

INVERSIONES TERMICAS Y SMOG

Ernesto Jáuregui O.

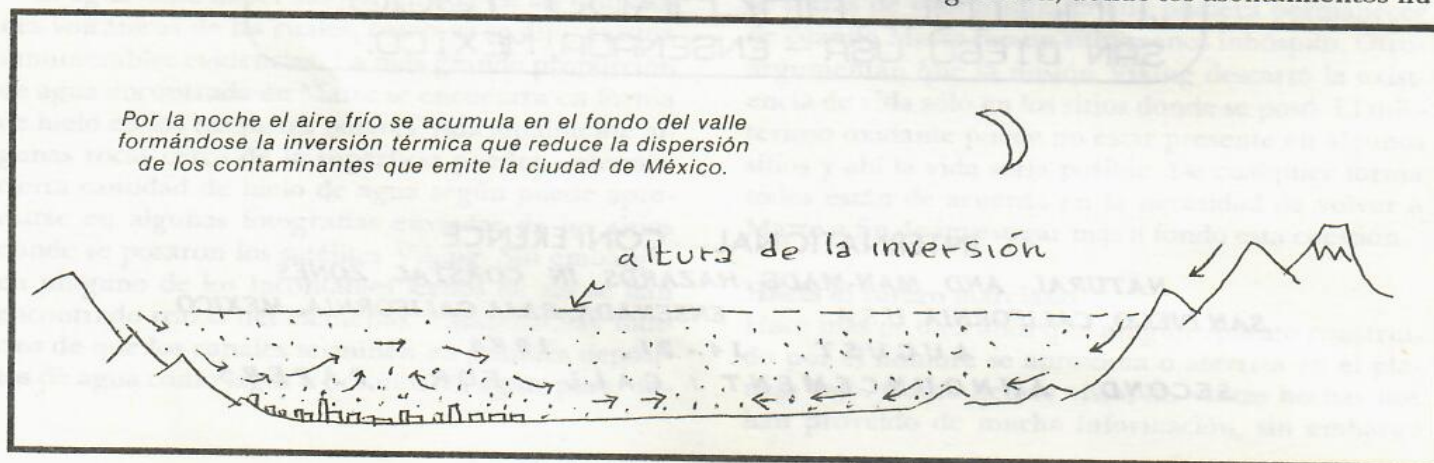
Las llamadas inversiones térmicas ocurren por el enfriamiento nocturno del aire cercano al suelo en llanos o valles. En estos últimos se acentúa el enfriamiento por escurrimiento de aire frío al fondo del valle. Se denomina inversión porque la temperatura del aire aumenta en vez de disminuir con la altura, como ocurre normalmente, y en consecuencia el aire más frío (y denso) se encuentra cerca del suelo. La inversión representa una condición extrema de estratificación del aire cerca del suelo, lo que significa que los contaminantes que se arrojan durante esta situación no se dispersan y permanecen cerca del lugar donde se emiten puesto que, además, el aire permanece en calma. Por esta razón al amanecer y antes del mediodía (cuando la circulación de vehículos es alta) los niveles de polución aumentan puesto que no hay capacidad para diluir la masa de contaminantes. El ritmo de la actividad urbana es tal que arrojamamos el mayor caudal de contaminación (automotriz e industrial) cuando la atmósfera tiene una mínima capacidad para dispersarlos o diluirlos.

Poco antes del mediodía y debido al calentamiento del aire por la acción de los rayos solares, el aire se torna turbulento y aumenta su capacidad para acarrear los contaminantes hacia arriba (unos 200 m) y hacia afuera de la ciudad, hacia los límites de la cuenca y más allá. Gracias a esto los niveles de contaminación bajan, en general, a una tercera o cuarta parte de sus valores registrados durante la hora pico (7-11 hrs.).

Si la calidad del aire urbano de la ciudad de México es mejor a estas horas (entre las 12 y las 16 hrs. aproximadamente) no significa que las condiciones de salubridad del smog sean óptimas. Es decir, que la desaparición de la inversión durante las horas mencionadas sólo significa un mejoramiento temporal. Al caer la tarde, y especialmente en el invierno, el enfriamiento del aire en noches despejadas ocasiona nuevamente el establecimiento de aire estable o en caso extremo de una inversión acentuada.

Si no disponemos de un globo-sonda para medir la variación de la temperatura con la altura y determinar así la presencia de una inversión térmica (que es lo que se hace cada mañana en el observatorio del aeropuerto capitalino) entonces podemos juzgar la presencia e intensidad de una inversión por medio de la temperatura mínima observada al salir el sol. Y así, mientras más baja sea dicha temperatura, más intensa será la inversión térmica. De modo que cuando leemos que la temperatura fue de 0°C o menos en las afueras de la ciudad (el aeropuerto o Texcoco) podemos estar seguros que esa mañana la estabilidad del aire superficial fue suficiente para que se formara una inversión de temperatura en el valle o la cuenca de México.

Otra forma de apreciar la presencia de una inversión superficial es por medio de la vista. Si nos encontramos en una mañana fría de enero en un punto elevado que nos permita ver el fondo de un valle cubierto de vegetación, donde los asentamientos hu-



Después del mediodía el sol quema o destruye la inversión térmica y los contaminantes de la ciudad se diluyen en un mayor volumen de aire.



manos son escasos, vamos a poder apreciar el espesor de la inversión térmica por una bruma blanquecina que llena como un lago las partes bajas y compuesta por emanaciones de los árboles y polvo de los suelos desnudos o campos de cultivo. Esta bruma blanquecina desaparecerá diluyéndose con el calentamiento del sol al quemarse la inversión cerca del mediodía.

En cambio, si desde nuestro mismo punto elevado de observación (o desde un avión) contemplamos en una mañana fría un valle como el de México, donde la urbanización ha rebasado los límites de la cuenca, apreciamos todavía con más claridad la magnitud (es decir la intensidad y profundidad) de la inversión térmica ya que el gran volumen de emanaciones antropogénicas (vehiculares y de fábricas) aparecerá como una masa que cubre la ciudad y se desborda hasta los confines de la cuenca y aún más al'á. Es el llamado *smog*; sólo los picos más altos del valle emergen a esas horas del smog simulando islas en un enorme lago cuyas aguas nos impiden ver la ciudad que se encuentra en el fondo. En esta condición podemos estar seguros que existe durante esa mañana una inversión térmica en la cuenca de México; y aún podemos estimar su profundidad, ya que si sólo emergen las prominencias que rodean la planicie, la altura de la inversión será igual a la diferencia de elevaciones, es decir, unos 1 500 a 2 000 m. Esta masa de aire sucio que cubre una extensión aproxima-

da de unos 5 000 km² de la cuenca y tiene a esas horas de la mañana de 1.5 a 2 km de profundidad resulta en un volumen de aire contaminado de entre 7 500 y 10 000 km³. Esto nos indica que a esas horas críticas de la mañana, en presencia de una inversión marcada, sólo disponemos de dicho volumen de aire en la cuenca y que siendo tan grande es evidente que hemos rebasado su capacidad para diluir contaminantes en él, al grado que es posible percibir visualmente su impureza. Ahora bien, este enorme lago de aire matutino estancado y sucio (evidenciado por la inversión) no es igualmente tóxico en toda su extensión. Las mayores concentraciones de gases y partículas se encuentran cerca de las fuentes (en el centro y zona fabril) o viento abajo de éstas (normalmente al sur y al poniente). Más allá, los niveles decrecen a menos de la mitad.

Además, y por fortuna para los habitantes del D.F., el fenómeno de la inversión térmica sólo persiste en la estación seca (noviembre a abril). Esto se debe tanto a las bajas temperaturas prevaletcientes al amanecer como al aire seco que se evidencia durante las noches despejadas (es decir, sin nubes).

La presencia de aire más turbulento y húmedo durante la temporada de lluvias limita el enfriamiento nocturno y consecuentemente las inversiones térmicas son entonces menos frecuentes, como puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1

FRECUENCIA (en %) DE LAS INVERSIONES SUPERFICIALES EN EL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE MEXICO EN 1981

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
FREC. %	79	77	78	51	46	6	3	20	5	11	53	84

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

En la misma proporción en que decrece la frecuencia de las inversiones térmicas mejorarán las condiciones para respirar aire de mejor calidad en las horas de la mañana.

Además, durante la estación húmeda las gotas de lluvia lavan en cierta medida las impurezas del aire urbano. El resultado es que, en promedio, los niveles de contaminantes se abaten o disminuyen a la mitad (o menos) respecto a la estación fría, como se aprecia en la Tabla 2.

enero fue el más desfavorable, con un nivel superior al doble de la mencionada norma.

En resumen podemos concluir que las inversiones térmicas que ocurren con más frecuencia en las mañanas de la estación seca limitan o restringen la dispersión de contaminantes que se emiten en la capital haciendo que la nube de *smog* sea más densa y peligrosa para la salud de los capitalinos. Las inversiones térmicas que siempre existieron en el valle de México pueden tener una mayor peligrosidad en in-

Tabla 2

VARIACION ESTACIONAL DEL BIOXIDO DE AZUFRE (SO₂) Y DE LOS POLVOS EN SUSPENSION EN LA ESTACION DE TACUBA EN 1982 (en ug/m³)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
POLVO	525	470	380	324	260	220	178	180	190	195	300	340
SO ₂	320	205	205	125	120	48	70	120	70	110	185	150

Fuente: Cortesía de SEDUE.

Las Tablas 1 y 2 nos muestran una correspondencia estrecha entre la frecuencia de inversiones superficiales y los niveles de contaminación observados en el valle de México y nos señalan que mientras más frecuente es la presencia de inversiones térmicas, más elevados son los niveles de contaminación (por polvos y gases) en el área urbana de la ciudad y viceversa.

Lo anterior no significa que esta situación meteorológica (la inversión) sea como una especie de monstruo que nos acecha en las mañanas de invierno. La misma inversión ocurre simultáneamente en otros valles vecinos al de México, y no sucede nada; de hecho éste es un fenómeno universal que se observa al amanecer en todos los valles del mundo.

Cuando hay condiciones de inversión térmica en los valles del altiplano la única cuenca donde hay riesgo de un episodio por los altos niveles de contaminación, es la correspondiente a la ciudad de México donde el volumen de contaminantes que se arrojan a dicha capa de inversión es tal que rebasa su capacidad de dilución y los niveles de algunos contaminantes suben por arriba de la norma aceptable de salubridad. Esta norma, para el caso de los polvos es de 260 microgramos por m³. Una mirada a la Tabla 2 nos hace ver que para la zona de Tacuba sólo en los meses de julio a octubre (de 1982) el aire tuvo ahí una calidad aceptable, mientras que el mes de

viernos extremosos. Como hasta el presente no es posible predecir el clima con meses de anticipación, tampoco se puede saber si habrá muchas o pocas inversiones. En consecuencia, la única providencia que podemos tomar los habitantes de la ciudad es *reducir* el volumen de contaminantes, especialmente durante la estación seca (nov-abr), y está en las manos de cada uno de nosotros colaborar, en la medida de nuestras posibilidades, en dicho esfuerzo. Sólo así podremos esperar que llegará el día en que, a pesar de que se observe una fuerte inversión térmica en una fría mañana invernal en este valle de México, la calidad del aire se mantenga satisfactoria debido a que ya no rebasemos su capacidad de dilución.

Las campañas promovidas por las autoridades de la ciudad y por SEDUE tales como la de limitar el uso del automóvil un día a la semana o la de retrasar el horario de los escolares en el invierno ayudarán sin duda a abatir los niveles de smog.

Desafortunadamente estas medidas no serán suficientes como lo demuestra el hecho de que en el periodo vacacional de diciembre pasado (1987), a pesar de la ausencia notoria de tráfico vehicular, los niveles de contaminación se mantuvieron persistentemente elevados, principalmente por el gas llamado ozono, que proviene de los vapores de la gasolina en días soleados. Esto puede apreciarse en la Tabla 3, formada con datos de la red de muestreo de

la SEDUE para 3 días de la temporada vacacional. La escala del índice es como sigue:

CALIDAD	
0	- 50 BUENA
51	- 100 REGULAR
101	- 200 MALA
201	- 300 MUY MALA

Una ojeada a la Tabla 3 nos hace ver que, aún en días de vacaciones, la nube de smog de la ciudad persiste y la calidad del aire fue predominantemente mala y a veces muy mala como ocurrió en el centro y en el suroeste.

Los datos anteriores nos demuestran que para que lleguemos a respirar aire de buena calidad (0 a 51 en la escala) se tendrá que reducir la actividad fabril y automotriz más de lo que se observa en un periodo vacacional de fin de año.

Tabla 3

VALORES DEL INDICE DE CALIDAD DEL AIRE EN 5 RUMBOS DE LA CIUDAD DE MEXICO EN 3 DIAS DE DICIEMBRE DE 1987

ZONA	VALOR DEL INDICE		
	Del 22 al 23 CONTAM.	Del 24 al 25 CONTAM.	Del 26 al 27 CONTAM.
NW	165 O ₃ *	159 O ₃	147 O ₃
NE	96 POLVO	92 POLVO	126 POLVO
SW	209 O ₃	137 O ₃	184 O ₃
SE	73 O ₃	137 O ₃	134 O ₃
CENTRO	173 O ₃	155 O ₃	202 O ₃

Fuente: SEDUE

* O₃ significa que el ozono predominó.

Energy and Mineral Potential of the Central American - Caribbean Region

*San Jose, Costa Rica
March 5 - 9, 1989*

