Boletín
Ejemplar Número 2, Otoño 2002

Programa Integral sobre
Urbana, Regional, y Global
Contaminación del Aire

Campaña Exploratoria de Monitoreo en la ZMVM

Ahora, en su segunda fase, el Proyecto de la Ciudad de México se ha enfocado hacia un análisis cuantitativo de la contaminación del aire, donde las mediciones en campo representan un papel importante. Una de las principales actividades que se han planeado involucra la realización de campañas de monitoreo exploratorio e intensivo, para actualizar y mejorar la información sobre inventarios de emisiones, la química y los procesos de dispersión de los contaminantes emitidos en la ZMCM.

Una serie de mediciones de campo en sitios fijos y móviles, patrocinados por la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) y coordinado por Dr. Luisa Molina, fueron desarrollados durante el mes de Febrero del 2002 y una campaña de monitoreo intensiva de cinco semanas está programada para realizarse desde finales de Marzo hasta comienzos de Mayo del 2003. La campaña fue realizada utilizando un laboratorio móvil desarrollado por Aerodyne Research Inc. (ARI), y equipado con una serie de instrumentos de diagnóstico en tiempo real para gases traza y partículas, así como también varios otros instrumentos de la Univesidad Estatal de Washington (WSU), Universidad Estatal de Montana (MSU) y el Massachusetts Institute of Technology (MIT). La parte mexicana de la campaña de monitoreo incluyó a científicos del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) así como también investigadores de las distintas agencias gubernamentales mexicanas involucradas en la calidad del aire de la ZMCM—la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA-GDF) y la Secretaría de Ecología del Estado de México (SEGEM).

La configuración de la unidad móvil que se utilizó durante la campaña de monitoreo en Febrero de 2002 se muestra en la Figura 1. La medición en tiempo real de gases traza específicos se realizó con un sistema espectroscópico de absorción diferencial láser infrarrojo sintonizable (TILDAS) por ARI utilizando diodos láser de sal de plomo. La composición química no-refractaria y la distribución del tamaño de partículas (40 a 2000 nm), se realizó con un novedoso espectrómetro de masas para aerosoles (AMS) de respuesta rápida, diseñado y construido por ARI. Las mediciones de respuesta rápida en un sitio fijo para compuestos aromáticos específicos y COV parcialmente oxidados fueron realizadas por el sistema Proton Transfer Reaction Mass Spectrometer (PTR-MS), operado por MSU. Una unidad comercial LICOR de infrarrojo no dispersivo provee mediciones en tiempo real de CO_2 y un contador de condensación comercial de partículas (TSI) provee la densidad total de partículas entre 10 y 1000 nm. Los monitores comerciales de calidad del aire para NO/NO_2, CO y O_3 suministrados por la WSU también fueron incluidos. El flujo de la radiación solar ultravioleta se registró empleando un radiómetro de UV total Epply. La WSU colectó muestras de aire ambiente para COV en sitios de monitoreo específicos dentro del área urbana, mediante el uso de cánisters portátiles.

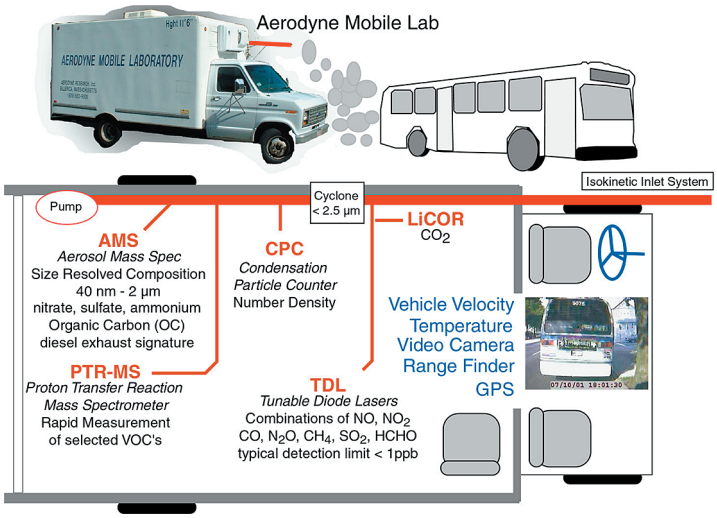


Figura 1. Configuración del laboratorio móvil utilizado en la Campaña Exploratoria de Monitoreo en la ZMVM—Febrero 2002.

Durante la campaña de monitoreo exploratoria, el laboratorio móvil operó en tres modos. Primero, fueron realizadas mediciones diurnas de niveles de contaminación en ciertas estaciones de monitoreo de la RAMA, esto proveyó información de alta resolución temporal para contaminantes específicos para ayudar a validar y amplificar la información de los instrumentos de monitoreo. Segundo, fueron realizadas mediciones móviles a través de sectores específicos de la ciudad para trazar niveles de contaminación ambientales y para muestrear y caracterizar fuentes fijas y móviles de emisión de plumas. Finalmente, fueron realizados experimentos intensivos de persecución de vehículos para una mejor caracterización de las emisiones gaseosas y de partículas provenientes de ciertos tipos de vehículos seleccionados, incluyendo camiones pesados a diesel (HDDT), autobuses y colectivos. Mientras que actualmente se esta realizando un análisis detallado de la información obtenida durante la campaña exploratoria de monitoreo en Febrero del 2002, aquí se presenta una muestra de los hallazgos para indicar la calidad y la importancia de la información. La Figura 2 presenta una muestra de la información diurna de un sitio fijo, la información fue tomada en la estación de la RAMA localizada en el patio de recreo de una escuela primaria en el Pedregal.

Boletín
Ejemplar Numero 2, Otoño 2002

Índice

Campaña Exploratoria del PCM 1
Redefinición de evaluación integrada . . 3
Reducción de riesgos: Beneficios frente a costos 4
Taller para profesionales 5
Propiedades del hollín 8
Caso de estudio de Monterrey. 10
Taxistas en la ZMVM 11

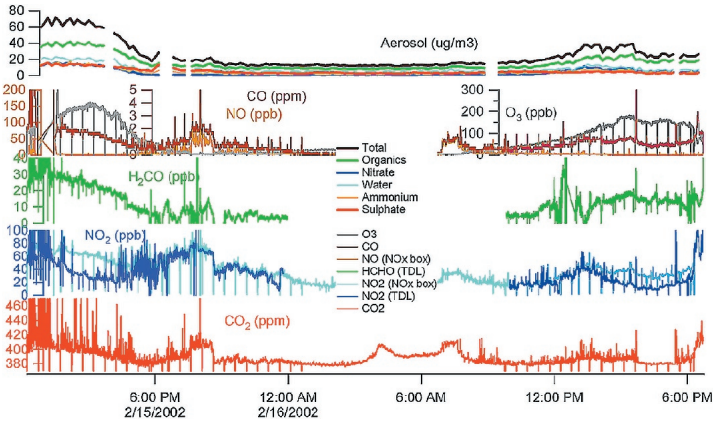


Figura 2. Mediciones del laboratorio móvil de contaminantes gaseosos diurnos y concentraciones de especies en aerosoles finos en el Pedregal, Febrero 15 y 16 del 2002.

Situada en la parte suroeste del Distrito Federal, la estación Pedregal recibe el flujo de contaminación cuando el patrón normal de flujo de vientos sopla de áreas de industria pesada y del centro urbano de la metrópoli hacia el suroeste.

Aunque el clima no fue inusualmente caliente o soleado, puede ser observada una actividad fotoquímica considerable, con niveles de ozono excediendo los 250 ppbv en la tarde del 15 de Febrero y 200 ppbv en la tarde del 16 de Febrero (línea gris en el segundo panel desde la parte superior). Una clave de esta actividad fotoquímica son los altos niveles de formaldehído (línea verde en el panel central, medido con el instrumento TILDAS). Los niveles de 20 a 40 ppbv de HCHO se acumulan en la mañana, precediendo los picos de los oxidantes fotoquímicos por varias horas. Los datos provenientes del centro urbano y de áreas industriales en el noroeste muestran incluso mayores acumulaciones matutinas de HCHO, aún en mañanas completamente nubladas sin actividad fotoquímica apreciable (en general el clima durante la campaña de Febrero del 2002 fue inusualmente nublado, lluvioso y frío) demostrando grandes fuentes de emisión para este especie clave que induce la actividad fotoquímica.

Finalmente, la información del AMS, panel superior, muestra un "auge" de aerosoles finos secundarios (el modo máximo a 400-500 nm), compuestos en forma primaria por nitrato de amonio, sulfato de amonio y COV parcialmente oxidados.

La producción simultánea al comienzo de la tarde de grandes concentraciones de oxidantes fotoquímicos (ozono, dióxido de nitrógeno, nitratos orgánicos) y aerosoles finos secundarios demuestran la cercana conexión entre los problemas de los oxidantes fotoquímicos y de los aerosoles finos en la ZMVM y sugiere que éstos tendrán que ser tratados en concierto, y no como aspectos separados.

Los datos tomados durante las actividades de trazado de transversos en la ZMVM con el laboratorio móvil confirman que una fuente de emisión significativa de HCHO está presente y persistente. Usando las mediciones de respuesta rápida (1s) TILDAS y NDIR, la cantidad de HCHO presente cuando las muestras de laboratorio móvil de una pluma transitoria de CO_2, predominantemente de fuentes vehiculares móviles, pueden ser evaluadas. La Figura 3 muestra la correlación (en azul) entre la concentración de CO_2 y HCHO en la ZMVM en las plumas transversales durante un recorrido, mientras la misma correlación para una muestra del tráfico metropolitano de Boston a mediados de Marzo del 2002 se muestra en rojo. El promedio de la razón HCHO/CO_2 en plumas en la ZMVM es de 0.0002

La Campaña Exploratoria de Monitoreo en la ZMVM también mostró la utilidad de usar el laboratorio móvil en el modo de "persecución", donde los tipos de vehículos motorizados de interés pudieron ser específicamente monitoreados para una mejor cuantificación de sus características de emisión como una función de sus ciclos de manejo. En este modo el vehículo blanco u objetivo del tipo deseado es seguido de manera que el puerto de muestreo del laboratorio móvil se mueve dentro y fuera de la pluma del escape.

Campaña de Monitoreo 2003 en la ZMVM

El equipo de trabajo experimental MIT/CAM se ha comprometido a una campaña intensiva de cinco semanas de duración durante la primavera del 2003. La fase de campo de la campaña de monitoreo está planeada para extenderse desde finales de Marzo hasta comienzos de Mayo y está designada para que cubra el punto más álgido de la estación anual fotoquímica. Este período de tiempo incluirá la realización de mediciones antes, durante y después de la Semana Santa (del 14 al 20 de Abril del 2003). Históricamente durante este período el tráfico vehicular suele disminuir, ya que muchos de los residentes de la ciudad salen de vacaciones. Si tomamos medidas antes, durante y después de este período, es muy probable que una mejor evaluación de la contribución de las emisiones vehiculares a la degradación de la calidad del aire en esta mega ciudad pueda ser analizada con respecto a los niveles de oxidantes y aerosoles. A diferencia de la campaña exploratoria de Febrero del 2002, que se concentró fundamentalmente en mediciones del laboratorio móvil, la campaña del 2003 contará además con un "superemplazamiento" altamente instrumentalizado que se ubicará en el mismo sitio de la sede central de la campaña en el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental o CENICA. El superemplazamiento será realzado por el despliegue de uno o dos instrumentos de investigación de análisis del diferencial óptico del visible/ultravioleta cercano (DOAS) y un LIDAR de investigación. Tambien albergará a varios grupos colaboradores de investigación de EU de mediciones, inluyendo a los doctores Jeffrey Gaffney y Nancy Marley, del Departamento de Energía de los EU (DOE) del Laboratorio Nacional Argonne y los doctores Janet Arey y Roger Atkinson de la Universidad de California en Riverside. Además, similar a la campaña exploratoria de Febrero del 2002, estará disponible la información extensa de meteorología y de un amplio rango de especies químicas por parte de los grupos mexicanos de investigación participantes.

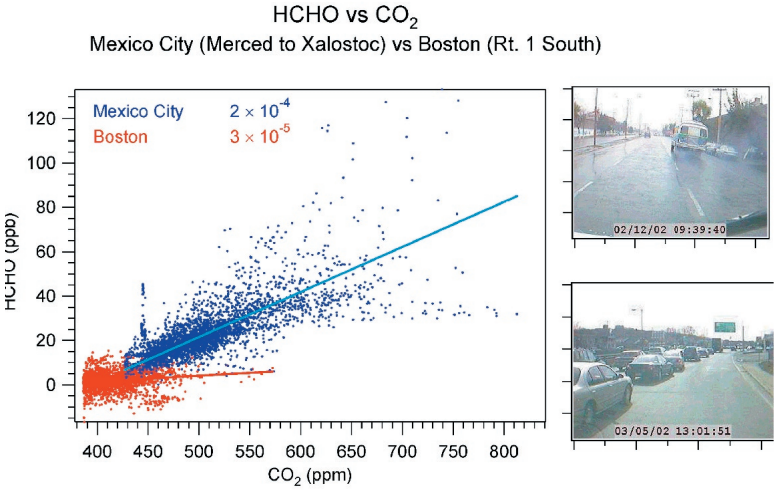


Figura 3. Comparación de una pluma de escape transitoria de fuente móvil: correlaciones de HCHO/CO_2 de tráfico en la ZMVM (02/02) y zona metropolitana de Boston (03/02)

El Proyecto de la Ciudad de México redefine qué es "evaluación integrada" para poner en primer lugar las necesidades locales y a los tomadores de decisiones

Stephen R. Connors y el Equipo de Escenarios del MIT

Mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) resulta una tarea abrumadora. Para ayudar a los responsables políticos de la ZMCM a que logren esta meta, el grupo de investigadores de México y Boston que trabajan en el Proyecto de la Ciudad de México han redefinido el enfoque y el ámbito de las "evaluaciones integradas" que se usan habitualmente para este propósito.

Durante la última década, las evaluaciones integradas han sido para los investigadores del clima una forma de determinar los costos y beneficios asociados a las distintas maneras de abordar la cuestión del cambio climático. Comparando el costo de reducir (mitigar) los gases invernadero, junto con el costo de adaptarse a los cambios climáticos, frente a los daños que se prevé que el cambio climático puede provocar, los expertos esperan informar a los gobiernos, la industria y los ciudadanos sobre qué debería hacer la sociedad. Determinar costos y efectos es una labor compleja y polémica. Y no está muy claro la cantidad de orientación que puede llegar a ofrecerse en estas circunstancias. A causa del tamaño y la complejidad de lo que se pretende, los modelos tienden a ser globales, y tratan los aspectos económicos y sociales de arriba-abajo y de manera agregada. Los modelos más sofisticados agrupan naciones y regiones dentro de zonas económicas, y si hay suerte tienen en cuenta los efectos positivos y negativos que se dan entre los gases invernadero, los aerosoles atmosféricos, los ecosistemas terrestres, los océanos y la actividad económica.

¿Qué orientación pueden llegar a dar estos enfoques a tomadores de decisiones locales sobre "lo que hay que hacer"? Además, en la lista de prioridades de cosas de las que hay que encargarse, ¿en qué posición se encuentra el tema de la calidad del aire en general, y el cambio climático, dados todos los otros retos a los que se enfrenta la ZMCM? Son preguntas duras. El Proyecto de la Ciudad de México le ha dado la vuelta al enfoque de la evaluación integrada, redefiniéndolo desde la perspectiva de la persona responsable de tomar decisiones, no desde la del que construye el modelo. Esto significa considerar los asuntos, en primer lugar, desde una perspectiva local y regional, y llevar a cabo un análisis de abajo-arriba en lugar de lo contrario. La meta es "recomendar", ya que el futuro es muy incierto y los tomadores de decisiones locales tienen a menudo objetivos múltiples y conflictivos.

Para ser informativos, tanto el análisis como la argumentación de la "evaluación" de los resultados tiene que abordar tres niveles de "viabilidad", los dos primeros de carácter computacional, y el tercero centrado en el proceso. Estas tres "pantallas de viabilidad" son:

1. Viabilidad técnica

Para alcanzar una mejora en la calidad del aire, las medidas deben constatar una disminución suficiente en las emisiones "correctas". Dependiendo de si estamos interesados en el ozono o en la concentración de partículas, esto significaría la disminución de una sustancia contaminante concreta en un momento y lugar de la ciudad concretos. ¿Qué tan efectivo es el conjunto de medidas de PROAIRE para mejorar la calidad del aire? ¿Son mejoras a corto plazo, o son mejoras que pueden mantenerse durante muchos años o décadas?

2. Viabilidad económica

Segundo, de todas estas medidas que son "efectivas", ¿cuáles podemos "costear"? ¿Son costo-efectivas según parámetros constreñidos de contabilidad, o en un contexto económico, social y ambiental más amplio? ¿Qué "opciones políticas" reciben el respaldo directa o indirectamente de las "opciones tecnológicas" a través del análisis técnico? ¿Cómo podrían diseñarse estas opciones políticas para que fueran más efectivas? ¿Cuáles son más susceptibles de adoptar enfoques basados en el mercado, en lugar de enfoques de orden y control?

3. Viabilidad política e institucional

Que los análisis cuantitativos muestren que ciertas medidas son efectivas a la hora de reducir emisiones y desde el punto de vista económico, no significa que los políticos vayan a apoyarlas, ni que la comunidad empresarial y los ciudadanos vayan a aceptarlas. Tampoco significa que la estructura actual de departamentos de ambiente, transporte, planeación urbana y desarrollo económico de la ZMCM pueda aplicarlas fácilmente. Si buscamos soluciones a largo plazo, probablemente hará falta una mayor coordinación entre estos departamentos. ¿Qué deben hacer a corto y largo plazo para aplicar las opciones técnica y económicamente más viables, además de la supervisión, cumplimiento y perfeccionamiento de estas opciones?

Teniendo todo esto en cuenta, el Proyecto de la Ciudad de México ha optado por combinar diversos enfoques metodológicos para dar cuenta de todas estas necesidades. A partir de los mejores modelos e información disponibles, el Proyecto de la Ciudad de México combina el enfoque arriba-abajo de escenarios de la Royal Dutch Shell con el análisis conjunto de compensación del MIT basado en escenarios y en el hallazgo de hechos. Esta síntesis permite a los investigadores mantener las capacidades de recomendación del análisis compensatorio de abajo-arriba respecto a las opciones para la reducción de emisiones en el sector del transporte, la industria y otros, y combinarlo con los cambios alternativos a largo plazo de la población de la ZMCM y la economía, incluyendo el nivel de riqueza, la motorización y la forma urbana. Este enfoque combinado permite al equipo de investigación del Proyecto de la Ciudad de México identificar combinaciones de opciones políticas que sean al mismo tiempo sólidas, con perspectiva a largo plazo, costo-efectivas y, esperemos, ejecutables.

Hasta el momento la labor investigadora se ha centrado en la viabilidad económica y técnica de las medidas. Para perfeccionar y hacer más útil el análisis, la fase de diálogo –para continuar informando a los tomadores de decisiones y examinar las mejores soluciones—no puede abandonarse. A medida que avanza el Proyecto, se crean mejores vínculos entre la modelación de emisiones de abajo-arriba, el cálculo de cambios en la concentración de contaminantes y la exposición y los efectos sobre la salud. En el Sexto Taller sobre Calidad del Aire en la Ciudad de México, en enero de 2003, el Equipo de Análisis de Escenarios del MIT presentará los avances de su investigación, e invita a todos los participantes a que aporten sugerencias acerca de cómo perfeccionar y mejorar la evaluación integrada.

Stephen Connors es coordinador del Equipo de Análisis de Escenarios del MIT en el Programa Integrado sobre Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global. Este trabajo se ha realizado con el apoyo financiero de la Comisión Ambiental Metropolitana, la Fundación Nacional para la Ciencia de EEUU (US National Science Foundation) y MIT/AGS.

Estimacion del Valor Economico de Reducir los Riesgos Para la Salud Mediante el Mejoramiento de la Calidad de Aire de la Ciudad de México

James Hammitt y María Eugenia Ibarrarán

Las regulaciones ambientales apuntan a la reducción de riesgos de mortalidad y morbilidad para la población. Para determinar si los beneficios de la regulación exceden los costos es necesario estimar el gasto que la sociedad esta dispuesta a pagar para prevenir una muerte en un periodo de tiempo. A este gasto máximo en el que está dispuesta a incurrir se denomina el "valor de una vida estadística". En nuestro trabajo estimamos el valor de reducir diversos efectos sobre la salud (mortalidad, bronquitis crónica, gripa) en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, usando tanto el método de la valoración contingente como el de los salarios hedónicos. Los datos fueron recolectados a través de 1000 entrevistas personales en la Zona Metropolitana, el 40% fueron en hogares y el 60% en lugares de trabajo. Los rangos de la estimación del valor de una vida estadística en la Ciudad de México varían entre los US$145,000 y los US$506,000. Estos resultados son consistentes con el número reducido de estimaciones hechas para los países en desarrollo encontradas en la literatura.

Esta nota esta dividida en tres secciones. La primera muestra los resultados de usar el método de la valoración contingente para determinar el valor de una vida estadística para adultos, el valor estadístico de un caso de bronquitis crónica, y el valor estadístico de la vida de los niños[1]. La segunda parte muestra los resultados para el valor estadístico de una vida y el de una lesión usando los salarios hedónicos. En ambas secciones se realizan análisis econométricos para determinar qué características individuales contribuyen a explicar la disposición a pagar para reducir las enfermedades respiratorias, los riesgos en el trabajo por lesión, enfermedad y muerte. La sección final explica algunas observaciones que pueden ayudar a entender y mejorar este análisis.

1. Resultados del Estudio de Valoración Contingente

El objetivo es estimar el valor de reducir riesgos para la salud como consecuencia del mejoramiento de la calidad de aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Utilizamos el método de valoración contingente para encontrar la disposición a pagar de los individuos para reducir riesgos. La disposición a pagar se refiere a la cantidad de dinero que en promedio los habitantes estarían dispuestos a pagar para salvar una vida estadística en el próximo año. Dividiendo la disposición a pagar promedio por la reducción de riesgo nos permite obtener el valor estadístico de la vida. También analizamos el intercambio riesgo-riesgo para comprobar la coherencia entre el valor estimado estadístico de una vida por caso estadístico de bronquitis (Viscusi, 1991), preguntando a la gente cuál es el riesgo máximo en el que están dispuestos a incurrir para reducir el riesgo de contraer bronquitis crónica.

La disposición a pagar para prevenir una enfermedad menor (gripa) es de US$28, el valor de un caso estadístico de bronquitis crónica es de US$30,000 con una disposición a pagar para reducir el riesgo para contraer BC de US$106. La disposición a pagar para reducir el riesgo de mortalidad por un año es de US$181. Dividiendo este último valor entre la reducción del riesgo, obtenemos que el valor de una vida estadística en la Ciudad de México es de US$500,000. Este valor está en el rango de valores estimados para México mediante extrapolación de los valores para EEUU ajustándolos según la diferencia de renta entre los dos países (Evans et al., 2002).

Así mismo analizamos qué variables ayudan a explicar la disposición a pagar para reducir la gripa, la bronquitis crónica y la mortalidad en adultos y niños, usando regresiones separadas en cada caso. El modelo general usado para el análisis econométrico fue:

$$LnWTP= \beta 0 + \beta 1\ C + \beta 2\ S + \beta 3\ CP + \varepsilon$$

donde C son las variables de control, S las variables de salud percibida y CP las características económicas y personales de los individuos. ε es el término de error.

La disposición a pagar para prevenir la mortalidad varía de acuerdo con las características individuales. Así, la disposición a pagar es mayor para los hombres y para aquellos que pertenecen a familias con ingresos más altos. Así mismo, decrece con la edad. La disposición a pagar para prevenir la gripa aumenta si las personas tienen una enfermedad crónica, si su gasto reciente en medicinas y en consultas a causa de la gripa fueron altos, para las familias de ingresos altos, y decrece igualmente con la edad. La disposición a pagar para prevenir la bronquitis crónica aumenta con la edad en el caso de las personas jóvenes, pero disminuye con la edad cuando las personas son ya mayores.

El valor estadístico de la vida para los niños (tanto infantes como adolescentes) es más alto que para los adultos. Sin importar su edad, este valor es de US$1 millón. La disposición a pagar para evitar la muerte de un niño aumenta con la educación de los padres y decrece con la edad de éstos, y es mayor en el caso de los padres solteros.

2. Resultados del estudio de salarios hedónicos

Examinamos también la relación entre salarios y riesgos ocupacionales para la salud de los trabajadores manuales de México. Estimamos la función de salarios hedónicos para comparar los salarios de los trabajadores con su percepción de riesgos de accidentes fatales y no fatales ligados a sus actividades laborales. Especificamos la función habitual de salarios hedónicos como:

$$lnHWAGE = f(RISK,H,W,P) + u$$

donde lnHWAGE es el logaritmo natural de la tasa salarial por hora de los trabajadores, RISK son las variables de riesgo percibido, H describe las variables de capital humano, W son las variables de ambiente de trabajo, P incluye las variables de características personales, y u es el termino aleatorio de error que debe ser independiente e idénticamente distribuido entre los trabajadores.

Los resultados indican que los trabajadores con un trabajo con riesgo relativamente alto reciben una compensación salarial diferencial, después de controlar el capital humano, el ambiente de trabajo y las características personales.

Los coeficientes estimados para las variables de riesgo percibido de una lesión mortal y no mortal no son estadísticamente significativos cuando ambos se incluyen en el modelo de regresión, porque los dos riesgos aparecen altamente correlacionados para todos los trabajadores en general. Para calcular el valor de una vida estadística y el valor de una lesión estadística, empleamos los resultados de modelos de regresión que consideran únicamente la variable del riesgo correspondiente. Así, el valor de una vida estadística es de US$ 150,000 y el valor de un accidente estadístico es de US$7,300. Estos valores es probable que estén sobrestimados, porque los salarios complementarios compensan a los trabajadores tanto de los riesgos mortales como de los no mortales. El valor estimado de una

James Hammit es profesor de Economía en la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Harvard; María Ibarrarán es profesora de Economía en la Universidad de las Américas.

[1] Los niños se dividieron en menores de 4 años (infantes) y entre 4 y 18 años (adolescentes).

vida estadística cae en el extremo inferior del rango extrapolado por Evans et al. (2002), mientras que el valor de una lesión no mortal es coherente con el costo de tratamiento de una enfermedad estimado por el Instituto Mexicano del Seguro Social y comparable con los resultados estimados para otros países en desarrollo.

3. Observaciones Finales

Para comparar los beneficios para la salud de programas dirigidos a la reducción de la contaminación atmosférica en la ciudad de México con los costos de implementar dichos programas, es importante contar con estimaciones del valor monetario de las posibles reducciones en los riesgos para la salud. A través de los cuestionarios realizados a los residentes de la ciudad de México, podemos averiguar qué valor dan estos ciudadanos a una reducción en los riesgos para la salud. Estas estimaciones de tipo directo son quizá más útiles que las obtenidas a partir de extrapolaciones de otros países, porque tienen en cuenta las condiciones económicas, las características culturales y las preferencias de los propios mexicanos. En el futuro, pretendemos afinar las estimaciones preliminares que aquí hemos presentado a través de la evaluación crítica y la mejora de los modelos econométricos usados.

Referencias

Evans, J.S.; Levy, J.I., Hammitt, C.; Santos Burgoa, C. y Castillejo, M. junto con Caballero Ramirez, M.; Hernández Avila, M.; Riojas, H.; Rojas Bracho, L.; Serrano Trespalacios, P.; Spengler, J.D. y Suh, H. (2002) "Health Benefits of Air Pollution Control", pp. 105-136 en Molina, L.T. y Molina M.J. (dir.) *Air Quality in the Mexico Megacity: An Integrated Assessment*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Hammitt, J., Liu, Jin-Tan (1999). "Perceived Risk and Value of Workplace Safety in a Developing Country" *Journal of Risk Research* 2(3), 263-275.

Mrozek, J.R. and L.O. Taylor, (2002). "What determines the Value of Life? A Meta-Analysis", *Journal of Policy Analysis and Management*, 21(2), 253-270.

Viscusi, W. K., (1993). "The Value of Risks to Life and Health", *The Journal of Economic Literature*, 36, 1912-1946.

Viscusi, W.K., Magat, W., Huber, J. (1991). "Pricing Environmental Health Risks: Survey Assessments of Risk-Risk and Risk-Dollar, Trade-Offs for Chronic Bronchitis", *Journal of Environmental Economics and Management*, 21, 32-53.

Informe del Taller de Formación Continua para Profesionales

Jed Horne

Sesión plenaria de apertura del segundo taller para profesionales del Programa Integrado.

Hotel Vista Hermosa, Tequesquitengo, México. Agosto en Tequesquitengo puede ser abrasador, y el claro azul de la piscina de este complejo turístico de la era de la Conquista terriblemente atractivo. Después de unas cuantas miradas furtivas, los participantes del segundo taller para profesionales resistieron la tentación y se pusieron manos a la obra. Los participantes, procedentes de universidades, departamentos del gobierno, ONG ecologistas y la industria estaban aquí para aprender. Las amplias y lujosas instalaciones del Hotel Vista Hermosa tenían una importancia secundaria.

El taller estaba organizado por el Programa Integral sobre Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global: el caso de estudio de la Ciudad de México (Proyecto de la Ciudad de México), como parte de sus actividades educativas, y patrocinado por la Comisión Ambiental Metropolitana. La agenda de la semana se dividía en dos talleres de tres días dirigidos por expertos mundiales en sus respectivos campos de estudio. El Dr. John Evans, del Centro para el Análisis de Riesgos de la Universidad de Harvard, empezó su intervención con una discusión sobre el análisis de riesgos—una herramienta útil para comunicar los avances de las investigaciones científicas a los actores sociales involucrados. El Dr. Lawrence Susskind, del Departamento de Estudios Urbanos y Planeación del MIT, coordinó un foro especialmente interactivo sobre negociación y resolución de conflictos—un componente clave en la toma de decisiones de carácter ambiental, y un área que a menudo se nutre del análisis de valoración de riesgos.

Con cara de sueño y todavía ahítos de la cena de bienvenida del domingo por la noche, el lunes a las 8:30 de la mañana los participantes entraron en fila a la majestuosa sala de conferencias del hotel, ansiosos y listos para aprovechar la semana.

Jed Horne es estudiante en el MIT y colabora desde hace dos años en las tareas de investigación del Programa Integral sobre Contaminación del Aire.

Introducción a la evaluación de riesgos. Del 12 al 14 de agosto

Después de que los representantes de la CAM diesen la bienvenida a los participantes y la organizadora del taller, la Dra. Luisa Molina del MIT, hiciera unos primeros comentarios a raíz de la inauguración de éste, el Profesor Mario Molina introdujo al Dr. Evans, quien comenzó su presentación lanzando tres preguntas clave a la audiencia: ¿qué es el riesgo?, ¿puede ser estudiado? Y si puede serlo, ¿cómo podemos utilizar las evidencias que tenemos para evaluarlo?

Observando los campos de estudio tan diversos de los que procedían los 60 y pico profesionales que participaban en el taller, el Dr. Evans preguntó cuál sería la formación "ideal" para alguien que quiere hacer análisis de riesgos. Todos se dieron cuenta rápidamente de que, al igual que ocurre con el problema de la contaminación atmosférica, se trata de una tarea verdaderamente multidisciplinaria, una labor que requiere del conocimiento experto de químicos, médicos, especialistas en estadística, y epidemiólogos –afortunadamente, grupos bien representados en esta extraordinaria congregación de gente.

El análisis de riesgos, argumentó el Dr. Evans, es una herramienta importante para que estas disciplinas puedan comunicarse entre ellas, para racionalizar los objetivos de la investigación, y para facilitar la toma de decisiones entre todas las partes interesadas. Para las organizaciones representadas en la sala, la evaluación de riesgos es particularmente interesante porque puede ayudar en la toma de deci-

Los participantes aprendieron técnicas de negociación durante varios ejercicios de simulación.

siones relacionadas con la gestión de la contaminación atmosférica, añadiendo credibilidad y amplitud a los análisis costo-beneficio, que de otra manera podrían carecer de apoyo político. Por otro lado, el análisis de riesgos ofrece un marco para evaluar los supuestos que se tuvieron en cuenta a la hora de tomar una decisión concreta. Son a menudo estos supuestos, más que las cuestiones científicas puras y duras, las que guían el diseño de políticas.

La evaluación de riesgos para la salud pública se divide en cuatro fases: identificación del peligro, evaluación de la exposición, evaluación del binomio dosis-respuesta y caracterización del riesgo. De nuevo, a menudo es cómo calificamos o etiquetamos los peligros, más que el riesgo que de verdad representan, lo que guía la mayor parte de la reacción pública al peligro y, a su vez, las respuestas políticas a éste.

El Dr. Evans continuó describiendo las diferencias entre evaluación de riesgos relacionados con el cáncer y riesgos no relacionados con éste. La evaluación del riesgo de cáncer asume por lo general un relación linear entre dosis y riesgo. La evaluación de riesgos no relacionados con el cáncer, por el contrario, emplea una curva de tipo umbral de dosis respuesta. Los evaluadores de riesgos no relacionados con el cáncer calculan lo que se conoce como el NOAEL (nivel donde no se observa ningún efecto negativo) o el LOAEL (nivel más bajo donde se empieza a observar algún efecto negativo). Estos números nos indican un umbral mínimo de exposición a ciertas sustancias contaminantes y toxinas, y se utilizan para calcular las dosis de referencia (RfD), un valor empleado para el diseño de políticas que denota los valores máximos aceptados de dicha sustancia química. El taller prosiguió con una explicación exhaustiva, de carácter técnico de la evaluación de riesgos relacionados y no relacionados con el cáncer, incluyendo métodos para la realización de bioensayos de dosis bajas y extrapolación entre especies. También se analizó la evidencia epidemiológica, y se dio a conocer a los participantes el famoso estudio de las "seis ciudades", que muestra una relación entre mortalidad y contaminación atmosférica en los EEUU.

Dres. Basilio Verduzco Chávez (izquierda) y Lawrence Susskind.

Siguiendo la introducción del Dr. Evans, Paulina Serrano, una estudiante de doctorado de la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Harvard, presentó su investigación sobre evaluación de riesgos de los compuestos orgánicos volátiles (VOC) en la ciudad de México. Durante su investigación, Serrano recogió datos de doce lugares distintos de la ciudad. Su presentación suscitó considerable interés y también un poco de polémica –lo cual no sorprende dada la experiencia y conocimientos de los participantes en el taller y la conexión de la investigación de Serrano con el problema en cuestión.

Serrano habló también de su investigación sobre evaluación de la exposición a sustancias contaminantes dentro de la ciudad, de nuevo otra área polémica. Se planteó la posibilidad de que la contaminación atmosférica dentro de los edificios sea una fuente fundamental de exposición a los VOC, cuestionando algunos de los supuestos en los que se basa el control de la contaminación atmosférica y desafiando a los encargados de tomar de decisiones a considerar el control de la contaminación dentro de microambientes.

Roberto Muñoz, subdirector de análisis e información, de la Secretaría de Medio Ambiente del gobierno del Distrito Federal, también presentó sus avances en el campo de la salud pública y la estimación de los efectos sobre la salud. La relevancia de su tema concreto de estudio y la naturaleza polémica de su área de investigación generó un debate metodológico y teórico sobre valoración, coste y percepción social de las estrategias de control.

El Dr. Evans finalizó su intervención ofreciendo una presentación de su trabajo sobre análisis del valor de la información. Aunque es verdad que provistos de una mejor información somos capaces de decidir mejor, ocurre a menudo que el coste de obtener una mejor información y el retraso que esto supone en la toma de decisiones puede superar los beneficios derivados de obtenerla. Por ejemplo, un retraso a la hora de promulgar restricciones respecto a las emisiones de partículas finas debido a una política ambiental excesivamente prudente puede dañar más que ayudar a la sociedad. El análisis del valor de la información es una herramienta importante para establecer prioridades en la investigación.

Negociación y resolución de conflictos. Del 15 al 17 de agosto.

El jueves se hizo cargo de nuevo de la presentación el Profesor Mario Molina. Al Dr. Susskind, Cátedra Ford del Departamento de Estudios Urbanos y Planeación Ambiental del MIT y presidente de la empresa consultora internacional Consensus Building Inc., se le unió el Dr. Basilio Verduzo Chávez, Profesor en el Departamento de Estudios Regionales de la Universidad de Guadalajara.

El Profesor Susskind empezó subrayando la creciente importancia de la negociación y la resolución de conflictos, concretamente en

disputas polémicas donde a falta de un acuerdo de tipo amistoso se puede recurrir a los tribunales.

El Dr. Verduzco se remitió a su experiencia inmediata en México y comentó la rapidez con la que está cambiando el clima político en el país. La aparición de un sistema democrático de tres partidos hace que sea casi imposible imponer una decisión sin ningún tipo de conflicto, y la negociación se está convirtiendo en un instrumento esencial para resolver diferencias entre los responsables del diseño de políticas y los políticos.

Durante los tres días siguientes el énfasis recayó en tres juegos de negociación, en donde se simularon disputas ambientales y se introdujeron conceptos importantes para la resolución de conflictos.

En la primera simulación, dos países ficticios, Alba y Batia, competían en la venta de petróleo a un tercer país más rico llamado Capita. Se dividió a los participantes en 12 grupos, repartidos equitativamente entre Alba y Batia. Los grupos formaban parejas y cada par de dos países establecía los precios pensando en lo que podía ser el máximo beneficio, ya que no tenían información sobre cómo el otro grupo tomaba la misma decisión. Después de una serie de rondas, se permitió a las partes enfrentadas que se reunieran y negociaran precios fijos para alcanzar un máximo beneficio.

Obviamente, muchos de los acuerdos no fueron perfectos. Mala comunicación, traición y decisiones encarnizadas empañaron el hacer de unos pocos grupos de negociación, a menudo rebajando las ganancias de ambas partes.

Después del primer juego, se llegó a la conclusión de que las tres características más importantes de un buen negociador son la capacidad de provocar, la disposición a perdonar y la claridad. Es importante castigar la traición o el abandono de las negociaciones, pero es igualmente importante perdonar cualquier sincera retractación de los errores. Una estrategia ambigua o confusa simplemente deja al otro equipo sin orientación, haciendo que el acuerdo sea casi imposible.

El Dr. Susskind pasó entonces a explicar el enfoque de "ganancias mutuas" en la toma de decisiones –un proceso compuesto de cuatro pasos. El primer paso, y quizás el más importante de todos, es la preparación. El segundo paso es la creación de valor, que hay que hacer antes de discutir la división de los beneficios, y que es como crear un "gran pastel" por el que hay que competir. El tercer paso consiste en la distribución del valor generado durante el segundo paso. Y el último paso, que a menudo ignoran los responsables de tomar decisiones, es el seguimiento y cumplimiento de lo acordado.

Las partes que compiten tienen en cuenta el mínimo aceptable —¿cuál es su mejor alternativa a la no negociación (BATNA)? Aquí la pregunta más importante es ¿qué ocurriría si...? Con un poco de imaginación los jugadores se dan cuenta de que a menudo tienen más que ofrecerse unos a otros de lo que ellos pensaban, probablemente bastante más que sus respectivos BATNAs. Las tres características de la buena negociación, la capacidad de provocar, la disposición a perdonar y la claridad, son todavía válidas. También es necesario estar preparado para cualquier imprevisto o sorpresa que pueda ocurrir durante la propia negociación o durante su implementación final.

Para realizar el juego más importante del taller, se dividió a los participantes en grupos de tres para competir en una pequeña negociación de tres partes, donde los tres jugadores no tienen el mismo poder de negociación. La clave del éxito de este segundo juego fue la construcción de coaliciones –una habilidad fundamental durante el tercer y mucho más complejo juego de negociación en el que intervienen múltiples partes, y que se conoce como Pablo Burford.

En la simulación de Pablo Burford, los participantes fueron divididos en grupos de diez. Cada jugador representaba un departamento del gobierno diferente, una ONG o cierto grupo de presión. A todos juntos se les encargó resolver las disputas entre un país en vías de desarrollo, Pablo, y su país vecino desarrollado, Burford. Los participantes reaccionaron favorablemente al juego, y demostraron haber aprendido de los juegos anteriores y de las discusiones teóricas.

Dong-Young Kim, estudiante de doctorado bajo la supervisión del Dr. Susskind y colaborador del Proyecto de la Ciudad de México, estaba contento con los resultados. "Como estaba encargado de filmar el taller, me estuve fijando en los participantes. A pesar del sofocante calor y de las largas sesiones, no pillé a nadie durmiéndose. La gente se tomó tan en serio el juego de Pablo Burford que ni siquiera hablaron de las enchiladas de la comida" apuntaba.

El Dr. Susskind se quedó igualmente impresionado. Comentó que "Los participantes parecían completamente dedicados a la tarea. Desempeñaron papeles que a menudo eran extraños para ellos y lo hicieron con habilidad y pasión. Creo que las capacidades de negociación que se han transmitido en este seminario serán de gran importancia para muchos de los participantes en su vida profesional".

El domingo 18 de agosto los participantes tuvieron que abandonar su papel de estudiantes y volver a sus trabajos reales como ingenieros, abogados, científicos y funcionarios. La conferencia fue un éxito rotundo, y todo el mundo parecía de buen humor de vuelta a casa. Quizás fue algo que habían aprendido, aunque la razón también pudo ser que unos pocos hicieron algo más que echarle un vistazo a la piscina –sólo por la noche, por supuesto. Pertrechados con nuevos instrumentos, todos abandonaron la serenidad de Vista Hermosa mejor preparados para enfrentarse a los nuevos desafíos que les esperan.

***Agradecimientos**. Agradezco al Profesor Gerardo Mejía de ITESM, al Profesor Larry Susskind del MIT y a Dong-Young Kim la información suministrada para este artículo.*

Los participantes disfrutando de la comida en los agradables jardines del Hotel Vista Hermosa.

Efecto del Hollín en la Formación de Nubes

Rosario Guzman, Gustavo Sosa, y Abel Toribio

¿Por qué nos interesamos por las propiedades del hollín en relación con el agua? Esta pregunta parece trivial, ya que los problemas de salud y visibilidad que las altas cantidades de hollín provocan nos resultan familiares. Sin embargo, existe un proceso asociado con la geometría del hollín que desafía nuestra intuición.

El hollín es una substancia carbonácea negra generada durante una combustión incompleta de carbón, madera, petróleo, etc., que se eleva en forma de partículas finas, las cuales se adhieren a las superficies por contacto ennegreciéndolas. El hollín es un material hidrófobo (repele o no absorbe el agua). De hecho, su ángulo de contacto con el agua es de alrededor de 80°. Recordemos que el ángulo de contacto mide "qué tanto moja un líquido a una superficie", de manera que ángulos pequeños representan superficies hidrófilas (gran afinidad con el agua) y ángulos grandes superficies hidrófobas.

Hasta hace poco modelábamos el hollín como una esfera con propiedades equivalentes a las de la partícula real. Este modelo confirmaba la idea intuitiva de que la cantidad de agua que pudiera condensarse en su superficie era ínfima, y que aumentar esta cantidad requería una supersaturación del ambiente extremadamente alta. Pero no olvidemos que estas conclusiones dependen sobre manera del modelo utilizado, y que el hollín está lejos de exhibir una forma esférica.

En 1996, Xie y Marlow de la Universidad de Texas A&M investigaron el efecto de la curvatura de una superficie sobre la presión de vapor de agua en equilibrio. A partir de lo que ellos denominaron "aerosoles complejos" (cúmulos de dos a cuatro esferas idénticas, arregladas en diez configuraciones geométricas diferentes), determinaron el volumen de agua en función de la humedad relativa. Para hacer esto, se valieron del Surface Evolver, un programa de acceso gratuito a través de Internet. Evolver es un programa que minimiza la energía de un sistema sujeto a fuerzas y restricciones especificadas por el usuario. De esta manera, Xie y Marlow determinaron las condiciones de equilibrio termodinámico para el sistema aire-agua-substrato sujeto a la tensión superficial del agua en contacto con el aire. Esto puso en evidencia la fuerte sensibilidad de la presión de vapor respecto a la geometría del substrato. Uno de los resultados más sorprendentes que pueden extraerse de su trabajo es que el hollín es capaz de absorber cantidades ilimitadas de agua.

En 1979, Forrest y Witten detectaron la naturaleza *fractal* de aerosoles varios como los metales, los óxidos metálicos, el dióxido de silicio y el hollín, los cuales se forman por agregación de pequeñas partículas aproximadamente esféricas (que nosotros llamaremos "partículas primarias"). Un fractal es un concepto matemático que "cualitativamente puede describirse como un objeto rugoso cuya rugosidad es tal que aparece a cualquier escala" (Julien y Botet, 1987). Esta cualidad puede representarse mediante una cantidad llamada dimensión fractal "que no tiene por qué ser un número entero" (al contrario de la dimensión de una curva lisa o de una superficie lisa, 1 y 2 respectivamente). Aunque en la naturaleza no existen fractales perfectos, sí existen formas irregulares que a cierta escala semejan un fractal. Tal es el caso de superficies fracturadas, sistemas ecológicos, perfiles de nubes, "el intrincado arreglo móvil de las plumas de las alas de un ave en vuelo" (Stoyan y Stoyan, 1994) y hollín recién emitido. Éste último con dimensión fractal entre 1.7 y 1.9.

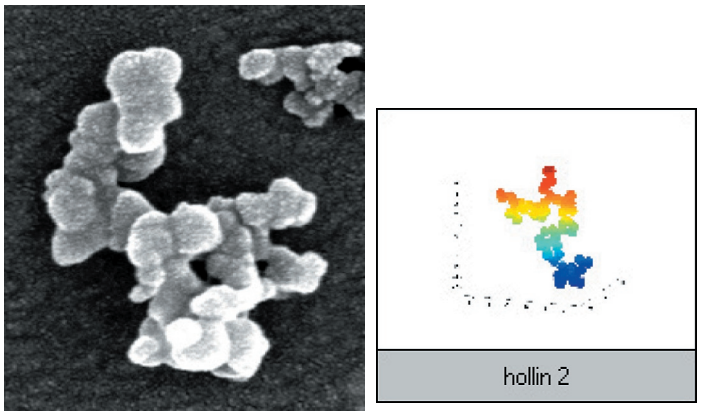


Figura 1. Partículas de aerosol de hollín. Izquierda, fotografía experimental. Derecha, simulación del equipo MIT-CAM: agregado fractal de 64 partículas primarias, dimensión fractal 1.7.

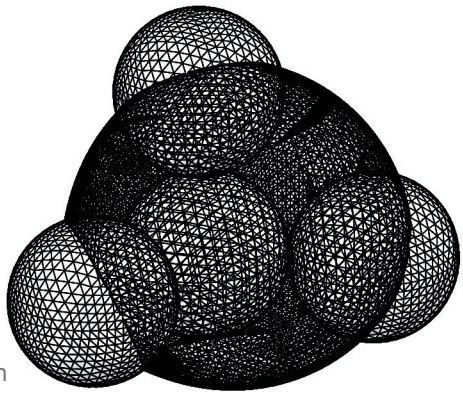


Figura 2. Absorción de agua en un agregado de cuatro partículas primarias. Aquí mostramos una de las 10 configuraciones geométricas estudiadas por Xie. EL equipo MIT-CAM, mediante Surface Evolver, simuló la condensación de agua sobre un substrato con un ángulo de contacto de 60º.

En 1996, Thouy y Jullien propusieron un algoritmo para la generación de agregados fractales con dimensiones entre 1 y 2.55, con un número arbitrario de partículas primarias. En la naturaleza las partículas se juntan de maneras diferentes, partícula con partícula, partícula con cúmulo, cúmulo con cúmulo. Thouy y Jullien utilizaron el mecanismo de agregación cúmulo-cúmulo, ya que es el que mejor refleja el mecanismo de agregación del hollín.

En 2002, Toribio y Guzmán construyeron un sistema de simulación de aerosoles basado en el algoritmo de Thouy y Jullien. Una vez que estuvo disponible este sistema de simulación, Sosa y Guzmán (2002) investigaron si los aerosoles de Xie y Marlow aparecían en partículas 'reales' de hollín de tipo fractal, y si era así, qué tan frecuentes eran. La respuesta fue "sí, varias de esas 10 configuraciones geométricas están presentes". Como es sabido, tiene que haber un núcleo de condensación de nubes (NCN) en la atmósfera para que se formen nubes; tradicionalmente los NCN se identificaron con partículas hidrófilas. Sin embargo, después de su hallazgo, Guzmán et al. determinaron que el hollín tiene la capacidad de activarse como núcleo de condensación de nubes e hicieron una estimación de la humedad relativa necesaria para que esto ocurriera. Llegamos, pues, a la importante conclusión de que el hollín absorbe más agua de la que pensábamos gracias a su rugosidad, y lo que es más, tiene la capacidad de formar nubes en condiciones que se presentan comúnmente en la atmósfera. (Propiedades geométricas "frente a" propiedades físicas).

¿Qué propiedades tienen estas "nuevas" nubes? ¿Qué efecto tienen en el balance energético del planeta? Si el hollín absorbe agua, es más que probable que absorba otras sustancias, ¿afecta esta propiedad del hollín a la salud de las personas? ¿Cómo afecta a la química de las partículas? Estas y otras interrogantes están siendo investigadas como parte del Proyecto MIT-CAM.

R. Guzmán, A. Toribio, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN; G. Sosa, Programa de Investigación en Medio Ambiente y Seguridad, Instituto Mexicano del Petróleo.

Agradecimientos. Este trabajo se ha realizado con el apoyo del Programa Integral sobre Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global y la ayuda económica de la Comisión Ambiental Metropolitana.

Referencias

Brakke, K. A. (1992) "The Surface Evolver", *Experimental Mathematics* 1: 141-165. http://www.geom.umn.edu/software/download/evolver/evolver.html

Forrest, S.R., y Witten, T. A. (1979), "Long-range correlations in smoke-particle aggregates", *Journal of Physics A: Math. Gen.*, **12**, L109.

Guzmán, R., Sosa, G., Toribio, A., Molina, M., Molina, L., Marlow, W., "Activation of fractal-like aerosol soot as cloud condensation nuclei", en preparacíon.

Jullien R. y Botet R. (1987). "Aggregation and Fractal Aggregates". World Scientific, Publishing, Singapore.

Sosa, G. (2002). "Modelación de especies fotoquimicas y particulas suspendidas de la ZMVM", Tesis doctoral, CINVESTAV del IPN. Mexico.

Stoyan, D., y Stoyan, H. (1994). "Fractals, Random Shapes and Point Fields". John Wiley & Sons, England.

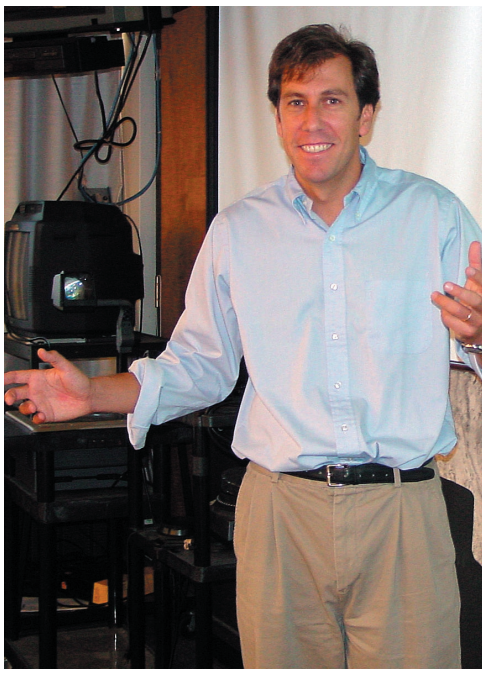
Thouy, R., y Jullien, R. (1996) "Structure Factors for Fractal Aggregates Built Off-Lattice with Tunable Fractal Dimension". *J. Phys. I France* **6**, 1365-1376.

Toribio, Abel (2002), "Sistema de Simulación de Aerosoles", Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional. Mexico.

Xie J. (1996) "Equilibrium vapor pressure of water over multiple aerosol particles". Tesis doctoral. Texas A&M University. USA.

Programa de Maestría sobre Gestión Ambiental y Sanitaria para Profesionales (derecha) El Programa de Maestría sobre Gestión Ambiental y Sanitaria para Profesionales, una iniciativa conjunta de la Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México, el Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global de MIT, y la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Harvard, dio comienzo oficialmente en verano de 2002 con tres estudiantes: Araceli Vargas y Armando Yañez de INE, y Antonio Pérez de la Secretaría de Energía.

Sesión Inaugural de la Serie de Seminarios Juan Pablo Montero (abajo), Profesor de Economía del Departamento de Economía de la Universidad Católica de Chile, presentó la sesión inaugural del Proyecto Conjunto de la Ciudad de México y la Serie de Seminarios sobre Gestión Ambiental de MIT/Harvard. Habló sobre "Políticas ambientales basadas en el mercado para controlar la contaminación atmosférica en Santiago de Chile: experiencia y direcciones futuras.



Taller de Especialización GURME (izquierda) Del 24 al 26 de octubre de 2002, el Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global ofició el Taller de Especialización GURME (Investigación Urbana, Meteorología y Ambiente GAW) sobre Pronóstico de la Calidad del Aire. El taller, copatrozinado por WMO/GURME y NOAA, tuvo lugar en Cuernavaca y asistieron un total de 25 participantes de 11 países diferentes.

Estudio Integral de Calidad del Aire en el Área Metropolitana de Monterrey: Taller de Planeación

Gerardo M. Mejía Velázquez

Introducción

El pasado 13 de Noviembre tuvo lugar en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) el Taller de Planeación de Calidad del Aire en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM). Un total de treinta y cinco personas asistieron al taller, que duró un día y estuvo organizado de manera conjunta por el Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global, con sede en el MIT y dirigido por el Dr. Mario Molina y la Dra. Luisa Molina, y por el ITESM, bajo la coordinación local del Dr. Gerardo Mejía.

El Dr. Molina y un grupo de investigadores de México y de los EEUU trabajan actualmente en la mejora de la calidad del aire de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), que es el primer caso de estudio del Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global. Este programa es el primero que utiliza una metodología de evaluación integrada, reuniendo investigadores de diferentes áreas para desarrollar una estrategia coordinada de calidad del aire que tome en consideración los aspectos técnicos, económicos, sociales y políticos del problema. Las áreas de estudio incluyen aspectos científicos sobre monitoreo y caracterización de los contaminantes, inventario de emisiones, estudios sobre impacto en la salud, modelos de calidad del aire, procedimientos de evaluación de estrategias de control, cuestiones sociales y políticas, y aspectos de educación ambiental y comunicación. El objetivo es identificar las estrategias más prometedoras y sólidas, bajo criterios de costos y beneficios y de flexibilidad de implantación y operación en diferentes condiciones ambientales y económicas, de tal forma que se puedan ofrecer directrices a los tomadores de decisiones para prevenir y controlar la contaminación atmosférica.

El Programa quiere extender la experiencia adquirida en la ZMCM a otras ciudades de México. El AMM sería la segunda zona donde estudiar el problema de la contaminación atmosférica utilizando la evaluación integrada. Entre los participantes en el taller se encontraban los Dres. Molina, investigadores del ITESM y de la Universidad Autónoma de Nuevo León, representantes de SEMARNAT, de la Subsecretaría de Ecología del Gobierno del Estado de Nuevo León y de las direcciones de ecología de los municipios que conforman el AMM (Monterrey, Santa Catarina, San Pedro Garza García, Guadalupe, Apodaca, Escobedo y San Nicolás de los Garza), así como asistentes de investigación y un representante de CEMEX.

Presentaciones

El evento fue inaugurado por el Dr. Alberto Bustani Adem, Rector del ITESM, seguido del Ing. Julián de la Garza Casto, Subsecretario de Ecología del Gobierno del Estado de Nuevo León.

La Subsecretaría de Ecología inició las actividades del taller con una presentación y discusión de las estadísticas de calidad del aire en el AMM. El Dr. Molina prosiguió explicando el caso de estudio de la ZMCM. Aclaró dudas de los asistentes en cuanto a la metodología de evaluación integrada y el propósito del estudio de la ZMCM y su aplicación al AMM. Siguieron presentaciones relacionadas con la salud, donde se discutieron estudios de correlación de niveles de contaminación y visitas a hospitales, estudios de toxicología y efectos de contaminantes biológicos. Las presentaciones siguientes trataron de la caracterización física y química de las partículas, la modelación de la calidad del aire, el manejo de la información e integración de datos de salud y modelación, así como su vinculación con estudios económicos para determinar relaciones de costos y beneficios de las estrategias. En la última sesión del taller se presentaron herramientas de evaluación económica, se discutieron aspectos relacionados con la legislación y educación ambiental. Se destacó la importancia de desarrollar material educativo para tener un mayor impacto en la comunidad, y crear conciencia sobre el problema de la calidad del aire que existe en el AMM. Finalmente se detectaron áreas en las que es importante realizar labores de investigación para iniciar el proyecto. Estas áreas incluyen estudios de caracterización de partículas e hidrocarburos en la atmósfera, monitoreo de contaminantes, actualización del inventario de emisiones, modelación de la calidad del aire, estudios más detallados de efectos sobre la salud, desarrollo y diseño de bases de datos y manejo de la información, evaluaciones económicas de los efectos de la contaminación, investigación de mecanismos legales y de incentivos económicos, y aspectos de comunicación social y desarrollo de material educativo para los diferentes grupos de la sociedad.

Los siguientes pasos en la gestión del proyecto incluyen la publicación de un reporte con los resultados del taller y solicitar que las autoridades federales y estatales incluyan en su agenda ambiental el estudio de la cuenca atmosférica del AMM. Posteriormente se programará una reunión de seguimiento con el grupo de trabajo para analizar fuentes de financiamiento y temas de investigación prioritarios para los próximos años.

La cuenca atmosférica de la AMM

Desde que se iniciaron las actividades de monitoreo de calidad del aire en 1993 mediante el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA), los datos han venido señalando que el AMM tiene problemas de contaminación del aire por PM_{10} y ozono. Todos los años se han presentado violaciones a la norma de PM_{10} de 50µg/m3 excepto en 1997, con un valor promedio de concentración de 42µg/m3. Sin embargo, este valor es un promedio, pero existen zonas de concentraciones más altas que se compensan con zonas de concentraciones más bajas. Para los años 2001 y 2002, los informes del SIMA hablan de valores que se han incrementado alcanzando un promedio anual entre 59 y 120 µg/m3 en las diferentes estaciones de monitoreo. Esto puede representar problemas crónicos importantes en la salud de la población sensible, principalmente en los niños. La norma diaria de PM_{10} de 150µg/m3 también se ha rebasado entre 30 y 90 días por año en el período de 1993 al 2001. En el caso del ozono la norma de 0.11 ppm promedio horario se ha violado hasta en el 10% de los días del año en el período de 1993 al 2001. En los últimos tres años el AMM ha mostrado un crecimiento importante en el parque vehicular, además de un crecimiento industrial y poblacional importante. Es importante estudiar la cuenca atmosférica del AMM y tomar acciones correctivas antes de que el problema sea mayor. La experiencia del caso de la ZMCM demuestra que mejorar la calidad del aire es un problema complejo y costoso. El AMM puede todavía anticiparse a un problema mayor mediante un manejo adecuado de su cuenca atmosférica. El desarrollo de este proyecto generará la información necesaria para tomar decisiones adecuadas para prevenir problemas mayores de calidad del aire.

Como parte de las actividades de difusión del proyecto, el 14 de Noviembre de 2002 el Dr. Mario Molina dictó la conferencia *Impacto de las Actividades Humanas en la Atmósfera*. Esta conferencia fue patrocinada por el Programa de la Cátedra ITESM-SEMARNAT en Desarrollo Sostenible. El evento tuvo lugar en la Sala Mayor de Rectoría y fue transmitido por la Universidad Virtual a otras sedes remotas en la República Mexicana. El mismo día, el Dr. Molina tuvo una cena con un grupo de representantes de la industria con quienes habló del proyecto para el AMM. Los presentes se mostraron muy interesados en el proyecto y manifestaron su interés en participar en el mismo.

Gerardo M. Mejía Velázquez es profesor de calidad ambiental en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Condiciones laborales de los taxistas en la ciudad de México

Luis Arturo Rivas Tovar y Jorge Esteban Rocha

Los antecedentes del transporte público en la ciudad de México se remontan a la época colonial. Sin embargo, de un modo masivo y organizado dichos antecedentes datan de la segunda mitad del siglo XIX, cuando se otorga la concesión de construir una línea de tranvías de México a Tacubaya. La organización de los taxis es aún más reciente y data del año 1915, cuando aparecen vehículos de alquiler de forma generalizada, los cuales operan de manera irregular hasta 1950.

Con la desaparición de los tranvías, el transporte público en la ciudad fue ocupado por autobuses, trolebuses y "peseros", estos últimos a partir de los años sesenta. La construcción de la primera línea del Sistema de Transporte Colectivo "Metro" a fines de los sesenta fue un hálito de esperanza que hizo suponer –ingenuamente– que daba comienzo la ordenación del transporte urbano en la ciudad de México. En el año 1971, con las primeras 500 unidades, los taxis de grandes dimensiones fueron sustituidos por los populares "vochos", naciendo así los "minitaxis" que sustituyeron a los famosos "cocodrilos" de los años cincuenta.

Creada en 1982, la desaparición de la Ruta-100 (red de autobuses de transporte metropolitano) durante la administración del presidente Zedillo provocó el debilitamiento del transporte público, ya que aunque sólo captaba 25% de la demanda la eliminación de este organismo favoreció el transporte de baja capacidad, que representa el 75% de los viajes totales.

En la actualidad, y después de dos gobiernos a cargo del Partido de la Revolución Democrática (PRD), continúan los problemas de desorganización, corrupción y manejos clientelares que convierten a las asociaciones de taxis y a los taxistas independientes en rehenes de grupos políticos de diverso signo.

En una investigación realizada en la E.S.C.A Santo Tomás del Instituto Politécnico Nacional de México, los autores de este trabajo encontraron que existen un total de 104,694 taxis legales y 22,000 taxis ilegales o "piratas", lo cual convierte a la capital de México en la de mayor número de taxis del mundo. Para establecer una comparación, Madrid, la capital de España, sólo tiene 16,000.

La investigación realizada utilizó el método etno-biográfico y la entrevista, y fue aplicada a un total de 185 taxistas. Lo cual permitió describir el perfil sociodemográfico del taxista de la ciudad de México tal como sigue:

Perfil sociodemográfico

- 25% llevan de 5 a 10 años trabajando como tales
- 78% son casados
- 44% tienen estudios de primaria y secundaria
- 70% laboran de 5 a 10 horas diarias
- 58% laboran en turno mixto
- 70% no cuentan con seguro social
- 58% carecen de pensión
- 74% no tienen vacaciones
- 78% no cuentan con aguinaldo
- 36% tienen entre 36 y 49 años
- 99% son del sexo masculino
- 94% nacieron en el Distrito Federal
- 86% tienen su domicilio actual en el Distrito Federal
- 52% obtienen unos ingresos mensuales entre 1 y 3 veces el salario mínimo (alrededor de 42 pesos)
- 53% tienen al menos una persona que depende de ellos
- 51% son propietarios de su taxi
- 56% no tienen a nadie más que contribuya a la renta familiar (son los únicos perceptores de ingresos en la familia)
- 69% aportan a la renta familiar de 100 pesos (10 US$) a 200 pesos (20 US$) diarios.

Retrato robot

- Es un hombre de 42 años originario de la ciudad de México, que lleva 10 años trabajando como taxista. Tiene estudios de secundaria y está casado con dos hijos. Trabaja 10 horas diarias en jornada mixta, gana tres salarios mínimos. Su familia depende de él para vivir y aporta 200 pesos al día para el gasto familiar. Desconfía de las autoridades y piensa que éstas no hacen lo suficiente para combatir el problema de los taxistas "piratas".
- Sus orígenes sociales, sus medios y su nivel de vida lo ubican dentro de la clase media-baja.

Este trabajo demuestra que se requieren urgentes y enérgicas acciones para reordenar el transporte público de la ciudad de México en general, y en particular el sector de los taxis. Se requieren nuevas investigaciones para profundizar en el entendimiento del problema de estos trabajadores en sus diferentes modalidades: libres, de sitios, "piratas", etc., todos ellos sometidos a niveles de inseguridad, explotación y condiciones de vida y trabajo, intolerables en un país que se declara respetuoso de los derechos humanos y laborales.

Luis Arturo Rivas Tovar es profesor en la Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Santo Tomás del Instituto Politécnico Nacional de México (I.P.N.) y Profesor Invitado de la Universidad Politécnica de Madrid.

Jorge Esteban Rocha es profesor del Instituto Politécnico Nacional de México (I.P.N.), su trabajo de investigación se centra en gestión de megalópolis.

Estudio comparativo sobre Exposición a Emisiones Diesel en Norteamérica

Una actividad más del Programa Integral de la Ciudad de México es el estudio piloto sobre exposición a emisiones diesel en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, con el fin de investigar si la incidencia de cáncer de pulmón en trabajadores de la industria camionera puede estar relacionada con su exposición a emisiones de diesel. Este estudio piloto del MIT y la Escuela de Salud Pública de Harvard (HSPH), en colaboración con la RAMA, es una extensión del proyecto de la misma HSPH que está llevándose a cabo en terminales grandes y pequeñas de camiones y rutas de camiones relacionadas con estas terminales en varias localidades de los Estados Unidos y Canadá. Este proyecto está patrocinado por la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) y el MIT/AGS.

Andén de carga de una terminal.

Cabina de un camión a diesel en ruta

El Programa pretende ampliar este estudio piloto para evaluar la posibilidad de desarrollar una base de datos nacional de los exámenes físicos que lleva a cabo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a los trabajadores del transporte que están expuestos a emisiones de diesel y relacionar esta base de datos con diversos resultados sobre salud (mortalidad, uso de servicios de salud, etc.). En este estudio participarán expertos mexicanos en materia de salud de diversas instituciones, así como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la industria camionera y el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

Re-Inauguration of IM Laboratory
(Izquierda) Claudia Sheinbaum, Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal reinaugura el Laboratorio de Emisiones Vehiculares IM-240 en compañía de los Dres. Mario y Luisa Molina y personal del laboratorio. (Septiembre 27, 2002)

Campaña de medidas (abajo)
El personal del laboratorio hace una demostración del procedimiento para realizar las pruebas.

Boletín de la Programa Integral Sobre Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global
Ejemplar Numero 2, Otoño 2002

Editora: Luisa T. Molina, Directora Ejecutiva
Diseño: Ed Carlevale
Traducciones: Javier Warman, Carmen Pastor

Teléfono: (617) 253-1603
Fax: (617) 258-6525
E-mail: mcp@mit.edu

http://eaps.mit.edu/megacities