



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ

**RELACIÓN DE VISITAS A URGENCIAS POR CRISIS  
ASMÁTICA CON LOS NIVELES MÁXIMOS DIARIOS DE  
CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN PACIENTE  
PEDIÁTRICOS QUE RESIDEN EN LAS DELEGACIONES  
COYOACÁN, XOCHIMILCO, ÁLVARO OBREGÓN E  
IZTAPALAPA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:

**PEDIATRÍA**

P R E S E N T A:

**DRA. MARIANA JIMENA DIOSDADO GARCÍA**



TUTOR

**DR. JAIME DEL RÍO**  
MÉDICO ADSCRITO DEL DEPARTAMENTO DE INMUNOLOGÍA Y  
ALERGIA  
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ



México D. F.

Febrero 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**


**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.


---

Dra. Rebeca Gómez Chico Velasco  
Jefe del Departamento de Enseñanza y Desarrollo Académico



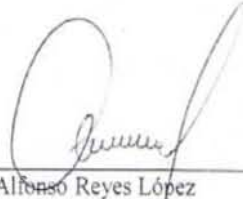
---

Dr. Jaime Del Río Chivardi  
Médico Adscrito del Departamento de Inmunología y Alergia



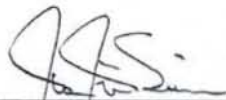
---

Dra. Blanca Estela Del Río Navarro  
Jefe del Departamento de Inmunología y Alergia



---

Dr. Alfonso Reyes López  
Maestro en Ciencias Médicas



---

Dr. Juan José Luis Sierra Monge  
Subdirector del Servicio de Pediatría Ambulatoria



---

Dra. Daniela De La Rosa Zamboni  
Jefe del Servicio de Epidemiología Hospitalaria

## DEDICATORIAS

A DIOS, por permitirme culminar una meta más en mi vida y guiar mis pasos día a día.

A MI MADRE, por su gran amor y por acompañarme desde el cielo. Por ella soy la persona que soy.

A MI PADRE, por brindarme todo su apoyo y confianza en cada una de las decisiones que tomé, por consolarme cuando fallé y animarme a seguir adelante.

A COSME, por todo su amor, comprensión, apoyo y confianza brindados durante estos tres años, por ser ejemplo de persona y médico, y por alentarme a ser mejor cada día.

A MI TUTOR, Jaime del Río, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto con él y por guiarme en cada momento.

A MIS AMIGAS, Rocío, Angélica, Sarahé y Alejandrina, por compartir esta travesía conmigo. En especial a Chio y Angy por hacer más fácil los días.

A mis pacientes, por permitirme aprender siempre de su enfermedad, por su fuerza y alegría. Por ser el motivo de que este aquí.

A todas a las personas que intervinieron en mi formación y que me brindaron su apoyo durante estos tres años.

# INDICE

<i>Parte</i>	<i>Página</i>
Agradecimientos	4
Índice	5
Abreviaturas, siglas y acrónimos	7
Lista de tablas	9
Lista de figuras	11
Introducción	24
Marco Teórico	25
Antecedentes	51
Planteamiento del Problema	54
Pregunta de Investigación	55
Justificación	56
Objetivos	57
Hipótesis	58
Métodos	59
Plan de Análisis Estadístico	61
Descripción de Variables	62
Resultados de Estudio	65
Discusión	84
Conclusión	90
Cronograma de Actividades	91
Referencias Bibliográficas	92

Figuras de concentraciones máximas diarias de  
contaminantes y crisis asmáticas

- Centro de Monitoreo Pedregal
- Centro de Monitoreo Santa Úrsula
- Centro de Monitoreo Tlahuac
- Centro de Monitoreo UAM Xochimilco
- Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa

## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

<b>Forma abreviada</b>	<b>Significado</b>
HIM	Hospital Infantil de México
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
GINA,	<i>Global Initiative for Asthma</i>
OMS	Organización Mundial de la Salud
IgE	Inmonoglobulina E
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Azufre
O <sub>3</sub>	Ozono
NOM	Norma Oficial Mexicana
NO <sub>2</sub>	Dióxido de Nitrógeno
FEV <sub>1</sub>	Volumen Espiratorio forzado en 1 Segundo
CO	Monóxido de Carbono
COHb	Carboxihemoglobina
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Ácido Sulfuroso
PST	Partículas Suspendidas Totales
SINAICA	Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
INER	Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
PED	Pedregal
TAH	Tláhuac



SUR	Santa Úrsula
UAX	UAM Xochimilco
UIZ	UAM Iztapalapa

## LISTA DE TABLAS

<b>Número</b>	<b>Nombre</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla 1</b>	Diagnóstico de asma en niños >5 años, adolescentes y adultos	32
<b>Tabla 2</b>	Características que sugieren asma en niños menores de 6 años	34
<b>Tabla 3</b>	Fármacos utilizados para el tratamiento de asma	36
<b>Tabla 4</b>	Clasificación y categorización de variables dependientes e independientes.	62
<b>Tabla 5</b>	Clasificación y categorización de variables intervinientes	64
<b>Tabla 6</b>	Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en todos los 5 centros de monitoreo ambiental y su relación con el número de crisis asmáticas	72
<b>Tabla 7</b>	Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal y su relación con el número de crisis asmáticas	74
<b>Tabla 8</b>	Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac y su relación con el número de crisis asmáticas	76
<b>Tabla 9</b>	Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula y su relación con el número de crisis asmáticas	78

<b>Tabla 10</b>	Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en el centro de monitoreo ambiental de la Universidad Autónoma Metropolitana en Xochimilco y su relación con el número de crisis asmáticas	80
<b>Tabla 11</b>	Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en el centro de monitoreo ambiental de la Universidad Autónoma Metropolitana en Iztapalpa y su relación con el número de crisis asmáticas	82

## LISTA FIGURAS

<b>Número</b>	<b>Nombre</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b>	Incidencia anual de asma en México por grupos de edad	22
<b>Figura 2</b>	Modelo conceptual para la inmunopatogénesis de asma	25
<b>Figura 3</b>	Distribución de los pacientes según género	100
<b>Figura 4</b>	Severidad de las crisis asmáticas de los pacientes	101
<b>Figura 5</b>	Distribución de las crisis asmáticas por mes de presentación	102
<b>Figura 6</b>	Destino de los pacientes con crisis asmáticas.	103
<b>Figura 7</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Julio de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	104
<b>Figura 8</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Julio de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	104
<b>Figura 9</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	105
<b>Figura 10</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	105
<b>Figura 11</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	106

<b>Figura 12</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	106
<b>Figura 13</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	107
<b>Figura 14</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	107
<b>Figura 15</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	108
<b>Figura 16</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	108
<b>Figura 17</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	109
<b>Figura 18</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	109
<b>Figura 19</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Enero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	110
<b>Figura 20</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Enero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	110
<b>Figura 21</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	111

<b>Figura 22</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	111
<b>Figura 23</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	112
<b>Figura 24</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	112
<b>Figura 25</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Abril de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	113
<b>Figura 26</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Abril de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal .	113
<b>Figura 27</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	114
<b>Figura 28</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	114
<b>Figura 29</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Junio de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal .	115
<b>Figura 30</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Junio de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal.	115
<b>Figura 31</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Julio de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	116
<b>Figura 32</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Julio de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	116

<b>Figura 33</b>	Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	117
<b>Figura 34</b>	Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	117
<b>Figura 35</b>	Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	118
<b>Figura 36</b>	Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	118
<b>Figura 37</b>	Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	119
<b>Figura 38</b>	Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula .	119
<b>Figura 39</b>	Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	120
<b>Figura 40</b>	Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	120
<b>Figura 41</b>	Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	121
<b>Figura 42</b>	Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	121
<b>Figura 43</b>	Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Enero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	122

<b>Figura 44</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Enero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	122
<b>Figura 45</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	123
<b>Figura 46</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	123
<b>Figura 47</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	124
<b>Figura 48</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	124
<b>Figura 49</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Abril de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	125
<b>Figura 50</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Abril de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	125
<b>Figura 51</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	126
<b>Figura 52</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Mayo de 2014. en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	126
<b>Figura 53</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Junio de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	127



<b>Figura 54</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Junio de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula.	127
<b>Figura 55</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Julio de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	128
<b>Figura 56</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Julio de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	128
<b>Figura 57</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	129
<b>Figura 58</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	129
<b>Figura 59</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	130
<b>Figura 60</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	130
<b>Figura 61</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Octubre de 2013. en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac	131
<b>Figura 62</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	131
<b>Figura 63</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	132

<b>Figura 64</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	132
<b>Figura 65</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	133
<b>Figura 66</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	133
<b>Figura 67</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Enero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	134
<b>Figura 68</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Enero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	134
<b>Figura 69</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	135
<b>Figura 70</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	135
<b>Figura 71</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	136
<b>Figura 72</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	136
<b>Figura 73</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Abril de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac.	137

<b>Figura 74</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Abril de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tlahuac.	137
<b>Figura 75</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tlahuac.	138
<b>Figura 76</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tlahuac.	138
<b>Figura 77</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Junio de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tlahuac.	139
<b>Figura 78</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Junio de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de Tlahuac.	139
<b>Figura 79</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Julio de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	140
<b>Figura 80</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Julio de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	140
<b>Figura 81</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	141
<b>Figura 82</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	141
<b>Figura 83</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	142

<b>Figura 84</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	142
<b>Figura 85</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	143
<b>Figura 86</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	143
<b>Figura 87</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	144
<b>Figura 88</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	144
<b>Figura 89</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	145
<b>Figura 90</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	145
<b>Figura 91</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Enero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	146
<b>Figura 92</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Enero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	146
<b>Figura 93</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	147

<b>Figura 94</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	147
<b>Figura 95</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	148
<b>Figura 96</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	148
<b>Figura 97</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Abril de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	149
<b>Figura 98</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Abril de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	149
<b>Figura 99</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	150
<b>Figura 100</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	150
<b>Figura 101</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Junio de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	151
<b>Figura 102</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Junio de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Xochimilco.	151
<b>Figura 103</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Julio de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	152

<b>Figura 104</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Julio de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	152
<b>Figura 105</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	153
<b>Figura 106</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	153
<b>Figura 107</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	154
<b>Figura 108</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	154
<b>Figura 109</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	155
<b>Figura 110</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	155
<b>Figura 111</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	156
<b>Figura 112</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	156
<b>Figura 113</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	157

<b>Figura 114</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	157
<b>Figura 115</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Enero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	158
<b>Figura 116</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Enero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	158
<b>Figura 117</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	159
<b>Figura 118</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	159
<b>Figura 119</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	160
<b>Figura 120</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	160
<b>Figura 121</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Abril de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	161
<b>Figura 122</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Abril de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	161
<b>Figura 123</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	162
<b>Figura 124</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	162

<b>Figura 125</b>	Concentraciones máximas diarias de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Junio de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	163
<b>Figura 126</b>	Concentraciones máximas diarias de SO <sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Junio de 2014 en el centro de monitoreo ambiental de UAM Iztapalapa.	163



# 1. INTRODUCCIÓN

En nuestros días, la contaminación del aire es un tema de preocupación mundial por las consecuencias negativas para la salud que tiene sobre la población, especialmente en personas con predisposición a su efecto nocivo. En este sentido, se han creado estrategias para monitorear la calidad del aire, con la finalidad de mantener informada a la población sobre el nivel de contaminación, emitir recomendaciones preventivas y correctivas para proteger su salud.

En este tenor, las autoridades del Distrito Federal y del Estado de México han instrumentado acciones de carácter metropolitano mediante el Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas, el cual se aplica en las 16 delegaciones del Distrito Federal y en los 18 municipios conurbados del Estado de México que integran la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).<sup>1</sup>

Para el monitoreo de la contaminación ambiental en la ZMVM, se cuenta actualmente con 44 estaciones de monitoreo de la calidad del aire que integran el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM. Estas estaciones tienen diferente capacidad de monitoreo, algunas monitorean hasta 9 contaminantes (O<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM 2.5, NO, NO<sub>x</sub>), mientras que otras solo 1 o 2 contaminantes. Además, algunas estaciones también monitorean pH, temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento.<sup>2</sup>

Los contaminantes como O<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> causan irritación e inflamación de las vías respiratorias, y exacerban las enfermedades respiratorias como el asma y el EPOC.<sup>3,4,5,6,7,8,9</sup> Por lo que, el presente trabajo pretende evaluar la relación de las crisis asmáticas con los niveles de contaminantes atmosféricos en pacientes pediátricos de la ZMVM.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Definición de asma

La Iniciativa Global para el Asma (GINA, del inglés *Global Initiative for Asthma*) define el asma como una enfermedad heterogénea caracterizada por inflamación crónica de las vías respiratorias. Se define por la historia de síntomas respiratorios como: sibilancias, dificultad para respirar, opresión en el pecho y tos, que varían con el tiempo y en intensidad, junto con limitación variable del flujo aéreo espiratorio.<sup>11</sup>

El Comité Científico de GINA elaboró esta definición para incluir las características típicas del asma y resaltar las características que la distinguen de otras enfermedades pulmonares. La definición significa que el asma:

- Se caracteriza por síntomas respiratorios recurrentes - especialmente sibilancias, dificultad para respirar, opresión en el pecho y tos.
- Es heterogénea - sus síntomas e intensidad son diferentes de persona a persona. La mayoría de las personas con asma tienen signos de inflamación en las vías respiratorias.
- Es variable – los síntomas aparecen y desaparecen a lo largo del tiempo. Las mediciones de la función pulmonar también varían con el tiempo.<sup>11</sup>

### 2.2 Fenotipos del asma

El asma es una enfermedad heterogénea, con diferentes procesos de enfermedad subyacentes. Grupos reconocibles de características demográficas, clínicas y/o fisiopatológicos son a menudo llamados “fenotipos asmáticos”. En pacientes con asma grave, están disponibles tratamientos para fenotipos específicos. Sin embargo, hasta la fecha no existe relación fuerte entre las características patológicas y patrones clínicos particulares o respuestas a tratamiento, por lo que

se necesita más investigación para entender la utilidad clínica de la clasificación fenotípica en el asma.<sup>11,12,13</sup>

Los fenotipos más comunes son:

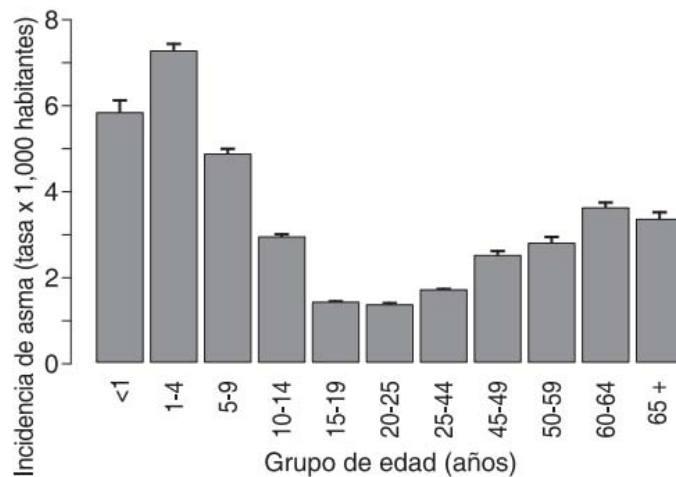
- *Asma alérgica*: este es el fenotipo de asma más fácilmente reconocible, que a menudo comienza en la infancia y se asocia con pasado o antecedentes familiares de enfermedades alérgicas como eccema, rinitis alérgica, alergia alimentaria o a fármacos. El examen del esputo inducido de los pacientes antes del tratamiento a menudo revela inflamación eosinofílica las vías respiratorias. Los pacientes con este fenotipo de asma por lo general responden bien al tratamiento con corticosteroides inhalados.
- *Asma no alérgica*: algunos adultos tienen asma que no está asociada con alergia. El perfil celular del esputo de estos pacientes puede ser neutrofílico, eosinofílico o contienen unas pocas células inflamatorias. Los pacientes con asma no alérgica a menudo responden bien a corticosteroides inhalados.
- *Asma de comienzo tardío*: algunos adultos, especialmente las mujeres, presentan asma por primera vez en la vida adulta. Estos pacientes tienden a ser no alérgicos, y con frecuencia requieren dosis más altas de corticosteroides inhalados o son relativamente refractarios al tratamiento.
- *Asma con limitación fija del flujo aéreo*: algunos pacientes con asma de larga evolución desarrollan limitación fija del flujo aéreo que se cree se debe a la remodelación de la pared de la vía aérea.
- *Asma con obesidad*: algunos pacientes obesos con asma tienen síntomas respiratorios prominentes y poca inflamación eosinofílica de las vías respiratorias.<sup>11</sup>

### 2.3 Epidemiología del asma

A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que en la actualidad hay 235 millones de pacientes con asma. Si bien el asma está presente en todos los países, independientemente de su grado de desarrollo, más del 80% de las muertes por asma tienen lugar en países de ingresos bajos y medios-bajos. A menudo el asma no se diagnostica correctamente ni recibe el tratamiento adecuado, lo que genera una importante carga para los pacientes y sus familias, y limita con frecuencia la actividad del paciente durante toda su vida. En niños, el asma es la enfermedad crónica más frecuente.<sup>14</sup>

En México estudios basados en la metodología del ISAAC (Estudio Internacional sobre Asma y Alergias en la Niñez) han encontrado una gran variabilidad en la prevalencia del asma en diversas ciudades de la república. En México DF, se encontraron prevalencias del 4.5 y 4.7% en niños, y de 8% en adolescentes (Del Río-Navarro y cols. 2006; Del Río-Navarro y cols. 2008). Mientras que la incidencia anual en <1 año fue de 5.8, en niños de 1-4 años de 7.3, en niños de 5-9 años, y en niños de 10-14 años de 2.5 en por cada 100,000 habitantes en el periodo del 2003-2007, Figura 1.<sup>15</sup>

**Figura 1.** Incidencia anual de asma en México por grupos de edad.



En cuanto a la distribución de casos nuevos por mes, se ha encontrado mayor frecuencia en los meses de octubre a enero en el periodo 2003-2007 (Vargas-Becerra, 2009).

Durante la niñez el asma es más frecuente en hombres, pero después de la adolescencia y en todas las etapas subsiguientes la frecuencia aumenta en mujeres. Este patrón también aplica para las atenciones en los Servicios de Urgencias y hospitalizaciones.<sup>15</sup>

En niños, de 1 a 4 años, el asma fue la 13a causa mas frecuente de muerte en México, y la 16a causa en niños de 5-14 años.

## **2.4 Factores de riesgo y desencadenantes de asma**

Se han identificado diversos factores de riesgo para asma, entre los que se incluyen: alergias, antecedentes familiares de alergias y/o asma, infecciones respiratorias frecuentes, bajo peso al nacer, exposición a humo de tabaco antes y/o después del nacimiento y crecer en un nivel socioeconómico de ingresos bajos o en un medio urbano.<sup>16,17</sup>

Entre los desencadenantes más comunes de las crisis asmáticas se encuentran:

1. Humo de cigarro
2. Exposición a alérgenos (polen, pelo de animal, moho, polvo de casa)
3. Productos cosméticos (spray, perfume)
4. Medicamentos como aspirina, bloqueadores beta, agentes anti-inflamatorios no esteroideos.
5. Aditivos de alimentos (sulfitos)
6. Ejercicios físicos
7. Stress emocional como ansiedad, frustración o depresión

8. Infecciones virales y bacterianas de las vías respiratorias altas y bajas, incluyendo sinusitis
9. Cambios de tiempo
10. Contaminantes del aire.<sup>18,19,20</sup>

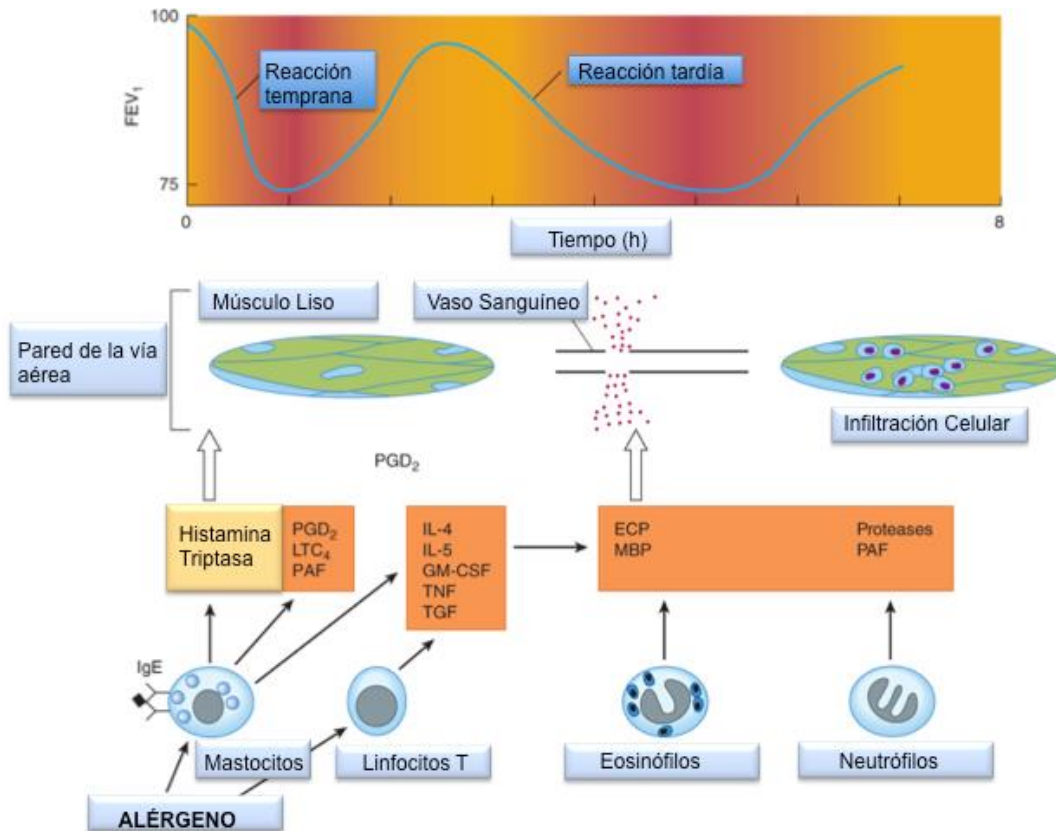
## 2.5 Patogénesis

Se estima que más del 50% del asma del adulto y alrededor del 80% del asma infantil son de causa alérgica.<sup>21</sup>

El asma alérgica clásica es mediada por (IgE), producida en respuesta a la exposición a proteínas extrañas, como las de ácaros del polvo doméstico, cucarachas, caspa de animales, mohos y pólenes. Estas califican como alérgenos por el hecho de ser capaces de su inducir la producción de anticuerpos IgE en las personas expuestas a ellos. La tendencia a producir IgE es, al menos en parte, determinada genéticamente. Una vez producida, la IgE se une a receptores de alta afinidad (FcεR-1) en los mastocitos en la mucosa de las vías respiratorias (Figura 2), de manera que la re-exposición al alérgeno provoca la liberación de mediadores almacenados en gránulos de los mastocitos 'y la síntesis y liberación de otros mediadores. La liberación de histamina, triptasa, leucotrienos, C4, D4 y prostaglandina D2 causan contracción del músculo liso y fuga vascular responsable de la broncoconstricción aguda en la etapa de "respuesta asmática temprana." Esta respuesta es a menudo seguida de 3-6 horas por una segunda fase sostenida de broncoconstricción denominada "respuesta asmática tardía," asociada con la movilización de células inflamatorias hacia la mucosa bronquial y aumento de la reactividad bronquial. Esta respuesta tardía se cree que se debe a las citoquinas característicamente producidas por los linfocitos Th2, especialmente interleucinas 5, 9 y 13. Estas citoquinas atraen y activan eosinófilos, estimulan la producción de IgE por linfocitos B y estimulan la producción de moco por las células epiteliales bronquiales. De hecho, los beneficios de la terapia con

corticosteroides se atribuyen a la inhibición de la producción de citoquinas pro-inflamatorias en las vías respiratorias que estos producen.<sup>22, 23, 24, 25</sup>

**Figura 2.** Modelo conceptual para la inmunopatogénesis de asma.



La exposición al alérgeno desencadena síntesis de IgE, que se une a los mastocitos en la mucosa de las vías respiratorias. Al volver a la exposición al alérgeno, la interacción antígeno-anticuerpo en las superficies de los mastocitos provoca la liberación de mediadores de anafilaxia: histamina, triptasa, prostaglandina D2 (PGD<sub>2</sub>), leucotrienos (LT), C4 y factor activador de plaquetas (PAF). Estos agentes provocan la contracción del músculo liso de las vías respiratorias, causando la caída inmediata del volumen espiratorio forzado en 1 segundo (FEV<sub>1</sub>). La re-exposición al alérgeno provoca también la síntesis y liberación de una variedad de citocinas: interleucinas (IL) 4 y 5, factor estimulante de colonias de granulocitos y macrófagos (GM-CSF), factor de necrosis tumoral (TNF) y factor de crecimiento de tejido (TGF) a partir de las células T y células cebadas. Estas citocinas a su vez atraen y activan eosinófilos y neutrófilos, cuyos productos incluyen proteínas catiónicas de eosinófilos (ECP), proteína básica mayor (MBP), proteasas, y factor activador de plaquetas. Estos mediadores provocan edema, hipersecreción de moco, contracción del músculo liso y aumento de la reactividad bronquial asociada con la respuesta asmática tardía, indicada por una segunda caída en el FEV<sub>1</sub>, que ocurre 3-6 horas después de la exposición.

La mayoría de los ataques de asma no son provocados por la inhalación de alérgenos, sino por infecciones respiratorias virales. Algunos adultos con asma tienen pruebas negativas de sensibilidad alérgica a los alérgenos, y los broncoespasmos pueden ser provocados por estímulos no alérgicos como aerosol de agua destilada, ejercicio, aire frío, humo del cigarro, dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y otros contaminantes del aire. Esta tendencia a desarrollar broncoespasmo ante estímulos no alérgicos se denomina " hiperreactividad bronquial." La hiperreactividad bronquial se considera fundamental en la patogénesis del asma porque es casi omnipresente en pacientes con asma, y su grado se correlaciona con la severidad clínica de la enfermedad.<sup>22, 23, 24, 25</sup>

Los mecanismos que subyacen a la hiperreactividad bronquial no se conocen por completo, pero parecen estar relacionados con la inflamación de la mucosa de las vías respiratorias. La actividad anti-inflamatoria de corticosteroides inhalados se debe a la prevención del aumento en la reactividad asociada con la respuesta asmática tardía (Figura 2).

Independientemente de los mecanismos responsables de la hiperreactividad bronquial, la broncoconstricción en sí resulta no sólo del efecto directo de los mediadores liberados, sino también de la activación de las vías neurales. Esto es sugerido por la eficacia de los antagonistas de los receptores muscarínicos, que no tienen efecto directo sobre la contractilidad del músculo liso, en la inhibición de la broncoconstricción causada por la inhalación de alérgenos e irritantes de las vías respiratorias.<sup>22, 23, 24, 25</sup>



## 2.6 Diagnóstico de asma

El diagnóstico de asma se basa en: a) la identificación de un patrón característico de síntomas respiratorios como sibilancias, falta de aire (disnea), opresión en el pecho o tos, y b) en la confirmación de limitación variable del flujo aéreo espiratorio (Tabla 1). El patrón de los síntomas es importante, ya que los síntomas respiratorios pueden deberse a condiciones agudas o crónicas distintas al asma. Si es posible, debe documentarse al principio la evidencia que apoya el diagnóstico de asma (Tabla 1, parte 2) porque es más difícil de confirmar un diagnóstico de asma una vez que el paciente ha iniciado tratamiento.

**Tabla 1.** Diagnóstico de asma en niños >5 años, adolescentes y adultos

<b>1. Antecedentes de síntomas respiratorios variables</b>	
<i>Característica diagnóstica</i>	<i>Criterio para hacer el diagnóstico de asma</i>
Los síntomas característicos son sibilancias, dificultad respiratoria, opresión torácica, tos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Por lo general más de un tipo de síntoma respiratorio (en adultos, la tos aislada se debe rara vez al asma)</li><li>• Los síntomas varían con el tiempo y la intensidad</li><li>• Los síntomas suelen empeorar por la noche o al despertar</li><li>• Los síntomas a menudo son provocados por ejercicio, risa, alérgenos, aire frío</li><li>• Los síntomas a menudo aparecen o empeoran con infecciones virales</li></ul>
Los descriptores pueden variar entre culturas y por edad, por ejemplo, los niños pueden describir que tienen respiración pesada.	
<b>2. Evidencia indicativa de una limitación del flujo aéreo espiratorio variable</b>	
<i>Característica diagnóstica</i>	<i>Criterio para hacer el diagnóstico de asma</i>
Variabilidad excesiva de la función pulmonar documentada * (una o más de las siguientes pruebas) <b>y</b> limitación documentada del flujo aéreo *	Cuanto más mayores sean las variaciones, o más frecuentes, más confiable es el diagnóstico.  Al menos una vez durante el proceso de diagnóstico cuando el FEV1 es bajo, confirme que la relación FEV1/ FVC se

<p>Prueba de broncodilatador positiva reversible (más probable que sea positiva si se evita el medicamento antes de la prueba (B agonistas de acción corta &gt; 4 horas y B agonistas de acción larga &gt; 15 horas)</p>	<p>reduce (valores normales en adulto &gt; 0.75 a 0.80; en niños &gt; 0.90)          Adultos: Aumento del FEV1 &gt; 12 % y &gt; 200 ml de línea de base, 10 - 15 minutos después de 200 a 400 mcg de albuterol o equivalente (existe mayor confianza si el aumento es &gt; 15 % y &gt; 400 ml) .          Niños: Aumento de FEV1 &gt; 12 % del valor de predecido.</p>
<p>Variabilidad excesiva en el PEF en dos ocasiones - durante 2 semanas *</p>	<p>Adultos: Promedio diario de variabilidad diurna en el PEF &gt; 10 % **          Niños: Promedio diario de variabilidad diurna en el PEF &gt; 13 % **</p>
<p>Aumento significativo de la función pulmonar después de 4 semanas de tratamiento antiinflamatorio</p>	<p>Adultos: aumento del FEV1 &gt; 12 % y &gt; 200 ml (o PEF &gt; 20 % ) del valor inicial después de 4 semanas de tratamiento, sin infecciones respiratorias externas</p>
<p>Prueba de provocación con ejercicio positiva *</p>	<p>Adultos: caída del FEV1 &gt; 10 % y &gt; 200 ml del basal          Niños: caída del FEV1 &gt; 12 % del valor predecido, o PEF &gt; 15 %</p>
<p>Prueba de provocación bronquial positiva (por lo general sólo se realiza en adultos)</p>	<p>Caída del FEV1 respecto al valor inicial de &gt; 20 % con dosis estándar de metacolina o histamina, ó de &gt; 15 % con hiperventilación estandarizada mas provocación con solución salina hipertónica o manitol</p>
<p>Variación excesiva de la función pulmonar entre las visitas * (menos confiable)</p>	<p>Adultos: variación del FEV1 &gt; 12 % y &gt; 200 ml entre visitas, sin infecciones respiratorias          Niños: variación del FEV1 &gt; 12 % ó &gt;15 % del FEM entre visitas (pueden incluirse infecciones respiratorias)</p>

\* Estas pruebas pueden repetirse durante los síntomas o en la mañana

En niños menores de 6 años, el diagnóstico confiable de asma puede ser difícil ya que los síntomas respiratorios episódicos como sibilancias y tos también son comunes en los niños sin asma, especialmente en aquellos con 0-2 años. Por otra parte, no es posible evaluar de manera rutinaria la limitación del flujo aéreo en

este grupo de edad. Un enfoque basado en la probabilidad, basándose en el patrón de los síntomas durante y entre las infecciones respiratorias virales, puede ser útil para la discusión con los padres / cuidadores (Tabla 2). Este enfoque permite tomar decisiones individuales de tratamiento para evitar el sobre o sub-tratamiento. <sup>10, 26, 27</sup>

Las sibilancias intermitentes o episódicas de cualquier gravedad pueden ser resultado de:

- Un episodio aislado de sibilancias inducidas por virus
- Un episodio de asma estacional o inducida por alérgenos
- Asma no reconocida descontrolada

El asma debe considerarse en cualquier niño con sibilancias recurrentes. Sin embargo, por desgracia, no existen pruebas que permitan diagnosticar el asma con seguridad en niños pequeños.

Por esta razón, el diagnóstico de asma en niños < 6 años se basa principalmente en patrones de síntomas (sibilancias, tos, disnea, limitación de la actividad y los síntomas nocturnos o despertares) y la frecuencia, junto con una evaluación clínica de la historia familiar y los hallazgos físicos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Características que sugieren asma en niños menores de 6 años

<i>Característica</i>	<i>Característica que sugiere el diagnóstico de asma</i>
Tos	Tos no productiva recurrente o persistente que puede empeorar por la noche o acompañarse de sibilancias y dificultad para respirar. Tos que ocurre con ejercicio, risa, llanto o exposición al humo de tabaco en ausencia de una infección respiratoria aparente

Sibilancias	Ocurren recurrentemente, durante el sueño o con factores desencadenantes, como resfriados virales, actividad, reír, llorar o exposición al humo de tabaco o la contaminación del aire (interior o exterior)
Dificultad o pesadez para respirar	Ocurre con resfriados, ejercicio, risa o llanto
Reducción de la actividad física	No correr, jugar o reír con la misma intensidad que los demás niños; cansancio rápido durante paseos (quiere que lo carguen)
Antecedentes o historia familiar	Otras enfermedades alérgicas (dermatitis atópica o rinitis alérgica). Asma en familiares de primer grado, es decir, padres o hermanos
Prueba terapéutica con corticosteroides inhalados o beta agonistas de acción corta	Mejoría clínica durante 2-3 meses de tratamiento controlado y empeoramiento cuando se interrumpe el tratamiento

Si existen dudas sobre el diagnóstico de asma en un niño sibilancias o tos, una radiografía simple de tórax puede ayudar a descartar anomalías estructurales (por ejemplo, congénita lobar enfisema, anillo vascular), infecciones crónicas como tuberculosis, un cuerpo extraño inhalado u otros diagnósticos.<sup>11</sup>

## 2.7 Tratamiento del asma

El broncoespasmo asmático puede revertirse o prevenirse con fármacos que:

- i. Reducen la cantidad de IgE unida a los mastocitos (anticuerpo anti-IgE), evitar la desgranulación de mastocitos (cromoglicato o nedocromil, agentes simpaticomiméticos, bloqueantes de los canales de calcio)
- ii. Bloquean la acción de los productos liberados (antihistamínicos y antagonistas de los receptores de leucotrienos)

- iii. Inhiben el efecto de la acetilcolina liberada de los nervios motores vagales (antagonistas muscarínicos), o
- iv. Relajan directamente el músculo liso de las vías respiratorias (agentes simpaticomiméticos, teofilina).
- v. Reducen la inflamación de las vías respiratorias, es decir la respuesta asmática tardía (corticosteroides inhalados).

Los fármacos utilizados en el tratamiento de asma y sus características se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Fármacos utilizados para el tratamiento de asma

Subclase de fármacos	Mecanismo de acción	Efectos	Aplicaciones clínicas	Farmacocinética, toxicidades
<b>Beta agonistas</b>				
Albuterol	Agonista selectivo B2	Inicio rápido, broncodilatación	En asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) / Fármaco de elección en el broncoespasmo agudo de asma	En aerosol por inhalación dura varias horas / También disponible para administración parenteral uso • <i>Toxicidad:</i> temblor, taquicardia • <i>Sobredosis:</i> arritmias
Salmeterol	Agonista selectivo B2	Inicio lento, acción principalment e preventiva; potencializa los efectos de los corticosteroides	Profilaxis del asma	Aerosol de inhalación • Duración 12-24 h • <i>Toxicidad:</i> temblor, taquicardia • <i>Sobredosis:</i> arritmias
Metaproterenol, terbutalina: son similares al albuterol; la terbutalina está disponible como fármaco oral; el formoterol y el vilanterol son similares al salmeterol				
Epinefrina	Agonista no selectivo $\alpha$ y $\beta$	Broncodilatación, más otros efectos simpaticomiméticos sobre sistemas de órganos	Anafilaxis, asma, otros (rara vez se utilizan porque se prefieren agonistas selectivos $\beta$ 2 )	Aerosol, nebulizador o parenteral

		cardiovascular es y otros		
Isoproterenol	Agonista $\beta_1$ y $\beta_2$	Broncodilatación y poderosos efectos cardiovasculares	Asma, pero se prefieren agentes selectivos $\beta_2$	Aerosol, nebulizador o parenteral

### Corticosteroides inhalados

Fluticasona	Altera la expresión de genes	Reduce mediadores de la inflamación/ poderoso para profilaxis de exacerbaciones	Asma / Coadyuvante en EPOC y fiebre del heno (nasal)	Aerosol/ limitada porque en aerosol/ riesgo de infección por candida / produce cambios en cuerdas vocales	<i>Toxicidad:</i> aumenta la producción de candida / produce cambios en cuerdas vocales
-------------	------------------------------	---	--	---	---

Beclometasona, budesonida y flunisolida tienen efectos similares a la fluticasona

### Corticosteroides sistémicos

Prednisona	Igual que la fluticasona	Igual que la fluticasona	Asma • Coadyuvante en la EPOC	• Oral • Duración de 12-24 horas • <i>Toxicidad:</i> múltiple
------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------------	---

Metilprednisolona es un agente parenteral similar a la prednisona

### Estabilizadores de mastocitos

Cromoglicato, nedocromil	Altera la función de los canales de cloruro retardados • inhibe la activación de células inflamatorias	Evita broncoespasmo agudo	Asma (por otras vías se utiliza para alergias oculares, nasales y gastrointestinales)	Aerosol • Duración 6-8 h • <i>Toxicidad:</i> Tos • No se absorbe por lo que otras toxicidades son pocas y probables
--------------------------	--	---------------------------	---	---

### Metilxantinas

Teofilina	Incierto: • Inhibición de fosfodiesterasa • antagonista de receptores de adenosina	Broncodilatación, estimulación cardíaca, aumento de la fuerza del músculo esquelético (diafragma)	Asma, EPOC	Oral • Duración 8-12 h pero las preparaciones de liberación prolongada son de uso frecuente • <i>Toxicidad:</i> múltiple (ver texto)
-----------	--	---	------------	--

### Antagonistas de leucotrienos

Montelukast, zafirlukast	Bloquean receptores de leucotrienos D4	Bloquean la respuesta de las vías respiratorias al ejercicio y a antígenos	la	Profilaxis del asma, especialmente en niños y en el asma inducida por aspirina	Oral • Toxicidad: mínima
--------------------------	--	--	----	--	--------------------------

El zileuton: inhibe la lipoxigenasa, reduce la síntesis de leucotrienos

#### **Anticuerpos contra IgE**

Omalizumab	Anticuerpo IgE humanizado reduce la IgE circulante	Reduce la frecuencia de las exacerbaciones del asma	la	Para asma grave no controlada por agentes anteriores	Parenteral • Duración de 2-4 semanas • Toxicidad: reacciones en el lugar de inyección (anafilaxia extremadamente raro)
------------	--	---	----	--	--

## **2.8 Efecto de contaminantes aéreos en la vía respiratoria y el asma**

### **Ozono (O3)**

El ozono es un irritante respiratorio. La influencia sobre la salud del ozono como contaminante se basa en su toxicidad. Debido a su pequeña capacidad de disolución, el ozono penetra en las vías respiratorias e irrita las mucosas y los tejidos pulmonares. Altas concentraciones de ozono, largas exposiciones temporales y exhaustivos grados de actividad física durante la exposición causan graves efectos en la salud: disminución de la función pulmonar, agravamientos asmáticos, falta de aliento, dolor de pecho en respiraciones profundas, respiración silbante y tos.

La exposición a concentraciones elevadas de ozono es responsable de un aumento en la mortalidad, admisiones hospitalarias y visitas a Emergencias debido a problemas respiratorios. La exposición repetida a ozono puede hacer que las personas sean más susceptibles a infecciones respiratorias, inflamaciones pulmonares y puede agravar enfermedades respiratorias pre-existentes como asma, bronquitis y fibrosis pulmonar.<sup>28</sup>

La concentración de ozono a partir de la cual comienza a observarse una incidencia adversa sobre la salud variará con la duración y el volumen de aire que se inhale durante la exposición. Se ha observado que:

- Se produce una disminución de un 5% de la función pulmonar en individuos jóvenes sanos cuando han estado expuestos a concentraciones de ozono controladas de 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante promedios de 1 y 8 horas respectivamente; pudiéndose alcanzar disfunciones pulmonares de un 20% cuando durante con estos mismos promedios horarios se ha expuesto a concentraciones de 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente.<sup>29, 30</sup>

- Se produce un incremento de las admisiones hospitalarias debidas a trastornos respiratorios de hasta un 5% cuando ocurre un aumento de concentración de ozono de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante promedios de 1 y 8 horas respectivamente. Este incremento de admisiones puede llegar hasta un 20% cuando ese aumento de los niveles de ozono es de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante promedios de 1 y 8 horas respectivamente.<sup>29, 30</sup>

- Se incrementa un 25% los síntomas de exacerbaciones entre adultos y/o asmáticos realizando actividad normal con concentraciones de ozono promedio de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio horario y 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio octohorario. Este incremento llega al 100% con concentraciones de 800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio horarias y 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio octohorarias.<sup>29, 30</sup>

El ozono ( $\text{O}_3$ ) es un oxidante poderoso que puede reaccionar con una amplia variedad de componentes celulares y materiales biológicos, actúa mediante los siguientes mecanismos:



- Reacción con grupos sulfidrilos, aldehídos y grupos amino de bajo peso molecular
- Reacción con antioxidantes como la vitamina E y C, ácido úrico y taurina intracelular
- Reacción con ácidos grasos poli-insaturados, cuyos productos de reacción estables incluyen el peróxido de hidrógeno, aldehídos y algunos ozónidos y hidroperóxidos grasos. Estas reacciones llevan a la formación de radicales libres.<sup>30</sup>

En México la Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993 establece un límite máximo permisible para ozono de 0.11 ppm, o lo que es equivalente a 216 µg/m<sup>3</sup>, en una hora, el cual no debe rebasarse ni una vez al año, para protección a la salud de la población susceptible.

## **DIOXIDO DE NITROGENO (NO<sub>2</sub>)**

El dióxido de nitrógeno es un compuesto muy tóxico, pero las concentraciones que se presentan en las ciudades no son lo suficientemente elevadas para desencadenar efectos de consideración.<sup>28</sup> Los efectos del NO<sub>2</sub> en la salud humana se centran sobre todo en el aparato respiratorio, habiéndose observado que cuando se supera una concentración media de NO<sub>2</sub> de 190µg/Nm<sup>3</sup> en el 40% de los días estudiados, aumenta la frecuencia de las infecciones de las vías respiratorias.

Se ha comprobado que el NO<sub>2</sub> provoca daños al parénquima pulmonar, e incluso ante exposiciones crónicas a concentraciones bajas el resultado es la aparición de cambios patológicos semejantes a los del enfisema pulmonar. Adicionalmente, determina la inhibición de la depuración mucociliar, la fagocitosis y la respuesta inmunológica en el pulmón, produciendo una disminución de la resistencia del pulmón ante las infecciones. Por último, incrementa la sensibilidad pulmonar a los

broncoconstrictores, afectando, por lo tanto, especialmente a las personas asmáticas. Otros efectos son sensación de ahogo y dolor en el pecho. <sup>28,31</sup>

Se ha comprobado que se necesitan concentraciones superiores a 1880  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para producir daños en adultos sanos. Estas concentraciones son muy elevadas, por lo tanto, la mayoría de los estudios se han centrado en estudiar los efectos del  $\text{NO}_2$  en personas con enfermedades respiratorias preexistentes. Existen numerosos estudios realizados con personas que sufren asma, enfermedades crónicas obstructoras del pulmón y bronquitis crónicas que han demostrado efectos en a bajas concentraciones de  $\text{NO}_2$ . Estos efectos son reducción del volumen forzado de expiración en 1 segundo (FEV1) o incrementos en la resistencia de las vías respiratorias. Se ha encontrado respuestas en la función pulmonar bajo exposiciones de 560  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en asmáticos realizando ejercicio moderado. <sup>29</sup>

Estudios realizados con niños, muestran la aparición de síntomas leves respiratorios en concentraciones promedio de 14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con un Odds Ratio de 1.06. Dicho ratio aumenta hasta 1,36 en concentraciones promedio de 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y hasta 1.65 en concentraciones promedio de 58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Un estudio trans-versal realizado en 1987 en niños de 6 años en Stuttgart (Alemania) describía un riesgo relativo de 2.28 en el tercil superior de las concentraciones de  $\text{NO}_2$  (60-70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) comparado con el tercil inferior (40-50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Un análisis de los efectos en la salud de la contaminación en un proyecto europeo en varias ciudades describió los siguientes resultados:

- No se encontró asociación entre las muertes por cualquier causa y los niveles promedio 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  en Lyon (Francia), ni en Colonia (Alemania) con

- niveles promedio diarios de 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ni tampoco en Paris con el mismo promedio diario.
  
- Se encontró un incremento significativo en las admisiones hospitalarias por asma con un riesgo relativo de 1,175 por cada incremento de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sobre el valor de referencia en Paris (Francia).
  
- Róterdam mostraba aumentos en las admisiones hospitalarias por causas respiratorias en todas las edades e incrementos más significativos en admisiones hospitalarias en enfermos crónicos con enfermedades obstructivas del pulmón en todas las edades. Las concentraciones registradas fueron de 54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio diario.
  
- Sin embargo, existen resultados ofrecidos en otras ciudades, Helsinki, Ámsterdam y Londres, en los cuales el efecto no es tan claro, y aparece confusión con otros contaminantes como el ozono, el  $\text{SO}_2$  o los humos negros.

Resultados ofrecidos en otros estudios europeos han demostrado que el riesgo relativo de incremento de admisiones hospitalarias o visitas a Emergencias es de un 1.4-3.3 % por cada 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento en el promedio diario en las concentraciones de  $\text{NO}_2$  por encima del nivel de referencia.

En México la norma oficial mexicana NOM-023-SSA1-1993 establece un límite máximo permisible de 0.210 ppm promedio horario, es decir 395  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el cual no debe excederse más de una hora al año.

## MONOXIDO DE CARBONO (CO)

El monóxido de carbon (CO) se produce de la combustión parcial de los compuestos que contienen carbono, principalmente de los motores de combustión interna. En condiciones en donde la disponibilidad de oxígeno es insuficiente, el monóxido de carbono se forma preferentemente sobre el dióxido de carbón.<sup>32</sup>

El CO es un gas incoloro, inodoro e insípido, ligeramente menos denso que el aire. Dado que la afinidad de la hemoglobina por el CO es unas 250 veces mayor que por el oxígeno, el monóxido de carbono se combina con la hemoglobina en los glóbulos rojos de la sangre y forma carboxihemoglobina (COHb) que disminuye la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, además de interferir en su liberación en los tejidos, por lo que produce hipoxia y alteraciones del funcionamiento celular en las neuronas, en las células del corazón y en las de otros músculos. La exposición crónica a CO induce la aparición de fenómenos de aclimatación como el aumento del número de glóbulos rojos, del volumen sanguíneo y cardiomegalia.

Desde 1930 Sayer y otros autores establecieron una correlación entre los niveles de carboxihemoglobina y la clínica (Tabla 2), sin embargo, esta correlación no es tan exacta, dependiendo la intensidad de los síntomas de factores tales como la concentración de monóxido de carbono a la que el paciente está expuesto, la profundidad de la respiración y la frecuencia cardíaca, etc. La gravedad de la intoxicación parece más relacionada con la unión del CO con citocromos, lo cual explicaría los síntomas que se presentan cuando los niveles de carboxihemoglobina se consideran no tóxicos.<sup>33</sup>

En intoxicaciones leves o moderadas los síntomas son muy inespecíficos y tan solo la sospecha clínica o el contexto en el que se encuentra el enfermo (incendio, en invierno en casas con estufas de gas, etc.) nos van a hacer buscar la intoxicación por CO. Habitualmente suele confundirse con una intoxicación

alimentaria, delirium tremens, intoxicación aguda por etanol o metanol, migraña, ACV, etc. <sup>33</sup>

A nivel pulmonar, el CO produce respiración superficial, taquipnea y disnea, aunque en intoxicaciones leves el examen físico pulmonar suele ser normal excepto en los casos de incendios en los que otros tóxicos suelen estar también implicados. En intoxicaciones graves no es infrecuente la aparición de edema pulmonar no cardiogénico, así como fallo cardíaco congestivo. Otra lesión que puede provocar la intoxicación por monóxido de carbono es la hemorragia pulmonary. <sup>33</sup>

En México la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993 establece un límite máximo permisible de 11.0 partes por millón (ppm) en un promedio móvil de 8 horas, lo cual no debe excederse más de una vez al año.

## **DIOXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)**

En ambientes urbanos el dióxido de azufre es generado por distintas Fuentes antropogénicas. La principal proviene de la quema de combustibles sólidos como el carbón vegetal o combustibles derivados del petróleo. Los procesos de refinación del petróleo, la producción de ácido sulfúrico y la fundición de minerales, particularmente de zinc, cobre y plomo lo producen. <sup>32</sup>

La principal fuente de emisión de dióxido de azufre, son las fuentes puntuales y las fuentes móviles, estas generan más del 70% y el 29% respectivamente. Dentro de las fuentes móviles, la categoría que más contribuyen son los autos particulares.

Como el dióxido de azufre es normalmente un gas, la mayor exposición humana es a través del tracto respiratorio, donde su fácil solubilidad facilita la producción de ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), un irritante severo. Además, el dióxido de azufre produce H<sup>+</sup>, bisulfato (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y sulfito (SO<sub>3</sub><sup>=</sup>), que afecta a los músculos lisos y

los nervios implicados causando broncoconstricción. Se ha demostrado que estos iones reactivos afectan las corrientes de sodio y las corrientes de potasio en las neuronas. <sup>34</sup>

Los pulmones son particularmente susceptibles a los efectos tanto crónicos como agudos de SO<sub>2</sub>. Las reacciones agudas al compuesto, que normalmente se producen en niveles más altos que el umbral de olor y los niveles estándar permisibles, incluyen irritación, broncoconstricción, síntomas similares al asma y dificultad respiratoria. Los asmáticos pueden ser particularmente susceptibles a la efectos pulmonares del SO<sub>2</sub>. A nivel celular / molecular, el SO<sub>2</sub> disminuye los niveles de enzimas antioxidantes, aumenta permeabilidad de la membrana, provoca la rotura de cromosomas y es mutagénico o co-mutagénico. <sup>34</sup>

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración de 100 a 150 µg/m<sup>3</sup> promedio de 24 horas y de 40 a 60 µg/m<sup>3</sup> en una media aritmética anual. La Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1- 1993 de dióxido de azufre establece como límite de protección a la salud, una concentración de 0.13 ppm (ó 341 µg/m<sup>3</sup>) promedio de 24 horas, una vez al año y 0.03 ppm (ó 79 µg/m<sup>3</sup>) en una media aritmética anual para proteger a la población susceptible. <sup>35</sup>

### **Partículas (PM)**

En contaminación atmosférica se reconoce como partícula a cualquier material sólido o líquido con un diámetro que oscila entre 0.0002 y 500 micrómetros (µm). En conjunto se designan como partículas suspendidas totales (PST).

Las fuentes de emisión de partículas pueden ser naturales o antropogénicas. Entre las fuentes naturales se encuentran: erosión del suelo, material biológico fraccionado, erupciones volcánicas, incendios forestales, entre otras. Las fuentes antropogénicas más comunes son las que se producen en la combustión de

productos derivados del petróleo, por la quema en campos agrícolas o en diversos procesos industriales.

En la Ciudad de México las principales fuentes antropogénicas están vinculadas con los procesos de combustión interna de vehículos automotores, la industria de la construcción, la formación fotoquímica de aerosoles con contenido de nitrato y sulfato; y durante la época de estiaje la fuente principal de partículas son las tolvaneras.<sup>36</sup>

Las partículas se clasifican de diferentes maneras: por su efecto en la salud humana, como producto derivado de un proceso natural o antropogénico y por sus características físicas.

*Partículas sedimentables ( $> 10 \mu\text{m}$ ).* Son partículas que por su peso tienden a precipitarse con facilidad, razón por lo cual permanecen suspendidas en el aire en períodos cortos de tiempo. Por lo general no representan riesgos significativos a la salud humana.

*Partículas menores a 10 micrómetros PM10 ( $\leq 10 \mu\text{m}$ ).* Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a  $10 \mu\text{m}$ . Se consideran perjudiciales para la salud debido a que no son retenidas por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio. Haciendo un análisis de la contribución de los diferentes sectores en la generación de partículas PM10, se ve que este contaminante es emitido en mayor proporción por las fuentes móviles, destacando las emisiones de los vehículos a diesel, ya que los tractocamiones y autobuses emiten el 29%; de los vehículos a gasolina destacan las emisiones de los autos particulares con el 9%.

*Partículas menores a 2.5 micrómetros PM2.5 ( $\leq 2.5 \mu\text{m}$ ).* Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a  $2.5 \mu\text{m}$ . Representan un mayor

riesgo para la salud humana, puede ser un factor de muerte prematura en la población.

### *Efectos sobre la salud*

El riesgo a la salud por partículas lo constituyen su concentración en el aire y el tiempo de exposición; sin embargo, el tamaño es la característica física más importante para determinar su toxicidad y efectos en la salud humana. <sup>36</sup>

Las partículas mayores a 10 micrómetros son retenidas básicamente en las vías respiratorias superiores y eliminadas en su mayor parte por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio, por lo que no son consideradas significativamente dañinas para la salud, sin embargo la exposición continua a altas concentraciones puede causar irritación de garganta y mucosas. <sup>36</sup>

Por su parte, las partículas menores a 10 micrómetros (fracción respirable) no son retenidas en las vías respiratorias superiores, cerca de un tercio penetra hasta los pulmones. Su efecto va a depender de su composición química, pero pueden producir irritación de las vías respiratorias, agravar el asma y favorecer las enfermedades cardiovasculares. Se relacionan con la enfermedad de los pulmones negros en mineros, silicosis y asbestosis. <sup>36</sup>

En el corto plazo la contaminación por este tipo de partículas, puede causar el deterioro de la función respiratoria. En el largo plazo se asocia con el desarrollo de enfermedades crónicas, el cáncer o la muerte prematura. De acuerdo con estudios realizados en México, se estima que el riesgo de morir prematuramente se incrementa en 2% por cada incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10. La combinación de partículas suspendidas y óxidos de azufre tienen un efecto en la salud sinérgico. <sup>37</sup>

La Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993 de (a) PST, (b) PM10 y (c) PM2.5 establece como límites de protección a la salud:



(a) Una concentración de  $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio de 24 horas.

(b) Una concentración de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio de 24 horas y  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  media aritmética anual para proteger a la población susceptible. Dado los efectos de este tipo de partículas en la salud, son motivo de amplias discusiones para reformular las normas, debido a que en concentraciones bajas ( $30$  a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) hay un incremento en la demanda de atención médica por padecimientos crónicos respiratorios y aumento de muertes prematuras.

(c) Una concentración de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio de 24 horas y  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  media aritmética anual para proteger a la población susceptible.

## **2.9 Sistema de monitoreo de la calidad del aire**

La Dirección de Investigación sobre Calidad del Aire del Instituto Nacional de Ecología recopila, procesa y analiza los datos históricos de los contaminantes criterio de diversas ciudades del país. Con ello se calculan los indicadores que muestran el estado que guarda la calidad del aire en estas localidades.

Conocer la calidad del aire de las ciudades es útil en la toma de decisiones tanto para el público en general como para las autoridades ambientales porque permite llevar a cabo acciones preventivas y correctivas para proteger la salud de la población.

El Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) es un programa que reúne y difunde a través del sitio web del Instituto Nacional de Ecología, los datos generados por las principales redes automáticas de monitoreo atmosférico de la República Mexicana con el objeto de dar a conocer la situación actual e histórica de la calidad del aire de diferentes ciudades del país. Esta información se dispone abiertamente por internet, útil tanto para especialistas en la

materia, investigadores, funcionarios de los tres órdenes de gobierno, iniciativa privada y para el público en general, interesados en consultar los niveles de concentración de contaminantes atmosféricos criterio.

### **Avance en la integración de Sistemas de Monitoreo Atmosférico al SINAICA**

#### **2003**

1. Ciudad de México
2. Puebla
3. Toluca

#### **2004**

4. Guadalajara
5. Monterrey
6. Mexicali
7. Rosarito
8. Tecate
9. Tijuana
10. Juárez
11. CENICA
12. Salamanca

#### **2005**

13. Celaya
14. Irapuato
15. León
16. Cuernavaca
17. Gómez Palacio
18. Región Tula-Tepeji

#### **2006**

19. Silao
20. Durango
21. SLP
22. Torreón

#### **2007**

23. Villahermosa

#### **2008**

24. Morelia
25. Chihuahua

#### **2010**

26. La Paz

#### **2011**

27. Pachuca

#### **2012**

28. Ensenada
29. Aguascalientes



Para el monitoreo de la contaminación ambiental en la ZMVM, se cuenta actualmente con 44 estaciones de monitoreo de la calidad del aire que integran el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM. Estas estaciones tienen diferente capacidad de monitoreo, algunas monitorean hasta 9 contaminantes (O<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM 2.5, NO, NO<sub>x</sub>), mientras que otras solo 1 o 2 contaminantes. Además, algunas estaciones también monitorean pH, temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento. <sup>2</sup>

### 3. ANTECEDENTES

Se realizó un estudio en Atlanta con la finalidad de evaluar si los contaminantes exteriores del aire se asociaban con las exacerbaciones de asma en niños. Se incluyeron 91,386 pacientes entre 5 y 17 años que acudieron a 41 hospitales del área metropolitana de Atlanta durante el 1993-2004. Las concentraciones de contaminantes en el aire se evaluaron a partir de los centros de monitoreo posicionados alrededor de la ciudad. De acuerdo con los autores, los contaminantes relacionados al tráfico y el ozono se relacionaron con las consultas de emergencia por asma y sibilancias aún a concentraciones bajas. En los modelos de regresión múltiple hubo evidencia de efectos independientes de ozono y otros contaminantes con las crisis asmáticas.<sup>8</sup>

Un estudio realizado en Sao Paulo, Brasil se diseñó para evaluar el papel de la exposición en el exterior, en el interior y personal a los contaminantes NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> sobre la salud respiratoria de los niños en una zona urbana económicamente poco favorecida. Se determinaron de forma continua los niveles de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en el aire del exterior, el interior, y también en la exposición personal, durante 30 días con el empleo de aparatos de medición pasiva. Se evaluó la salud respiratoria con una versión brasileña del cuestionario ISAAC. Se incluyeron en el estudio 64 niños de 6-10 años de edad. La morbilidad respiratoria fue alta, 43 niños (67.2%) tuvieron sibilancias en alguna ocasión, 27 (42.2%) tuvieron sibilancias en el mes anterior, 17 (26.6%) presentaron asma en alguna ocasión y 21 (32.8%) neumonía en alguna ocasión. Las correlaciones entre los niveles de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> determinados en 3 localizaciones evaluadas fueron bajas. Los niveles de NO<sub>2</sub> en el área de interior y la exposición personal a O<sub>3</sub> mostraron una asociación independiente con el asma ( $p=0.02$  en ambos casos), la neumonía (O<sub>3</sub>,  $p=0,02$ ) y la presencia de sibilancias en alguna ocasión ( $p < 0,01$  en ambos casos). No se observaron asociaciones entre el NO<sub>2</sub> y el O<sub>3</sub> del exterior y la salud respiratoria. En conclusión, la exposición a niveles más elevados de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> se asoció a un

aumento del riesgo de asma y neumonía en los niños y el lugar en el que se determinan los contaminantes influye en los resultados. Las determinaciones realizadas en el interior y las determinaciones personales fueron las más exactas.<sup>4</sup>

La exposición urbana a partículas finas (PM2.5) y partículas de carbón se han asociado con las exacerbaciones del asma, aunque existe evidencia limitada sobre si estos contaminantes se asocian con el desarrollo de nuevos casos de asma o alergia entre jóvenes y niños de zonas urbanas. Por lo que se realizó un estudio saber si la exposición infantil a PM2.5 y partículas de carbón están asociadas la presentación de nuevas sibilancias y desarrollo de sero-atopia en una cohorte de individuos nacidos en la ciudad de Nueva York. Se incluyeron 408 niños en edad de 5-6 años de edad. La presentación de nueva sibilancias se realizó con el cuestionario ISAAC Los niveles de PM2.5, partículas de carbono y anticuerpos medidos en la primera evaluación se correlacionaron moderadamente con los de la segunda visita (Pearson  $r > 0.44$ ). Con modelos de regresión logística se encontró una asociación positiva entre PM2.5 y sibilancias nuevas, odds ratio ajustado de 1.51 [IC 95%, 1.05 - 2.16]. No se encontró asociación significativa se encontró entre el desarrollo de sibilancias nuevas y partículas de carbono ni anticuerpos.<sup>5</sup>

Un estudio evaluó si la exposición a corto plazo a la contaminación del aire, se asociaba con los ingresos hospitalarios por asma en niños. Para ello se registraron las admisiones diarias por asma en niños de 0 a 18 años a hospitales ubicados dentro un radio de 15 kilómetros de estaciones de medición de contaminación en Copenhague entre 2001 y 2008. Se encontró una asociación significativa entre los ingresos hospitalarios por asma en los niños de 0 a 18 años y NOx (OR 1.11; IC del 95% 01.05 a 01.17), NO2 (1.10; IC del 95%: 1.04 a 1.16), PM10 (1.07; IC del 95%: 1.03 a 1.12) y PM2.5 (1.09; 95% IC 1.04 a 1.13); no hubo asociación con las partículas ultrafinas. La asociación fue más fuerte en a menor edad que en niños de mayor edad para todos los contaminantes, pero no se detectó ninguna interacción estadísticamente significativa. En conclusión, la exposición a corto

plazo a la contaminación del aire, específicamente a PM10, y gases derivados de la combustión de gasolina (NOx y NO2), pueden causar ingresos hospitalarios por asma en niños. <sup>8</sup>

Se ha demostrado que en personas con enfermedades respiratorias como asma o bronquitis crónicas, el ozono puede agravar y aumentar la frecuencia de las crisis. <sup>30</sup> De hecho, los niños son un grupo particularmente susceptibles al daño respiratoria por ozono porque pasan gran parte de su tiempo al aire libre, realizando actividades físicas. Estudios de campo en niños, adolescentes y jóvenes indican que se pueden producir reducciones en la función pulmonar como resultado de exposiciones de corta duración a concentraciones de O3 en el intervalo de 120-240 µg/m3 y superiores. <sup>30</sup>

## 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El asma es un grave problema de salud en México y el mundo por su alta incidencia, prevalencia, alteración de la calidad de vida y los costos relacionados con su atención. En niños, el asma es la enfermedad crónica mas frecuente y las exacerbaciones del asma (crisis asmáticas) son muy frecuentes. <sup>35, 38, 39</sup>

Dentro de los desencadenantes más comunes de crisis asmáticas se encuentran: el humo de cigarro, la exposición a alérgenos (polen, pelo de animal, moho, polvo de casa), productos cosméticos (aerosoles, perfume), aditivos de alimentos (sulfitos), actividad física, estrés emocional, infecciones virales y bacterianas de las vías respiratorias altas y bajas, cambios de clima y la contaminación ambiental. <sup>18, 19, 20</sup>

Aunque se sabe que la exposición a la contaminación del aire a corto plazo puede desencadenar ingresos hospitalarios por asma en niños, pero no se sabe qué componentes de la contaminación del aire son los más importantes. Dentro de los contaminantes que causan irritación de la vía aérea se encuentran O<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>. <sup>3, 4, 5, 6, 7, 8, 9</sup> Estos contaminantes son cuantificados en las unidades de monitoreo ambiental de la ZMVM.

Con base en lo anterior, el presente trabajo pretende evaluar la relación de las crisis asmáticas con los niveles de contaminantes atmosféricos en pacientes pediátricos de las delegaciones Coyoacán, Xochimilco, Álvaro Obregón e Iztapalapa

## **5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es la relación de visitas a urgencias por crisis asmática con los niveles máximos diarios de contaminantes atmosféricos en paciente pediátricos que residen en la Zona Metropolitana del Valle de México?



## 6. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que existen en la actualidad alrededor de 235 millones de pacientes con asma. En niños, el asma es la enfermedad crónica mas frecuente. En México se estima una prevalencia global de asma de 14% y en niños del Distrito Federa se han encontrado prevalencias de 4.5 y 4.7%, alcanzando 8% en adolescentes.<sup>38, 39</sup>

Conocer cual es la relación entre los niveles máximos de contaminantes ambientales en la ZMVM y las consultas por crisis asmáticas en el Servicio de Urgencias Pediatría de Hospitales de la Ciudad de México y/o los niveles de contaminantes a partir de los cuales se incrementa el número de crisis podría ser de utilidad para diseñar recomendaciones y medidas de prevención de crisis asmáticas para la población pediátrica expuesta. Además, permitiría contribuir a clarificar cuáles son los contaminantes mas importantemente asociados a crisis asmáticas.

El presente estudio es factible debido a que se cuenta con acceso a los registros de ingresos al Servicio de Urgencias los dos Hospitales de Referencia mas importantes de a Ciudad de México. También se cuenta con acceso a los datos históricos de los niveles diarios de contaminantes en los centros de monitoreo atmosférico del Valle de México. Además, es un estudio de bajo costo y se cuenta con la capacidad técnica y los recursos humanos para llevarlo a cabo.

Aunque el estudio es factible, tiene algunas limitaciones puesto que solo incluirá una muestra del total de pacientes con crisis asmáticas, es decir solo los casos que acudieron a los hospitales que participan en el estudio. Otra debilidad es que los niveles de contaminantes varían mucho de un espacio a otro, por lo que las mediciones de los centros de monitoreo ambiental podrían no representar exactamente los niveles a los que están expuestos los pacientes.

## **7. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la asociación de las visitas a urgencias por crisis asmática con los niveles máximos diarios de contaminantes atmosféricos en paciente pediátricos que residen en las delegaciones Coyoacán, Xochimilco, Álvaro Obregón e Iztapalapa.

### **Objetivos particulares**

1. Conocer las características clínicas y demográficas de los pacientes.
2. Identificar el nivel máximo diario (de cada mes estudiado) de O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> en los centros de monitoreo ambiental mas cercanos a los pacientes estudiados.
3. Analizar la asociación entre los picos máximos de contaminantes y el número de crisis asmáticas.
4. Determinar los meses y periodo de la semana de mayores niveles de contaminantes y mayor número de crisis.

## **8. HIPÓTESIS**

Los niveles máximos diarios de contaminantes atmosféricos se asocian con el aumento en el número de visitas a urgencias por crisis asmática en paciente pediátricos de 1 a 15 años que residen en las delegaciones Coyoacán, Xochimilco, Álvaro Obregón e Iztapalapa.

## **9. MÉTODOS**

### **9.1 Diseño del estudio**

Cohorte, descriptivo, analítico, durante 01 Julio 2013 a 30 Junio de 2014

### **9.2 Universo de estudio**

Pacientes con diagnóstico de asma bronquial que acudan al servicio de urgencias por crisis asmáticas.

### **9.3 Periodo del estudio**

Del 1 de julio de 2013 al 30 de junio de 2014.

### **9.4 Selección de la muestra**

Pacientes que acudan al Servicio de Urgencias por crisis asmática del Hospital Infantil de México (HIM) e Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), en el periodo del estudio.

### **9.5 Tamaño de la muestra**

Se incluirán por conveniencia a todos los pacientes que reúnan los criterios de selección en el periodo del estudio, mediante una técnica de muestreo no probabilística.

### **9.6 Criterios de selección**

#### *9.6.1 Criterios de inclusión*

Pacientes pediátricos de 1 a 15 años de edad, de cualquier género, con diagnóstico previo de Asma que acudan al Servicio de Urgencias con síntomas respiratorios y en quienes se identificó crisis asmática de cualquier severidad.

#### *9.6.2 Criterios de no inclusión*

- Pacientes menores de un año y mayores de 15 años
- Sin diagnóstico previo de asma

#### *9.6.3 Criterios de exclusión*

- Pacientes con datos incompletos

### **9.7 Descripción del estudio**

Se incluyeron en el estudio a los pacientes que acudieron al Servicio de Urgencias Pediatría de los HIM e INER en el periodo del estudio, con síntomas respiratorios con diagnóstico previo de asma y en quienes se realizó diagnóstico de crisis asmáticas. Se registró la edad, el género, el tipo de crisis asmática, el día de presentación y el lugar de residencia. Posteriormente, se obtuvieron los datos de los niveles de CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> por día y hora durante el periodo del estudio, a partir del sistema de monitoreo de la calidad del aire de la ZMVM de casa uno de los Centros de Monitoreo Atmosférico. Se seleccionaron las cifras máximas diarias de cada contaminante para graficar la concentraciones máximas por día y mes de los Centros de Monitoreo en cuya cercanía se presentaron 30 o mas crisis asmáticas en el periodo del estudio. Posteriormente se relacionaron el número de crisis asmáticas por día con las concentraciones máximas y se realizaron subanálisis de asociación entre las concentraciones de contaminantes con del tipo de crisis, el destino del paciente, la edad y el género. Se utilizó el SPSS para el análisis estadístico.

## 10. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se ingresaron los datos al paquete estadístico SPSS, en el cual se realizó la estadística descriptiva con frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas nominales u ordinales. Para las variables cuantitativas se determinó la media y la desviación estándar. Se utilizó la  $\chi^2$  para evaluar si existían diferencias significativas entre variables cualitativas. Mientras que la prueba ANOVA se utilizó para comparar concentraciones de contaminantes ambientales según la severidad del asma. Se consideró significativa una  $p < 0.05$ .

# 11. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

## 11.1 Variables dependientes e independientes

Tabla 4. Clasificación y categorización de variables dependientes e independientes				
Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Indicador de medición
<b>Dependiente</b>				
<b>Número de crisis asmáticas</b>	Crisis asmática es un episodio agudo o subagudo de disnea, tos, sibilancias u opresión en el pecho que se presentan, como síntomas únicos o en cualquier combinación, en un paciente asmático, que no tienen una explicación diferente del asma misma	Número de episodios o exacerbaciones en pacientes previamente diagnosticados con asma	Cuantitativa discreta	0-20 crisis
<b>Gravedad de crisis asmáticas</b>	Las crisis asmáticas pueden clasificarse de acuerdo a su severidad en leves moderadas y severas	Se tomaron en cuenta los criterios de la GINA (Ver apéndice 1 para descripción detallada de los tipos de crisis	Ordinal	1. Leve 2. Moderada 3. Severa

asmáticas)				
<b>Destino del paciente</b>	Sitio al que el paciente fue referido tras su valoración y manejo inicial en urgencias	Sitio al que el paciente fue enviado tras su valoración y manejo inicial en urgencias	Cualitativa Nominal	Casa ó consulta externa Hospitalización
<b>Independiente</b>				
<b>Concentración de CO</b>	Concentraciones ambientales de CO	Nivel máximo reportado de CO en el centro de monitoreo ambiental mas cercano al paciente que presentó crisis asmática	Cuantitativa continua	0-100 ppm
<b>Concentración de NO2</b>	Concentraciones ambientales de NO2	Nivel máximo reportado de NO2 en el centro de monitoreo ambiental mas cercano al paciente que presentó crisis asmática	Cuantitativa continua	0-500 µg/m <sup>3</sup>
<b>Concentración O3</b>	Concentraciones ambientales de O3	Nivel máximo reportado de O3 en el centro de monitoreo ambiental mas cercano al paciente que presentó crisis asmática	Cuantitativa continua	0-500 µg/m <sup>3</sup>
<b>Concentración de PM10</b>	Concentraciones ambientales de PM10	Nivel máximo reportado de PM10 en el centro de monitoreo ambiental mas cercano al paciente que presentó crisis asmática	Cuantitativa continua	0-500 µg/m <sup>3</sup>



<b>Concentración de SO2</b>	Concentraciones ambientales de SO2	Nivel máximo reportado de SO2 en el centro de monitoreo ambiental mas cercano al paciente que presentó crisis asmática	Cuantitativa continua	0-500 µg/m <sup>3</sup>
-----------------------------	------------------------------------	--	-----------------------	-------------------------

## 11.2 Variables intervinientes

Tabla 5. Clasificación y categorización de variables intervinientes				
Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Indicador de medición
<b><i>Interviniente</i></b>				
<b>Edad</b>	Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento la evaluación clínica	Tiempo de vida del paciente expresada en años cuando acudió a urgencias.	Cuantitativa discreta	0 a 15 años
<b>Género</b>	Rol social asignado de acuerdo al sexo (macho o hembra)	Aquellos con genitales de macho: masculino; con genitales de hembra: femenino.	Nominal	1. Masculino 2. Femenino

## 12. RESULTADOS

### 12.1 Características clínicas y demográficas de los participantes

Se obtuvieron registros de 1048 pacientes pediátricos que tenían diagnóstico previo de asma y presentaron una exacerbación aguda del padecimiento. Se clasificaron los pacientes de acuerdo al centro de monitoreo ambiental mas cercano a su domicilio. Para el análisis final (de relación entre contaminantes y crisis asmáticas), se seleccionaron los centros de monitoreo ambiental cerca de los cuales vivían al menos 50 pacientes que tuvieron crisis asmática. Quedando integrados 5 grupos:

1. PED (Pedregal), n=74 pacientes con crisis asmáticas
2. TAH (Tláhuac), n=55 pacientes con crisis asmáticas
3. SUR (Santa Úrsula), n=364 pacientes con crisis asmáticas
4. UAX (UAM Xochimilco), n=91 pacientes con crisis asmáticas
5. UIZ (UAM Iztapalapa), n=148 pacientes con crisis asmáticas

Es decir, se incluyeron 732 casos de pacientes con crisis asmáticas.

La edad promedio de los pacientes fue de 7.4 años ( $\pm 3.4$ ), la edad mínima 1 año y la máxima 15 años.

La distribución por género fue la siguiente: el 57.2% fueron masculinos y el restante (42.8%) fueron femeninos (Figura 3).

La severidad de las crisis asmáticas se presenta en la Figura 4. El 61.48% de los pacientes tuvo crisis leves, el 21.31 % crisis moderadas, el 7.38% crisis asmáticas severas y el 9.84% el restante se clasificaron como asma no controlada.

La distribución de crisis por mes demuestra que el mayor número de casos se presenta en los dos primeros meses del año (Enero-Febrero) y en el último trimestre del año (Octubre-Diciembre), Figura 5.

El destino de los pacientes fue alta a su domicilio con o sin cita a consulta externa (83.61% de los pacientes), hospitalización (16.12%) ó fue trasladado a otra unidad de salud (0.27%), Figura 6.

## **12.2 Niveles máximos de contaminantes y su relación la presentación de crisis asmáticas**

Se obtuvieron los datos de las concentraciones por hora y día de contaminantes ambientales (O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>) de la página de monitoreo ambiental del Distrito Federal correspondientes al periodo del estudio. Posteriormente, se seleccionaron las concentraciones máximas diarias y se graficaron por mes. Así mismo se superpusieron las crisis asmáticas presentadas para cada día encada uno de los centros de monitoreo ambiental seleccionados (PED, TAH, SUR, UAX, UIZ).

## **12.3 Probabilidad de crisis asmática según los niveles de PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub>**

Se analizó la probabilidad de crisis asmática cuando los niveles de NO<sub>2</sub> superan las 40 ppb, encontrándose una razón de momios (del inglés Odds Ratio-OR) de 1.629 (IC 95% 1.306-2.032). Es decir, cuando los niveles de NO<sub>2</sub> superan las 40 unidades, se incrementa el riesgo de crisis asmática un 62.9% ( $p < 0.001$ ).

El 72% de los pacientes desarrollaron crisis asmáticas en días en que los niveles de NO<sub>2</sub> superaron las 40 ppb, mientras que solo el 28% desarrolló la crisis cuando los niveles eran inferiores a 40 ppb.

También se evaluó la probabilidad de crisis asmática cuando los niveles de PM10 superan los 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , encontrándose una razón de momios (del inglés Odds Ratio-OR) de 1.597 (IC 95% 1.252-2.036). Es decir, cuando los niveles de PM10 y superan los 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se incrementa el riesgo de crisis asmática un 59.7% ( $p < 0.001$ ).

El 79.4% de los pacientes desarrollaron crisis asmáticas en días en que los niveles de PM10 superaron los 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que solo el 21.6% desarrolló la crisis cuando los niveles eran inferiores a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Adicionalmente, se evaluó la probabilidad de crisis asmática cuando los niveles de O3 superan las 40 ppb, encontrándose una razón de momios (del inglés Odds Ratio-OR) de 1.449 (IC 95% 1.036-2.026). Es decir, cuando los niveles de O3 se incrementan y superan las 40 ppb, se incrementa el riesgo de crisis asmática un 44.9 % ( $p < 0.001$ ).

El 90.6 % de los pacientes desarrollaron crisis asmáticas en días en que los niveles de O3 superaron los 40 ppb, mientras que solo el 9.4% desarrolló la crisis cuando los niveles eran inferiores a 40 ppb.

#### **12.4 Promedio mensual de las concentraciones máximas de contaminantes y su relación con el número de crisis asmáticas**

Se realizó un análisis con la finalidad de conocer las concentraciones máximas promedio de contaminantes por mes en los 5 centros de monitoreo y por separado en cada centro. Además se compararon, con el número de crisis asmáticas por mes.

### *Análisis global*

En el análisis de todos los centros (en conjunto) se observó que los niveles de CO fueron significativamente mas altos en los meses de diciembre (2.08 ppm) y enero (2.26 ppm) que el resto de los meses del año ( $p < 0.05$ ) En concordancia, en estos meses ocurrieron un elevado número de crisis (Tabla 6).

Los niveles de SO<sub>2</sub> fueron significativamente mas altos en los meses de diciembre (21.50 ppb) y enero (18.57 ppb) que el resto de los meses del año ( $p < 0.01$ ) En concordancia, en estos meses ocurrieron un elevado número de crisis (Tabla 6).

Los niveles de O<sub>3</sub> (ppb) fueron significativamente mas altos en los meses de Febrero, Abril, Mayo y Julio que en el resto de meses del año ( $p < 0.01$ ) En el caso de O<sub>3</sub> no salvo en el mes de Febrero 2014 en que fue uno de los meses con mayor número de crisis asmáticas, no hubo relación entre las concentraciones máximas promedio de O<sub>3</sub> y el número de crisis (Tabla 6).

Los niveles de NO<sub>2</sub> (ppb) fueron significativamente mas altos en los meses de Diciembre, Enero y Febrero que en el resto de meses del año ( $p < 0.01$ ). Estos meses junto con octubre fueron los de mayor número de crisis en el año (Tabla 6).

Los niveles de PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fueron significativamente mas altos en los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Noviembre y Diciembre que en el resto de meses del año ( $p < 0.01$ ). En los meses de noviembre a febrero se produjeron casi el 50% de la crisis asmáticas de todo el año (48.1%), Tabla 6.

### *Centro de monitoreo El Pedregal*

En el análisis del promedio de los niveles máximos de CO no hubo diferencias significativas entre meses. Mientras que, los niveles de SO<sub>2</sub> fueron significativamente mayores en Diciembre de 2013 que en el resto de los meses

( $p < 0.05$ ). De hecho, en diciembre se produjo el mayor número de crisis asmáticas en pacientes que residían cerca de este centro.

Los niveles máximos promedio de O<sub>3</sub> fueron mas elevados en Febrero y Abril ( $p < 0.05$ ), sin relación con el número de crisis. Mientras que los niveles promedio de NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> fueron mayores en los meses de Diciembre y Enero y esto guardó relación con un alto número de crisis asmáticas (Tabla 7).

#### *Centro de monitoreo Tláhuac*

En el análisis del promedio de los niveles máximos de CO y SO<sub>2</sub> no hubo diferencias significativas entre meses. Ni se encontró relación con los meses de mayores concentraciones con el número de crisis.

Los niveles máximos promedio de O<sub>3</sub> fueron mas elevados en Febrero de 2014 ( $p < 0.05$ ), pero sin relación con el número de crisis. Mientras que los niveles promedio de NO<sub>2</sub> fueron mayores en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, pero sin guardar relación con el número de crisis asmáticas.

El promedio de los niveles máximos de PM<sub>10</sub> fue significativamente mayor en los meses de Enero a Abril de 2014, sin relación con el número de crisis asmáticas (Tabla 8).

#### *Centro de monitoreo San Úrsula*

En el centro de monitoreo Santa Úrsula no hubo diferencias significativas entre meses en los promedios de las concentraciones de CO máximos. Igual que en el centro de monitoreo El Pedregal el nivel promedio de SO<sub>2</sub> fue mayor en Diciembre en los otros meses del año, lo cual se asoció con un elevado número de crisis, en el mismo mes.

Al igual que en Pedregal y Tláhuac los niveles máximos promedio de O<sub>3</sub> fueron mas elevados en Febrero de 2014 ( $p < 0.05$ ), pero con relación con un alto número de crisis.

Por otro lado, los niveles promedio de NO<sub>2</sub> fueron significativamente mayores en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, igual que en los demás centros de monitoreo ambiental. Esto se relacionó con un mayor número de crisis asmáticas.

Al igual que en Tláhuac y El Pedregal el promedio de los niveles máximos de PM<sub>10</sub> fue significativamente mayor en los meses de Enero a Abril de 2014. En los meses de Enero y Febrero se asoció a un alto número de crisis asmáticas, no así en Marzo y Abril (Tabla 9).

#### *Centro de monitoreo UAM Xochimilco*

En el centro de monitoreo UAM Xochimilco no hubo diferencias significativas en los promedios de las concentraciones de CO máximas entre meses. Igual que en los demás centros de monitoreo el nivel promedio de SO<sub>2</sub> fue mayor en Diciembre en los otros meses del año, sin asociarse con un elevado número de crisis, en el mismo mes.

Los meses en que hubo niveles máximos promedio de O<sub>3</sub> fueron Abril, Mayo y Julio de 2014 ( $p < 0.01$ ), sin relación con el número de crisis.

Mientras que, los niveles promedio de NO<sub>2</sub> fueron significativamente mayores en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, igual que en los demás centros de monitoreo ambiental ( $p < 0.01$ ). Esto se relacionó con un alto número de crisis asmáticas.

En este centro de monitoreo ambiental, no se realizó cuantificación de PM<sub>10</sub> en el periodo del estudio (Tabla 10).

### *Centro de monitoreo UAM Iztapalapa*

En el centro de monitoreo UAM Iztapalapa no hubo diferencias significativas en los promedios de las concentraciones de CO máximas entre meses. Mientras que los meses de Diciembre y Enero fueron los del mayor nivel promedio de SO<sub>2</sub> del año sin relación clara con el número de crisis.

Los meses en que hubo niveles máximos promedio de O<sub>3</sub> fueron Febrero, Abril y Mayo de 2014 ( $p < 0.01$ ), sin relación con el número de crisis.

Los niveles promedio de NO<sub>2</sub> fueron significativamente mayores en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, igual que en los demás centros de monitoreo ambiental ( $p < 0.01$ ). Esto se relacionó con un alto número de crisis asmáticas.

Los niveles máximos de PM<sub>10</sub> fueron significativamente mayores en los meses de Noviembre a Abril de 2014. En los meses de Noviembre a Febrero, esto se asoció a un elevado número de crisis asmáticas, no así en Marzo y Abril (Tabla 11).



**Tabla 6. Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en todos los 5 centros de monitoreo ambiental y su relación con el número de crisis asmáticas**

<b>Partícula</b>	<b>Mes</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>No. crisis</b>
<b>Niveles de CO (ppm)</b>	Enero 2014**	2,26	4	96
	Febrero 2014	1,87	3	92
	Marzo 2014	1,33	3	58
	Abril 2014	1,53	2	26
	Mayo 2014	1,09	2	38
	Junio 2014	1,63	3	31
	Julio 2013	1,00	1	38
	Agosto 2013	1,08	2	39
	Septiembre 2013	1,47	3	58
	Octubre 2013	1,38	2	84
	Noviembre 2013	1,46	4	73
	Diciembre 2013*	2,08	5	83
	<b>Niveles de SO2 (ppb)</b>	Enero 2014**	18,57	167
Febrero 2014		10,82	67	92
Marzo 2014		8,71	49	58
Abril 2014		8,92	61	26
Mayo 2014		13,53	109	38
Junio 2014		8,43	102	31
Julio 2014		11,54	52	38
Agosto 2013		6,15	74	39
Septiembre 2013		5,60	35	58
Octubre 2013		11,07	58	84
Noviembre 2013		14,34	135	73
Diciembre 2013**		21,50	126	83
<b>Niveles de O3 (ppb)</b>		Enero 2014	72,98	124
	Febrero 2014**	96,51	148	92
	Marzo 2014	77,67	155	58
	Abril 2014**	95,43	146	26
	Mayo 2014**	92,70	177	38
	Junio 2014	70,35	139	31
	Julio 2014**	84,48	132	38
	Agosto 2013	76,74	125	39
	Septiembre 2013	62,63	127	58
	Octubre 2013	78,92	142	84
	Noviembre 2013	66,51	120	73

	Diciembre 2013	69,42	114	83
<b>Niveles de NO2 (ppb)</b>	Enero 2014**	58,32	113	96
	Febrero 2014**	57,46	97	92
	Marzo 2014	44,35	91	58
	Abril 2014	47,44	95	26
	Mayo 2014	48,37	98	38
	Junio 2014	38,53	72	31
	Julio 2014	40,77	74	38
	Agosto 2013	39,55	77	39
	Septiembre 2013	37,49	67	58
	Octubre 2013	42,35	89	84
	Noviembre 2013	49,46	112	73
	Diciembre 2013**	56,49	134	83
	<b>Niveles de PM10 (µg/m³)</b>	Enero 2014**	100,50	191
Febrero 2014**		110,63	179	84
Marzo 2014**		101,44	313	52
Abril 2014**		99,20	289	22
Mayo 2014		73,37	149	32
Junio 2014		56,74	117	29
Julio 2014		61,16	129	30
Agosto 2013		55,11	113	34
Septiembre 2013		47,64	103	54
Octubre 2013		70,84	155	70
Noviembre 2013**		71,68	156	62
Diciembre 2013**		81,67	193	74
<b>TOTAL DE CRISIS</b>				<b>626</b>
<b>* p&lt; 0.05, ANOVA– Bonferroni</b>				
<b>** p&lt; 0.01, ANOVA–Bonferroni</b>				

**Tabla 7. Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en el centro de monitoreo ambiental de El Pedregal y su relación con el número de crisis asmáticas**

<b>Partícula</b>	<b>Mes</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>No. crisis</b>
<b>Niveles de CO (ppm)</b>	Enero 2014	1,00	1	10
	Febrero 2014	1,50	2	6
	Marzo 2014	1,00	1	11
	Abril 2014	1,00	1	3
	Mayo 2014	1,00	1	4
	Junio 2014	1,00	1	0
	Julio 2013	1,00	1	3
	Agosto 2013	1,00	1	7
	Septiembre 2013	1,00	1	6
	Octubre 2013	1,25	2	7
	Noviembre 2013	1,00	1	6
	Diciembre 2013	1,00	1	12
<b>Niveles de SO2 (ppb)</b>	Enero 2014	18,42	63	10
	Febrero 2014	10,64	49	6
	Marzo 2014	9,03	33	11
	Abril 2014	9,89	54	3
	Mayo 2014	17,54	80	4
	Junio 2014	5,92	19	0
	Julio 2014	8,46	28	3
	Agosto 2013	9,04	74	7
	Septiembre 2013	6,47	23	6
	Octubre 2013	9,97	26	7
	Noviembre 2013	14,30	94	6
	Diciembre 2013*	24,03	100	12
<b>Niveles de O3 (ppb)</b>	Enero 2014	68,06	109	10
	Febrero 2014**	100,86	132	6
	Marzo 2014	83,19	155	11
	Abril 2014**	94,50	136	3
	Mayo 2014	88,96	138	4
	Junio 2014	67,54	139	0
	Julio 2014	88,43	129	3
	Agosto 2013	78,42	125	7
	Septiembre 2013	62,40	117	6
	Octubre 2013	79,90	142	7
	Noviembre 2013	62,10	112	6

	Diciembre 2013	63,32	97	12
<b>Niveles de NO2 (ppb)</b>	Enero 2014**	57,55	91	10
	Febrero 2014	55,14	80	6
	Marzo 2014	44,13	71	11
	Abril 2014	45,24	82	3
	Mayo 2014	46,78	83	4
	Junio 2014	34,65	59	0
	Julio 2014	37,64	59	3
	Agosto 2013	35,23	65	7
	Septiembre 2013	35,60	54	6
	Octubre 2013	43,93	68	7
	Noviembre 2013	48,00	86	6
	Diciembre 2013**	54,94	83	12
	<b>Niveles de PM10 (µg/m³)</b>	Enero 2014**	91,97	166
Febrero 2014**		89,50	123	6
Marzo 2014**		82,26	161	11
Abril 2014		77,82	126	3
Mayo 2014		64,96	133	4
Junio 2014		54,63	96	0
Julio 2014		60,45	89	3
Agosto 2013		52,87	89	7
Septiembre 2013		51,57	103	6
Octubre 2013		69,62	135	7
Noviembre 2013		72,43	156	6
Diciembre 2013**		81,23	139	12
<b>* p&lt;0.05, ANOVA– Bonferroni</b>				
<b>** p&lt;0.01, ANOVA–Bonferroni</b>				

**Tabla 8. Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en el centro de monitoreo ambiental de Tláhuac y su relación con el número de crisis asmáticas**

<b>Partícula</b>	<b>Mes</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>No. crisis</b>
<b>Niveles de CO (ppm)</b>	Enero 2014	1,80	4	2
	Febrero 2014	1,00	1	2
	Marzo 2014	1,33	2	4
	Abril 2014	1,43	2	1
	Mayo 2014	ND	ND	1
	Junio 2014	1,20	2	4
	Julio 2013	1,00	1	6
	Agosto 2013	1,00	1	6
	Septiembre 2013	1,20	2	8
	Octubre 2013	1,25	2	11
	Noviembre 2013	1,33	2	5
	Diciembre 2013	2,50	3	3
<b>Niveles de SO2 (ppb)</b>	Enero 2014	10,43	29	2
	Febrero 2014	5,47	12	2
	Marzo 2014	6,42	40	4
	Abril 2014	ND	ND	1
	Mayo 2014	6,30	24	1
	Junio 2014	5,32	27	4
	Julio 2014	ND	ND	6
	Agosto 2013	3,13	12	6
	Septiembre 2013	3,93	17	8
	Octubre 2013	7,23	22	11
	Noviembre 2013	8,90	50	5
	Diciembre 2013	12,35	30	3
<b>Niveles de O3 (ppb)</b>	Enero 2014	74,68	117	2
	Febrero 2014*	96,79	142	2
	Marzo 2014	72,97	116	4
	Abril 2014	86,27	122	1
	Mayo 2014	82,90	129	1
	Junio 2014	61,83	129	4
	Julio 2014	78,13	110	6
	Agosto 2013	74,97	119	6
	Septiembre 2013	59,33	124	8
	Octubre 2013	74,71	123	11
	Noviembre 2013	72,76	120	5
	Diciembre 2013	70,10	110	3

<b>Niveles de NO2 (ppb)</b>	Enero 2014**	46,61	66	2
	Febrero 2014**	45,04	62	2
	Marzo 2014	32,84	61	4
	Abril 2014	34,73	51	1
	Mayo 2014	34,90	61	1
	Junio 2014	29,66	56	4
	Julio 2014	31,19	64	6
	Agosto 2013	31,90	53	6
	Septiembre 2013	30,40	51	8
	Octubre 2013	31,94	59	11
	Noviembre 2013	38,07	78	5
	Diciembre 2013**	42,90	77	3
	<b>Niveles de PM10 (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Enero 2014**	106,97	185
Febrero 2014**		129,54	179	2
Marzo 2014**		120,19	313	4
Abril 2014**		126,63	289	1
Mayo 2014		85,44	149	1
Junio 2014		56,15	103	4
Julio 2014		59,81	117	6
Agosto 2013		50,40	113	6
Septiembre 2013		17,91	69	8
Octubre 2013		81,16	155	11
Noviembre 2013		73,28	147	5
Diciembre 2013		93,81	193	3
<b>* p&lt;0.05, ANOVA– Bonferroni</b>				
<b>** p&lt;0.01, ANOVA–Bonferroni</b>				

**Tabla 9. Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en el centro de monitoreo ambiental de Santa Úrsula y su relación con el número de crisis asmáticas**

<b>Partícula</b>	<b>Mes</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>No. crisis</b>
<b>Niveles de CO (ppm)</b>	Enero 2014	2,50	3	52
	Febrero 2014	2,00	3	61
	Marzo 2014	2,50	3	28
	Abril 2014	2,00	2	11
	Mayo 2014	1,50	2	16
	Junio 2014	2,13	3	16
	Julio 2013	1,00	1	15
	Agosto 2013	1,00	1	16
	Septiembre 2013	1,00	1	26
	Octubre 2013	ND	ND	32
	Noviembre 2013	1,33	2	38
	Diciembre 2013	1,50	2	44
<b>Niveles de SO2 (ppb)</b>	Enero 2014	19,87	57	52
	Febrero 2014	12,39	52	61
	Marzo 2014	9,97	41	28
	Abril 2014	9,67	61	11
	Mayo 2014	10,65	87	16
	Junio 2014	10,43	102	16
	Julio 2014	11,58	44	15
	Agosto 2013	8,71	72	16
	Septiembre 2013	6,00	21	26
	Octubre 2013	14,16	45	32
	Noviembre 2013	18,43	135	38
	Diciembre 2013**	28,06	126	44
<b>Niveles de O3 (ppb)</b>	Enero 2014	77,94	111	52
	Febrero 2014**	108,14	148	61
	Marzo 2014	85,57	147	28
	Abril 2014	99,50	146	11
	Mayo 2014	101,35	171	16
	Junio 2014	79,40	139	16
	Julio 2014	89,55	132	15
	Agosto 2013	82,29	123	16
	Septiembre 2013	67,10	127	26
	Octubre 2013	86,30	138	32
	Noviembre 2013	68,60	119	38
	Diciembre 2013	74,42	107	44

<b>Niveles de NO2 (ppb)</b>	Enero 2014**	64,55	113	52
	Febrero 2014**	62,57	97	61
	Marzo 2014	49,17	79	28
	Abril 2014	51,73	72	11
	Mayo 2014	53,68	91	16
	Junio 2014	42,30	67	16
	Julio 2014	44,77	66	15
	Agosto 2013	42,23	73	16
	Septiembre 2013	40,87	63	26
	Octubre 2013	46,13	71	32
	Noviembre 2013	52,40	82	38
	Diciembre 2013**	60,71	110	44
	<b>Niveles de PM10 (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Enero 2014**	97,94	191
Febrero 2014**		106,54	161	61
Marzo 2014**		106,35	201	28
Abril 2014**		95,27	152	11
Mayo 2014		71,52	113	16
Junio 2014		55,20	117	16
Julio 2014		59,32	129	15
Agosto 2013		57,00	57	16
Septiembre 2013		57,00	57	26
Octubre 2013		57,00	57	32
Noviembre 2013		57,00	57	38
Diciembre 2013		57,00	57	44
<b>* p&lt; 0.05, ANOVA– Bonferroni</b>				
<b>** p&lt; 0.01, ANOVA–Bonferroni</b>				



**Tabla 10. Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en el centro de monitoreo ambiental de la Universidad Autónoma Metropolitana en Xochimilco y su relación con el número de crisis asmáticas**

<b>Partícula</b>	<b>Mes</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>No. crisis</b>
<b>Niveles de CO (ppm)</b>	Enero 2014	1,67	2	13
	Febrero 2014	1,25	2	8
	Marzo 2014	1,33	2	6
	Abril 2014	1,67	2	4
	Mayo 2014	1,00	1	6
	Junio 2014	1,50	2	2
	Julio 2013	1,00	1	8
	Agosto 2013	1,00	1	5
	Septiembre 2013	1,40	2	4
	Octubre 2013	1,33	2	14
	Noviembre 2013	2,50	4	11
	Diciembre 2013	2,00	2	9
	<b>Niveles de SO2 (ppb)</b>	Enero 2014	17,03	67
Febrero 2014		9,89	31	8
Marzo 2014		8,55	46	6
Abril 2014		7,97	33	4
Mayo 2014		11,80	52	6
Junio 2014		10,60	67	2
Julio 2014		12,46	52	8
Agosto 2013		6,06	27	5
Septiembre 2013		5,24	31	4
Octubre 2013		9,90	29	14
Noviembre 2013		13,43	105	11
Diciembre 2013*		21,16	77	9
<b>Niveles de O3 (ppb)</b>		Enero 2014	64,55	93
	Febrero 2014	72,18	93	8
	Marzo 2014	55,96	133	6
	Abril 2014**	97,13	142	4
	Mayo 2014**	95,93	177	6
	Junio 2014	73,75	138	2
	Julio 2014**	86,06	125	8
	Agosto 2013	74,42	107	5
	Septiembre 2013	62,80	121	4
	Octubre 2013	73,32	138	14
	Noviembre 2013	60,37	101	11

	Diciembre 2013	65,39	97	9	
<b>Niveles de NO2 (ppb)</b>	Enero 2014**	56,81	86	13	
	Febrero 2014**	54,79	87	8	
	Marzo 2014	44,58	77	6	
	Abril 2014	46,21	70	4	
	Mayo 2014	51,53	98	6	
	Junio 2014	41,17	72	2	
	Julio 2014	43,77	72	8	
	Agosto 2013	42,19	70	5	
	Septiembre 2013	37,03	60	4	
	Octubre 2013	43,35	85	14	
	Noviembre 2013	49,97	112	11	
	Diciembre 2013**	58,26	97	9	
	<b>* p&lt; 0.05, ANOVA– Bonferroni</b>				
	<b>** p&lt; 0.01, ANOVA–Bonferroni</b>				

**Tabla 11. Niveles promedio y máximos de contaminantes por mes, en el centro de monitoreo ambiental de la Universidad Autónoma Metropolitana en Iztapalapa y su relación con el número de crisis asmáticas**

<b>Partícula</b>	<b>Mes</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>No. crisis</b>
<b>Niveles de CO (ppm)</b>	Enero 2014	2,89	4	19
	Febrero 2014	3,00	3	15
	Marzo 2014	ND	ND	9
	Abril 2014	2,00	2	7
	Mayo 2014	1,00	1	11
	Junio 2014	2,00	2	9
	Julio 2013	1,00	1	6
	Agosto 2013	2,00	2	5
	Septiembre 2013	2,25	3	14
	Octubre 2013	2,00	2	20
	Noviembre 2013	1,33	2	13
	Diciembre 2013	2,33	5	15
	<b>Niveles de SO2 (ppb)</b>	Enero 2014**	26,32	167
Febrero 2014		13,96	67	15
Marzo 2014		9,65	49	9
Abril 2014		8,20	24	7
Mayo 2014		18,41	109	11
Junio 2014		9,17	60	9
Julio 2014		13,32	51	6
Agosto 2013		4,55	14	5
Septiembre 2013		6,33	35	14
Octubre 2013		14,83	58	20
Noviembre 2013		16,43	106	13
Diciembre 2013*		22,16	103	15
<b>Niveles de O3 (ppb)</b>		Enero 2014	79,68	124
	Febrero 2014**	104,61	144	15
	Marzo 2014	86,00	155	9
	Abril 2014**	99,70	138	7
	Mayo 2014**	94,20	128	11
	Junio 2014	69,07	108	9
	Julio 2014	80,61	127	6
	Agosto 2013	73,58	122	5
	Septiembre 2013	61,50	113	14
	Octubre 2013	82,37	134	20

	Noviembre 2013	68,93	120	13
	Diciembre 2013	74,96	114	15
<b>Niveles de NO2 (ppb)</b>	Enero 2014**	66,06	100	19
	Febrero 2014**	69,75	96	15
	Marzo 2014	51,19	91	9
	Abril 2014	58,97	95	7
	Mayo 2014	54,60	90	11
	Junio 2014	43,67	72	9
	Julio 2014	46,29	74	6
	Agosto 2013	46,19	77	5
	Septiembre 2013	43,53	67	14
	Octubre 2013	47,53	89	20
	Noviembre 2013	58,47	103	13
	Diciembre 2013**	67,38	134	15
	<b>Niveles de PM10 (µg/m³)</b>	Enero 2014**	105,32	172
Febrero 2014**		116,93	163	15
Marzo 2014**		92,00	160	9
Abril 2014**		94,29	248	7
Mayo 2014		72,29	103	11
Junio 2014		60,70	94	9
Julio 2014		65,03	104	6
Agosto 2013		60,00	105	5
Septiembre 2013		56,40	84	14
Octubre 2013		75,52	121	20
Noviembre 2013**		84,07	150	13
Diciembre 2013**		96,56	161	15
<b>* p=0.05, ANOVA– Bonferroni</b>				
<b>** p–0.01, ANOVA–Bonferroni</b>				

## 13. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se analizó la asociación de crisis asmáticas con los picos máximos de contaminantes ambientales y los promedios mensuales de los picos máximos en pacientes pediátricos. Participaron en el estudio proporciones similares de niños y niñas. En los gráficos de comparación de niveles máximos de contaminantes ambientales con la presencia de crisis asmáticas, no se observó relación entre los niveles CO y SO<sub>2</sub> con la presentación de las crisis. Sin embargo, se observó un patrón de asociación positiva entre los niveles pico de O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> y NO<sub>2</sub> y la presentación de las crisis asmáticas. Para corroborar esta observación, se buscó un punto de corte a partir del cual las crisis se presentaran con mayor frecuencia, encontrando que la mayoría de las crisis se presentaban cuando los niveles máximos de O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> y NO<sub>2</sub> superaban los 40 µg/m<sup>3</sup> o ppb.

En este sentido se encontró que i) 7 de cada 10 pacientes presentaron crisis cuando los niveles de NO<sub>2</sub> eran superiores a 40 ppb, ii) 8 de cada 10 pacientes presentaron crisis asmática cuando los niveles de PM<sub>10</sub> eran superiores a 40 µg/m<sup>3</sup> y que iii) 9 de cada 10 pacientes presentaron crisis cuando los niveles máximos de O<sub>3</sub> fueron superiores a 40 ppb. De hecho, el riesgo (magnitud de la asociación) de ingreso al hospital por crisis asmática fue 45-63% mayor en los días en que los niveles máximos de contaminantes superaron las 40 unidades.

En México se norman los siguientes contaminantes atmosféricos: bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), partículas suspendidas totales (PST) y partículas menores a 10 micrómetros de diámetro (PM<sub>10</sub>).<sup>40-44</sup>

La Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993 mas actual sobre O<sub>3</sub>, establece que de acuerdo con el tiempo que transcurre entre la exposición y la aparición de los efectos, los daños a la salud asociados con el ozono pueden clasificarse como

de corto plazo (de una a tres horas), prolongados (de seis a ocho horas) y de largo plazo (meses o años). Los efectos agudos se han observado en concentraciones de ozono de 0.12 partes por millón (en adelante, ppm), cuando los individuos realizan ejercicio moderado o intenso o en concentraciones más bajas (de 0.08 ppm) después de exposiciones prolongadas, tras un ejercicio moderado o bajo. Los estudios sobre ingresos hospitalarios y visitas a salas de emergencia han permitido medir no sólo la presencia de síntomas respiratorios, sino también su gravedad. De acuerdo con estudios realizados en los Estados Unidos, estos efectos se han observado después de exposiciones prolongadas a concentraciones de ozono tan bajas como 0.080 ppm. Los grupos más susceptibles son los niños y las personas que por motivos de trabajo permanecen mayor tiempo en los exteriores, así como los individuos con enfermedades respiratorias previas. La NOM-020-SSA1-1993 establece como límite horario permisible una concentración de 0.11 ppm en un periodo de un año. En la última modificación a esta norma no se cambió el límite máximo permitido, ya que en base a esta concentración se han instrumentado los diferentes planes de contingencia ambiental que operan en ciudades con altos niveles de ozono. En el presente estudio, durante los meses de Febrero, Abril, Mayo y Julio se superaron concentraciones de 0.08 ppm, pero nunca se superaron las 0.11 ppm. Esta Norma no es equivalente a ninguna norma internacional ni mexicana, por no existir referencia al momento de su elaboración.<sup>40</sup>

Como se describió anteriormente, 9 de cada 10 pacientes presentaron sus crisis cuando los niveles máximos de O<sub>3</sub> superaron las 0.04 ppm. Es decir menos de la mitad de lo considerado en la norma como límite saludable, por lo que valdría la pena revalorar los niveles máximos permitidos normados.<sup>40</sup> La OMS estima que unas normas más estrictas sobre contaminación ambiental podrían reducir en un 15% la mortalidad en las ciudades contaminadas.<sup>41</sup> El límite máximo recomendado por las OMS es de 100 µg/m<sup>3</sup> de O<sub>3</sub> y en cada mes, hubo al menos una ocasión en la ZMVM en que se superaron estas cifras. Por ejemplo, en

febrero las concentraciones máximas promedio fueron de 96.51 ppb, es decir de 206.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .<sup>45</sup>

La Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993 sobre NO<sub>2</sub>, establece que, la concentración de bióxido de nitrógeno, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el límite máximo normado de 0.21 ppm o lo que es equivalente a 395  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en una hora una vez al año, como protección a la salud de la población susceptible. La acumulación de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), en el cuerpo humano, constituye un riesgo para las vías respiratorias ya que se ha comprobado que: inicia, reactiva y puede alterar la capacidad de respuesta de las células en el proceso inflamatorio, como sucede con las células polimorfonucleares, macrófagos alveolares y los linfocitos, siendo más frecuente en casos de bronquitis crónica.<sup>42</sup>

Afortunadamente, en ningún mes del año se llegó ni se superó el nivel máximo promedio permitido, sin embargo, 7 de cada 10 pacientes presentaron crisis cuando los niveles de NO<sub>2</sub> eran superiores a 40 ppb. El mes de mayores concentraciones de NO<sub>2</sub> fue Enero, las cuales fueron de 0.05832 ppm, es decir de 109.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esto podría explicar al menos parcialmente el mayor número de casos presentados en ese mes que en otros meses, porque aunque tales valores son notablemente inferiores a los considerados seguros por la norma, algunos estudios realizados con niños, muestran la aparición de síntomas leves respiratorios en concentraciones promedio de 14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  con un Odds Ratio de 1.06. Dicho ratio aumenta hasta 1,36 en concentraciones promedio de 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y hasta 1.65 en concentraciones promedio de 58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Un estudio transversal realizado en 1987 en niños de 6 años en Stuttgart (Alemania) describía un riesgo relativo de 2.28 en el tercil superior de las concentraciones de NO<sub>2</sub> (60-70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) comparado con el tercil inferior (40-50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). De acuerdo a sus regulaciones, en Colombia el nivel máximo de NO<sub>2</sub> por hora no debe exceder 106 ppb, es decir es inferior a la tercera parte del nivel permisible en México.<sup>28-31,42, 43</sup>

De nueva cuenta, valdría la pena reevaluar los niveles máximos permitidos de NO<sub>2</sub> normados como máximos en México. Otros autores también, han concluido que, pese a que las concentraciones de contaminantes se mantienen por debajo de la norma oficial, los contaminantes monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno inciden en la salud de la población infantil del área urbana de Guadalajara.<sup>44</sup>

La Norma Oficial Mexicana sobre partículas menores de 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) establece que, los efectos nocivos de las partículas suspendidas no se limitan al aparato respiratorio, sino que pueden dañar otros aparatos y sistemas como el sistema cardiovascular. Los efectos pueden ser inmediatos o presentarse después de varios días de exposición a esos contaminantes.<sup>46</sup> Para efectos de protección a la salud de la población más susceptible, se establecen los valores de concentración máxima para PM<sub>10</sub> en el aire ambiente d: 120 µg/m<sup>3</sup> promedio de 24 horas y 50 µg/m<sup>3</sup> promedio anual.<sup>46</sup>

Un estudio realizado en la Ciudad de México para determinar los índices de morbilidad, demostró que el incremento de 20 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> aumentó en 8% la sintomatología de vías respiratorias bajas en niños asmáticos de 5 a 13 años.<sup>46</sup> La asociación entre contaminantes del aire y la función respiratoria de niños en edad escolar, determina que el efecto combinado de 7 días de exposición a 17µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub> y 25 ppb de O<sub>3</sub> predice una disminución de 7.1% en el valor de flujo respiratorio máximo matutino de los niños.<sup>46</sup> Estudios *in vivo* en la Ciudad de México indican daños estructurales del epitelio respiratorio de cobayos expuestos 8 horas diarias durante 4 meses al aire ambiente de la zona metropolitana suroeste de la Ciudad de México, y cambios inmunológicos *e in vitro* en líneas celulares.<sup>46</sup>

La OMS recomienda en sus guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, no exceder una exposición promedio anual de 20 µg/m<sup>3</sup> o un promedio de 50 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas. Cifras, notablemente inferiores a las establecidas en la NOM correspondiente. En el presente estudio, el promedio de



los valores máximos diarios siempre fue superior a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y 8 de cada 10 pacientes presentaron crisis asmática cuando los niveles de PM10 eran superiores a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es decir, la población de la ZMVM está expuesta a niveles elevados de PM10 y debería valorarse una modificación a la NOM-025-SSA1-1993 para ajustar a la baja el nivel máximo permitido de PM10. <sup>45,46</sup>

Por su parte, la Norma Oficial Mexicana sobre SO<sub>2</sub>, establece que, el SO<sub>2</sub> se genera tanto de fuentes naturales, como de la combustión de compuestos ricos en azufre. Se asocia con la humedad de las mucosas conjuntival y respiratoria; constituye un riesgo en la producción de irritación e inflamación aguda o crónica; suele asociarse también con las partículas suspendidas (PST) y dar lugar a un riesgo superior, puesto que su acción es sinérgica. Esta combinación, bióxido de azufre/partículas suspendidas totales (SO<sub>2</sub>/PST), en condiciones favorables para su acumulación y permanencia en la atmósfera, ha sido la responsable de episodios poblacionales, así como del incremento de la morbilidad y la mortalidad en enfermos crónicos del corazón y vías respiratorias. De acuerdo a la norma:

i. La concentración de dióxido de azufre como contaminante atmosférico no debe rebasar el límite máximo normado de  $288 \mu\text{g}/\text{m}^3$  o 0,110 ppm promedio en 24 horas, una vez al año, para protección a la salud de la población.

ii. La concentración de dióxido de azufre como contaminante atmosférico no debe rebasar el límite máximo normado de  $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  o 0,025 ppm promedio anual, para protección a la salud de la población.

iii. La concentración del promedio de ocho horas de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), como contaminante atmosférico, debe ser menor o igual a  $524 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , o 0,200 ppm promedio horario para no ser rebasado dos veces al año. <sup>47</sup>

En el presente estudio, no se alcanzaron las concentraciones máximas permitidas de acuerdo a la NOM. <sup>47</sup> Además, Información científica de estudios

epidemiológicos sobre los efectos que se producen por la exposición a periodos de 24 horas de SO<sub>2</sub> de manera individual o asociado a material particulado o a otros contaminantes, establece la exacerbación en la sintomatología de pacientes sensibles, cuando se exceden los valores de 0,087 ppm (228 µg/m<sup>3</sup>) en presencia de materia particulada. Por lo que, el elevado número de crisis asmáticas encontrados en los meses de Diciembre y Enero, no parecen haberse debido a este contaminante. <sup>48</sup>

En otros estudios, se ha demostrado que tanto el NO<sub>2</sub>, como las PM<sub>10</sub> y el O<sub>3</sub> incrementan el riesgo de una exacerbación aguda de asma. Un estudio que incluyó 91,386 pacientes entre 5 y 17 años de la zona metropolitana de Atlanta encontró que los contaminantes relacionados al tráfico y el ozono se relacionaron con las consultas de emergencia por asma y sibilancias aún a concentraciones bajas (Strickland et al., 2010). Otro estudio, realizado en Sao Paulo, evaluó el papel de la exposición a contaminantes como NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> sobre la salud respiratoria de niños en una zona urbana. Los investigadores encontraron que los niveles de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> mostraron una asociación independiente significativa con el desarrollo de asma, neumonía y la presencia de sibilancias en alguna ocasión. <sup>4</sup> Un estudio realizado en Nueva York encontró una asociación positiva entre PM<sub>2.5</sub> y la presencia de sibilancias nuevas, odds ratio ajustado de 1.51 [IC 95%, 1.05 - 2.16]. <sup>5</sup> En otro estudio, se evaluó si la exposición a corto plazo a contaminación del aire, se asociaba con los ingresos hospitalarios por asma en niños en Copenhague. Se encontró una asociación significativa entre los ingresos hospitalarios por asma en niños de 0 a 18 años y NO<sub>x</sub>, así como entre ingresos hospitalarios por asma y NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. Es decir, a mayores niveles de contaminantes hubo mayores ingresos hospitalarios. <sup>8</sup> Por lo que, tanto las partículas pequeñas como los gases resultantes de la combustión por el uso de autos y otros productos que liberan tóxicos (como ozono) causan exacerbaciones agudas de asma e incrementan el número de ingresos hospitalarios por estos cuadros clínicos.

## **14. CONCLUSIÓN**

Los niveles máximos de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> por arriba de 40 ppb ó 40 µg/m<sup>3</sup> aumentan el riesgo de crisis asmáticas en pacientes pediátricos y por lo tanto hay incremento de los ingresos hospitalarios.

Es importante replantear y modificar a la baja los valores máximos permitidos de las normas oficiales mexicanas sobre contaminantes ambientales, a al menos las recomendaciones internacionales de la OMS, con la finalidad de proteger con mayor eficacia, a la población de los efectos nocivos de la contaminación.

## 15. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

<b>Tabla 6.</b> Cronograma de actividades					
ACCIONES A REALIZAR	JUNIO - JULIO 2014	AGOSTO – OCTUBRE 2014	NOVIEMBRE - ENERO 2015	FEBRERO – MARZO 2015	ABRIL – JUNIO 2015
1.- Diseño del protocolo					
2.- Búsqueda de bibliografía					
3.- Diseño de hoja de recolección					
4.- Aprobación del protocolo					
5.- Desarrollo del protocolo					
6.- Recolección de datos					
7.- Análisis de datos y elaboración de tesis					
7.- Presentación de tesis					

## 16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.- Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) del Distrito Federal. Ubicación de las estaciones de monitoreo. Consultado el 10 de Abril de 2015, en: <http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnmM=%27>.

2.- Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) del Distrito Federal. Aviso por el que se da a conocer el Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas en el Distrito Federal Gaceta Oficial del Distrito Federal. 5 de Marzo de 2015. pp. 5-30.

3.- Drummond MB. Obstructive airway disease in urban populations. *Curr Opin Pulm Med*. 2014; 20(2):180-5.

4.- Vieira SE, Stein RT, Ferraro AA, Pastro LD, Pedro SS, et al. Urban air pollutants are significant risk factors for asthma and pneumonia in children: the influence of location on the measurement of pollutants. *Archivos de Bronconeumologia*. 2012;48:389–395.

5.- Jung KH, Hsu SI, Yan B, et al. Childhood exposure to fine particulate matter and black carbon and the development of new wheeze between ages 5 and 7 in an urban prospective cohort. *Environment international*. 2012;45:44–50.

6.- Patel MM, Chillrud SN, Deepti KC, Ross JM, Kinney PL. Traffic-related air pollutants and exhaled markers of airway inflammation and oxidative stress in New York City adolescents. *Environmental Research*. 2013; 121:71–78.

7.- Moreno-Macias H, Dockery DW, Schwartz J, et al. Ozone exposure, vitamin C intake, and genetic susceptibility of asthmatic children in Mexico City: a cohort study. *Respiratory research*. 2013;14:14.

- 8.- Iskandar A, Andersen ZJ, Bonnelykke K, et al. Coarse and fine particles but not ultrafine particles in urban air trigger hospital admission for asthma in children. *Thorax*. 2012; 67:252–257.
- 9.- Bernstein DI. Traffic-related pollutants and wheezing in children. *The Journal of asthma: official journal of the Association for the Care of Asthma*. 2012; 49:5–7.
- 10.- GINA- Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma Management and Prevention. Updated 2015. Tomado el 15 de Abril de 2015 de: [http://www.ginasthma.org/local/uploads/files/GINA\\_Report\\_2015.pdf](http://www.ginasthma.org/local/uploads/files/GINA_Report_2015.pdf).
- 12.- Moore WC, Meyers DA, Wenzel SE, et al. Identification of asthma phenotypes using cluster analysis in the Severe Asthma Research Program. *Am J Respir Crit Care Med* 2010;181:315-23.
- 13.- Bel EH. Clinical phenotypes of asthma. *Curr Opin Pulm Med* 2004; 10:44-50.
- 14.- OMS-Organización Mundial de la Salud. Tomado el 15 de Abril de 2015 de: <http://www.who.int/respiratory/asthma/es/>.
- 15.- Vargas-Becerra MH. Epidemiología del asma. *Neumol Cir Torax*. 2009; 68(S2): S91-S97.
- 16.- Arruda LK, Solé D, Baena-Cagnani CE, Naspitz CK. Risk factors for asthma and atopy. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2005; 5(2):153-9.
- 17.- Von Mutius E. Environmental factors influencing the development and progression of pediatric asthma. *J Allergy Clin Immunol*. 2002; 109(6 Suppl):S525-32.

- 18.- Mohapata SS. Será mejor la prevención que la curación de las alergias y asma en los primeros 20 años del siguiente siglo?. Rev Alerg Mex 1995; 42 (2): 18-9.
- 19.- Shuttari MF, Truman HS. Asthma: diagnosis and management. Am Fam Physician 1995; 58 (8): 2225-35.
- 20.- Abramson MJ, Mamm GB, Pattemore PK. Are non-allergic environmental factors important in asthma. Med J Aust 1995; 163 (10): 542-5
- 21.- Hernández-Sastre V, García-Marcos L. Aspectos epidemiológicos del asma en la edad pediátrica. Bol Pediatr. 2007; 47(Suppl 2): 55-61.
- 22.- Galanter J.M., Boushey H.A. (2015). Drugs Used in Asthma. In Katzung B.G., Trevor A.J. (Eds), Basic & Clinical Pharmacology, 13e. Retrieved April 17, 2015 from <http://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1193&Sectionid=69106489>.
- 23.- Holgate ST: Pathophysiology of asthma: What has our current understanding taught us about new therapeutic approaches? J Allergy Clin Immunol 2011; 128:495.
- 24.- Locksley RM: Asthma and allergic inflammation. Cell 2010; 140:777.
- 25.- Martinez FD, Vercelli D: Asthma. Lancet 2013;382:1360.
- 26.- Doherty G, Bush A. Diagnosing respiratory problems in young children. Practitioner 2007; 251:20, 2-5. 419.
- 27.- Pedersen S. Preschool asthma--not so easy to diagnose. Prim Care Respir J 2007; 16:4-6.

28.- Fenger, J., Hertel, O. and Palmgren, F., 1999. Urban Air Pollution - European Aspects. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holand.

29.- WHO, 1995. Update and revision of the air quality guidelines for Europe. EUR/ICP/EHAZ 94 05/PB01, WHO Regional Office for Europe.

30.- WHO, 2000b. Chapter 7.2. Ozone and other photochemical oxidants. Air Quality Guidelines Second Edition. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.

31.- Zamet, J.M. and Utell, M.J., 1990. The Risk of Nitrogen-Dioxide - What Have We Learned from Epidemiologic and Clinical-Studies. Toxicology and Industrial Health, 6(2): 247-262.

32.- Montero López C. Pronóstico de la calidad del aire en el área metropolitana de la Ciudad de México a través del análisis de las series de tiempo de los componentes del IMECA. Consultado el 15 de Abril de 2015 en: <http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/015419/015419.pdf>

33.- Gil Cebrián J, Díaz-Alersi R, Coma M, Gil Bello D. Intoxicación por productos industriales. Principios de Urgencias, Emergencias y Cuidados Críticos. Consultado el 15 de Abril de 2015 en: <http://tratado.uninet.edu/c100802.html>.

34.- Miller V. Health effects of Project SHAD Chemical agent: Sulfur dioxide. Consultado el 15 de Abril de 2015 en: <https://www.iom.edu/~media/Files/Report%20Files/2007/Long-Term-Health-Effects-of-Participation-in-Project-SHAD-Shipboard-Hazard-and-Defense/SULFURDIOXIDE.pdf>.



35.- Organización Mundial de la Salud-OMS. OMS Guías de calidad del aire actualización mundial 2005. Consultado el 15 de Abril de 2015 en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsea/fulltext/omsguiaaire.pdf>.

36.- Instituto Nacional de Ecología (INEa). México ante el cambio climático. Consultado el 15 de Abril de 2015 en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/154/cclimatico.html>

37.- Instituto Nacional de Ecología (INEb). ¿Dónde causa daño? Respuestas a preguntas sobre contaminación y salud. Consultado el 15 de Abril de 2015 en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/152/salud.html>.

38.- Del-Rio-Navarro BE, Ito-Tsuchiya FM, Berber A, Zepeda-Ortega B, Sienna-Monge JJ, Garcia-Almaraz R, Baeza-Bacab M. Study of the relationship between acetaminophen and asthma in Mexican children aged 6 to 7 years in 3 Mexican cities using ISAAC methodology. *J Investig Allergol Clin Immunol*. 2008; 18(3):194-201.

39.- Del-Rio-Navarro B, Del Rio-Chivardi JM, Berber A, Sienna-Monge JJ, Rosas-Vargas MA, Baeza-Bacab M. Asthma prevalence in children living in north Mexico City and a comparison with other Latin American cities and world regions. *Allergy Asthma Proc*. 2006; 27(4): 334-40.

40.- Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar el valor límite permisible para la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) de la calidad del aire ambiente. Criterio para evaluar la calidad del aire. México, D.F., a 1 de agosto de 2002.

41.- OMS. La OMS pide al mundo que asuma el reto de mejorar la calidad del aire. Consulta en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2006/pr52/es/>, el 14 de Junio de 2015.

42.– Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993 Salud Ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. México, D.F., a 18 de agosto de 1994.

43.– Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Norma de Calidad del Aire de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Bogotá: 4 de abril de 2006. 13 p. (Resolución 601 de 2006). Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 601 de 2006. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19983>.

44.– Ramírez-Sánchez HU, Andrade-García MD, González-Castañeda ME, Celis-de la Rosa AJ. Contaminantes atmosféricos y su correlación con infecciones agudas de las vías respiratorias en niños de Guadalajara, Jalisco. Salud Pub Mex. 2006; 48(5), 385-394.

45. OMS. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. pp.1–21. Disponible en: Disponible en <http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>.

46. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM<sub>10</sub> y partículas menores de 2.5 micrómetros PM<sub>2.5</sub> de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire. México, D.F., a 22 de junio de 2005.

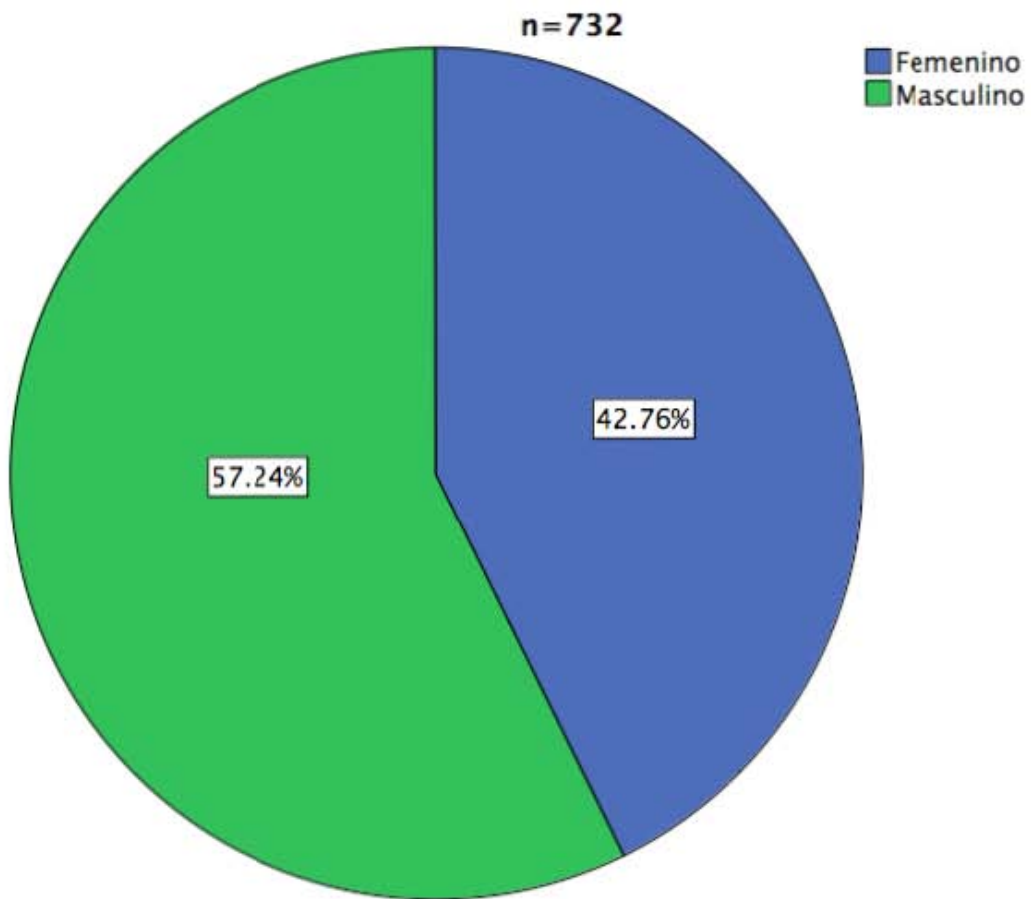
47. NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. México, D.F. 8 de Diciembre de 2010.

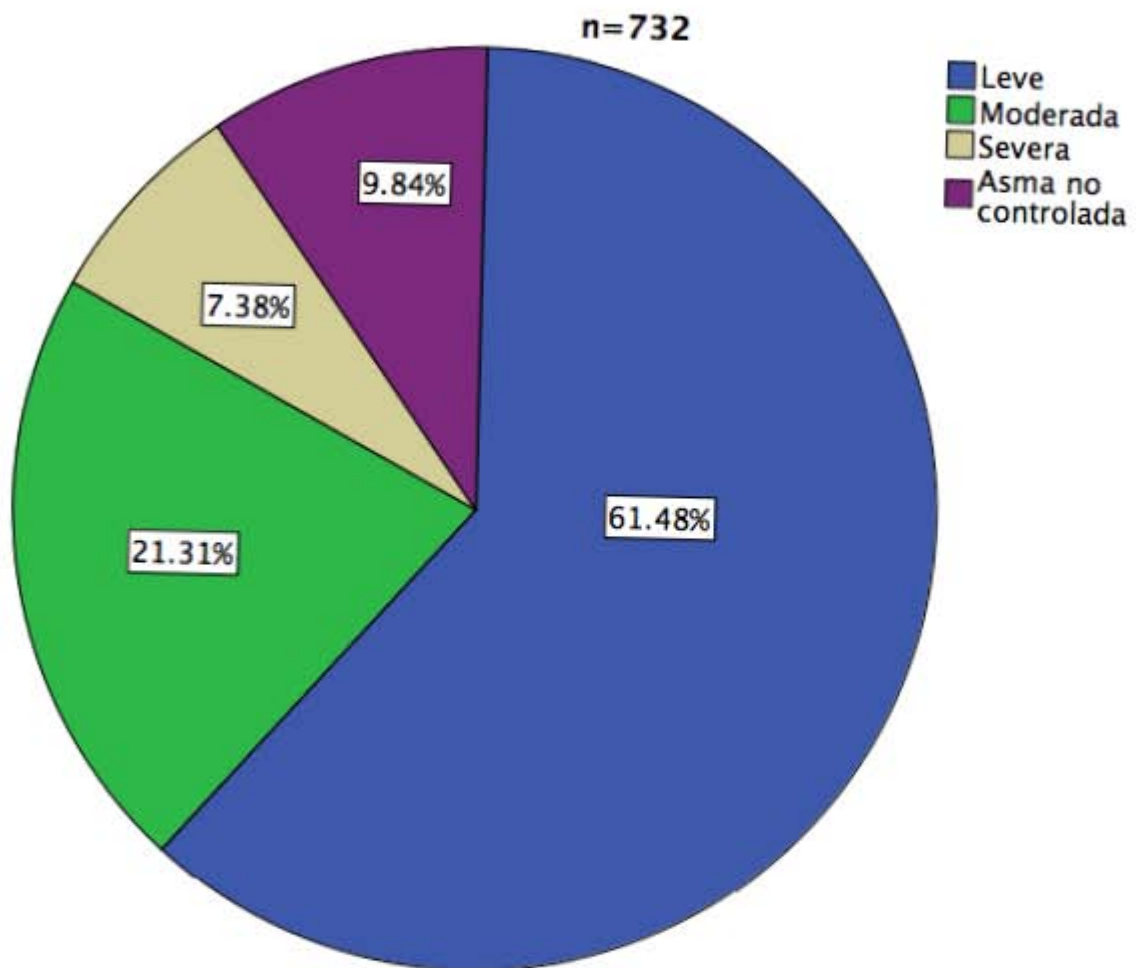
48. Hedley AJ, Wong CM, Thach TQ, Ma S, Lam TH, Anderson HR. Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulphur content of fuel in Hong Kong: an intervention study. *Lancet*. 2002; 360(9346):1646-52.

## **18. ANEXOS**

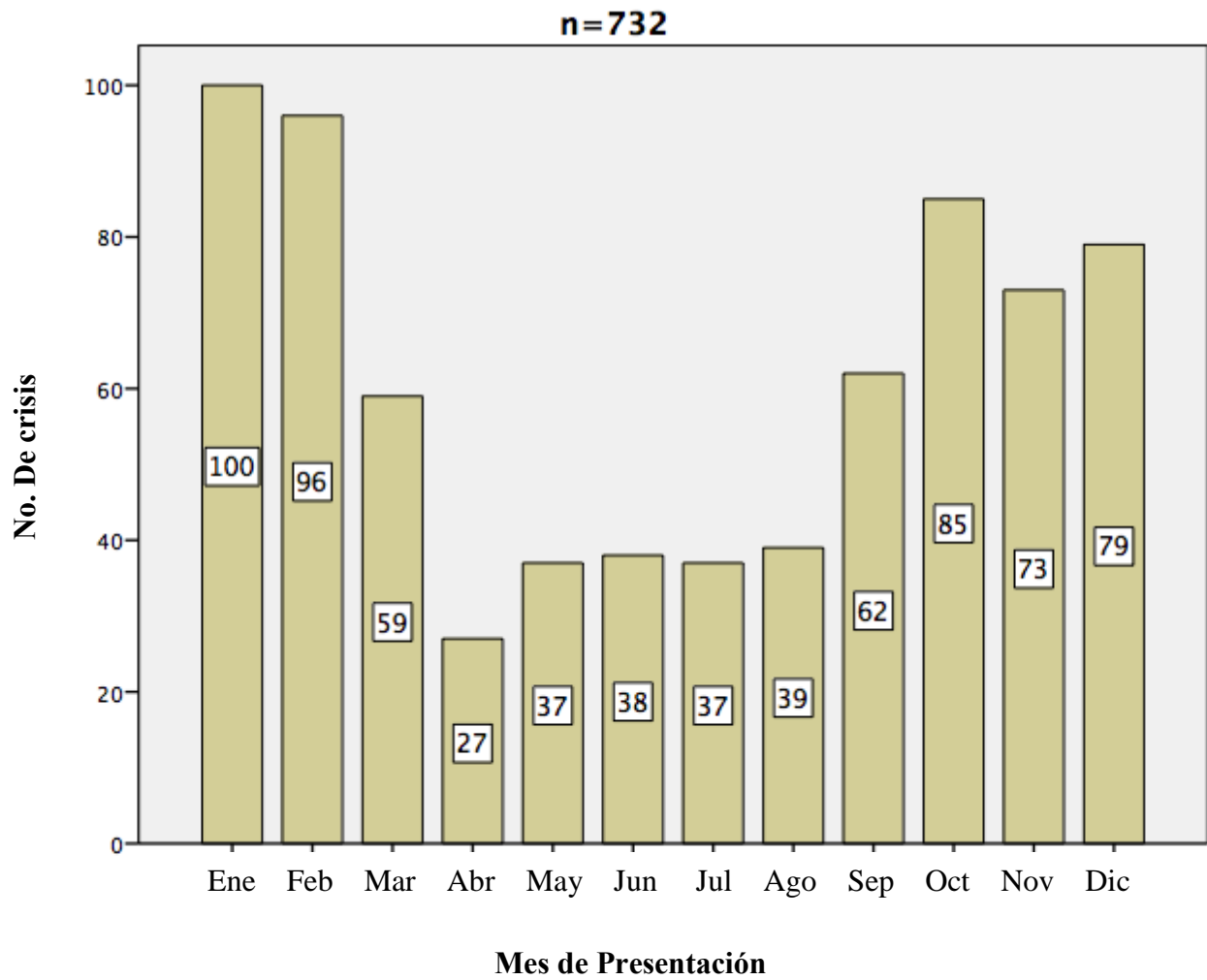
**Figura 3.** Distribución de los pacientes según género.



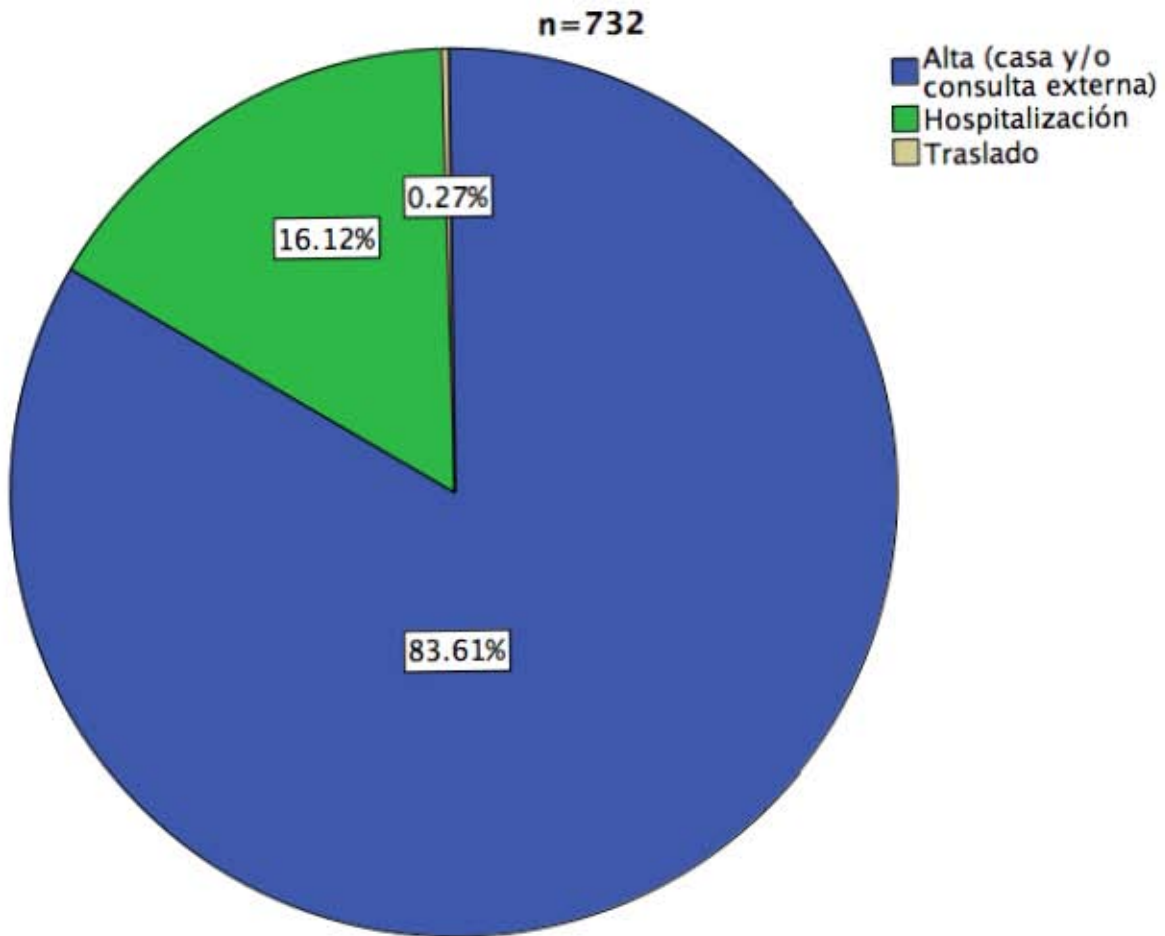
**Figura 4.** Severidad de las crisis asmáticas de los pacientes.



**Figura 5.** Distribución de las crisis asmáticas por mes de presentación.



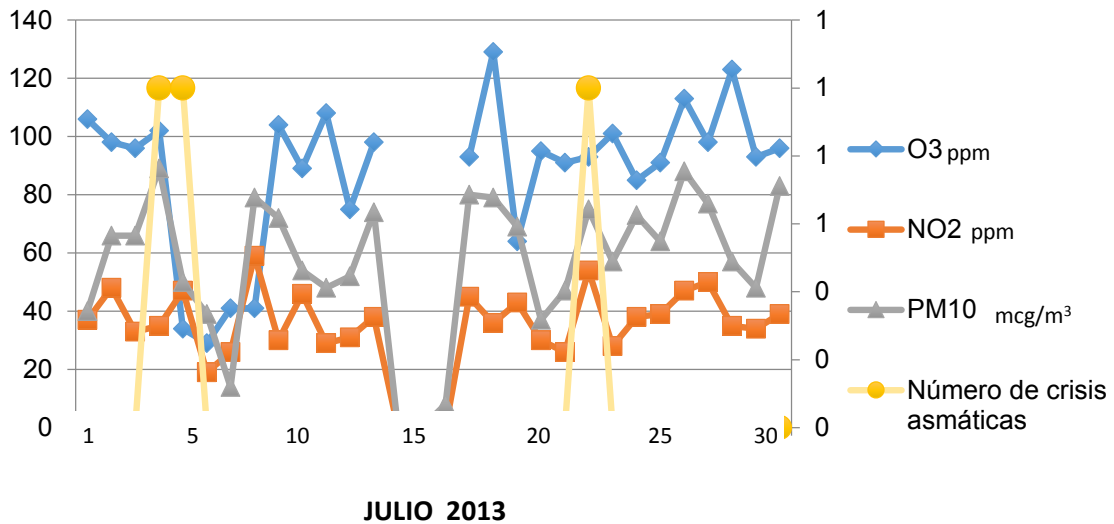
**Figura 6.** Destino de los pacientes con crisis asmáticas.



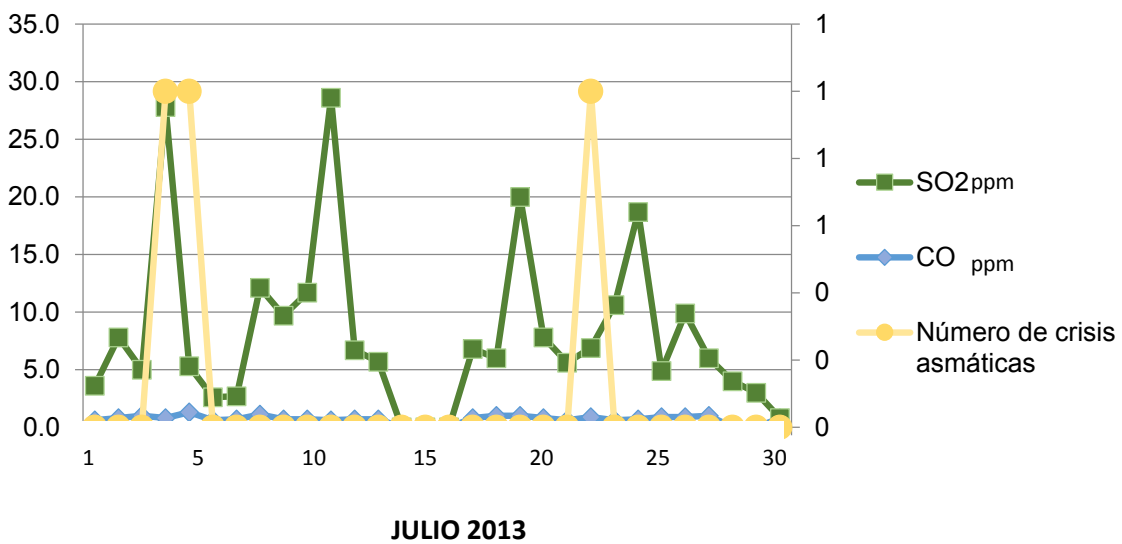


## **CENTRO DE MONITOREO PEDREGAL**

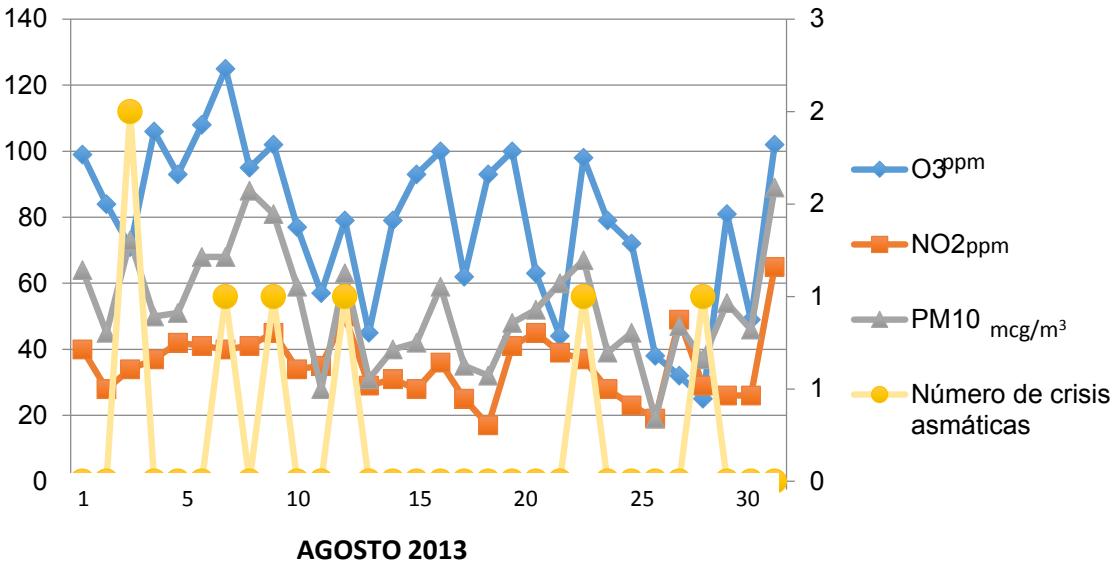
**Figura 7.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Julio de 2013 Centro de monitoreo Pedregal.



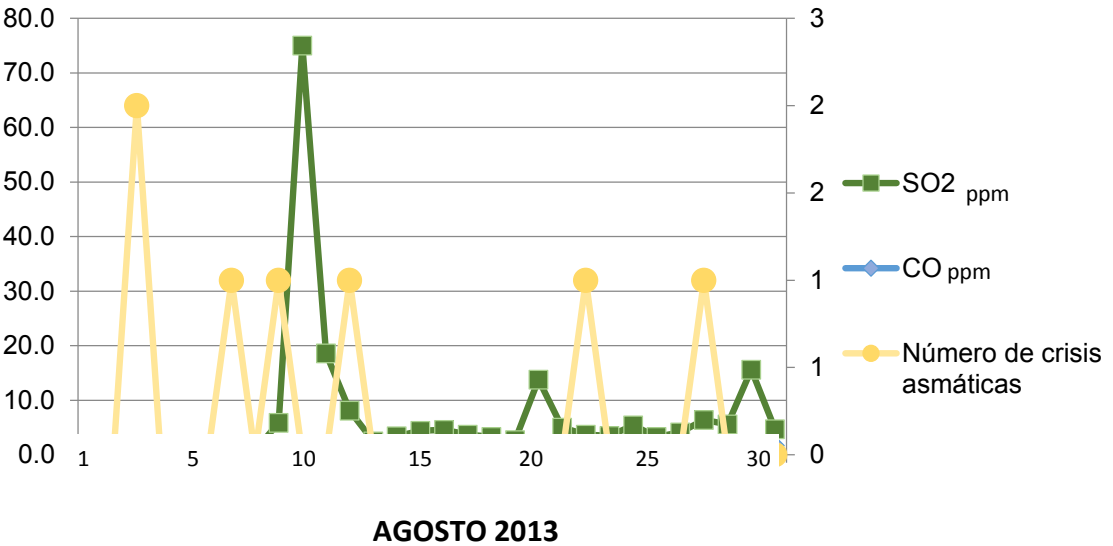
**Figura 8.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Julio de 2013 Centro de monitoreo Pedregal



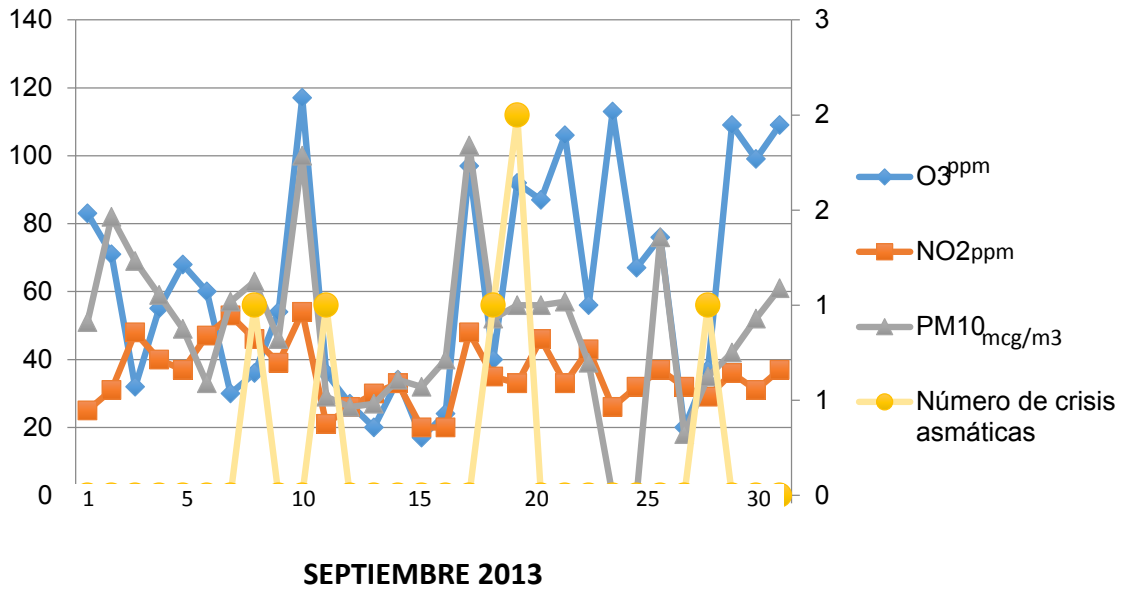
**Figura 9.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 Centro de monitoreo Pedregal.



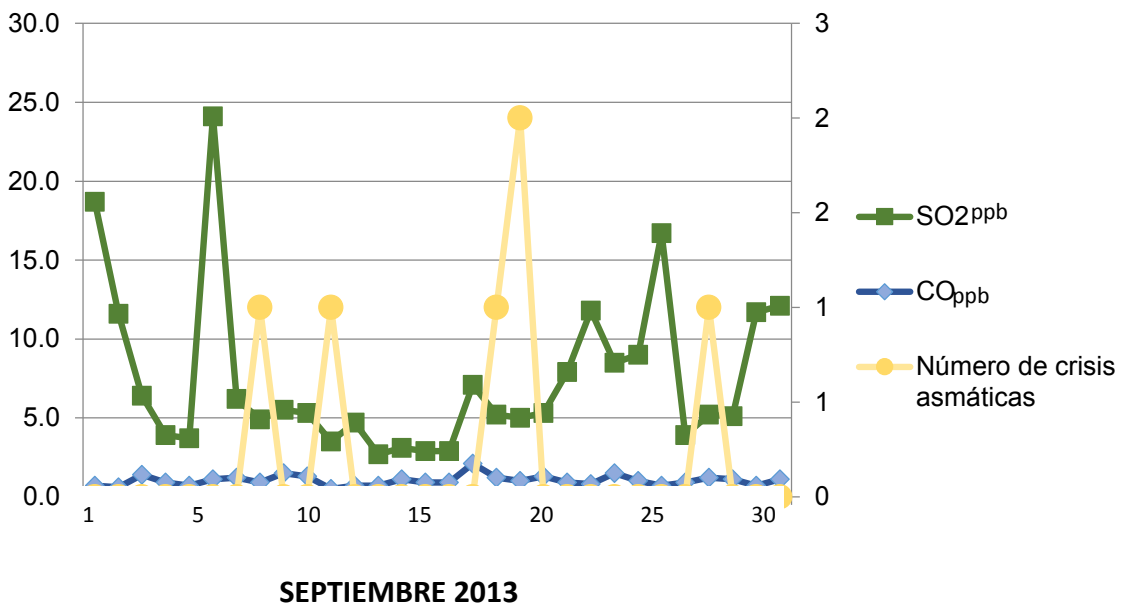
**Figura 10.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 Centro de monitoreo Pedregal .



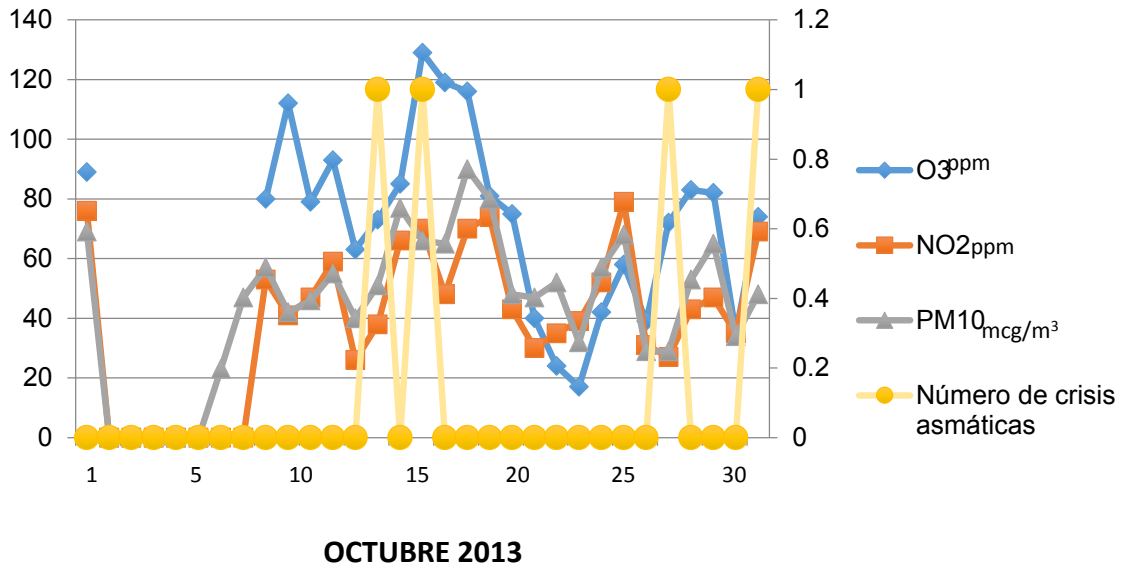
**Figura 11.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 Centro de monitoreo Pedregal.



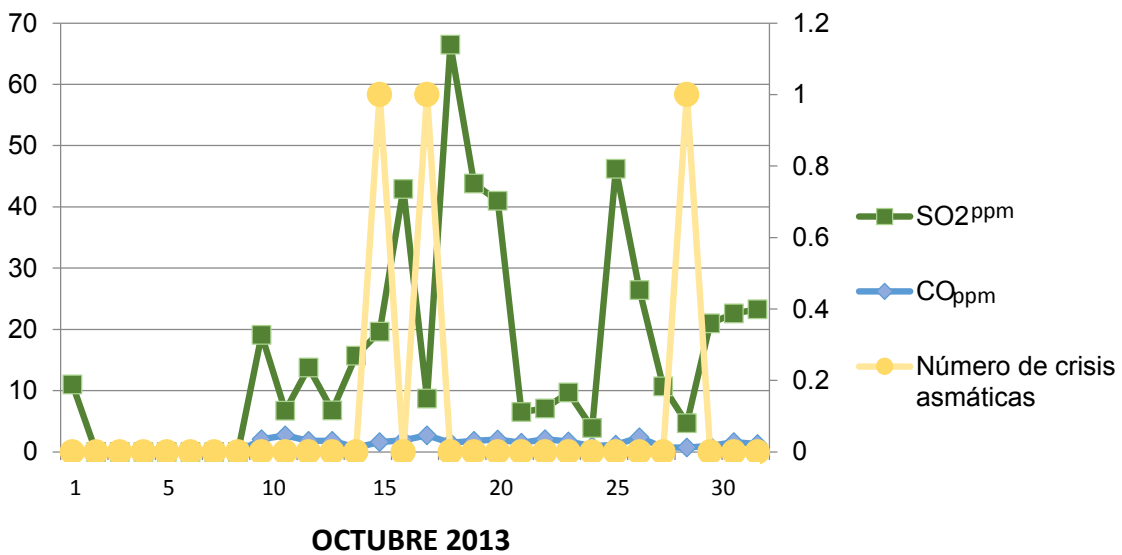
**Figura 12.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 Centro de monitoreo Pedregal.



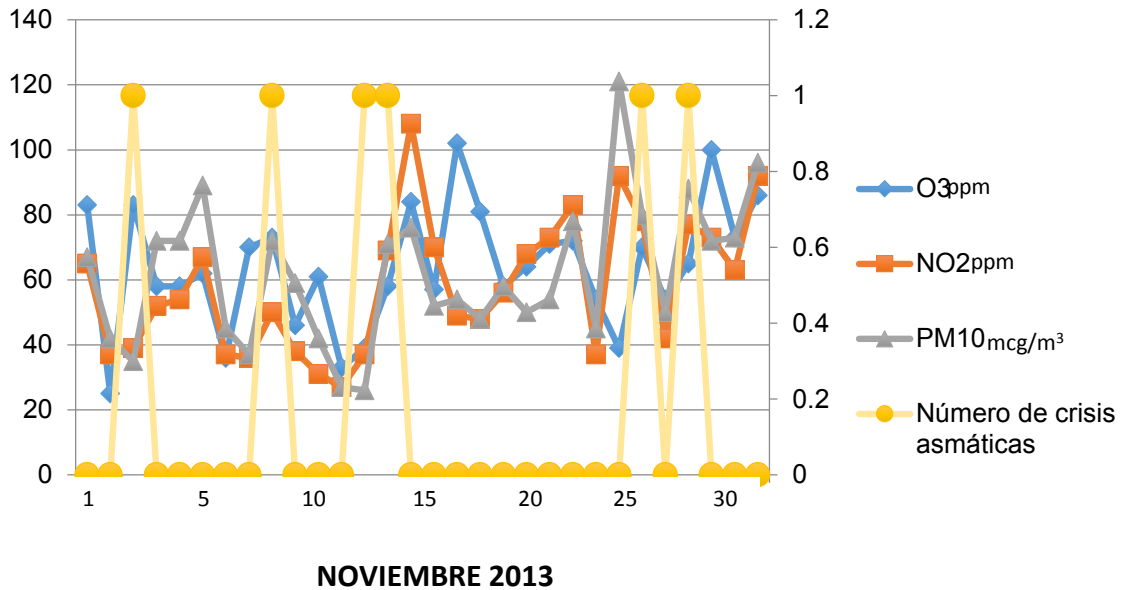
**Figura 13.** Concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 Centro de monitoreo Pedregal.



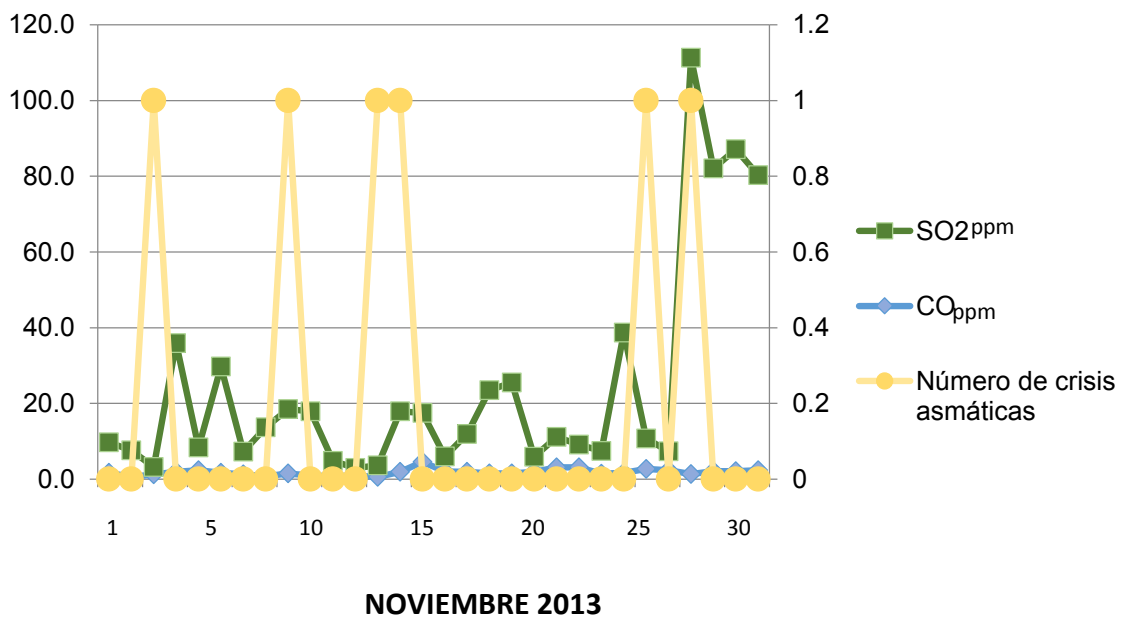
**Figura 14.** Concentraciones máximas diarias de SO<sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 Centro de monitoreo Pedregal.



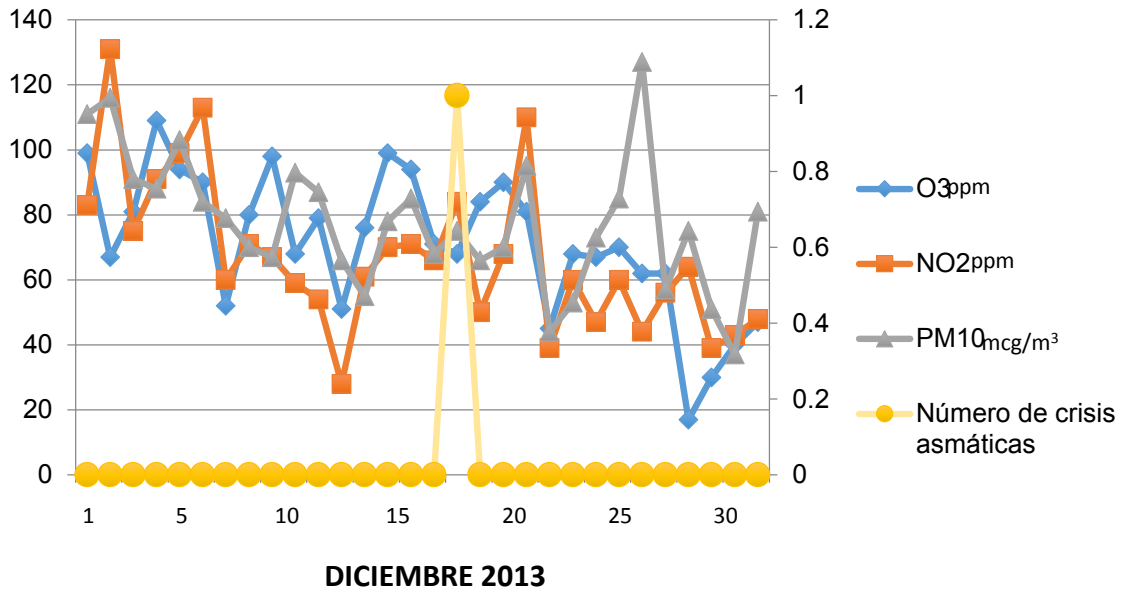
**Figura 15.** Concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 Centro de monitoreo Pedregal.



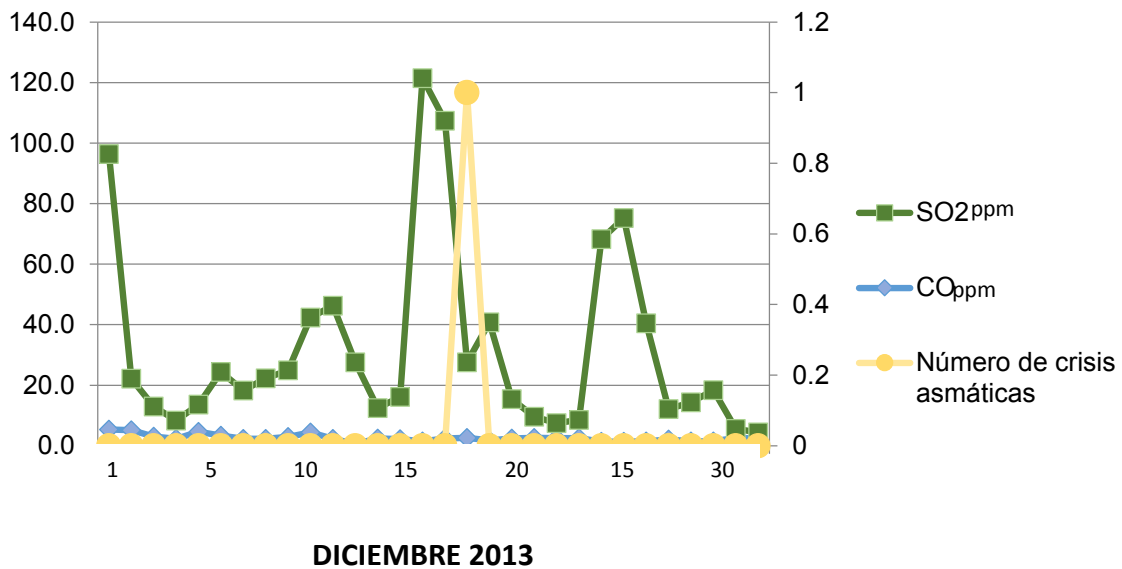
**Figura 16.** Concentraciones máximas diarias de SO<sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 Centro de monitoreo Pedregal.



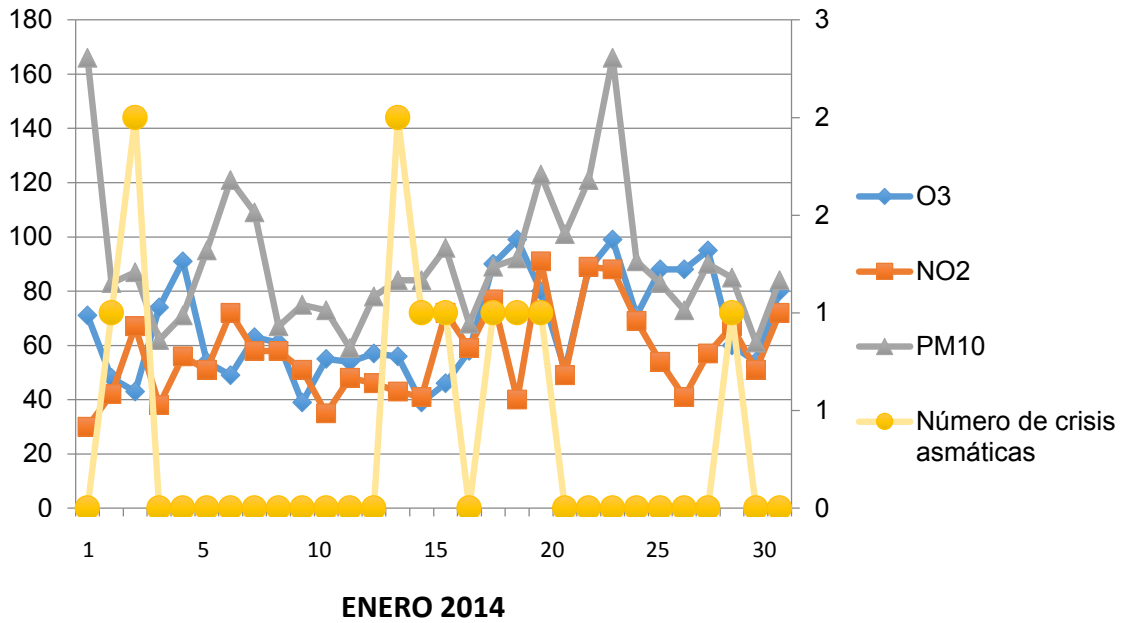
**Figura 17.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 Centro de monitoreo Pedregal.



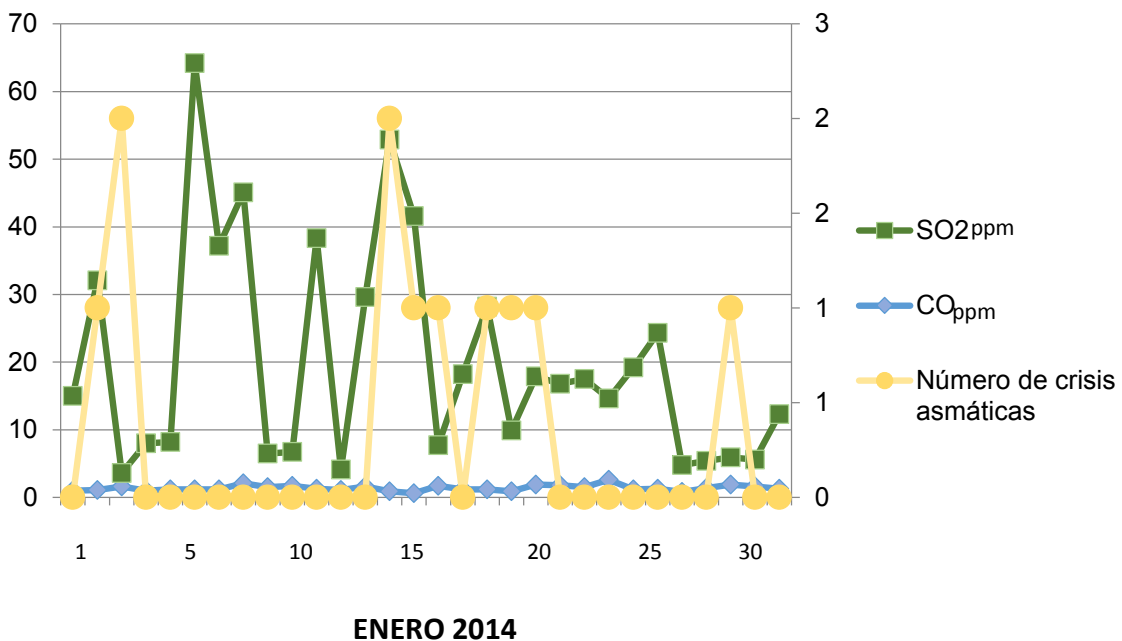
**Figura 18.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 Centro de monitoreo Pedregal.



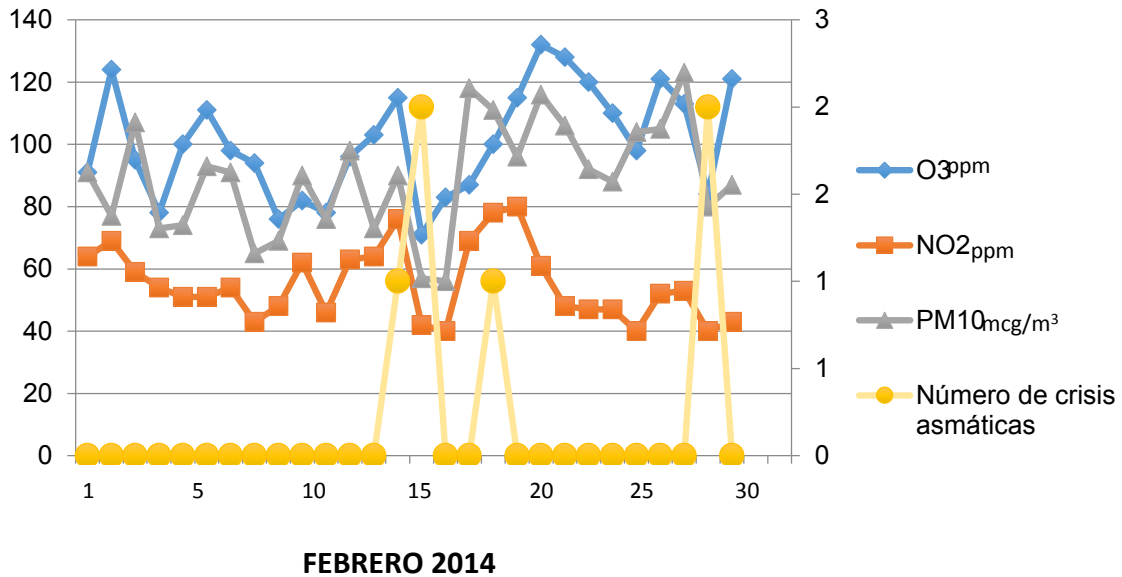
**Figura 19.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Enero de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.



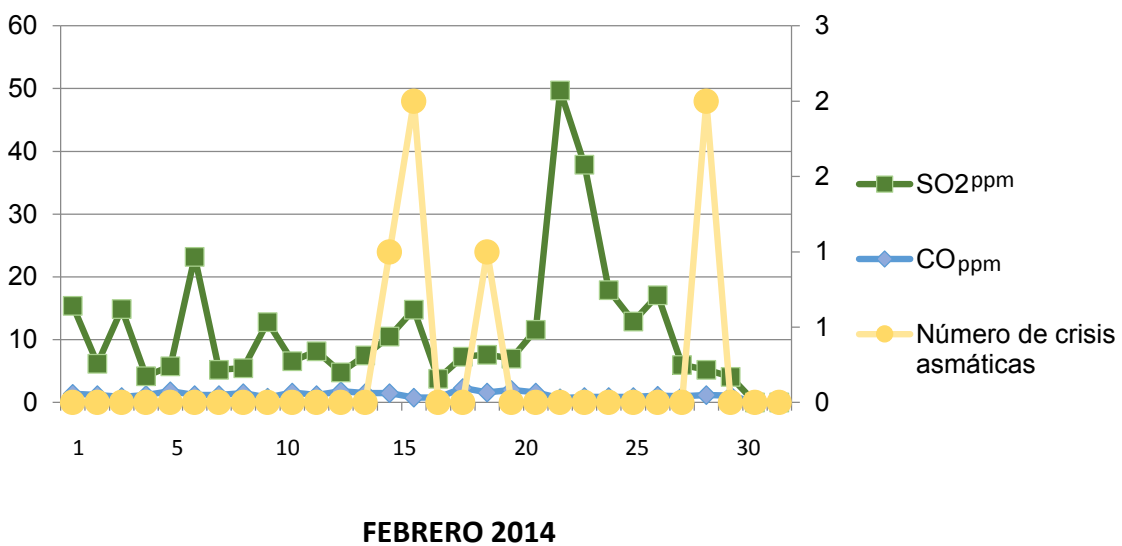
**Figura 20.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Enero de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.



**Figura 21.** Concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.

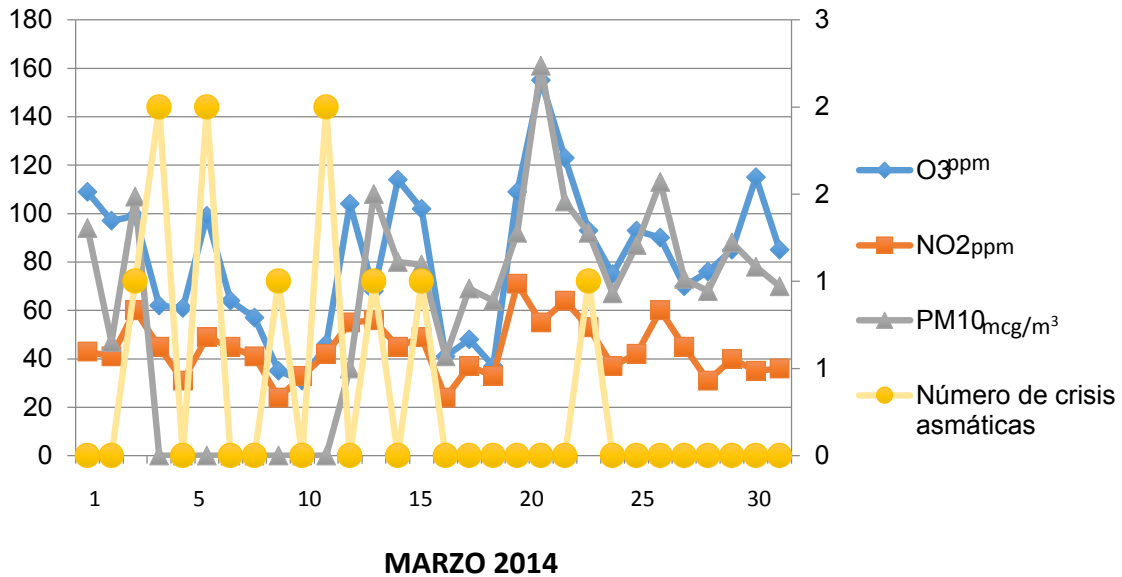


**Figura 22.** Concentraciones máximas diarias de SO<sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.

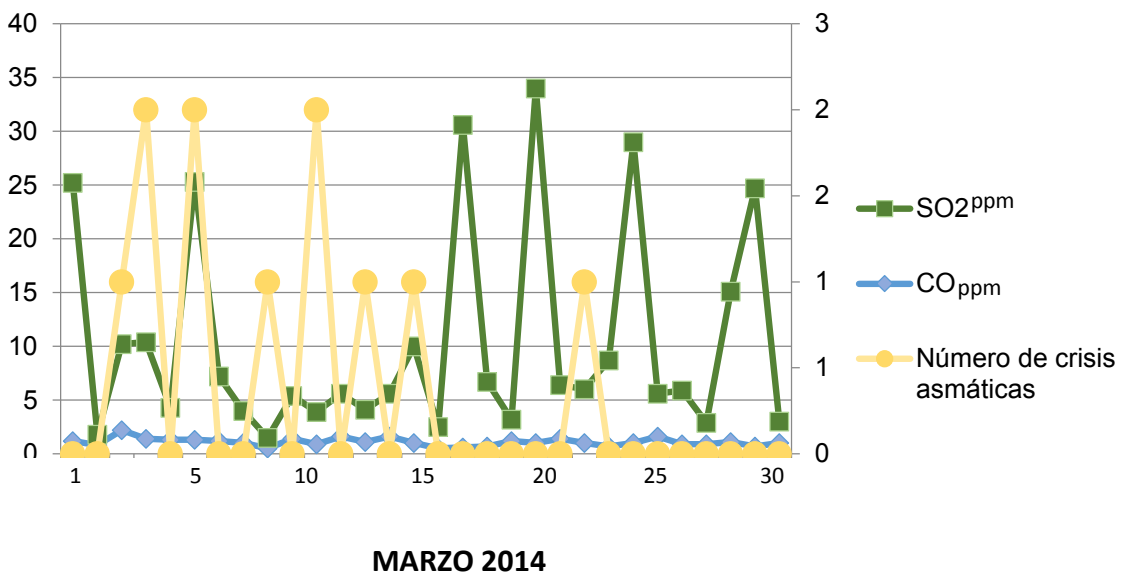




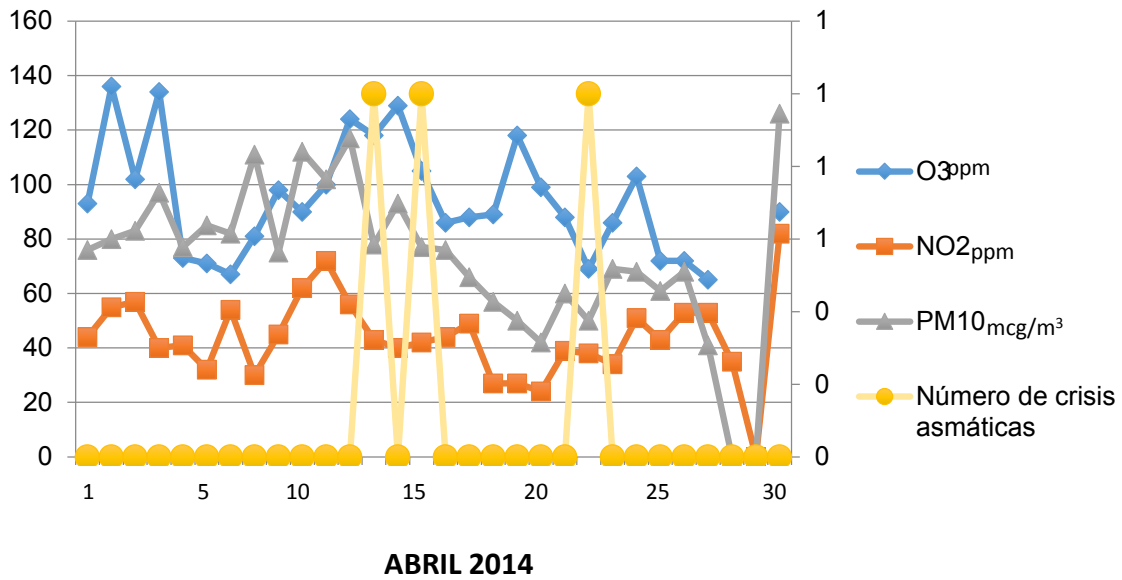
**Figura 23.** Concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.



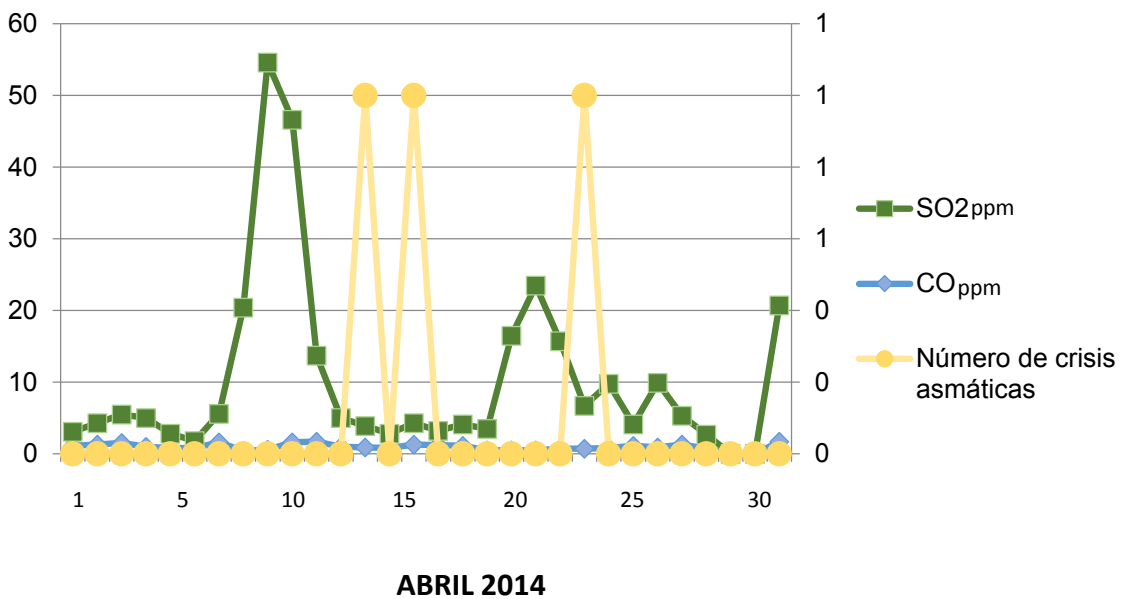
**Figura 24.** Concentraciones máximas diarias de SO<sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.



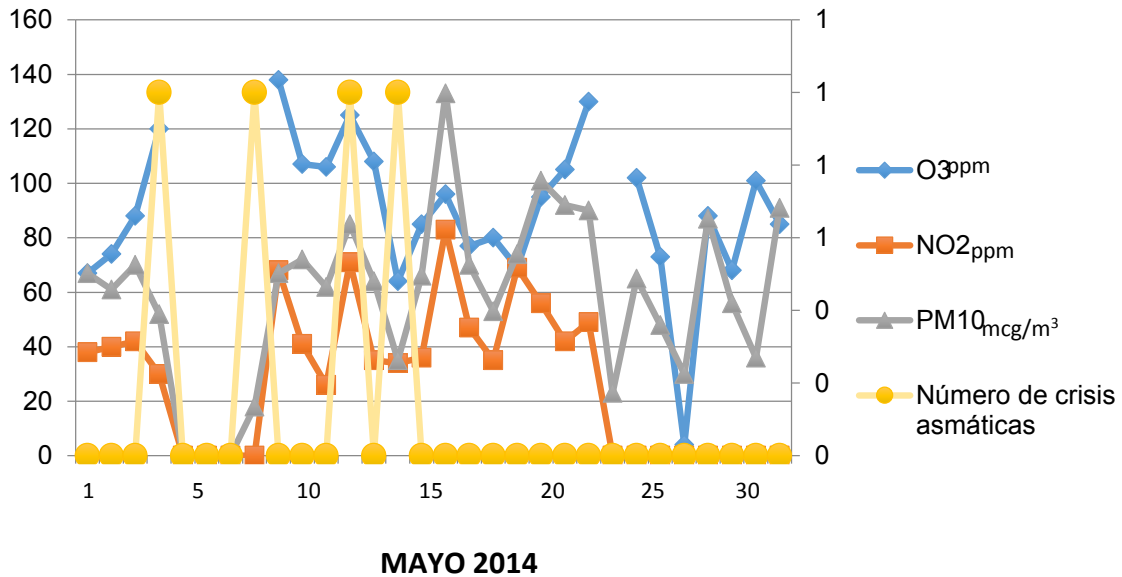
**Figura 25.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Abril de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.



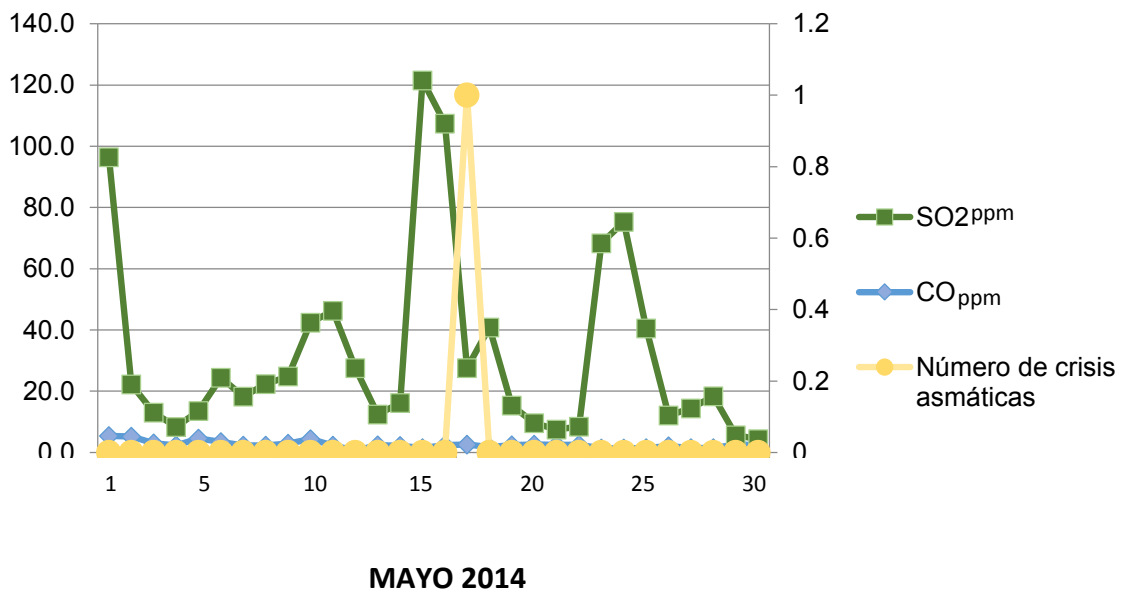
**Figura 26.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Abril de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.



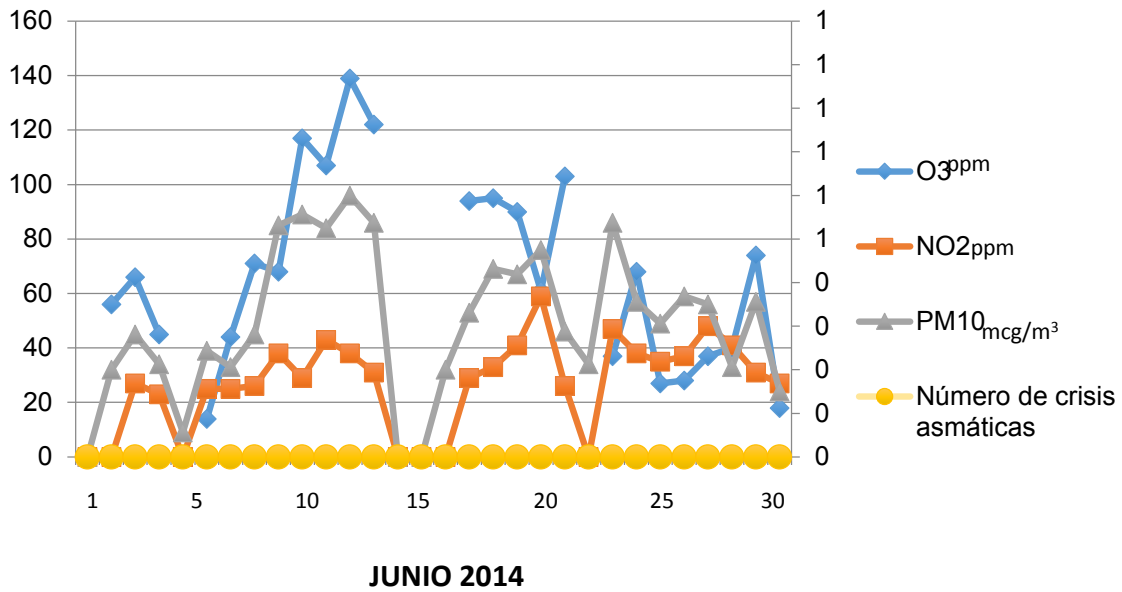
**Figura 27.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.



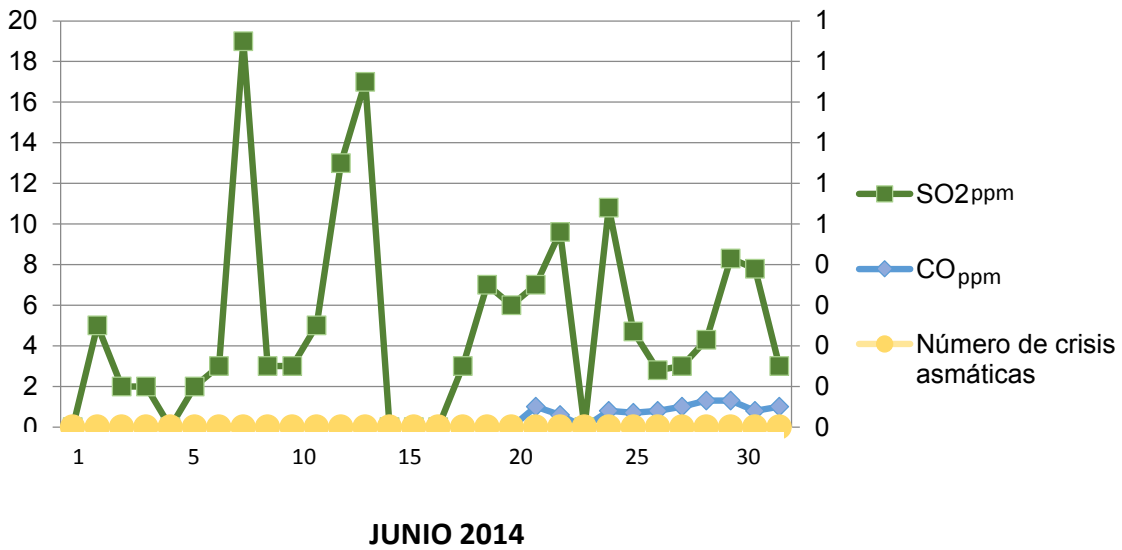
**Figura 28.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.



**Figura 29.** Concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Junio de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.

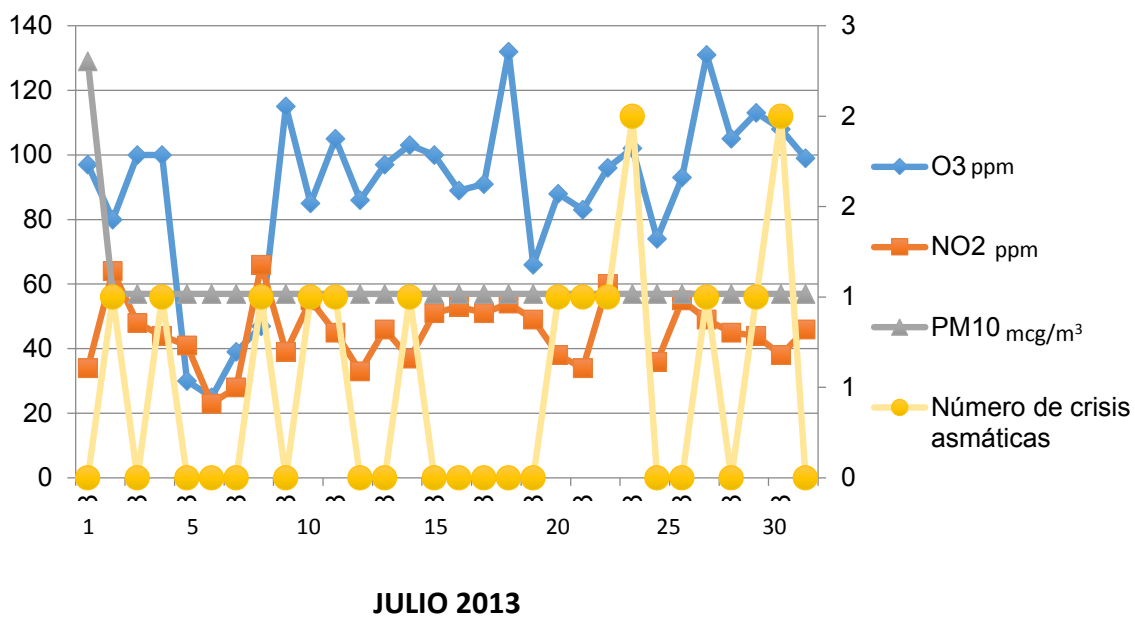


**Figura 30.** Concentraciones máximas diarias de SO<sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Junio de 2014 Centro de monitoreo Pedregal.

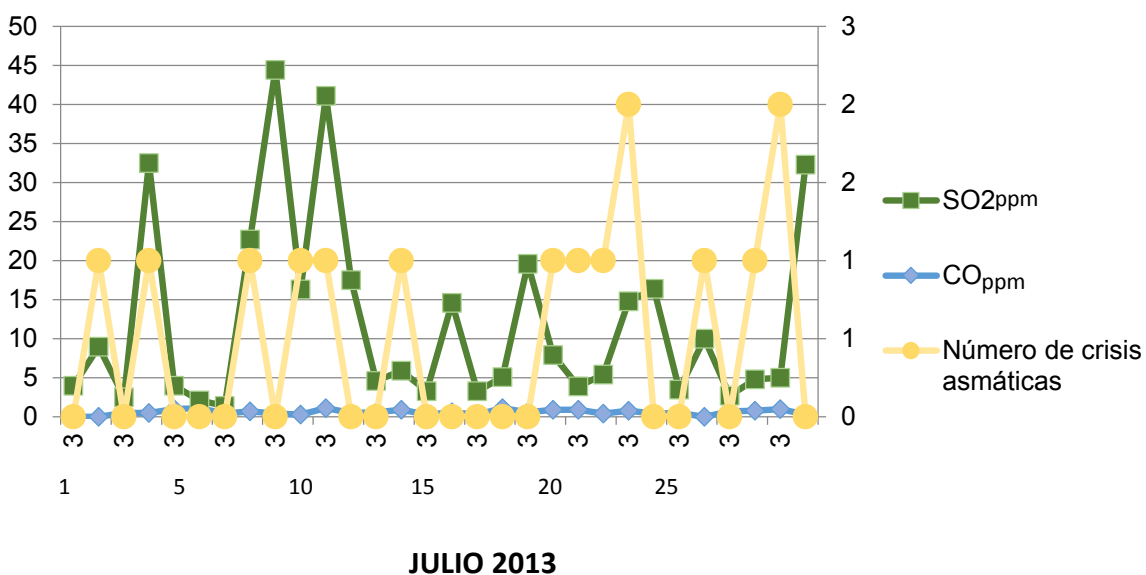


## CENTRO DE MONITOREO SUR

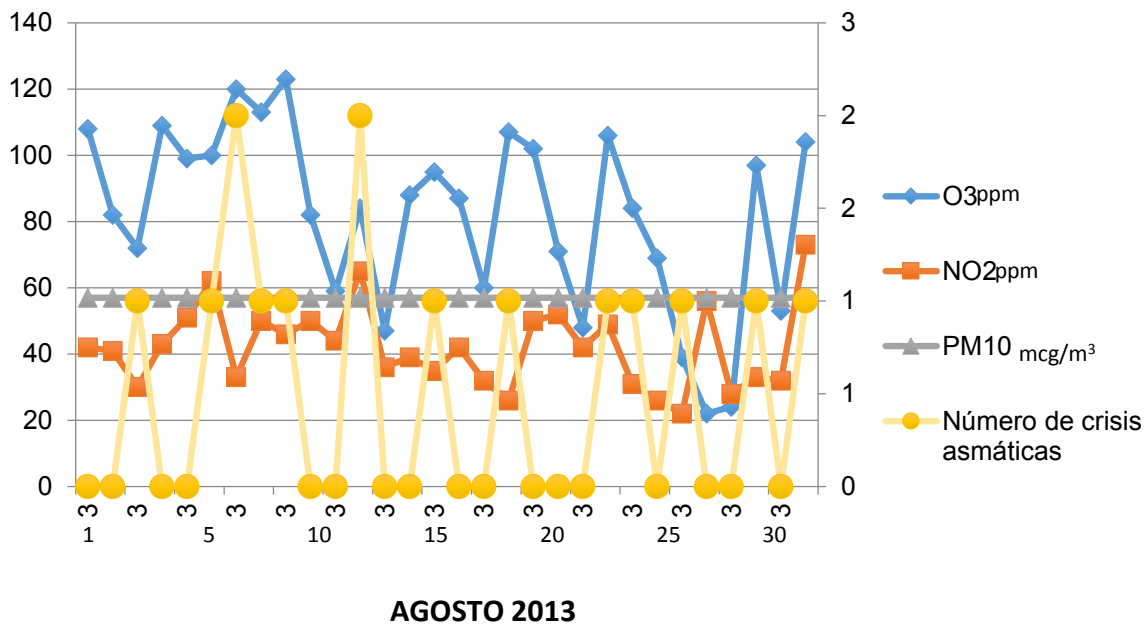
**Figura 31.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Julio de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



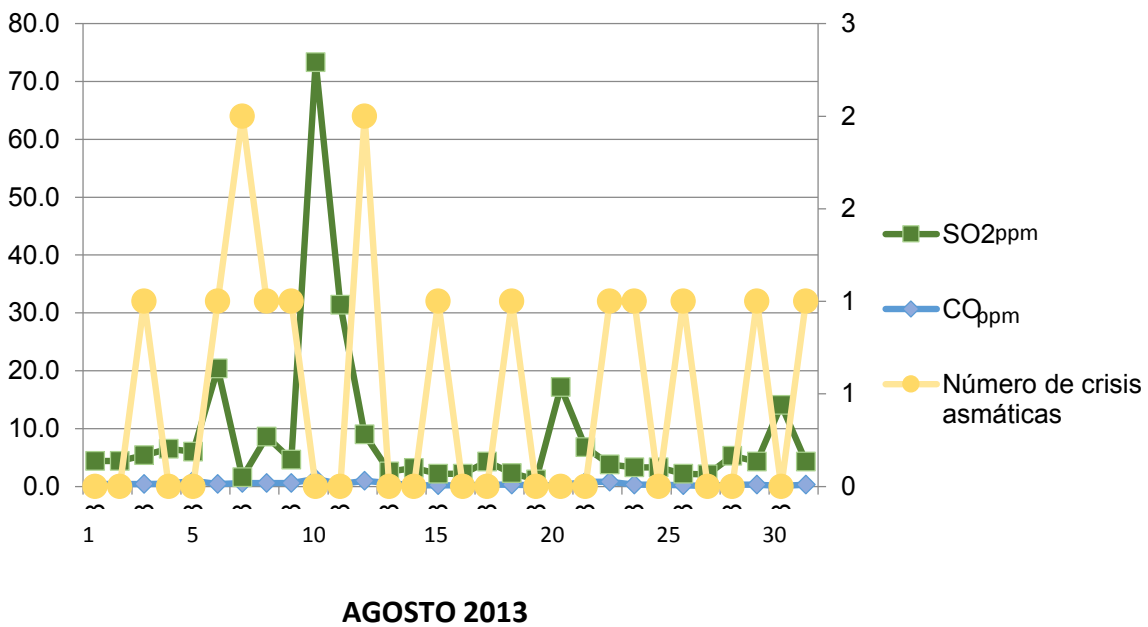
**Figura 32.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Julio de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



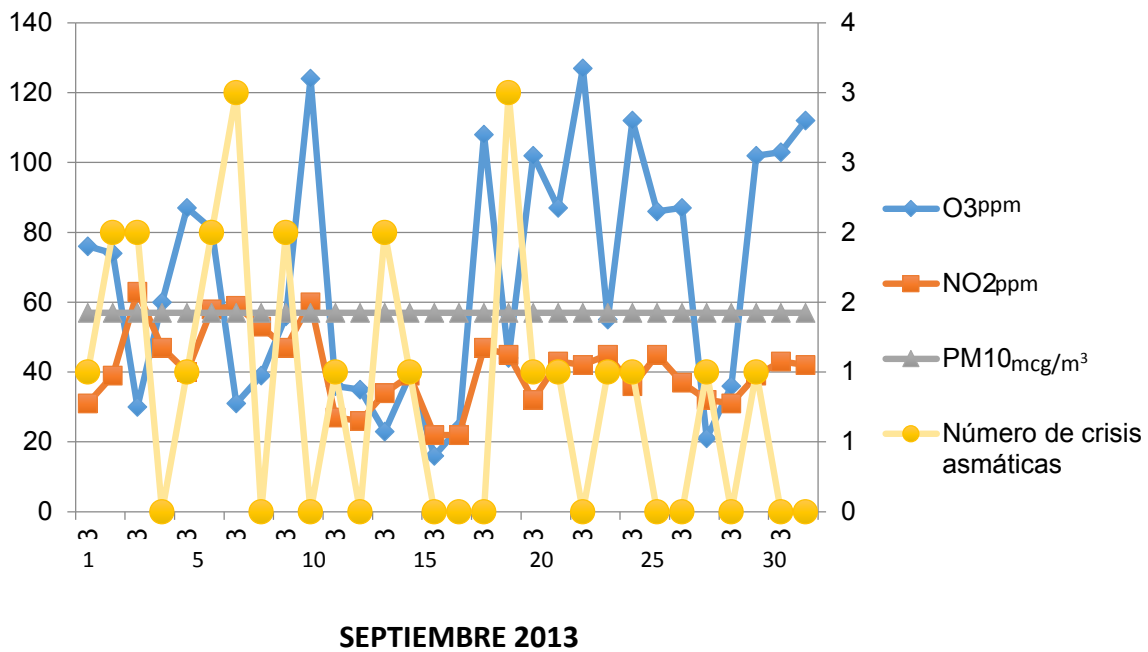
**Figura 33.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



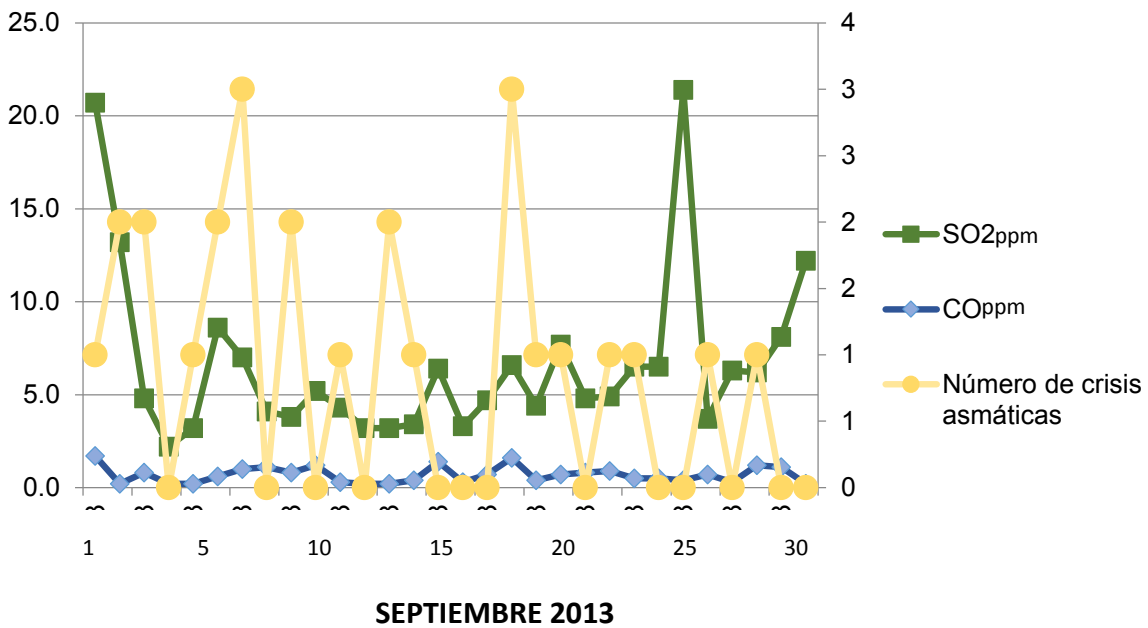
**Figura 34.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



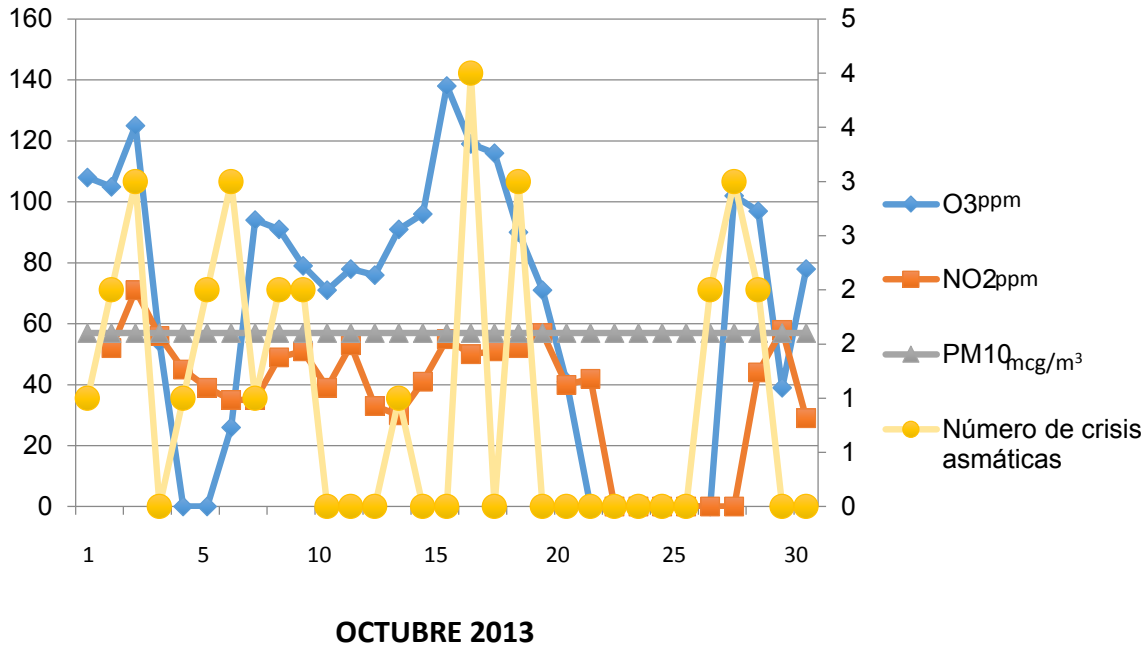
**Figura 35.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



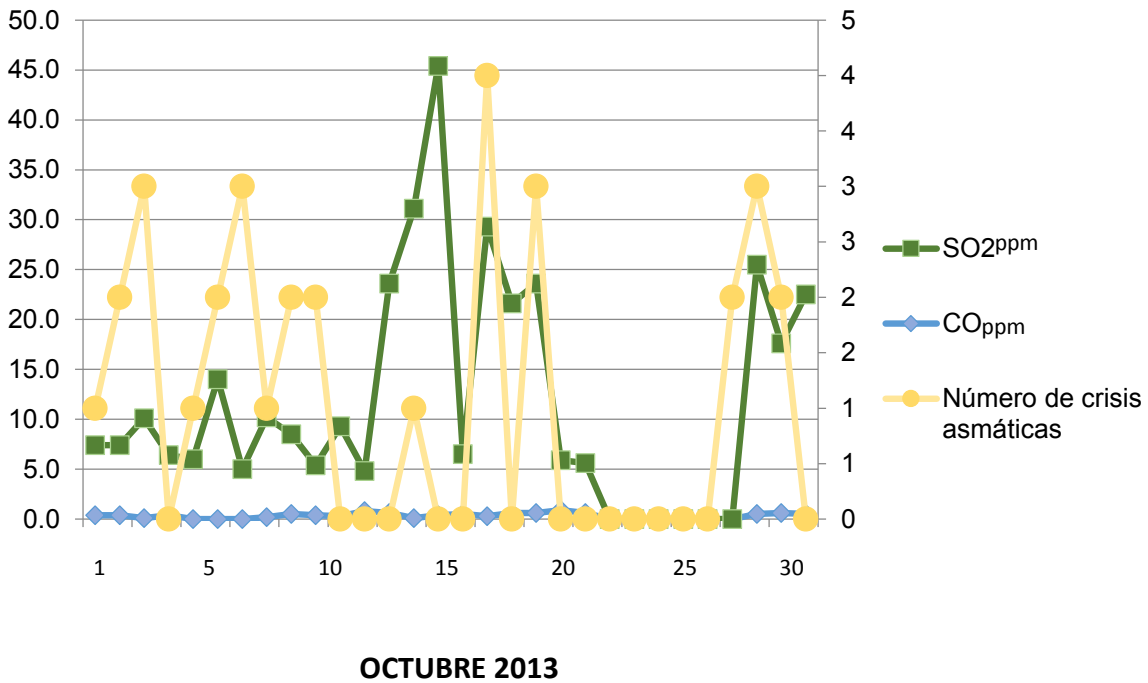
**Figura 36.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



**Figura 37.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.

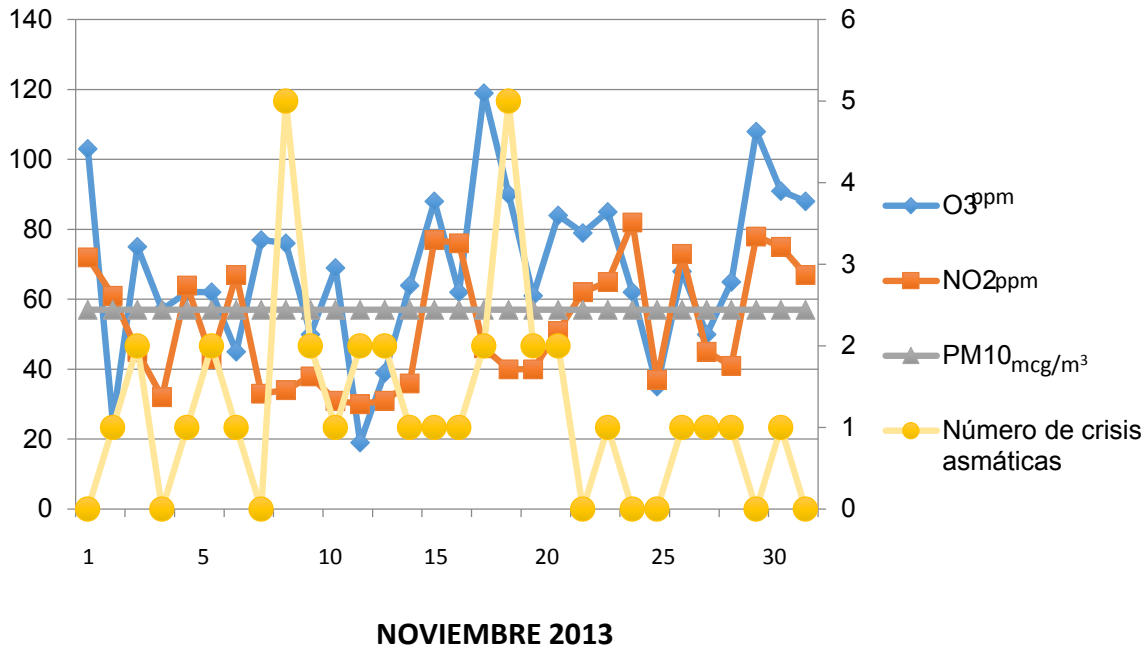


**Figura 38.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.

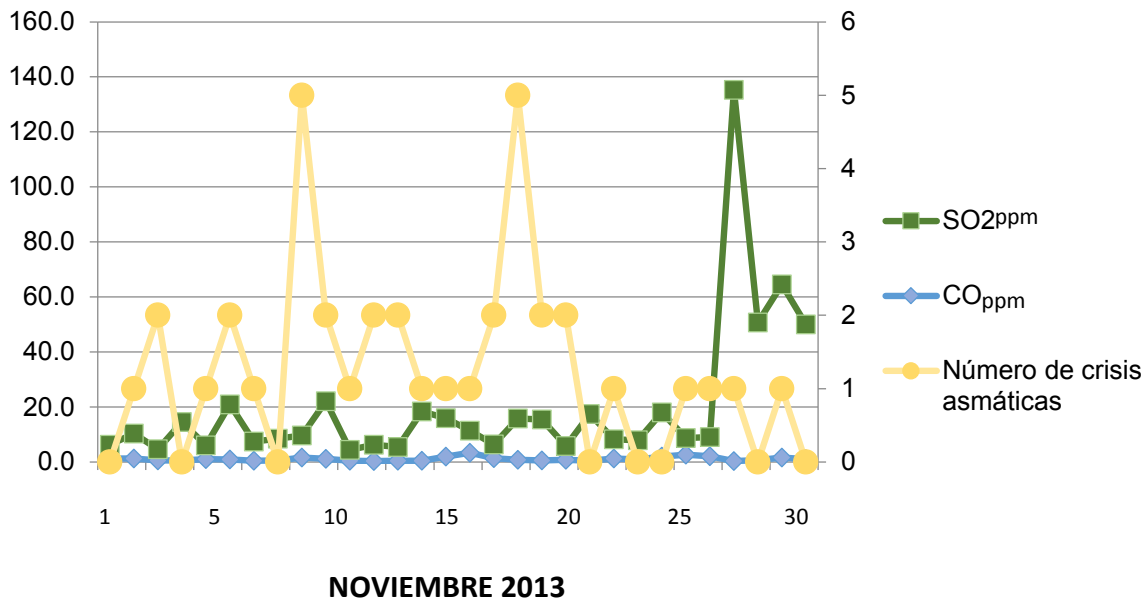




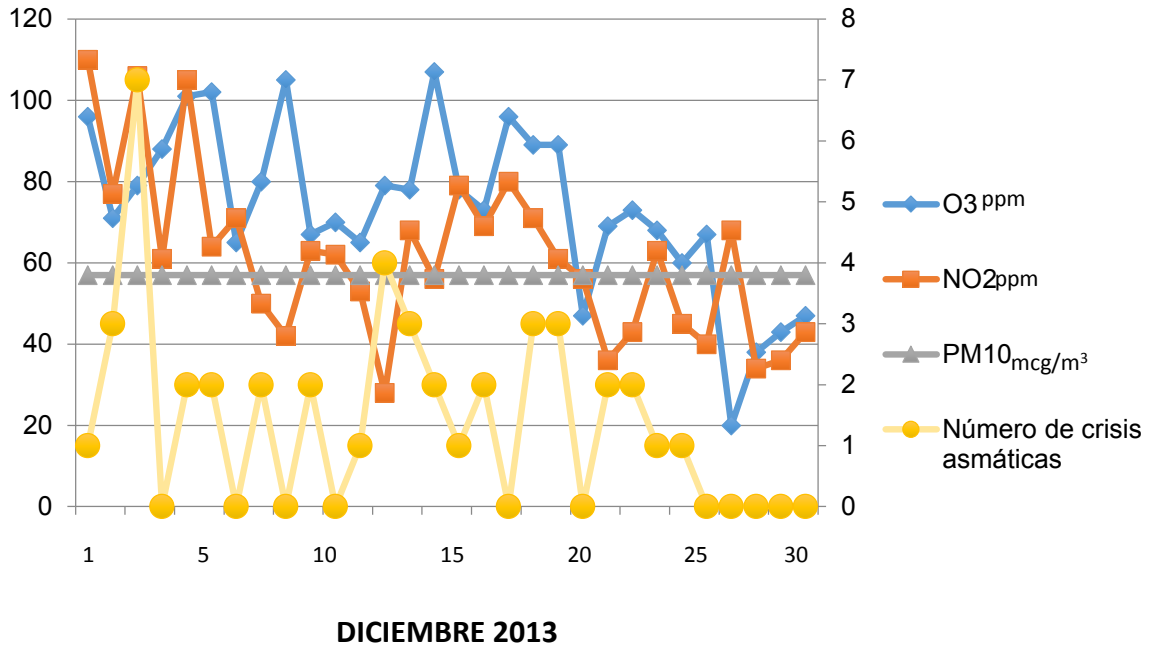
**Figura 39.** Concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



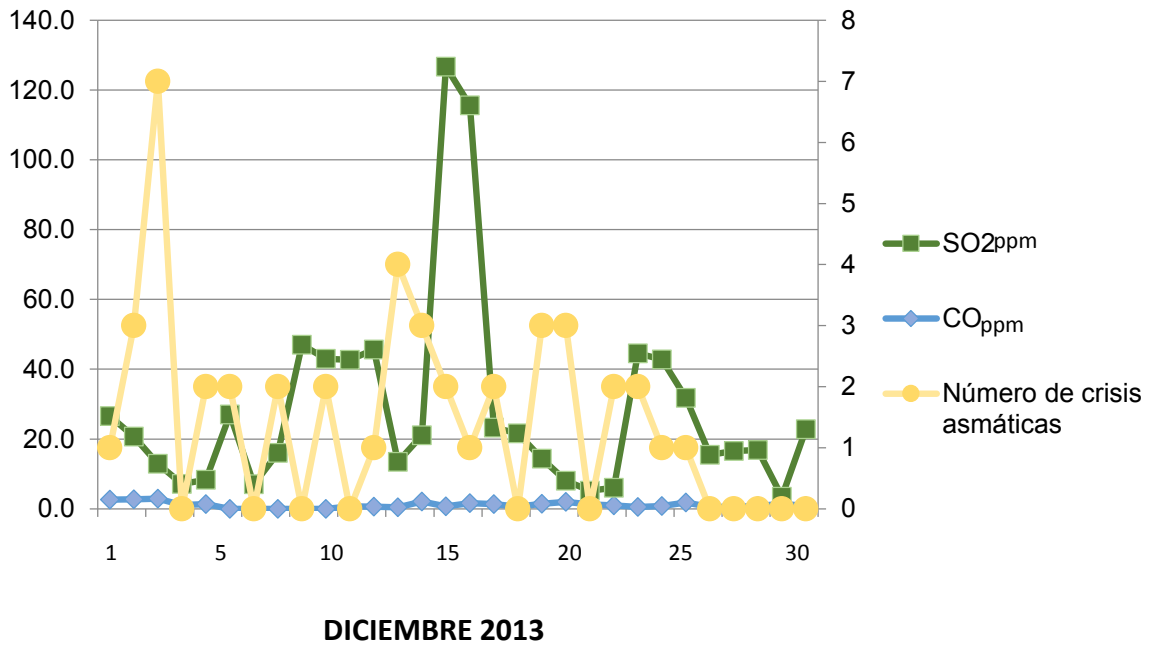
**Figura 40.** Concentraciones máximas diarias de SO<sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



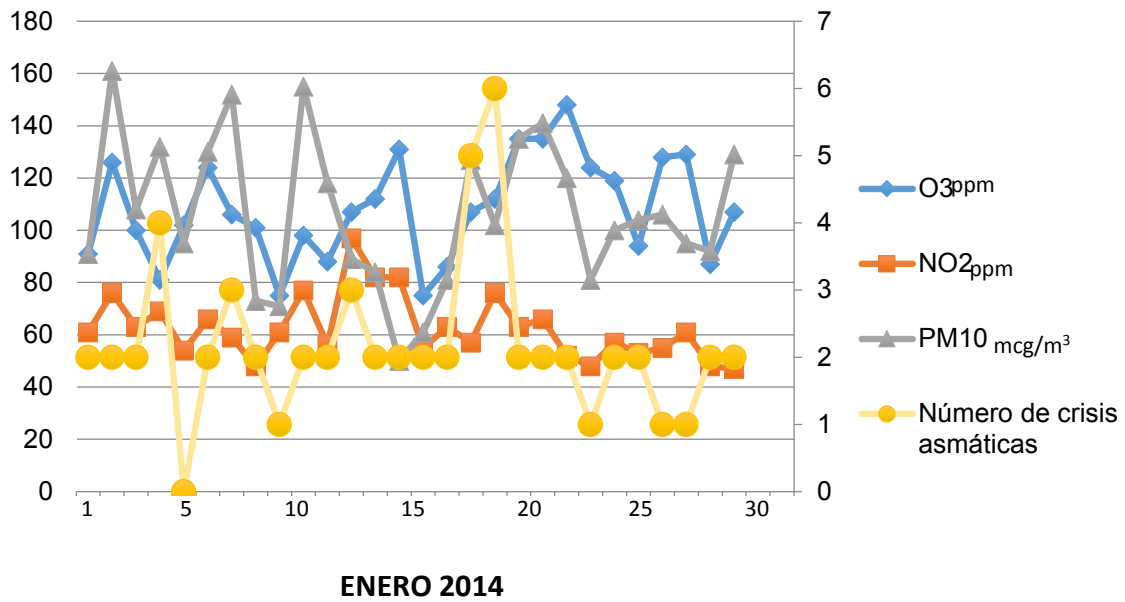
**Figura 41.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



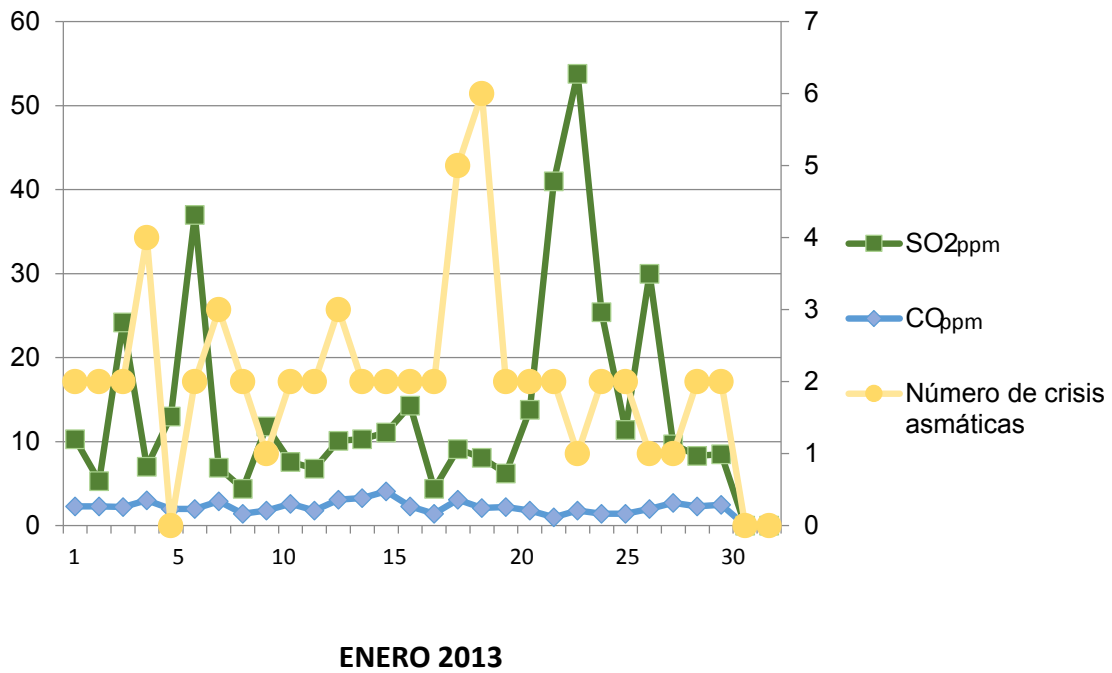
**Figura 42.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



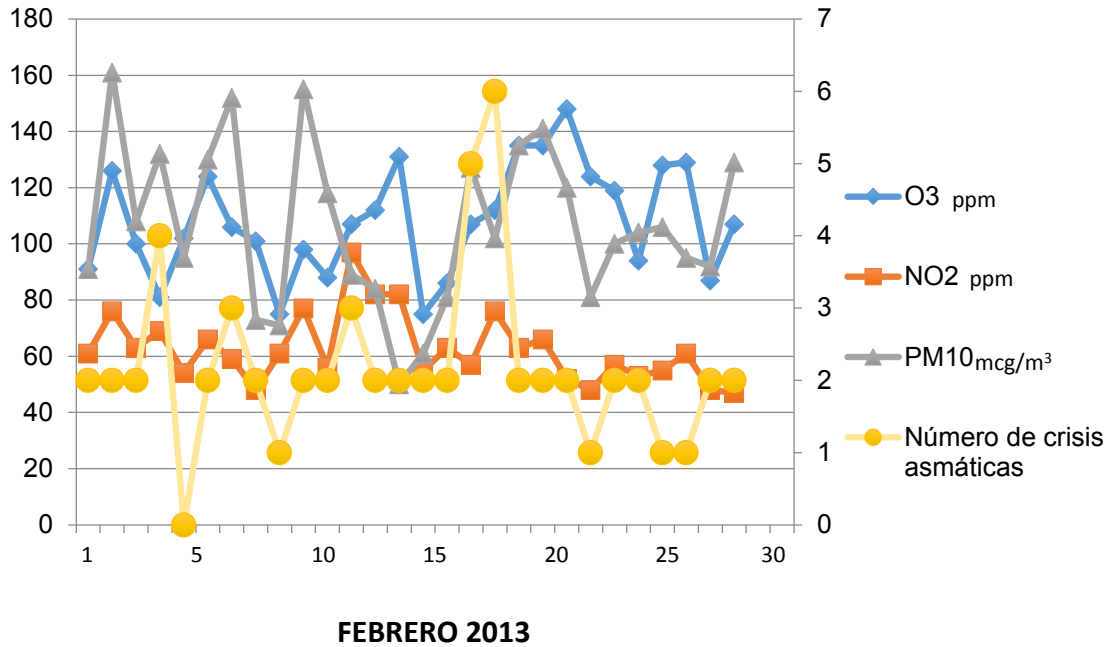
**Figura 43.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Enero de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



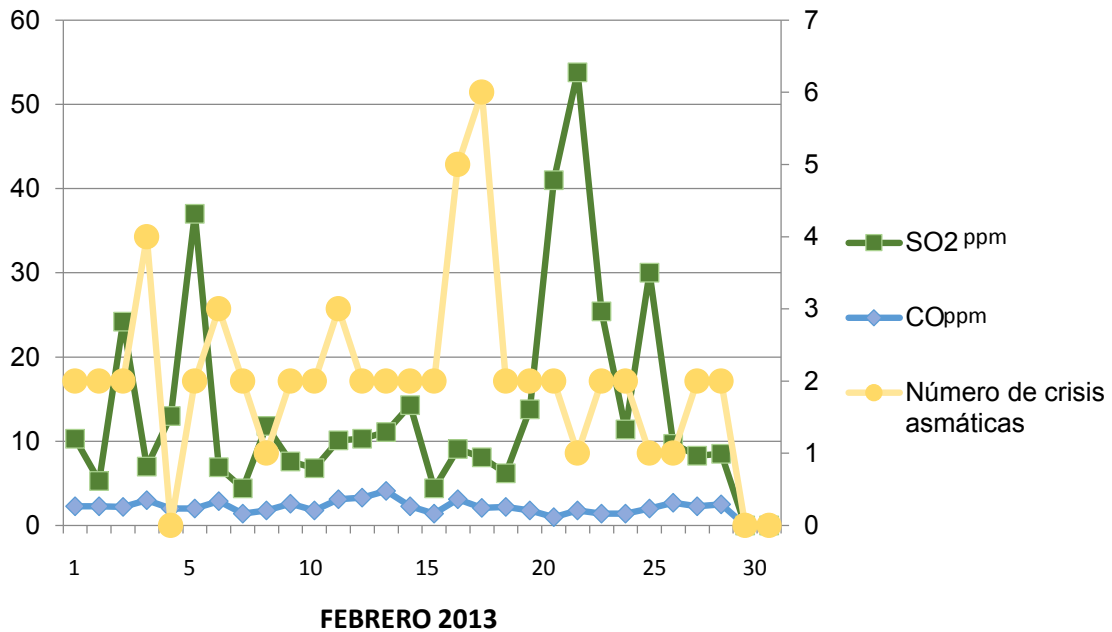
**Figura 44.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Enero de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



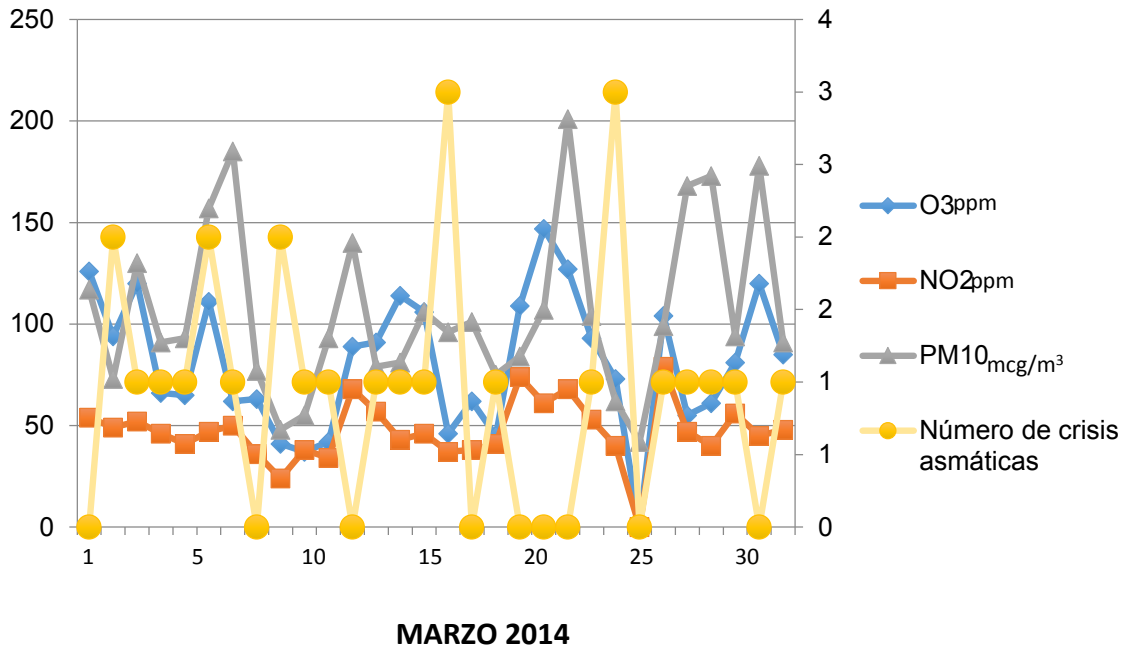
**Figura 45.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



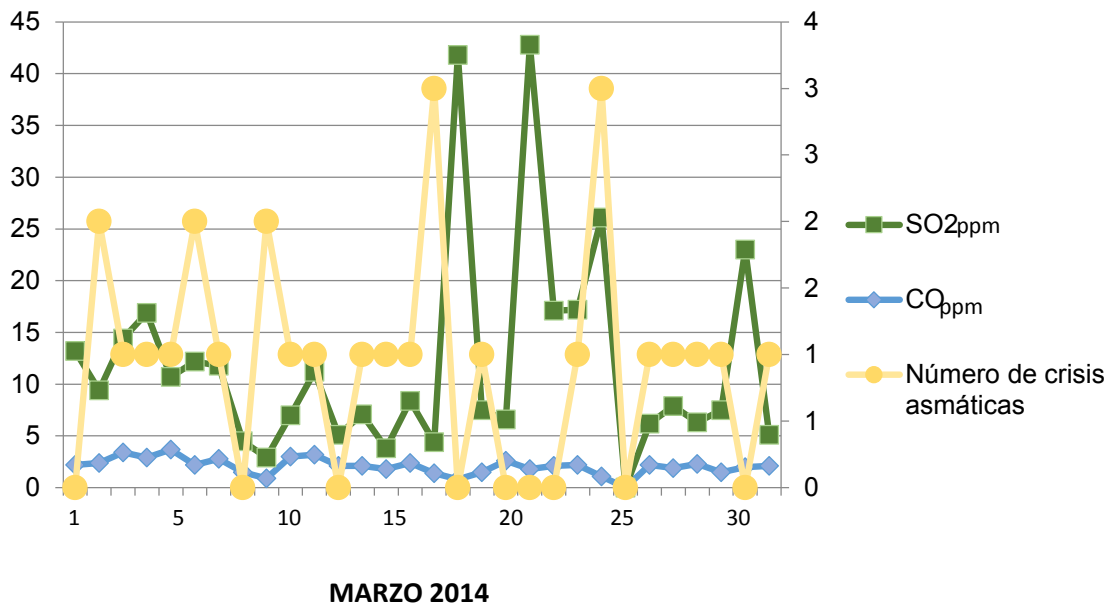
**Figura 46.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula .



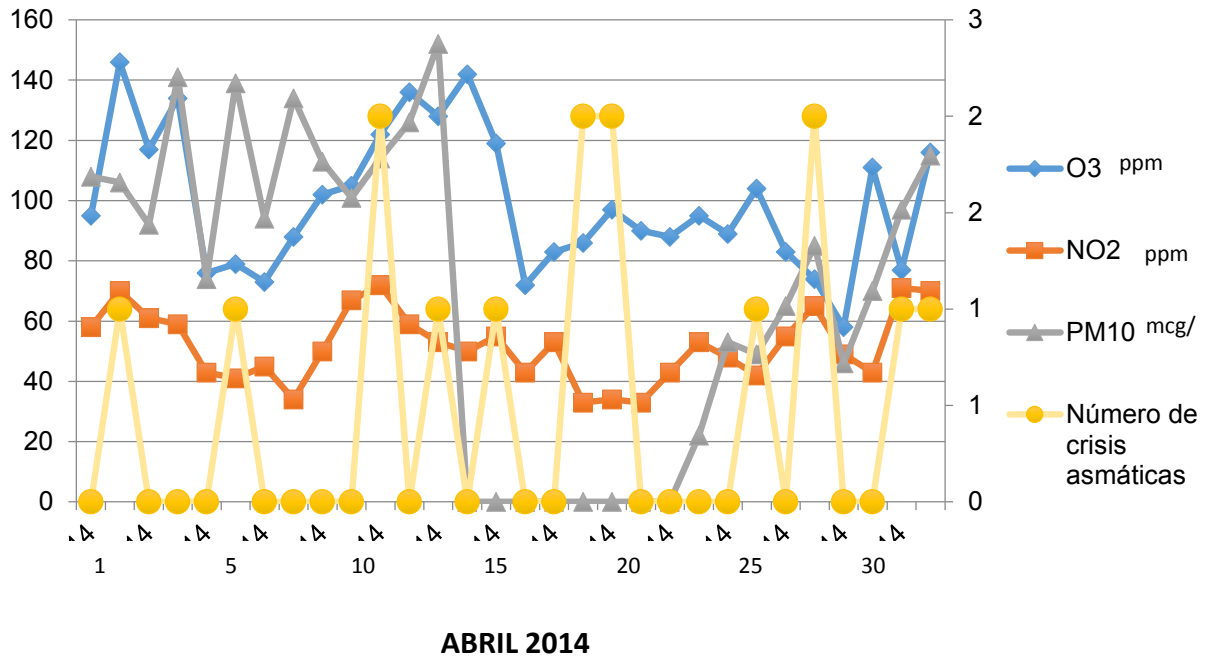
**Figura 47.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



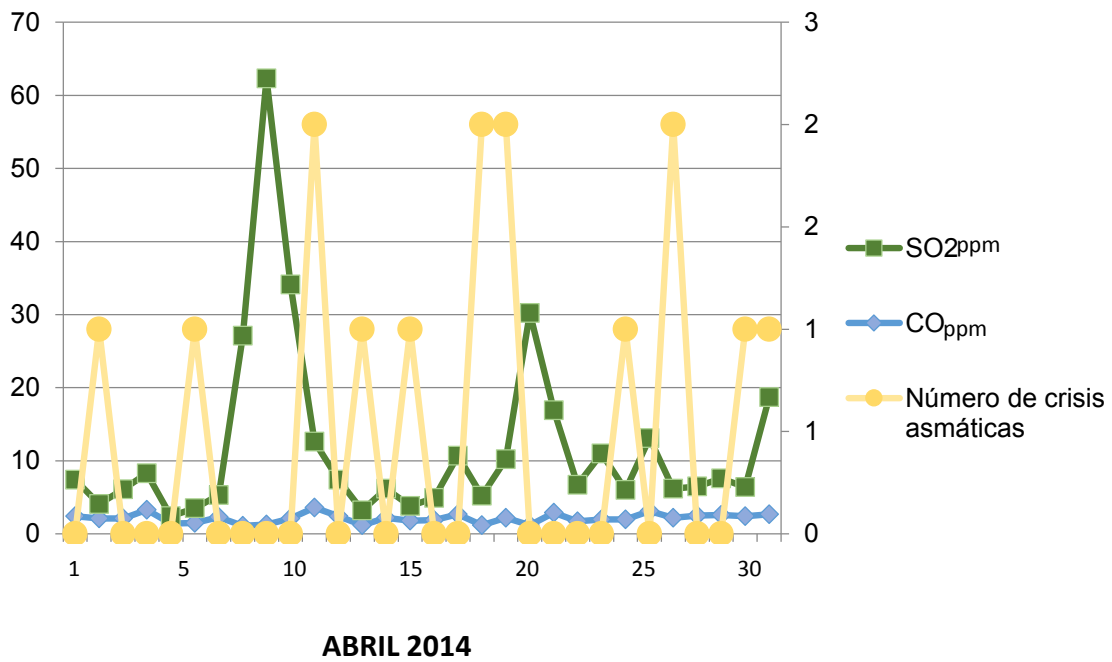
**Figura 48.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



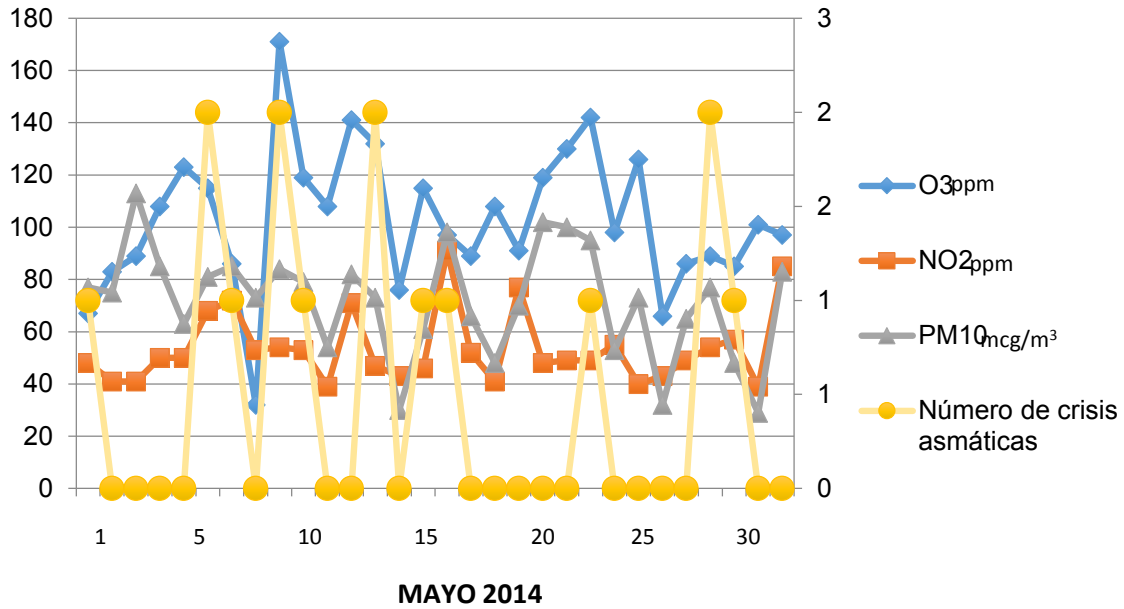
**Figura 49.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Abril de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



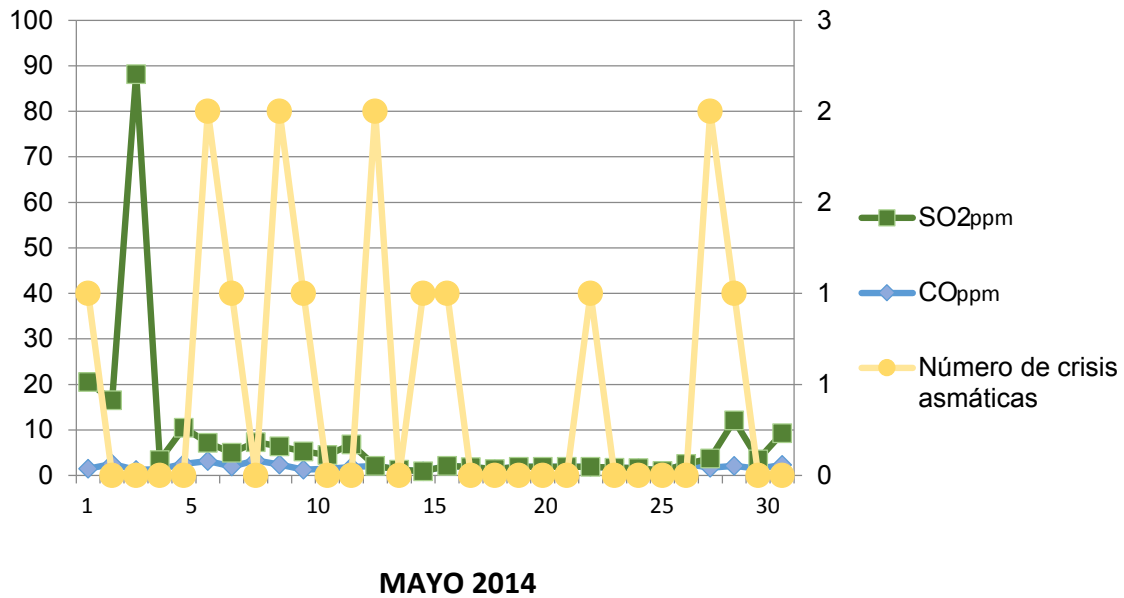
**Figura 50.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Abril de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



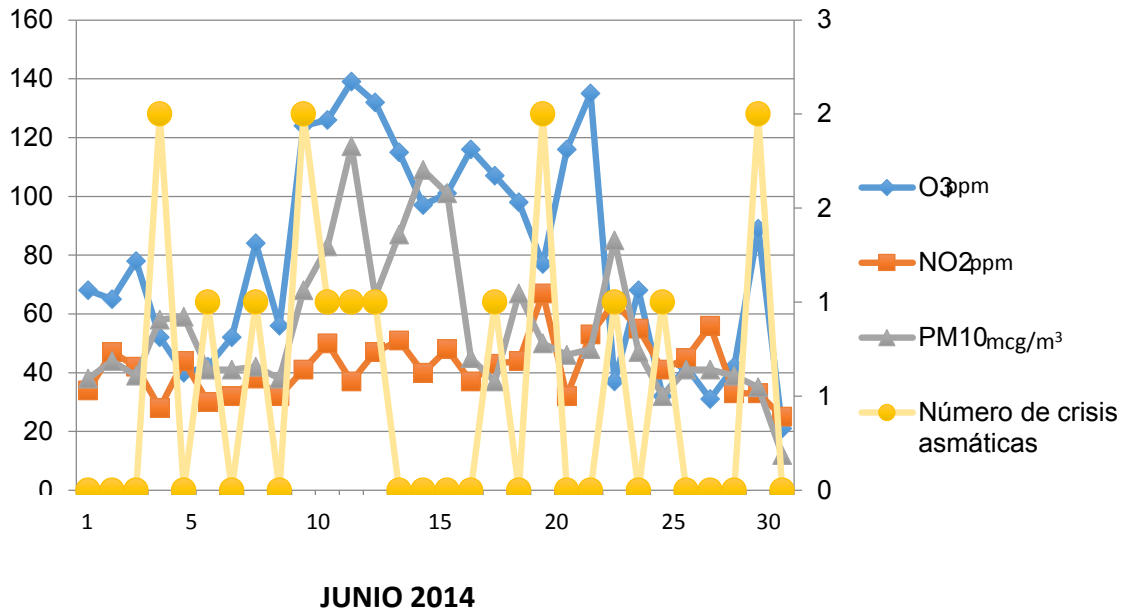
**Figura 51.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



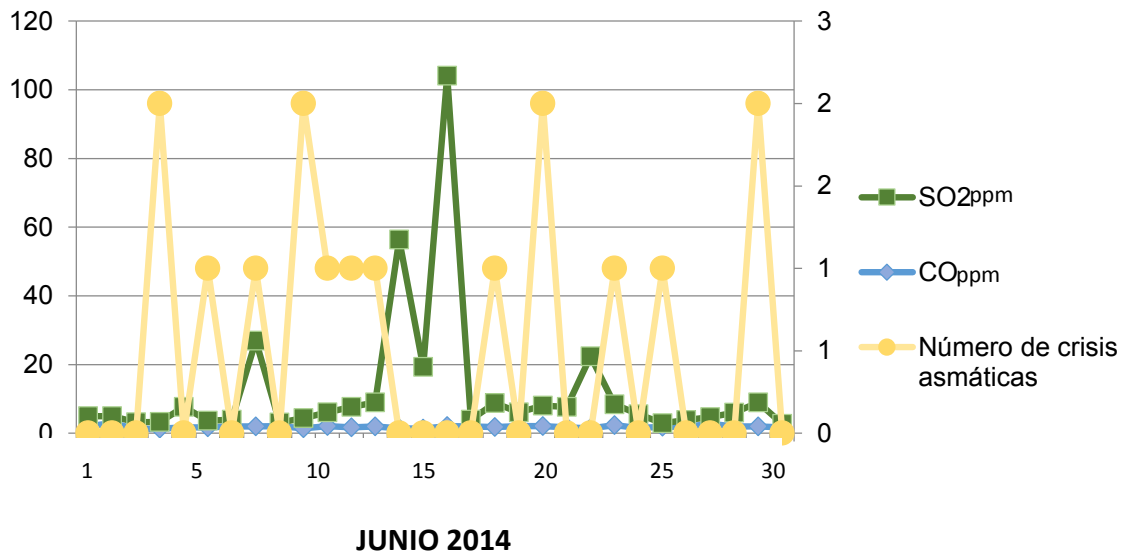
**Figura 52.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



**Figura 53.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Junio de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



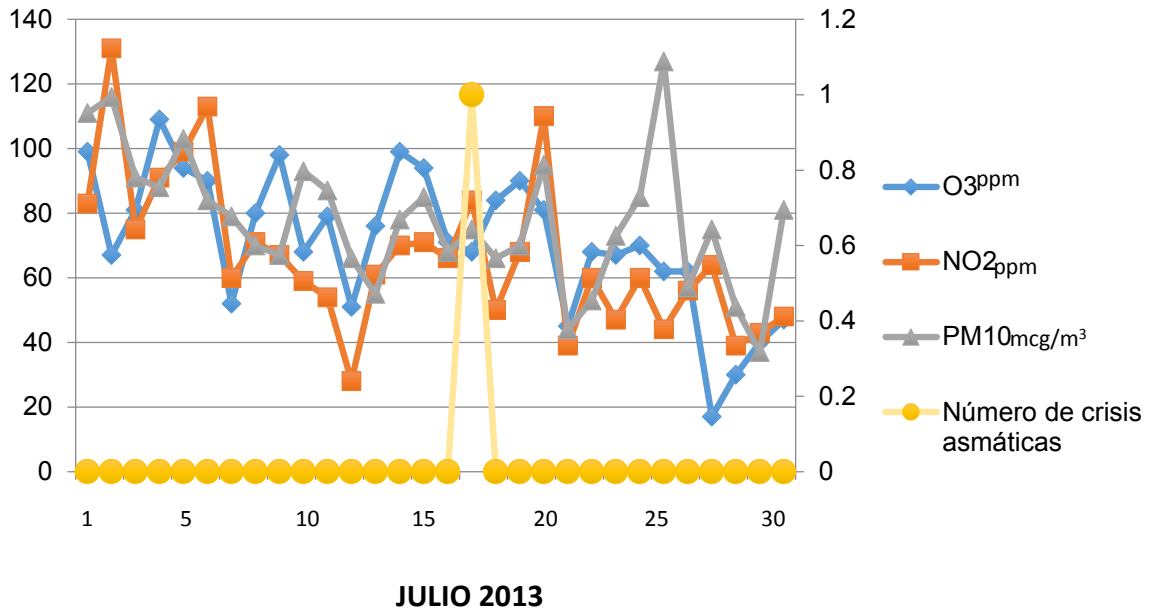
**Figura 54.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Junio de 2014 Centro de Monitoreo Santa Úrsula.



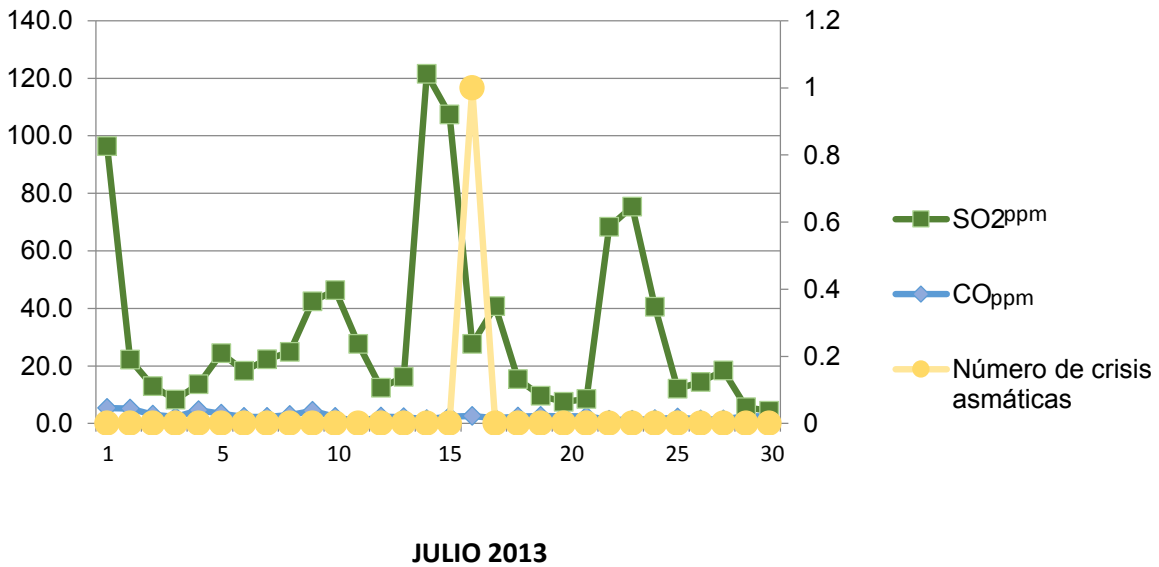


## CENTRO DE MONITOREO TAH

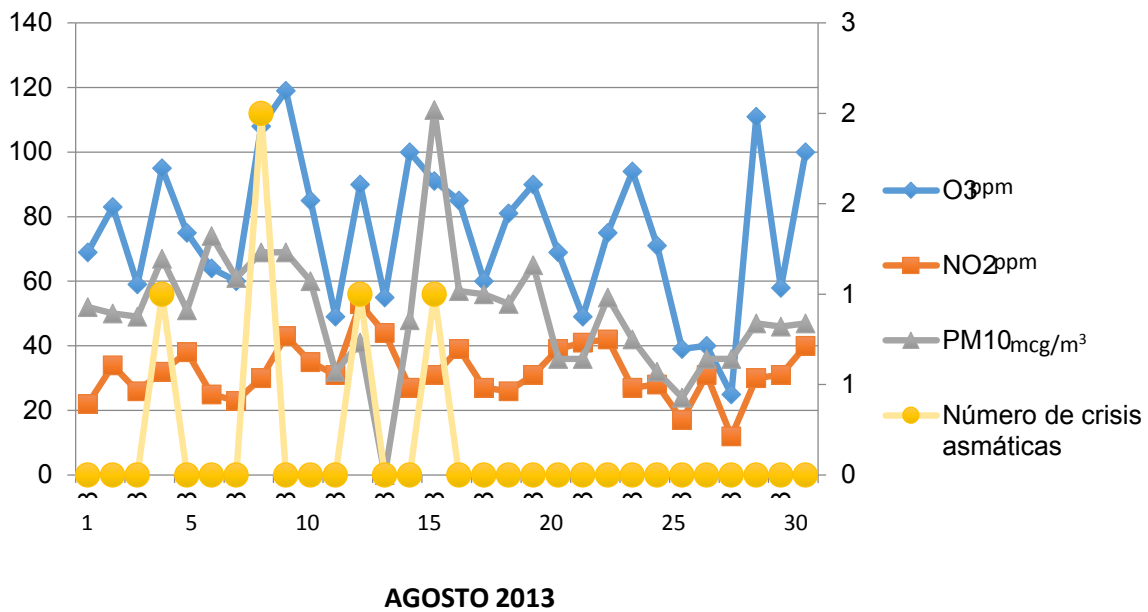
**Figura 55.** Concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Julio de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



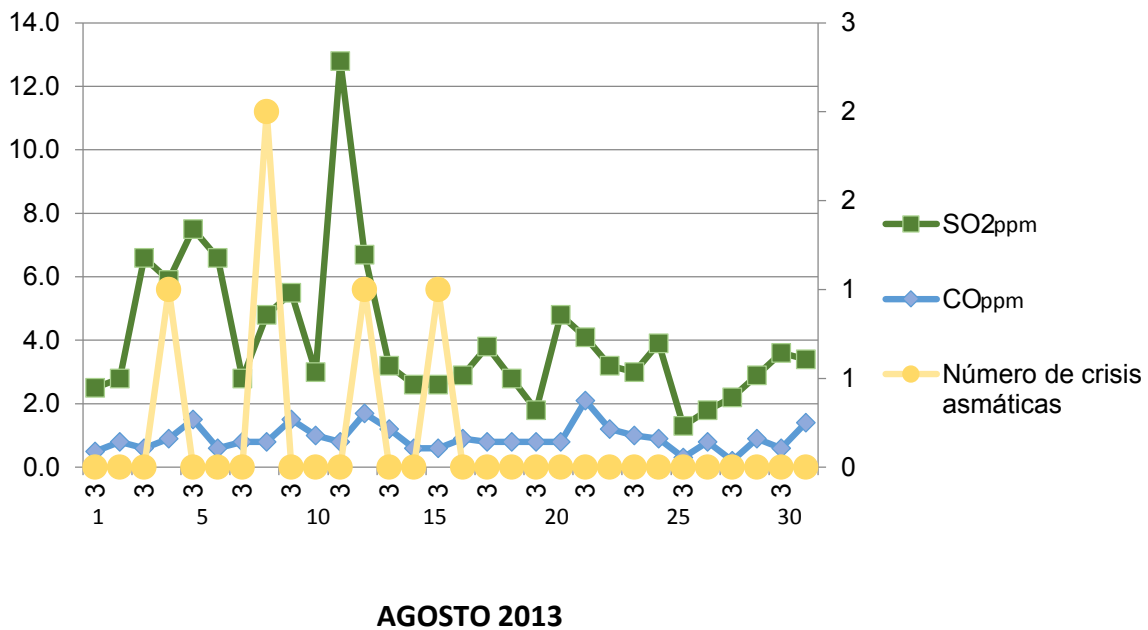
**Figura 56.** Concentraciones máximas diarias de SO<sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Julio de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



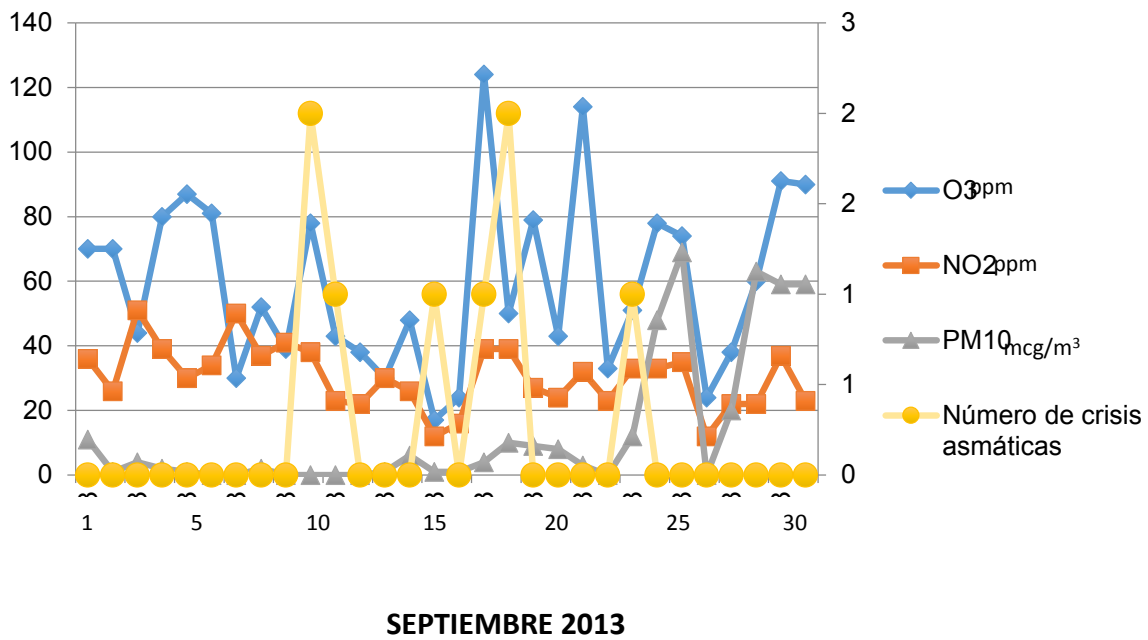
**Figura 57.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



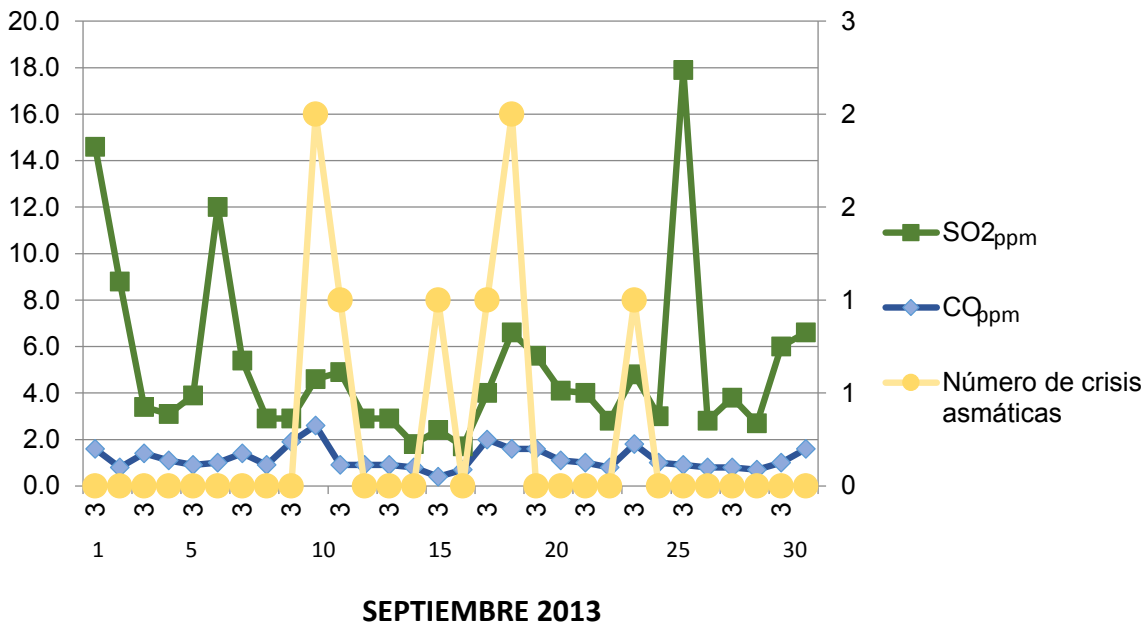
**Figura 58.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



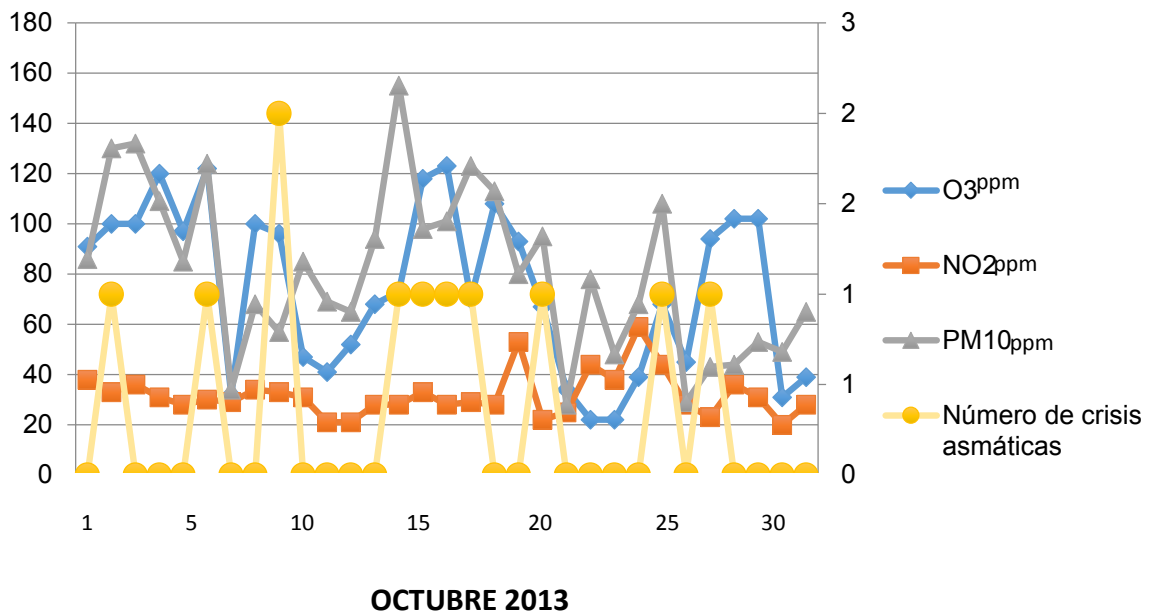
**Figura 59.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



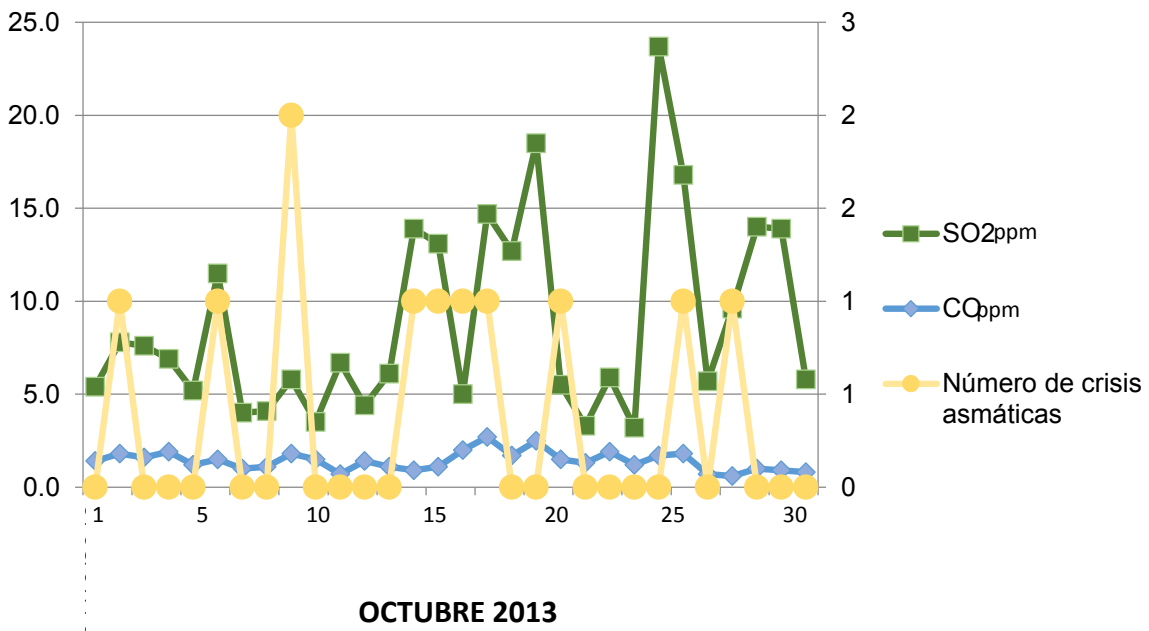
**Figura 60.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



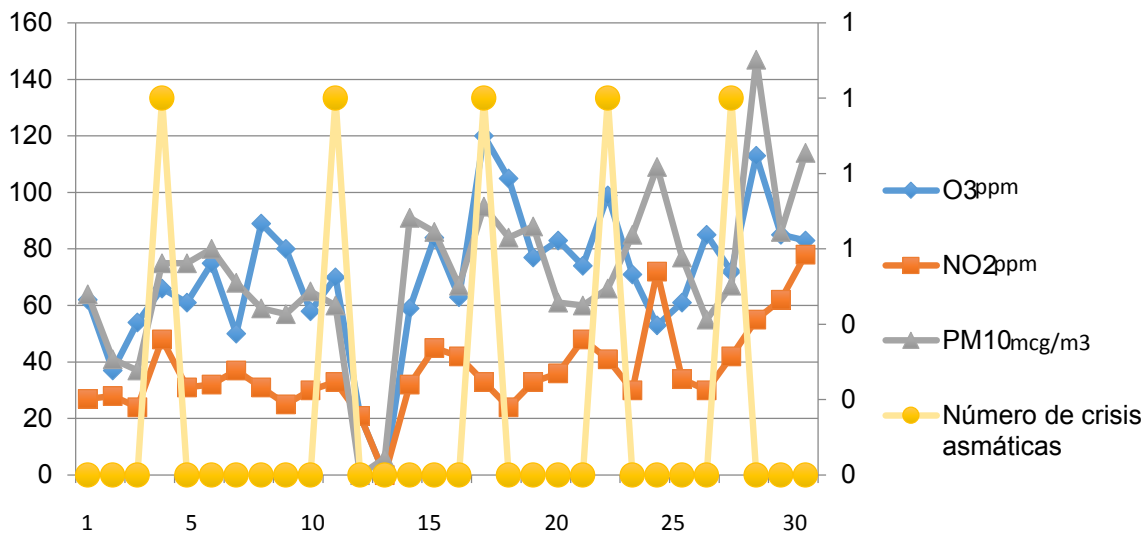
**Figura 61.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



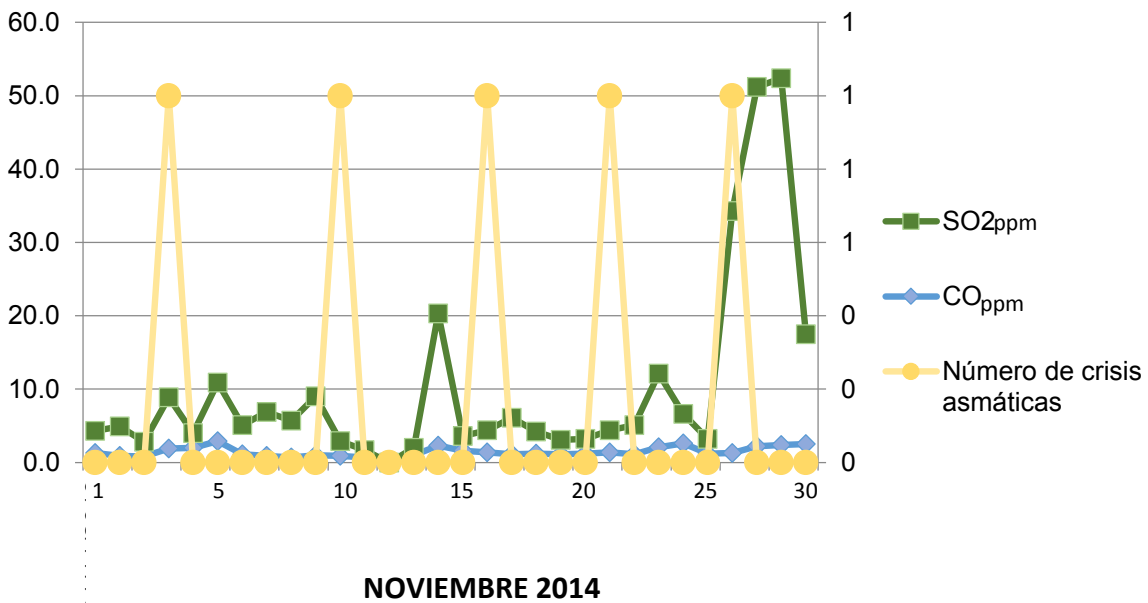
**Figura 62.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



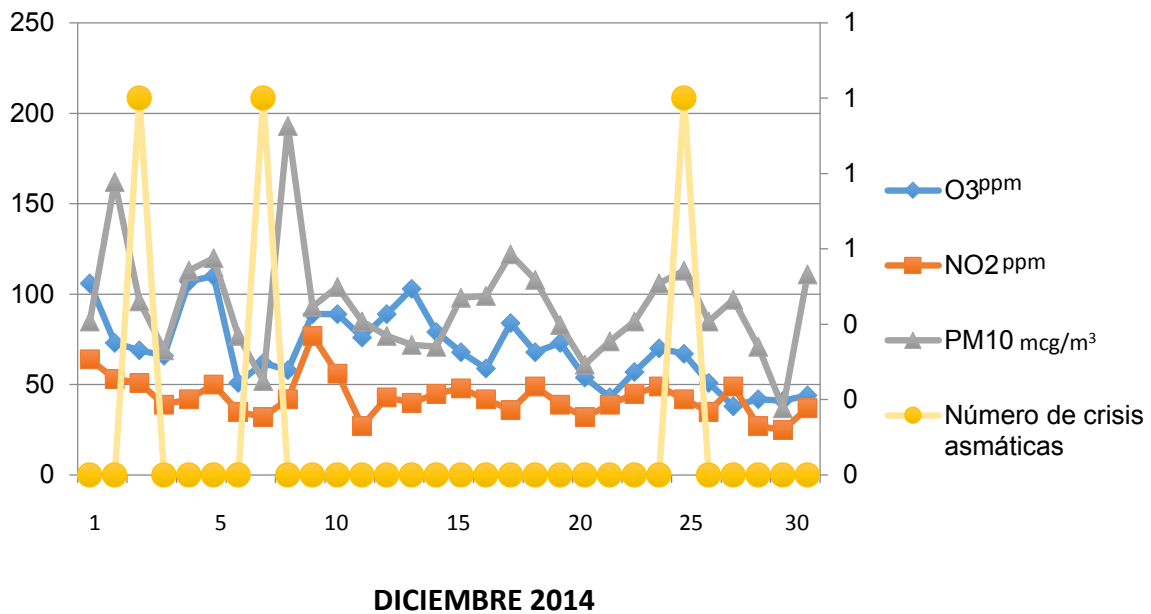
**Figura 63.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



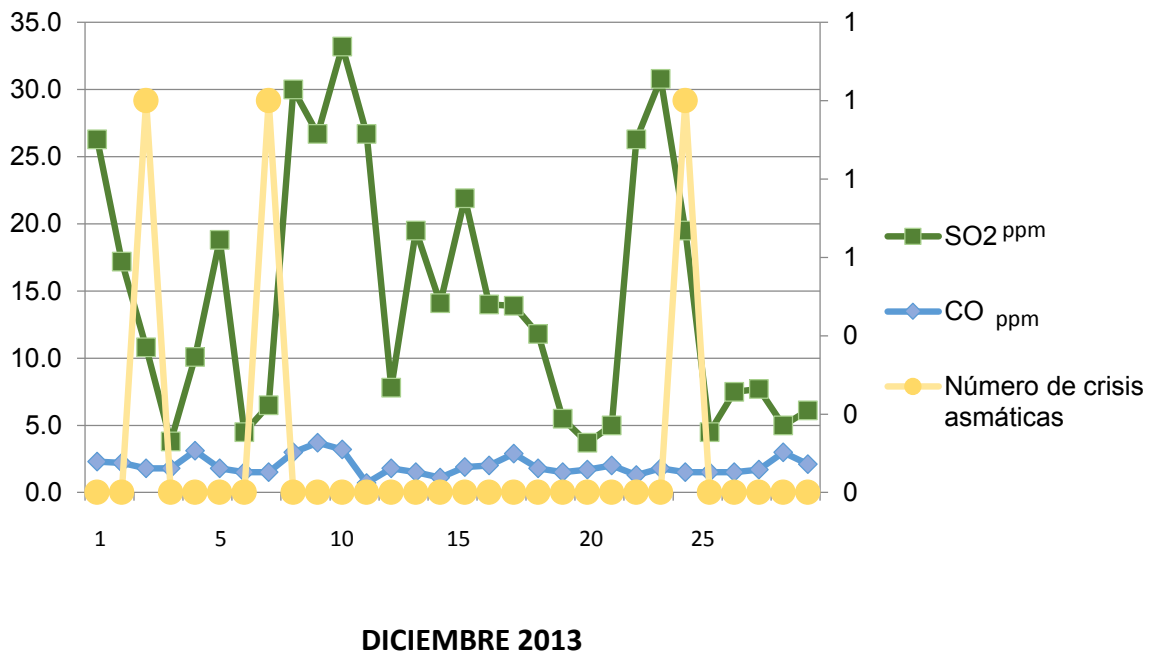
**Figura 64.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



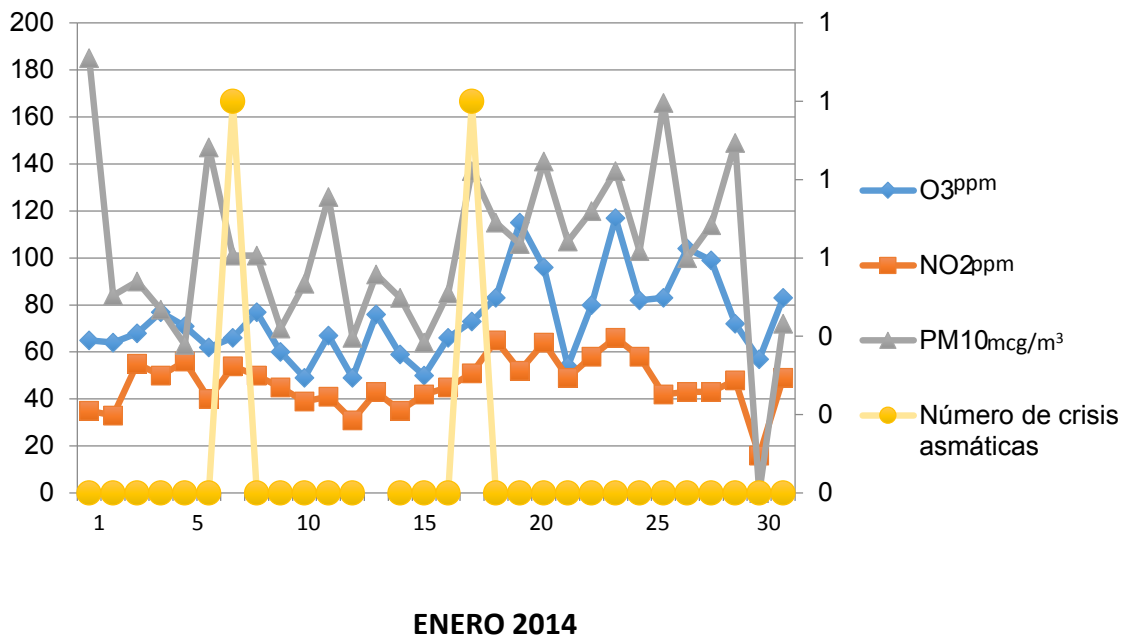
**Figura 65.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



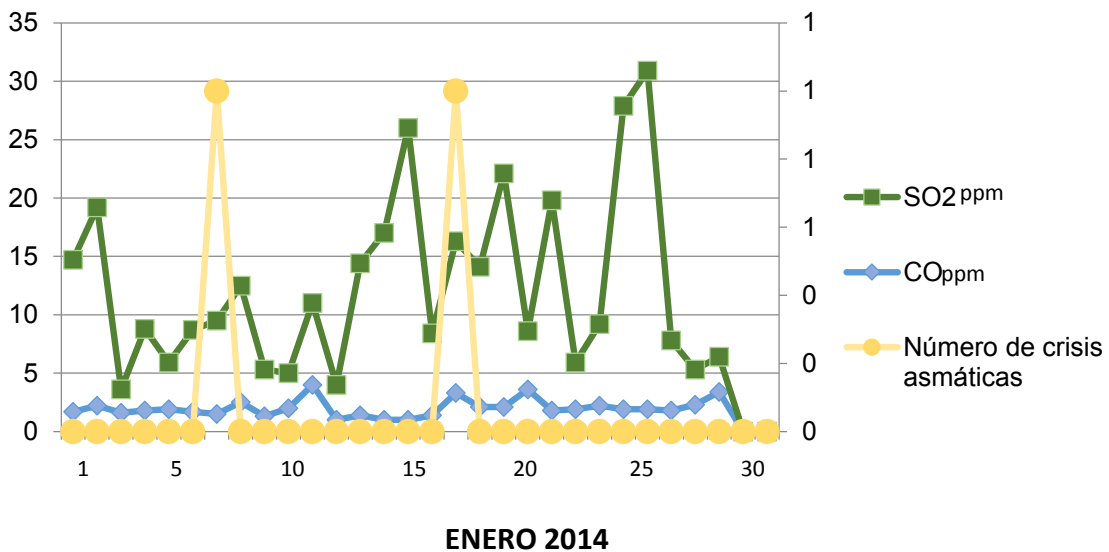
**Figura 66.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 Centro de Monitoreo Tláhuac.



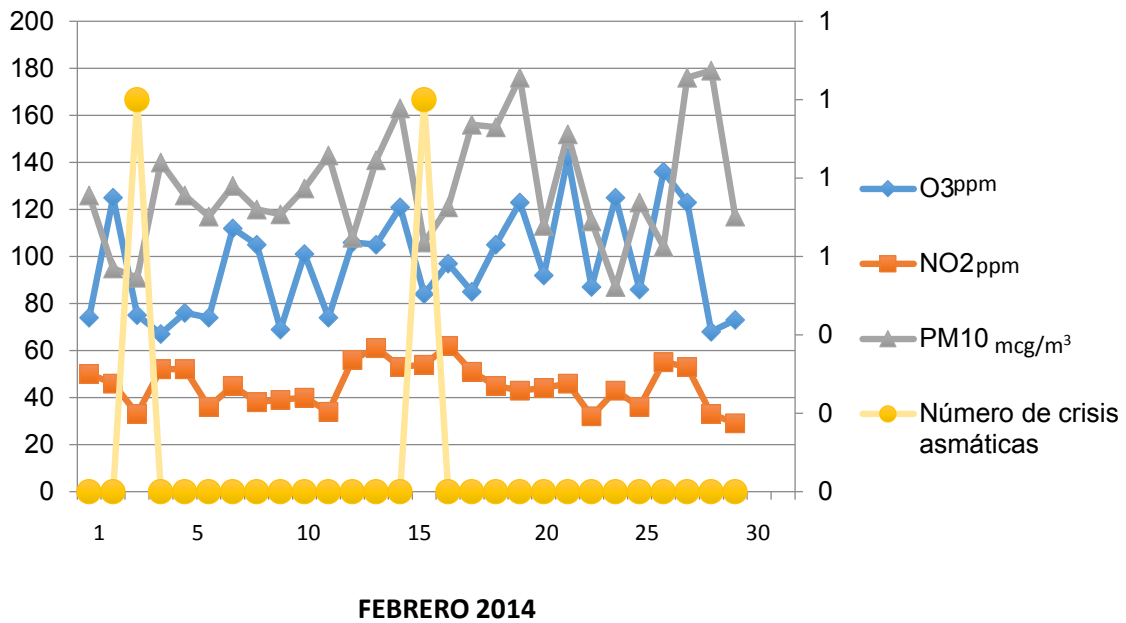
**Figura 67.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Enero de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.



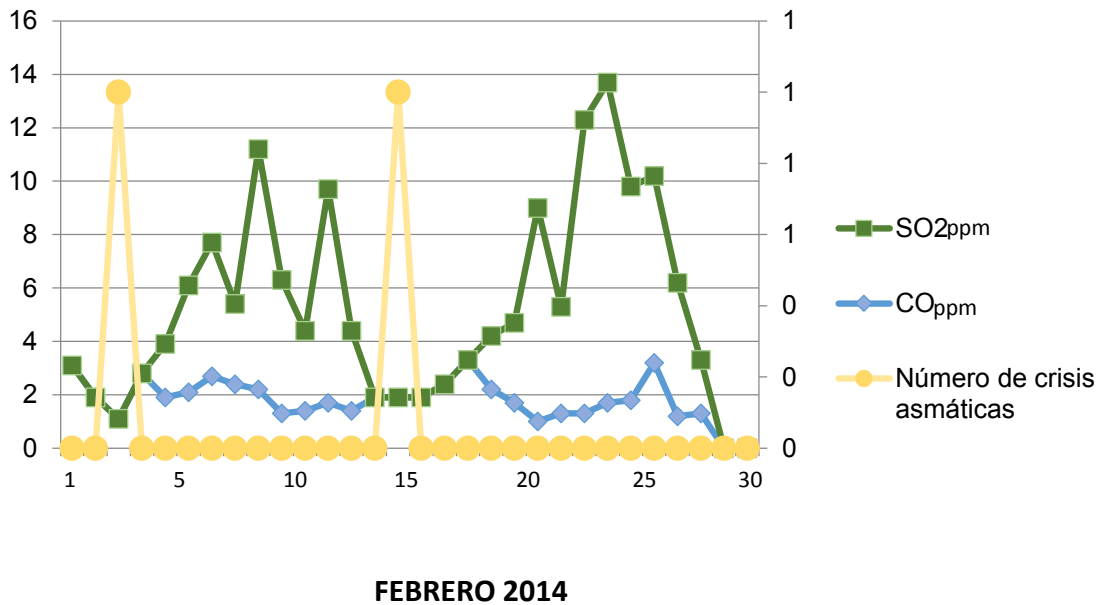
**Figura 68.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Enero de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.



**Figura 69.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.

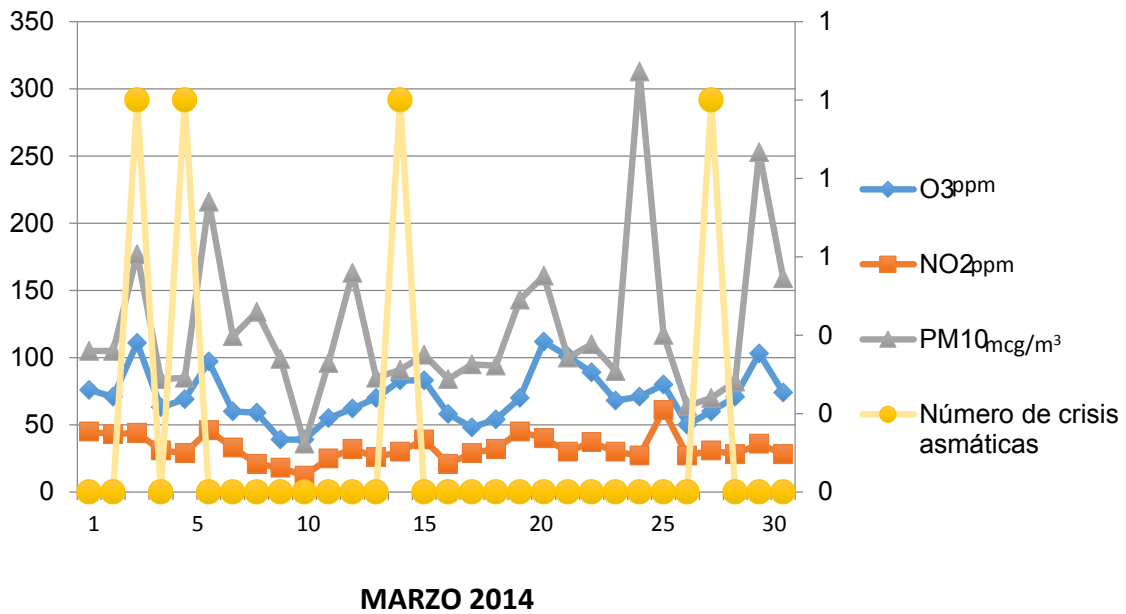


**Figura 70.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.

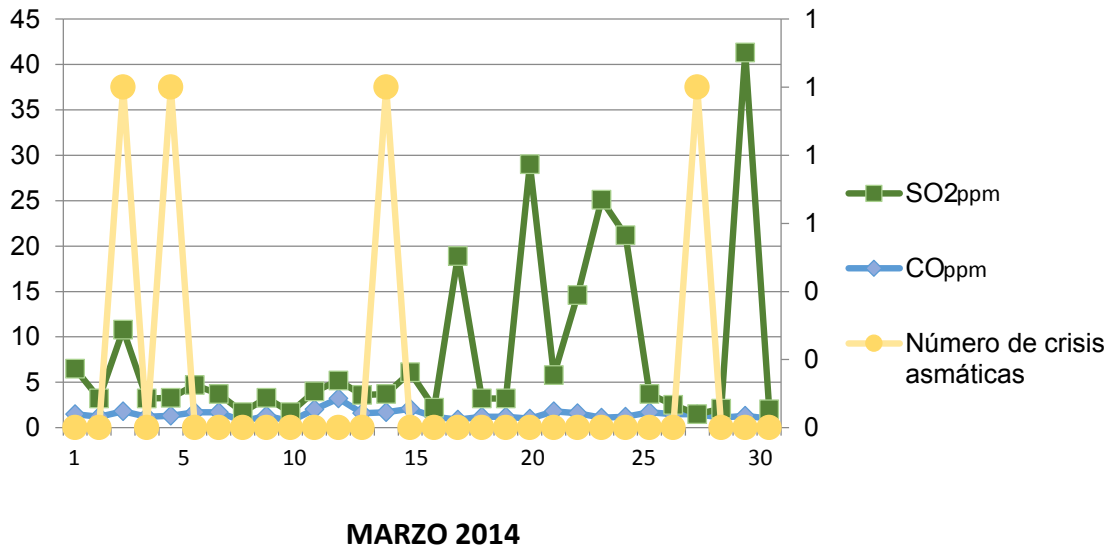




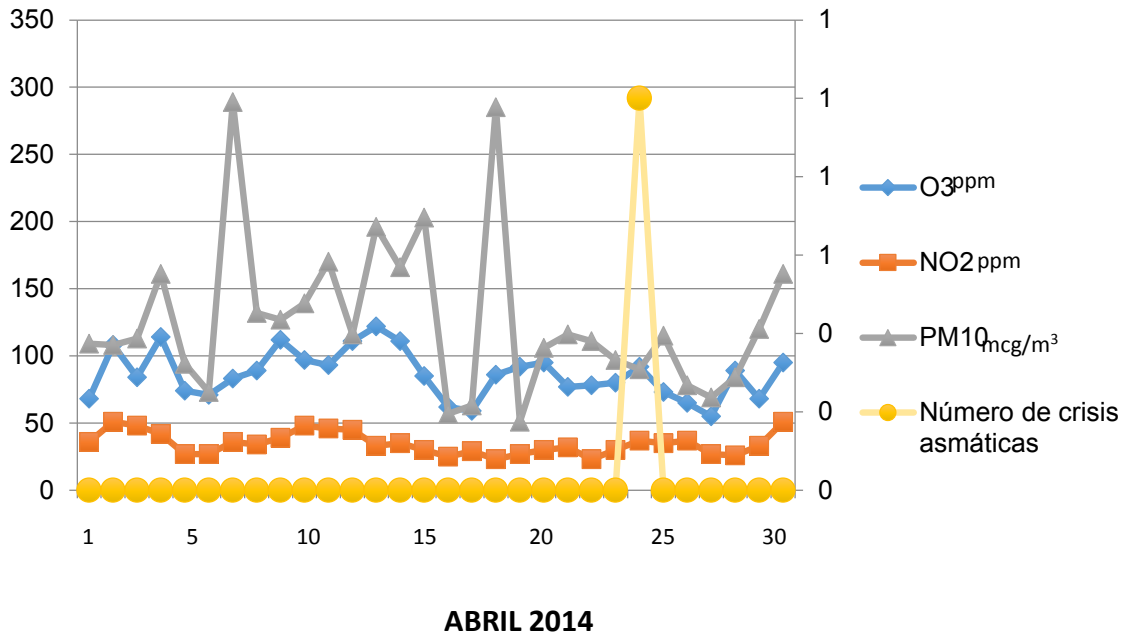
**Figura 71.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.



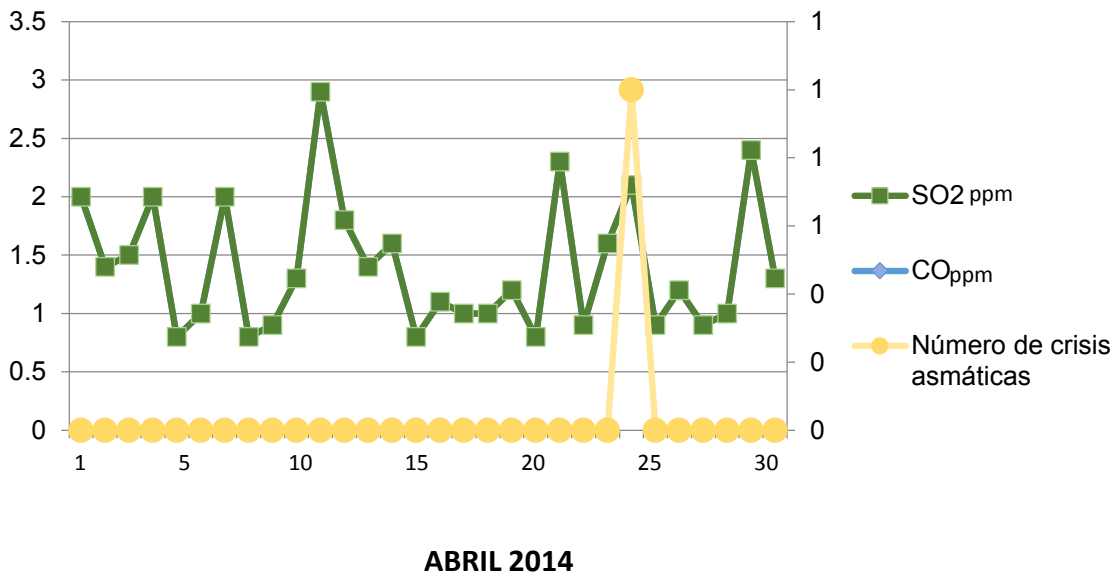
**Figura 72.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.



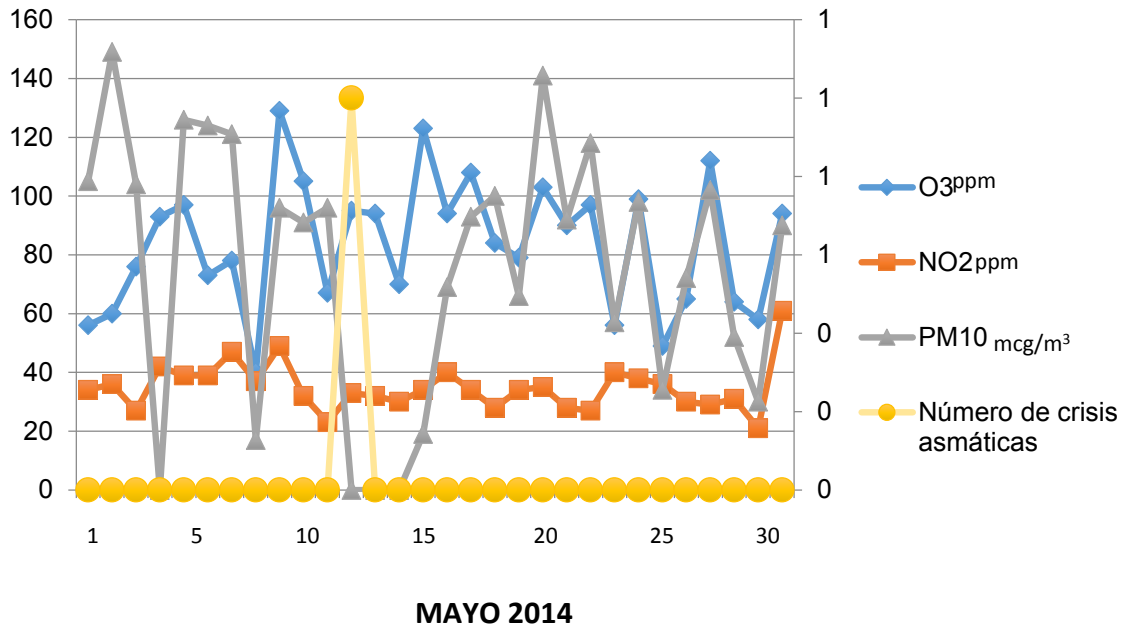
**Figura 73.** Concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Abril de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.



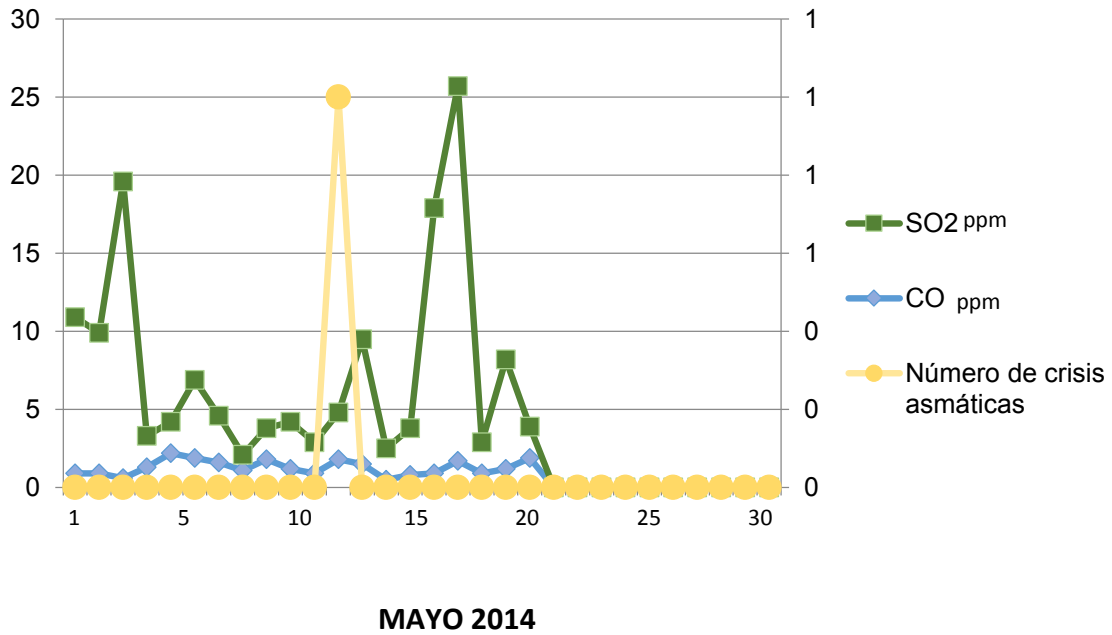
**Figura 74.** Concentraciones máximas diarias de SO<sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Abril de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.



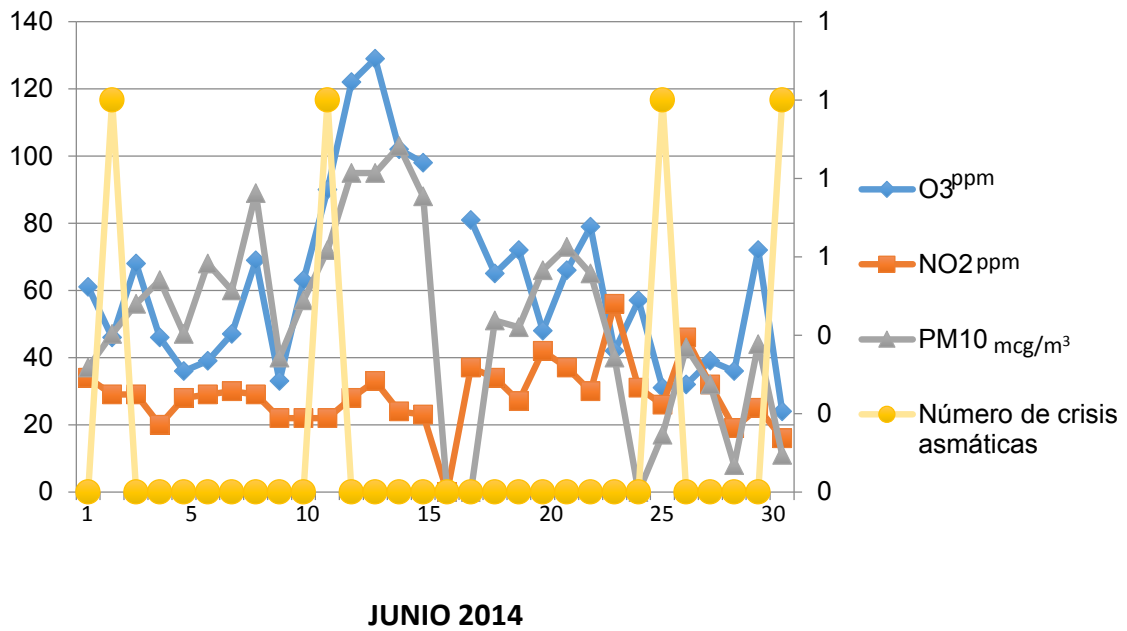
**Figura 75.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.



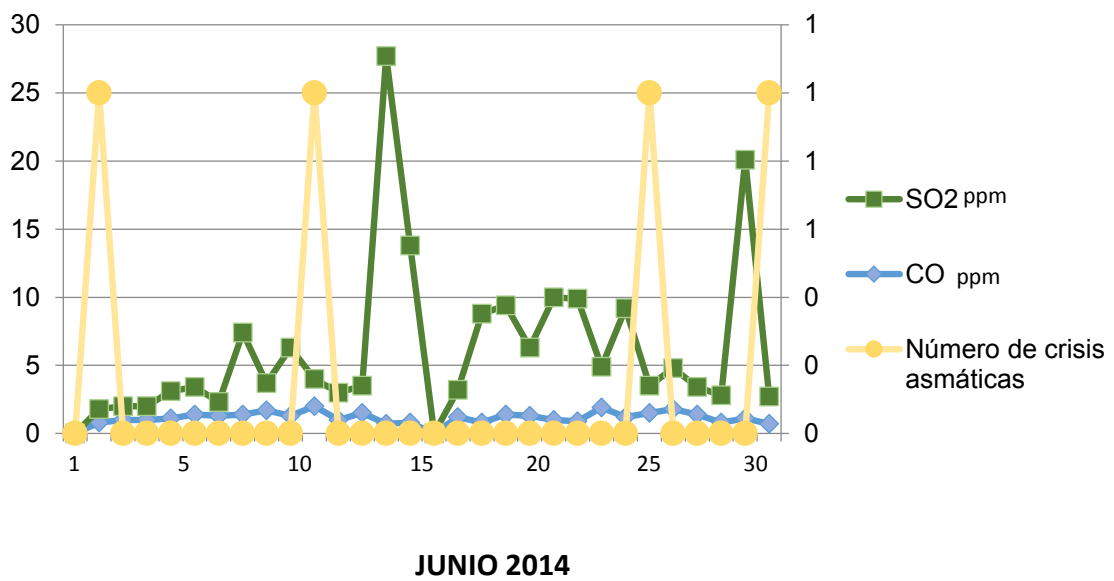
**Figura 76.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.



**Figura 77.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Junio de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac

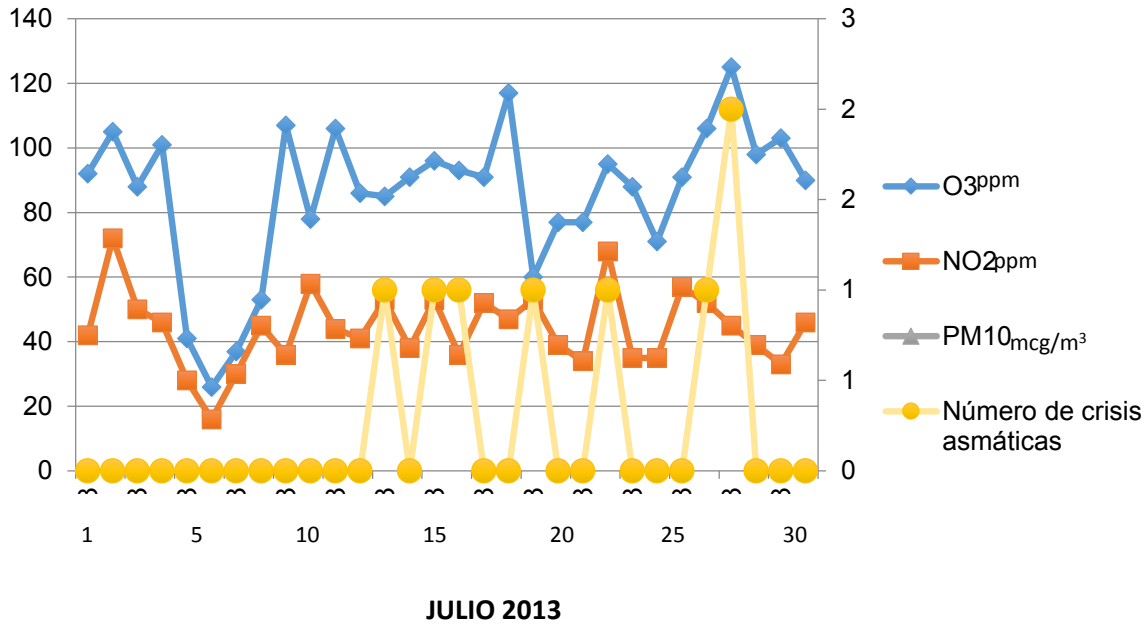


**Figura 78.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Junio de 2014 Centro de Monitoreo Tláhuac.

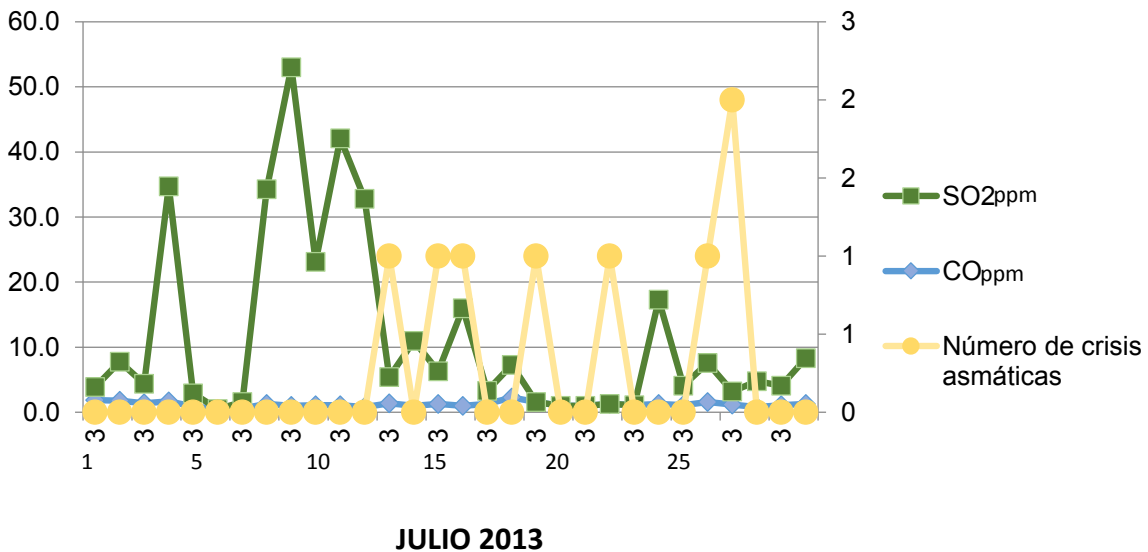


## Centro de monitoreo UAX

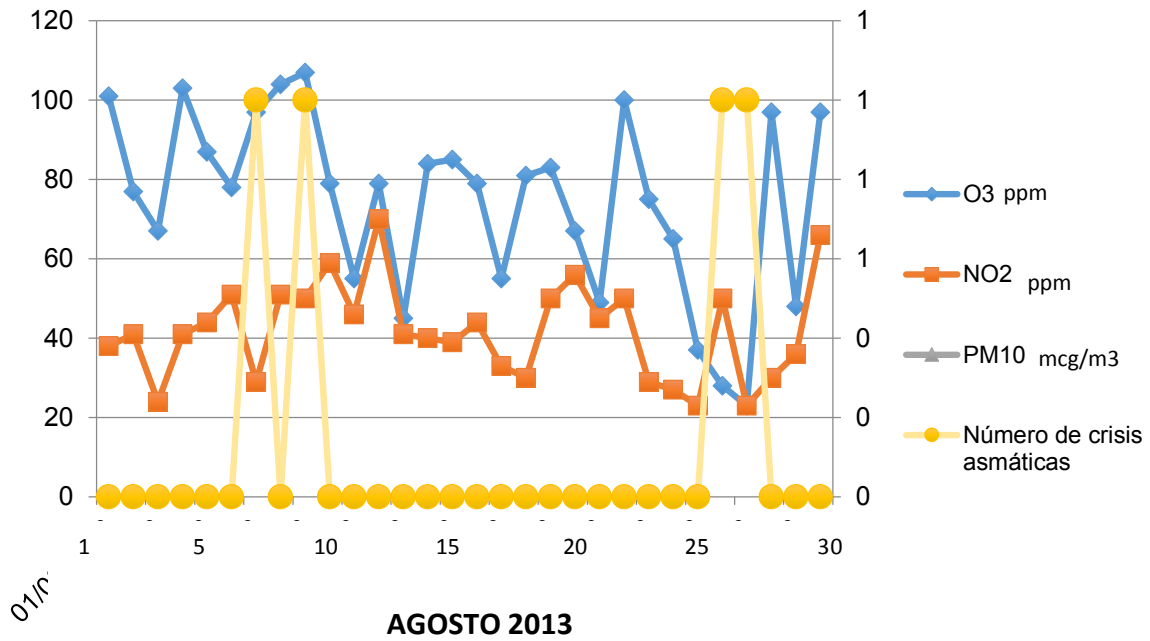
**Figura 79.** Concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Julio de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



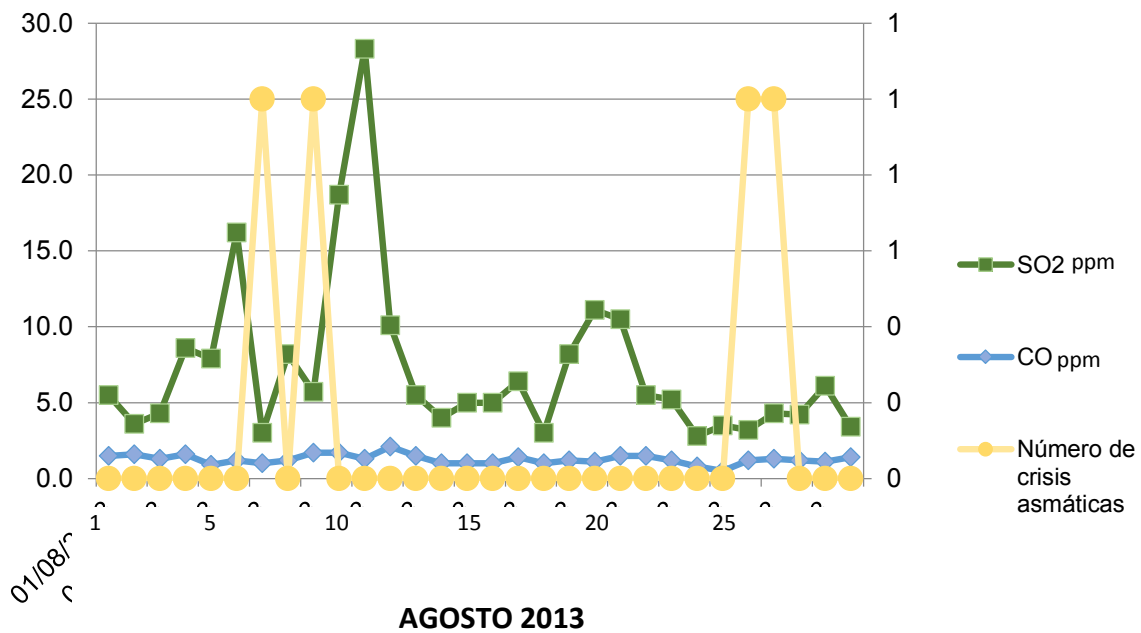
**Figura 80.** Concentraciones máximas diarias de SO<sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Julio de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



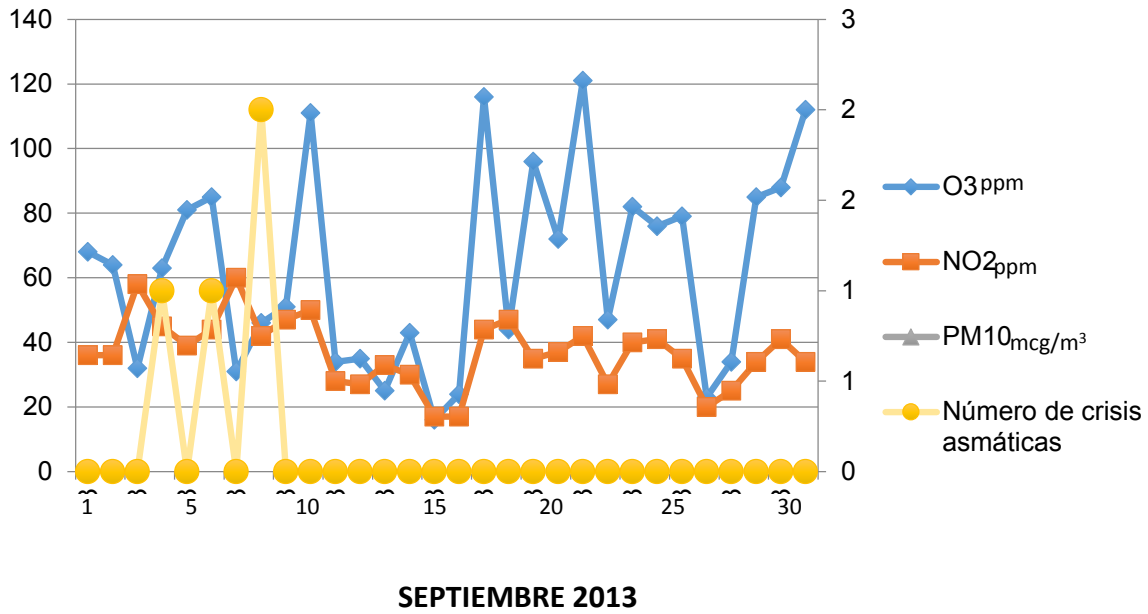
**Figura 81.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



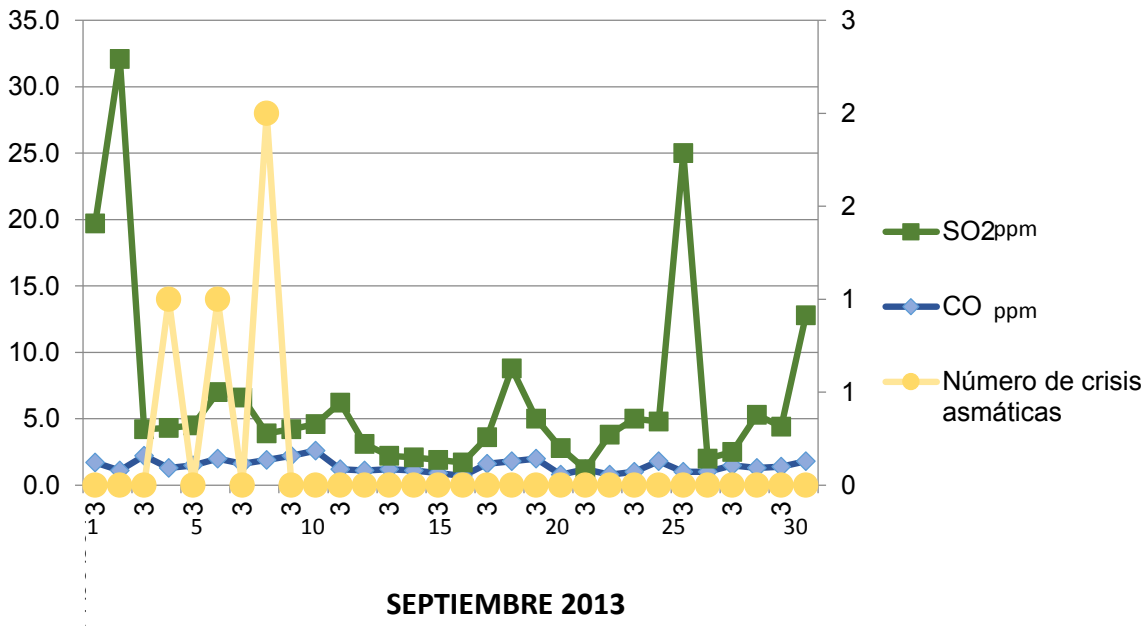
**Figura 82.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



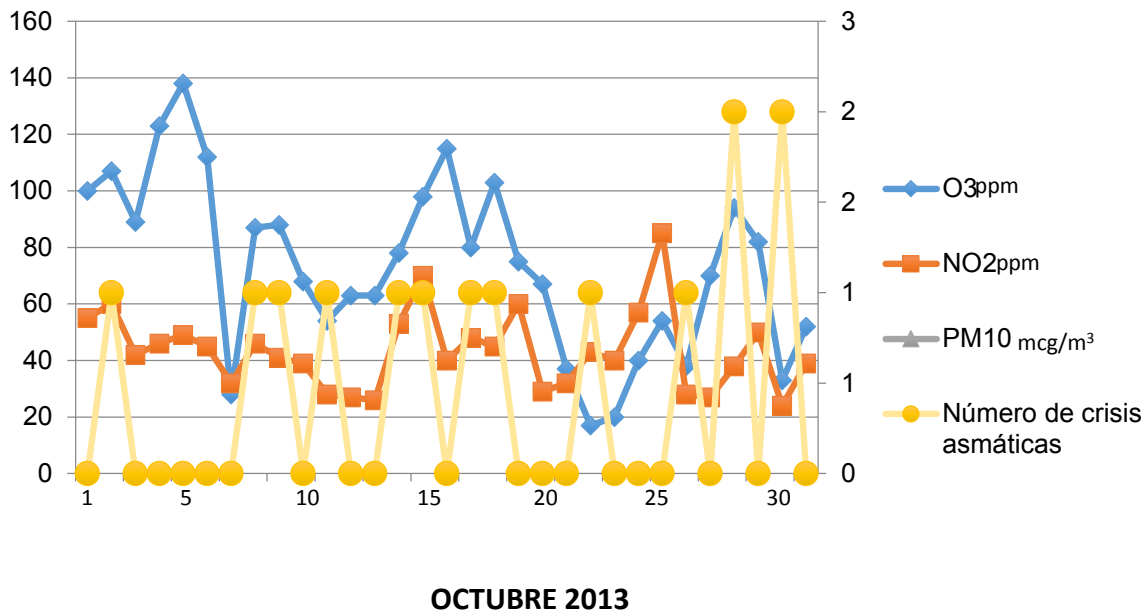
**Figura 83.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



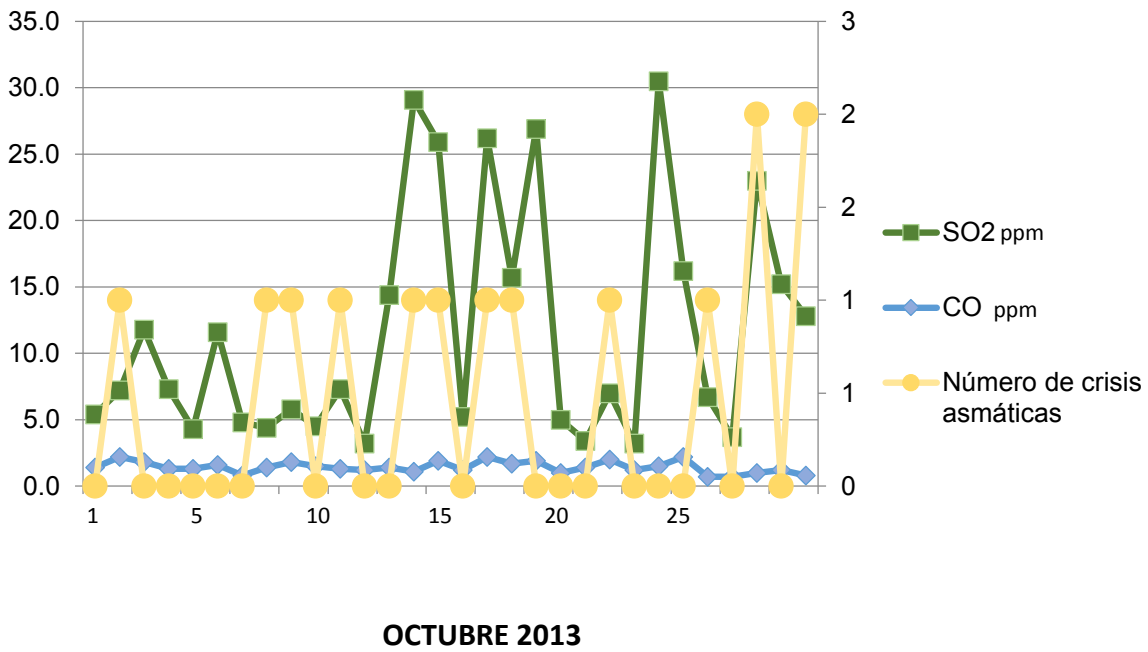
**Figura 84.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



**Figura 85.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.

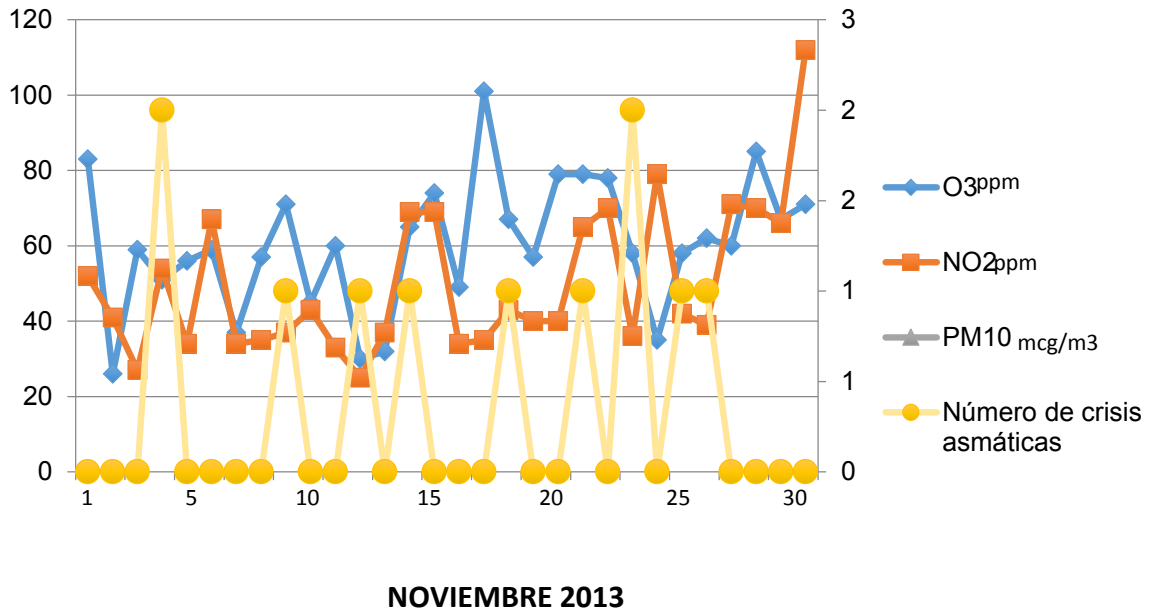


**Figura 86.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.

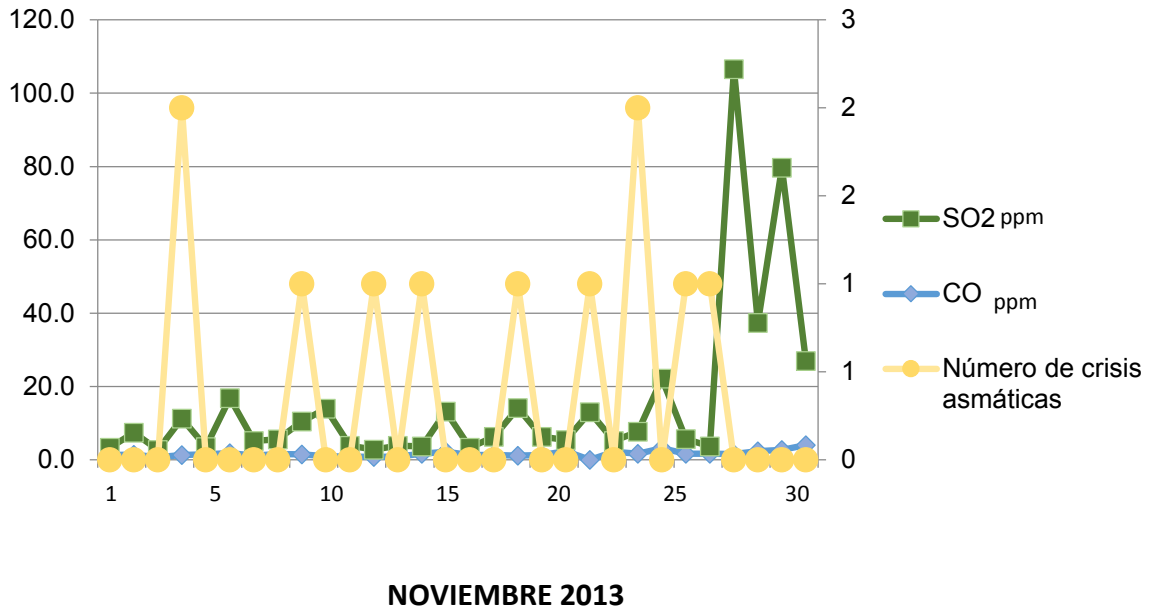




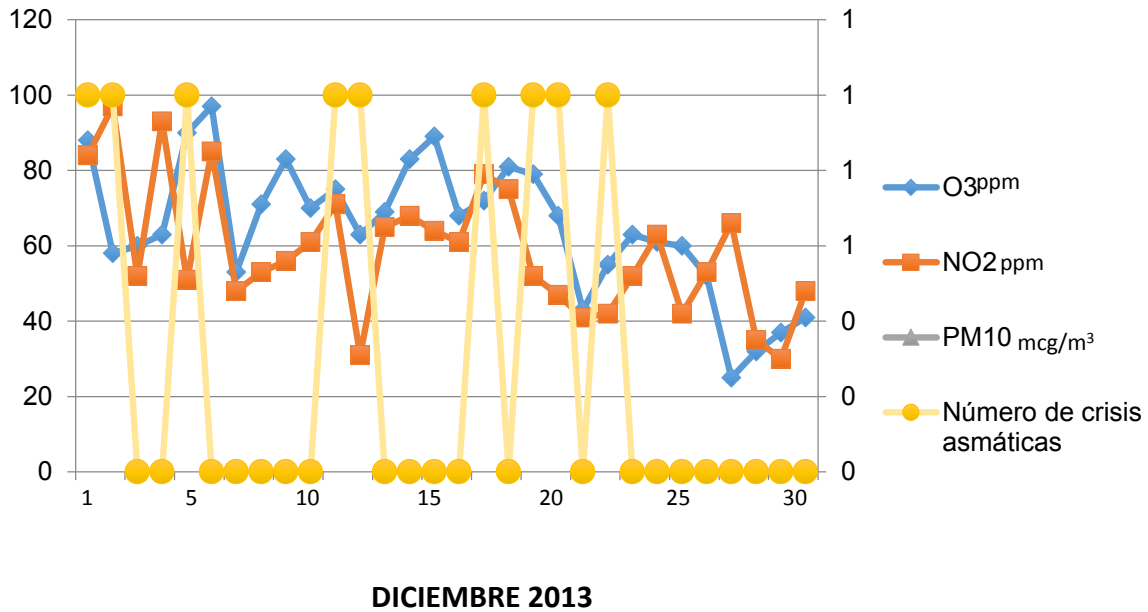
**Figura 87.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



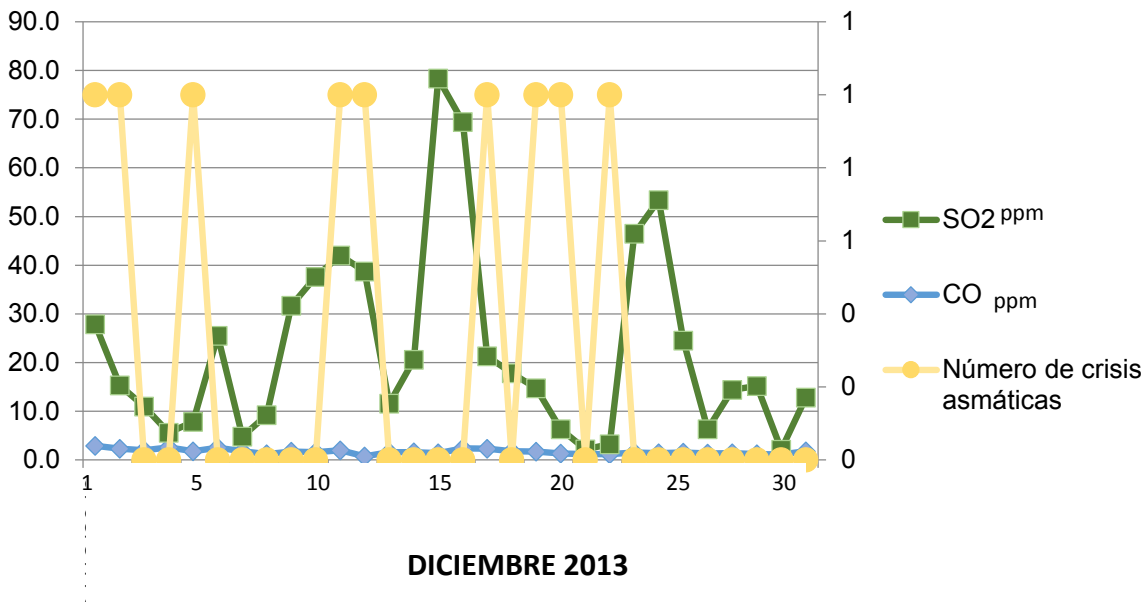
**Figura 88.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



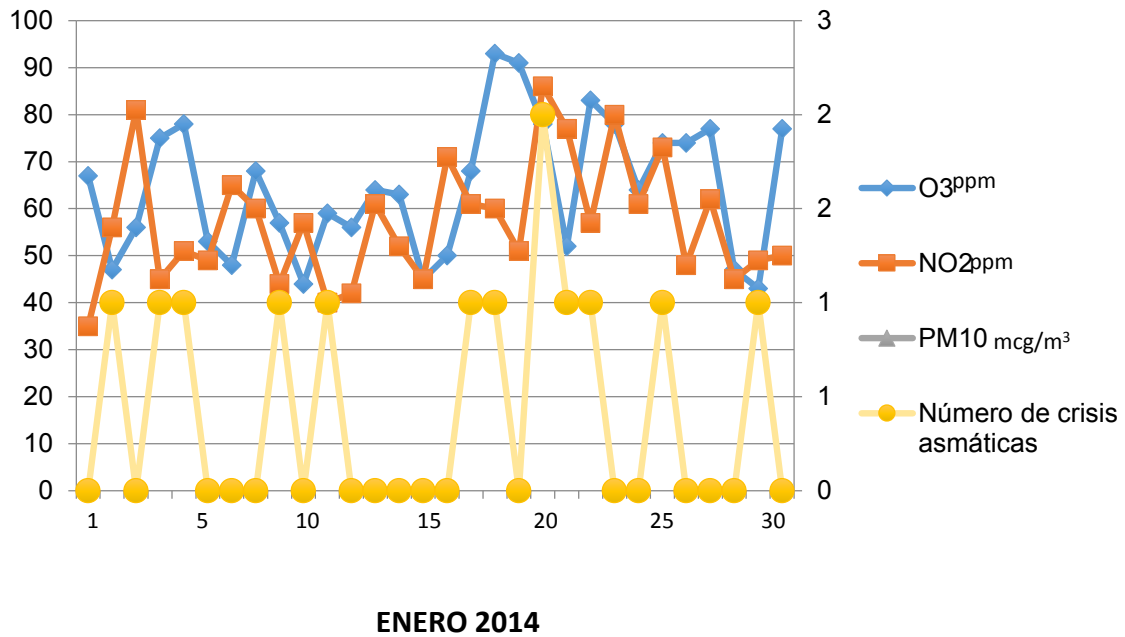
**Figura 89.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



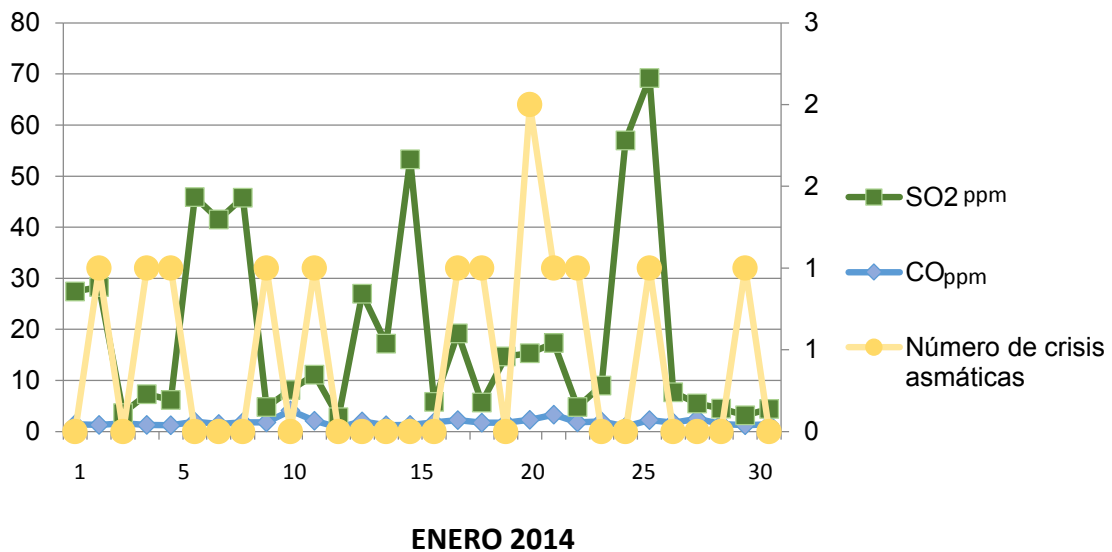
**Figura 90.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



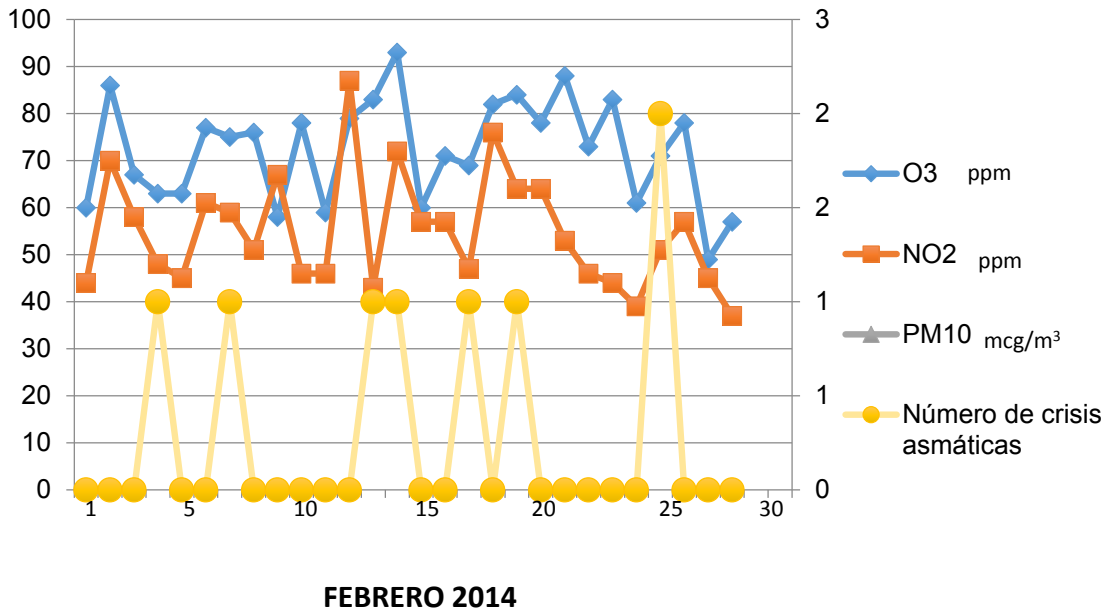
**Figura 91.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Enero de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



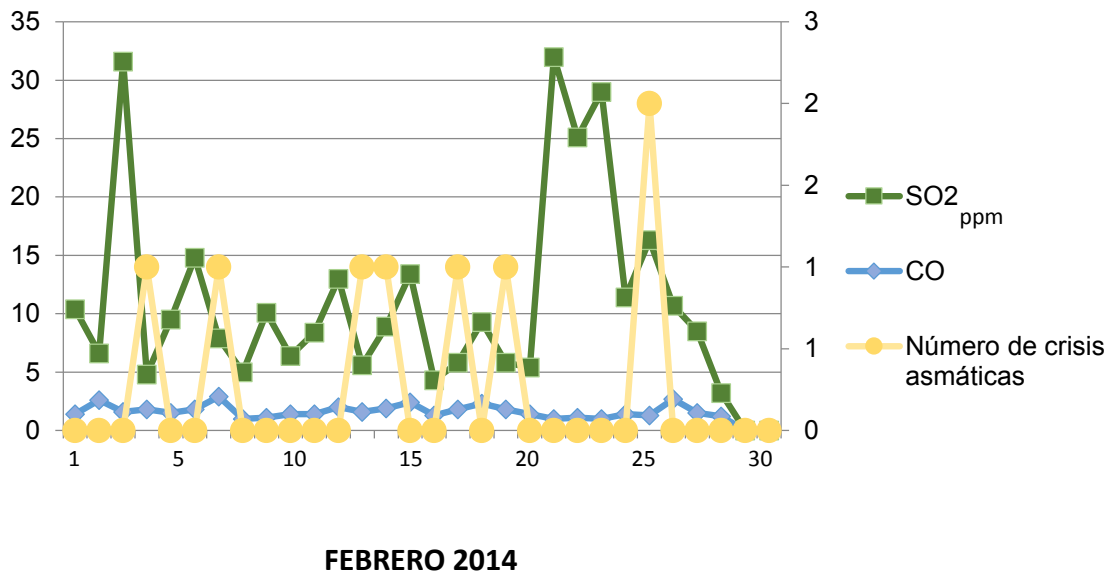
**Figura 92.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Enero de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



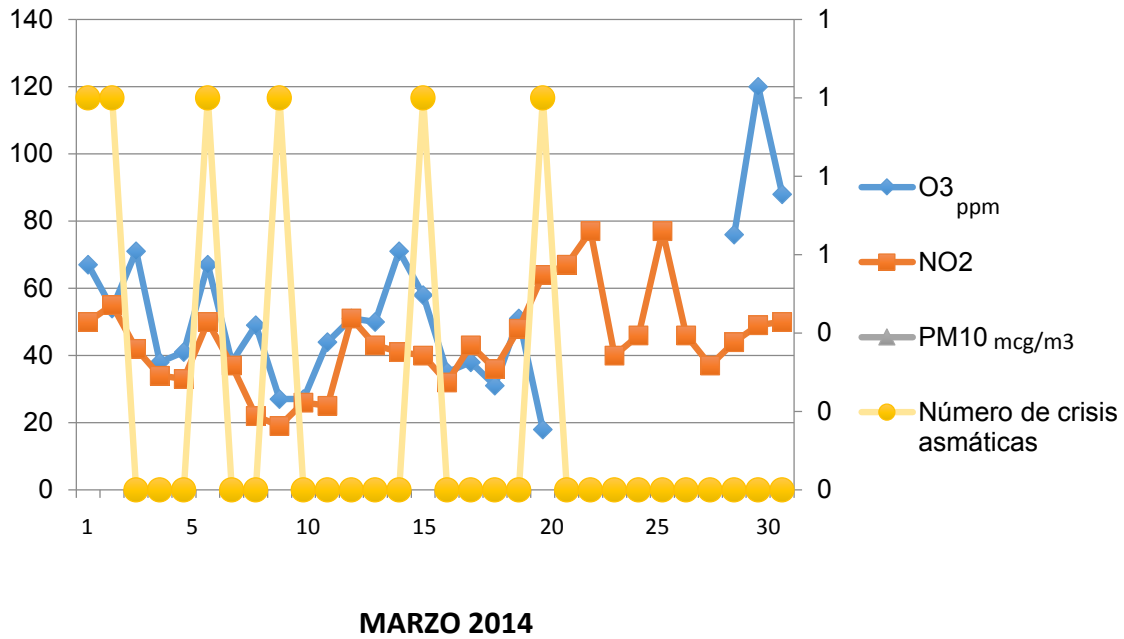
**Figura 93.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



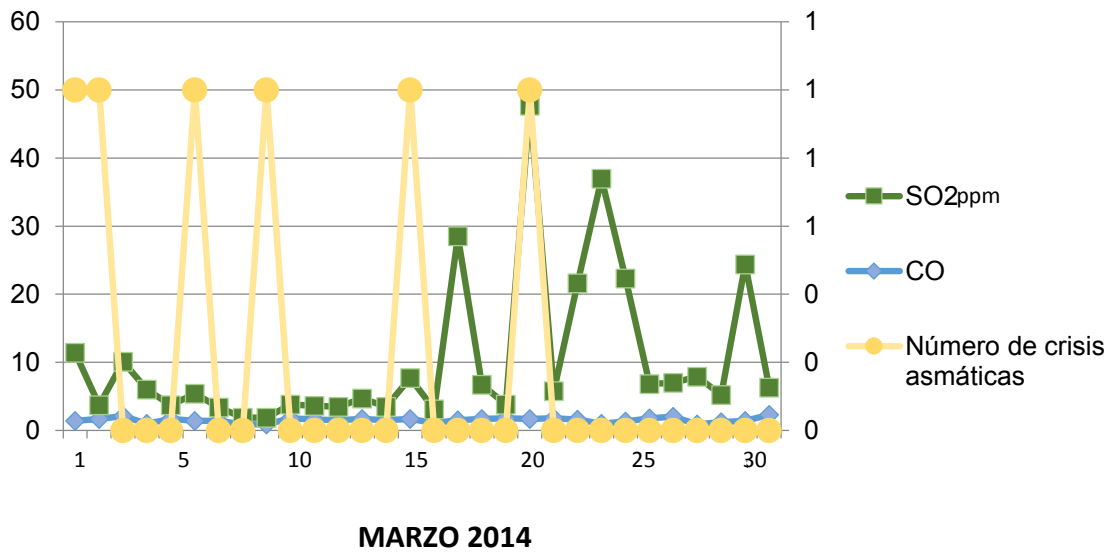
**Figura 94.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



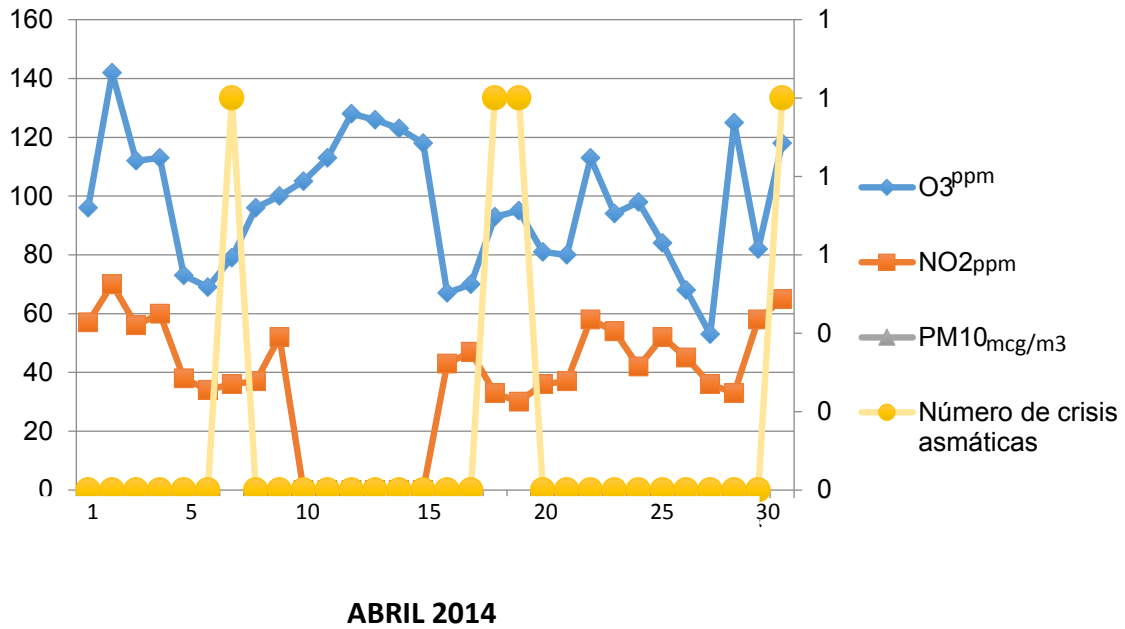
**Figura 95.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



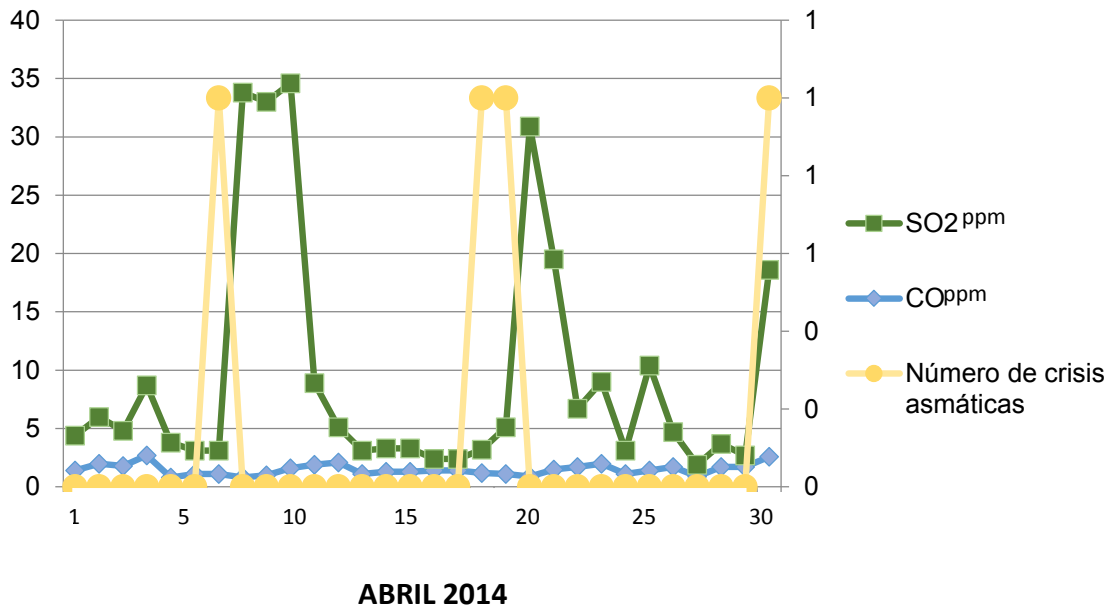
**Figura 96.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



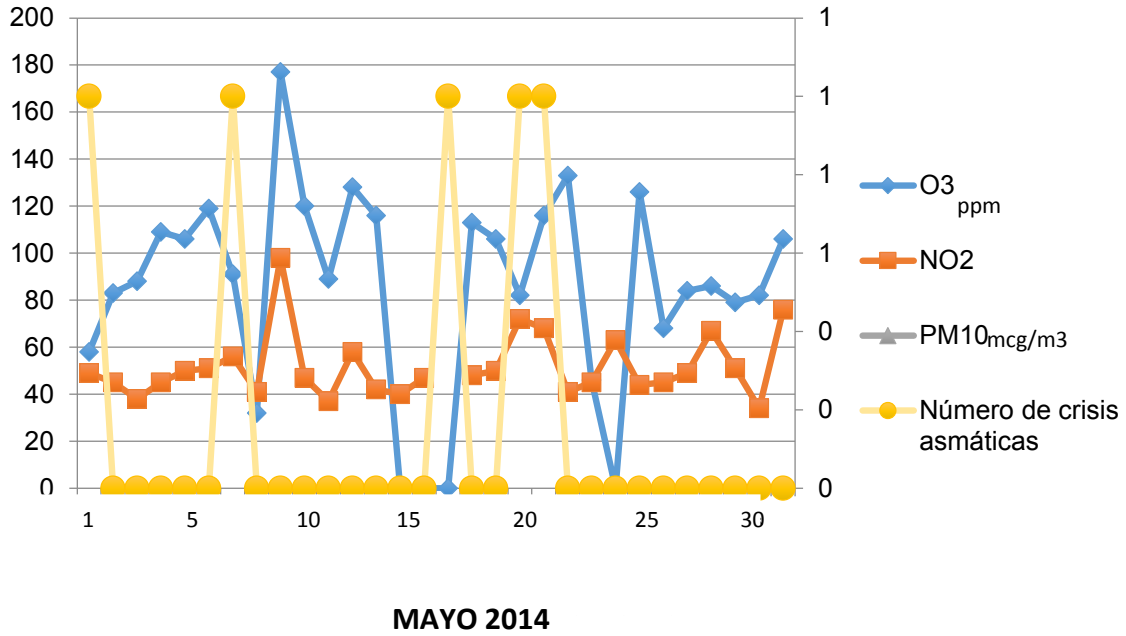
**Figura 97.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Abril de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



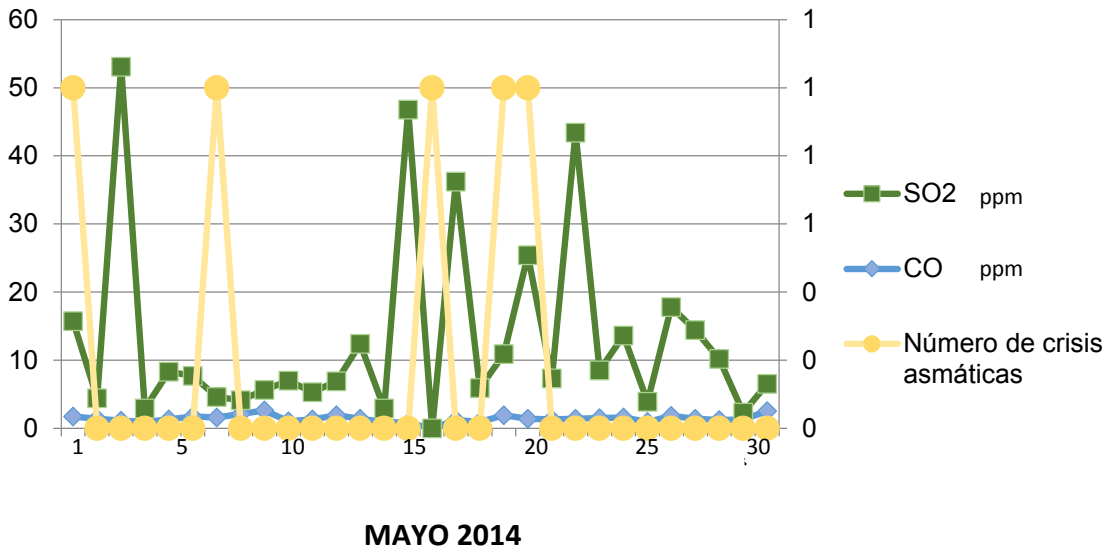
**Figura 98.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Abril de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



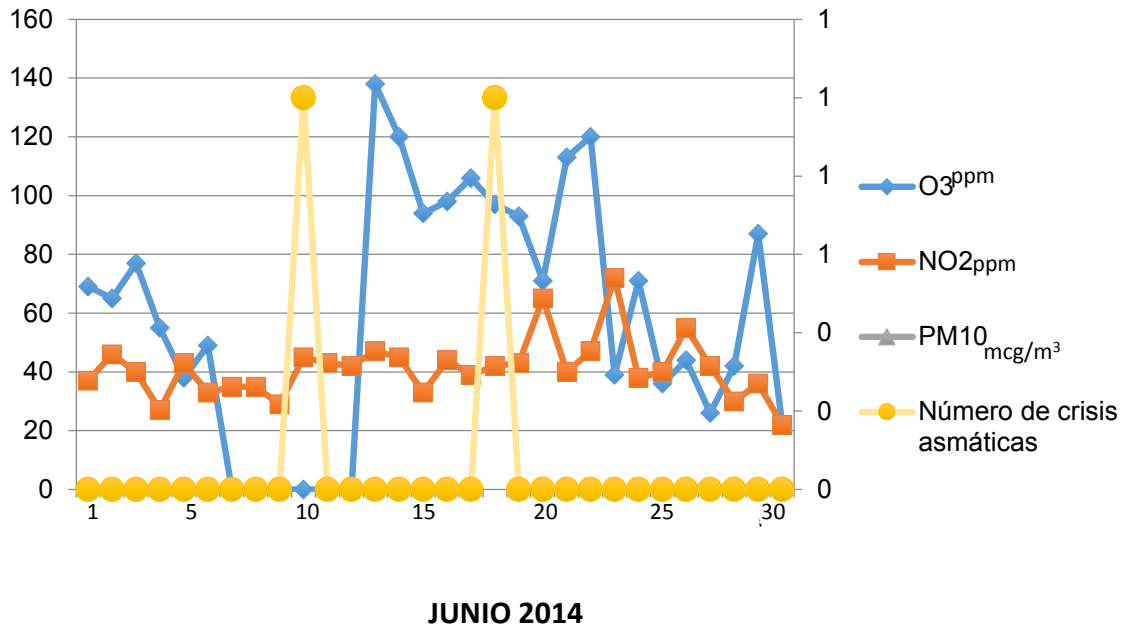
**Figura 99.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



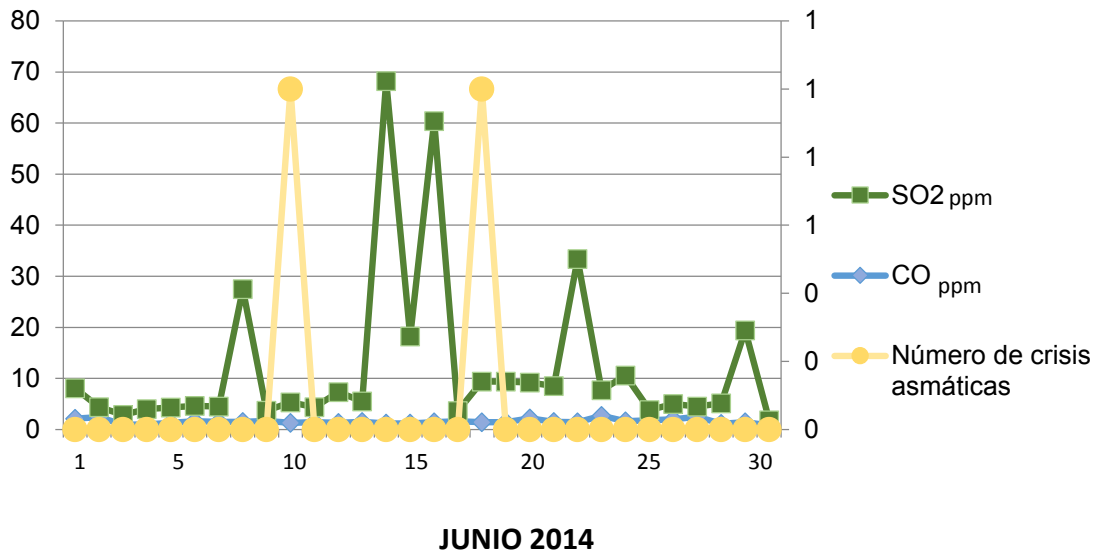
**Figura 100.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



**Figura 101.** Concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> y número de crisis en el mes de Junio de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.



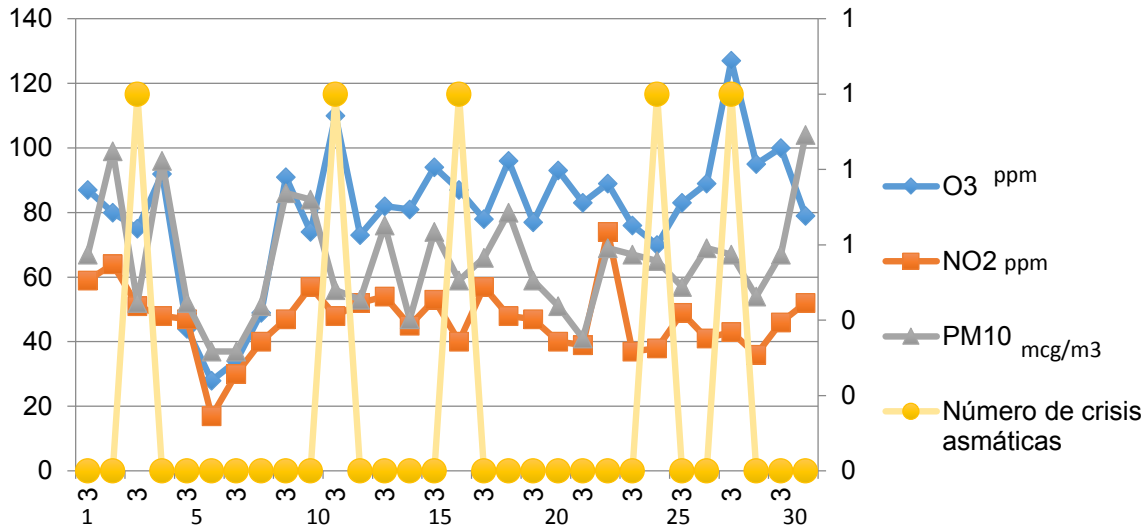
**Figura 102.** Concentraciones máximas diarias de SO<sub>2</sub> y CO y número de crisis en el mes de Junio de 2014 Centro de Monitoreo UAM Xochimilco.





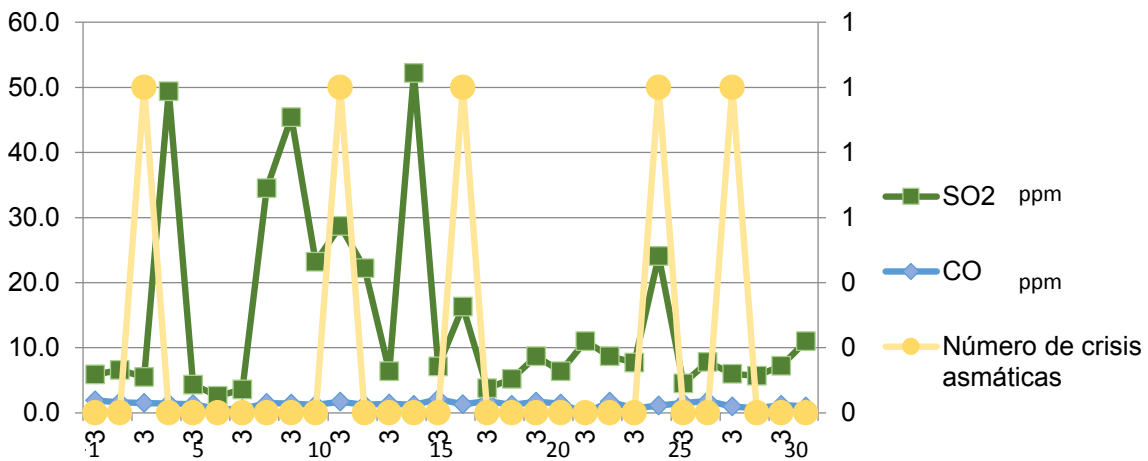
## CENTRO DE MONITOREO UIZ

**Figura 103.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Julio de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



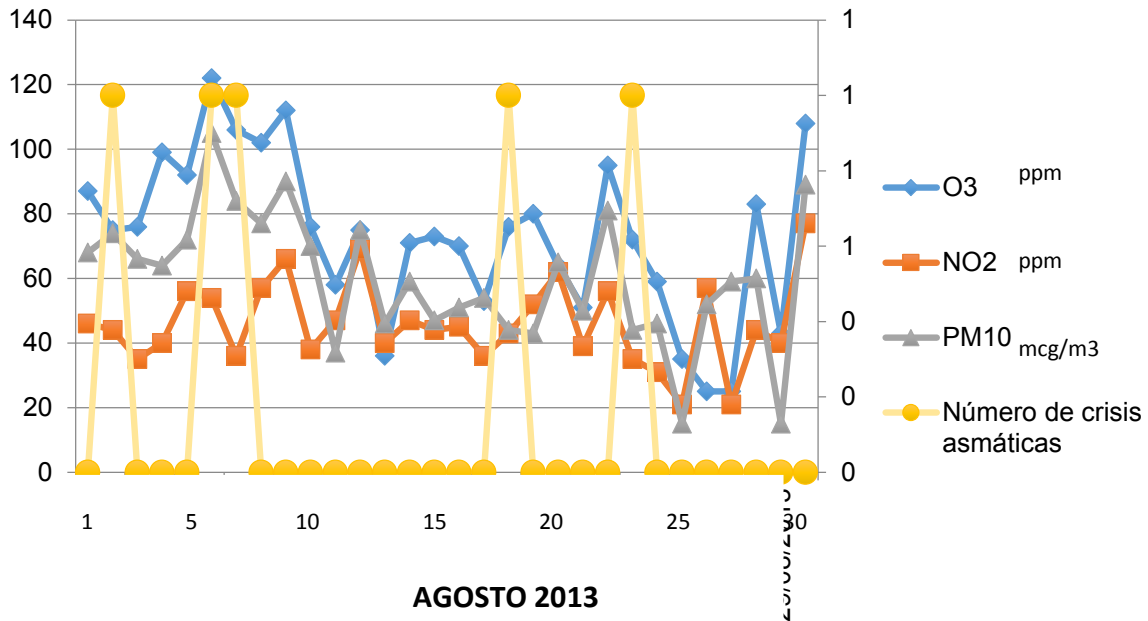
**JULIO 2013**

**Figura 104.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Julio de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa

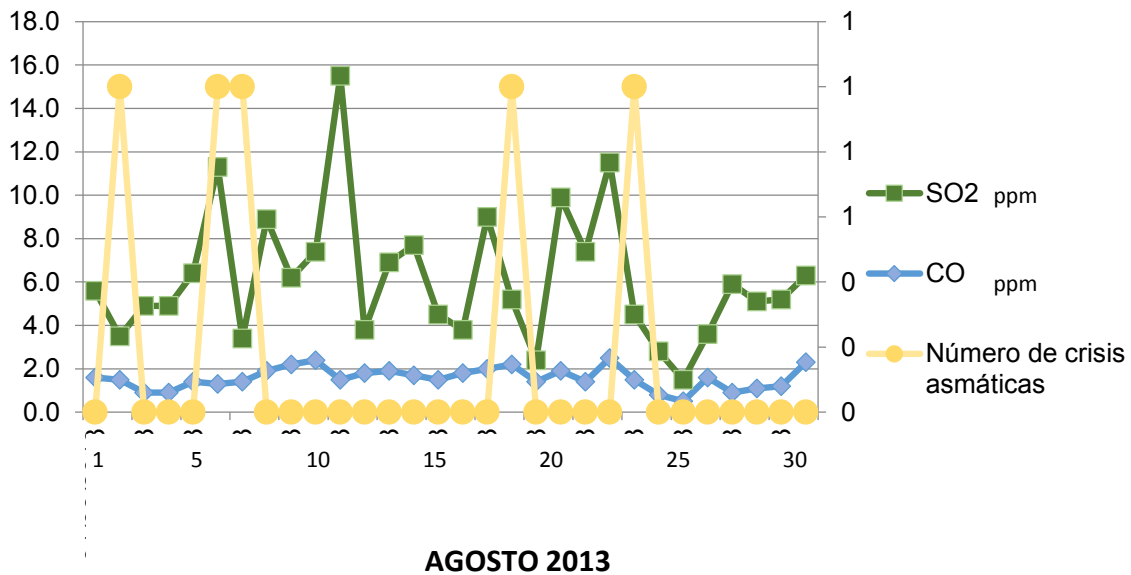


**JULIO 2013**

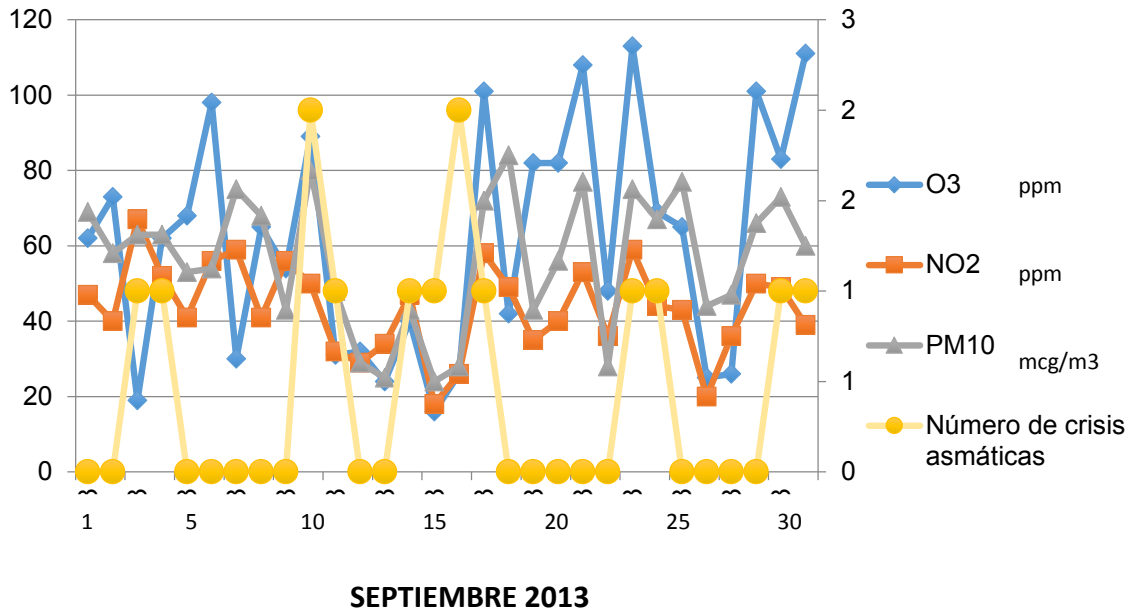
**Figura 105.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



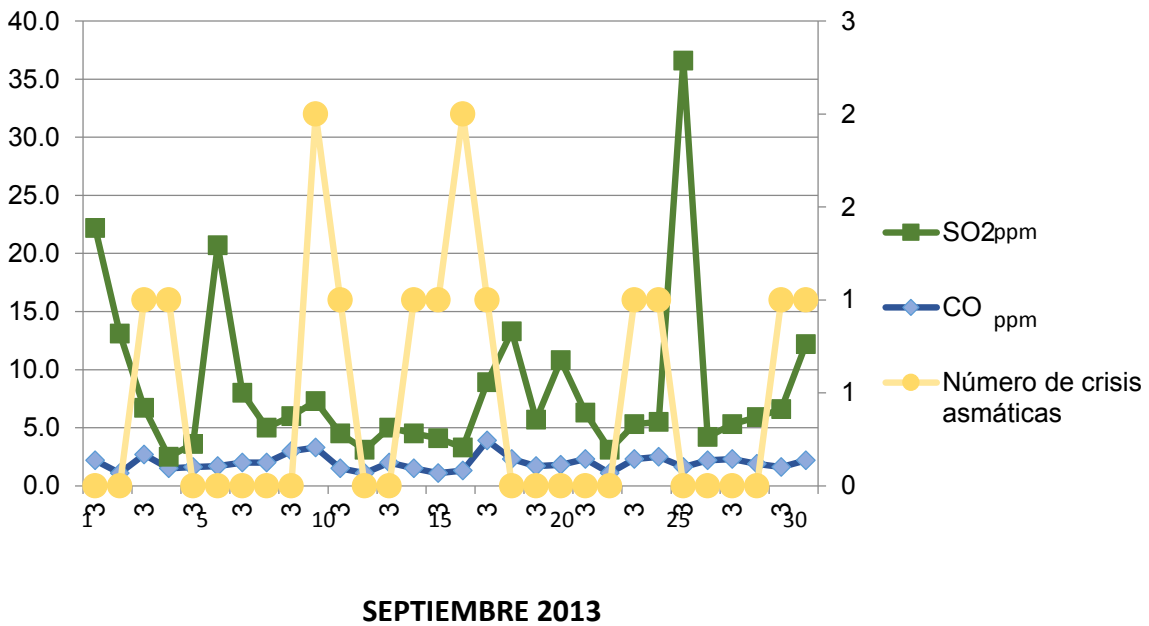
**Figura 106.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Agosto de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



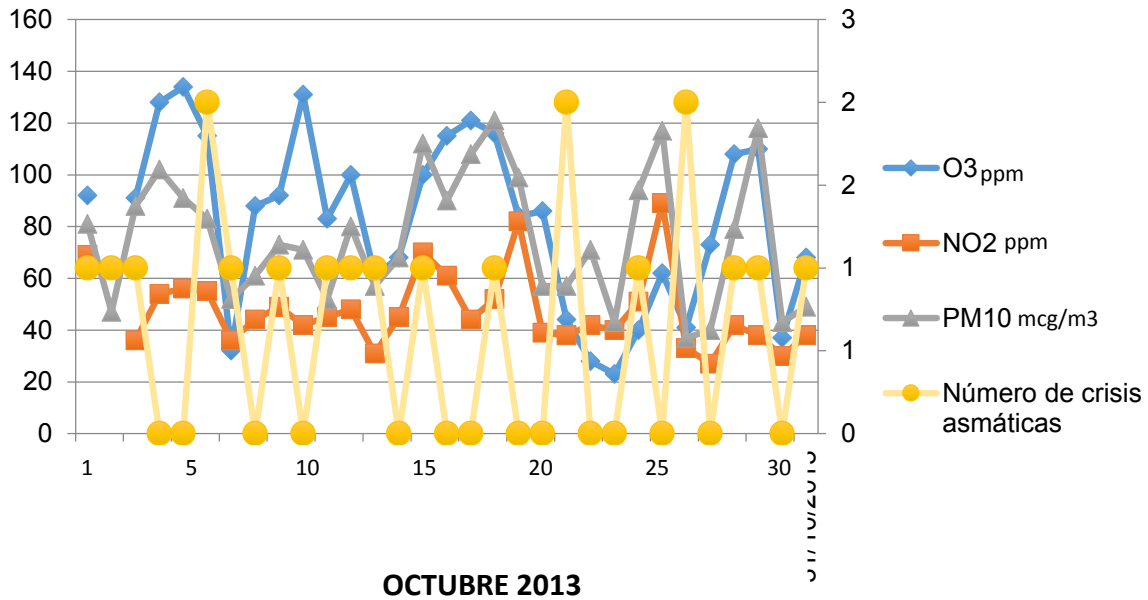
**Figura 107.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



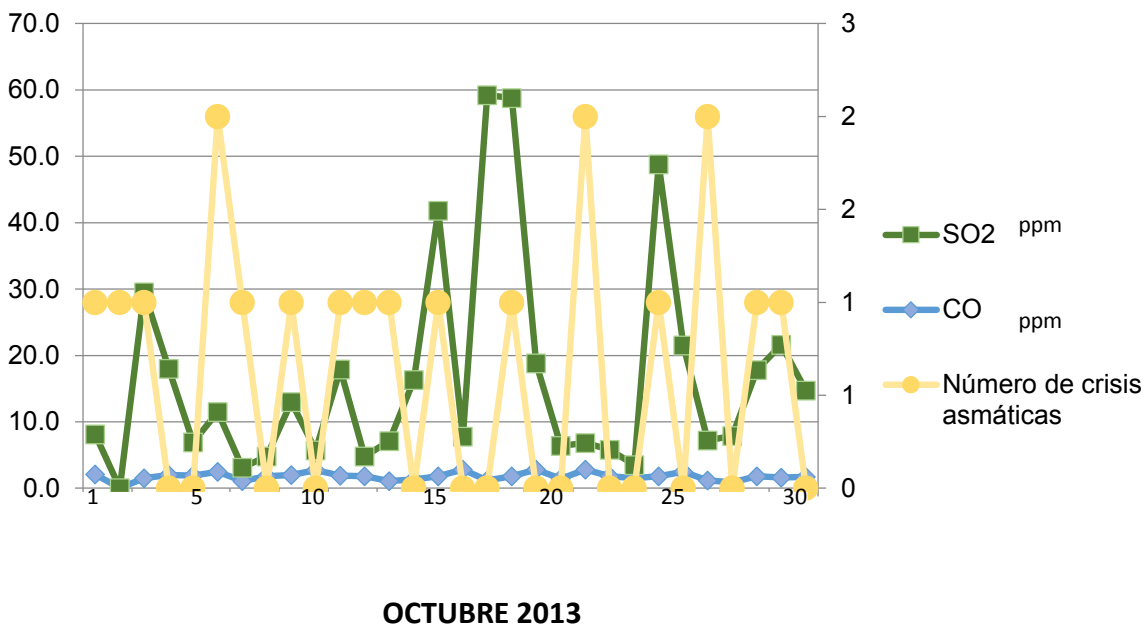
**Figura 108.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Septiembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



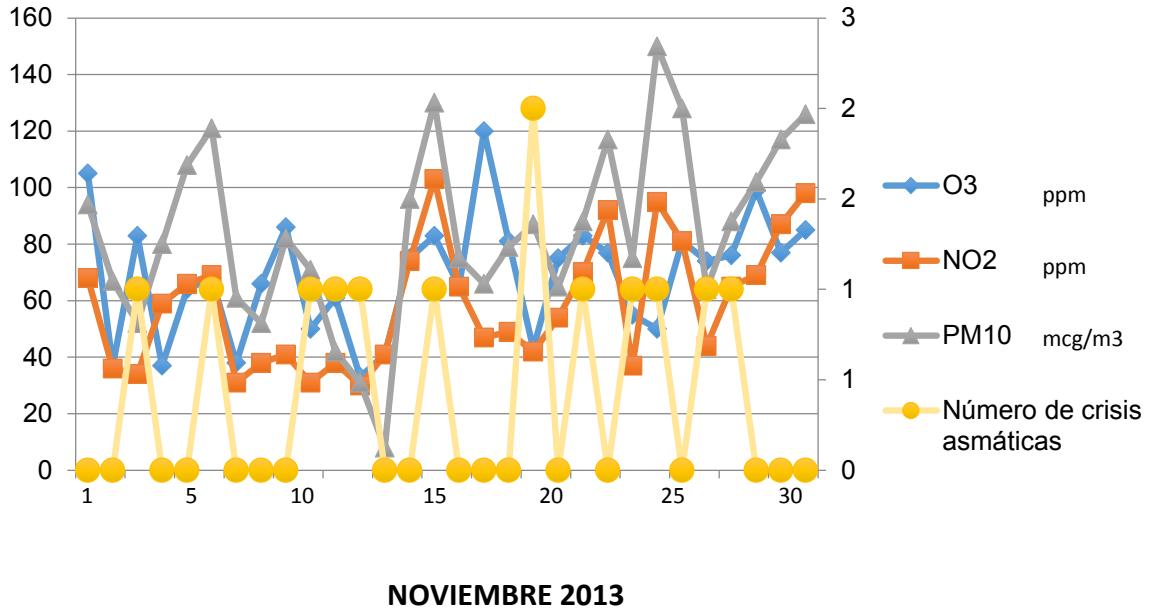
**Figura 109.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



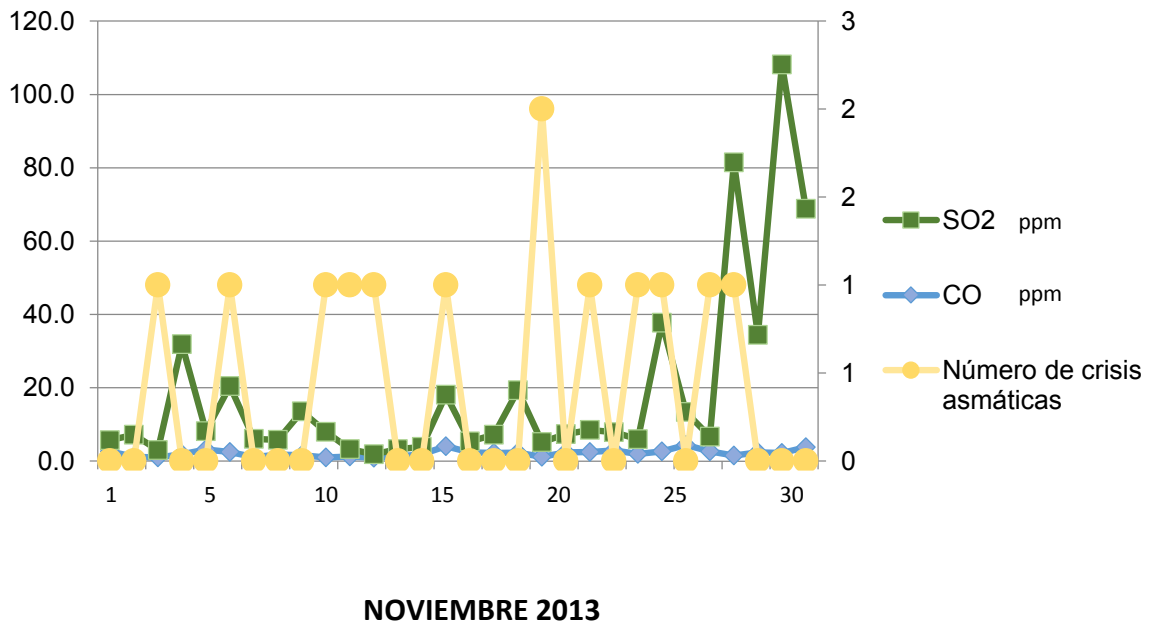
**Figura 110.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Octubre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



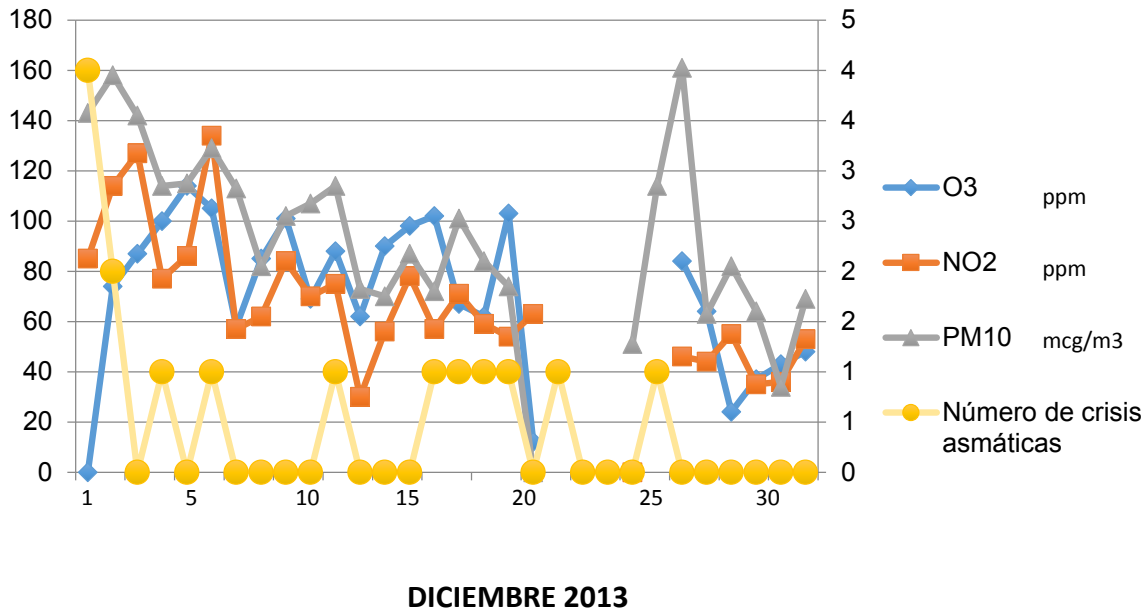
**Figura 111.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa



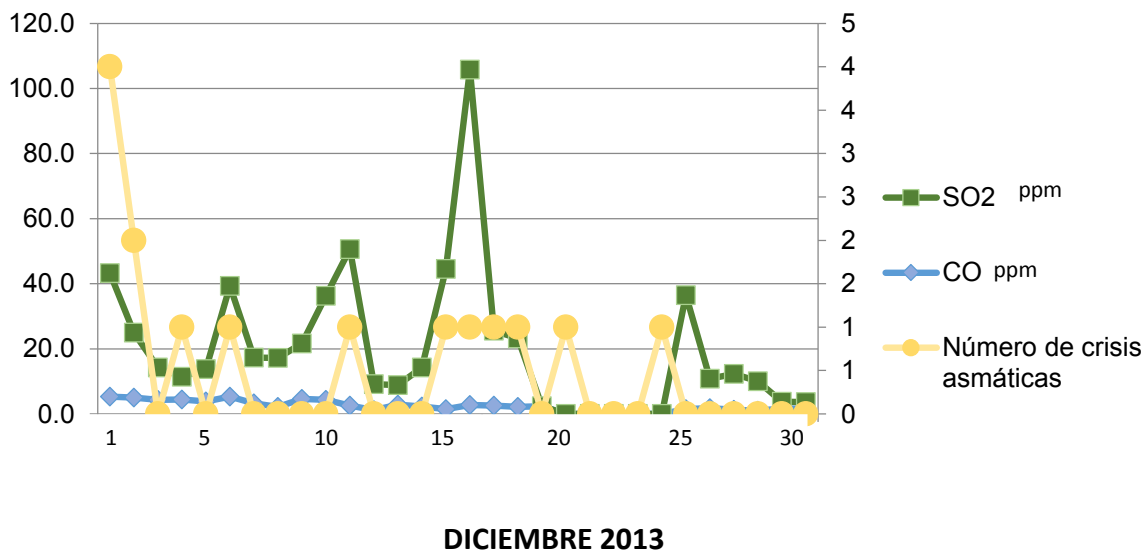
**Figura 112.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Noviembre de 2013. Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa



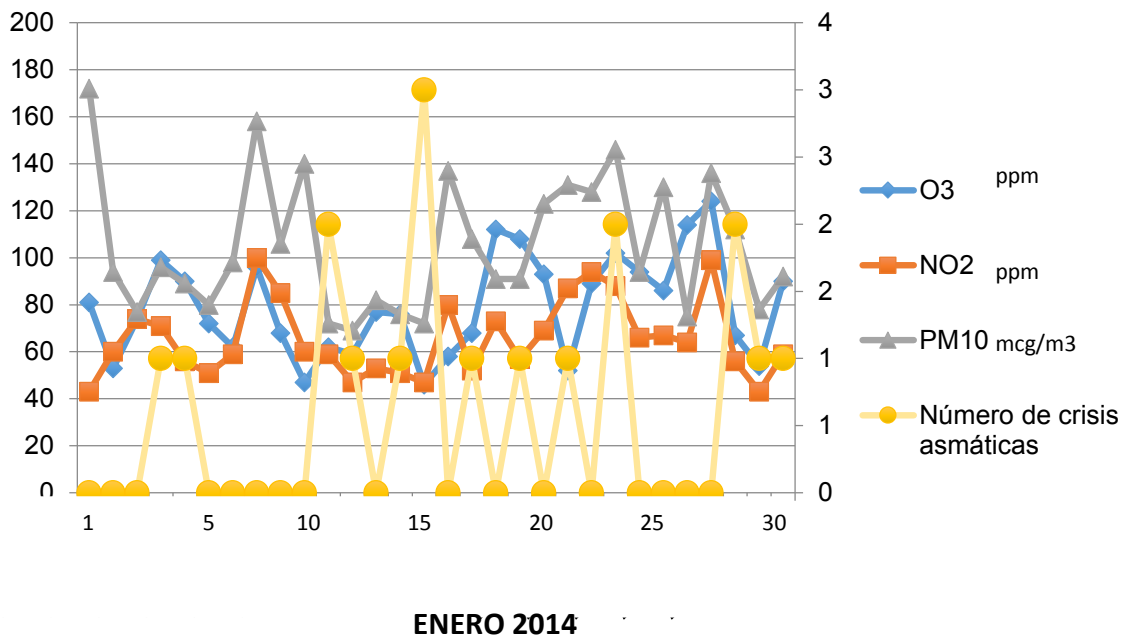
**Figura 113.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



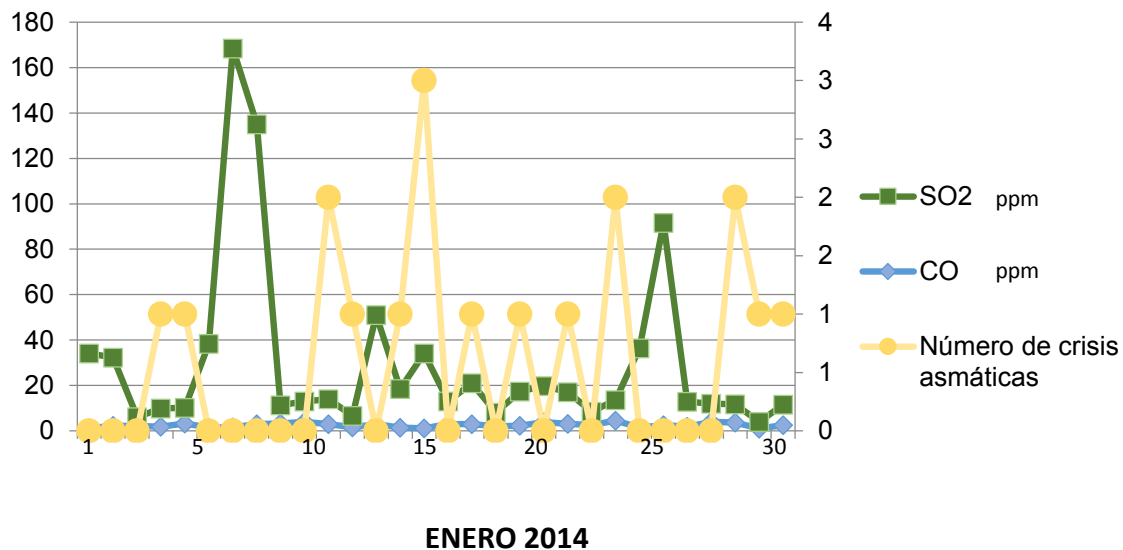
**Figura 114.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Diciembre de 2013 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



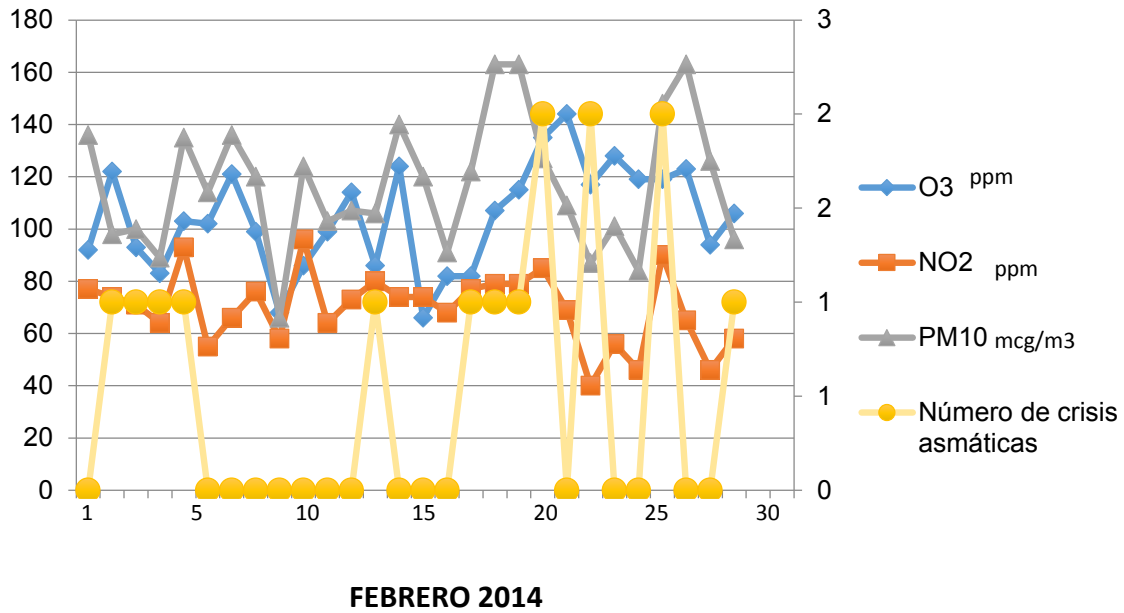
**Figura 115.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Enero de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa



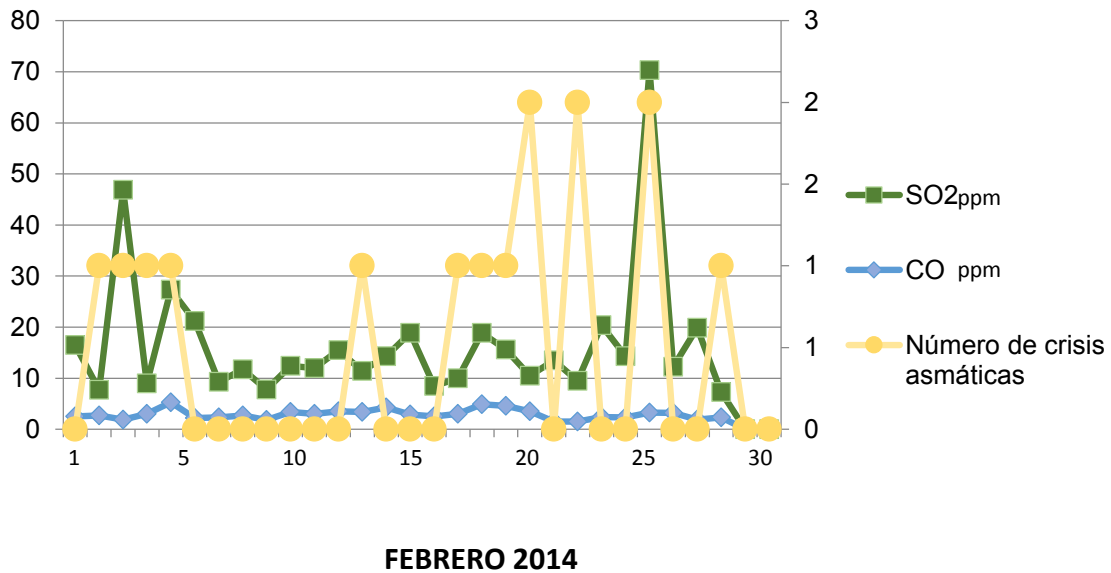
**Figura 116.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Enero de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



**Figura 117.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.

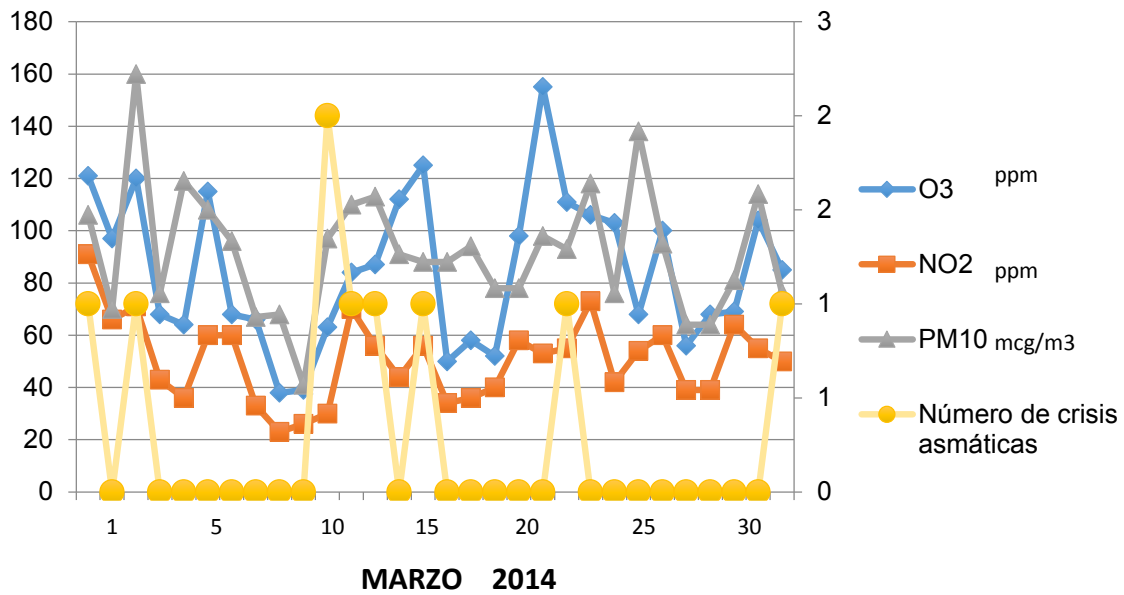


**Figura 118.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Febrero de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.

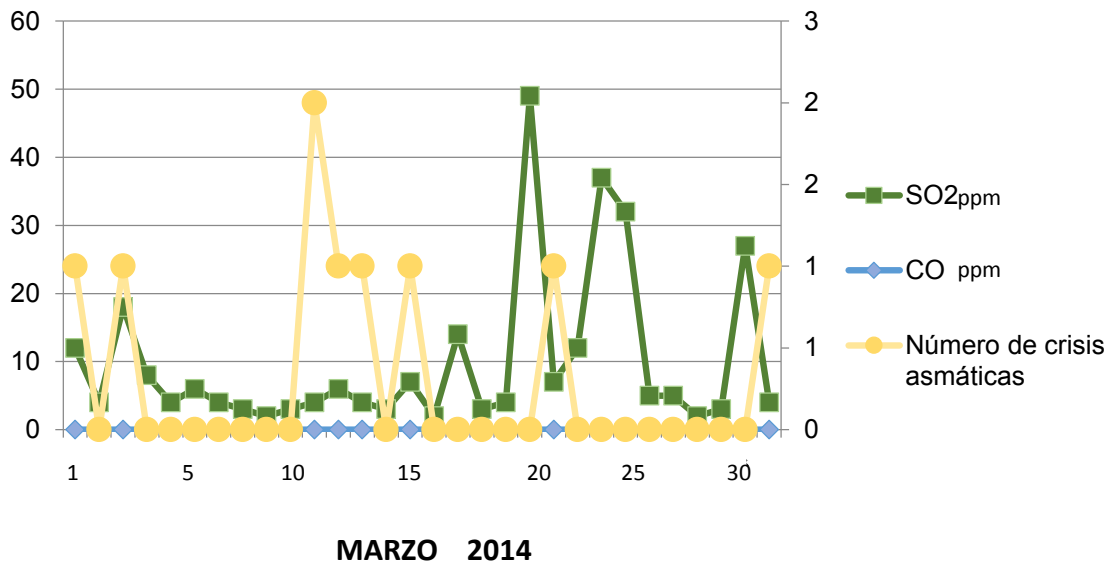




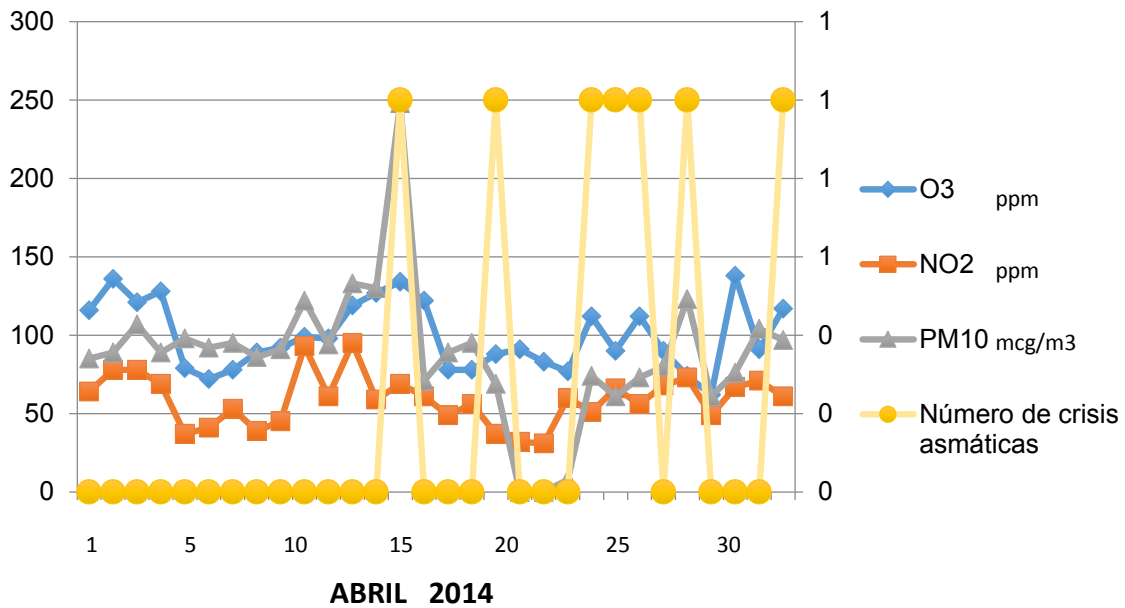
**Figura 119.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



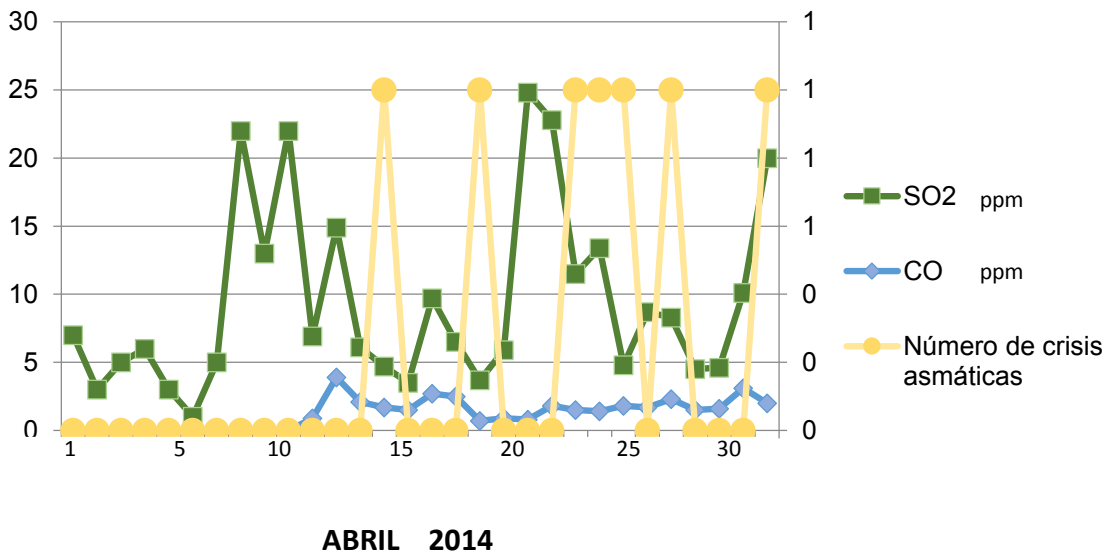
**Figura 120.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Marzo de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



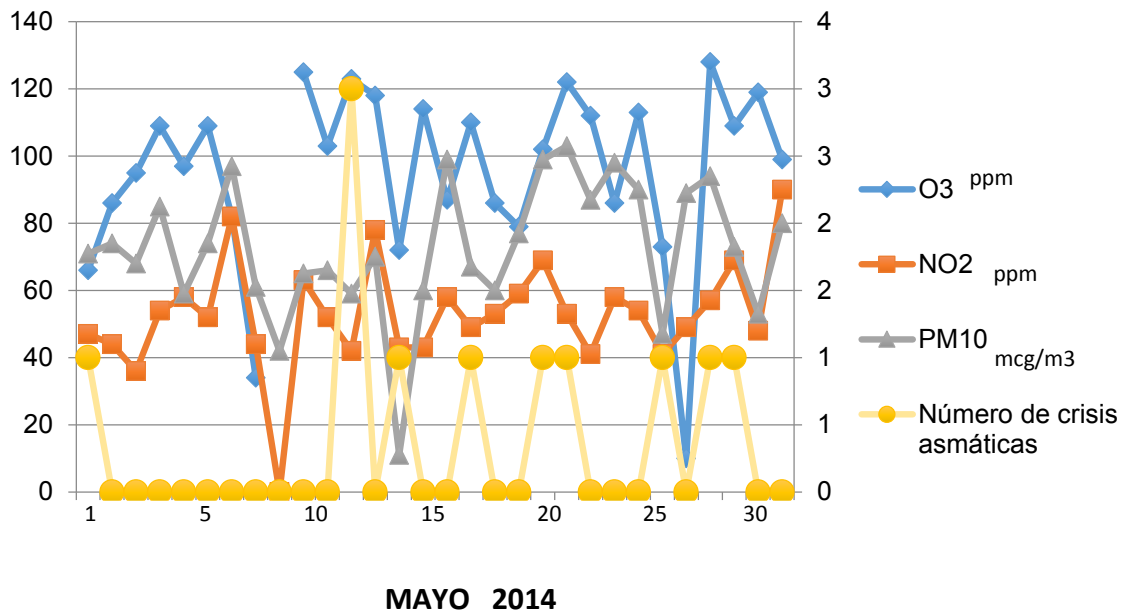
**Figura 121.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Abril de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



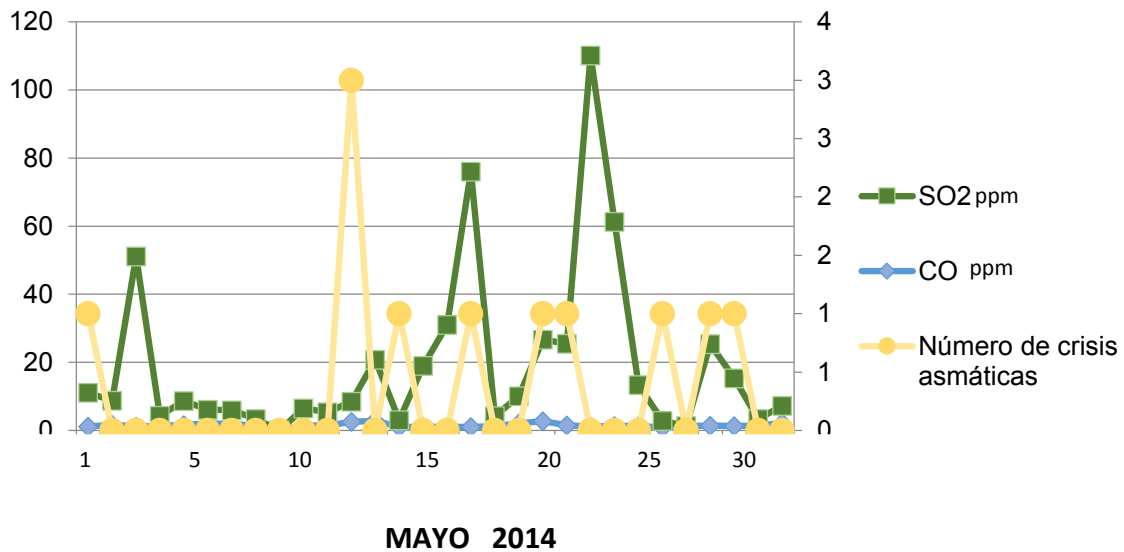
**Figura 122.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Abril de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



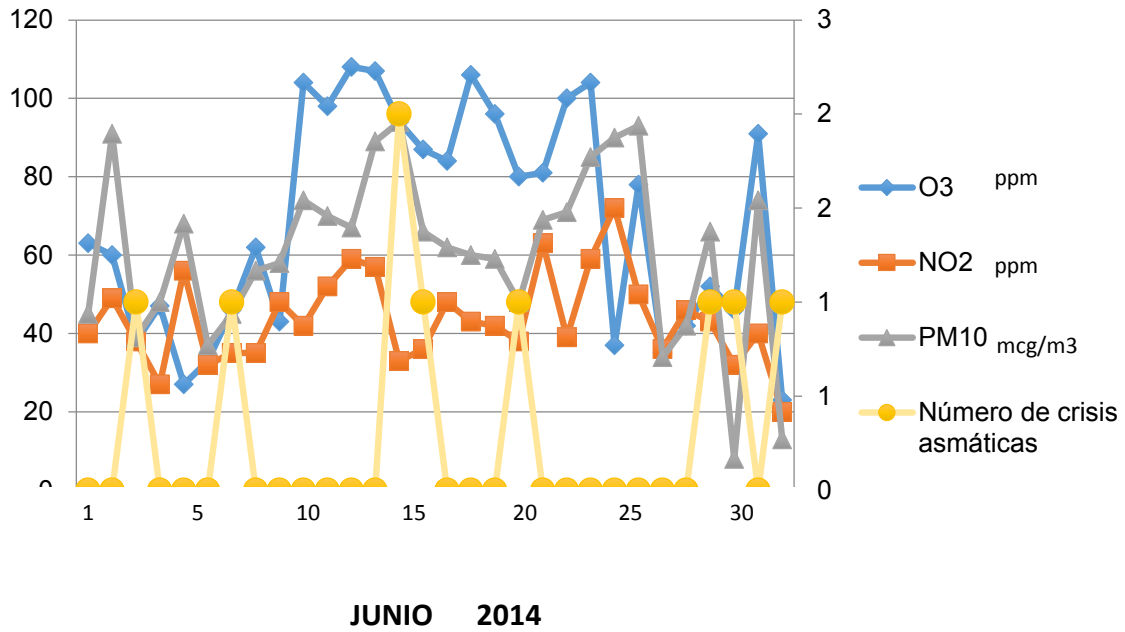
**Figura 123.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



**Figura 124.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Mayo de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



**Figura 125.** Concentraciones máximas diarias de O3, NO2 y PM10 y número de crisis en el mes de Junio de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.



**Figura 126.** Concentraciones máximas diarias de SO2 y CO y número de crisis en el mes de Junio de 2014 Centro de Monitoreo UAM Iztapalapa.

