

# VII SIMPOSIO SOBRE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y ENERGÉTICOS DE CERO EMISIONES DE CARBÓN



## EVALUACIÓN DE PRONÓSTICOS DE O<sub>3</sub> EN MORELIA, MICHOACÁN



Correa-García, A.

Responsable técnico de la caseta de monitoreo. Secretaría De Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SDUMA). Dirección de Protección al Medio Ambiente. H. Ayuntamiento de Morelia. Circuito Mintzita Núm. 470. Frac. Manantiales CP. 58170 Morelia, Mich, México. Tel/Fax (443) 32207-20  
Email: Armandocorea@yahoo.com



### Resumen

La ciudad de Morelia, se incorporó recientemente al Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire (SINAICA) con una modesta estación de monitoreo, que mide en forma automatizada los contaminantes atmosféricos: Monóxido de carbono (CO), Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>), Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Partículas suspendidas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>) y los parámetros meteorológicos Temperatura, Velocidad y Dirección del viento; logrando así, el establecimiento de un Programa Permanente de Monitoreo Atmosférico, con fines de Planeación y Diagnóstico. Por otra parte, el monitoreo del año 2008, se distinguió por la falta de información en la mitad del año; por este inconveniente, la SDUMA presentó un ensayo sobre los futuros valores del promedio mensual del O<sub>3</sub> que podrían presentarse en el 2009, bajo el supuesto de que las concentraciones de O<sub>3</sub> suben conforme la temperatura aumenta. Debido a esto, en este estudio se evalúa la eficiencia del modelo propuesto por esta Institución Gubernamental.

En términos generales, el modelo mostró una discrepancia grande entre los valores predichos y observados del 2009, lo cual podría atribuirse a la frecuencia de los procesos de calibración y mantenimiento practicados en este año. Estos resultados, sugieren que el promedio mensual del 2008, debe conservarse como una primera guía, en términos técnicos y el modelo un primer intento para explicar el proceso de formación del O<sub>3</sub>, sin embargo, una virtud del mismo, fue el incremento de la precisión al final del año, en donde los valores predichos quedaron dentro del rango del error estimado; característica, que coincide con otros estudios reportados en la literatura.

### Metodología

De acuerdo con los resultados obtenidos en el segundo informe de la calidad del aire en la Ciudad de Morelia, 2008, la proporción de muestreo fue insuficiente a partir del segundo semestre del año; sin embargo, los primeros meses enero-mayo para los contaminantes precursores del O<sub>3</sub> (NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub>) y el mismo ozono, la confiabilidad de la información fue  $\geq 75\%$  diario-mensual; los demás meses con excepción de diciembre, tuvieron muestreos por debajo del 50%, pero cumpliendo con el criterio del 75% diario. Este proceso de obtener el promedio mensual, incluyó además la eliminación de valores repetidos y los registrados en los procesos de calibración de los equipos.

A partir de estos promedios mensuales del O<sub>3</sub>, se realizaron análisis de correlación y regresión no lineal entre los contaminantes precursores, el O<sub>3</sub> y las variables meteorológicas. El modelo matemático hallado indicó, que las concentraciones de ozono suben conforme se incrementa la temperatura con coeficiente de correlación 0.75; probabilidad  $p < 0.00745$  y un error estándar de 0.011 ppm (Figura 1); sin embargo, los primeros resultados de enero-febrero fracasaron (círculos rojos).

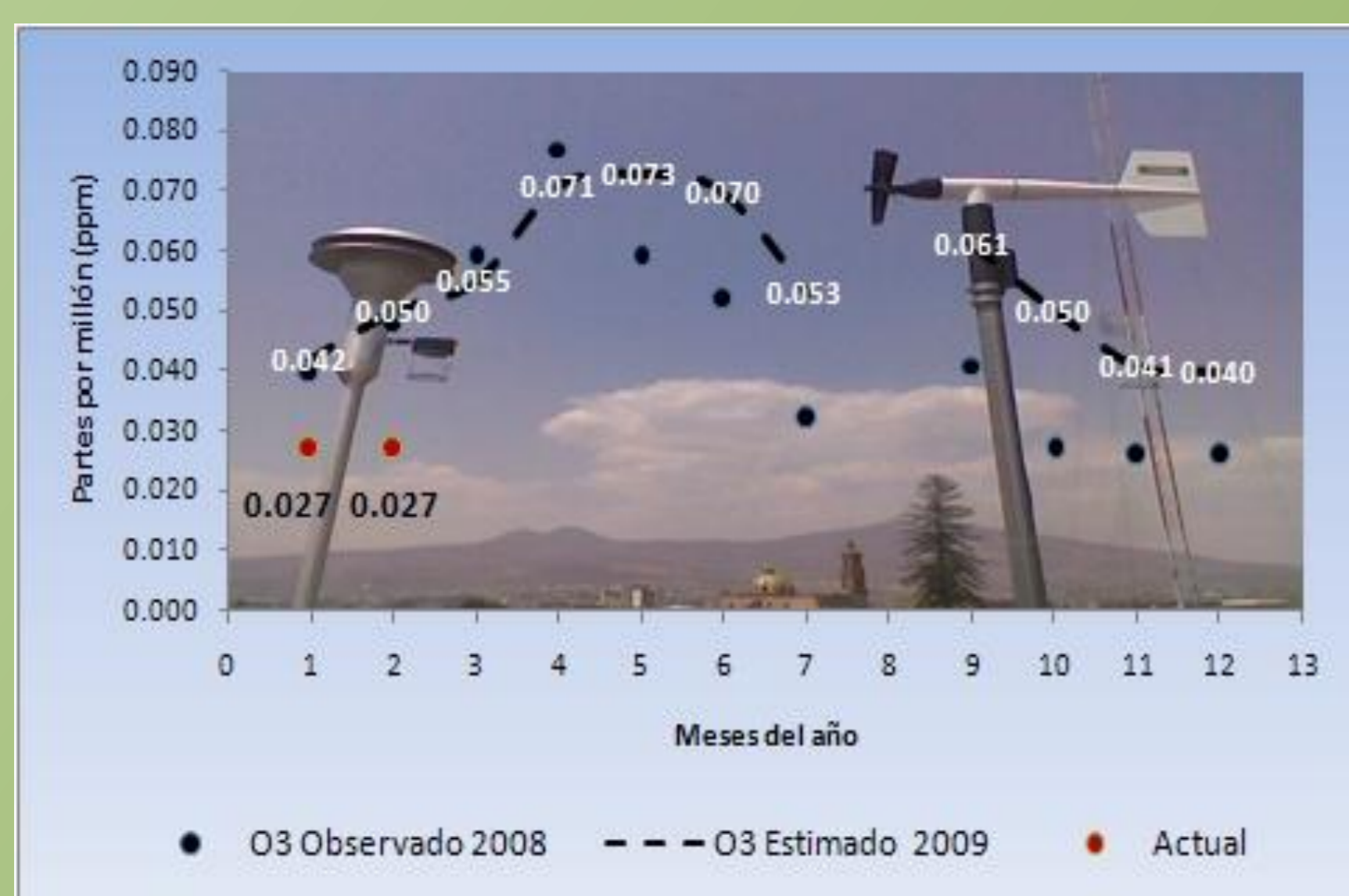


Figura 1. Proyección del promedio mensual de O<sub>3</sub> para el año 2009. Fuente Dirección de Protección al Medio Ambiente, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SDUMA) H. Ayuntamiento de Morelia, 2009.

### Resultados

El fundamento del modelo explicado brevemente en la sección anterior; se cotejó con el promedio mensual obtenido en el año 2009, siguiendo la misma metodología de limpieza de datos antes mencionada. Como se puede apreciar en la figura 2, las proyecciones fueron sobrestimadas y proporcionales en 50% fallidas y 50% satisfactorias; sin embargo, sólo en noviembre y diciembre las estimaciones quedaron dentro del rango de error estimado.

Nótese, que conforme se aleja uno del tiempo predicho, el valor futuro es mas preciso, por ejemplo los dos últimos meses; lo cual parece contradictorio, debido a la variabilidad de las condiciones atmosféricas que se presentan en el año, o bien la falla en el suministro de energía eléctrica ocurrida en febrero, 2009 con el analizador de O<sub>3</sub>, teniendo en consecuencia un cambio de 0.027 a 0.033 ppm (Figura 1-2); esta falla, fue reportada por (Correa-García, 2009). Pese a esto, otros estudios en materia de pronóstico han reportado estas características (Correa-García & Zavala-Hurtado 2002; Correa-García & Rico, 2005; Rico *et al.*, 2007).

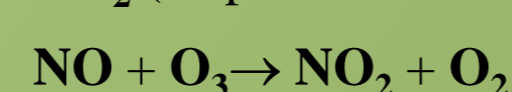
Por otra parte, los primeros cinco meses del 2008 deben considerarse con cierta reserva, debido al factor de desajuste del analizador. Teniendo así, el servicio de calibración y mantenimiento a todos los equipos de monitoreo a finales de mayo 2008; otros problemas técnicos, se presentaron y fueron corregidos a fines del 2008. El efecto en la regularidad de los procesos de calibración y mantenimiento, mostró un monitoreo más eficiente en el 2009.

Aún así, la proyección resultó en una curva de tendencia sobrestimada que describió debidamente los valores observados (Figura 2), pero con discrepancia grande entre los valores calculados y obtenidos del 2009, lo cual podría atribuirse al efecto de ajuste de los equipos señalado anteriormente, principalmente en el primer semestre 2008, lo cual sugiere que el promedio mensual del 2008, debe conservarse como una primera guía, en términos técnicos y el modelo como un primer intento para explicar el proceso de formación del ozono.



Figura 2. Proyección del promedio mensual de O<sub>3</sub> para el año 2009, comparado con los valores obtenidos por la caseta de monitoreo en el mismo año.

La descripción anterior, sugiere una modificación al modelo, por ejemplo la incorporación de la serie completa 2008/09 (Figura 3) propone que el O<sub>3</sub> sube por el efecto combinado de los cambios en las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>, NO) y la temperatura con un nivel aceptable, para los primeros  $p = 0.035972$ ;  $p = 0.033846$  y  $p = 0.002132$  respectivamente con significancia de  $p = 0.05$ . Un coeficiente de correlación múltiple  $R = 0.87$ ; probabilidad  $p = 0.00165$  y error estándar de 0.00825 ppm, sobresaliendo la temperatura con mayor nivel de significancia en el modelo; incluye además, un límite inferior-superior de confiabilidad del 95%. Por otra parte, la influencia de la temperatura, para la misma ciudad fue reportada por (Correa-García, 2009), mientras que los estudios sobre la formación de O<sub>3</sub> en condiciones controladas, tiene lugar a partir del ciclo fotolítico del dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), como se ilustra en las siguientes reacciones:



De acuerdo con estas reacciones, la luz solar y el monóxido de nitrógeno (NO) dan lugar a un equilibrio entre O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y NO. Cualquier reacción que produzca NO<sub>2</sub> sin destruir el ozono, alterará dicho equilibrio, produciendo un incremento neto en la concentración de ozono Falcón, (1989) en Correa-García, (2004), o bien que en ausencia de compuestos orgánicos volátiles, especialmente hidrocarburos olefinicos y aromáticos, el ozono reacciona con el NO para formar de nuevo NO<sub>2</sub>, con lo que se cierra el ciclo fotolítico de este producto, no siendo significativa la formación neta de ozono Velázquez de Castro, (2001).

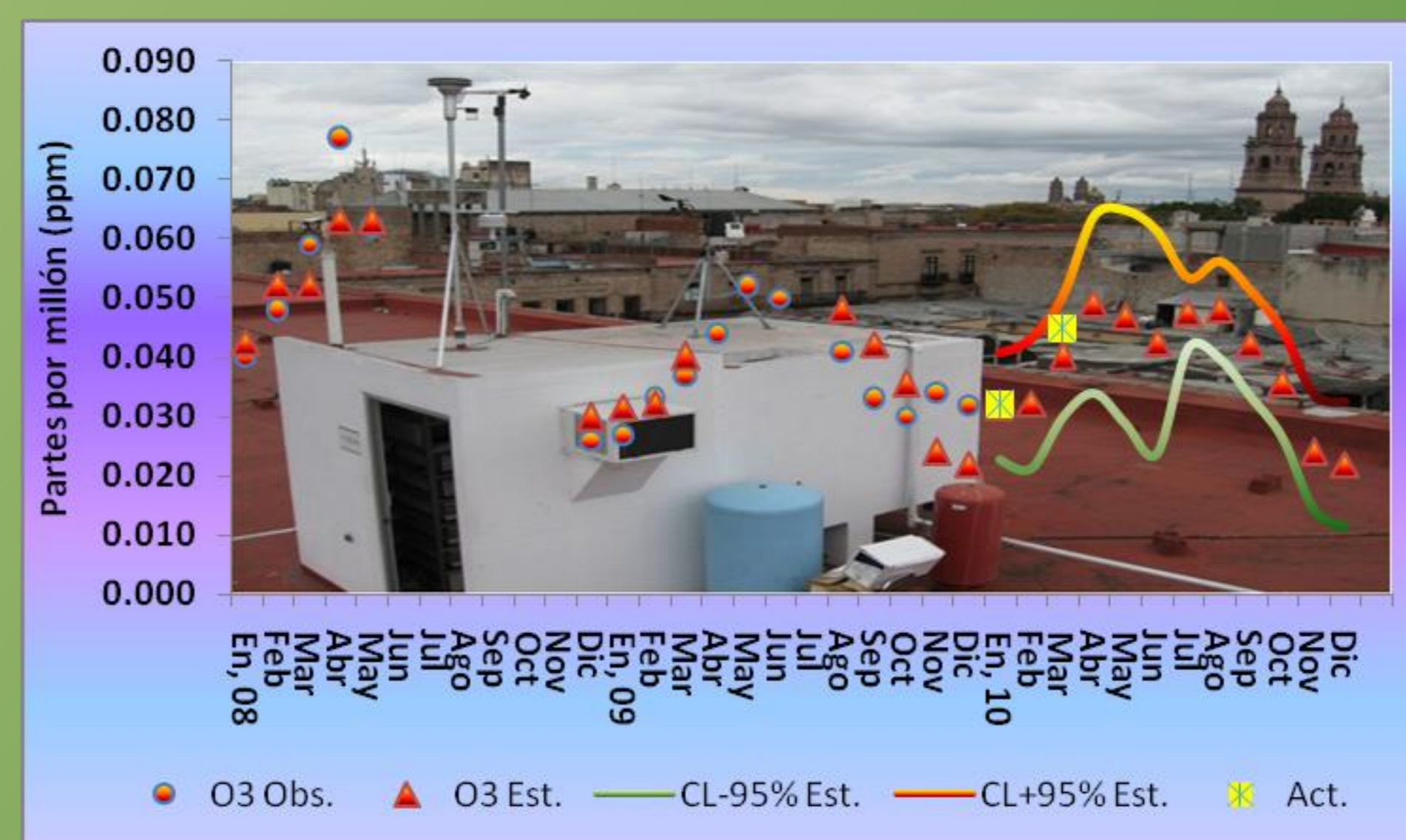


Figura 3. Proyección del promedio mensual de O<sub>3</sub> para el año 2010 en la Ciudad de Morelia, a partir de los valores obtenidos por la caseta de monitoreo durante el periodo 2008/09.

Esta última referencia podría ser el caso de Morelia, debido a la nula correlación negativa del O<sub>3</sub> con los NO<sub>x</sub>; NO -0.19;-0.52, (Correa-García, 2009), o bien que las emisiones de estos contaminantes podrían ser insuficientes para promover episodios de smog foto químico. Nótese, que la recta de ajuste (Figura 3) es mas estrecha con los valores de O<sub>3</sub> observados, en tanto que la proyección al 2010, indica un incremento para enero, marzo, abril, agosto, septiembre y octubre del; 17.03%, 8.54%, 11.73%, 17.22%, 27.99% y 19.14% respectivamente. En cambio, se espera un descenso para febrero, mayo, junio, y noviembre-diciembre de; 2.23%, 9.93%, 14.78%, 29.29% y 31.41% respectivamente.

No obstante, que la evaluación del primer modelo parece inadecuado (Figura 2) porque incluyó los valores de junio a noviembre, que no son representativos. Y sin embargo, fue necesario para plantear un primer escenario a corto plazo; incluso, se puede distinguir que el nuevo modelo (Figura 3) no contiene dicho valores, pero a su vez los datos faltantes de la temperatura en 2009, (abril, mayo, junio y julio) fueron sustituidos por los obtenidos en 2008. Por esta razón, incluidos los procesos futuros de operación y funcionamiento de los equipos de monitoreo, los valores esperados al 2010 no están exentos de fallar. Sin embargo, esto último representa las primeras bases de la interpretación sobre la formación de ozono en esta ciudad, las cuales podrían o no, modificarse en futuros trabajos de investigación, tal como se demuestra en este estudio.

### Conclusiones

El promedio mensual del ozono en la ciudad de Morelia, observado en el 2009 puede considerarse el primer año, para efectos de tendencia anual-mensual en el futuro inmediato. En cambio, el 2008, debe distinguirse únicamente como referencia. Por lo tanto, no se reconoce ninguna tendencia al aumento de O<sub>3</sub>.

La emisión de contaminantes precursores de ozono en la atmosfera urbana de la ciudad de Morelia, todavía son insuficientes para promover contingencias ambientales por O<sub>3</sub>, al menos en el centro histórico de la ciudad. Se recomienda continuar con el monitoreo para consolidar una base sólida y confiable de la información.

La eficiencia del modelo predictivo a corto plazo, presentado en este estudio, puede considerarse suficiente y válido para justificar la confiabilidad de la información. Las proyecciones esperadas al año 2010, podrían o no cumplirse, en combinación con los procesos de calibración y mantenimiento de los equipos de monitoreo.

### Referencias

- Correa-García, A. (2009) Calidad del aire en la ciudad de Morelia. Contactos. Revista de educación en ciencias e ingeniería. (México) 3<sup>a</sup> Época. Núm., 74, Pp. 29-36. Octubre-Diciembre, 2009. Universidad Autónoma Metropolitana. <http://www.iztapalapa.uam.mx>.
- Correa-García, A & Rico, A. E. (2005) Contaminación por SO<sub>2</sub> en la zona metropolitana del valle de México. Contactos. Revista de educación en ciencias e ingeniería. (México) 3<sup>a</sup> Época. Núm., 55, Pp. 5-10. Enero-Marzo, 2005. Universidad Autónoma Metropolitana. <http://www.iztapalapa.uam.mx>.
- Correa-García, A. (2004) Contaminantes Atmosféricos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Instituto Politécnico Nacional-Universidad Autónoma Metropolitana. Primera edición. Pp. 280. Impreso en México, DF. México.
- Correa-García, A. & Zavala-Hurtado, A. (2002) Contaminantes precursores del ozono en la Ciudad de México. *Ciencia y Desarrollo* (México) 28(166) pp. 48-55. <http://www.conacyt.mx>.
- Instituto Nacional de Ecología (INE, 2007) Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire (SINAICA, 2007) Servicios de seguimiento a la operación y cobertura del SINAICA, Proyecto 2007. Informe Final. Matías Software Group. Pp. 1-31. Diciembre, 2007. <http://www.ine.gob.mx>.
- Peláez- Figueroa, A & Correa-García, A. (2007) Análisis Preliminares de las Tendencias de la Calidad del Aire en Morelia, Michoacán, México. Dirección de Protección al Medio Ambiente. Circuito Mintzita Núm. 470, fraccionamiento Manantiales, CP. 58170 Morelia Michoacán. México. Programa de Monitoreo Atmosférico. Primer Informe de Actividades 2007. H. Ayuntamiento de Morelia.
- Rico, A. E., Correa-García, A., & Coronado, M. M. (2007) Planeación ambiental en la ciudad de México. VI Simposio Sobre Contaminación Atmosférica. Celebrado en el Aula Magna de El Colegio Nacional. 17-19 de abril 2007, México, DF. México.
- Velázquez de Castro, F. (2001) El Ozono ¿Cuándo protege y Cuando destruye? Serie McGraw-Hill de Divulgación Científica. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Pg. 175. Impreso en España.

	N	O	T	A
<b>A partir del 31 de enero, 2010 el trasmisor de datos esta averiado. Se muestrea sistemáticamente cada 1 hora, nueve horas al día desde Marzo</b>				
	Enero		Marzo	
	O <sub>3</sub>		O <sub>3</sub>	
Enero, 2010	739		117	
Núm. Datos	0.032		0.045	
Promedio	0.014		0.017	
Desv. Est.	0.000		0.000	
Varianza	0.103		0.095	
Valor máximo	0.014		0.010	
Valor mínimo	99		16	
% de Muestreo	31		5	
Días monitoreados				