 1998-2005.

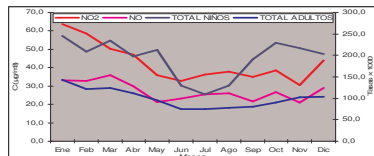


Fig 2. Compuestos de nitrógeno y crisis agudas de asma bronquial.

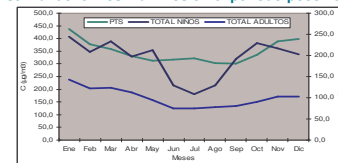


Fig 3. Partículas Totales y crisis agudas de asma bronquial.

Al comparar los compuestos del nitrógeno (Figura 2) con las crisis de asma en niños y adultos se puede apreciar que las máximas concentraciones tanto del dióxido de nitrógeno como del monóxido de nitrógeno ocurren durante el periodo poco lluvioso del año, al igual que la mayor cantidad de crisis agudas de asma bronquial (Cuesta et al., 2003; Wallo, 2005). Las partículas suspendidas totales en Regla presentan las concentraciones más altas, al igual que en los compuestos gaseosos antes estudiados en el periodo poco lluvioso del año coincidiendo con la máxima ocurrencia de las crisis agudas de asma bronquial (Figura 3).

Al aplicar los modelos de dispersión de contaminantes y montar esta capa sobre la referente a la prevalencia del asma bronquial se observa que para el NO₂ calculado para el año 1998 existen concentraciones elevadas de este contaminante, su máximo se sitúa en los 320 µg/m³, que coinciden con zonas de elevada prevalencia de asma bronquial en la zona central urbana de la localidad de Regla, por lo que estas poblaciones con alto % de asmáticos son más susceptibles a los efectos que puedan provocar altas concentraciones de contaminantes en esta zona (Figura 4).

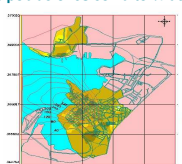


Fig 4. Relación de los niveles de NO₂ con la prevalencia de asma bronquial.

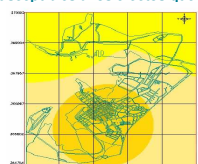


Fig 5. Cálculo del ICA para el periodo poco lluvioso (2002).

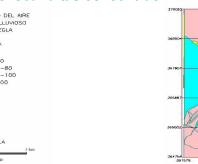


Fig 6. Estudio de riesgo, calidad del aire sobre el asma bronquial, periodo lluvioso (1998).

5. Experiencia acumulada y propuesta de Guía para uso de modelos.

La Guía proporciona la visión necesaria en los enfoques de modelación recomendados y la consistencia en los métodos de modelación. También se propone aprovechar toda la experiencia adquirida en el país en el uso del modelo de Berlyand, tanto para estimar las concentraciones instantáneas como los promedios diarios, dándole su lugar en el esquema de evaluación por niveles, específicamente en los niveles de sondeo.

Modelos recomendados o preferenciales: Los modelos recomendados son modelos estándares que se espera sean usados para los estudios de calidad del aire. La presente Guía recomienda de forma inmediata el uso de los modelos SCREEN3 y Berlyand para análisis de sondeo en dos niveles de análisis y el ISCST3 y el ISC-PRIME para estudios detallados a escala local, según el enfoque de análisis por niveles en la Figura 7 (Turtós, L. et al (2004)). Se considera imprescindible ejecutar los estudios detallados considerando la elevación real de los receptores, la deposición seca de contaminantes gaseosos y partículas y la deposición húmeda de partículas. Los estudios realizados demuestran el impacto de tener en cuenta estas opciones en la modelación.

Se recomienda se continúen los trabajos de asimilación y de preparación y/o modificación de programas auxiliares, con el objetivo de valorar el posible uso del AERMOD para los estudios detallados a escala local y el modelo CALPUFF para estudios regionales de corto alcance. La principal dificultad para el uso del AERMOD es que necesita datos de aire superior y actualmente en el país no se realizan estas mediciones y no se han desarrollado metodologías aproximadas que permitan su uso.

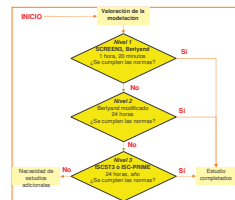


Figura 7. Enfoque por niveles.