

Los Índices de Calidad del Aire: Alcances y Limitaciones

Nota de divulgación

Biol. Armando Correa García

Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Ciudad Universitaria. Morelia. Michoacán. México. Correo electrónico: Armandocorea@yahoo.com.

Resumen

En este trabajo se revisa el método de cálculo IMECA y los cambios realizados del mismo, como resultado de la publicación en el 2006 del reglamento IMECA para el Distrito Federal. Entre otros resultados se concluye que la técnica vigente para elaborar el reporte IMECA difiere poco con respecto del método propuesto inicialmente. Por otra parte, las modificaciones efectuadas a este índice, provienen de los cambios realizados en 1999 al Pollution Standard Index (PSI). Actualmente conocido como Air Quality Index (AQI).

Palabras Clave: Contaminación atmosférica, índices de calidad del aire; IMECA, PSI, AQI, función lineal, traslape.

Abstract

In this work one reviews the method of calculation IMECA and the changes realized of the same, as a result of the publication in the 2006 of regulation IMECA for the Federal District. Among others results conclude that the effective technique to elaborate report IMECA defers little with respect to the method proposed initially. On the other hand, the modifications conducted to index, come from the changes realized in 1999 to the Pollution Standard Index (PSI). At the moment known like Air Quality Index (AQI).

Key words: Air pollution, indices of quality of the air; IMECA, PSI, AQI, linear function, overlaps.

Introducción

Desde la década de los ochenta del siglo pasado, el índice oficial de contaminación del aire en México ha sido el Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA); inicialmente, se obtenía para cada contaminante basado en dos puntos de quiebre que se consideraban valores estadísticamente conocidos, por encima de los cuales ocurren alteraciones significativas en la fisiología humana [3]. Así, las rectas que unen dichos puntos sirven para convertir valores de concentraciones de contaminantes en el aire, a cifras en una escala arbitraria que va de 0 a 500 puntos. A

partir de entonces, este índice fue aceptado como una adaptación del Pollution Standard Index (PSI) utilizado en Estados Unidos de Norteamérica [2, 3, 5].

Metodología del IMECA

El algoritmo para elaborar este índice, por ejemplo para el Ozono (O₃) se toman los valores extremos 0.11-0.6 partes por millón (ppm), y se calculan para este rango sus correspondientes parámetros de la función lineal como la pendiente $A = 909.0909; 816.3265$ que definen el intervalo 100-500 puntos IMECA respectivamente, y la ordenada al origen $B = 10.2041$. Así que, para convertir 0.11 ppm de O₃ en puntaje IMECA se utiliza la ecuación ($\text{ppm} \cdot A$); sustituyendo, $0.11 \cdot 909.0909 = 100$ IMECAS; en caso contrario $(\text{IMECA}/A) = 99.9999/0.11 = 0.11$ ppm [3].

Para el segundo valor de 0.6 ppm se emplea la ecuación ($\text{ppm} \cdot A + B$), y sustituyendo $0.6 \cdot 816.3265 + 10.2041 = 500$ IMECAS; en caso contrario $(\text{IMECA} - B)/A = 500 - 10.2041 / 816.3265 = 0.6$ ppm [3]. Esta técnica en principio supone que la calidad del aire afecta la salud de la población en forma lineal (Figura 1) lo cual teóricamente no corresponde con la realidad [2], porque definitivamente el propósito del PSI no es explicar los efectos en la salud asociados con los principales contaminantes [6] debido a esto, la USEPA publicó en 1999 el Air Quality Índice (AQI) que sustituyó al PSI.

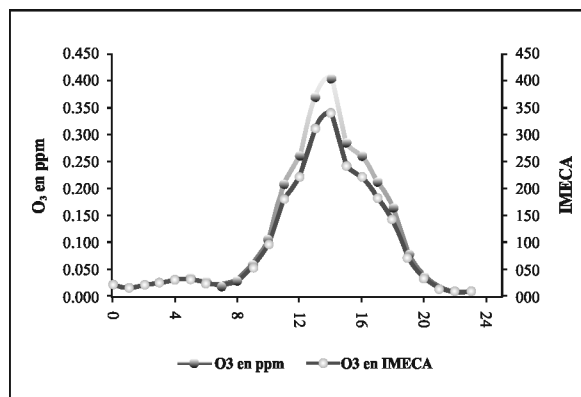


Figura 1. Patrón diario del O₃ en el sitio de muestreo Pedregal, al suroeste de la Ciudad de México. Año 1988.

Algunas de las diferencias principales entre estos índices son: 1) El AQI incorpora revisiones de salud pública, basado en los estándares nacionales de calidad del aire ambiente, por ejemplo para el O₃ al nivel de suelo; 2) Incluye una nueva categoría 101-150 designada insalubre para grupos sensibles, y la adición opcional de una declaratoria preventiva que puede utilizarse en los límites superiores del rango del O₃ 8-horas estándar moderada, y 3) Incorpora una nueva matriz de valores (Tabla 1. A/B).

No obstante la descripción anterior el cálculo AQI es similar al PSI, por ejemplo para pasar el valor 0.08753333 ppm de O₃; primero se redondea a 0.087 luego, el lector debe localizar el rango del O₃ 8-horas que cae por arriba y debajo del valor dado (0.085-0.104) los cuales se relacionan con el intervalo 101-150, y se sustituyen en la ecuación anotada de la tabla ya mencionada, de esta forma la cifra 0.087 ppm de O₃ se convierte en 106 puntos AQI (Tabla 2A).

Aplicaciones de los índices de calidad

Por otra parte, la modernización del IMECA en México, fue parecido con respecto de la descripción que se abordó previamente. Algunas de las diferencias

y similitudes entre estos índices IMECA/AQI son: 1) los intervalos de clase son diferentes; 2) El IMECA no incorpora áreas que requieren un reporte de O₃ 8-horas (Tabla 1-2). En cambio, los tonos utilizados para los rangos son los mismos, y los nuevos métodos (ver ecuaciones Tabla 2. A/B) para elaborar estos índices no muestran cambios significativos con respecto al método propuesto inicialmente, tal como se demuestra para el IMECA en un estudio reciente [8], o bien para mayor información al respecto consultar [3, 4, 5 y 6]. Asimismo, publicaciones recientes sobre estos índices reportan un efecto de traslape [7], y más del 90% de los índices estimados de la calidad del aire presentan dicho efecto [1]; el cual ocurre, cuando las concentraciones de uno ó mas contaminantes alcanzan valores elevados inaceptables [6]; esto último, podría ser el caso del O₃ para un día común en la ciudad de México (Figura 1). La descripción anterior, tiene en consecuencia alcances que consisten en una mejor comprensión pero limitada en términos relativos para el público en general, siendo difícil que muestren relaciones marcadas en la salud pública [1]. Incluso en México, últimamente se aceptó la inexistencia de un documento oficial que defina el significado y utilidad del puntaje IMECA [5], o bien que este aspecto debe revisarse en el futuro inmediato.

Puntos de quiebre PSI								Igualar éstos	(A)
O ₃ (ppm)	O ₃ (ppm)	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	PSIs...	Category	Categoría
8-horas	1-horas ¹	ug/m ³	ug/m ³				PSI		
0.000-0.069	-	0-54	0.0-5.4	0.0-4.4	0.000-0.034	(²)	0-50	Good	Buena
0.070-0.084	-	55-154	15.5-65.4	4.5-9.4	0.035-0.144	(²)	51-100	Moderate	Moderada
0.085-0.104	0.125-0.164	155-254	65.5-100.4	9.5-12.4	0.145-0.224	(²)	101-150	Unhealthy for Sensitive groups	Insalubre para grupos sensibles
0.105-0.124	0.165-0.204	255-354	100.5-150.4	12.5-15.4	0.225-0.304	(²)	151-200	Unhealthy	Insalubre
0.125-0.374	0.205-0.404	355-424	150.5-250.4	15.5-30.4	0.305-0.604	0.65-1.24	201-300	Very unhealthy	Muy insalubre
(0.155-0.404) ⁴									
(³)	0.405-0.504	425-504	250.5-350.4	30.5-40.4	0.605-0.804	1.25-1.64	301-400		
(³)	0.505-0.604	505-604	350.5-500.4	40.5-50.4	0.805-1.004	1.65-2.04	401-500	Hazardous	Peligrosa

Tabla 1A. Puntos de quiebre e interpretación actual del PSI. Fuente [4,6].

Nueva Matriz del Índice de Calidad del aire (AQI) antes PSI en US							(B)
Contaminante / Punto de quiebre	Insalubre para grupos sensibles					Peligrosa	
	Moderada	Insalubre	Muy insalubre				
Valor del punto de quiebre correspondiente al índice	51-100	101-150	151-200	201-300	301-400	401-500	>501
	51	101	151	201	301	401	>501
No tiene en							
O ₃ 1 hr	corto tiempo AQS						
O ₃ ¹ 8 hr	0.064 ppm	0.084 ppm	0.104 ppm	0.124 ppm	0.374 ppm	sin valor dado-tratar igualar que 1 hr	
PM _{2.5} 24-hr	15.4 ug/m ³	40.4 ug/m ³	65.4 ug/m ³	150.4 ug/m ³	250.4 ug/m ³	350.4 ug/m ³	500.4 ug/m ³
PM ₁₀ 24-hr	54 ug/m ³	154 ug/m ³	254 ug/m ³	354 ug/m ³	424 ug/m ³	504 ug/m ³	604 ug/m ³
CO 8 hr	4.4 ppm	9.4 ppm	12.4 ppm	15.4 ppm	30.4 ppm	40.4 ppm	50.4 ppm
SO ₂ 1hr	0.034 ppm	0.144 ppm	0.224 ppm	0.304 ppm	0.604 ppm	0.804 ppm	1.04 ppm
NO ₂ 1hr	Sin criterio disponible en corto tiempo			0.65 ppm	1.25 ppm	1.65 ppm	2.04 ppm

Fuente: Federal Register Vol. 64, No. 149 Environmental Protection Agency 40 CFR Part 58 Air Quality Index Reporting "Final Rule." en Hewings, (2001)

Tabla 1B. Puntos de quiebre e interpretación actual del AQI. Fuente [4,6].

Fórmula para calcular el PSI	
$Ip = \frac{I_{HI} - I_{LO}}{BP_{HI} - BP_{LO}} (C_p - BP_{LO}) + I_{LO}$	Ejemplo: $\frac{(101-150)}{(0.104-0.085)} (0.087-0.085) + 101 = 106.157 = 106$
En donde Ip= Índice para el contaminante Cp= Redondeo de la concentración del contaminante BP _{HI} = Punto de quiebre ≥ que Cp BP _{LO} = Punto de quiebre ≤ que Cp I _{HI} = El valor correspondiente del PSI para BP _{HI} I _{LO} = El valor correspondiente del PSI para BP _{LO} Fuente: EPA-DRAFT, 1998	¹ Áreas que requieren valores de O ₃ basados en 8 hrs para divulgar el PSI ² NO ₂ que no tiene ningún corto tiempo NAAQS, sólo se puede generar un PSI por arriba de 200 PSI ³ Los valores de 8-horas de O ₃ no definen valores más arriba de PSI (≥301) Los valores de PSI 301 o más se calculan con concentraciones de O ₃ de 1 hr. ⁴ Los valores entre paréntesis están asociados con valores de 1 hr, para ser utilizados sólo en esta categoría de traslape

Tabla 2A. Metodología para calcular el AQI.

Contaminante	Intervalo del IMECA	Intervalo de concentraciones en ppm	Ecuaciones de transformación	Ecuación simplificada
O ₃	0-50	0.000-0.055	$I[O_3] = C[O_3] * 50 / 0.055$	$I[O_3] = C[O_3] * 100 / 0.11$
	51-100	0.056-0.110	$I[O_3] = 50 - 0.055 * 50 / 0.055 + C[O_3] * 50 / 0.055$	
	101-150	0.111-0.165	$I[O_3] = 100 - 0.11 * 100 / 0.11 + C[O_3] * 100 / 0.11$	
	151-200	0.166-0.220	$I[O_3] = 150 - 0.165 * 50 / 0.055 + C[O_3] * 50 / 0.055$	
	>200	>0.220		

Tabla 2B. Puntos de quiebre y método actual del IMECA para el O₃. Fuente [5].

Conclusiones

Actualmente existe un error de concepto entre los índices de calidad del aire y propiamente las unidades de medición en partes por millón (ppm) sobre el tema de contaminación atmosférica. Los índices de calidad del aire se distinguen porque desajustan las unidades de medición universalmente más aceptadas, produciendo confusión. Por tanto, sólo deben considerarse como grado de contaminación en términos relativos.

Agradecimientos

Al Doctor Enrique Rico Arzate y Margarito Coronado Maldonado, de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas ESQIE del Instituto Politécnico Nacional (IPN), por sus comentarios y sugerencias en este estudio.

Referencias

- [1] Bishoi et al. (2009) A Comparative Study of Air Quality Index Based on Factor Analysis and US-EPA Methods for an Urban Environment. *Aerosol and Air Quality Research*, Vol. 9, No. 1, pp. 1-17, 2009.
- [2] Bravo, H. A. et al. (1992). "La Contaminación Atmosférica por ozono en la zona metropolitana de la ciudad de México", *La contaminación atmosférica en México. Sus causas y sus efectos*, cap. IX, Comisión Nacional de Derechos Humanos, México, pp. 173-184.
- [3] Correa-García, A. (2004) *Contaminantes Atmosféricos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. Universidad Autónoma

Metropolitana-Instituto Politécnico Nacional. Edición 2004. Primera reimpression 2009. Impreso en México.

- [4] Environmental Protection Agency US. (1998) *Guideline for Reporting of Daily Air Quality-Pollutant Standards Index (PSI)*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, North Carolina 27711. EPA-DRAFT, December, 1998.
- [5] Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2006) Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-009-AIRE-2006, Que Establece los Requisitos para Elaborar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente, 29 de noviembre, 2006.
- [6] Hewings, J. (2001). Air Quality Indices: A Review. A report prepared for Environment Canada by Pollution Probe. October, 2001. Pp. 7-63.
- [7] Sengupta, B., Sharma, M., Shukla, P., Maheshwari, M. (2000). Air Quality Index for Data Interpretation and Public Information. *Proceedings of International Conference on Air Quality Index and Emission inventory for Delhi, Centre for Science and Environment, New Delhi, India*.
- [8] Trejo-Vázquez, R. (2006). El IMECA: Indicador del Grado de Contaminación de la Atmósfera. *Conciencia Tecnológica*. No. 31, Enero-Junio, 2006. Instituto Tecnológico de Aguascalientes. México.

Artículo recibido: 20 de enero de 2011

Aceptado para publicación: 10 de nov. de 2011