

Derechos reservados de El Colegio de Sonora, ISSN 1870-3925

## Contaminación y control de las quemas agrícolas en Imperial, California, y Mexicali, Baja California

Margarito Quintero Núñez\*  
Andrés Moncada Aguilar\*\*

Resumen: La quema de residuos agrícolas en los valles de Mexicali e Imperial, separados por una línea divisoria, constituye una fuente importante de emisión de contaminantes al aire, de compuestos como el metano ( $\text{CH}_4$ ), monóxido de carbono (CO), bióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), hidrocarburos (NMHC) y partículas menores a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ ). Para abordar el problema de los humos agrícolas se debe considerar la cuenca atmosférica común, formada por ambos valles, que comparten un clima extremoso cálido y seco, con menos de 80 mm anuales de lluvia, y basan su economía en la agricultura, y el de Mexicali además en la industria manufacturera y otras actividades. En Mexicali, lo que se quema es sobre todo residuos de trigo y en menor proporción de cebada, cártamo y maíz. Los daños a la salud ocasionados por las emisiones de  $\text{PM}_{10}$  son significativos en ambos valles.

Palabras clave: quema agrícola, contaminación, gases invernadero, daños a la salud.

Abstract: The burning of agricultural waste in the Mexicali and Imperial valleys, on opposite sides of the U.S. - Mexico border, constitutes an important source of air pollutants emissions, such as methane ( $\text{CH}_4$ ), carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide ( $\text{NO}_2$ ), hydrocarbons (NMHC), and particles smaller than 10 microns

\* Investigador del Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Correspondencia: Avenida de la Normal s/n, colonia Insurgentes Este, C. P. 21280, Mexicali, Baja California, México. Telefax: (686) 566 41 50, extensión 190. Correo electrónico: maquinu@iing.mx. uabc.mx

\*\* Estudiante de doctorado del Instituto de Ciencias Agrícolas-UABC. Mexicali, Baja California.

(PM<sub>10</sub>). Dealing with the agricultural smoke problem must consider a common air shed formed by both valleys, which shares extremely dry and hot weather not exceeding 80 mm of rain precipitation annually, plus the fact that agriculture is their main activity. Furthermore, Mexicali's economy is also based on the manufacturing industry and other activities. In Mexicali, the residuals burned are mainly wheat, and in a smaller proportion barley, safflower and corn. The health damages caused by PM<sub>10</sub> emissions are important in both valleys.

*Key words:* agricultural burning, pollution, greenhouse gases, health damages.

## Antecedentes

La contaminación del aire perjudica a millones de personas cada día. En la mayoría de las áreas urbanas, las fuentes industriales y los vehículos crean y contribuyen, de igual manera, al problema. Las emisiones pueden viajar por la acción del viento, desde las ciudades a muchas zonas rurales en donde la agricultura es la actividad principal, aunque ésta también puede contribuir con una cantidad considerable de sustancias dañinas durante algunos meses del año. La más visible es la práctica tradicional de la quema agrícola a cielo abierto, para eliminar los residuos de cosechas, aves y ganado, con el propósito principal de evitar costos y subsistir. Con respecto a los residuos sólidos, producidos en terrenos de cultivo, están los que quedan después de la cosecha de granos o leguminosas como arroz, maíz, trigo y frijol. En el caso de los huertos están las ramas, tocones (troncos con raíz), la maleza y la hierba que circunda a los árboles frutales, como nogales y viñedos. Cuando se trata de zanjas de riego y sus orillas, habrá que eliminar la maleza y la hierba a fin de mejorar el manejo del agua de riego; esto también incluye los arbustos rodadores, dentro y junto a las áreas cultivables. Aunado a lo anterior está el excedente sólido de la producción de cosechas, como la quema de ciertos artículos relacionados y utilizados en el terreno, como los costales de insecticidas y fertilizantes, las bandejas para secar las pasas y el papel para proteger las palmeras datileras.

Algunas quemas agrícolas se pueden considerar "necesarias", para prevenir pestes y enfermedades, ya que algunos materiales de cosecha están infectados y es preciso eliminarlos de inmediato y no hay otra alternativa razo-

nable para hacerlo, por ejemplo el espárrago y el trigo infectado con carboncillo negro. Algunos distritos en California, en Estados Unidos (EE UU), prohíben la quema de artículos como los productos de petróleo, escombros de demolición, llantas, alquitrán, tarimas de madera, desechos de jardinería, basura casera, casi todo lo procesado o fabricado, derivado de una operación agrícola.

## Origen de las quemas de residuos agrícolas

Según algunas encuestas levantadas entre agricultores del valle de Mexicali, se identificaron varias razones para incinerar los restos de las cosechas, como a) las económicas: el agricultor evita el uso de maquinaria, esto ahorra diesel, sueldo del operador y desgaste del equipo; b) las técnicas: cuando el agricultor quiere incorporar la paja de trigo al suelo, primero requiere de varias pasadas del arado de discos por el terreno, lo que tiende a amontonar la paja y dificultar el barbecho (voltar la tierra de 20 a 30 cm de profundidad), y en ocasiones requiere regar para ablandar la paja (esto también genera gastos). Entonces, para lograr el objetivo, utiliza un compactador (*cultipaker*), colocado atrás de los discos (con este aditamento el tractor gasta más diesel). El agricultor quema los restos de las cosechas, por lo general en tierras pesadas, es decir, arcillosas, características de los valles de Mexicali e Imperial, que además son de gran extensión. La maleza se elimina junto con los residuos de las cosechas, sobre todo en parcelas muy infestadas, con maleza perenne difícil de erradicar, como la grama, que además dificulta el manejo del suelo y c) las cronológicas: cuando el agricultor tiene que quemar los residuos para ahorrar tiempo y preparar el suelo para el siguiente cultivo. Esto es muy común en Imperial, por el tipo de agricultura intensiva que se practica. En Mexicali se da en un porcentaje menor.

## La quema agrícola contribuye a disminuir la calidad del aire

En la mayoría de los casos, cuando la quema se realiza de manera apropiada y sujeta a normas, se convierte en la fuente más visible de contaminación del aire en un área, mas no la primordial. Sin embargo, durante algunos meses del año se vuelve importante.

Las quejas principales sobre la contaminación del aire son el olor y la falta de visibilidad, desde un punto de vista estético, y la seguridad. Además, estas molestias se añaden a los problemas relacionados con la salud, ocasionados al respirar las partículas suspendidas y los gases.

Figura 1

Quema en el ejido Monterrey, en el valle de Mexicali, Baja California.



Figura 2

Quema típica en Valle Imperial, California, EEUU



### Técnicas de combustión en los campos de cultivo

Según la Oficina de Recursos del Aire de California (CARB, por sus siglas en inglés), para realizar una quema adecuada de residuos agrícolas, se pueden emplear varias técnicas como:

- Utilizar un combustible o dispositivo de combustión aprobado que no produzca humo negro, como el butano, propano, gas licuado a presión (LPG, por sus siglas en inglés) o quemadores de aceite diesel. En Estados Unidos se debe consultar al distrito de control de calidad del aire corres-

pondiente acerca de lo que está aprobado en el área. Una llanta en llamas no es un dispositivo de combustión aprobado.

- Encender un fuego de prueba. Ver qué tan bien arde el material de desperdicio y hacia dónde se dirige el humo. Hay que dejar de hacerlo si el combustible está muy húmedo o si el humo se dirige hacia áreas pobladas.
- Quemar por varios lados de la parcela al mismo tiempo, para que la quema y la dispersión sean lo más rápidas posible.
- Encender el lado del campo que está a favor del viento. El fuego arde lentamente, pero de manera más completa. Así produce menos partículas y no deja partes que arden sin llama.
- Quemar en franjas o a guardarraya, pero siempre en dirección del viento.
- Quemar cuando el cultivo y el ambiente tengan menos humedad; lo más recomendable es entre las 10:00 y 15:00 horas.
- Esperar que no haya inversión térmica, pues puede contribuir a que la pluma de humo se mantenga cerca del suelo y dañe a poblaciones cercanas (CARB 1993,10).

## Cómo reducir la producción de humo

La combustión es la combinación rápida del oxígeno con sustancias compuestas en mayor medida de carbón, hidrógeno y azufre, lo cual genera calor, luz, bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y vapor de agua. Tienen que existir tres factores favorables para comenzar y mantener el fuego: combustible, temperatura de encendido y oxígeno o comburente.

Los desechos agrícolas constituyen un combustible sólido, y varían desde una paja ligera hasta una madera densa, además, contienen cantidades variables de minerales (que producen cenizas al quemarse) y humedad.

La temperatura de encendido es la necesaria para calentar un combustible y que pueda arder; la madera lo hace entre los 190 y 264 °C. Cualquier humedad contenida en el combustible tiene que ser evaporada (a 100° C) de la savia volátil de las plantas, antes de que pueda calentarse lo suficiente para arder bien. Quemar a bajas temperaturas produce humo, que es el resultado de una combustión incompleta.

En general, los combustibles no arden de la misma manera, pero todos requieren mucho oxígeno del aire; sus partículas más pequeñas se queman más fácil y rápidamente que las grandes, debido a que el área de superficie de combustión es más y hay mayor interacción con el oxígeno, que si es poco el disponible, se produce el co y hollín.

## Magnitud de las quemas agrícolas en ambos valles

En Valle Imperial, en 2003 se quemó sólo 29 por ciento de los residuos de trigo, porque el agricultor recibió un estímulo económico del programa Crédito por Reducción de Emisiones (ERC, por sus siglas en inglés), además de que hubiera tenido que pagar si se excedía en la práctica. En este valle, la quema ha disminuido en 68 por ciento desde 1999, porque la siembra de espárrago se mandó a Mexicali (Poiriez 2006), donde se incinera alrededor de 85 por ciento de los residuos de trigo (según una encuesta entre agricultores y técnicos en distintos puntos del valle). En el cuadro 1 se muestra un cálculo de la cantidad de contaminantes emitidos por las quemas de residuos de trigo en ambos valles en 2003 y 2004; cabe mencionar que sólo representan 1.8 y 2.5 por ciento del total de las  $PM_{10}$  para Imperial y Mexicali, respectivamente, de la contaminación del aire de esta cuenca binacional (Instituto Nacional de Ecología, INE-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP 1999, 96, 115).

Cuadro 1

Cantidad en kilos de contaminantes emitidos en la quema por hectárea

Cultivo	Hectáreas	FC/ha*	CO	HC**	$PM_{10}$	$NO_2$
Almendro	168 490	4.00	83.5	11	11	4.75
Aguacate	30 485	3.75	197.5	42.5	35.75	7.50
Cebada	141 869	4.25	303.0	29.0	42.50	10.50
Cítricos	96 741	2.50	92.0	10.25	6.75	5.00
Maíz	88 148	10.25	514.75	57.25	66.75	20.00
Uva	273 139	6.25	144.75	14.25	14.25	11.00
Durazno	23 393	6.25	119.25	11.25	17.00	13.50
Ciruela	29 725	3.00	57.25	2.75	4.00	6.00
Arroz	161 382	7.50	299.75	27.25	30.75	19.75
Cártamo	29 519	3.25	212.50	29.50	26.50	6.25
Nuez/nogal	74 215	3.00	64.00	8.25	8.25	6.00
Trigo	273 643	4.75	233.00	19.50	28.00	8.75

Fuente: EPA AP-42 (Recopilación de los factores de emisiones de contaminantes del aire), edición 1983. Proyecto A7-068-30 de CAL/ARB de E.F., Darley, 1979. Informes anuales del comisionado de agricultura del condado, para 1987.

\* Factor de carga: toneladas de desperdicios del cultivo por hectárea.

\*\* Hidrocarburos. Se excluye el metano.

En el cuadro 2 se muestra la supremacía en la emisión del CO sobre el resto de contaminantes, con lo que se demuestra la importancia de las emisiones dañinas al aire originadas por las quemas agrícolas de esta cuenca binacional común.

Cuadro 2

Kilos por hectárea de contaminantes emitidos por la quema de la paja de trigo en Mexicali e Imperial, en 2003 y 2004

Lugar/año	Hectáreas quemadas	CO (kilos)	H <sub>2</sub> C <sub>2n+2</sub> (kilos)	PM <sub>10</sub> (kilos)	NO <sub>2</sub> (kilos)
Valle Imperial					
Año/ ha sembradas					
2003/ 24 810	7 225	1 683 425	140 886	202 300	63 219
2004/ 22 074	6 402	1 491 666	124 839	179 256	56 018
Valle de Mexicali					
Año/ ha sembradas					
2003/ 70 035	59 530*	13 870 490	1 160 835	1 666 840	520 888
2004/ 101 900	86 615*	20 181 295	1 688 993	2 425 220	757 881
Total					
Hectáreas sembradas	159 772	37 226 876	3 115 553	4 473 616	1 398 006
2003/2004: 218 819					

\* Cálculo estimado.

## Alternativas o incentivos para evitar las quemas agrícolas

Es sabido lo difícil que es erradicar las quemas de residuos agrícolas, pero sí se puede reducir al mínimo sus emisiones, a través de un programa controlado para que se produzca menos humo, con técnicas de combustión adecuadas y residuos con la menor humedad posible. De esta manera, el efecto visual producido por la columna de humo será menos impactante a los ojos de la comunidad de ambos valles.

Por otra parte, se puede incorporar la paja al suelo, con grandes ventajas para su mejoramiento orgánico. Aunque al principio puede tener dificultades, a largo plazo el agricultor tendrá un suelo con mejores características agronómicas. También se debe considerar el uso de la paja en la elaboración de composta, como una alternativa hacia una agricultura de conservación.

Otra opción puede ser la labranza cero, es decir, minimizar el paso de la maquinaria sobre los suelos.

Como una técnica adicional, se recomendaría utilizar la paja para la elaboración de bloques de adobe en la construcción de paredes, pues son excelentes aisladores térmicos.

El Distrito de Control de la Contaminación del Aire de Valle Imperial (IVAPCD, por sus siglas en inglés) ha implantado el ERC, como una alternativa e incentivo para los usuarios que tienen permisos para realizar quemas agrícolas y no las practiquen (Poirez 2006). Quienes deseen participar deben llenar una solicitud y enumerar los campos por compuerta/canal, cruce de caminos, tipo y disposición de la biomasa y número de acres, y pagar una cuota de 85 dólares. El solicitante reconoce, mediante su firma, que las parcelas que cubren la solicitud de la ERC estarán inscritas en una lista de no quema.

El personal del IVAPCD conduce una inspección visual para verificar la disposición de la biomasa. Después de verificar que la parcela no fue quemada, se otorga el certificado de ERC que especifica la cantidad de contaminantes (en toneladas), firmado por el oficial de control de la calidad del aire.

De acuerdo con el Banco de Crédito de Reducción de Emisiones Agrícolas de Valle Imperial, en la actualidad los créditos de reducción de emisiones agrícolas para  $PM_{10}$  se venden por 400 o 500 dólares por tonelada; para CO cuesta de 300 a 400. Para compuestos orgánicos volátiles (VOC, por sus siglas en inglés) varía entre 700 a 800.

## La contaminación del aire debido a la quema agrícola y el daño a la salud

La mayoría de las ciudades gemelas con perfiles agrícolas, localizadas a lo largo de la frontera entre México y Estados Unidos se enfrentan a dos problemas considerables sobre la contaminación del aire y del ambiente (Ganster 1996, 13). El primero es el ozono ( $O_3$ ), el ingrediente principal del esmog fotoquímico, formado sobre todo durante los días cálidos, soleados y calmados, proveniente de contaminantes como óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y NMHC. El ozono empeora las alergias, el asma y el enfisema, y perjudica el funcionamiento de los pulmones en general. Asimismo, irrita los ojos y daña a la vegetación.

Patólogos de plantas vegetales de la Universidad de Riverside (Middleton et al. 1950) observaron un tipo único de daño a las cosechas agrícolas en el área de la cuenca atmosférica de Los Ángeles, California, y lo reportaron como nuevo para la contaminación del aire, conocido como esmog fotoquímico o de Los Ángeles. En contraste con el de Londres, se genera en días

calientes, soleados y no en los neblinosos y fríos. Se caracteriza por contener sustancias oxidantes fuertes, que causan lagrimeo y molestias al respirar (el ozono es uno de los componentes principales).

Las partículas suspendidas es el segundo problema en importancia (Quintero et al. 2006, 11), en especial las microscópicas de diez micrones o menos ( $PM_{10}$ ) o aerosoles, que debido a su tamaño y peso tan pequeño (un cabello humano tiene 70 micrones de diámetro en promedio) pueden permanecer suspendidas en el aire durante semanas. Cuando las  $PM_{10}$  se inhalan, pasan con facilidad a lo más profundo de los pulmones, atravesando la mucosidad protectora que reviste las vías respiratorias. En los alveolos, formados por millones de sacos diminutos llenos de aire alineados con los vasos capilares, es donde se hacen los intercambios vitales de gas sanguíneo, y ahí se detienen. Los alveolos no pueden arrojarlas fácilmente o defender al cuerpo de ellas, y los sustratos que contienen o de los que están cubiertas pueden ocasionar un daño grave al organismo (Chow y Watson 2006, 621).

El humo proveniente de la quema agrícola contiene ambos precursores del ozono (NMHC y  $NO_x$ ), algunas cantidades significativas de  $PM_{10}$  y otros contaminantes del aire (CARB 1993, 4). Las partículas suspendidas se forman de material microscópico, sólido o líquido. La quema produce hollín (carbono sin quemar), ceniza (minerales que no se incineran), humos condensados y otros productos de la combustión incompleta. La mayoría de las partículas de humo son muy pequeñas, miden menos de un micrón (una millonésima de metro), y se denominan  $PM_{10}$ . Las partículas de carbono absorben vapores orgánicos (es posible que sean tóxicos) del humo y las sólidas pueden estar cubiertas de contaminantes dañinos, que pueden quedar atrapadas en los pulmones durante años, y esparcir su carga a los vasos capilares sanguíneos cercanos.

Los productos de la combustión son el  $CO$ , los NMHC, el  $CO_2$ , el bióxido de azufre ( $SO_2$ ), los  $NO_x$  y el agua ( $H_2O$ ). La quema produce grandes cantidades de  $CO$ , y reduce la habilidad de la sangre para suministrar oxígeno a los tejidos del cuerpo al unirse con fuerza a la hemoglobina en los glóbulos rojos de la sangre, evitando la absorción de oxígeno en los pulmones y perjudicando su descarga a los tejidos. Esto último puede ser más peligroso para personas con problemas del corazón, asmáticos y niños. Los  $NO_x$ , para los estudios de calidad del aire, son el óxido nítrico ( $NO$ ) y el  $NO_2$ , que se combinan con los hidrocarburos, y al interactuar con la luz solar producen el ozono; los  $NO_x$  también se combinan con el vapor de agua para formar la lluvia y la neblina ácidas. El  $SO_2$  es un irritante respiratorio, y también tiende a ser parte de este último proceso.

## El humo de la quema de residuos agrícolas contiene contaminantes tóxicos

Entre los contaminantes emanados de la quema a la intemperie está el benceno y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH, por sus siglas en inglés), que se han visto implicados como causantes de cáncer; también las  $PM_{10}$  resaltan por su importancia. Hay investigaciones en curso para estudiar estos materiales, a fin de averiguar en qué concentraciones en el ambiente pudieran dañar la salud humana.

La quema de residuos agrícolas llama la atención debido a la baja eficiencia de la combustión, lo difícil de su regulación y porque las emisiones se llevan a cabo en el suelo. La preocupación por los perjuicios a la salud y la contaminación que causan en la franja fronteriza, ha conducido a las pruebas de campo de las emisiones de humo. Debido a lo caro y difícil de ellas, los estudios de laboratorio representan una buena alternativa, pues son más baratos, permiten hacer un análisis más completo y controlar mejor la prueba ambiental.

Para ese fin, se muestrearon residuos agrícolas en Mexicali y en El Centro, California, y fueron quemados en un dispositivo a escala piloto (Wendel et al. 2004). Los factores de emisión (FE), basados en pruebas de laboratorio fueron determinados para  $CO_2$ , CO, NO y partículas suspendidas ( $PM_{10}$ ), y resultaron en el mismo rango de pruebas previas de campo y laboratorio. Las emisiones de campo de los PAH mostraron que pueden ser marcadores adecuados para identificar partículas provenientes de fuentes agrícolas en aire ambiental.

En otro estudio, realizado por la Universidad de Utah, en Valle Imperial, sobre las quemas agrícolas, se encontraron 57 compuestos significativos de 147 identificados en los humos (Kerry et al. 2005). Un dato importante es que no existen trabajos que indiquen la presencia de agroquímicos en el humo de las quemas agrícolas (CARB 1979).

Un estudio (Cançado et al. 2006) de los efectos de la quema agrícola de caña de azúcar efectuado en la década de 1990 en Piracicaba, ciudad del sudeste de Brasil, evidenció el aumento de las admisiones a hospitales de niños y ancianos debido a enfermedades respiratorias causadas por ella. Cuando se registraron aumentos en los valores de  $10.2 \text{ mg/m}^3$  en  $PM_{2.5}$  y de  $42.9 \text{ mg/m}^3$  en  $PM_{10}$  en periodos de quema, se advirtieron incrementos en las admisiones a hospitales de 21.4 y 31.03 por ciento en niños y ancianos respectivamente, del grupo estudiado, con problemas respiratorios.

Debido a que las quemas agrícolas emiten un buen número de contaminantes a la atmósfera, perjudican la calidad del aire a escala local, regional y

global. Algunos de ellos son las partículas suspendidas, que pueden disparar crisis de asma y enfermedades respiratorias en individuos sensibles. La Universidad del Estado de Arizona (Fernando 2006) llevó a cabo un estudio para simular la dispersión de  $PM$  de las quemas de residuos agrícolas en San Luis Río Colorado, Sonora y Yuma/San Luis, Arizona, usando el sistema de modelación CALPUFF/CALMET/MM5. Los resultados obtenidos demuestran que las plumas de humo no se dispersan mucho, y por lo regular el área cercana es la más dañada. El efecto de la quema en las áreas pobladas de esa zona fronteriza fue menor a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  en un promedio de 24 horas. Si se considera el daño de las partículas secundarias derivadas de los óxidos de nitrógeno y de los VOC de la quema, su influencia puede ser muy grande. Para llevar a cabo simulaciones más realistas de plumas de humo, es necesario contar con bases de datos exactas como la técnica de quema usada, tipo de combustible y tiempo.

En el cuadro 2 se observa la cantidad de contaminantes emitidos por cada hectárea de residuos quemados. Esto se derivó de un estudio aplicado a los campos agrícolas de California (CARB 1993). También se muestra que las cantidades de CO son muy superiores a los demás contaminantes, ello indica que se deben tomar medidas para una quema adecuada o para reducir la superficie en que se realiza.

Se habla mucho de la contaminación del parque vehicular y la industria, pero no de las enormes columnas de humo que se observan a grandes distancias, provenientes de los valles de Mexicali e Imperial, producto de la quema de los residuos de las cosechas, que causan problemas a los ojos y las vías respiratorias e incluso pueden dañar las plantas, sobre todo en días soleados y tranquilos.

Figura 3

Quema típica en ejido Ojos Negros, valle de Mexicali, Baja California



El humo negro o grisáceo de las columnas es una mezcla de contaminantes. Se quema sobre todo la paja de trigo, además de la cebada y a veces maíz y sorgo. En Imperial también se queman los remanentes de canola, bermuda, zacates sudán y kline, semilla de cebolla y otras cosechas residuales misceláneas. También la maleza de los canales, árboles como álamos, mezquites, palmas y pino salado (esta práctica se ha vuelto común), además de los basureros. Los principales contaminantes de la mezcla son partículas suspendidas tipo fracción respirable y algunos gases como los mencionados, además de cenizas y hollín.

### Los niveles de calidad del aire ambiental

México y Estados Unidos han establecido normas de calidad del aire ambiental que definen legalmente los niveles máximos de algunos contaminantes como  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ , tóxicos y plomo (Pb) para proteger la salud (véase cuadro 3). Se debe tener en cuenta que existe una coordinación binacional en cuanto a reglamentación, con el IVAPCD, la CARB, la Agencia de Protección Ambiental de EE UU (US EPA, por sus siglas en inglés) y las autoridades mexicanas, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Protección al Ambiente del Gobierno del Estado, así como con las direcciones de Ecología de los municipios. Una

Cuadro 3

Normatividad para la calidad del aire ambiental en México y Estados Unidos

Contaminantes y horas	EE UU	México	Unidades (partes por millón)
$\text{O}_3$ (1)	0.12	0.11	ppm
$\text{O}_3$ (8)	0.08	- - -	ppm
$\text{CO}$ (8)	9	11	ppm
$\text{NO}_2$ (1)	0.18*	0.21	ppm
$\text{SO}_2$ (24)	0.14	0.13	ppm
$\text{PM}_{10}$ (24)	150	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
$\text{PM}_{2.5}$ (24)	35	- - -	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Diario Oficial de la Federación (1994) y US EPA (1980).

\* Norma ambiental del estado de California. No existe norma federal de US EPA para exposición aguda, febrero 23 de 2007.

norma de calidad del aire define la cantidad máxima de contaminante que puede estar presente en el medio ambiente sin dañar la salud pública. Sólo brinda periodos para proteger la salud de la población, y así establecer programas de contingencia en caso necesario.

La explosión demográfica creciente, el clima, la geografía, el desarrollo industrial y la flota vehicular son las causas de que la calidad del aire algunas veces viole estas normas. En los valles Imperial y Mexicali la norma estatal de ozono se excede cada tercer día en promedio, de abril a octubre. El nivel de  $PM_{10}$  se extralimita en ambos valles casi todo el año, algunos meses cada día que se mide, por lo tanto la gente respira un aire insalubre. Estas normas las establece la US EPA y SEMARNAT. Por lo común, los reglamentos de California son más estrictos que los que rigen en el resto de EE UU.

## Reglamentación para la quema de los residuos agrícolas en ambos valles

La incineración de residuos agrícolas en el campo está considerada como fuente de emisión de gases de efecto invernadero (INE 2002). En México, el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) difundió un informe sobre las fuentes principales de producción de dioxinas a partir de factores de emisión elaborados por la US EPA, que incluyen las quemas de residuos agrícolas (INE-CENICA 2002).

El uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios, así como las restricciones, están regulados en todo el territorio nacional por la Norma Oficial Mexicana NOM-015 (*Diario Oficial de la Federación* 1999). En ella se menciona que la SEMARNAP, hoy conocida como SEMARNAT, y la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGAR), mediante convenios de coordinación con los gobiernos estatales, establecerán un sistema para calendarizar y programar, en acuerdo con los productores, las quemas agropecuarias en los municipios y distritos de desarrollo rural.

El reglamento de protección al ambiente para el municipio de Mexicali (*Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Baja California* 1997) en su capítulo 4 sobre la prevención y control de la contaminación atmosférica, en el artículo 47 dice lo siguiente: “Se permitirá la combustión de campos agrícolas en el territorio municipal, siempre que se realice bajo los lineamientos que para tal efecto expida la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural o en su caso la Oficina Municipal de Ecología, y previo aviso a la Delegación Municipal en la que se encuentre el campo”.

Cabe mencionar que los agricultores del valle de Mexicali no piden autorización para la quema de sus parcelas por diversas razones: a) Ignoran la existencia de una norma que la regula, porque ha faltado una difusión adecuada de las autoridades y b) carecen de una reglamentación para la quema local específica con base en las condiciones climatológicas, donde se puedan tener indicadores confiables para tomar una decisión.

En Valle Imperial, la quema agrícola está sujeta a una reglamentación, conocida como sección de código de salud y seguridad 41850, donde la ley estatal exige su regulación y no su prohibición, a través de la solicitud de un permiso expedido por el IVAPCD, perteneciente al Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Este tipo de reglas toman en consideración varios factores: las características geográficas, las condiciones meteorológicas, la repercusión económica y técnica de tales reglas y normas y la importancia de una economía agrícola viable en la región, pero sin limitarlos a la población en un área determinada.

## Programa de quema de residuos agrícolas en Valle Imperial

El programa actual fue creado en 1999; en ese año se quemaron 64 600 acres (26 163 hectáreas), los residuos típicos que se eliminan son trigo, Bermuda y espárragos. Otras incluyen zacates sudán y kline y cebolla, entre otras cosechas misceláneas residuales.

Cada persona de Valle Imperial, que desee llevar a cabo una quema agrícola, debe contar con un permiso válido; por ejemplo, en 2006 costaba 65 dólares, e incluía los primeros 40 acres (16.2 hectáreas). Cada acre (0.405 hectárea) adicional costaba 1.50 dólares. Toda la quema agrícola está sujeta a los requerimientos de la regla 701 y ninguna puede realizarse sin la autorización del IVAPCD, cuyo personal se reúne cada mañana, a las 8:00 con el meteorólogo oficial, para determinar el día de la quema. Esta operación también se lleva a cabo durante el fin de semana. Después de obtener la información sobre el día designado, se le pasa al personal de la oficina del IVAPCD, que documenta todas las quemas potenciales en la agenda correspondiente, con esta información:

- Número de permiso de la quema
- Número de permiso del agricultor
- Número telefónico del agricultor
- Tipo de residuo agrícola
- Número de acres

- Canal/compuerta cercano(a) a la quema, para mejorar la localización
- El cruce de caminos más cercano, por si ocurre una emergencia y es necesaria la ayuda de los bomberos.

Los inspectores del IVAPCD determinan el número de acres y la localización de los campos que pueden quemarse, con base en las condiciones meteorológicas de ese día. Cada campo se grafica en un mapa del distrito de Valle Imperial, que muestra las intersecciones de todos los caminos, canales y compuertas y áreas vecinas. En él también se señalan las escuelas rurales, prisiones estatales, la base aérea y el aeropuerto del condado de Imperial. Para las gráficas se utilizan marcadores de colores diferentes y se anota la compuerta/canal, cosecha y número de acres que se quemarán. El valle se divide en cuatro cuadrantes, y no se queman más de 500 acres (202.5 hectáreas) diarios por cada uno. La cantidad de acres puede variar según las condiciones meteorológicas. Los tiempos de quema se programan para prevenir fuegos múltiples en la misma área y permitir que el humo se diluya en la atmósfera.

### Día de “no quema”

Este día se determina con base en las condiciones meteorológicas, por lo común debido a capas de inversión baja. Sin embargo, también se puede clasificar por vientos fuertes o visibilidad baja. Los inspectores del IVAPCD observan el procedimiento siguiente, cuando se determina un día de “no quema”: se notifica al personal de oficina del IVAPCD y también por correo electrónico al delegado de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en Baja California; al director de Ecología del municipio de Mexicali; al secretario de Protección Ambiental del Estado de Baja California y a la Agencia de Protección Ambiental de California (CALEPA, por sus siglas en inglés).

### “Quemas especiales”

Son las que se llevarían a cabo en un área sensible al humo, que incluyen todas las situadas en un perímetro de alrededor de 2.5 kilómetros de zonas urbanizadas, escuelas rurales, conjuntos habitacionales, edificios, aeropuertos, carreteras muy transitadas y la frontera internacional.

Además de obedecer la regla 701, las “quemas especiales” están sujetas a las siguientes condiciones: a) contar con la presencia de un inspector del IVAPCD antes de, y en el momento del encendido, y debe dar su aprobación antes del inicio de la quema; b) una persona responsable debe permanecer

vigilando el fuego hasta que se apague; c) el inspector puede requerir que se guardarraye o queme en contracandela (*backfiring*); d) un número competente de personas debe estar disponible para prever o dirigir el tráfico, en caso de que el humo obstruya la visión en las carreteras o caminos adyacentes; e) los granjeros tienen que pagar 35 dólares más por las quemas especiales y f) el inspector puede retardar la aprobación, si las condiciones meteorológicas no son las apropiadas.

La organización no gubernamental (ONG) Iniciativa del Aire Limpio de Valle Imperial, rama de la Asociación del Pulmón de San Diego y del condado de Imperial (ALASDIC, por sus siglas en inglés) lanzó una campaña binacional de “no quemas” (*no burn*), para mejorar la calidad del aire en diciembre de 2005 y así evitar la destrucción al aire libre de árboles de navidad, de leña en fogatas y otros materiales (ALASDIC 2006). Esta campaña se basó en la utilización de anuncios en los periódicos de Mexicali y Valle Imperial y una estación de radio con cobertura binacional.

Asimismo, el municipio de Mexicali invitó a la comunidad, en enero de 2006, a reciclar sus árboles de navidad en lugar de quemarlos, lo cual se ha hecho común cada diciembre. Se establecieron varios centros de acopio en la ciudad para pulverizar cada arbolito, y así usar el residuo como abono o para reciclarlo.

La Suprema Corte de Justicia de Estados Unidos declinó revisar una decisión del noveno circuito de la Corte de Apelaciones, que le ordenaba a la US EPA reclasificar la contaminación del aire de Valle Imperial de “moderado” a “serio”, debido a la cantidad de contaminación por partículas suspendidas. Esto derivaría en la puesta en marcha de medidas de control más estrictas en el condado de Imperial, lo que culminó con éxito una batalla local de varias ONG como Earth Justice, The Sierra Club y ALASDIC (ALASDIC 2006).

Con el fin de formalizar un mecanismo para mejorar la calidad del aire de Mexicali y Valle Imperial, el 13 de febrero de 2006 se realizó la primera mesa binacional de trabajo en Mexicali, donde se abordaron temas relacionados con la calidad del aire y el medio ambiente en general. Se leyó un documento (Senate Bill, SB 1286) de parte de la legisladora del Congreso de California, Denise M. Ducheny, que sería presentado a la legislatura estatal ese año, con el fin de proponer una estructura que sirviera de punto de partida para establecer un comité binacional entre California, el condado de Imperial, Baja California y la ciudad de Mexicali, para que tratara temas referentes a calidad del aire en la frontera común (Ducheny 2006). El modelo a copiar se deriva del Comité Consultivo Conjunto para el Mejoramiento de la Calidad del Aire, Ciudad Juárez, Chihuahua, El Paso, Texas, Sunland, New Mexico (JACIAQ, por sus siglas en inglés), establecido entre las ciudades mencionadas, que ha beneficiado mucho a esa región (Curry 2006). Pero, por

desgracia esta iniciativa no fue aprobada por el Congreso de California (Gálvez 2006).

## Reducción en las quemas agrícolas de Valle Imperial

La quema agrícola en Valle Imperial ha decrecido 68 por ciento desde 1999. En 2005 sólo se incineraron 8 178 hectáreas, esta es la menor cantidad de superficie quemada en toda su historia. Dicha disminución se atribuye a una combinación de factores: un decremento en la producción de trigo y de espárrago, a los programas de incentivos de la quema y al de residuos en sí mismo y a la expansión urbana del condado de Imperial, en detrimento de la zona agrícola.

## Programa de manejo de humo en Imperial

El 10 de mayo de 2001, CARB adoptó el Programa de Manejo del Humo del IVAPCD, que contiene todos los elementos de las quemas agrícolas ya descritos.

Mike Kenny, oficial ejecutivo del CARB, al aceptar el programa declaró:

Como ustedes saben, la ciudad de Mexicali, Baja California, vecina al Distrito del Aire de Valle Imperial, la cual cuenta con un millón de habitantes, se ha quejado históricamente del humo proveniente de Valle Imperial. Esto impone ciertos retos sobre esta iniciativa. Se puede pensar que este Programa desarrollado para Valle Imperial va a ser un buen trabajo orientado a estos retos, y minimizará de forma efectiva los impactos del humo no sólo en Valle Imperial sino también en los Distritos vecinos, tanto como en Mexicali.

El programa pondrá especial atención en minimizar los efectos de la quema agrícola y la recomendada al requerir lo siguiente:

- Registro y permisos para todo tipo de quemas
- Un sistema de autorización para todo tipo de quemas
- Consideraciones meteorológicas de calidad del aire para tomar todas las decisiones sobre las quemas
- Cuantificación de tipos y cantidades de materiales por quemarse
- Especificación del lugar y horario de los materiales por quemarse

- Localización de receptores sensibles al humo
- Comunicación del IVAPCD con otros distritos, estados y regiones
- Mediciones para evitar repercusiones del humo acumulado y prevención de inconformidades públicas
- Elementos para dar a conocer el programa y
- Previsión de programas de refuerzo.

## Conclusiones y recomendaciones

La aportación de contaminantes de las quemas de residuos agrícolas en los valles de Mexicali e Imperial seguirá presente en la cuenca atmosférica común. Ya que en Imperial, la agricultura continuará siendo intensiva, pues constituye su fuente económica principal. En Mexicali no disminuirá mientras exista el inconveniente económico y la carencia de una reglamentación adecuada, además de la falta de estímulos.

Las investigaciones dirigidas a verificar la presencia de residuos de agroquímicos en los humos de las quemas agrícolas son imperativas.

En el caso del valle de Mexicali, se vislumbra que será difícil modificar las técnicas agrícolas de la quema de residuos, debido a los gastos implícitos y al estado de la economía de los agricultores.

En Valle Imperial, la política de crédito por reducción de emisiones ha contribuido a disminuir la quema de residuos agrícolas en la zona, y se considera difícil su eliminación, por el ritmo de rotación de cultivos y las fechas de siembra implícitas, además de que la agricultura es el motor de la economía.

La comparación de la situación de los agricultores de Imperial con los de Mexicali es difícil, en cuanto a sus prácticas de conservación. Por principio, un agricultor estadounidense posee un mínimo de 25 hectáreas y la mayoría de los mexicanos sólo una o dos, aunque hay excepciones de acaparamiento de tierras. Entre más pobre el agricultor es menos posible que tenga prácticas de conservación, como la “no quema”.

El IVAPCD pertenece a la Secretaría de Agricultura de Estados Unidos, por tanto será imposible establecer una práctica de “no quema” debido a la importancia económica y política de los agricultores de esa región, a pesar del intento del consejo de Caléxico por abolir dicha práctica en la ciudad.

Las autoridades de ambos lados de la frontera se han culpado mutuamente de que las quemas agrícolas del vecino dañan la salud de sus habitantes. La misma comunidad se ha quejado, a través de los medios electrónicos, de que sufre irritaciones causadas por las humaredas provenientes de la

quema de residuos agrícolas de uno u otro valle; por tanto, es necesario uniformar los criterios y trabajos en esta cuenca binacional.

El valor estimativo del aire compartido en esta zona es muy grande, y su contaminación no reconoce fronteras. Debe hacerse un gran esfuerzo de cooperación para disminuirla, y así bajar los índices de asma y enfermedades respiratorias.

Los contaminantes más significativos emanados de la quema son las partículas suspendidas ( $PM_{10}$  y menores), el CO, los  $NO_x$ , los NMHC, el  $SO_2$  y los PAH, entre otros.

En México, en general, pero más a escala local, se requieren mejores normas reguladoras para controlar las quemas en el valle de Mexicali de manera periódica. Aunque hay reglas leves, por lo común nunca se respetan. Es necesario revisar las normas existentes, actualizarlas y sobre todo aplicarlas en beneficio de la cuenca compartida del aire de ambos valles, para mejorar la salud de la comunidad fronteriza.

Recibido en mayo de 2007  
Revisado en agosto de 2007

## Bibliografía

- ALASDIC. 2006. Clean Air & Environment-Clean Air Court Victory for Imperial County. <http://www.lungsandiego.org/environemnet/pressimperialc-victory.asp> (4 de abril de 2007).
- . 2006. Clean Air & Environment-no Burn Campaign in Imperial Valley. [http://www.lungsandiego.org/environment/press\\_noburn.asp](http://www.lungsandiego.org/environment/press_noburn.asp) (4 de abril de 2006).
- Botkin, D. B. y E. A. Keller. 1995. *Environmental Science: Earth as a Living Planet*. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.
- Cançado, J. E. D., P. H. N. Saldiva, L. A. A. Pereira, L. B. C. S. Lara, P. Artaxo, L. A. Martinelly, M. A. Arbex, A. Zanobetti y A. L. F. Braga. 2006. *The Impact of Sugar Cane Burning Emissions in the Respiratory System of Children and Elderly*. <http://dx.doi.org> (4 de abril de 2006).
- CARB. 1993. *La quema agrícola. Manual de autoinstrucción. Distritos locales de control de la contaminación del aire*. Sacramento: CARB.

- . 1979. Emission Factors for NO<sub>2</sub>. CARB project a7-068-30 by E.F. Darley.
- Chow, J. C. y J. G. Watson. 2006. Overview of Ultrafine Particles and Human Health. En *Management of Natural Resources, Sustainable Development and Ecological Hazards*, editado por C. A. Brebia, M. E. Conti y E. Tiezzi, 619-632. Southampton: Wit Press.
- Curry, Bob. 2006. Joint Advisory Committee for the Improvement of Air Quality in the Paso del Norte Region, ponencia presentada en la primera Mesa binacional de trabajo sobre calidad del aire de los valles de Mexicali e Imperial, Mexicali.
- Diario Oficial de la Federación. 1999. Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997. "Que regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios, y que establece las especificaciones, criterios y procedimientos para ordenar la participación social y de gobierno en la detección y el combate de los incendios forestales." 2 de marzo.
- . 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al plomo (Pb). Valor normado para la concentración de plomo (Pb) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población". 18 de agosto.
- Ducheny, Denise M. 2006. Primera Mesa binacional de trabajo sobre calidad del aire de los valles de Mexicali e Imperial, Mexicali.
- EPA. 1983. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. EPA publication AP-42.
- . 1980. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). <http://www.epa.gov/air/criteria.html> (22 de agosto de 2007).
- Fernando, H. J. S. 2004. Agricultural Burns Surrounding the San Luis Border Region: Plume Pathways and Health Effects. SCERP project number: A-04-07. [http://scerp.org/new/det\\_research\\_pub.asp?IdInvestigacion=7080](http://scerp.org/new/det_research_pub.asp?IdInvestigacion=7080) (22 de agosto de 2007).

- Gálvez, C. F. 2006. Schwarzenegger Vetoes Ducheny Border Air Quality Bill. Press Bulletin by Field Representative Office of Senator Denise M. Ducheny, September.
- Ganster, P. 1996. Environmental Issues of the California-Baja California Border Region. Border Environmental Research Reports, number 1. SCERP. SDSU.
- Instituto Nacional de Ecología. 2002. Protocolo de Kioto, "Anexo A". Categorías y sectores de las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero. México: INE.
- INE-CENICA. 2002. Informe de la situación y de los conocimientos actuales sobre las principales fuentes y emisiones de dioxinas en México. México: INE-CENICA.
- INE-SEMARNAP, Secretaría de Salud, Gobierno del Estado de Baja California, Gobierno Municipal de Mexicali. 1999. Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali, 2000-2005. Mexicali: INE-SEMARNAP, Secretaría de Salud, Gobierno del Estado de Baja California, Gobierno municipal de Mexicali.
- Kerry, Kelly, D. A. Wagner, M. Quintero, K. Collins. 2005. Agricultural Burning in the Imperial-Mexicali Valley. Reunión del equipo de trabajo de calidad del aire de Mexicali e Imperial, 7 de abril, UESD, campus Caléxico.
- Middleton, J. T., J. B. Kendrick y H. W. Schwalm. 1950. Injury to Herbaceous Plants by Smog or Air Pollution. *Plant Dis. Rep.* 34: 245-252.
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Baja California. 1997. Reglamento de protección al ambiente para el municipio de Mexicali, Baja California. Tomo CIV, no. 50, sección 1.8. Diciembre, pp 89-132.
- Poiriez, Brad. 2006. Agricultural Burn Program and Smoke Management Program Presentation. Reunión del equipo de trabajo de calidad del aire de Mexicali e Imperial, 7 de marzo, UESD, campus Caléxico.
- Quintero, N. Margarito, Marco Antonio Reyna C., Kimberly Collins, Saul Guzmán, Bill Powers y Alberto Mendoza. 2006. Issues Related to Air

Quality and Health in the California–Baja California Border Region.  
<http://www.scerp.org/pubs/m14/Chapter1.pdf> (26 de junio de 2008).

Wendel, K.C., D.A. Wagner, K.E. Kelly, G.D. Silcox, M. D. Caballero, V. G. M. Mejía. 2004. Characterizing Emissions for Agricultural Burning in a Pilot Scale. SCERP project number A-04-02.