Boletín
Ejemplar Número 3, Primavera 2003

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

Informe sobre la Campaña de Medición de 2003

En la primavera del 2003 (del 1 de abril al 5 de mayo) un equipo multinacional de expertos encabezado por Luisa Molina del MIT llevó a cabo una campaña intensiva de medición en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). El objetivo general de esta campaña es contribuir a un mejor entendimiento de la problemática de la calidad del aire en las grandes ciudades, llevando a cabo mediciones y estudios de modelación de contaminantes atmosféricos en la ZMVM. Esto ayudará a dar una base científica al diseño de estrategias de control de emisiones para reducir la exposición a contaminantes peligrosos en la ZMVM, y contribuirá a entender los problemas de contaminación del aire en otras grandes ciudades, incluidos los grandes centros urbanos de los Estados Unidos.

La campaña de medición de la ZMVM 2003 se diseñó para cubrir la temporada anual fotoquímica más alta, justo antes del comienzo de la temporada de lluvias. A diferencia de la campaña exploratoria de febrero de 2002 (descrita en el boletín anterior, Ejemplar 2 Otoño 2002) que se centró fundamentalmente en mediciones con un laboratorio móvil, la campaña de 2003 incluyó un "superemplazamiento" muy bien equipado en el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), el cual forma parte del Instituto Nacional de Ecología (INE).

Por otro lado, el laboratorio móvil de Aerodyne (ARI) realizó sus mediciones móviles en varios puntos de la ciudad de México. Además, los grupos de investigación mexicanos reunieron una gran cantidad de información meteorológica y un amplio rango de datos químicos en una estación fija. La capacidad del "superemplazamiento" fijo en CENICA se incrementó con instrumentos de última generación que aportaron varios grupos de investigación de Estados Unidos y Europa.

Continúa en página 14

Ejemplar 3, Primavera 2003
Boletín

Contenido

Informe sobre la campaña de medición 2003 1
El Sexto Taller se centró en cómo llevar a cabo el cambio en la gestión de la calidad del aire 1
Colaboración entre la Ciudad de México y Santiago de Chile en las áreas de calidad del aire y movilidad 3
Juego de negociación sobre contaminación atmosférica 4
Planeación metropolitana como condición para un mejor futuro en la ZMVM 5
Evaluación de la relación composición-toxicidad de las PM_{10}, y $PM_{2.5}$ en tres zonas de la Ciudad de México 6
Felicitaciones para los nuevos graduados 7
Los taxis y la contaminación en la Ciudad de México 8
Puntos principales del Taller sobre Inventario de Emisiones 10

El Sexto Taller se centró en cómo llevar a cabo el Cambio en la Gestión de la Calidad del Aire

Jed Horne y Robert Slott

Hotel Royal Pedregal, Ciudad de México – Fue justo antes de la cena cuando sentimos el temblor. Al principio fue como si, motivados posiblemente por un ataque repentino de hambre, todos en la sala hubieran decidido al unísono dejar lo que estaban haciendo. Después de treinta largos segundos quedó claro lo que estaba sucediendo: *Está temblando*, dijo alguien.

Miembros del Panel de Coordinación Metropolitana: Raúl Arriaga, Claudia Sheinbaum, Mario Molina, Adolfo Mejía, Luis Arturo Rivas y Alfonso Iracheta.

Era jueves por la tarde, la tercera tarde del Sexto Taller Anual sobre Calidad del Aire en la Ciudad de México, organizado por el Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global del MIT y patrocinado por la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) y la Comisión Norteamericana para la Cooperación Ambiental. Este año la conferencia tenía lugar en el Hotel Royal Pedregal de la Ciudad de México —ciudad conocida por su encanto, sofisticación y, por desgracia, sus terremotos.

Pero la sismología no era lo que había congregado a científicos, ingenieros y representantes del gobierno que trabajaban intensamente aquella tarde, ni era lo que les iba alejar de su objetivo: hacer frente a una remediable, pero no por ello menos terrible amenaza para la región —el peligro de la contaminación atmosférica, un desafío con repercusiones más allá del Valle de México.

El terremoto fue suave, la confusión momentánea, y muy pronto los participantes recobraron la compostura. La actividad prevista para la tarde era el tan esperado 'juego de la negociación', fruto de meses de

Jed Horne es estudiante y ayudante de investigación. Robert Slott es ingeniero y colaborador del Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global.

trabajo de un equipo de investigadores de MIT encabezado por Dong-Young Kim y el Profesor Larry Susskind. El juego consiste en reunir a ocho representantes de los gobiernos federal, regional y local, del mundo empresarial y de la sociedad civil para que negocien juntos un acuerdo sobre la mejor manera de luchar contra la contaminación atmosférica. Cada uno de los participantes debe desempeñar un rol diferente y es responsable de negociar acerca de un conjunto de medidas de control de calidad del aire que van a ser aplicadas a una ciudad imaginaria de América Latina. Los participantes consideraron el juego todo un éxito, y muchos adquirieron destrezas valiosas de incorporar a su vida cotidiana (ver artículo de D.Y. Kim en este número)

Hacía dos días que el grupo se había reunido en el Hotel Royal Pedregal, situado en la parte sur de la Ciudad de México. Habían llegado desde lugares tan lejanos como Boston, Massachusetts, y Santiago, Chile. Después de inscribirse en el taller y de una elegante cena, la gente se retiró a descansar en preparación de la semana de conferencias.

Coordinación regional, éxitos y reveses

Puntualmente, a las nueve de la mañana del día siguiente, el programa arrancó con el discurso de inauguración de Mario Molina de MIT. La conferencia se dividió en cuatro sesiones plenarias, cada una dedicada a examinar un reto diferente para la gestión de la calidad del aire en la Ciudad de México. La primera sesión, sobre cómo llevar a cabo el cambio en la gestión de la calidad del aire, constó de tres paneles de debate. El primer panel —Coordinación Metropolitana— fue moderado por Mario Molina y reunió a tres responsables ambientales del gobierno federal, el gobierno del Distrito Federal (DF) y el gobierno del Estado de México (EM). Raúl Arriaga de SEMARNAT, Claudia Scheinbaum (Secretaría de Medio Ambiente, DF) y Adolfo Mejía (Secretaría de Ecología, EM) repasaron los éxitos y desafíos de la reforma política, reafirmando el compromiso de trabajar con el nuevo programa de gestión de calidad del aire (PROAIRE 2002-2010) y de aumentar los esfuerzos de la CAM en la promoción de un diálogo político constructivo entre los numerosos actores sociales involucrados. Los miembros del panel convinieron en que México, después del fin del sistema político de un solo partido, todavía se mueve sobre un terreno político difícil y que la cooperación federal, estatal y municipal es la clave para un compromiso renovado sobre planeación ambiental. Dos miembros del mundo académico se unieron al debate, Alfoso Iracheta (El Colegio Mexiquense) y Luis Arturo Rivas (Instituto Politécnico Nacional de México). Rivas propuso modificar la CAM para que disponga de un presupuesto independiente. Mejía añadió que la secretaría técnica debe ser permanente y que hacen falta una serie de reformas para que su funcionamiento mejore. Todos estuvieron de acuerdo en que hace falta un cambio, pero éste debe dirigirse hacia la consolidación de la capacidad técnica y científica de la CAM, más que ser el resultado de un compromiso político.

La segunda parte de la sesión trató más explícitamente la cuestión de la participación de los actores sociales. En el panel, moderado por el Profesor Susskind y con la presencia de Alejandro Ramos (Reforma), Talli Nauman (Periodismo para elevar la Conciencia Ecológica), Guillermina Guillén (El Universal), Richard Cockett (The Economist), y Angélica Enciso (La Jornada), se abordaron cuestiones complejas sobre responsabilidad periodística, como qué significa ofrecer una visión 'equilibrada', dónde termina la responsabilidad de educar al público y dónde empieza la responsabilidad personal, y cuándo el periodismo traspasa la línea que separa el interés legítimo del sensacionalismo.

El tercer panel se centró en la participación de los actores sociales en el proceso regulador, y reunió a Raúl Benet (Greenpeace), Alejandro Sosa (Iniciativa GEMINGO), Carlos Sandoval (Consejo Nacional de Industriales Ecologistas), Raúl Tornel (CONCAMIN), Arnold Ricalde (Diputado, ALDF) y Manuel Castañeda Rodríguez (Diputado, Estado de México). Los miembros del panel comentaron que en el pasado había mucha desconfianza entre el gobierno y la industria, pero que ahora la están venciendo gracias a la organización de foros y a la participación de miembros del mundo académico, ONGs, empresas privadas, etc., con la idea de alcanzar acuerdos que no perjudiquen a la industria. Los representantes políticos se han comprometido a mejorar la calidad del aire, la colaboración entre el Estado de México y el DF es muy importante, pero el gobierno federal nunca ha dado suficientes fondos para el desarrollo de mecanismos de coordinación metropolitana. Aunque el proceso se está esclareciendo y cada vez hay más agentes sociales que se involucran, el panorama político continúa complicando la relación entre ciencia y diseño de políticas.

De la política a la ciencia: las cuestiones técnicas siguen prevaleciendo

Abordando estos problemas desde un punto de vista más técnico que político, Adrián Fernández, de SEMARNAT, abrió la siguiente sesión sobre cuestiones relacionadas con la calidad de la energía, estándares para combustibles y tecnología de vehículos. Jason Grumet, de la Comisión Nacional de Energía de los EEUU, esbozó la trayectoria histórica de consumo de energía de este país y la dificultad de romper con la dependencia del petróleo extranjero. Centrándose en el caso mexicano, Fernando Tudela del ITAM habló de las emisiones de gases invernadero en México y de su relación con el crecimiento económico y con la población, y Francisco Barnés, de la Secretaría de Energía, emparejó la intervención de Grumet con un análisis similar para México, subrayando la tendencia hacia el gas natural y los esfuerzos de PEMEX para modernizar su equipamiento y reducir las emisiones. Después de un debate entre los miembros del panel, la discusión se centró en los temas de calidad del combustible y tecnologías de vehículos. Según los cálculos de PEMEX, el costo de producir gasolina con muy bajo contenido en azufre puede llegar a los 2.3 billones de dólares, o lo que es lo mismo, pasar de 6 a 12 centavos por galón. Tim Johnson, de Corning Environmental Technologies, afirmó que si combinamos combustibles con muy bajo contenido en azufre con las más modernas tecnologías de control de emisiones para vehículos, los automóviles son capaces literalmente de 'limpiar el aire'.

Continúa en página 12

Panel de Actores Sociales Involucrados: Lawrence Susskind, Alejandro Ramos, Angélica Enciso, Richard Cockett, Talli Nauman, Guillermina Guillén.

Coordinación Metropolitana: Raúl Benet, Alejandro Sosa, Raúl Tornel, Arnold Ricalde, Carlos Sandoval, Manuel Castañeda Rodríguez.

Colaboración entre la Ciudad de México y Santiago de Chile en las áreas de Calidad del Aire y Movilidad

Álvaro Covarrubias y Ralph Gakenheimer

En el sexto taller anual del Programa Integral sobre Contaminación del Aire urbana, regional y global, el cual se desarrolló en la Ciudad de México en enero de este año, hubo dos presentaciones de profesionales chilenos: Henry Malbrán y Pablo Trivelli.

El Dr. Henry Malbrán es el actual Director de SECTRA, la agencia gubernamental encargada de la planificación de transporte en Chile. Él presentó la situación actual y las perspectivas del sistema de transporte de Santiago. Presentó, además, el nuevo Plan de Transporte Urbano de Santiago (PTUS), el cual deberá estar plenamente implementado en 2005. Este plan pretende detener la reducción de la participación modal del transporte público en Santiago, haciendo de éste una opción atractiva incluso para quienes poseen automóviles. El plan considera la creación de corredores exclusivos para autobuses, el establecimiento de sistemas de autobuses rápidos (*bus rapid transit*), la integración tarifaria entre los autobuses y el metro, una agresiva expansión de la red de metro, la construcción de dos líneas de tren ligero y de vías especiales para bicicletas. Algunos planificadores urbanos han propuesto que adicionalmente se considere un sistema de cuotas a los vehículos de acuerdo al nivel de congestión de las vías. Adicionalmente, el plan intenta reducir la congestión vehicular estableciendo corredores reversibles, construyendo una nueva carretera urbana y mejorando otra. Finalmente, Henry Malbrán describió los modelos de simulación de transporte (ESTRAUS) y de uso de suelo (MUSSA), los cuales fueron usados para evaluar el PTUS y otros proyectos.

Pablo Trivelli es profesor de la Universidad de Chile y consultor del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. En su presentación describió los cambios que Santiago ha experimentado en la última década. Uno de estos cambios ha sido el rápido incremento de los valores del suelo, resultado de un acelerado crecimiento económico. Este aumento en los valores del suelo ha llevado a la población de bajos ingresos a localizarse en la periferia de la ciudad. Este proceso, acompañado de la suburbanización de parte de la población de altos ingresos, ha producido una extensión acelerada del tamaño de la ciudad, incrementando la presión sobre el sistema de transporte a través del aumento de la distancia promedio de los viajes hacia el trabajo y centros educativos. La ciudad ha experimentado la formación de sub-centros alrededor de *centros comerciales*, lo que ha restado importancia relativa a la zona centro de la ciudad. El gobierno chileno ha intentado moderar este proceso estableciendo subsidios a la compra de departamentos en ciertos sectores del centro de la ciudad e impulsando el redesarrollo del antiguo aeropuerto de Cerrillos, el cual actualmente sólo sirve a la aviación general.

En la sesión simultanea dedicada a Transporte y Planificación Urbana, durante el taller realizado en enero, los participantes convinieron en que los problemas de transporte y uso del suelo en Santiago y la Ciudad de México son muy similares. Algunos de los elementos en común son la alta tasa de crecimiento de las tasas de motorización como consecuencia del crecimiento económico; la reducción de la participación modal del transporte público; la falta de una integración efectiva entre los diversos modos de transporte público; la pérdida relativa de población en las zonas centro; y la falta de coordinación entre las planificaciones de transporte y la de uso del suelo.

Henry Malbrán (izquierda) y Pablo Trivelly (derecha) con Mario Molina durante el Taller.

Los problemas de transporte y de uso del suelo han sido materia de preocupación en la Ciudad de México y en Santiago durante décadas. Ambas ciudades han probado diversas políticas para combatir estos problemas con disímiles resultados. En ambas ciudades se han desarrollado herramientas y sistemas de información para apoyar la planificación de transportes y uso del suelo. Desgraciadamente, no ha habido muchas oportunidades para compartir estas experiencias con otras ciudades que sufren problemas similares en países en desarrollo. Ha habido en cambio una tendencia a adoptar soluciones de los países desarrollados, las que pueden no ser las más apropiadas para las grandes ciudades en los países en desarrollo.

Los participantes de la sesión simultanea acordaron crear un programa de colaboración entre instituciones y profesionales de ambas ciudades. Los objetivos de este programa serían compartir experiencias en las áreas de planificación del transporte y uso de suelo para la reducción de la contaminación atmosférica y el aumento de la movilidad; mejorar las cualidades de los profesionales que trabajan en estas áreas en ambas ciudades; y construir sistemas de información y herramientas de modelación para apoyar la toma de decisiones en estas áreas. En el futuro, este programa podría incluir otras grandes ciudades de Latinoamérica u otros países en desarrollo.

El entusiasmo de la primera reunión llevó a organizar un segundo encuentro. Éste se llevó a cabo en la Ciudad de México en abril último, e incluyó a veinte profesionales y autoridades de Boston, la Ciudad de México y Santiago. En esta reunión discutimos las tareas específicas para un programa de colaboración, las formas más convenientes para administrarlo, y las posibles fuentes de financiamiento. Los participantes elaboraron un documento para ser presentado a posibles patrocinadores de la iniciativa.

Basados en nuestro plan para el intercambio de experiencias y de investigación, esperamos tener una serie de seminarios en Santiago y la Ciudad de México, donde exploraremos las diversas políticas que se han aplicado en ambas ciudades, sus eventuales éxitos, posibles formas de mejorarlas, y cómo estas políticas pueden ser aplicadas en otras ciudades. Habrá también asistentes de investigación en Boston, Ciudad de México y Santiago, quienes analizarán estas experiencias y trabajarán en la aplicación de los programas que sean acordados.

Álvaro Covarrubias es ayudante de investigación y Ralph Gakenheimer colabora como consultor en el Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global.

Juego de Negociación sobre Contaminación Atmosférica

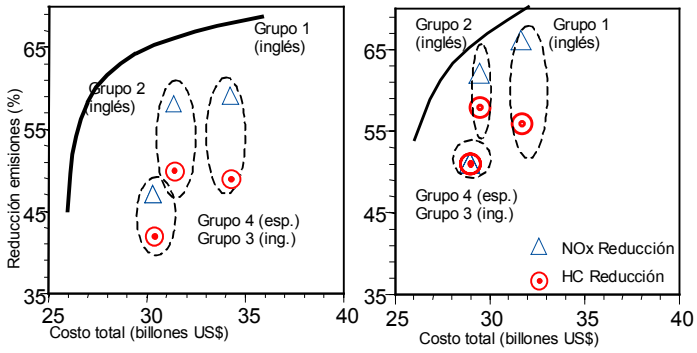
Dong-Young Kim

El 21 de enero de 2003, en el Hotel Royal Pedregal y como parte del VI Taller sobre Calidad del Aire en la Ciudad de México, intentamos algo nuevo. Realizamos una simulación de una negociación multilateral en un esfuerzo por entender las fuentes probables de resistencia institucional a las ideas de gestión sobre calidad del aire, las cuales son factibles que surjan a partir de la "evaluación integrada" que estamos llevando a cabo. El juego, diseñado para la ocasión, se llamó *La crisis de contaminación atmosférica de Varara*. Los participantes tienen que desempeñar diferentes roles y simular la clase de diálogo político que puede llegar a surgir en respuesta a una hipotética evaluación de las diferentes estrategias de gestión de calidad del aire.

El éxito de la clase sobre 'negociación y resolución de conflictos' que el Profesor Lawrence Susskind impartió en agosto de 2002, en el Taller para Profesionales organizado por el Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global (ver Boletín 2, Otoño 2002), inspiró a Dong-Young Kim, que con la ayuda de Javier Warman y Jed Horne, ambos del Proyecto de la Ciudad de México, trabajaron durante seis meses en el diseño del juego. Antes de introducir el juego en el taller de enero, el equipo de análisis de escenarios de la Ciudad de México y otros expertos mexicanos de MIT comprobaron su validez.

El juego describe una serie de dificultades ambientales causadas por los altos niveles de ozono (O_3) en una ciudad y región imaginarias, Varara y Sandoa, de un país en vías de desarrollo también imaginario, llamado Camitia, afectado por una crisis económica global. Con la ayuda del Profesor Susskind, el juego fue diseñado para que a través de la simulación, los participantes pudieran adquirir un conocimiento científico básico sobre el ozono a nivel del suelo, comprender los intereses de cada una de las partes y desarrollar habilidades para negociar y facilitar el proceso. Sobre todo, se dio a los participantes la oportunidad de adquirir una visión general sobre la gestión de la calidad del aire en una megalópolis y las perspectivas de utilizar el diálogo entre múltiples actores para resolver las diferencias políticas. Se pidió a los participantes que discutieran las siguientes medidas susceptibles de ser utilizadas para mejorar la calidad del aire: 1) Contenido en azufre de la gasolina, que es un requisito para el uso de tecnología avanzada de control de emisiones, 2) Normas de emisiones para vehículos, 3) Programa de verificación, 4) Transporte público, 5) Planes de ejecución.

La situación en el Área Metropolitana de Varara y Sandoa refleja un



Escenario tasa crecimiento bajo Escenario tasa crecimiento alto

Dong-Young Kim es ayudante de investigación en el Programa Integral sobre Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global.

Participantes del taller durante el juego de negociación.

contexto institucional en el que compiten muchos intereses políticos y económicos mientras jurisdicciones con diferentes niveles maniobran para conseguir el dominio político. En medio de esta situación, los datos obtenidos a partir de la Evaluación Integrada, por ejemplo, la información del análisis de escenarios de MIT, son incorporados para ayudar a las partes a valorar sus estrategias y tomar decisiones. Cada uno de los actores tenía información que no podía compartir con los otros participantes o con el facilitador. Esta información se refería a los intereses de las organizaciones que los negociadores representaban.

Sesenta y ocho personas procedentes de una amplia gama de agencias gubernamentales, corporaciones, ONGs y asociaciones de estudiantes participaron en este ejercicio de dos horas de duración. Se seleccionaron ocho facilitadores a los que se les instruyó sobre habilidades de facilitación un día antes del juego. Había cinco grupos de trabajo en español y tres en inglés. El profesor Basilio Verduzco, de la Universidad de Guadalajara, tradujo el juego a los hispanohablantes.

Aunque el ejercicio comenzó pasadas las 5 de la tarde, justo después de las largas e intensas sesiones plenarias, los participantes tomaron muy en serio las deliberaciones. Los facilitadores permanecieron de pie para realizar su labor de coordinación. En algunas mesas se escucharon discusiones muy serias y enérgicas. Incluso un terremoto de más de 7 en la escala Richter no impidió a los participantes conseguir acuerdos.

Los ocho grupos de negociación alcanzaron un acuerdo unánime en cuanto a la regulación del ozono, aunque en algunas mesas quedó excluida una de las partes. Con los datos de la evaluación que se les había proporcionado, los participantes pudieron calcular qué nivel de reducción de emisiones podían conseguir y cuánto dinero les podía costar hacerlo.

Aprendimos algunas "verdades" sobre la interacción en las negociaciones y el uso de los datos de la evaluación integrada. Los tomadores de decisiones y los agentes sociales pueden alcanzar acuerdos eficaces y acertados siempre y cuando: (1) tengan la oportunidad de participar en un intercambio profundo de opiniones en el marco de un diálogo plural y bien diseñado; (2) se les proporcione información técnica relevante en un formato adecuado; y (3) la evaluación integrada sea considerada legítima, útil y creíble por tantos tomadores de decisiones y actores involucrados como sea posible.

A la mañana siguiente los participantes se reunieron con el Profesor Susskind para comparar sus resultados con los de los otros grupos. Discutieron sobre la importancia de los facilitadores y sobre el contexto real mexicano en cuanto al potencial de este tipo de negociaciones.

Después del ejercicio muchas personas solicitaron el material utilizado. En respuesta a estos requerimientos, Luisa Molina decidió crear un sitio web con el juego de simulación para que las personas interesadas lo puedan descargar y usar.

Planeación Metropolitana como Condición para un Mejor Futuro en la ZMVM

Alfonso Iracheta

Las nuevas condiciones socio-espaciales de las regiones metropolitanas derivan de los cambios globales y exigen nuevas ideas para su gobierno y administración. Se requieren fórmulas estables de organización política y administrativa más allá de la mera coordinación entre las partes que integran la metrópolis. Estas fórmulas deben ser permanentes para rebasar el centralismo, ya que cada vez es más evidente que la asociación de las unidades locales básicas (municipios, departamentos, cantones, etc.) es la solución más adecuada para atender sus problemas, siempre y cuando se reconozca desde el poder nacional y estatal que la redistribución del gasto público es vital para que cada una de las unidades locales actúe de acuerdo a las exigencias de su espacio.

No se puede imponer sino estimular la coordinación metropolitana por medio del planeamiento estratégico, y premiando el asociacionismo en lugar de controlarlo o impedirlo. No es sólo la coordinación entre las entidades federativas, sino entre los municipios, lo que permite abrir nuevas vetas para resolver los problemas de la gran aglomeración. Contar con acuerdos generales sobre las características del proyecto metropolitano y el rumbo que debe seguir en el futuro es la base para coordinar y orientar los esfuerzos de las partes. Además de esta orientación, es necesario ofrecer incentivos para atender los problemas que rebasan a un municipio.

Corresponde al Estado corregir las desviaciones del mercado y no seguirlo. Esto implica nuevas formas de análisis sobre el desarrollo de las grandes ciudades y sobre las formas de coordinar y corregir la acción de los diversos agentes sociales que las transforman día a día.

La sustentabilidad ambiental exige una visión metropolitana, ya que los fenómenos y problemas del manejo de los recursos naturales y del ambiente no quedan constreñidos a territorios político-administrativos.

Planeación metropolitana del Valle de México

La conurbación del Valle de México es la única del país que requiere de la concurrencia de una multitud de autoridades, tanto para legislar sobre su estructura y funcionamiento como para operar planes y programas: tienen presencia con fuerza de autoridad el gobierno federal, los gobiernos del Distrito Federal (DF) y del Estado de México, los gobiernos municipales de este último, así como los cuerpos legislativos nacionales y de las dos entidades federativas. En esta metrópoli se ha carecido de un proyecto metropolitano, al grado que pareciera que el gobierno federal (y los gobiernos de las dos entidades) no se han enterado de la existencia de esta gran conurbación.

Las relaciones institucionales entre el DF y el Estado de México durante las últimas tres décadas para enfrentar un fenómeno socio-espacial que les es común, a saber, la ZMVM, son una evidencia del centralismo y la soberanía estatal; del encuentro y el desencuentro; de la falta de voluntad política para cooperar y del aislamiento de las determinaciones centralizadas; de la planeación institucional y la decisión personal. Los problemas propios de ambas entidades se han ido agudizando y haciendo más complejos como producto del fenómeno de la conurbación. En la realidad son dos ciudades o, si se quiere, una multitud de ciudades las que conforman la gran metrópolis desde la perspectiva de sus gobiernos. Para el DF o para el Estado de México, la ciudad se agota dentro de sus límites y consideran que la otra entidad es, en efecto, 'otra' en casi todos los sentidos. El esquema ya empieza a reproducirse en las delegaciones del DF y en los municipios de la conurbación pertenecientes al Estado de México.

Son diversos y complejos los temas que exigiendo una coordinación y concertación metropolitana han avanzado poco o no lo han hecho, haciendo más difícil la vida de los casi 19 millones de habitantes de la ZMVM.

El *agua* se encuentra desde hace décadas en la agenda pública. La realidad es que más allá de ampliar su oferta se ha carecido de un proyecto hidráulico metropolitano que aproveche las oportunidades tecnológicas y reduzca los riesgos de abastecimiento y deterioro de este recurso. La *población* y la *expansión física* son temas centrales porque mientras el DF prácticamente no crece, los municipios metropolitanos lo hacen a tasas mayores del 2 por ciento anual, por lo que todo el crecimiento demográfico y la ampliación de la mancha urbana se concentrará en los municipios del Estado de México. La *distribución de recursos públicos* es igualmente un asunto que aleja a ambos gobiernos porque históricamente el DF ha sido favorecido con recursos federales de inversión y con subsidios al sistema educativo que no ha tenido el Estado de México. El *transporte* y el *problema ambiental atmosférico* representan temas con más posibilidades de acuerdos metropolitanos, como demuestran los programas de Monitoreo Atmosférico, Hoy no Circula, Placa Metropolitana o Proaire, aunque el problema sigue siendo la escasa voluntad política para enfrentar la contaminación del aire y sobre todo para desarrollar una verdadera política de vialidad y transporte metropolitano vinculada a las políticas de desarrollo metropolitano en general.

Las diferencias anotadas entre las dos entidades que comparten la ZMVM han tenido como consecuencia una mayor cantidad y calidad de infraestructura y equipamiento en favor del DF, aunque también esta entidad ha contado con políticas más certeras de ingresos y una mayor capacidad administrativa de su gobierno para enfrentar los problemas de la metrópoli, lo que se traduce en mejores posibilidades de planificar y desarrollar proyectos en diversos sectores y áreas. Con ello, se ha dado una tendencia al predominio del DF en la conducción de asuntos metropolitanos.

Si estas diferencias pudieron ser vistas como normales en el pasado, ya no se corresponden con una metrópoli más poblada en los municipios metropolitanos que en el DF, por lo que se esperaría desde el gobierno —estatal y federal— que las decisiones de recursos públicos para la metrópoli consideraran estos procesos.

De ahí que probablemente la lejanía política entre los gobiernos del DF y del Estado de México, que tanto ha afectado el desarrollo y ordenación de la ZMVM, tenga entre sus orígenes la diferencia y falta de equidad histórica en la distribución de recursos públicos federales para la gran ciudad, más que otros aspectos relevantes como las diferencias políticas entre sus gobernantes o entre los partidos que han gobernado a estas entidades de la federación. Desde la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (y en general desde el gobierno federal) este fenómeno ha sido prácticamente desconsiderado, fomentando mayores problemas entre las entidades federativas.

Alfonso Iracheta es investigador en El Colegio Mexiquense AC.

Entre los gobiernos del DF y del Estado de México han existido interpretaciones, en general poco informadas por ambas partes, relativas a los costos en que cada entidad incurre por atender las necesidades de la población de la otra parte de la metrópoli. El gobierno del DF plantea que una carga importante a sus finanzas proviene del "uso y consumo" que se hace de la ciudad de México por parte de una población flotante que proviene principalmente del Estado de México, no existiendo compensación alguna por ello. Por su parte, el gobierno del Estado de México, desde los años ochenta y particularmente desde el final de los noventa, ha planteado de manera enérgica al gobierno federal la exigencia de compensar a la entidad por el agua que exporta al DF (aunque una parte se destina a los municipios conurbados), por su mayor esfuerzo en el gasto educativo y por el desequilibrio en la distribución de las participaciones que el gobierno federal entrega a las entidades federativas cada año, cuyo origen es la recaudación fiscal estatal y que representan la mayor parte de los recursos presupuestales de los estados de la federación mexicana.

Finalmente, lo que es obvio para prácticamente todos los gobiernos nacionales debería serlo también para el gobierno de México. Los recursos financieros que requiere la capital nacional, especialmente cuando frente al resto del sistema urbano del país presenta una situación de primacía, deben provenir también del gobierno federal. Hasta ahora se han canalizado preferentemente al DF, desconociendo a la metrópoli como unidad.

El problema metropolitano del Valle de México ya dejó de ser un asunto local, en la medida en que la situación crítica que enfrenta su desarrollo urbano y su ambiente se ha reflejado en las estructuras social y política nacionales. Asumir lo metropolitano como condición básica para reordenar y para desarrollar la ZMVM es central; en ello, la responsabilidad en la distribución equilibrada de recursos nacionales para enfrentar las necesidades de infraestructura y equipamiento corresponde al gobierno mexicano.

Corresponde a los dos gobiernos estatales alcanzar la madurez en su relación y en su concepción del gran espacio urbanizado del Valle de México como metrópoli, y no como dos partes aisladas en las que las políticas se diseñan sin acuerdo y se aplican individualmente y sin coordinación.

Destaca la evolución del fenómeno metropolitano y su desborde hacia la región centro del país, conformando una megalópolis cuya interacción hace más notoria la necesidad de formas institucionales de cooperación, acuerdo y gestión de políticas y proyectos conjuntos de toda naturaleza entre los ámbitos de gobierno responsables de su administración y desarrollo.

Persisten limitaciones fundamentales para que las políticas y acciones alcancen un nivel de actuación metropolitano, derivadas de la heterogeneidad de las leyes y reglamentos entre ambas entidades y la ausencia de homologación de políticas y normas diversas, lo que ha provocado la desarticulación de infraestructuras y servicios que por principio son comunes.

El diseño, gestión, aprobación y aplicación de formas novedosas de coordinación metropolitana, que consideren la pluralidad política y la gestión compartida entre los diversos grupos sociales, es una necesidad que hace tiempo desbordó el ámbito puramente político-administrativo entre los gobiernos de las dos entidades para convertirse en asunto estratégico del desarrollo económico y social de la gran conurbación y de la nación mexicana.

Evaluación de la relación Composición-Toxicidad de las PM_{10}, y $PM_{2.5}$ en tres zonas de la Ciudad de México

Grupo Multidisciplinario de la UNAM, UAM e INCan

Los efectos en la salud relacionados con la exposición a contaminantes atmosféricos han sido estudiados en diversas ciudades del mundo con resultados muy parecidos entre ellas. Fundamentalmente se ha estudiado la relación entre contaminantes criterio como ozono, aeropartículas, SO_2 y NOx, con incrementos en la mortalidad, visitas a salas de emergencia, ataques de asma, ausentismo o disminución en la capacidad pulmonar. Aunque seguramente los efectos observados son el resultado de exposiciones a mezclas de contaminantes que van más allá de los contaminantes criterio arriba mencionados, las asociaciones epidemiológicas demuestran relaciones más importantes e independientes con los niveles de aeropartículas contaminantes.

A la fecha los estudios se han realizado con los datos disponibles de monitoreo ambiental, en donde la contaminación por aeropartículas se ha medido con una tecnología que sólo evalúa gravimétricamente la concentración y el tamaño de las mismas. Si bien es cierto que los efectos sobre la salud analizados tienen mejores asociaciones epidemiológicas conforme se van relacionando con aeropartículas de menor diámetro y que estas aeropartículas pequeñas son predominantemente resultado de actividades antropogénicas, quedan muchas variables por estudiar. Por ejemplo, no hay datos suficientes en cuanto a la participación de las aeropartículas en la génesis de enfermedades de curso crónico, como podría ser el cáncer, la arteriosclerosis o el deterioro de mecanismos de defensa que nos hicieran más susceptibles a otras enfermedades como infecciones o cáncer broncogénico. De la misma manera no conocemos si las aeropartículas emitidas de una zona industrial representan el mismo riesgo que las emitidas por vehículos o aquellas generadas naturalmente. Estudios preliminares de toxicidad *in vitro* indican que existen diferencias entre los efectos celulares inducidos por las aeropartículas del norte, del centro y del sur de la ciudad de México, sugiriendo que estas diferencias podrían estar relacionadas con la composición de las aeropartículas. La falta de información directa de la composición de estas mezclas de aeropartículas y de la proporción de partículas de diversos tamaños dentro de las PM_{10} estudiadas motivó el desarrollo de este proyecto de investigación. A la fecha hemos colectado muestras de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en tres zonas de la Ciudad de México con diferentes fuentes de emisión predominante: Norte (industria): FES Iztacala; Centro (tráfico): La Merced y Sur (tráfico y vegetación): CCA, UNAM. En estas muestras se están determinando: su morfología, su composición elemental, su contenido de compuestos orgánicos, sus niveles de carbón orgánico y total, así como la presencia de microorganismos y algunos de sus productos. Al mismo tiempo se evalúa la inducción de efectos letales, pro inflamatorios y sobre el ADN en cultivos celulares expuestos *in vitro* a estas partículas.

Los niveles de $PM_{2.5}$ muestreados entre enero y julio del 2002 se muestran en la Figura 1. Existen diferencias entre zonas y época del año con una tendencia a haber concentraciones mayores en la zona Norte. Los niveles disminuyen en todas las zonas al principio de la estación de lluvias. Por razones técnicas no fue posible muestrear en los tres sitios desde el inicio del proyecto. El análisis morfológico de las partículas indica la presencia de partículas del suelo en las tres zonas y el análisis elemental indica una mayor concentración de metales en el Norte y en el Centro que en el Sur (Figura 2). Estas diferencias son más notables en la fracción gruesa de las partículas. El

Este trabajo ha contado con el apoyo del Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global con fondos de la Comisión Ambiental Metropolitana.

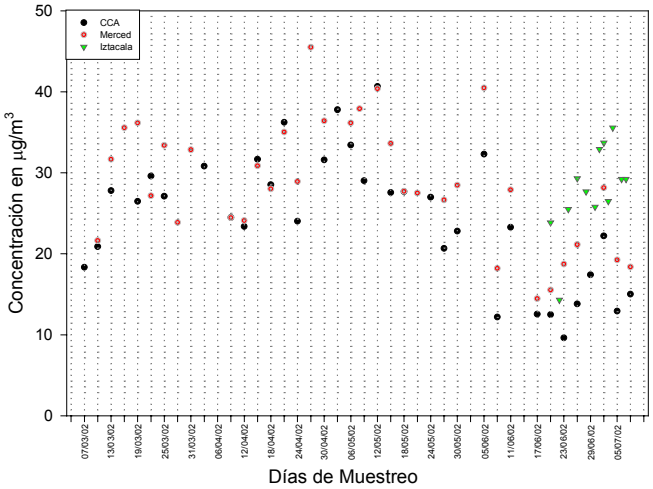


Figura 1. Comparación de las concentraciones de $PM_{2.5}$ en tres lugares de la Ciudad de México

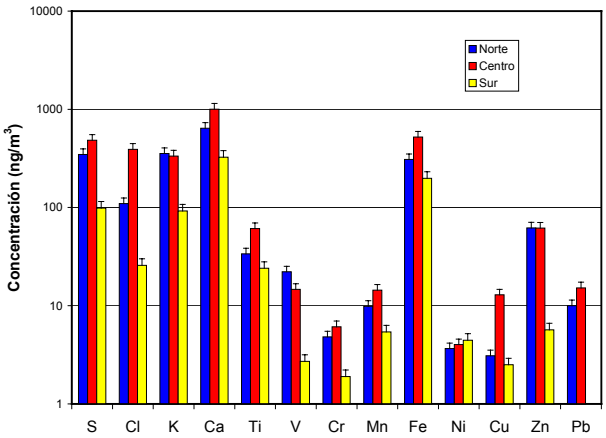


Figura 2. Concentración media (ng/m^3) para cada elemento, en la fracción gruesa.

contenido promedio de carbón total es de ~50% en las tres zonas y el contenido de carbón orgánico es mayor en las fracciones finas de las mismas. El análisis detallado de la composición orgánica de las partículas se encuentra en proceso de realización. En cuanto a la presencia de material biológico en las partículas se identificó la presencia de endotoxina. Las PM_{10} presentaron concentraciones más altas de endotoxina que las $PM_{2.5}$. Los niveles mas altos se encontraron en las PM_{10} del Sur (406 UE/mg). El contenido de endotoxina correlacionó parcialmente con la capacidad para activar *in vitro* el complemento hemolítico del suero, indicando que esta actividad biológica no depende exclusivamente de la presencia de endotoxina (el complemento del suero es un mecanismo de defensa altamente suceptible de ser activado por endotoxina). Además, la evaluación toxicológica de las partículas también demostró que las PM_{10} tienen la capacidad de producir radicales oxidantes (OH) y muerte celular en células monocíticas (Figura 3). Esta actividad se correlacionó con la cantidad de metales presentes en la muestra.

Hasta el momento hemos identificado diferencias en los niveles y composición de las partículas contaminantes en tres zonas de la Ciudad de México. Estas diferencias son capaces de inducir respuestas celulares diferentes dependiendo del tamaño y composición de las partículas. Hemos avanzado un 70% en el proyecto y quedan por afinar nuestros resultados.

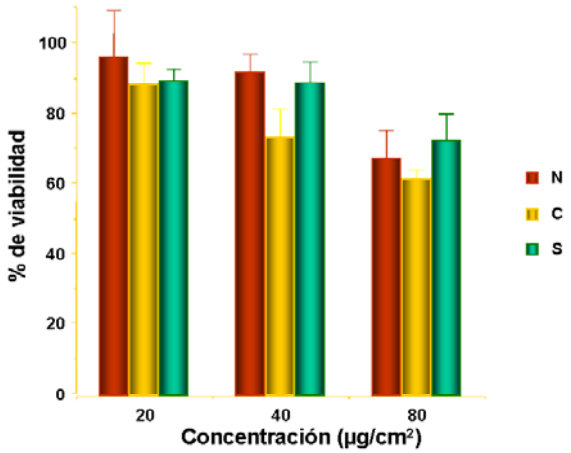


Figura 3. Las partículas inducen muerte celular en las células monocíticas J774A.1 dependiendo de la concentración de las PM_{10}. Esto sólo se observa en células en división. Las partículas del Centro son más potentes.

Felicidades

Fiesta celebración de los graduados de junio 2003, Kellyn Roth, Lisa Grogan, Ali Mostashari, Karen Thundiyil, Alejandro Bracamontes, Araceli Vargas y Armando Yáñez, auspiciada por el Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global.

Los Taxis y la Contaminación en la Ciudad de México

Bernardo Navarro Benítez

Los taxis y la urbe

Dentro del transporte público de pasajeros del Distrito Federal (DF), los taxis son el sector con la flota vehicular más numerosa, sumando entre 103,000 y 106,000 unidades formalmente registradas, además de aquellas que operan de forma irregular y son denominadas popularmente "piratas". De esta forma tenemos que la flota de "ruleteros" regulares supera por 3 veces a la del servicio de colectivos (minibuses y combies) -véase Cuadro 1-, a pesar de que los colectivos posibilitan el 58% del total de los traslados de la urbe y los taxis solamente el 4.4% de los mismos. El número de taxis por habitante registrados y en servicio en la Ciudad de México supera las proporciones de ciudades como Madrid y París e incluso de urbes como Sao Paulo y Nueva York. Para contabilizar el total de taxis en la metrópoli debemos agregar 6,109 unidades de los municipios conurbados del Estado de México, además del considerable número de "piratas" existentes en estos municipios. De la flota metropolitana "registrada" el 56% corresponde a modelos de 1992 y anteriores, por lo que sus motores no cuentan con sistemas anticontaminantes y aportan 158 mil toneladas anuales de contaminantes.[1] Se estima que en el DF cerca del 90% son vehículos que prestan el servicio público en la modalidad de Taxi Libre, y sólo el 10% restante pertenece a alguna de las modalidades organizadas del servicio: Taxi de Sitio, Taxi Turístico o Radio Taxi.

Características del servicio y de la flota

Los taxis son de crucial importancia no sólo por el servicio público que prestan a sus usuarios ocasionales y habituales, sino también porque representan un nicho de empleo e ingreso para un amplio sector de la sociedad capitalina, calculándose que aproximadamente medio millón de mexicanos derivan su sustento de esta fundamental actividad. Pero también los vehículos de este servicio son importantes consumidores de energéticos fósiles y debido a la obsolescencia de su flota vehicular, así como a sus peculiares condiciones de operación y organización, dañan en forma no despreciable el medio ambiente de nuestra metrópoli, ya que aunque representan tan sólo el 2.91% de la flota metropolitana aportan 13.31% de las principales emisiones contaminantes generadas por el sector del autotransporte de pasajeros. Es indudable que en diversos aspectos el sector de taxis requiere de su urgente modernización para bien del medio ambiente, de los usuarios y también del propio taxi-operador, concesionarios, de sus organizaciones y la ciudadanía en general.

Actualmente existen registradas en el DF un total de 324 organizaciones de concesionarios del Servicio Público de Transporte Individual de Pasajeros (Taxi). De este total, el 94% (305) han adoptado la forma de Asociación Civil, en tanto que sólo el 6% restante (19) han transitado hacia una organización bajo la forma de Sociedad Mercantil.

Como se observa en el Cuadro 2, la evolución de la flota vehicular de taxis ha sido vertiginosa entre los años 1988 y 2000, más que duplicándose en tan sólo 12 años, período en que el DF disminuyó su ritmo de crecimiento demográfico e incluso desplazó población de su territorio. Es por ello que, tal como señalábamos más arriba, los taxis además de constituir un servicio estratégico han representado también un "nicho de refugio" para el autoempleo, particularmente durante los años del "ajuste económico", cuando se eliminaron centenares de miles de puestos de trabajo del sector formal.

Cuadro 1. Viajes Diarios y Flota de Transporte Público en el DF

TRANSPORTE	VIAJES PERSONA / DÍA	UNIDADES (% de la flota)
Metro	4,278,243 (18%)	(2.0%)
Trolebús y tren ligero	262,909 (01%)	(0.3%)
Autobuses	573,619 (02%)	(0.8%)
Microbuses y Combis	17,495,385 (73%)	(22.2%)
Taxis	1,314,544 (06%)	(74.7%)
TOTAL	23,924,700 (100%)	119,943 (100.0%)

Fuente: Secretaría de Transporte y Vialidad, GDF,1999.

¿Y los taxis "piratas"?

Una de las incógnitas más llamativas del servicio es la cantidad de unidades "piratas" dentro de la actividad. Como parte de un proyecto conjunto entre la UAM y el MIT, pudimos efectuar una aproximación al número de taxis "pirata" en circulación en el DF, mediante un "conteo" durante una semana, donde se efectuaron 30 observaciones entre las 14:00 y 19:00 horas en un crucero fijo de la ciudad, considerándose un universo de 1500 vehículos de taxi.

De este total, 224 unidades no contaban con los atributos que los avalaran como regulares y 1276 fueron registrados en regla. Es decir, prácticamente 15% del total fueron irregulares (14.9%), lo que extrapolado al universo de taxis registrados en el Distrito Federal significaría la existencia de más de 15,000 vehículos irregulares. Sin embargo, la cantidad total de taxis irregulares probablemente sea un poco mayor, quizá cercana a 18,000 unidades, ya que éstos se ubican particularmente en las inmediaciones de las terminales de autobuses foráneos y en las franjas colindantes con la periferia de los municipios conurbados. Sin embargo, por la misma naturaleza del servicio que prestan los taxis terminan circulando por las distintas arterias de la ciudad.

En los resultados del conteo se observó una mayor concentración de taxis irregulares en el horario de inicio de la noche, donde el porcentaje de irregulares fluctuaba entre 22 y 24%, en contraste con la media de 15%.

Los taxis y el medio ambiente

El aporte contaminante de los taxis en la metrópoli es, en orden de importancia, el tercero dentro del traslado de personas y el cuarto si incorporamos el transporte de carga. Así, según podemos apreciar en el Cuadro 3, los taxis para el año 2001 aportaban 8.82% del promedio de los contaminantes ahí incluidos, pero dan tan sólo sustento a 4.4% de los viajes de la zona metropolitana. Habría que agregar el impacto negativo de sus neumáticos desechados y lubricantes en el suelo y agua, ya que una gran proporción de la flota recibe mantenimiento y reparación en la vía pública.

El desproporcionado impacto ambiental de los taxis se vincula principalmente a la obsolescencia de su flota vehicular, la sobreoferta del servicio y sus particulares formas de explotación.

Acciones públicas para el mejoramiento del servicio

A partir de diciembre del 2000, probablemente debido a las características descritas del servicio, se decidieron diversas políticas públicas en el DF para mejorar el servicio de taxis, procurando incidir complementariamente en sus impactos ambientales. Entre otras de estas acciones sobresalen:

Bernardo Navarro Benítez es investigador en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. 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.

[1] Gobiernos del Distrito Federal, Estado de México y Federación. *Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de la ZMVM 2002-2010*. México, 2003, 8-20.

Cuadro 2. Evolución de la Flota Vehicular del Servicio de Taxis Libres y de Sitio en el DF.

Año	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Taxis	51,906	51,906	55,717	59,051	59,211	56,180	63,935	80,869	82,770 85,437*	87,499	93,332	97,455	104,418
FTTP	93,941	93,941	98,282	101,173	101,707	109,719	109,931	155,927	111,700*	-	-	-	-
%TCRFTP	55.25	55.25	56.69	58.36	58.21	51.20	58.15	51.86	76.48				
Taxis Libres %	27,017 52.05	27,675 53.31	30,742 37.22	33,947 57.48	34,034 57.47	32,851 58.47	36,859 57.65	60,935 75.35	75,733* 88.64	78,778 90.03	84,086 90.09	87,881 90.17	92,139
Taxis de Sitio %	24,889 47.95	24,231 46.69	24,973 62.78	25,104 42.52	25,177 42.53	23,329 41.53	27,076 42.35	19,934 24.63	9,704* 11.36	8,721 9.97	9,246 9.91	9,574 9.83	9,971
Sitios	154	154	154	154	165	165	165	-	-	-	-	-	-

FTTP: Flota total transporte concesionado de pasajeros: Sedán, Combi y Minibús. %TCRFTP: Porcentaje total con respecto a la flota total de pasajeros.
Fuente: Anuarios Estadísticos de Transporte y Vialidad, SCT, 1990 a 2000.
*Fuente: Estrategia Integral de Transporte y Calidad del Aire, Estudio 8, Felipe Ochoa y Asociados, 1997, pp. 20; Dirección General de Servicios al Transporte, STV; Departamento del Distrito Federal. Padrón de Servicio Público de Pasajeros, al mes de octubre 1996.

Cuadro 3. Modos de Transporte y Aportes Ambientales Contaminantes en la ZMVM.

Fuente/ contaminante (Toneladas)	PM10	%	SO_2	%	CO	%	NOx	%	HC	%	Total/ Toneladas	%
Autos particulares	**701**	10.31	**2,000**	48.67	**822,477**	55.66	**47,380**	32.36	**81,705**	50.19	954,263	53.08
Taxis	**199**	2.93	**567**	13.80	**131,453**	8.90	**11,093**	7.58	**15,310**	9.40	158,622	8.82
Combis	**10**	0.15	**28**	0.68	**20,448**	1.38	**930**	0.64	**1,945**	1.19	23,361	1.30
Microbuses	**59**	0.87	**166**	4.04	**216,740**	14.67	**9,524**	6.50	**19,761**	12.14	246,250	13.70
Autobuses diesel	**1,174**	17.26	**214**	5.21	**9,270**	0.63	**11,640**	7.95	**3,853**	2.37	26,151	1.45
Motocicletas	**22**	0.32	**63**	1.53	**22,729**	1.54	**215**	0.15	**4,742**	2.91	27,771	1.54
Tractocamiones diesel	**1,990**	29.26	**363**	8.83	**16,675**	1.13	**22,678**	15.49	**7,587**	4.66	49,293	2.74
Camión diesel (3 o más toneladas)	**2,562**	37.67	**468**	11.39	**20,956**	1.42	**27,662**	18.89	**9,205**	5.65	60,853	3.38
Transporte de carga (gasolina)	**84**	1.24	**240**	5.84	**216,865**	14.68	**15,297**	10.45	**18,683**	11.48	251,169	13.97
TOTAL	**6,801**	100.00	**4,109**	100.00	**1,477,613**	100.00	**146,419**	100.00	**162,791**	100.00	1,797,733	100.00

Fuente: Elaboración propia en base al Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2002-2010. DDF, Gobierno. Edo. México, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría. de Salud, CAM. (2002).

- La suspensión de nuevas concesiones.
- La sustitución de vehículos taxi obsoletos por unidades nuevas con convertidor catalítico y 4 puertas.
- El establecimiento de un mayor número de "bases" y "sitios" de taxis para evitar en lo posible la circulación sin pasajeros.
- Los operativos contra las unidades "piratas".

Estas importantes políticas han obtenido avances, pero han encontrado severas limitaciones inherentes a las características constitutivas del sector.

Así, por ejemplo, la suspensión de nuevas concesiones se ha topado con el servicio "pirata", así como con el manejo patrimonialista de las concesiones y la corrupción. La sustitución de vehículos se enfrenta a las dificultades de financiamiento que prevalecen en el mercado automotor y a la sobreoferta del servicio. En tanto que los operativos contra los taxis "piratas" contienden contra el corporativismo, las lagunas e imprecisiones judiciales y la corrupción.

Conclusiones

- La explotación actual y obsolescencia del parque vehicular del servicio de taxis provoca importantes impactos ambientales arriba ilustrados; por lo que ampliar la renovación de los vehículos e impulsar la reorganización de la explotación en función de la aplicación coherente de las medidas arriba señaladas coadyuvarían al mejoramiento de la calidad del aire así como del propio servicio a favor de los usuarios y de la comunidad en general.
- El servicio de taxis tiene una dimensión metropolitana, por lo que el diseño de sus políticas, sobretodo aquellas con impacto ambiental, debería incorporar la colaboración estrecha de las autoridades responsables de la problemática de la aglomeración, Gobiernos del Estado de México, DF y Federación, así como también sus representaciones, Congresos y ALDF.

Francisco Guardado y Ed Dunlea durante la campaña 2003 persiguiendo taxis frenéticamente para medir sus emisiones.

Puntos Principales del Taller sobre Inventario de Emisiones

Gerardo Mejía, Francisco Obregón y Robert Slott

El Programa Integral sobre Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global organizó el "Taller sobre el Inventario de Emisiones de México" en el Hotel Royal Pedregal de la Ciudad de México el 25 y 26 de febrero de 2003. El propósito de este taller fue reunir expertos tanto de México como de Estados Unidos para discutir el estado actual del conocimiento en el inventario de emisiones y ayudar a mejorar el desarrollo del inventario de emisiones de México. Una mejor definición del inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es de particular importancia dada la gran población que se encuentra expuesta a los contaminantes atmosféricos que comúnmente rebasan las normas nacionales. El Taller fue patrocinado por la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM).

La contaminación incontrolada del aire puede causar serios efectos en la salud, amenazando la viabilidad de los ecosistemas y contribuyendo significativamente al cambio climático. Los estudios muestran una creciente morbilidad y mortalidad como consecuencia de la contaminación del aire que viola las normas de calidad. Los contaminantes pueden ser emitidos directamente por las fuentes emisoras, o formarse en la atmósfera como resultado de reacciones catalizadas por la luz solar. Para establecer las estrategias de control apropiadas necesitamos entender cómo se forman los contaminantes atmosféricos secundarios, especialmente el ozono y las partículas.

Para reducir la contaminación del aire tenemos que controlar las fuentes de emisiones. Se necesita un inventario de emisiones preciso que ayude a diseñar y monitorear el programa de control de emisiones a partir de la definición de las fuentes de emisión más importantes y la observación de las tendencias de contaminación. Los inventarios de emisiones pueden realizarse tanto a partir de la medición de las fuentes de emisiones (bottom-up, o de abajo hacia arriba) o por medio del monitoreo de contaminantes en la atmósfera, usando las concentraciones en el ambiente, el análisis de receptor de fuentes u otros métodos (top-down, de arriba hacia abajo). Las concentraciones varían en el tiempo (hora del día, día de la semana, temporada del año) y el espacio. Debido a que muchas de las fuentes son difíciles de medir y el monitoreo no se puede llevar a cabo en todos lados, cada inventario de emisiones debería ser considerado como una estimación con un margen de error asociado. Los métodos para estimar la exactitud y la incertidumbre de un inventario de emisiones son importantes.

El Taller se dividió en seis secciones:

1. Aplicaciones, Incertidumbres y Requerimientos de Información del Inventario de Emisiones
2. Inventario de Emisiones de México
3. Técnicas Innovadoras para Medir Emisiones
4. Métodos "de abajo para arriba"
5. Métodos "de arriba para abajo"
6. Sesión de Conclusiones

Gerardo Mejía y Francisco Obregón son Profesor y estudiante de postgrado respectivamente en el Instituto Tecnológico de Monterrey (ITESM). Robert Slott es ingeniero y colabora en el Programa Integral de Contaminación Urbana, Regional y Global.

En la introducción de bienvenida al taller, Luisa y Mario Molina repasaron las investigaciones y actividades educativas que se están llevando a cabo en el caso de estudio de la Ciudad de México del Programa Integral (Proyecto de la Ciudad de México). Se incluye una revisión del inventario de emisiones de la Ciudad de México de 1998 en el libro publicado en 2002 (*Air Quality in the Mexico Megacity: An Integrated Assessment*, editado por L.T. Molina y M.J. Molina). El Proyecto usó información de las emisiones de la campaña de medición IMADA de 1997 para calcular las concentraciones de ozono en el ambiente como una función del tiempo y lugar. Las mediciones del ozono no concordaban con los cálculos de modelación del aire a menos que las concentraciones de hidrocarburos fueran multiplicadas por un factor de dos a tres. El Proyecto promovió un estudio de campo exploratorio en la ZMVM para reunir mediciones adicionales de emisiones en febrero de 2002, en preparación para una campaña de medición intensiva en la ZMVM en abril de 2003 con más de dos docenas de instituciones de Estados Unidos, Europa y México, y más de 100 investigadores. El esfuerzo del 2003 añade un número significativo de instrumentos de vanguardia, algunos en el laboratorio móvil de Aerodyne Inc. y otros en un "superemplazamiento" que se instalará en CENICA (Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental) y en otros lugares de la ZMVM. Esperamos generar una gran cantidad de información que nos permita elucidar la química atmosférica del Valle de México y reducir las incertidumbres de los inventarios de emisiones. La información obtenida será crucial para proteger la salud humana y la viabilidad del ecosistema en la Ciudad de México, así como en otras grandes ciudades del mundo.

Otra actividad importante del Proyecto es el análisis integral de escenarios. Aunque no podemos predecir el futuro, se puede estimar qué puede pasar si la Ciudad de México continúa creciendo y si se aplican diferentes medidas de control. Una característica distintiva del proyecto es la colaboración cercana con los representantes del gobierno mexicano, ya que nuestros hallazgos pueden dar fundamento científico a la toma de decisiones. La comunicación con el público sobre cómo sus acciones pueden mejorar la calidad del aire forma parte del programa de divulgación, que es uno de los componentes fundamentales del Proyecto.

Sesión 1: Aplicaciones, Incertidumbres y Requerimientos de Información del Inventario de Emisiones

Bill Kuykendahl, de la Agencia de Protección Ambiental de EU (EPA), describió los requerimientos en cuanto al inventario de emisiones y modelación del aire para los estados de los EU que no cumplían con los Estándares Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (NAAQS), para demostrar que sus estrategias de control estaban siendo efectivas para reducir la contaminación del aire. Dichos estudios son de acceso público. Las reglas fueron establecidas en la Ley sobre Aire Limpio (Clean Air Act). Sin embargo, esta regulación no toma en cuenta la importancia del transporte de contaminantes de un estado a otro. El transporte es un problema especialmente grave en el caso de los contaminantes de larga vida y los contaminantes secundarios como el ozono y las partículas. Actualmente las estrategias de control regionales también son consideradas importantes en los EU. Jim Wilson, de Pechan, describió el cambio de inventarios de emisiones estatales a regionales. En los EU se le da un continuo seguimiento a las emisiones procedentes de plantas de generación de electricidad, cada hora se reportan a la EPA. David Mobley, de la EPA, describió la nueva evaluación de NARSTO sobre partículas que se presentará en marzo de 2003. Robert Harley, de la Universidad de

California en Berkeley, y David Allen, de la Universidad de Texas en Austin, hablaron sobre los criterios para los inventarios de emisiones que se utilizarán como fuentes de información para la modelación de la calidad del aire. La modelación de emisiones de calidad del aire debe especificarse tanto espacial como temporalmente. Las coordenadas espaciales comprenden un área de unos cuantos kilómetros cuadrados en una cuadrícula tridimensional. Los tiempos son especificados como horas del día, día de la semana y temporada del año. Los inventarios de partículas tienen que tomar en cuenta el tamaño y la composición química del contaminante. Basado en estudios en Houston, Texas, los valores extremos de emisiones de hidrocarburos de fuentes puntuales de plantas químicas y refinerías pueden tener un gran efecto en las concentraciones de ozono. Eventos intermitentes de altas emisiones de hidrocarburos causaron una subestimación de cinco a diez de las emisiones de hidrocarburos de fuentes puntuales. Esto ilustra el papel crítico que las mediciones de campo juegan en el desarrollo y evaluación de los inventarios de emisiones.

Sesión 2: Inventario de Emisiones de México

Adrián Fernández, de INE/SEMARNAT, describió el proyecto del inventario de emisiones de México, el cuál empezó en 1996 con el apoyo de la US EPA y la Asociación de Gobernadores del Oeste (WGA), con apoyo posterior de la Comisión de Cooperación Ambiental de Norte América. El inventario nacional de emisiones se ha iniciado en la zona fronteriza de las ciudades de Juárez, Mexicali y Tijuana, pero llegará a cubrir todo el país. Richard Halvey, de la WGA, describió el proceso de toma de decisiones para formar el inventario de emisiones y la importancia de que el público tenga acceso a esta información. Reunir la información del inventario de emisiones de México conlleva una serie de retos únicos, ya que durante su planeación y ejecución deben tenerse en cuenta asuntos jurisdiccionales, leyes de confidencialidad, requerimientos sobre reportes y acceso a datos e información.

Sesión 3: Técnicas Innovadoras para Medir Emisiones

Charles Kolb, de Aerodyne Research Inc, habló sobre las oportunidades que tenemos ahora para obtener información sobre emisiones mediante el uso de nuevas herramientas de medición. Lo ilustró con unos datos de formaldehído en tiempo real obtenidos en 2002 en Boston y en la Ciudad de México. Las muy altas concentraciones de formaldehído y su asociación con dióxido de carbono indican que gran parte del incremento de formaldehído en la Ciudad de México se podría deber a emisiones primarias de automóviles. Brian Lamb, de la Washington State University, describió los Experimentos de Flujo de Torre Urbana (Urban Tower Flux Experiments) que se llevarán a cabo cerca de CENICA y los instrumentos que serán utilizados en la campaña de medición de la ZMVM 2003. Gene Tierney, de la US EPA, mencionó que la EPA está promoviendo el desarrollo y la comercialización de Sistemas Portátiles de Medición de Emisiones (Portable Emissions Measurements Systems) ya que tienen muchos beneficios en comparación con las técnicas de medición tradicionales de laboratorio.

Sesión 4: Métodos de Abajo hacia Arriba

Rodrigo Perrusquía, del Gobierno del Distrito Federal, revisó las recomendaciones hechas por el Proyecto de la Ciudad de México del MIT para el inventario de emisiones de 1998. Dijo que las tres recomendaciones más importantes para las fuentes móviles eran tener un mejor conocimiento del número de vehículos, la distribución por modelo/año y los factores de emisión utilizados. Además, Perrusquía explicó las bases y las incertidumbres en los conteos de vehículos. Sandeep Kishan, de la ERG, describió la adaptación del US EPA MOBILE 6 a las condiciones locales de México. Matt Barth, de la Universidad de California en Riverside, habló sobre la historia y los avances recientes en la modelación de emisiones de fuentes móviles. Describió con cierto nivel de detalle el Comprehensive Modal Emissions Model (CMEM) y el International Vehicle Emission Model (IVE) desarrollado en la UC en Riverside. Este último se ha desarrollado y aplicado satisfactoriamente en lugares fuera de Estados Unidos, como Chile, Kenya, India y China. Gene Tierney señaló que el modelo de emisiones móviles que presentará la EPA, MOVES, estará mucho más basado en emisiones de vehículos en ruta y tendrá la capacidad de hacer análisis sobre el ciclo de vida. Robert Harley comentó que para ganar fiabilidad en las estimaciones de las emisiones, necesitamos hacer muchas estimaciones independientes. Su investigación usa un túnel de carretera como laboratorio para medir los cambios en las emisiones de vehículos con el paso de los años. Las emisiones de vehículos son estimadas a partir de las emisiones por combustible usado multiplicado por la cantidad de gasolina vendida en el área. Los resultados de 1994 a 2001 mostraron una disminución de las emisiones de alrededor del 50% para NOx, 62% para CO y 67% para COV aun cuando la cantidad de combustible usado había aumentado. La reducción de emisiones vehiculares se logra gracias a mejores equipos vehiculares de control de emisiones, principalmente mejores convertidores catalíticos.

Sergio Sánchez, de SEMARNAT, mencionó que todas las industrias en México tienen que proveer datos relativos a información general de la industria, procesos, insumos y materia prima, emisiones al aire, agua y suelo, así como transferencia de contaminantes. La información sobre los procesos patentados es confidencial, al igual que ocurre en EU. Existe una lista de 104 sustancias entre las que se encuentran los contaminantes criterio y los gases invernadero. Jesús Contreras, de SEMARNAT, hizo una introducción sobre los esfuerzos realizados para hacer inventarios de emisiones (IE) de fuentes estacionarias en años pasados, al igual que programas sobre calidad del aire. El último inventario de emisiones es el de 1998. Siguiendo las recomendaciones hechas por el equipo de Mario Molina en el MIT, se usaron varias técnicas para el refinamiento del IE 1998: monitoreo de fuentes, factores de emisión, balance de materiales y extrapolación. Se está llevando a cabo un gran esfuerzo para reducir las incertidumbres en la estimación de emisiones. El enfoque principal se centra en emisiones de NOx, HC, PM_{10} y $PM_{2.5}$. Jim Wilson habló sobre similitudes entre los datos registrados en Estados Unidos y en México y sobre las diferencias en la confidencialidad de la información. Mencionó algunos de los resultados de los análisis de incertidumbre realizados por la Academia Nacional de Ciencias (NAS). La adecuada caracterización de la incertidumbre es esencial; la mayoría de los análisis subestiman la incertidumbre, dando así a los tomadores de decisiones un falso sentido de seguridad.

Rocío Reyes y Cuitlahuac Cruz, de la Secretaría de Ecología del Estado de México, revisaron el inventario de emisiones biogénicas del Valle de México. Estas presentaciones incluyeron una descripción de los requerimientos de información que el modelo Sistema de Inventario de Emisiones Biogénicas (Biogenic Emissions Inventory System, BEIS), desarrollado por la EPA, necesita. Incluyeron climatología, temporadas húmedas y secas, uso de suelo, y emisiones de isoprenos, terpenos, COV y NOx. Luis Gerardo Ruiz Suárez, del Centro de Ciencias Atmosféricas de la UNAM, comentó las limitaciones del uso del PC BEIS así como del uso de datos para modelar. Tampoco hay un

análisis de incertidumbres ni validación con otras metodologías. Thomas Pearce, de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), describió la evolución y los avances del BEIS y su aplicación a la modelación por simulación de calidad del aire en los Estados Unidos. Se estima que las emisiones biogénicas contribuyen con más del 50% de las emisiones de COV en los EU. Sin embargo, y dependiendo de la metodología utilizada, pueden aparecer grandes diferencias en las emisiones de isoprenos. Recomendó diversas formas para mejorar las estimaciones de emisiones biogénicas.

Jorge Sarmiento, del gobierno del Distrito Federal, comentó los problemas de calidad del aire de la ZMVM y los esfuerzos para realizar inventarios de emisiones. El objetivo es tener estimaciones nuevas cada dos años. Las fuentes móviles y de área se consideraron las más importantes. Se sabe que las estimaciones de PM_{10} son bajas debido a que no se incluyeron emisiones de calles pavimentadas ni de no pavimentadas. Diversas fuentes no se incluyeron en el IE 1998 debido a la falta de datos e incertidumbre sobre su fiabilidad, especialmente en el sector informal (p. ej. vendedores ambulantes)

Sesión 5: Métodos de Arriba para Abajo

Rafael Ramos, del gobierno del Distrito Federal, describió la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la Ciudad de México. El costo de operación del monitoreo es de alrededor de dos millones de dólares al año. David Allen habló sobre el uso de los resultados de un estudio sobre calidad del aire para evaluar la exactitud del IE usando datos de aeronaves y su aplicación en áreas de Texas. Los resultados sobre formación de ozono y reactividad de hidrocarburos en Houston demostraron que las emisiones de COV se habían subestimado. La interacción con los principales actores sociales y los líderes comunitarios ha aumentado el nivel de confianza en el quehacer político y el valor de la colaboración científica. Eric Fujita, del Desert Resercah Institute, habló de cómo los estudios en túneles (tunnel studies) han demostrado que las emisiones de gasolina y de vehículos de uso pesado a diesel han logrado reducirse de manera considerable con el paso del tiempo, excepto en el caso de las emisiones de partículas, que sólo han mostrado una ligera reducción. Habló de cómo las emisiones pueden ser rastreadas hasta su origen mediante el estudio de su composición química.

Sesión 6: Sesión de Conclusiones

Como parte de las actividades de difusión del Proyecto de la Ciudad de México, esta sesión fue transmitida por la Red Satelital de Televisión Educativa (EDUSAT) a otras ciudades de México. Sergio Sánchez dio una introducción a la sesión y explicó la importancia de llegar a otros públicos. Mario Molina enfatizó la importancia del inventario de emisiones y cómo se enmarca dentro del estudio que se está desarrollando para la ZMVM. Un inventario de emisiones muy preciso es muy caro de hacer y mantener, por lo que sólo debe emplearse el nivel de precisión imprescindible. Sin embargo, habría que aplicar distintos enfoques para el inventario, usando datos independientes, con el fin de que se pueda estimar el nivel de incertidumbre. Éstos incluyen mediciones, consumo de combustible, niveles de actividad, etc. Esta sesión de conclusiones incluyó una serie de preguntas de parte de Mario Molina dirigidas a un panel de ponentes y participantes en el taller, así como preguntas y comentarios del público. Entre los temas tratados se discutió qué nivel de capacitación es necesario para compilar y usar un inventario de emisiones; qué puede aprender México de las experiencias internacionales; cómo debe decidir México qué estrategias de control de emisiones debe aplicar y cómo sabremos si dichas estrategias de control están funcionando; y finalmente, qué es lo que puede hacer cualquier persona para reducir las emisiones y así ayudar a mejorar la calidad del aire. Luisa Molina cerró la sesión agradeciendo a los ponentes, a los participantes y a los patrocinadores la celebración de un taller muy productivo.

Sexto Taller

Continuación página 2

Sin embargo, esto es posible sólo si se aplica un enfoque global, es decir, el motor, el catalizador y el combustible tienen que estar diseñados para trabajar juntos. César Flores, presidente de la Asociación Mexicana de la Industria Automovilística (AMIA), comentó que nos enfrentamos al reto de una flota vehicular envejecida —de los 17 millones de automóviles de todo México, el 60% tienen más de diez años.

Si la calidad del combustible no mejora, resultará muy difícil cumplir con estándares más estrictos de emisiones. Y también es importante controlar la entrada y salida de vehículos a través de la frontera México/EU. Un total de 100,000 camionetas de más de 10 años han entrado en el país desde los EU. En EU la Cooperación para la Investigación de la Industria del Automóvil, de los Combustibles y el Gobierno se lleva a cabo mediante el Coordinating Research Council (Consejo para la Investigación Coordinada). Tim Belian explicó que a través de la colaboración y la participación en los costos, puede llegar a hacerse más investigación sobre vehículos, combustibles y lubricantes. Esto contribuirá a dar a las normas una base científica. Los resultados de estas investigaciones están disponibles para el público y el gobierno.

Calidad del aire y efectos sobre la salud: de la física molecular a la planeación urbana

La tercera sesión plenaria tomó una perspectiva más técnica y al mismo tiempo más amplia sobre implementación del cambio. Gerardo Mejía de ITESM supervisó el debate sobre medidas y modelación de la

Miembros del Panel de Calidad del Combustible y Tecnología de Vehículos: Robert Slott (moderador), Sergio Sánchez, Luis Barojas, Tim Belian, José Luis Jaramillo, Arturo Massuttier, Ramón Carlos Torres, Timothy Johnson.

Panel de Energía Sostenible: Adrián Fernández (moderador), Gabriel Quadri, Jason Grumet, Francisco Barnés, Fernando Tudela, Odón de Buen.

Asistentes al Sexto Taller

calidad del aire, ilustrado con la presentación de Peter Lunn, del Departamento de Energía de EU (DOE), que describió los diversos componentes del Programa de Ciencia Atmosférica del DOE, subrayando el valor de las medidas en el aire y el interés en la calidad del aire de la Ciudad de México. Otros ponentes abordaron la química de los hidrocarburos poliaromáticos, cómo medir la falta de visibilidad o bruma, el reto de la gestión del agua, y los éxitos del modelo de contaminación atmosférica desarrollado en MIT para el proyecto.

John Evans, de la Harvard School of Public Health, moderó las presentaciones sobre consecuencias sobre la salud. Los ponentes se centraron en los riesgos de las emisiones diesel. James Hammitt (Harvard School of Public Health) presentó los resultados preliminares de un análisis costo-beneficio aplicado a los filtros para partículas diesel. Stanley Dawson (California EPA), Tony Cox (Cox Associates) y Eric Garshick (Harvard Medical School) protagonizaron un estimulante y polémico debate sobre la toxicidad de los gases de escape diesel. Se considera que el riesgo más alto para la salud que tiene el aire contaminado procede de la inhalación de partículas finas (PM2.5). Silvia Lask, de UAM-Xochimilco, apuntó que aunque México no cuenta todavía con una red de monitoreo para PM2.5, está previsto montar una en junio 2003. Aunque todavía no se han resuelto las discrepancias sobre los efectos de los gases de escape diesel, los participantes pudieron llegar a captar mejor los argumentos clave apuntados por cada una de las partes.

Por último, el Profesor Joseph Sussman de MIT moderó las presentaciones sobre movilidad, uso del suelo y desarrollo urbano. Además de las presentaciones realizadas por representantes del gobierno del Distrito Federal y del Estado de México sobre transporte y gestión del tráfico y sobre los avances en la aplicación de límites al desarrollo urbano, Pablo Trivelli (Universidad de Chile, Santiago de Chile) señaló que los planes para luchar contra la congestión y la contaminación afectan la vida diaria de los ciudadanos, y que, por tanto, para que estos planes tengan éxito es necesario el apoyo popular. El gobierno chileno ha hecho un gran esfuerzo para recoger información y desarrollar instrumentos y capacitación profesional en las áreas de transporte y planeación urbana y ambiental. Henry Malbrán, de Santiago de Chile, describió la experiencia de su país en el planeamiento del transporte, una iniciativa centrada en hacer más atractivo el transporte público, fomentar los viajes no motorizados, y aplicar tasas y peajes que reflejen más acertadamente los costos externos que conlleva el uso del automóvil. Los éxitos de Santiago y los problemas a los que todavía se enfrenta pueden servir de modelo para los políticos de México y los EU. A diferencia de Santiago, Alfonso Iracheta (El Colegio Mexiquense) señaló que la ZMVM funciona en la actualidad como dos ciudades separadas, el DF y el Estado de México. Hay muchas cuestiones que tienden a dividir el DF y el Estado de México, como el abastecimiento de agua, el crecimiento de la población y la expansión urbana, la distribución de los recursos, el transporte y el medio ambiente. Iracheta abordó los pasos que hay que dar para llevar a cabo una planeación metropolitana capaz de mejorar el ambiente de la ZMVM.

Durante el tercer día del taller, los participantes hablaron sobre el ejercicio de negociación realizado la tarde anterior, y se celebraron sesiones específicas sobre análisis de escenarios, ciencia atmosférica, y transporte y planeación urbana. Los participantes en la sesión de análisis de escenarios conocieron los avances de MIT en el desarrollo de un método efectivo de comunicación de datos técnicos, econométricos y atmosféricos a políticos. El análisis de escenarios emplea una serie de 'historias futuras', o trayectorias potenciales de la economía mexicana y mundial, que se usan para describir de manera más precisa los efectos de los diferentes esfuerzos de mitigación de calidad del aire teniendo en cuenta la incertidumbre. La sesión sobre planificación urbana se centró en la experiencia de Santiago, subrayando las diferencias y semejanzas significativas entre los dos casos, y desarrollando vínculos entre investigadores y políticos que probablemente serán útiles en el futuro. Los participantes en el grupo de trabajo de ciencia atmosférica escucharon una serie de presentaciones adicionales y dedicaron el grueso de la sesión a discutir la Campaña de Medidas de la ZMVM 2003.

El jueves llegó la hora de marcharse. Durante los últimos cuatro días, políticos, ingenieros, empresarios y académicos habían tenido la oportunidad de enseñar y aprender, establecer nuevas relaciones y consolidar las antiguas. A pesar del inmenso reto, todos se habían comprometido a luchar. Había esperanza en el aire y ansia de trabajar juntos en beneficio de los habitantes de esta bella ciudad.

Campaña de Medidas

Continuación página 1

Investigadores (J. Jiménez, B. Lamb, R. Volkamer) explicando las mediciones a invitados de la UNAM, NOAA y NCAR.

CENICA se encuentra en un moderno edificio de laboratorios en el campus Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). CENICA mantiene su propia rutina (nivel EPA) de instrumentos de monitoreo de calidad del aire para NOx, CO, O_3, SO_2 y PM10, y también cuenta con un sistema de muestreo automático para análisis GC/FID de COVs. Además, la Red de Monitoreo Automática RAMA posee dos estaciones de monitoreo de calidad del aire cerca de CENICA. Cuando el laboratorio móvil no estaba en mapeo móvil, se ubicaba en CENICA y su grupo de instrumentos contribuía también a la base de datos del "superemplazamiento".

Durante la campaña de medición 2003, una torre alta de flujo se montó en el techo del CENICA para mediciones micrometeorológicas continuas de flujo de dióxido de carbono, vapor de agua y olefinas totales y mediciones periódicas de NOx, NO_2, NO, HNO_3, HN_3, H_2CO y otros gases traza usando sensores de respuesta rápida del laboratorio móvil. El emplazamiento de CENICA también albergó análisis y mediciones realizados en colaboración con varias instituciones de Estados Unidos y Europa, por ejemplo, i) concentraciones de OH y mediciones de reactividad, por el equipo de William Brune de Penn State; ii) un instrumento basado en cromatografía de gases para medir nitrato de peroxiacilo, un instrumento de trayectoria abierta de infrarrojo cercano para vapor de amoníaco, un instrumento de químicoluminiscencia de Luminol para medidas semicontinuas de olefinas y un Aetalómetro Andersen para determinar carbón negro, todos de Jeffrey Gaffney y Nancey Marley del Argonne National Laboratory (Departamento de Energía, DOE); iii) mediciones de nitro-PAH, por el equipo de trabajo de Roger Atkinson y Janet Arey de la Universidad de California en Riverside; iv) espectrómetro de masas de aerosoles del equipo de José Jimenez de la Universidad de Colorado; v) un PTR-MS y varios radiómetros y muestreadores de partículas de

M. Castillejos, S. Lask, S. Zirath, V. Páramo y V. Gutierrez escuchando a Chuck Kolb en el laboratorio móvil.

PNNL vi) dos LIDAR para investigación de los equipos de Hubert Van den Bergh y Valentin Simeonov de EPFL y de MIT/Free University of Berlin, y un LIDAR comercial de Elight; vii) un DOAS ofrecido por la Universidad de Heidelberg y operado por un equipo de MIT; viii) y un mini DOAS y un FTIR del equipo de Bo Galle de la Chalmers University. A continuación se adjunta una lista de todas las instituciones participantes.

Instituciones Participantes en la Campaña de Medición 2003 de la ZMVM

Instituciones Mexicanas

- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
- Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)
- Petróleos Mexicanos (PEMEX)
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Universidad Iberoamericana (UIA)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental del Instituto Nacional de Ecología (CENICA / INE)
- Secretaría de Medio Ambiente, Gobierno del D.F. (SMA-GDF)
- Secretaría de Ecología, Gobierno del Estado de México (SEGEM)
- Instituto Nacional de Salud Pública (INSP)

Instituciones Estadounidenses

- Massachusetts Institute of Technology (MIT)
- Washington State University (WSU)
- Montana State University (MSU)
- University of Colorado at Boulder (UC)
- Lawrence Berkeley Nat'l Laboratory (LBNL)
- Aerodyne Research Inc. (ARI)
- Department of Energy/Atmospheric Science Program (DOE/ASP)
- Argonne National Laboratory (ANL)
- Pacific Northwest Nat'l Laboratory (PNNL)
- Los Alamos National Laboratory (LANL)
- Colorado State University (CSU)
- Pennsylvania State University (PSU)
- National Science Foundation
- University of California at Riverside (UCR)
- Nat'l Center for Atmospheric Research (NCAR)

Instituciones Europeas

- École Polytechnique Fédéral de Lausanne (EPFL)
- ETH/Zurich (ETHZ)
- University of Heidelberg (UH)
- Freie Universität Berlin (FUB)
- Chalmers University of Technology (CTH)
- Elight Laser Systems (ELS)

Patrocinadores

- CAM
- US National Science Foundation
- MIT
- Alliance for Global Sustainability (respecto a sus instituciones socias MIT, EPFL y Chalmers)
- PEMEX (para IMP)
- US Department of Energy (para los laboratorios participantes del DOE)

Vista aérea del "superemplazamiento" de CENICA. Detalle: Michel Grutter y Luisa Molina en la cabina del helicóptero

Un hecho trascendental de la campaña de primavera del 2003 fue la utilización de un nuevo laboratorio móvil diseñado y desarrollado por ARI. A diferencia del empleado en la campaña del 2002 (ver Boletín, Ejemplar 2, Otoño 2002), este nuevo laboratorio es más grande y está equipado con más instrumentos. Se incorporaron instrumentos adicionales de respuesta rápida (1 s.) como un espectrómetro QC-TILDAS para medir NH_3 de ARI, monitor comercial de oxido de nitrógeno (NOy) total de MIT, monitor de respuesta rápida de área superficial de partículas finas DusTrak también de MIT, y un segundo monitor comercial no dispersivo infrarrojo de dióxido de carbono de ARI. También se incluyeron otros instrumentos de respuesta más lenta (10-60 s.), como un monitor comercial de absorción UV de SO_2 de la Washingron State University, un Aetalómetro comercial prestado por Lawrence Berkeley National Laboratory, un instrumento cromatográfico para medir PAN y otros peroxinitratos orgánicos afines de DOE/ANL, y un impactador de Pacific Northwest National Laboratory diseñado para recolectar partículas finas para luego analizarlas con un sincrotrón de rayos X. Además, se consiguió reconfigurar el PTR-MS de Montana State University, usado para la medición de COV aromáticos y oxigenados de respuesta rápida, para su empleo tanto en el mapeo móvil y los experimentos de persecución de autos como en las actividades de la estación fija.

Estos instrumentos adicionales, además de los instrumentos de rastreo de gases de respuesta rápida e instrumentos de partículas finas del laboratorio móvil original de ARI, permitieron una amplia gama de experimentos en la campaña de primavera del 2003. Se realizaron, entre otros, experimentos de persecución de automóviles para medir el total de óxido de nitrógeno, formaldehído, acetaldehído, amoníaco y algunos COVs aromáticos de emisiones de camiones y autobuses diesel, colectivos, taxis y algunos automóviles y camionetas. También se mapearon las concentraciones base de estos compuestos y de algunos otros en determinadas zonas industriales, comerciales y residenciales de la ZMVM, poniendo particular atención en el área alrededor del superemplazamiento de CENICA, donde se caracterizaron cuidadosamente las emisiones en las horas de más tráfico y se detectaron emisiones industriales de tolueno y acetato de etilo. También se detectaron plumas grandes de amoníaco, sin correlación con emisiones de CO_2, cerca de CENICA y en otras áreas de la ZMVM. Se organizaron mediciones fijas en las estaciones de monitoreo RAMA de Pedregal y La Merced y en el emplazamiento fronterizo de Santa Ana.

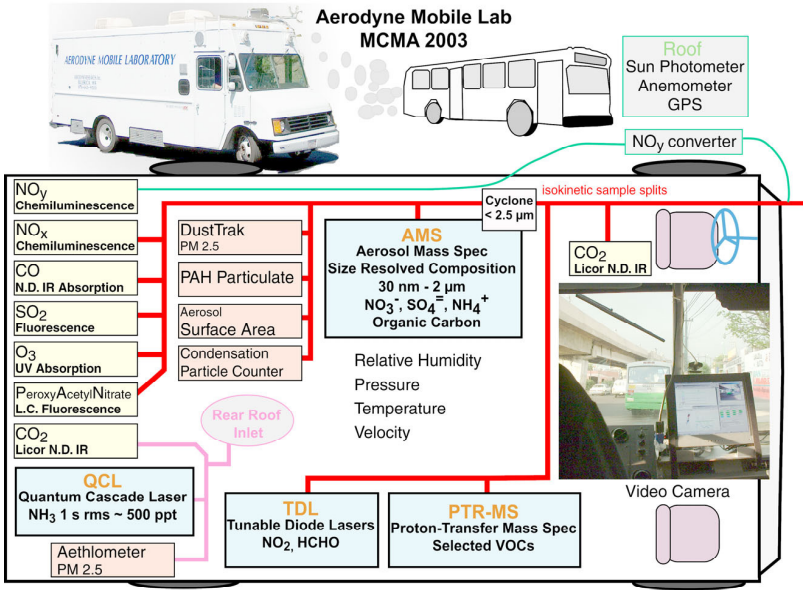
En agosto de 2003 se llevará a cabo en MIT un taller sobre análisis inicial de datos y en enero de 2004 habrá un segundo taller para discutir los resultados preliminares. Los resultados de la campaña de medición se darán a conocer a la comunidad científica y a los tomadores de decisiones a través de publicaciones y conferencias. Se prevé que la información obtenida a través de las mediciones y su análisis será crucial para proteger la salud humana y la viabilidad del ecosistema en la Ciudad de México.

Casi 30 asociados posdoctorales, estudiantes de universidad y de postgrado de instituciones estadounidenses y mexicanas participaron en estas mediciones de campo y en el análisis de la información. Trabajando en equipo, estudiantes y científicos mexicanos y estadounidenses han desarrollado y usado novedosos métodos para medir emisiones de contaminantes y concentraciones en el ambiente. Por esta razón, la campaña 2003 de la ZMVM ofrece una excelente oportunidad para generar una mayor capacidad de investigación, educación y diseño de políticas en países en desarrollo, contribuyendo al mismo tiempo al intercambio internacional.

Participantes en la campaña de medidas; algunos que no pudieron acudir a la sesión de fotos han sido añadidos electrónicamente.

Terry Shirley y Robert Lesher explicándole las medidas de OH (sobre la plataforma de la torre de flujo) a Mario Molina.

Nancy Marley y John Hubbe trabajando en la azotea de CENICA. Abajo a la derecha: escena de la Fiesta Mexicana de Despedida.



Visiten nuestra web sobre la campaña de medidas y no duden en enviarnos cualquier pregunta o comentario a ltmolina@mit.edu.

Boletín del Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global

Editor: Luisa T. Molina, Directora Ejecutiva

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

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

http://eaps.mit.edu/megacities