Boletín
Ejemplar Número 4, Otoño 2003

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

Plumas de acetato de etilo en Iztapalapa durante el verano*

Charles Kolb, Brian Lamb, Berk Knighton, Scott Herndon, Erik Velasco y Miguel Zavala

Uno de los principales objetivos de la campaña de monitoreo atmosférico en la ZMVM en verano de 2003 fue obtener un mejor conocimiento de las concentraciones atmosféricas, así como las fuentes y los flujos de emisión de los compuestos orgánicos volátiles (COVs). El monitoreo continuo de los COVs así como la identificación y la cuantificación de sus fuentes de emisión no es sencillo por dos factores: el primero es que existen cientos de especies de COVs diferentes que son emitidas diariamente a la atmósfera de la ZMVM, y el segundo es que existen pocas técnicas disponibles de mediciones en tiempo real (1 – 10 s) que ofrezcan datos con una alta resolución espacial y/o temporal, que son los que generalmente se requieren para determinar la localización de las fuentes de emisión y medir la magnitud de los flujos de emisión. Para abordar estos retos, durante la campaña de monitoreo atmosférico de verano de 2003 se utilizó una nueva técnica de monitoreo de COVs en tiempo real, que es la Reacción de Transferencia de Protones con Espectrometría de Masas (PTR-MS). El uso de esta técnica permitió a los investigadores identificar y cuantificar una fuente significativa de un éster, el acetato de etilo, en la región de Iztapalapa.

Continúa en Página 14

Ejemplar 4, Otoño 2003
Boletín

Plumas de acetato de etilo en Iztapalapa……. 1
Actividades de Transporte en el Proyecto de la Ciudad de México……... 1
Política y Contaminación del Aire……... 2
Diseño e instalación de la red de partículas finas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México……..……. 2
Influencia de la meteorología en las tendencies del ozono en la Zona Metropolitana del Valle de México…….……. 4
Cambios históricos en la Cuenca de México: disponibilidad de agua y características geofísicas…… 7
Planificación coordinada del transporte y los usos del suelo en países en desarrollo: el caso de la Ciudad de México…….. 11
Participación pública y Evaluaciones de Impacto Ambiental en México: examen de practices recientes…… 17
Taller GURME sobre Pronóstico de la Calidad del Aire en Latinoamerica 19

*Charles Kolb y Scott Herndon - Aerodyne Research Inc.; Brian Lamb y Erik Velasco - Washington State University; Berk Knighton - Montana State University; Miguel Zavala - MIT

Actividades de transporte en el proyecto de la Ciudad de México

Joseph Sussman

Después de años de investigación, ha quedado bien establecido el vínculo entre calidad del aire y transporte en la Ciudad de México. El reto al que nos enfrentamos es el de garantizar la movilidad de las personas y los bienes en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), reduciendo, al mismo tiempo, los efectos negativos del transporte en la calidad del aire. Preservar la movilidad es crucial para el crecimiento económico de la Ciudad de México; sin embargo, si la calidad del aire continúa empeorando, esto repercutirá negativamente en la salud de los habitantes, la productividad y, en definitiva, el crecimiento económico.

Durante los últimos años, hemos estudiado una serie de aspectos del sistema de transporte y la ZMVM, prestando especial atención a los efectos del transporte sobre la calidad del aire y desarrollando varias opciones que podrían llevarse a cabo para disminuir su impacto negativo sobre el ambiente. Entre los estudios que hemos realizado, podríamos destacar los siguientes:

- El Metro y cambios asociados con el uso del suelo (Michael Gilat, "Coordinated Transportation and Land Use Planning in the Developing World –The Case of Mexico City", Tesis de Maestría, MIT, Junio 2002).
- Transporte de mercancías, sobre todo camiones, en la ZMVM (Alejandro Bracamontes, "Managing Freight Transportation and Air Quality in the Mexico City Metropolitan Area", Tesis de Maestría, MIT, Junio 2003).
- Desempeño de la red de transporte y sus repercusiones en la calidad del aire –relación entre emisiones y tráfico (Dan Amano, "Macroscopic Modeling on a Microscopic Scale: A Road-Based Network Model of Mexico City", Tesis de Maestría, MIT, Agosto 2003; Julia Gamas, "Impacts of Urban Transportation Congestion and Pollution Reduction Policies: Analytical Studies of Two Latin American Cities", Tesis Doctoral, Boston University, Diciembre 2003).
- Emisiones procedentes del transporte público de superficie –autobuses, taxis, microbuses (todo excepto el Metro) (Ali Mostashari, "Design of Robust Air Quality Measures for

Continúa en Página 10

Joseph Sussman es Profesor de Ingeniería Civil y Ambiental en Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Política y contaminación del aire

Christina Rosan

Para mejorar la calidad del aire de la Ciudad de México hace falta que los científicos y los políticos trabajen juntos. Mientras avanza la ciencia que estudia cuáles son las causas de la contaminación, la mejora de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) requiere hacer frente a las barreras institucionales y políticas para la cooperación metropolitana. Desde el punto de vista politico, la ZMVM está dividida en diferentes jurisdicciones, cada una con sus propias necesidades e intereses. Desde una perspectiva ambiental, para poder gestionar la calidad del aire, se necesitan reformas coordinadas en las políticas de transporte, usos del suelo, ambientales e industriales. Sin embargo, hoy en día la capacidad para pensar y actuar a escala metropolitana en la ZMVM se ve limitada por su estructura política.

El trabajo de los Dres. Mario y Luisa Molina y su equipo de investigadores de EEUU y México demuestra la complejidad del problema de la contaminación del aire en la Ciudad de México desde una perspectiva científica y política. La meta de la próxima fase del Proyecto de la Ciudad de México es trabajar con políticos de la ZMVM para discutir cómo puede llegar a desarrollarse un plan más sostenible e integrado para la mejora de la calidad del aire. Para iniciar el diálogo metropolitano, el Proyecto de la Ciudad de México en MIT, con la colaboración del Dr. Lawrence Susskind, Cátedra Ford del Departamento de Planeación Urbana y Ambiental de MIT y Presidente del Instituto para la Creación de Consenso, ha iniciado un examen de la situación para identificar las áreas de acuerdo y desacuerdo entre los diferentes actores políticos. El Examen de la Situación es el primer paso de lo que será un proceso más largo de construcción de consenso, cuyo objetivo es ayudar a los actores sociales a alcanzar un acuerdo sobre una estrategia, técnicamente deseable, y plausible desde el punto de vista político, para la reducción de la contaminación del aire.

A partir de enero, un equipo de investigadores mexicanos y estadounidenses dirigidos por el Dr. Lawrence Susskind, la Dra. Luisa Molina y dos estudiantes de doctorado de MIT, Tina Rosan y Dong-Young Kim, realizarán entrevistas presenciales y confidenciales con más de 50 representantes de todos los niveles del gobierno, grupos de ciudadanos, ONGs, universidades y empresas. Los investigadores sintetizarán las inquietudes de los miembros de grupos clave de actores sociales sobre diferentes aspectos del manejo de la calidad del aire, sin desvelar su nombre, posición u organización. Después se analizarán los resultados de estas entrevistas y se estudiarán las posibilidades y los obstáculos que existen para alcanzar acuerdos. Si se considera adecuado, el Proyecto de la Ciudad de México ayudará en el diseño de un proceso de creación de consenso que tendrá lugar el próximo año.

Mediante el Examen de la Situación se averiguará si los actores politicos creen que las actuales estructuras institucionales son efectivas a la hora de abordar la gestión ambiental, del transporte y del uso del suelo. También se valorarán los beneficios y costos asociados a una aplicación más estricta de las normas ambientales para reducir la contaminación del aire. El informe determinará si mediante negociaciones asistidas y diálogo entre actores sociales con la intervención de un profesional neutral, se puede llegar a una resolución constructiva de la composición institucional de la gestión metropolitana y ambiental de la ZMVM. El producto final del Examen de la Situación será un informe que analizará los asuntos, actores sociales involucrados, sus intereses, su voluntad y capacidad para participar en las negociaciones, y su visión sobre los temas a tratar.

Una de las primeras funciones del Examen de la Situación es provocar cambios en la manera en que los actores sociales perciben cosas como el manejo de la calidad del aire. La entrevista permite a los entrevistados expresar sus ideas, comentar sus preocupaciones y participar directamente en cualquier proceso que pueda generarse. La entrevista también les obliga a clarificar sus inquietudes y a examinar sus argumentos “en voz alta” delante de una parte neutral. En muchos sentidos, el objetivo de esta actividad es empezar a “pensar en nuevas opciones”. En el proceso de discusión sobre la manera en que está diseñado el actual marco institucional en la ZMVM, los actores sociales involucrados pueden empezar a imaginar diferentes soluciones alternativas a los problemas.

Durante casi 20 años, gobiernos de todo el mundo han experimentado con el empleo de las técnicas de creación de consenso. Por ejemplo, ahora el Congreso de los EEUU exige a cada agencia federal que explore todas las maneras posibles de incorporar técnicas de “resolución alternativa de disputas” para actividades reguladoras, de planeación y de cumplimiento. Al mismo tiempo, algunas de las empresas más grandes del mundo, como IBM y Home Depot, han ayudado a patrocinar esfuerzos para la creación de consenso a escala municipal, regional, estatal y nacional, en conflictos sobre cuestiones tan variadas como desarrollo urbano, transporte, política energética, gestión del crecimiento y recursos naturales. Algunos de los más importantes activistas ambientales y organizaciones de interés público del mundo también han participado en procesos de construcción de consenso, y son ahora defensores del uso de estas técnicas siempre y cuando se cumplan las condiciones adecuadas.

Christina Rosan es estudiante de Doctorado en el Departamento de Estudios Urbanos y Planeación y ayudante de investigación en el Programa Integral de Contaminación Urbana, Regional y Global del Aire.

Diseño e instalación de la red de partículas finas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Rafael Ramos Villegas

La zona metropolitana de la Ciudad de México forma parte de la cuenca del Valle de México, la cual tiene una elevación promedio de 2,240 m.s.n.m. Debido a esto, los procesos de

Rafael Ramos Villegas es director de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) del Gobierno del Distrito Federal, México.

combustión son menos eficientes y por lo tanto más contaminantes, además de recibir una radiación solar intensa que favorece la formación de contaminantes fotoquímicos como es el caso del ozono. Otro contaminante problemático son las partículas suspendidas, las cuales violan continuamente las normas de salud.

Las $PM_{2.5}$ o partículas finas en suspensión son aquellos sólidos o líquidos con diámetro aerodinámico menor o igual a 2.5 micrómetros. Debido a su diminuto tamaño las partículas finas resultan invisibles para el ojo humano, pero denotan su presencia porque dispersan la luz y reducen la visibilidad. Pueden permanecer largo tiempo en suspensión y recorrer grandes distancias en el aire antes de desaparecer. Son capaces de producir efectos negativos sobre la salud al ser inhaladas, alterar el equilibrio de los ecosistemas y dañar los materiales expuestos a la intemperie.

Algunas partículas finas son emitidas como tales, como las provenientes de los motores de combustión interna. Otras, en cambio, resultan de reacciones fotoquímicas de materia orgánica. Y otras se originan cuando el ácido nítrico o sulfúrico, que son subproductos de contaminación relacionada con la combustión, reaccionan con el amoniaco en la atmósfera.

Para el caso de las $PM_{2.5}$, diferentes estudios demuestran que las concentraciones de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) exceden el límite de 65 $\mu g/m^3$ propuesto por la Agencia de Protección del Ambiente de los EEUU. Por tal motivo, la Secretaría de Salud emitió en julio de 2002 el proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993 de salud ambiental, que establece los valores de concentración máxima de partículas en suspensión en el aire ambiente (PST y PM10) y además incorpora el valor para partículas finas en 65 $\mu g/m^3$ promedio de 24 horas y 15 $\mu g/m^3$

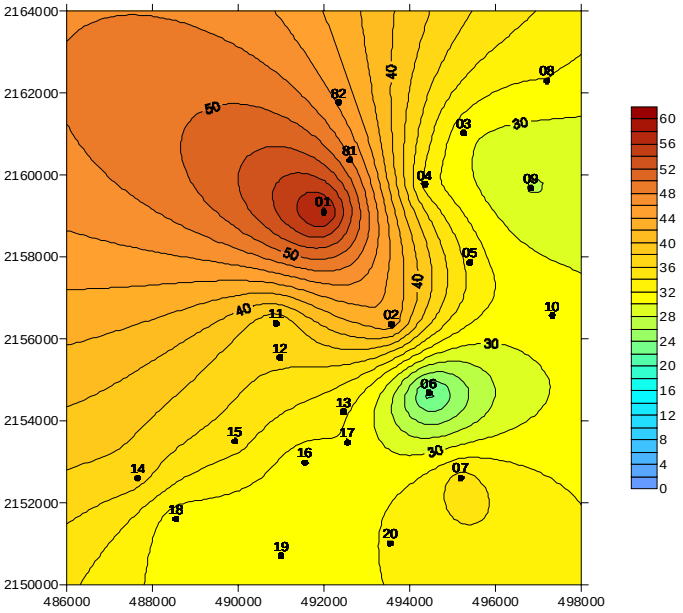


Fig. 1. Distribución de $PM_{2.5}$ el 25/3/2002. Máximas concentraciones alrededor del sitio de Xalostoc.

promedio anual.

Para garantizar que se cumplan los nuevos estándares, el Gobierno del Distrito Federal, a través de la Secretaría de

Fig. 2. Estación de Xochimilco

Medio Ambiente, diseñó y puso en operación una red de monitoreo de partículas finas en la Ciudad de México y municipios conurbados del Estado de México con recursos aportados por el Fideicomiso Ambiental Metropolitano ($9.7 millones de pesos).

Esta red de monitoreo viene a reforzar y ampliar al actual Sistema de Monitoreo Atmosférico que comprende las redes automática (RAMA), manual, de depósito atmosférico y meteorológica con que cuenta la Ciudad de México para la vigilancia continua de la calidad del aire. Con la incorporación de la red de $PM_{2.5}$, la RAMA incrementa a 36 el número de estaciones remotas. La red de monitoreo de partículas finas fue concebida mediante un diseño científico que propuso dos estudios de un año de duración para la localización de sitios y la determinación de los equipos.

Estos estudios contaron con la colaboración del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares y el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental del INE. Se colectaron alrededor de 1,400 muestras de $PM_{2.5}$ en 80 sitios de los 4 sectores en que se dividió la ciudad. Cada sector se muestreó en periodos de 2 semanas durante 5 ocasiones a lo largo de una año para tomar en cuenta las variaciones estacionales del contaminante. Al final se determinaron, mediante 3 técnicas estadísticas distintas, los sitios más representativos en términos de riesgo para la salud pública y cobertura temporal y espacial para la instalación de 8 estaciones remotas automáticas y 7 manuales. Las técnicas estadísticas fueron: 1) coeficiente de representatividad, que cuantifica el grado de representación espacial que posee un sitio de monitoreo, en relación con el área alrededor del sitio; 2) Análisis de Variancia, utilizando el modelo ANOVA, que considera los efectos por la ubicación del

sitio y las variaciones climáticas diarias, y 3) se empleó análisis geoespacial, mediante el método de interpolación Kriging. La selección final incluyó consideraciones de facilidad de acceso, seguridad y disponibilidad de energía eléctrica y líneas para la transmisión de datos.

La determinación de los equipos más adecuados para la Ciudad de México estuvo a cargo de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Los sitios seleccionados para las pruebas fueron: Xalostoc, al noreste de la Ciudad de México, que se caracteriza por ser una zona altamente industrializada, lo que ocasiona niveles altos de contaminación la mayor parte del tiempo, además existen algunos núcleos de población importante en la zona, y Xochimilco, ubicada al sudeste, que se caracteriza por ser zona habitacional con algunas áreas de cultivos. El período de evaluación fue del 20 diciembre al 30 de junio de 2002 en Xalostoc y del 15 de julio al 31 de enero de 2003 en Xochimilco.

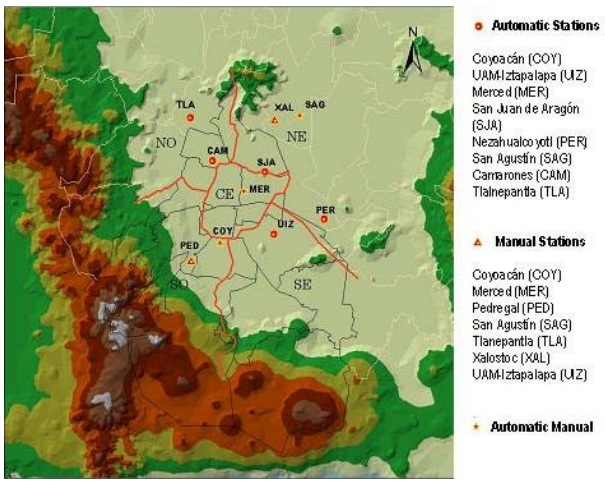


Fig. 3. Red de Monitoreo de PM2.5 en la ZMVM

Los métodos utilizados fueron: el monitor de microbalanza oscilante TEOM 1400a (Rupprecht & Patashnick), el monitor de atenuación Beta modelo FH62C14 (Thermo Anedersen), el monitor continuo de masa en aerosol CAMM (Thermo Anedersen) y el TEOM (Rupprecht & Patashnick) acoplado a un sistema FDMS modelo 8500. El desempeño de los equipos se comparó con un equipo de referencia de la EPA de los EEUU, empleando un procedimiento similar al descrito en el Apéndice L del Código Federal de Regulaciones número 40, parte 50, donde se describe el muestreo manual por medio de muestreadores por filtración de referencia, seguido por el análisis gravimétrico de la muestra colectada. Se seleccionaron varios métodos debido a las condiciones heterogéneas de la atmósfera de la ZMVM: TEOM, Beta Gauge y TEOM-FDMS. El equipo manual para los sitios de muestreo consistió en un modelo R&P Partisol 2000 FRM.

La red de monitoreo de $PM_{2.5}$ comenzó a transmitir datos a mediados de julio de 2003. Su inauguración oficial fue el 9 de agosto de 2003. Desde entonces, las concentraciones diarias de este contaminante pueden encontrarse en www.sma.df.gob.mx.

Influencia de la meteorología en las tendencias del ozono en la Zona Metropolitana del Valle de México

Pablo Cicero Fernández

Al inicio de la década de los 90 las concentraciones de ozono alcanzaron niveles críticos en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Después de 1992 se ha registrado una disminución paulatina de este contaminante. Este comportamiento se debe, por lo menos en parte, a las acciones de control de la contaminación introducidas desde la década de los 80, las cuales incluyeron: nuevos estándares de emisión vehicular, mejores combustibles, verificación vehicular, uso de gas natural, recuperación de vapores, relocalización de industrias y plantas de servicios y el polémico “Hoy No Circula”. La localización geográfica de la ZMVM, a 19.5 N de latitud y 2240 metros de altitud sobre el nivel del mar, hace que reciba una mayor radiación solar a lo largo del año, lo que favorece la formación de ozono. Además, la ZMVM está rodeada por una cadena de montañas que provoca el estancamiento de los gases precursores del ozono. La meteorología y las escalas de tiempo también contribuyen a la formación de ozono, de ahí que en algunas regiones las concentraciones de contaminantes atmosféricos puedan variar dramáticamente de un día a otro permaneciendo la misma cantidad de emisiones. Varios investigadores de los Estados Unidos de América señalan que la temperatura, la radiación solar, la estabilidad atmosférica, la dirección y la velocidad del viento son variables que condicionan las concentraciones de ozono (1). El presente estudio examina la tendencia del ozono de 1990 al 2002 y su corrección o ajuste debido a la influencia de variables meteorológicas. Inicialmente se revisaron métodos para ajustar el comportamiento de contaminantes atmosféricos por meteorología, entre los más comunes se encontraron el análisis de clasificación (2,3), el análisis de regresión (4) y el análisis espectral de series temporales (5,6).

Para analizar la influencia de la meteorología en la tendencia del ozono de la ZMVM se emplearon dos enfoques. En el primero se calculó un término de tendencia, o coeficiente para el tiempo en el análisis de regresión que respondía de otros parámetros meteorológicos o de clasificación. Por ejemplo, en un modelo de regresión múltiple los coeficientes para determinar la influencia de la temperatura y la velocidad del viento se calculan simultáneamente con el coeficiente de tiempo (en años). En el segundo enfoque se analizó la influencia de la meteorología en las concentraciones de ozono en un día o mes específico, como base para estimar la concentración de ozono en determinadas condiciones meteorológicas. La desviación entre la concentración de ozono calculada y la concentración observada se asoció con factores no incluidos en el modelo, esta desviación se contempló en el cálculo de la tendencia.

Pablo Cicero Fernández es investigador en University of California, Los Angeles. Este trabajo ha recibido el apoyo del Programa Integral de Contaminación Urbana, Regional y Global del Aire, con fondos de la Comisión Ambiental Metropolitana.

Tendencias básicas

La parte superior de la tabla 1 presenta las tendencias del ozono sin ajuste meteorológico (tendencia cruda), el análisis se realizó basándose en el máximo y la mediana de las concentraciones máximas diarias. Durante 1990-2002 la tendencia cruda fue decreciente, -0.004 ppm por año en ambos indicadores. El análisis de la tendencia cruda en tres etapas: I) 1990-1994; II) 1995-1998; III) 1999-2002, indica que durante la etapa II hubo una mayor disminución, el máximo y la mediana tuvieron una tasa de reducción de -0.006 ppm por año. Por el contrario, durante la etapa I la tasa de disminución en ambos indicadores fue menor, sin ser estadísticamente significativa. En la etapa III se observó una ligera tendencia creciente, 0.001 ppm por año con la concentración máxima, aunque no fue estadísticamente significativa. La Figura 1 muestra las concentraciones máximas de ozono y su tendencia cruda en cada etapa.

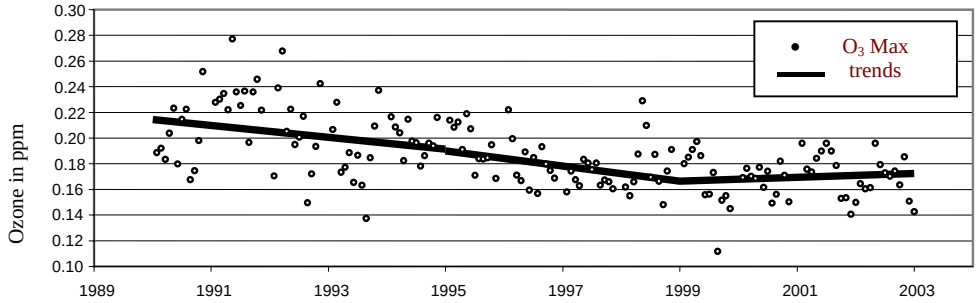


Fig.1. Concentración máxima de ozono y tendencies crudas por etapas (1990-1994, 1995-1998, 1999-2002)

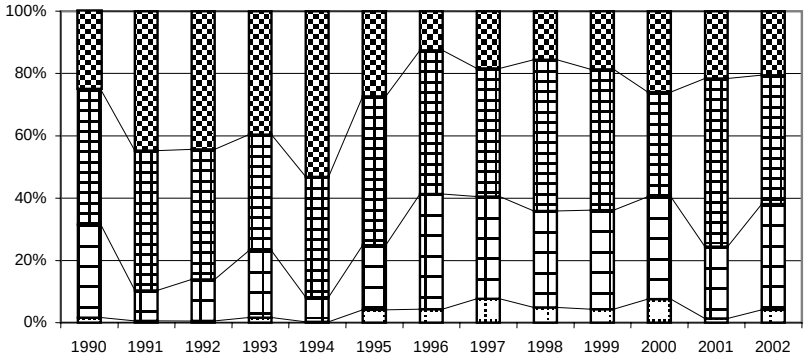


Fig. 2. Porcentaje de días según clase de propensión

Severe moderate mild bening

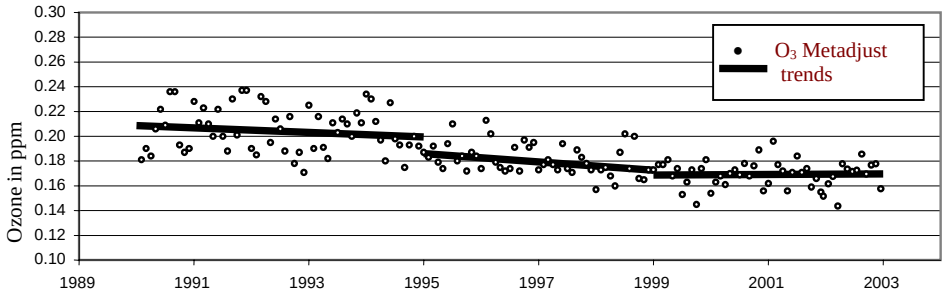


Fig. 3. Máximo de ozono ajustado meteorológicamente y tendencies según etapas (1990-1994, 1995-1998, 1999-2002)

Por otro lado, se calcularon las probabilidades de sobrepasar la norma de calidad del aire para ozono (0.011 ppm/hora) y el nivel de precontingencia (0.0233 ppm/hora) utilizando una regresión logística. Las probabilidades de sobrepasar la norma de calidad no fueron significativas, mientras que la probabilidad de alcanzar el nivel de precontingencia disminuyó del 39% en 1990 al 6% en el 2002. Esta tendencia fue estadísticamente significativa.

Segregación a partir de la temperatura y clasificación según conductividad del ozono

Los días con temperatura alta son propensos a concentraciones altas de ozono. Mediante una regresión logística, se estimó la probabilidad de alcanzar una concentración de ozono de precontingencia ambiental a temperaturas máximas de 28°C, en las tres etapas definidas en el análisis anterior. El resultado indica una disminución en la probabilidad, siendo 40% en la etapa I, 24% en la etapa II y 9% en la etapa III.

Posteriormente se realizó un ejercicio de asociación entre las concentraciones de ozono y las condiciones meteorológicas diarias que prevalecieron en el período 1990-2002. Esta asociación se evaluó mediante una escala binaria que permitió definir un *índice diario de propensión a la formación de ozono*, para los días sin propensión se asignó un 0 y para los días con propensión un 1. La propensión se definió considerando como umbral el valor de la mediana de cada variable de estudio. En el caso de la velocidad del viento se consideró un valor igual o menor a 1.7 m/seg para asignar el 1, de lo contrario se asignó un 0. Para la velocidad mínima del viento el umbral fue 0.2 m/seg, pero con una diferente dirección, cuando el valor fue igual o mayor se asignó el 1, en caso contrario un 0. Para la temperatura máxima se asignó un 1 cuando fue igual o mayor a 25.3 °C, en el caso de la temperatura mínima se asignó un 1 cuando fue igual o menor a 9.3 °C. El *índice de propensión al ozono* de cada día se integró sumando los valores asignados (asignándose 3 para una sumatoria de 3 y 4). Posteriormente se clasifican estos índices con respecto a una clase de propensión, que puede ser benigna, moderada, severa o muy severa. De esta manera, a una concentración promedio baja corresponde un índice igual a 0, mientras que un índice igual a 3 corresponde a

una concentración promedio alta. La distribución porcentual de los días en el período 1990-2000, conforme las clases de propensión a la formación de ozono se presentan en la Figura 2. Sobresalen los años 1991 a 1994 y 2001 por tener una mayor frecuencia de días severos. El análisis de tendencia de 1990 a 2002 con el máximo de ozono y la asignación de clases indica que los cambios de clase se asignan al aumentar 0.024 ppm y que la diferencia entre la clase "benigna" y la clase "muy severa" fue de 0.072 ppm. En el caso de la mediana la diferencia fue de 0.063 ppm. Para ambos indicadores la disminución de su tendencia tuvo una tasa de -0.003 ppm por año. Al ser menores que las tasas obtenidas en las tendencias crudas calculadas en la sección previa, sugieren la influencia de las condiciones meteorológicas en las concentraciones del ozono.

Ajuste Meteorológico

La influencia de la meteorología en las concentraciones de ozono en un día o mes específico se estimó a partir del mejor conjunto de variables, con el mejor coeficiente de determinación y con los coeficientes estadísticamente significativos de todas las variables. Posteriormente se estimaron las concentraciones de ozono bajo tales condiciones. La desviación o residuo entre la concentración de ozono estimada y la observada se asocia con factores no incluidos en el modelo. Este residuo se añadió a la concentración estimada para el período y se define como la concentración de ozono ajustada por meteorología; posteriormente se analizó su tendencia. En la parte superior de la Tabla 1 se presentan los resultados, las tasas de disminución del máximo y la mediana son substancialmente menores a las tasas obtenidas en el análisis de tendencias crudas. A la concentración máxima de ozono correspondió una tasa -0.001 ppm por año y para la mediana una tasa de -0.002 ppm por año. También se calculó la tendencia para las concentraciones de ozono ajustadas por meteorología en las etapas I, II y III. Las tendencias a la baja del primer periodo reflejan condiciones meteorológicas más severas, mientras que el incipiente aumento en la tendencia, que no es estadísticamente significativo, del último periodo refleja un año 2001 con condiciones meteorológicas adversas presentadas previamente en la Figura 2. En la etapa II el máximo y la mediana de las concentraciones de ozono ajustadas por meteorología mostraron una tendencia decreciente de -0.003 ppm por año, siendo ésta estadísticamente significativa. En la etapa III la tendencia fue cercana a cero. La Figura 3 muestra una representación gráfica del comportamiento de las concentraciones de ozono ajustadas por meteorología y tendencia en las 3 etapas. Es importante mencionar que el ajuste por meteorología solo es válido en el periodo o etapa de estudio. Además, es importante mencionar que el promedio de las concentraciones de ozono por periodo fue disminuyendo con el tiempo, lo que se interpreta como un progreso neto en la calidad del aire.

Conclusiones

En general se identificó una tendencia decreciente de las concentraciones de ozono, así como una menor probabilidad de rebasar una concentración de precontingencia. La meteorología se asocia en parte con este comportamiento. En la primera mitad del periodo estudiado hubo mayor propensión a la formación de ozono que en la segunda mitad. Años particularmente severos fueron de 1991 a 1994 y el 2001. La velocidad del viento y la temperatura fueron los parámetros más influyentes. Las tendencias crudas se estimaron en -0.004 ppm por año. También se observaron tendencias a la baja en la probabilidad de alcanzar niveles de precontingencia a altas temperaturas, un buen signo en la lucha contra la contaminación. Las tendencias son menores cuando tienen en cuenta la propensión a la formación de ozono, con tasas de -0.003 ppm por año. La diferencia entre las clases de propensión más baja y más alta a la formación de ozono fue de 0.0072 ppm. Finalmente, cuando las concentraciones de ozono son ajustadas por condiciones meteorológicas, las tendencias observadas fueron entre -0.001 a -0.002 ppm por año. Sin embargo, estas tendencias modestas fueron estadísticamente significativas. Podemos concluir que las concentraciones de ozono han experimentado tendencias a la baja por factores diferentes a la meteorología, probablemente gracias a estrategias de control de la contaminación durante el periodo de estudio.

Table 1. Tendencias anuales de ozono máximo y medio y probabilidades de sobrepasar el nivel de precontingencia

Coef. de tendencia (ppm/y)		O_3 max	O_3 med
Crudo	1990-2002	-0.004	-0.004
Periodo 1	1990-1994	*-0.005*	*-0.0002*
Periodo 2	1995-1998	-0.006	-0.006
Periodo 3	1999-2002	*0.001*	*-0.003*
Ajustado	1990-2002	-0.001	-0.002
Periodo 1	1990-1994	*-0.002*	*-0.002*
Periodo 2	1995-1998	-0.003	-0.003
Periodo 3	1999-2002	*0.0002*	*0.000*

Considerando clase de propensión, todo el periodo estudiado		
	O_3 max	O_3 med
Coef. de clase (ppm)	0.024	0.021
Coef. de tendencia (ppm/y)	-0.003	-0.003

Probabilidad sobrepasar nivel precontingencia		
		($O_3 \geq 0.233$ ppm)
	en 1990	39%
	en 2002	6%
a temperatura de 28°C		
Periodo 1	1990-1994	40%
Periodo 2	1995-1998	24%
Periodo 3	1999-2002	9%

Los coeficientes en *itálica* no son significativos

Cambios históricos en la Cuenca de México: disponibilidad de agua y características geofísicas

Carmen Durán de Bazúa, Alfonso Durán-Moreno, Rosa María Ramírez-Zamora

La Ciudad de México se asienta en la cuenca que alguna vez hospedó la capital de los aztecas de México-Tenochtitlán, fundada por los aztecas en 1325 y conquistada por Cortés en 1521. Siguiendo una estrategia diferente a la usada por sus predecesores, los conquistadores españoles lucharon contra la naturaleza para construir la nueva ciudad a imagen de otras ciudades medievales europeas con consecuencias ecológicas desastrosas. En 2003, esta lucha continúa. Ahora, como en el siglo XVI, hemos escogido ignorar problemas creados hace 480 años en la región, y continuamos exportando el daño ecológico a otras áreas en vez de afrontarlo localmente. Nuestras prácticas han cambiado poco desde el siglo XVI, cuando los españoles comenzaron a bombear el agua contaminada fuera de la cuenca, y esas acciones ahora están revirtiéndose en contra del suelo y la estructura subterránea de la que fue "la región más transparente" del planeta –ahora una de las más contaminadas. En este artículo, se analizarán algunos de estos puntos y se presentarán algunas recomendaciones para contribuir al restablecimiento del equilibrio perdido a lo largo del período 1522-2002. Revertir el daño ecológico requerirá del ingenio y apoyo de expertos tanto mexicanos como internacionales.

Consideraciones geográficas

La Ciudad de México está localizada en una cuenca cerrada y no en un valle. Las montañas que la rodean originalmente impedían que el agua saliera de la cuenca (sin considerar las pérdidas por evaporación e infiltración). Se considera como cuenca endorreica dado que las precipitaciones pluviales se concentran en la parte más baja de la cuenca. La cuenca tiene alrededor de 9,000 km^2 y se encontraba dotada de un sistema de lagos que incluía el de Zumpango, Xaltocan, Ecatepec, Texcoco y Chalco-Xochimilco. Esos lagos se mantenían a nivel constante por el agua que fluía de la cuenca. Cuando los aztecas fundaron Tenochtitlán, varios puntos sobresalían de la superficie lacustre, como el Peñón del Marqués, Peñón de los Baños, Peñón de Tepeapulco (Viejo) y el Cerro de la Estrella (Huizachtecatl). Los aztecas establecieron lugares públicos, como templos y mercados, en algunas islas mayores como Tenochtitlán y Tlatelolco. Tenochtitlán y Tlatelolco se encontraban en Texcoco, uno de los cuerpos de agua más someros. Cuando las lluvias eran más abundantes o la estación húmeda más prolongada, el nivel de agua de los lagos aumentaba. Para los aztecas esto no representaba ningún problema, ya que los islotes estaban habitados solamente por los gobernantes teocráticos y los guerreros. La población vivía en tierra firme alrededor de ellos y, por tanto, estos cambios en los contenidos de agua de la cuenca no les afectaban.

Once the Spanish conquerors started to build their churches and palaces on Tenochtitlan and Tlatelolco islands, at precisely the lowest point in the basin, periodic flooding became a serious concern. In 1604, civil works started in the Huehuetoca region to transform the closed basin into a valley, opening the mountain "collar" to drive excess water towards the Gulf of Mexico through the Moctezuma river, affluent of the Panuco. For this monumental civil project, several million tons of earth were removed by creating an artificial tunnel. Unfortunately, the tunnel sank and floods destroyed the city over a five year period from 1629-1634. Instead of abandoning the overpopulated lakebed and repopulating the surrounding land, the authorities decided to reestablish the city on its original location. The decision was made based on a simple calculation: the city was worth 40 million pesos and the sewage system restoration project would cost 10 million. Construction of the outlet for excess rain water began once again. These civil works continue today, nearly 400 years later. Every year, the rainy season brings floods to several parts of the city, and water is drained into the neighboring state of Hidalgo, through the canals that drive sewage towards the Tula river, affluent of the Moctezuma. Over the years the lakes have continued to dry, and the concentration of suspended particles, blown throughout the city by easterly winds, has increased dramatically. The salty Lake Texcoco is a particularly large source of these contaminants. Suspended particles occur in higher concentrations in the winter when grass no longer covers the dry lake beds.

Consideraciones humanas

Por otro lado, la población ha continuado aumentando en forma exponencial, de 700,000 habitantes en 1910 a casi 10 millones en el 2000. Estos habitantes han ido "robando" tierra a los lagos (ahora al de Chalco-Xochimilco), tirando basura y otros materiales sólidos y contaminando así las fuentes superficiales y naturales de agua de la cuenca. La incidencia de las inundaciones se ha reducido, y las áreas planas ahora son más costosas, forzando a la gente pobre a vivir en las montañas circundantes. Estos nuevos habitantes contaminan las fuentes de agua de lluvia y las de agua subterránea, ya que las descargas de las fosas sépticas o los drenajes se van al subsuelo sin tratamiento. Los ríos de la cuenca de México ya no existen como tales, sino que se usan como sistemas de drenaje. Esto es particularmente importante en las áreas de Xochimilco, Tláhuac, Milpa Alta, Álvaro Obregón y Magdalena Contreras, donde residen la mayor parte de los habitantes –refugiados—de provincia que vienen a la Ciudad de México buscando mejores condiciones de vida. Los propietarios de la tierra se aprovechan de la situación mediante la venta de sus propiedades comunales o ejidos para incrementar sus pocos ingresos. El resultado ha sido la contaminación de los acuíferos y del resto de lagos y ríos, el envío de basura a los lechos secos de los ríos, cañadas y barrancas, la reducción de las zonas boscosas, etc. Una vez que los manantiales desaparecieron, no hubo abasto de agua potable,

---

Este artículo se basa en una presentación de la Dr. Carmen Durán en el Sexto Taller sobre Calidad del Aire en enero de 2003. Carmen Durán de Bazúa y Alfonso Durán-Moreno pertenecen al Programa de Ingeniería Química Ambiental y Química, Facultad de Química, UNAM; Rosa María Ramírez-Zamora es investigadora en el Instituto de Ingeniería, UNAM.

y las autoridades, otra vez yendo en contra de la Naturaleza, iniciaron obras civiles para traer agua de las áreas fuera del "collar" montañoso, como el sistema Cutzamala, que está creando problemas entre los habitantes del vecino Estado de México y el área del Distrito Federal.

El agua potable también es obtenida mediante el bombeo de agua del subsuelo. Existen dos problemas asociados a esta práctica. Primero, el agua del subsuelo está siendo contaminada por los asentamientos irregulares de las zonas montañosas, ya que estas familias pobres no tienen sistemas de drenaje ni han aprendido a mantener limpios los manantiales, ni el agua de lluvia que se acumula en cauces secos y barrancas, sino que los usan de drenajes y para tirar su basura sólida. El segundo problema es que las arcillas, que han mantenido la humedad durante milenios, se han secado y han perdido su equilibrio químico. Como resultado, estas arcillas fracturadas se están encogiendo, causando que los edificios construidos arriba de ellas se estén hundiendo alrededor de 6 cm/año y que las calles y las avenidas se estén agrietando también. Lamentablemente, esto está afectando a toda la ciudad, no sólo donde se extrae el agua por bombeo. La ciudad de México está en una zona telúrica y las arcillas húmedas, de hecho, amortiguaban los movimientos de tierra dándoles un efecto oscilatorio. Ahora, estas arcillas fracturadas hacen que los movimientos sean trepidatorios y con un potencial destructivo mayor. Algunos estudios proponen la depuración de las aguas residuales y su reinyección al subsuelo para minimizar este problema. Este enfoque, sin embargo, no tiene en cuenta los problemas estructurales del subsuelo. Gran parte del daño es irreversible.

Posibles Soluciones

A continuación se dan algunos comentarios y ejemplos sobre posible soluciones:

1. Menor consumo de agua y recuperación del agua de lluvia

Las rupturas de las tuberías subterráneas pueden causar dos tipos de problemas: primero, el agua se pierde, y segundo, el agua contaminada puede mezclarse con el subsuelo si las tuberías son de drenaje y tienen fuga. En la región sísmica, estas rupturas suceden con frecuencia. La primera y más importante solución a este problema es mantener el sistema de tuberías visible. De esta manera las tuberías pueden repararse sin levantar la superficie de las calles. Las nuevas tuberías deben ser hechas de materiales durables, como el acero de alta calidad, y pueden colocarse en soportes aledaños a las aceras (pintadas de azul), para evitar que vehículos pesados o movimientos telúricos las dañen. Estas nuevas instalaciones ayudarían además a la industria mexicana de la construcción y a la del acero.

2. Separación de aguas grises y negras

El sistema de drenaje se puede dividir en dos subsistemas: el que colecta el agua de lluvia, que es el que existe actualmente, y el sanitario hecho de tubería de acero inoxidable u otro material de alta durabilidad. La tubería sanitaria se debe localizar también en las aceras, 20 cm. por debajo de la tubería del agua potable. Esta tubería sanitaria (pintada de rojo) debería recibir solamente las conexiones de agua de las casas habitación, restaurantes, edificios de oficinas, escuelas, etc., que no contengan sustancias tóxicas. Las micro, mini y medianas industrias, los hospitales y edificios de salud deberán tratar sus aguas residuales *in situ* antes de enviarlas a la línea roja. Esta solución probablemente tomaría una generación para implementarse pero valdría la pena dado que la mayor parte de esta tubería nueva recibiría aguas residuales sin diluir por el agua de lluvia (reduciendo su caudal considerablemente).

El agua de lluvia, puede enviarse a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ya existentes para su tratamiento y reutilización para riego de áreas verdes y uso industrial. El drenaje se enviaría a PTAR más pequeñas ubicadas estratégicamente en cada "colonia" o grupo de colonias, dependiendo de la estructura geomorfológica y geográfica de las áreas. El agua tratada debería estar disponible para riego, y cualquier exceso, se enviaría al sistema pluvial..

Las unidades habitacionales y condominios, hospitales, industrias grandes, etc., pueden separar sus líneas de drenaje para agua de lluvia de techos, patios, estacionamientos, etc., para colectar el agua en cisternas y tanques y reutilizarla. Para este propósito, la normativa de construcción debe enfatizar las acciones obligatorias para arquitectos e ingenieros que separen el agua de lluvia de techos, estacionamientos y patios. Este agua debe recolectarse y usarse dentro de las áreas (en líneas de WC y para riego). El exceso, si hubiera, se iría a la línea municipal de agua de lluvia. La normativa de construcción debe incluir las tuberías de aguas negras (WC, cocinas, lavado de ropa) para que sean enviadas a la línea roja de drenaje, mientras que las aguas grises (lavabos, tinas y regaderas) deben enviarse a un sistema *in situ* de tratamiento y de allí al sistema de irrigación de jardines y reutilización en WC. Estas soluciones probablemente no puedan aplicarse a construcciones muy viejas, pero si todas las nuevas obras las siguen, conseguiremos ahorros de agua considerables en una generación.

3. Instalación de PTAR que consideran el beneficio colectivo

En Europa, las nuevas tendencias de construcción de PTAR apuestan por la instalación de mayor número de plantas pero más pequeñas, para evitar tuberías largas cuyo costo de mantenimiento es cada vez más elevado. En la Ciudad de México estas instalaciones reducirían los costos de mantenimiento de la red.

4. Separación de aguas residuales industriales y drenajes municipales y tratamiento *in situ*

Deberían existir normas para las empresas que les obligaran a separar las aguas residuales de tipo industrial de las aguas residuales procedentes de las instalaciones sanitarias. De esta manera, ambas podrían recibir un tratamiento específico. Las

primeras *in situ*, en instalaciones mucho más pequeñas, sencillas y menos costosas. Las aguas tratadas podrían usarse para WC y sistemas de enfriamiento. Esta solución, como las acciones de contingencias para el aire, tienen que estar respaldadas por reglamentaciones estrictas, ya que la mayoría de las empresas medianas, grandes y transnacionales poseen pozos de agua que no están realmente controlados por el gobierno. Lamentablemente, la mayoría de empresas carecen de políticas de cuidado del agua. Esas aguas residuales deben tratarse *in situ* para eliminar las sustancias tóxicas que pueden disminuir la eficiencia de las PTAR operadas por las instancias gubernamentales (cuando existen y están siendo operadas adecuadamente). De hecho, muchas de estas medidas son beneficiosas para las empresas en el largo plazo, dado que algunas de sus materias primas pueden recuperarse en estos sistemas o pueden cambiar sus procesos para que sean "más limpios" reduciendo sus costos de operación.

5. Reducción del bombeo de agua fuera de la cuenca: cambio de mentalidad y "rescate de los ríos de la Ciudad de México"

Actualmente, autoridades y ciudadanos no son conscientes de los beneficios de la separación de aguas residuales. En Alemania, la mayor parte de los ríos fueron rescatados después de la Segunda Guerra Mundial y ahora pueden disfrutarse todos los arroyos y ríos de las ciudades. Se debe llevar a cabo una política de rescate de los ríos de la cuenca de México. Actualmente, casi todos están convertidos en drenajes. Uno de los problemas es que la población de la cuenca de la Ciudad de México está formada mayoritariamente por "recién llegados" del resto del país y ven los ríos como "drenajes abiertos" –la actitud común en el resto de México. Generalmente, incluso los representantes de los ciudadanos (senadores, diputados y asambleístas) ven como un compromiso a cumplir la entubación de los ríos, convirtiéndolos en drenajes para enviar los residuos sin tratar a los estados vecinos, en vez de planear la forma de cambiar esto y convencer a los ciudadanos de que los ríos son la forma en que la naturaleza recolecta el agua de lluvia y la transporta. El uso inteligente de los ríos implica mantener el agua dentro de la cuenca, eliminando la necesidad de importar agua de fuera..

La única forma de cambiar esta forma "contaminante" de pensar es a través de la educación pública y de otras acciones específicas. Con este propósito, las autoridades y los ciudadanos deben trabajar juntos para evitar tirar basura en los cauces, conectar ilegalmente drenajes, etc. La educación pública a través de "spots" de radio y televisión debe dirigirse

- a que la basura no ha de depositarse en las barrancas, cauces o ríos. Las autoridades deben promover la separación de basura en vidrio, cartón, papel, plástico, latas de metal, todo esto libre de basura orgánica, y permitir el reciclado diario y composteo;
- a que los drenajes de las casas y negocios no se conecten a los ríos. Las autoridades deben verificar cuidadosamente que todas las salidas de drenaje estén conectadas a las líneas de drenaje (tuberías rojas) y que los techos y patios recolecten el agua de lluvia de manera separada para que, una vez tratada en las PTAR, pueda ser enviada a los ríos. Como se dijo arriba, esto es particularmente importante para las delegaciones Xochimilco, Tláhuac, Milpa Alta, Álvaro Obregón y Magdalena Contreras, donde las casas y negocios están contaminando los acuíferos y los ríos mediante el tirado de su basura y los drenajes sin control, y reduciendo las áreas boscosas con las construcciones irregulares;
- a que los ríos limpios son un factor importante para promover cambios positivos en el clima y la calidad del aire, especialmente si se siembran árboles a lo largo de las riberas y éstas están cubiertas de tezontle con bancas para los paseantes;
- a que los ríos limpios son una buena forma de recargar de manera natural los acuíferos.

Las consecuencias de este cambio de mentalidad –tanto de los ciudadanos como de las autoridades— serán la recuperación del ambiente de la Ciudad de México. Las aguas residuales tratadas y el agua de lluvia pueden combinarse en el sistema de drenaje actual, que solamente debe usarse para eso, enviándolas a los lagos que todavía sobreviven (Xochimilco y Texcoco).

Protección para la población ubicada en zonas de barrancas y lacustres

Con el apoyo gubernamental los habitantes de las zonas de Chalco y Xochimilco deben empezar a cambiar su hábitat, para seguir el concepto de Venecia del equilibrio acuático, solicitando el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y otras agencias internacionales. Las primeras acciones deberían incluir la suspensión de las construcciones a nivel del suelo. Habría que poner cimientos de dos o tres metros de alto y construir la parte habitada arriba, para que se permita, en caso de inundaciones que el agua de lluvia fluya por ellas sin causar daños. En las obras ya construidas pueden aprovecharse las actuales plantas bajas como cimientos. Las siguientes acciones deben encaminarse a conectar los drenajes de estas construcciones a las tuberías rojas y a construir PTAR locales. Tal vez en una o dos generaciones, estas cuencas secas serán nuevamente lagos y la gente podrá transportarse en "acales" (palabra de origen azteca que significa "canoa o "casa flotante"), como se hacía todavía a principios del siglo XX.

Beneficios de este cambio de mentalidad:

- Las condiciones atmosféricas y climáticas mejorarán considerablemente.
- El déficit de agua reducirá considerablemente, reduciendo también la importación de agua de los estados vecinos.
- La Ciudad de México será una urbe con un ambiente más "humano" para todos sus habitantes, con una atmósfera más limpia, con fuentes de agua más limpias, con calles más limpias y con canales de agua que la embellezcan y le den su fisonomía original.

Actividades de transporte

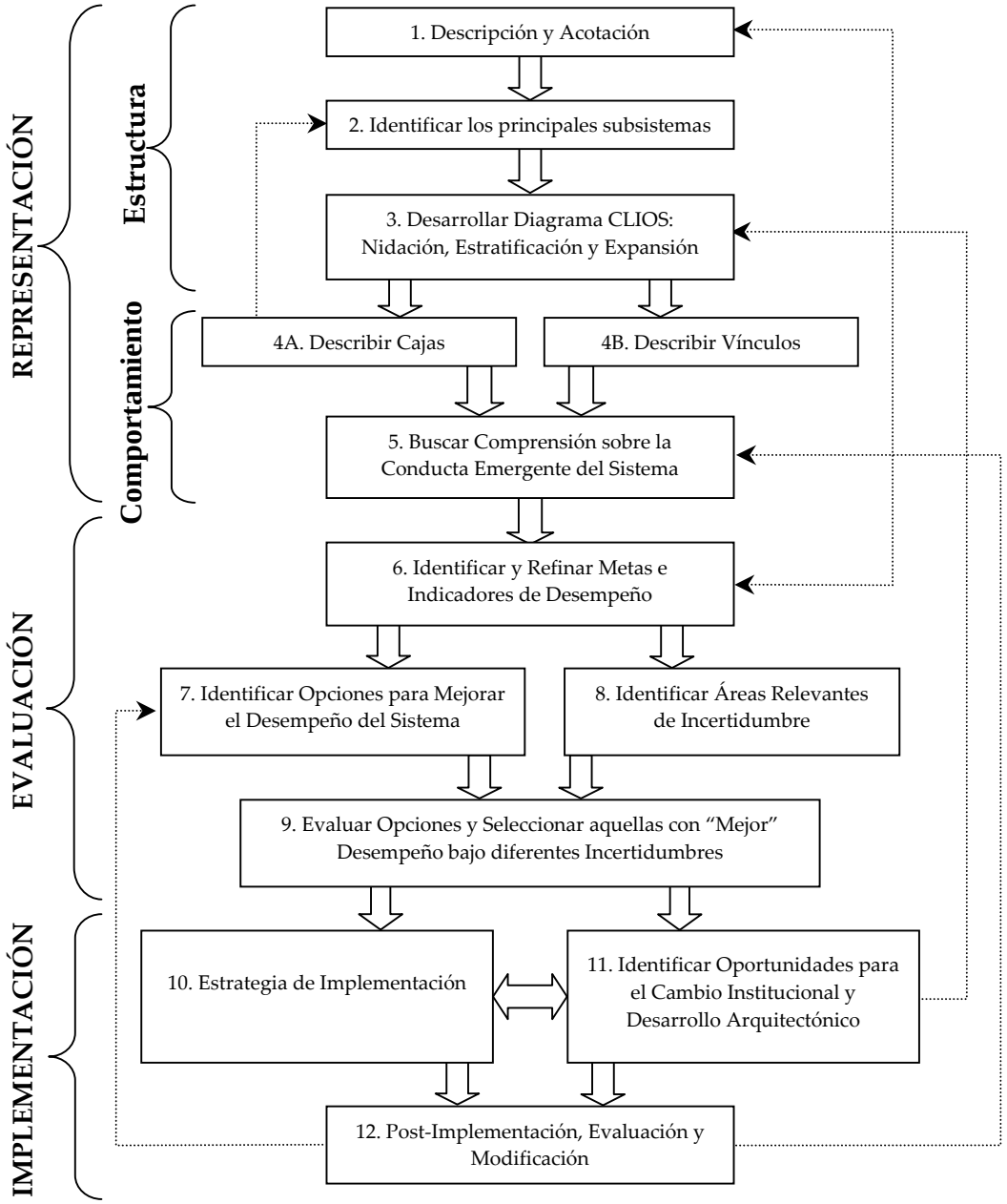
Viene de la Página 1

the Road-Based Public Transportation Sector in Megacities: The Case of the Mexico City Metropolitan Area (MCMA)", Tesis de Maestría, MIT, Junio 2003)

- Factores institucionales en el desarrollo del transporte/políticas de calidad del aire (Rebbeca Dodder y Joseph Sussman, "The Concept of a 'CLIOS Analysis': The Mexico City Case", *Proceedings of the MIT ESD Internal Symposium*, Cambridge, MA, Mayo 2002)

Todos estos enfoques tiene en cuenta la tríada *tecnología, sistemas e instituciones*, donde debemos considerar:

- Posibilidades tecnológicas (por ejemplo, catalizadores, sistemas de transporte inteligente para aliviar el tráfico).
- Cuestiones sistémicas, lo cual implica entender las relaciones entre diferentes sistemas sociales, especialmente el transporte, el ambiente y el desarrollo económico.
- Factores institucionales, la relación entre las agencias gubernamentales y las organizaciones del sector privado, y cómo deben aunar esfuerzos para generar un mejor sistema de calidad del aire en la ZMVM sin incurrir en recortes draconianos en la movilidad.



Hemos utilizado el concepto de "CLIOS" (sistema complejo, a gran escala, integrado y abierto) (ver Dodder y Sussman más arriba) para desarrollar una comprensión detallada de las interacciones entre los varios componentes del sistema Ciudad de México/Calidad del Aire, y como mecanismo para desarrollar estrategias que puedan conducir a mejoras sostenibles de la calidad del aire en el contexto de un aumento casi seguro del tráfico.

Los doce pasos del Análisis CLIOS que muestra el diagrama incluyen no sólo los complejos **sistemas físicos** del transporte, usos del suelo y medio ambiente, sino también el complejo **sistema institucional**, que comprende diversas agencias gubernamentales, instituciones privadas e intereses. Es muy difícil, si no imposible, implementar cambios positivos en los sistemas físicos, si antes no resolvemos muchos de los aspectos del sistema institucional.

Lo que parece claro, a partir de los estudios realizados, es que no hay una receta sencilla para solucionar los problemas de calidad del aire de la Ciudad de México. Por el contrario, la ciudad de debe trabajar en multitud de

aspectos para identificar estrategias costo-efectivas. En este momento estamos investigando las siguientes estrategias: i) beneficios del transporte *intermodal* de pasajeros; ii) examen de la capacidad de los Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) para aliviar el tráfico y como mecanismo para implementar una *tasa a la congestión*; iii) modelación detallada de la red para identificar 'puntos negros' de congestión y para calcular factores de emisión (considerando que el tráfico congestionado genera muchas más emisiones por distancia recorrida que cuando es fluido); iv) establecimiento de terminales de carga para que los grandes camiones diesel no tengan necesidad de entrar en la ciudad.

Nuestros resultados demuestran que respecto a las estrategias de carácter tecnológico, las mejoras de tipo gradual tendrán repercusiones bastante modestas a largo plazo, mientras que si apostamos por la mejor tecnología del momento, conseguiremos reducciones costo-efectivas de las emisiones. Nuestros resultados también subrayan la importancia de las estrategias de gestión de la oferta/demanda, que pueden llegar a ser relativamente baratas y aportar importantes beneficios en la reducción de emisiones.

Buscamos conseguir mejoras en la calidad del aire que puedan mantenerse durante el horizonte de 25 años de nuestro estudio – que no es cualquier hazaña si pensamos que prácticamente según todos los informes la demanda de transporte continuará creciendo en los próximos años, y quizás de manera sustancial. Debido a la gran incertidumbre que rodea la previsión de la demanda de transporte dentro de 25 años, hemos empleado una planeación de escenarios para pensar sistemáticamente en el contexto futuro. Creemos que el uso de escenarios o "historias futuras" es una herramienta más flexible para el desarrollo de estrategias a largo plazo, porque permite a los expertos y tomadores de decisiones considerar posibles alteraciones o desviaciones de la tendencia habitual. Al usar las tres historias futuras de la Ciudad de México –"Ciudad Dividida", "Clima Cambiante" y "Crecimiento Ilimitado" –podemos comprobar la solidez de las estrategias para diferentes situaciones futuras.

Además de utilizar el concepto de historias futuras, la construcción de escenarios puede servir como plataforma neutral para el diálogo acerca del futuro del transporte y la calidad del aire en la Ciudad de México. Dada la fragmentación institucional y la falta de una visión común sobre la metrópolis por parte de los actores sociales, la construcción de escenarios puede funcionar como itinerario para configurar dicha visión y alcanzar un consenso sobre cómo llegar hasta ella. Este tipo de diálogo basado en escenarios cuenta con precedentes en otros contextos mucho más etéreos, como la Sudáfrica post-apartheid o el tratamiento de la inestabilidad social en Colombia..

Somos conscientes que la Ciudad de México se enfrenta a un gigantesco problema en las áreas de transporte y calidad del aire. Sólo a través de un enfoque sistémico amplio, reconociendo las interacciones sutiles entre los diferentes factores –usos del suelo, actividad económica, tecnología, relaciones institucionales, etc.– tenemos la posibilidad de progresar en el largo plazo.

Planificación coordinada del transporte y los usos del suelo en países en desarrollo – El caso de la Ciudad de México

Michael Gilat, Joseph M. Sussman

Perspectivas para la planificación coordinada del transporte y los usos del suelo en los países en desarrollo

En Estados Unidos, desde hace décadas, los planificadores han intentado contener el crecimiento urbano descontrolado y sus efectos perjudiciales para la sociedad, la economía y el ambiente. Con este fin, se han venido desarrollando una serie de iniciativas, entre ellas, la revitalización de los centros urbanos, el establecimiento de límites al crecimiento de las ciudades, el Nuevo Urbanismo, el Crecimiento Inteligente y el Desarrollo Orientado al Transporte Público (DOTP). Todas estas políticas pretenden un uso más eficiente del suelo, reducir el número de viajes en automóvil, promover los viajes no-motorizados y aumentar el número de viajes en transporte colectivo.

Los tres principios fundamentales del DOTP son las "tres D": Densidad de residentes y de empleos alrededor de estaciones de transporte público, Diversidad de usos del suelo (residenciales, comerciales) alrededor de las estaciones, y Diseño, es decir, el uso de elementos de diseño que integren la estación con su entorno y la hagan más accesible a peatones y ciclistas.

El DOTP ha demostrado funcionar bajo las siguientes condiciones:

- Existencia de un sistema de transporte público que cubra gran parte de la ciudad;
- Existencia de organizaciones gubernamentales con poder para planificar y aplicar impuestos a escala metropolitana o regional;
- Incentivos para los desarrolladores urbanos;
- Lo más importante, la existencia de una economía local fuerte y un mercado inmobiliario desarrollado.

No está claro si el DOTP puede ser trasplantado a los países en desarrollo, donde muchos ciudadanos son pobres y carecen de automóviles. Las ciudades están creciendo rápidamente, y muchos de los más pobres viven en la periferia, en donde dependen de sistemas de transporte público informal, que son caros y de baja capacidad. Esto les hace gastar una mayor proporción de sus ingresos en transporte, disminuyendo sus oportunidades económicas. Los usos de suelo mixto, incluyendo departamentos, comercio formal e informal, e industria liviana, aún prevalecen en el centro de las ciudades.

Pero estas condiciones también pueden ofrecer oportunidades para la aplicación del DOTP y para otros métodos de planificación coordinada del transporte y los usos del suelo.

Michael Gilat fue ayudante de investigación en el Programa Integral de Contaminación Urbana, Regional y Global del Aire. Joseph Sussman es Profesor de Ingeniería Civil y Ambiental de MIT.

Con la planificación e inversión adecuadas, la forma de estas ciudades en crecimiento acelerado puede ser diseñada para orientarse al transporte público. Esto puede frenar el aumento de la tasa de motorización y el crecimiento descontrolado de las ciudades, y mitigar sus efectos negativos. De este modo, el transporte público y los modos no-motorizados podrán mantener participaciones modales relativamente altas, aún cuando los ingresos per capita aumenten. El DOTP puede también traer beneficios socioeconómicos y ambientales, concentrando la población a lo largo de corredores, servidos por sistemas de transporte de alta capacidad, que tienen menores costos y emisiones por asiento y cobran tarifas más bajas..

Algunas veces es posible implementar el DOTP sobre una parte significativa del sistema de transporte público (a medida que se va construyendo). Esto puede aumentar el atractivo del sistema de transporte público, dado que aumentan el número de orígenes y destinos a los que se puede acceder con un viaje combinado de transporte público y caminata. La combinación de usos del suelo mixtos y densos alrededor de las estaciones y de estaciones con entornos atractivos para los peatones crean zonas cuyos residentes gozan de fácil acceso a muchos destinos.

A pesar de lo auspicioso de estas oportunidades, existen serias barreras al DOTP en los países en desarrollo, la mayoría de las cuales son institucionales. Las instituciones responsables de la planificación están menos desarrolladas que sus homólogas de los países desarrollados, y a menudo no disponen de los fondos necesarios para recolectar la información imprescindible para tomar decisiones. La planificación interdisciplinaria y la metropolitana suelen estar subdesarrolladas. La corrupción acostumbra a ser un problema. Donde existen códigos de zonificación, la fiscalización suele ser débil o inexistente. Otra barrera importante es el alto costo del DOTP. Muchas ciudades invierten grandes sumas de dinero en una línea de metro que al final no consigue atraer a muchos pasajeros, porque no ofrece suficientes destinos y, por tanto, no sirve a suficiente cantidad de viajeros. Sin embargo, tecnologías de menor costo como los carriles de uso exclusivo para autobuses, permiten a las ciudades de países en desarrollo construir sistemas amplios de transporte a un precio más asequible.

Perspectivas para la planificación coordinada del transporte y los usos del suelo en la ZMVM

La altitud, localización, patrón de usos del suelo y la creciente tasa de motorización se han combinado para crear un grave problema de contaminación del aire en la Ciudad de México. No obstante, este problema podría ser mitigado con una planificación coordinada del transporte y los usos del suelo, basada en un uso más intensivo del Metro.

El sistema de Metro de la Ciudad de México es uno de los más extensos y con los menores costos de operación entre los grandes metros del mundo. Transporta 4,5 millones de pasajeros al día, y casi 1 millón de usuarios diarios en sus líneas más cargadas. Sin embargo, no cubre adecuadamente el Estado de México (EM), donde vive casi la mitad de la población de la ZMVM. Casi todas las líneas terminan en el límite entre el DF y el EM, y las estaciones terminales son las de mayor movimiento del sistema. Muchos pasajeros hacen transbordo en esas estaciones desde los colectivos. La expansión del Metro puede reducir el uso de los colectivos y por tanto sus emisiones, y a la vez reducir los gastos de transporte de las personas de bajos ingresos que viven en la periferia de la ciudad. El centro es aún el principal destino de los viajes, y las líneas de Metro con más pasajeros son aquellas que lo atraviesan. Sin embargo, debido a los desacuerdos entre el DF y el EM respecto al financiamiento de las expansiones del Metro, la próxima fase de expansión ocurrirá exclusivamente en el DF, a pesar de los convincentes argumentos de que es en el EM donde las extensiones son más necesarias. La recientemente abierta línea B, la cual entra en el EM, ha tenido resultados favorables, y ha eliminado algunos viajes en colectivos.

Otro problema serio es que el Metro es usado casi exclusivamente por los pobres. La mayoría de las personas de ingresos medios y altos lo consideran peligroso y demasiado lleno. A pesar de que las personas con bajos ingresos son mayoría, el hecho de que las otras personas eviten el Metro hace que exista poca disponibilidad política para invertir en él. El gobierno prefiere invertir en nuevas autopistas que sirven a los intereses de los automovilistas. A pesar de la existencia de un ambicioso Plan Maestro para el Metro y los trenes ligeros, no parece probable que el plan se termine, según lo programado, en el 2020.

La Ciudad de México cumple muchos de los requisitos para la ejecución del DOTP. Está densamente poblada, con 11.587 h/km^2, y de manera sorprendentemente uniforme en toda las áreas habitadas. El centro de la ciudad comprende usos de suelo mixto. De hecho, el comercio informal que existe en muchas estaciones del Metro ofrece muchos de los beneficios del uso de suelo mixto, dado que los pobres, que son la mayoría de los usuarios del Metro, pueden aprovechar para hacer sus compras al ir o volver de trabajar. A pesar de que el diseño urbano alrededor de las estaciones no está muy desarrollado, la mayoría de las estaciones son de fácil acceso desde los barrios aledaños.

La ZMVM tiene parte de la estructura institucional necesaria para apoyar una planificación coordinada del transporte y los usos del suelo. Las zonificaciones están a cargo de las delegaciones, mientras que el gobierno del DF recolecta los impuestos prediales y puede vetar decisiones de zonificación. Esto le facilita las cosas al gobierno del DF, que puede impulsar una política para toda la ciudad para la planificación coordinada del transporte y los usos del suelo. Si las delegaciones tuvieran el poder de recolectar los impuestos prediales, éstas competirían entre si buscando su propio interés (por ejemplo, atrayendo enormes edificios de oficinas y residencias de alto valor) en detrimento del interés del resto de la ciudad en cuestiones de movilidad, accesibilidad, equidad y medio ambiente.

La ZMVM sufre de una insuficiente planificación interdisciplinar. Las decisiones de localización de viviendas de interés social, escuelas, hospitales, etc., se toman sin considerar su accesibilidad a través del transporte colectivo. Las tendencias de desarrollo urbano en la ZMVM enfatizan la necesidad de coordinación entre los planificadores del transporte y los de los usos de suelo, así como entre los del DF y del EM. El

crecimiento urbano reciente en la ZMVM se ha concentrado en el EM y en las delegaciones exteriores del DF, mientras que la industria pesada se ha movido fuera del ZMVM hacia otras partes del país. Centros comerciales y parques empresariales de estilo estadounidense han sido construidos en las zonas de mayores ingresos del oeste de la ciudad, sin una adecuada conexión al transporte público. El ambicioso plan de transporte del EM incluye carreteras interurbanas que no entrarán al DF. Estas carreteras tendrán un profundo impacto sobre la forma de la ZMVM, y pueden conducir a un crecimiento descontrolado, lo que produciría un aumento en el número de viajes en colectivos y automóviles, y disminuiría la efectividad de la red de Metro. La coordinación de las planificaciones de transporte y de usos de suelo a escala metropolitana es el factor clave para mantener el control sobre la forma urbana de la ZMVM.

El gobierno del DF recientemente ha impuesto limitaciones al desarrollo urbano en todas las áreas excepto en sus cuatro delegaciones centrales. Sin embargo, esto ha provocado que el desarrollo ocurra al otro lado del límite con el EM, donde ninguna de estas restricciones existe. Esto demuestra la necesidad de planificar a escala metropolitana. Una agencia metropolitana de planificación con más poderes podría controlar la forma urbana del área metropolitana, y facilitar la oferta de transporte público de alta capacidad, así como tener en cuenta los intereses económicos del DF y del EM.

El Metro puede servir como base para el esfuerzo de redensificación del centro de la ciudad, que ha sufrido una merma constante de población, y de esta forma evitar la dispersión urbana. Hay oportunidades para un DOTP a lo largo de la línea de tren suburbano que se ha propuesto para el noroeste de la ciudad. El tren suburbano correrá a lo largo de una serie de áreas industriales hoy en decadencia y cerca de barrios de clase media. Esta línea ofrece la oportunidad de crear un corredor de transporte público a lo largo del cual las personas puedan vivir y trabajar, centrado en torno a un sistema de transporte público que la gente de clase media probablemente esté dispuesta a usar. Este corredor tendría las altas densidades, usos mixtos y elementos de diseño urbano típicos del DOTP. Ya se está considerando el desarrollo urbano alrededor de la estación Buenavista en el DF, el cual puede expandirse hacia el resto de la línea, y planificarse de tal manera que se integre en este nuevo sistema de transporte público.

Las distintas opciones requieren diferentes niveles de esfuerzo y compromiso institucional. Pueden tener un impacto sólo local si los gobiernos municipales de la ZMVM no se implican, pero pueden llegar a tener un efecto mayor si los gobiernos se involucran:

- Si los gobiernos se comprometen a construir viviendas sociales y localizarlas cerca de estaciones de Metro, tren ligero o tren suburbano, esto producirá un aumento en el número de usuarios del transporte público. Si las viviendas se ubican próximas a las líneas subutilizadas del Metro, podría aumentarse el número de usuarios de esas líneas, y quizás ayudar a aliviar las líneas más saturadas.
- El redesarrollo del centro ya está ocurriendo, aunque todavía se limita a edificios de oficinas y hoteles. La implicación del gobierno a través de la financiación de viviendas de interés social y de incentivos para el uso mixto del suelo puede hacer que este redesarrollo frene su despoblamiento.
- Probablemente se construirá a lo largo de la línea del tren suburbano, por ejemplo, en el terminal Buenavista. Sin embargo, la coordinación metropolitana a través de un plan conjunto DF-EM para el corredor suburbano del tren puede aumentar las posibilidades de desarrollo de un corredor de alta densidad, uso mixto y orientado al transporte público a lo largo de la alineación del tren..
- La incorporación al Plan Maestro de Desarrollo del Metro de un estudio de las oportunidades inmobiliarias alrededor de las estaciones, junto con una promoción de éstas para un DOTP, puede aumentar la probabilidad de que éstas se concreten, generando ingresos extras para STC (la empresa pública que opera el Metro) y reduciendo así su dependencia de los subsidios del gobierno del DF.

Si más personas se concentran alrededor de las estaciones de Metro gracias a la expansión de éste y de una política de localización de viviendas y otros tipos de desarrollo, los efectos sobre la equidad y la calidad ambiental serán considerables. Las personas que tienen la opción de usar el Metro directamente, sin tener que usar un colectivo para llegar a la estación, tienen unos costos de transporte mucho menores. Además, no se ven afectados por el tráfico, y pueden llegar a sus destinos rápida y predeciblemente, lo que puede aumentar sus oportunidades de empleo. En resumen, el DOTP puede aumentar el nivel de equidad en los países en desarrollo. El extenso sistema de Metro de la Ciudad de México la convierte en una buena candidata para poner en práctica este concepto.

La forma urbana ideal creada a partir de la coordinación y la planificación preservaría la importancia del centro de la ciudad y canalizaría el desarrollo en corredores servidos por el Metro, tren ligero o tren suburbano, para una máxima accesibilidad de las personas de todos los niveles de ingreso.

En el área ambiental, el DOTP puede reducir significativamente las emisiones de los colectivos, a través de una disminución o acortamiento de sus viajes. Sin embargo, el efecto más significativo es indirecto y de largo plazo: la creación de una forma urbana orientada al transporte público, donde las personas continuarán usando transporte público aún cuando les sea posible comprar un automóvil, y por tanto, evitando el aumento de la contaminación que viene aparejado con el aumento de la motorización. Como parte de una política de viviendas sociales orientadas al transporte público, la ciudad puede incluir limitaciones a la oferta de estacionamientos antes de que los residentes tengan ingresos suficientes como para comprar un automóvil, y de esta forma evitar las reacciones políticas que este tipo de medidas suele generar.

El DOTP es, por supuesto, una política de largo plazo y por tanto no se pueden esperar resultados inmediatos, pero una serie de cambios en la cultura de planificación de la ZMVM podrían dar lugar a una forma urbana orientada al transporte colectivo, que sería social y ambientalmente más sostenible. La clave está en considerar el uso del suelo y el transporte como un sistema coordinado.

Pluma de acetato

Viene de la Página 1

Detección de COVs por PTR-MS

La técnica de PTR-MS fue desarrollada por Werner Lindinger y sus colaboradores en la universidad de Innsbruck a mediados de la década de los 90. Es una técnica de ionización química de alta sensibilidad que rápidamente identifica compuestos orgánicos con afinidades de protón mayores que las del vapor de agua y es principalmente utilizada para medir compuestos no saturados (aromáticos y alquenos), oxigenados (alcoholes, aldehidos, cetonas, ácidos orgánicos), y aminas. Recientemente, instrumentos comerciales de alta calidad están siendo producidos por una compañía fundada por Lindinger y sus colaboradores, y la técnica ha sido adoptada en una variedad de aplicaciones de química atmosférica, procesos de muestreo y análisis médicos de respiración. Un primer PTR-MS se utilizó a bordo del laboratorio móvil de Aerodyne Research, Inc. (ARI) por Berk Knighton de Montana State University (MSU) durante la campaña de exploración en febrero de 2002 (ver Vol. 2 del núm. Otoño de 2002), y suministró mediciones de alta resolución temporal de acetaldehido y una variedad de compuestos aromáticos en varios lugares. Para la campaña de la primavera de 2002, Knighton y John Jayne de ARI mejoraron el PTR-MS de la MSU con bombas termomoleculares y un sistema mejorado de muestreo rápido de flujo de manera que pudiera realizar mediciones de respuesta rápida tanto en el tiempo en que el laboratorio estuviera en movimiento como para mediciones estacionarias. Más aún, un segundo PTR-MS fue instalado en el techo del supersitio CENICA por Tom Johnson y Mike Alexander de Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) del Departamento de Energía. Este último instrumento suministró mediciones casi continuas de alta resolución temporal para un rango de aldehidos, aromáticos y alcoholes de COVs y también se pudo poner en interface con el sistema de mediciones de flujo turbulento instalado en la torre del techo de CENICA por Brian Lamb y algunos colaboradores de Washington State University (WSU).

Tanto el MSU PTR-MS operado a bordo del laboratorio móvil como el instrumento de la PNNL detectaron esporádicamente dos señales nuevas en el PTR-MS durante la primera parte de la campaña de primavera. Después de algún trabajo detectivesco, las señales fueron atribuidas a un éster, el acetato de etilo ($CH_3C(O)OC_2H_5$). Los ésteres son compuestos formados por la combinación de un ácido orgánico y un alcohol con la eliminación de una molécula de agua. El acetato de etilo no es tóxico; de hecho, como muchos ésteres, tiene un sabor y aroma a frutas y es usado como agente saborizante en productos farmacéuticos. Sin embargo, su uso industrial principal es como solvente en un amplio rango de procesos de manufactura que utilizan polímeros. Cuando es emitido a la atmósfera, reacciona relativamente rápido con el radical OH, produciendo ácido acético y el radical CH_3CO que es altamente reactivo, contribuyendo así a la formación de smog fotoquímico.

Mapeo de la pluma del Acetato de Etilo

Intrigados por la inesperada señal, se utilizó el MSU PTR-MS en el laboratorio móvil de ARI en modo de mapeo para localizar su fuente de emisión. Los datos del mapeo de la pluma se muestran en la Fig. 1, donde las coordenadas del laboratorio móvil fueron obtenidas con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y son graficadas en una sección de Iztapalapa en escala logarítmica donde los colores brillantes representan concentraciones altas del acetato de etilo. La fuente de emisión fue localizada en un grupo de edificios industriales. Investigaciones subsecuentes del Gobierno del Distrito Federal (GDF) identificaron dos industrias manufactureras de plásticos que podrían ser las fuentes de emisión.

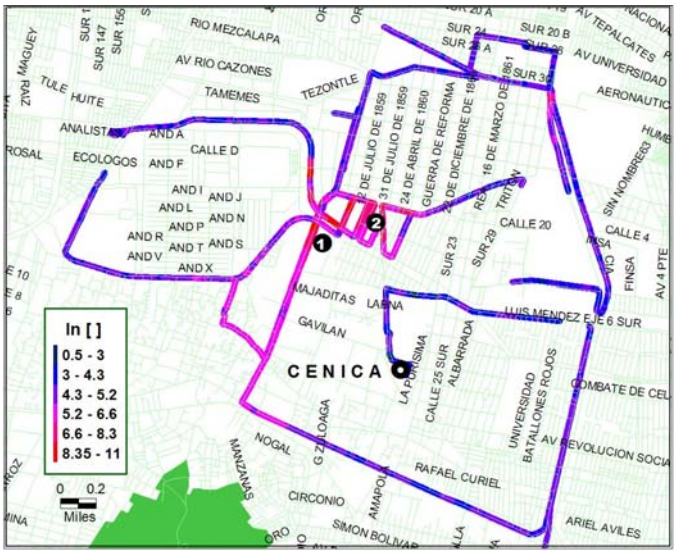


Fig. 1. Trayectoria de la pluma del acetato de etilo del PTR-MS de MSU. Mapa del Laboratorio Móvil de ARI

Modelación de las Plumas de Acetato de Etilo

Conociendo la localización de la pluma y las condiciones meteorológicas, los datos del acetato de etilo tomados por el PTR-MS de PNNL en CENICA se pueden utilizar para estimar la magnitud del flujo de emisión. Para calcular la tasa de emisión del acetato de etilo emitido por la fuente identificada, Erick Velasco, Brian Lamb y Hal Westberg de WSU utilizaron un modelo de pluma simple para calcular la magnitud a partir de la relación entre las concentraciones observadas y las pronosticadas. El sistema de modelación comprende el modelo de diagnóstico de campos de vientos CALMET y el de dispersión gausiana CALPUFF. Los datos meteorológicos de entrada fueron obtenidos con un anemómetro sónico y un sensor de temperatura y humedad relativa instalado en lo alto de la torre de WSU, a 37 m sobre el nivel del suelo en el sitio de CENICA. Se obtuvieron perfiles verticales con 3 radiosondeos diarios (00:00, 12:00 y 18:00 h). Los campos de vientos fueron obtenidos a partir de observaciones meteorológicas superficiales y de altura y con el modelo de diagnóstico CALMETv5.22.

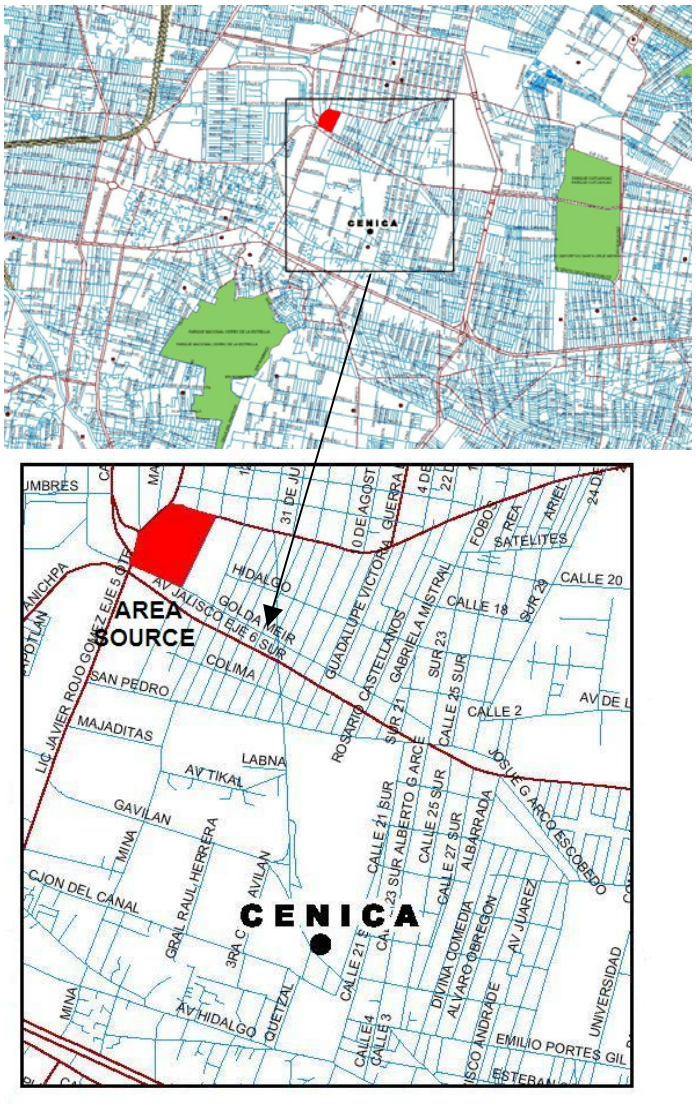


Fig. 2. Región modelada de 50 × 50 celdas (50 m x 50 m). El área roja representa la fuente emisora de acetato de etilo, y el punto negro indica el sitio de CENICA.

El dominio de modelación se definió como una malla de 50 celdas en ambas direcciones *X* e *Y*, con un espaciamiento de 50 m (Fig. 2). Se utilizaron nueve capas verticales con el siguiente espaciamiento: 20, 40, 80, 160, 320, 1000, 1500, 2200, y 3000 m. El dominio entero se consideró suelo urbano y terreno plano a 2240 m sobre el nivel del mar. La simulación de la dispersión se realizó con CALPUFF v5.511. El acetato de etilo se modeló como un gas trazador, asumiendo que no tiene reacciones químicas y no tiene deposición, con una magnitud arbitraria de emisión de 10 g m^{-2} s^{-1} para la fuente de área representada en rojo.

Las Figuras 3 y 4 muestran los mapas de concentración promedio de 6 horas, y la Figura 5 muestra la serie temporal de concentraciones promedio horarias en CENICA. Estos resultados muestran que la pluma alcanzó CENICA solamente por las mañanas entre las 6:00 y las 12:00 h. Utilizando la razón arbitraria de emisión, la concentración promedio horaria máxima pronosticada alcanzó un valor por encima de los 90 mg m^{-3} el primer día, y hasta 72 mg m^{-3} el segundo. En términos de las concentraciones normalizadas (C/Q), estos valores corresponden a 0.009 s m^{-1} y 0.0072 s m^{-1}. La dispersión de la pluma depende principalmente de la velocidad y dirección observadas del viento; comparando las Figuras 3 y 6 se muestra que la pluma solamente alcanzó el sitio receptor cuando la velocidad del viento fue menor de 2 m s^{-1}, aunque la dirección del viento de superficie no estaba alineada exactamente a lo largo de la línea fuente-receptor. Esto puede ser debido a la influencia de las observaciones de altura en los campos de viento interpolados con CALMET. Las concentraciones máximas coinciden con el inicio del mezclado térmico, pocas horas después del amanecer. Aunque las direcciones del viento norte y noroeste en superficie fueron principalmente observadas entre las 12:00 y las 18:00 h, la pluma no alcanzó el sitio receptor, probablemente porque las condiciones de viento en altura eran diferentes a las de superficie. Hay que señalar que las observaciones de altura no fueron obtenidas en el sitio de CENICA sino en otro sitio dentro de la cuenca.

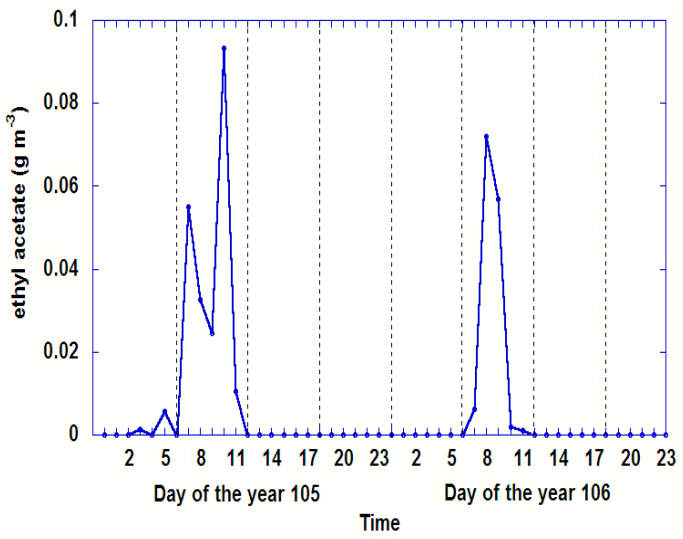


Fig. 5 Concentraciones de acetato de etilo modeladas en CENICA durante el 15-16 de abril de 2003

Del 15 al 16 de abril, período correspondiente con el de simulación en el sistema CALMET/CALPUFF, las observaciones de acetato de etilo con el PTR-MS operado en el techo de CENICA estuvieron disponibles sólo para parte de cada día. El 16 de abril las concentraciones máximas fueron de aprox. 36 µg/m3. Si esta observación se usa con la concentración máxima simulada (aprox. 70000 µg/m3) y una emisión de 1 g/s, una estimación inicial del flujo de emisión correspondería a 1.8 g/hr. Esto es sólo un ejemplo de como las aplicaciones de modelación pueden utilizar concentraciones observadas con alta resolución temporal para estimar la magnitud de los flujos de emisión cercanos a esas fuentes. Se necesita trabajar más en la mejora del análisis del modelo para aplicarlo a éste y otros casos cuando tengamos una prueba sólida de la pluma de acetato de etilo en CENICA.

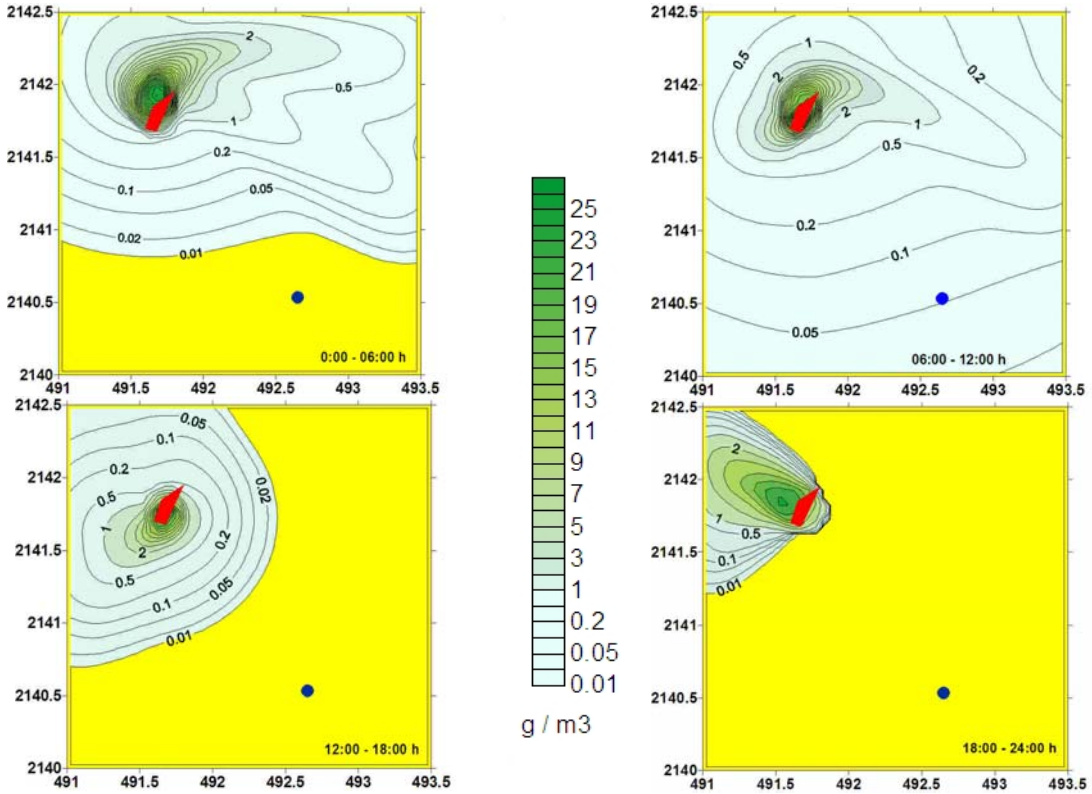


Fig 3. Concentraciones promedio de 6 horas de acetato de etilo emitido el 15 de abril de 2003. El area roja indica la fuente y el punto azul señala el sitio de CENICA.

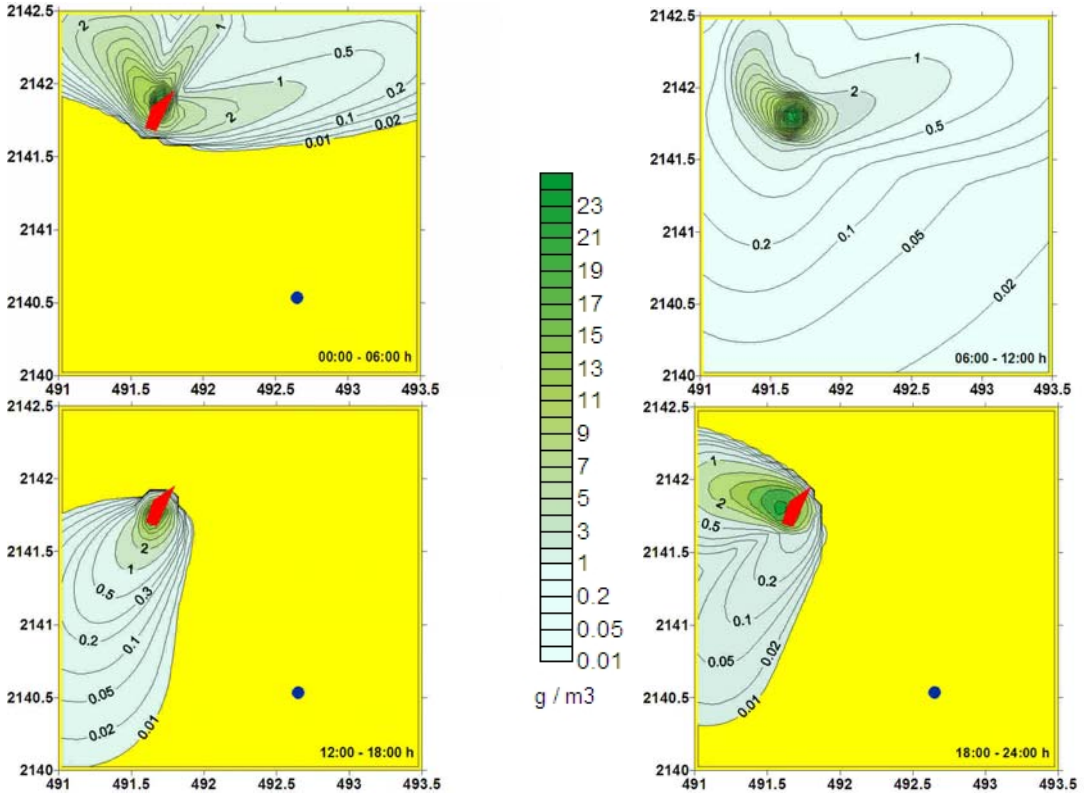


Fig 4. Concentraciones promedio de 6 horas de acetato de etilo emitido el 16 de abril de 2003. El area roja indica la fuente y el punto azul señala el sitio de CENICA.

Participación pública en Evaluaciones de Impacto Ambiental en México: examen de prácticas recientes

Dong-young Kim, Javier Warman y Lawrence Susskind

Hoy en día, prácticamente cualquier iniciativa política de carácter ambiental reconoce la importancia de la participación pública. Los expertos de países en desarrollo que están a punto de emprender evaluaciones integradas de varias clases necesitan saber qué métodos de participación pueden llegar a funcionar dependiendo del contexto político e institucional.

Las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) son análogas en algunos aspectos a las evaluaciones integradas (EI), aunque a menudo no tan amplias ni complejas. En primer lugar, ambas evaluaciones se usan como instrumentos para ayudar a los responsables de toma de decisiones a decidir sobre proyectos o aprobación de políticas, ofreciéndoles información técnica sobre las consecuencias probables de itinerarios de acción alternativos y la previsible eficacia de las estrategias de mitigación. En segundo lugar, ambas evaluaciones son preparadas mayormente por profesionales o expertos. Por último, ambas evaluaciones requieren la participación o consulta con determinados actores sociales o segmentos de la ciudadanía.

Un equipo de investigación dirigido por el Profesor Larry Susskind y Dong-Young Kim se ha dedicado a examinar el modelo actual de participación pública en evaluaciones de impacto ambiental en México y a extraer conclusiones para la primera evaluación de impacto ambiental importante (de Opciones de Gestión de la Calidad del Aire) que está siendo preparada por profesorado y personal de MIT para la región de la Ciudad de México. Este grupo de investigación se ha centrado en EIA relacionadas con la construcción de vialidades en el área de la Ciudad de México, ya que las decisiones sobre la construcción de autopistas afectan la gestión de la calidad del aire a escala regional.

EIA en México

Los tres casos de construcción de carreteras alrededor de la Ciudad de México son (1) Vialidad de Segundo Piso; (2) Barranca del Negro; y (3) Querétaro. Se recogió toda la información disponible sobre EIA relacionadas con la construcción de vialidades que contaron con participación pública en la región de la Ciudad de México desde 1996 (cuando las previsiones para la participación pública quedaron establecidas en la enmienda de LGEEPA). Se propusieron tres tipos de participación: 1) participación en las evaluaciones de expertos “anteriores a los hechos”, 2) participación en exámenes públicos de Declaraciones de Impacto Ambiental elaboradas por asesores, 3) participación fuera del proceso de EIA mediante litigación o manifestaciones. Para cada tipo de participación, se analizaron documentos relacionados con EIA, comentarios surgidos a raíz del proceso de consulta, resoluciones y artículos de prensa. También se llevaron a cabo entrevistas con personas clave como 1) representantes del Gobierno, 2) abogados ambientales, 3) ONGs, 4) Académicos, 5) Empresas consultoras y 6) Constructores (incluyendo Agencias de Transporte)

Participación pública en Evaluaciones de Impacto Ambiental de México para la construcción de vialidades: resultados

1. No hubo consulta pública durante la evaluación de impacto ambiental

Los tres casos demostraron que los expertos y profesionales no realizaron ninguna o casi ninguna consulta pública mientras preparaban los informes de evaluación. En consecuencia, la participación pública tuvo lugar demasiado tarde en el proceso de toma de decisiones para poder influir en la selección de alternativas o variables clave del proyecto, tales como tecnología, tamaño o localización.

2. No hubo un análisis científico riguroso y la consideración de los impactos fue limitada.

En general, las EIA relacionadas con la construcción de carreteras se fijan en los efectos sobre el medio ambiente local y las posibles medidas de mitigación de sus impactos negativos. Se deben tener en cuenta los efectos perjudiciales durante tanto la construcción como el funcionamiento de la infraestructura. Los impactos más probables de la construcción de una vialidad se relacionan con la calidad del aire, el nivel de ruido, y la calidad del agua. En los tres casos estudiados, las evaluaciones de impacto ambiental apenas mencionan ninguno de estos impactos. La principal fuente de contaminación cuando la vialidad empieza a usarse son las emisiones de los automóviles. Por tanto, estas tres evaluaciones deberían haber incluido pronósticos de tráfico, modelación de dispersión del aire, inventarios de emisiones, etc. Sin embargo, toda esta información no se incluyó.

3. Litigar en lugar de participar es la opción preferida por los que se oponen a un determinado proyecto.

Dos de los tres casos estudiados demuestran que los activistas mexicanos saben cómo usar los tribunales para expresar su oposición a la construcción de infraestructuras del gobierno. Esto también es cierto para muchos otros proyectos inmobiliarios polémicos. Con la ayuda de abogados ambientales y ONGs, grupos organizados de ciudadanos denunciaron a los defensores del proyecto tanto incluso antes de que el proceso de EIA se iniciara (Caso 2) como después de que finalizara (Caso 1). Hay una tendencia a usar la litigación en lugar de emplear las oportunidades de participación que ofrece la ley de EIA para expresar desacuerdo. Cuando no hay consenso sobre los impactos potenciales probables de un proyecto entre los

Dong-young Kim es estudiante de Doctorado en el Departamento de Estudios Urbanos y Planeación y ayudante de investigación en el Programa Integral de Contaminación Urbana, Regional y Global del Aire en MIT. Javier Warman fue científico invitado en MIT. Lawrence Susskind es Profesor de Estudios Urbanos y Planeación en MIT.

profesionales del gobierno y el público, en general el proyecto propuesto se convierte en un asunto politizado. Cuando esto ocurre, por lo general se recurre a una solución política como la convocatoria de un referendum (Caso 1).

4. Tanto el gobierno como los ciudadanos tienden a concentrarse en características de procedimiento, más que en cuestiones de contenido.

En el litigio mencionado, los grupos de ciudadanos denunciaron la inadecuada gestión del proceso de EIA por parte del gobierno. Por ejemplo, argumentaron que las agencias implicadas no respondieron a los comentarios del público y que no anunciaron con la debida antelación la audiencia pública. En el caso 1, cuando las agencias gubernamentales respondieron brevemente a algunos de los comentarios recibidos en dicha audiencia, lo hicieron restando importancia a los comentarios y señalando que estaban fuera del ámbito de actuación del proceso de EIA. De esta manera, las personas que querían expresar sus razonamientos en contra del proyecto propuesto, pero no consiguieron hacerlo de manera correcta, no tuvieron otra opción que recurrir a la acción legal para denunciar lo que ellos consideraban faltas de procedimiento. En cualquier caso, los comentarios de los ciudadanos apenas influyeron en el diseño de la evaluación de impacto ambiental definitivo o de las decisiones subsecuentes del gobierno.

5. El gobierno no parece especialmente receptivo a los comentarios surgidos en la consulta pública.

En el proceso de consulta pública para la construcción del segundo piso, se registraron 194 comentarios. Estos comentarios no provocaron ningún tipo de evaluación adicional. Muchos de los 194 comentarios reflejaban la magnitud de la polémica que rodeaba el proyecto. Sin embargo, sólo se obtuvieron 15 respuestas por parte del gobierno. Por consiguiente, la evaluación de impacto ambiental final apenas mejoró ni se benefició de las opiniones de los ciudadanos.

Análisis de causas

El grupo de investigación ha identificado lo que cree que son las tres causas del fracaso en el uso de la EIA y, en concreto, de la participación pública que esta evaluación requiere:

1. La actitud de los ciudadanos hacia la construcción de vialidades en México

Se supuso que el nivel de interés y el estilo de participación pública en las EIA variaría según los tipos de decisiones. La construcción de carreteras puede verse como un asunto principalmente técnico que mejor se deja a los profesionales de la ingeniería. Sin embargo, en otras partes del mundo, a medida que se gana experiencia con las EIA, se está empezando a considerar que las EIA relacionadas con el tráfico y la construcción de vialidades representan una buena oportunidad para celebrar un amplio debate político sobre los objetivos del desarrollo económico, la distribución de los recursos públicos y la importancia de fomentar la sustentabilidad. En otras palabras, los tomadores de decisiones pueden calcular cuáles son los impactos probables de un proyecto de construcción, pero es probable que los actores sociales y el público en general estén más interesados en un análisis más amplio.

2. Supuestos incorrectos sobre la participación pública y desconfianza hacia los otros actores

Una de las posibles razones de la falta de participación pública en los procesos de EIA es la desconfianza por parte de los ciudadanos en la seriedad del compromiso del gobierno de tener en cuenta sus preocupaciones. En el Caso 1, se contactó con los ciudadanos, se les pidió que hicieran comentarios sobre la evaluación de impacto ambiental, pero sus opiniones no influyeron en absoluto en las decisiones que se tomaron. Lo que dedujeron los ciudadanos es que el gobierno ya tenía decidido lo que pensaba hacer (y era cierto). Por consiguiente, los ciudadanos tendieron a rechazar la oferta de participación del gobierno interpretándola como una forma de cooptación por parte de éste. En lugar de participar, emprendieron la acción legal. Por otro lado, las agencias gubernamentales a menudo perciben la participación pública como un instrumento para bloquear los proyectos, en lugar de como un medio de creación constructiva de iniciativas. Desde el punto de vista de los constructores, el proceso de EIA también significa más trabajo administrativo y más tiempo dedicado a relacionarse con las agencias gubernamentales. Los defensores de los proyectos pueden intentar despachar rápidamente los requisitos de participación pública para evitar retrasos. En tales casos, la implicación de los ciudadanos de hecho se convierte en un medio para paralizar proyectos o para forzar una consideración más atenta de las medidas de mitigación. Una respuesta habitual entre los profesionales de las EIA es “si el público supiera lo que nosotros sabemos, estarían de acuerdo con nosotros; ¿cómo podemos convencerles de que lo que estamos haciendo es lo correcto?”. Una respuesta que asume que los profesionales están perfectamente informados y están más capacitados que los ciudadanos para tomar decisiones adecuadas.

3. Poca experiencia con medidas de participación

No fue hasta 1996, cuando la LGEEPA fue modificada, que las previsiones de participación pública se incluyeron en el proceso de EIA. La falta de iniciativas de éxito en que la participación del público ha mejorado la calidad de las decisiones ambientales hace que las agencias gubernamentales no estén muy convencidas de la necesidad de identificar los actores sociales clave, y se muestren inseguras sobre cómo implicar a los ciudadanos en el proceso de EIA. De la misma manera, los ciudadanos no han experimentado nunca lo que es una participación real y en consecuencia no se preocupan de aprender más sobre esta forma de expresar sus opiniones.

Consecuencias para los expertos en evaluaciones integradas (EI) que trabajan en México

Según el análisis anterior, podemos ofrecer las siguientes recomendaciones a los profesionales que vayan a realizar evaluaciones integradas sobre gestión ambiental en México. Evidentemente, cada una de las técnicas de participación

pública debería ajustarse a la cultura y los ciudadanos afectados. Si quieren tener éxito a la hora de implicar a los actores sociales clave y al público en general, los profesionales de las EI tendrán que corregir muchos supuestos incorrectos y prejuicios causados por la práctica actual en México. Más concretamente, nosotros proponemos:

1. Ser creativo, flexible y proactivo en términos de participación pública

Una de las grandes diferencias entre las EIA y las EI es que mientras que las primeras se basan en rutinas institucionalizadas y reguladas, las segundas no. Así, en general, la institucionalización de la participación pública en el proceso de la EIA hace que los profesionales de las EIA tiendan a ver la participación pública, más que como una necesidad, como una obligación formal. Sin embargo, no hay normas que exijan la participación pública en las EI en ninguna de sus fases; ni hay normas que permitan a los ciudadanos denunciar a los profesionales por evaluaciones inadecuadas. Por consiguiente, en nuestra opinión, los profesionales de las EI pueden comportarse de manera más flexible y creativa que los de las EIA.

2. Cuanto antes empiece la participación, mejor serán los resultados

Como se ha visto en los casos anteriores, el público rara vez es consultado por los profesionales de las EIA en la fases de planeación y evaluación. De hecho, durante el proceso inicial, la población local así como los actores sociales clave deberían ser invitados a comentar el proyecto propuesto antes de que la evaluación de impacto ambiental fuera preparada. Ellos pueden ayudar en la identificación de problemas, que de otra manera pueden convertirse en origen de conflictos, o incluso sugerir soluciones que los profesionales pueden haber pasado por alto. Además, una participación pública anterior a la elaboración de los documentos ofrece excelentes oportunidades para la resolución de disputas. Evitar las disputas políticas no es una buena estrategia, porque aquellos que busquen una compensación o desagravio encontrarán maneras de ejercer presión política o de utilizar el sistema judicial, lo que, en última instancia, puede frenar el proyecto.

3. Focus on substantive issues not just procedural concerns

Los casos de EIA estudiados sugieren que los profesionales del Gobierno están desaprovechando los beneficios más importantes de la participación pública. El proceso de participación se convierte en un medio de satisfacer requisitos de procedimiento y no de resolver problemas o disputas. Los expertos en EI deberían diseñar programas participativos que estimularan la confrontación de contenidos. En la práctica, el aprendizaje es más probable en situaciones donde los participantes son activos. Cuando las personas tienen oportunidad de “hacer”, participar en tareas, hablar de sus experiencias y actuar, es más probable que aprendan que cuando solamente observan.

4. La información debe ser accesible desde el punto de vista geográfico y lingüístico

En tres casos la gente se negó a leer una evaluación de impacto ambiental sobre uno de los proyectos propuestos, pero luego se quejó enérgicamente de cómo ese mismo proyecto era descrito en los medios de comunicación. Una de las razones por las que la gente es reacia a participar en un proceso de EIA es que las evaluaciones de impacto ambiental son difíciles de leer. Así, si los informes de EI fueran más inteligibles, fomentarían niveles más altos de participación. Es decir, que hay que prestar especial atención a la elaboración de informes que los ciudadanos puedan entender.

Conclusiones

El análisis sugiere que la experiencia con la participación pública en EIA en México, por lo menos en lo que respecta a la construcción de vialidades, no ha sido muy positiva. Sin embargo, se debe reconocer que México está en un período de transición en cuanto a la toma de decisiones de forma democrática. La clave para que el público participe en evaluaciones de toda clase es la actitud de los profesionales. Si ellos dejan claro que aquellos que viven y trabajan en un determinado lugar poseen una experiencia y conocimiento profundos sobre el lugar, que son necesarios para complementar los pronósticos técnicos, el público en general estará mas dispuesto a invertir tiempo y energía para hacer que dichos diálogos valgan la pena. La participación pública efectiva en la toma de decisiones no sucede por accidente, sino que require asociaciones diseñadas y manejadas con mucho cuidado entre gobierno, industria y el público en general. Un esfuerzo proactivo más allá de requisitos mínimos de escuchar a la ciudadanía toma tiempo, y a veces es caro, y con frecuencia es muy conflictivo. Casi no vale la pena el esfuerzo, a menos que se haya establecido la base para un diálogo productivo. Sin embargo, el equipo de investigación confía en que una sola evaluación integrada de alto perfil que sea fructífera estimulará un nuevo esfuerzo en garantizar que se preste suficiente atención a una toma de decisiones que incorpore la participación ciudadana.

Taller GURME sobre Pronóstico de la Calidad del Aire en Latinoamérica

Como parte de las actividades relacionadas con el pronóstico de la calidad del aire de la Organización Meteorológica Mundial (*World Meteorological Organization*, WMO), el Observatorio Global de la Atmósfera, (*Global Atmosphere Watch*, GAW) y el grupo de Investigación Urbana Meteorológica y Ambiental (*Urban Research Meteorology and Environment*, GURME), el pasado octubre de 2002 tuvo lugar en Cuernavaca, México, una reunión de expertos en pronóstico de la calidad del aire. La reunión fue convocada por WMO, patrocinada, entre otros, por *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) y organizada por el Programa Integral de Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global. El taller dio lugar al proyecto piloto de GURME “Mejora del Pronóstico de la Calidad del Aire en Ciudades Latinoamericanas”.

Fig. 1. Participantes en el Taller GURME

São Paulo, Ciudad de México y Santiago de Chile son ciudades grandes con problemas semejantes de calidad de aire y, en este sentido, tienen grandes posibilidades de aprender unas de otras y de la WMO. Estas ciudades han emprendido una serie de programas conjuntos que examinan temas como la modelación fotoquímica, las mediciones atmosféricas, el transporte y el desarrollo urbano. Es evidente que el pronóstico de la calidad del aire es un tema donde el intercambio científico y la colaboración son extremadamente útiles. El proyecto mencionado mejorará la metodología utilizada hoy en día en estas ciudades para pronosticar la calidad del aire y apoyará la transferencia de conocimientos desde estas tres ciudades a otras ciudades de Latinoamérica.

El primer Taller GURME sobre Pronóstico de la Calidad del Aire en Latinoamérica tuvo lugar en la Universidad de Chile, en Santiago de Chile, del 13 al 16 de octubre de 2003. Alrededor de 60 personas acudieron al Taller representando buena parte de la gestión y el pronóstico de la calidad del aire que se realiza en Latinoamérica (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú), Europa (Dinamarca, Rusia), Australia y EE.UU.

El Taller se abrió con una sesión introductoria sobre el programa GURME y los problemas de calidad del aire de Santiago de Chile. A continuación se escucharon presentaciones de representantes de Brasil, México, EE.UU., Dinamarca, Israel y Australia sobre los retos actuales del pronóstico de la calidad del aire. Representantes de Ecuador, Perú, Colombia y Rusia presentaron los programas de gestión ambiental de sus países. Se organizaron grupos de discusión más reducidos sobre modelación y mediciones de calidad del aire. Las recomendaciones de estos grupos se comentaron el último día.

Los temas que surgieron en el grupo de discusión dedicado a las mediciones fueron: a) disponibilidad de datos procedentes de agencias de control, proyectos de investigación individuales y servicios meteorológicos nacionales; b) control de calidad de los datos; c) establecimiento de un foro de discusión *on-line* para la red GURME de científicos latinoamericanos; d) Formación y capacitación en Ltinoamerica.

En el grupo sobre modelación quedó claro que tanto Chile, Brasil como México cuentan con modelos avanzados para el pronóstico de la calidad del aire, que Santiago y México tienen condiciones meteorológicas similares (flujo de cuenca) y que las tres ciudades tienen problemas con la relación NOx/VOC en sus inventarios de emisiones. Se propuso la adopción del modelo WFR-Chem para estas tres ciudades, con el fin de estimular la colaboración entre ellas. Se eligió este modelo porque junto con el modelo MM5 aprovecha las capacidades de pronosticación con las que contamos hoy en día, incluye módulos científicos actualizados, y está desarrollándose continuamente con la ayuda de una serie de grupos de investigación de todo el mundo. Se espera que a medio o largo plazo muchos de los módulos desarrollados para CMAQ (el modelo de la EPA) sean incorporados al WRF, lo que conducirá a una convergencia de modelos. Por otro lado, hay buenas razones para apoyar el empleo de un modelo (combinando meteorología y química) *on-line* para ciudades localizadas en valles de montaña con flujos complejos.

Fig. 2. Durante la visita a Santiago, el Dr. Mario Molina se reunió con el Presidente de Chile Ricardo Lagos, quien le pidió consejo sobre varias cuestiones ambientales.

Parte de la propuesta sería organizar un taller sobre WRF-Chem para Latinoamérica, que tendría lugar en la Universidad de São Paulo, para reunir a todos los grupos y así beneficiarse de sus experiencias con los modelos anteriores. La idea es que México, Brasil y Chile formen un núcleo de modelación que pueda servir de punto de acceso para otros países latinoamericanos que deseen iniciar sus propias actividades de modelación.

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