

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL MUNICIPIO DE  
BARRANCABERMEJA**

**YESSICA ALEJANDRA HERNÁNDEZ SEPÚLVEDA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**INGENIERÍA AMBIENTAL**

**BUCARAMANGA**

**2014**

## **AGRADECIMIENTOS**

Durante este tiempo, buenos y malos momentos ayudaron a fortalecer mi carácter, me brindaron una perspectiva de la vida mucho más amplia y me han enseñado a ser más cautelosa pero sin dejar de ser auténtica. Al finalizar mis estudios de grado en la carrera de ingeniería ambiental, existen un grupo de personas a las que no puedo dejar de reconocer.

A Dios, porque sin las fuerzas que me brindaste, tal vez hubiera decaído muchas veces, gracias a ti, estoy aquí orgullosa de mí, de lo que he hecho y demostrándome lo que puedo llegar a hacer y hasta donde puedo llegar.

El presente informe no habría sido posible sin la influencia directa o indirecta de muchas personas a las que agradezco profundamente en la secretaría de medio ambiente de Barrancabermeja por su colaboración en la adquisición de los datos necesarios para la elaboración de este.

A todos los docentes de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga que compartieron sus conocimientos, dentro y fuera de clase, haciendo posible que la información profesional se resumiera en satisfacciones académicas e inquietudes insatisfechas.

A mis amigos y compañeros. A quienes trabajaron conmigo durante cinco cortos años poniendo lo mejor de su energía y empeño por el bien de nuestra formación profesional, a quienes compartieron su confianza, tiempo y los mejores momentos que viví durante esta etapa como estudiante de pregrado, dentro y fuera del campus; en especial a mis amigas con las que compartimos los momentos más felices y tristes, los más estudiosos y recocheros; todos estos desde el primer semestre de nuestra carrera universitaria.

Por último a mi familia y seres más queridos, en especial a mi mamá por estar pendiente de cada paso que doy, por esperar hasta tarde para dormir sin importar la hora hasta que terminara la labor que me encontrara realizando, en general, por su colaboración durante estos cinco años de carrera. Y a mi papá, por su disponibilidad de tiempo para estar ahí cuando lo necesitara.

## GLOSARIO

**Contaminación Atmosférica:** Es el fenómeno de acumulación o de concentración contaminantes en el aire.

**Contaminantes:** Fenómenos físicos o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas.

**Chimenea:** Sistema usado para evacuar gases calientes y humo de calderas, calentadores, estufas, hornos, a la atmósfera.

**Dirección del viento:** Es la dirección desde la cual sopla el viento, puede ser expresada en grados a partir del norte geográfico.

**Emisión:** Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.

**Estabilidad atmosférica:** El grado de estabilidad atmosférica se determina a partir de la diferencia de temperatura entre una porción de aire y el aire circundante. Este contraste puede causar el movimiento vertical de la porción (esto es, su elevación o caída).

**Fuente de emisión:** Actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.

**Fuente fija:** Fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

**Fuente móvil:** Es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

**Humedad relativa:** Tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la saturación de la presión del vapor. Usualmente se expresa en porcentajes.

**Inmisión:** Transferencia de contaminantes de la atmósfera a un “receptor”. Se entiende por inmisión a la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable a nivel de la troposfera.

**Nivel normal (Nivel I):** Es aquel en que la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración son tales, que no producen efectos nocivos, directos ni indirectos, en el medio ambiente o la salud humana.

**Nivel de prevención (Nivel II):** Es aquel que se presenta cuando las concentraciones de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, causan efectos adversos y manifiestos, aunque leves, en la salud humana o en el medio ambiente, tales como irritación de las mucosas, alergias, enfermedades leves de las vías respiratorias o efectos dañinos en las plantas, disminución de la visibilidad u otros efectos nocivos evidentes.

**Nivel de alerta (Nivel III):** Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su duración o tiempo de exposición, puede causar alteraciones manifiestas en el medio ambiente o la salud humana y en especial alteraciones de algunas funciones fisiológicas vitales, enfermedades crónicas en organismos vivos y reducción de la expectativa de vida en la población expuesta.

**Nivel de emergencia (IV):** Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición y duración, puede causar enfermedades agudas o graves u ocasionar la muerte de organismos vivos, y en especial de los seres humanos.

**NO<sub>2</sub> (Dióxido de Nitrógeno):** Gas de color pardo rojizo fuertemente tóxico cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas.

**Norma de calidad del aire o nivel de inmisión:** Es el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias o fenómenos contaminantes presentes en el aire, establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; hoy, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; con el fin de preservar la buena calidad del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana.

**O<sub>3</sub> (Ozono):** Gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los

hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar.

**PM10 (Material particulado menor a 10 micras):** Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales.

**Presión barométrica:** Es la fuerza que ejerce el peso del aire sobre la superficie de la tierra, gráficamente se puede ilustrar como la fuerza que ejerce el peso de una columna de aire sobre un área a una altitud determinada. En una región específica que se encuentra al nivel del mar, la columna de aire será mayor en comparación de una región localizada a mayor elevación.

**Precipitación:** Es cualquier forma de hidrometeoro que cae del cielo y llega la superficie terrestre. Esto incluye lluvia, llovizna, nieve, granizo; pero no la virga (hidrometeoro que cae de una nube más se evapora antes de alcanzar el suelo), ni neblina, ni rocío.

**Punto de rocío:** Es el valor al que debe descender la temperatura del aire para que el vapor de agua existente comience a condensarse.

**Radiación solar:** Es la cantidad de energía (insolación) que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diurna) o en un año (insolación anual).

**SO<sub>2</sub> (Dióxido de azufre):** Gas incoloro, no inflamable que posee un fuerte olor en altas concentraciones.

**Temperatura:** Es una magnitud física que expresa el grado o nivel del calor de los cuerpos o del medio que los rodea.

**Velocidad del viento:** Razón del movimiento del viento en unidad de distancia por unidad de tiempo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA</b> .....	<b>3</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES</b> .....	<b>5</b>
<b>4.1. Extracción de los datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire – RMCA</b> .....	<b>5</b>
<b>4.2. Realización del aforo o conteo vehicular</b> .....	<b>5</b>
<b>4.3. Inventario insumos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire</b> .....	<b>6</b>
<b>4.4. Otras actividades</b> .....	<b>6</b>
<b>5. Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – Secretaría de Medio Ambiente</b> .....	<b>10</b>
<b>5.1. Estaciones Fijas</b> .....	<b>11</b>
<b>5.1.1. Estación Aguas de Barrancabermeja</b> .....	<b>11</b>
<b>5.1.2. Estación Batallón Especial, Energético y Vial Número 7 (BAEEV 7)</b> .....	<b>12</b>
<b>5.1.3. Estación Club Infantas</b> .....	<b>12</b>
<b>5.2. Estación Móvil</b> .....	<b>13</b>
<b>6. ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....	<b>15</b>
<b>6.1. Material Particulado</b> .....	<b>18</b>
<b>6.1.1. Comportamiento anual de la concentración del material particulado menor a 10 micras – PM10 en el año 2011</b> .....	<b>18</b>
<b>6.1.2. Comportamiento anual de la concentración del material particulado menor a 10 micras – PM10 en el año 2012</b> .....	<b>21</b>

6.1.3.	Comportamiento de la concentración del material particulado menor a 10 micras – PM10 en el período de enero hasta mayo, en el año 2013 .....	<b>24</b>
6.1.4.	Comportamiento anual de la concentración del material particulado menor a 2.5 micras – PM2.5 en el año 2011 .....	<b>26</b>
6.1.5.	Comportamiento anual de la concentración del material particulado menor a 2.5 micras – PM2.5 en el año 2012 .....	<b>29</b>
6.1.6.	Comportamiento de la concentración del material particulado menor a 2.5 micras – PM2.5 en el período de enero hasta mayo, en el año 2013 .....	<b>32</b>
<b>6.2.</b>	<b>Gases Contaminantes .....</b>	<b>34</b>
6.2.1.	Comportamiento anual de la concentración del dióxido de azufre - SO <sub>2</sub> en el año 2011 .....	<b>34</b>
6.2.2.	Comportamiento anual de la concentración del dióxido de azufre - SO <sub>2</sub> en el año 2012 .....	<b>37</b>
6.2.3.	Comportamiento de la concentración del dióxido de azufre - SO <sub>2</sub> en el período de enero hasta mayo, en el año 2013 .....	<b>40</b>
6.2.4.	Comportamiento anual de la concentración del dióxido de nitrógeno - NO <sub>2</sub> en el año 2011 .....	<b>43</b>
6.2.5.	Comportamiento anual de la concentración del dióxido de nitrógeno - NO <sub>2</sub> en el año 2012 .....	<b>46</b>
6.2.6.	Comportamiento de la concentración del dióxido de nitrógeno - NO <sub>2</sub> en el período de enero hasta mayo, en el año 2013.....	<b>49</b>
6.2.7.	Comportamiento horario de la concentración del dióxido de nitrógeno – NO <sub>2</sub> en el año 2011 .....	<b>50</b>
6.2.8.	Comportamiento horario de la concentración del dióxido de nitrógeno – NO <sub>2</sub> en el año 2012 .....	<b>54</b>
6.2.9.	Comportamiento horario de la concentración del dióxido de nitrógeno – NO <sub>2</sub> en el año 2013 .....	<b>56</b>
6.2.10.	Comportamiento horario de la concentración de ozono – O <sub>3</sub> en el año 2011 .....	<b>60</b>
6.2.11.	Comportamiento horario de la concentración de ozono – O <sub>3</sub> en el año 2012 .....	<b>66</b>
6.2.12.	Comportamiento horario de la concentración de ozono – O <sub>3</sub> en el año 2013 .....	<b>70</b>

6.2.13.	Comportamiento horario de la concentración del monóxido de carbono – CO en el año 2011 .....	73
6.2.14.	Comportamiento horario de la concentración del monóxido de carbono – CO en el año 2012 .....	75
6.2.15.	Comportamiento horario de la concentración del monóxido de carbono – CO en el año 2013 .....	77
6.2.16.	Comportamiento de la concentración de sulfuro de hidrógeno – H <sub>2</sub> S en el año 2011 .....	79
6.2.17.	Comportamiento de la concentración de sulfuro de hidrógeno – H <sub>2</sub> S en el año 2012 .....	81
6.2.18.	Comportamiento de la concentración de sulfuro de hidrógeno – H <sub>2</sub> S en el período de enero hasta mayo, en el año 2013 .....	83

<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>85</b>
--	-----------

<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>87</b>
---------------------------	-----------

## **ANEXOS**



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Cronograma de trabajo en campo .....	<b>6</b>
<b>Tabla 2.</b> Horario de trabajo en campo .....	<b>6</b>
<b>Tabla 3.</b> Niveles de concentraciones máximos permisibles para contaminantes criterio .....	<b>15</b>
<b>Tabla 4.</b> Niveles de concentración para la determinación de estados de prevención, alerta y emergencia .....	<b>16</b>
<b>Tabla 5.</b> Umbrales para sustancias generadoras de olores ofensivos .....	<b>17</b>
<b>Tabla 6.</b> Promedio mensual de precipitaciones y velocidad del viento en la estación Aguas de Barrancabermeja en el año 2011 .....	<b>19</b>
<b>Tabla 7.</b> Promedio mensual de precipitaciones y velocidad del viento en la estación Aguas de Barrancabermeja en el año 2012 .....	<b>22</b>
<b>Tabla 8.</b> Promedio mensual de precipitaciones en las estaciones de monitoreo en el año 2013 .....	<b>25</b>
<b>Tabla 9.</b> Efectos en la salud humana por exposición a material particulado .....	<b>26</b>
<b>Tabla 10.</b> Efectos en la salud humana por exposición al SO <sub>2</sub> .....	<b>41</b>
<b>Tabla 11.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de NO <sub>2</sub> en el año 2011 .....	<b>50</b>
<b>Tabla 12.</b> Efectos en la salud humana por exposición al NO <sub>2</sub> .....	<b>53</b>
<b>Tabla 13.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de NO <sub>2</sub> en el año 2012 .....	<b>54</b>
<b>Tabla 14.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de NO <sub>2</sub> en el año 2013 .....	<b>56</b>

<b>Tabla 15.</b> Resultados promedio del aforo vehicular o fuentes móviles .....	<b>58</b>
<b>Tabla 16.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de O <sub>3</sub> en el año 2011.....	<b>61</b>
<b>Tabla 17.</b> Valores de radiación solar, fecha y hora máximos mensuales en el año 2011 .....	<b>62</b>
<b>Tabla 18.</b> Efectos en la salud humana por exposición al O <sub>3</sub> .....	<b>65</b>
<b>Tabla 19.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de O <sub>3</sub> en el año 2012 .....	<b>67</b>
<b>Tabla 20.</b> Valores de radiación solar, fecha y hora máximos mensuales en el año 2012 .....	<b>68</b>
<b>Tabla 21.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de O <sub>3</sub> en el año 2013 .....	<b>71</b>
<b>Tabla 22.</b> Valores de radiación solar, fecha y hora máximos mensuales en el año 2013 .....	<b>72</b>
<b>Tabla 23.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de CO en el año 2011 .....	<b>73</b>
<b>Tabla 24.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de CO en el año 2012 .....	<b>75</b>
<b>Tabla 25.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de CO en el año 2013 .....	<b>77</b>
<b>Tabla 26.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de H <sub>2</sub> S en el año 2011 .....	<b>80</b>
<b>Tabla 27.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de H <sub>2</sub> S en el año 2012 .....	<b>82</b>
<b>Tabla 28.</b> Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de H <sub>2</sub> S en el año 2013 .....	<b>84</b>

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

<b>Figura 1.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2011 en la estación Aguas de Barrancabermeja y valor máximo permisible .....	<b>18</b>
<b>Figura 2.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2011 en la estación BAEEV 7 y valor máximo permisible .....	<b>20</b>
<b>Figura 3.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2011 en la estación Club Infantas y valor máximo permisible .....	<b>20</b>
<b>Figura 4.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2012 en la estación Aguas de Barrancabermeja y valor máximo permisible .....	<b>21</b>
<b>Figura 5.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2012 en la estación BAEEV 7 y valor máximo permisible .....	<b>23</b>
<b>Figura 6.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2012 en la estación Club Infantas y valor máximo permisible .....	<b>23</b>
<b>Figura 7.</b> Comportamiento medio mensual de PM10 en el año 2013 en las estaciones de la red de monitoreo de Barrancabermeja .....	<b>24</b>
<b>Figura 8.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2011 en la estación Aguas de Barrancabermeja y valor máximo permisible .....	<b>27</b>
<b>Figura 9.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2011 en la estación BAEEV 7 .....	<b>27</b>
<b>Figura 10.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2011 en la estación Club Infantas y valor máximo permisible .....	<b>28</b>
<b>Figura 11.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2011 en la estación Móvil .....	<b>28</b>
<b>Figura 12.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2012 en la estación Aguas de Barrancabermeja y valor máximo permisible .....	<b>29</b>

<b>Figura 13.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM <sub>2.5</sub> en el año 2012 en la estación BAEEV 7 y valor máximo permisible .....	<b>30</b>
<b>Figura 14.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM <sub>2.5</sub> en el año 2012 en la estación Club Infantas y valor máximo permisible .....	<b>30</b>
<b>Figura 15.</b> Comportamiento medio mensual y anual del PM <sub>2.5</sub> en el año 2012 en la estación Móvil y valor máximo permisible .....	<b>31</b>
<b>Figura 16.</b> Comportamiento medio mensual del PM <sub>2.5</sub> en el año 2013 en las estaciones de la red de monitoreo de Barrancabermeja .....	<b>32</b>
<b>Figura 17.</b> Comportamiento medio mensual y anual del SO <sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Aguas de Barrancabermeja .....	<b>34</b>
<b>Figura 18.</b> Comportamiento medio mensual y anual del SO <sub>2</sub> en el año 2011 en la estación BAEEV 7 y valor máximo permisible .....	<b>35</b>
<b>Figura 19.</b> Comportamiento medio mensual y anual del SO <sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Club Infantas y valor máximo permisible .....	<b>35</b>
<b>Figura 20.</b> Comportamiento medio mensual y anual del SO <sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Móvil .....	<b>36</b>
<b>Figura 21.</b> Comportamiento medio mensual y anual del SO <sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Aguas de Barrancabermeja .....	<b>37</b>
<b>Figura 22.</b> Comportamiento medio mensual y anual del SO <sub>2</sub> en el año 2012 en la estación BAEEV 7 y valor máximo permisible .....	<b>38</b>
<b>Figura 23.</b> Comportamiento medio mensual y anual del SO <sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Club Infantas .....	<b>38</b>
<b>Figura 24.</b> Comportamiento medio mensual y anual del SO <sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Móvil .....	<b>39</b>
<b>Figura 25.</b> Comportamiento medio mensual del SO <sub>2</sub> en el año 2013 en las estaciones de la red de monitoreo de Barrancabermeja .....	<b>40</b>
<b>Figura 26.</b> Comportamiento medio mensual y anual del NO <sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Aguas de Barrancabermeja .....	<b>43</b>
<b>Figura 27.</b> Comportamiento medio mensual y anual del NO <sub>2</sub> en el año 2011 en la estación BAEEV 7 .....	<b>44</b>

<b>Figura 28.</b> Comportamiento medio mensual y anual del NO <sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Club Infantas .....	<b>44</b>
<b>Figura 29.</b> Comportamiento medio mensual y anual del NO <sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Móvil .....	<b>45</b>
<b>Figura 30.</b> Comportamiento medio mensual y anual del NO <sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Aguas de Barrancabermeja .....	<b>46</b>
<b>Figura 31.</b> Comportamiento medio mensual y anual del NO <sub>2</sub> en el año 2012 en la estación BAEEV 7 .....	<b>47</b>
<b>Figura 32.</b> Comportamiento medio mensual y anual del NO <sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Club Infantas .....	<b>47</b>
<b>Figura 33.</b> Comportamiento medio mensual y anual del NO <sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Móvil .....	<b>48</b>
<b>Figura 34.</b> Comportamiento medio mensual del NO <sub>2</sub> en el año 2013 .....	<b>49</b>
<b>Figura 35.</b> Comportamiento horario máximo mensual del NO <sub>2</sub> en el año 2011 ...	<b>50</b>
<b>Figura 36.</b> Comportamiento horario máximo mensual del NO <sub>2</sub> en el año 2012 ...	<b>54</b>
<b>Figura 37.</b> Comportamiento horario máximo mensual del NO <sub>2</sub> en el año 2013 ...	<b>56</b>
<b>Figura 38.</b> Distribución vehicular en Barrancabermeja .....	<b>59</b>
<b>Figura 39.</b> Comportamiento horario máximo mensual del O <sub>3</sub> en el año 2011 .....	<b>60</b>
<b>Figura 40.</b> Comportamiento horario máximo mensual del O <sub>3</sub> en el año 2012 .....	<b>66</b>
<b>Figura 41.</b> Comportamiento horario máximo mensual del O <sub>3</sub> en el año 2013 .....	<b>70</b>
<b>Figura 42.</b> Comportamiento horario máximo mensual del CO en el año 2011 ....	<b>73</b>
<b>Figura 43.</b> Comportamiento horario máximo mensual del CO en el año 2012 ....	<b>75</b>
<b>Figura 44.</b> Comportamiento horario máximo mensual del CO en el año 2013 ....	<b>77</b>
<b>Figura 45.</b> Comportamiento horario máximo mensual del H <sub>2</sub> S en el año 2011 ...	<b>79</b>
<b>Figura 46.</b> Comportamiento horario máximo mensual del H <sub>2</sub> S en el año 2012 ...	<b>81</b>
<b>Figura 47.</b> Comportamiento horario máximo mensual del H <sub>2</sub> S en el año 2013 ...	<b>83</b>

## LISTA DE IMÁGENES

	<b>Pág.</b>
<b>Imagen 1.</b> Ubicación de las estaciones RMCA .....	<b>10</b>
<b>Imagen 2.</b> Estación Aguas de Barrancabermeja .....	<b>11</b>
<b>Imagen 3.</b> Estación Batallón Especial, Energético, y Vial Número 7 (BAEEV 7) .....	<b>12</b>
<b>Imagen 4.</b> Estación Club Infantas .....	<b>13</b>
<b>Imagen 5.</b> Estación Móvil .....	<b>14</b>
<b>Imagen 6.</b> Interior de las estaciones .....	<b>14</b>
<b>Imagen 7.</b> Evolución de la calidad del diésel en Colombia .....	<b>41</b>

## **RESUMEN**

**TITULO:** Análisis de la calidad del aire en el municipio de Barrancabermeja.

**AUTOR(ES):** Yessica A. Hernández S.

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR(A):** Ph.D. Kento Taro Magara

Con el objetivo principal de realizar un análisis de las concentraciones de contaminantes PM10, PM2.5, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO y H<sub>2</sub>S durante los años 2011, 2012 y en el período de enero hasta mayo de 2013, en relación con ciertos factores meteorológicos en Barrancabermeja - Santander, se realizó una revisión del material bibliográfico suministrado por los funcionarios encargados de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire - RMCAB, investigación en trabajos de grado, revisión de bases de datos y demás información encontrada en diferentes páginas de internet; para conocer la ubicación de las estaciones, equipos de monitoreo y contaminantes monitoreados. Como resultado del aforo vehicular el porcentaje del parque automotor obtenido fue de un 49% de motos existentes en la ciudad, 23% de tráfico pesado, 16% de autos, 9% de taxis y un 3% de busetas. En cuanto al análisis de los contaminantes atmosféricos, los gases que superaron los niveles máximos permisibles exigidos por la Resolución 610 de 2010 fueron el PM10, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y el H<sub>2</sub>S.

### **PALABRAS CLAVES:**

Aire, Análisis, Calidad, Concentraciones, Contaminantes, Meteorología, Monitoreo, Red.

**V° B° DIRECTOR DE PRÁCTICA EMPRESARIAL**

## **SUMMARY**

**TITLE:** Analysis of air quality in the municipality of Barrancabermeja.

**AUTHOR(S):** Yessica A. Hernández S.

**FACULTY:** Faculty of Environmental Engineering

**DIRECTOR:** Ph.D. Kento Taro Magara

With the main objective of an analysis of the concentrations of pollutants PM10, PM2.5, SO2, NO2, O3, CO and H2S during the years 2011, 2012 and the period from January to May 2013, in relation to certain factors weather in Barrancabermeja – Santander, was performed a review of the bibliographic material supplied by officers of the Network of Air Quality Monitoring, was conducted research level jobs, review of databases and other information found on different web sites; this for the location of the stations, monitoring equipment and pollutants monitored. As a result the percentage of vehicle capacity of the fleet was obtained from 49% of existing bikes in the city, 23% of heavy traffic, 16% of cars, taxis 9% and 3% of vans. For analysis of air pollutants generally gases exceeded the maximum permissible levels required by Resolution 610 of 2010 were PM10, NO2, O3 and H2S.

### **KEYWORDS:**

Air, Analysis, Quality, Concentrations, Pollutants, Meteorology, Monitoring, Network

**V° B° DIRECTOR OF PRACTICES**



## 1. INTRODUCCIÓN

Hablar de la calidad del aire, es hablar de salud y confort ambiental; durante las últimas dos décadas, el desarrollo industrial de los diferentes centros urbanos y el acelerado ritmo de crecimiento, han generado la necesidad de realizar diferentes estudios, análisis e investigaciones que permitan conocer las propiedades de la atmósfera y los efectos adversos de los contaminantes presentes en ella, para poder determinar e implementar los respectivos controles que disminuyan o eliminen los impactos sobre el ambiente y la salud humana. Colombia ha demostrado cierta preocupación por conocer y controlar la calidad del aire, hecho evidente en las diferentes estrategias que ha adoptado el Gobierno Nacional como la reglamentación de la Ley 99 de 1993 por la cual se creó el Ministerio del Medio Ambiente, reordenando de esta manera el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y organizando el Sistema Nacional Ambiental. En el marco de dicho ordenamiento, el país ha establecido un tratamiento especial para los municipios, distritos o áreas metropolitanas.

No ajeno al compromiso de velar por la salud de sus pobladores, la administración municipal de Barrancabermeja, con el propósito de conocer e identificar el estado de la calidad del aire que respira sus habitantes, desde el año 2011 ha utilizado como herramienta evaluadora una sofisticada red de monitores de calidad del aire, adquirida por la secretaría de medio ambiente, herramienta que permite recolectar información sobre la concentración de contaminantes de origen antropogénicas y natural y el comportamiento de los factores meteorológicos que regulan el transporte de estos en la atmósfera. Los datos recolectados en distintos puntos de la ciudad se someten a un proceso de análisis con el fin de evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad de aire en el municipio dados por la Resolución 610 de 2010 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

Las estaciones se encuentran generalmente ubicadas en sitios estratégicos de la ciudad, en las cuales se registran concentraciones de material particulado (PM10 y PM2.5), de gases contaminantes (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>) y se miden parámetros meteorológicos como las precipitaciones, vientos, temperatura, radiación solar y humedad relativa. El presente informe, utiliza la información arrojada por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire – RMCAB para realizar el análisis del comportamiento de los contaminantes anteriormente nombrados en relación con algunos registros de los factores meteorológicos del municipio.<sup>1</sup>

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar el estado de la calidad del aire del municipio de Barrancabermeja reportada por la red de monitoreo de Calidad del Aire – RMCAB, que se encuentra en la secretaría de medio ambiente SMAB.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar un inventario de vehículos en las zonas cercanas a las 4 estaciones de monitoreo del municipio de Barrancabermeja.

Evaluar concentraciones de contaminantes atmosféricos tales como: PM10, PM2.5, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>S.

Comparar la información obtenida por las estaciones de monitoreo con la Resolución 610 de 2010 por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

### **3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

#### **3.1. Misión**

La secretaría de medio ambiente de Barrancabermeja tiene por misión velar por la preservación del medio ambiente y de los recursos naturales del municipio e impulsar una relación de respeto y armonía del hombre con la naturaleza, incentivando la recuperación, conservación, protección, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, a fin de asegurar el desarrollo sostenible.<sup>2</sup>

#### **3.2. Funciones:**

Diseñar y coordinar las diferentes políticas, programas, proyectos y actividades que en materia ambiental, beneficien al municipio de Barrancabermeja y mejoren la calidad de vida de su población.

- a. Cumplir a cabalidad las disposiciones legales y las normas necesarias para el control, conservación y defensa del Medio Ambiente, así, como del patrimonio ecológico de Barrancabermeja.
- b. Promover en la Administración Municipal la adopción de planes, programas y proyectos de desarrollo ambiental y de los recursos naturales renovables.
- c. Participar por delegación expresa del señor Alcalde Municipal, en la elaboración de planes, programas, proyectos de desarrollo ambiental y de recursos naturales renovables a nivel regional, departamental y nacional.
- d. Coordinar con la Secretaría de Infraestructura, la evaluación de los impactos ambientales que se generan en la ejecución de las obras, realizando los planes de manejo necesarios para eliminarlos y/o mitigarlos.
- e. Controlar las prácticas y procedimientos necesarios para el manejo y disposición de los residuos tóxicos o peligrosos, originados en las instituciones prestadoras de salud en el municipio de Barrancabermeja.
- f. Coordinar y dirigir, con asesoría de la Corporación Autónoma Regional de Santander-CAS, la movilización, procesamiento, uso, aprovechamiento y comercialización de los recursos naturales renovables. De igual manera, se vigilarán las actividades contaminantes y degradantes que atenten contra el agua, aire o suelo.
- g. Promover acciones y/o actividades propias a la veeduría y vigilancia interinstitucional de los planes, programas o proyectos de las entidades nacionales, departamentales y municipales, encargados de velar por la

preservación de los recursos naturales renovables del municipio de Barrancabermeja.

- h.** Adelantar programas de investigación en materia de tecnologías y procesos ambientales, así como programas de adecuación en prevención de factores de riesgo ambiental.
- i.** Coordinar las acciones, planes y programas de la Administración Municipal, destinados a prevenir la violación de las normas vigentes en materia de recursos naturales y ambientales, lo mismo que promover ante el funcionario competente las acciones a que haya lugar ante su violación.
- j.** Asesorar el funcionamiento de las comisiones ambientales locales de Barrancabermeja, promoviendo la participación de las Juntas Administradoras Locales, Juntas de Acción Comunal, grupos ecológicos, organizaciones gubernamentales ambientales, grupos juveniles y organizaciones sociales.
- k.** Planificar y dirigir la ejecución de obras o acciones, encaminadas a solucionar problemas de carácter ambiental que de manera especial y específica beneficien a la comunidad urbana o rural del Municipio de Barrancabermeja.
- l.** Coordinar acciones interinstitucionales encaminadas a desarrollar programas específicos para el manejo integral de las ciénagas Juan Esteban, San Silvestre, Miramar y su cuenca hidrográfica y demás espejos de agua existentes en la jurisdicción municipal, para la protección, recuperación o mitigación de impacto a los recursos naturales renovables que se ejecuten.
- m.** Promover y ejecutar en coordinación con los entes rectores, con los organismos ejecutores del Sistema Nacional de Adecuación de Tierras, con la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS y CORMAGDALENA, los trabajos y/o proyectos de irrigación, drenajes, recuperación de tierras y defensa contra las inundaciones.
- n.** Adelantar campañas de educación ambiental a la comunidad local, referentes a recursos naturales, medio ambiente e importancia de su preservación, mejoramiento y manejo.
- o.** Evaluar el desempeño de los funcionarios adscritos al despacho y ejercer la función disciplinaria que, como superior inmediato le corresponde.
- p.** Ejercer el autocontrol de las funciones asignadas, buscando la calidad en la prestación del servicio.
- q.** Ejercer las demás funciones asignadas por el superior inmediato, de acuerdo con el nivel, naturaleza, profesionalismo y desempeño que requiere el cargo.<sup>2</sup>

## **4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES**

### **4.1. Extracción de los datos de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire – RMCA**

A partir del 15 de mayo, se empezó la extracción de los datos máximos, mínimos y promedios mensual de los contaminantes PM10, PM2.5, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y de los factores meteorológicos arrojados por las cuatros estaciones que componen la red de monitoreo (Aguas de Barrancabermeja, BAEEV 7, Club Infantas y Móvil), a partir del año 2011 hasta mayo del 2013; ya que después de esta fecha la red ha dejado de funcionar a causa de falta de recursos para la adquisición de nuevos insumos.

Por lo tanto los análisis de resultados se realizarán para determinar una línea base de la calidad del aire en el municipio de Barrancabermeja, y aportar como parte del desarrollo del proyecto municipal Plan Maestro de la Calidad del Aire.

### **4.2. Realización del aforo o conteo vehicular**

El aforo vehicular se realizó en 12 puntos críticos de la ciudad, caracterizados por ser zonas de alto tránsito de transporte pesado pues es vía principal para zonas de tipo industrial; y puntos de alto flujo vehicular por ser paso obligado para llegar a algunos barrios u oficinas.

La metodología utilizada para el desarrollo de la actividad del aforo vehicular fue: tres veces a la semana por punto, teniendo en cuenta un día de la semana en la jornada de la mañana en 2 horarios distintos de 7 a 9 a.m. ya que es la hora pico y de 9 a 11 a.m. como horario residual; otro día en la jornada de la tarde se realizó de 3 a 5 p.m. tomándolo como horario residual y de 5 a 7 p.m. como hora pico; y por último un sábado o domingo de 8 a 10 a.m. y de 10 a 12 m., o de 2 a 4 y de 4 a 6 p.m., dependiendo de la disponibilidad del equipo de trabajo.

Para el aforo se tuvo en cuenta el conteo de vehículos como autos, taxis, motos, buses, busetas, camiones de 2 ejes grandes y pequeños, y camiones de 3, 4, 5, y 6 ejes; para cada punto durante 15 minutos.

**Tabla 1.** Cronograma de trabajo en campo.

ID	UBICACIÓN	ABRIL										MAYO										
		L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Obras Públicas																					
2	Zona Rosa Boston																					
3	Primero de mayo (Calle 52, Cra 35)																					
4	Floresta																					
5	USO Antigua																					
6	Telecom (Calle 49 Cra 10)																					
7	Avenida 36 - Villa Olímpica																					
8	Refinería (Puerta 25 de Agosto)																					
9	Avenida Ferrocarril - Cra 29 (Helos)																					
10	Zona Rosa Central (Calle 50 Cra 19)																					
11	Cra 28 - Calle 50 (Kokorollo)																					
12	Reten (entrando)																					

**Tabla 2.** Horario de trabajo en campo.

HORARIO	
	Simulacro (10 AM)
	7 a 9 AM y 9 a 11 AM
	3 a 5 PM y 5 a 7 PM
	8 A 10 AM y 10 A 12 M
	2 a 4 PM y 4 a 6 PM

#### 4.3. Inventario insumos de la red de monitoreo de la calidad del aire

Se realizó el inventario de los nuevos insumos y repuestos de la red de monitoreo de la calidad del aire adquiridos, para tener un registro documental y fotográfico de estos y así poder iniciar de nuevo el funcionamiento de la red de monitoreo.

#### 4.4. Otras actividades

**4.4.1.** Atención y acompañamiento como funcionaria de la SMAB, a la jornada de capacitación de manejo de fauna realizada por la contratista Biótica, en la comunidad Vereda la Unión, con el fin de concientizar a la

comunidad de influencia directa de la construcción del puerto; sobre las acciones, cuidado y manejo de la fauna que viene realizando la empresa Impala; esto para dar cumplimiento a los acuerdos y leyes municipales.

- 4.4.2.** Atención y acompañamiento como funcionaria de la SMAB, a la invitación realizada por CORMAGDALENA a la reunión de socialización y presentación del Plan de Manejo Ambiental, previo al inicio de las actividades para la ejecución de los trabajos de mantenimiento del canal navegable del Río Magdalena en el sector comprendido entre Puerto Salgar-Barrancabermeja, en el cual se proyecta realizar dragados de mantenimiento en diferentes sectores del trayecto con el propósito de mejorar las condiciones de navegabilidad. Se socializó dentro del Plan de Manejo; el fin para el cual se realiza el dragado del proyecto, los sitios a dragar, dónde se deposita el material dragado, volumen a dragar, equipos de dragado a utilizar, capacitación del personal, señalización, manejo ambiental y programa de gestión social.
- 4.4.3.** Implementación de la Gestión para Resultados de desarrollo (GpRD) creado por el BID dentro de la secretaría con el fin de evaluar los esfuerzos que la secretaría hace para lograr que su gestión produzca los resultados que los ciudadanos esperan.
- 4.4.4.** Participación en la Jornada de reciclaje de desechos eléctricos y electrónicos promovida por la CAS y la Secretaria de Medio Ambiente.
- 4.4.5.** Asistencia y acompañamiento como funcionaria de la SMAB, a la invitación realizada por ISAGEN a la reunión informativa acerca del inicio del proceso para la formulación, adopción, y posterior implementación del Plan de Ordenamiento Pesquero del bajo río Sogamoso (POP), en cumplimiento de la Licencia Ambiental y del Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. En este se socializó dentro del Plan de Manejo; la información oficial sobre el inicio del Plan de Ordenamiento Pesquero del bajo río Sogamoso (POP), sus alcances, entidades que intervienen en el mismo, entre otros aspectos; en la cual contó con la participación de las entidades con competencia en el tema como ANLA, CAS, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), entre otros y los líderes de las asociaciones de pescadores del bajo río Sogamoso.

- 4.4.6.** Atención y asistencia como funcionaria de la SMAB, a la invitación realizada por la CAS a la audiencia pública para discutir la construcción e implementación del nuevo relleno sanitario “ACHINCAYA”, en la cual participaron como expositores la CAS, el secretario de medio ambiente, la empresa constructora y los habitantes del municipio. La audiencia se hizo después de haberse aprobado la licencia ambiental por lo que se presentó inconformidad, además de que se encontraron fallas de tipo normativo y ambiental. Hicieron asistencia entidades como la procuraduría de medio ambiente y la defensoría del pueblo.
- 4.4.7.** Participación en el proyecto de educación ambiental como capacitadora de diferentes temas a niños de tercer y cuarto grado en el colegio “26 de marzo”. Los temas expuestos fueron el agua; en donde se explicó el cuidado y razonamiento del agua, y el comparendo ambiental en el cual se dio a conocer la ley 1259 del 2008 por la cual se rige el comparendo, teniendo en cuenta las actividades por las cuales se incumple la ley, modos de denuncia, entidades pertinentes y las sanciones que se otorgan
- 4.4.8.** Capacitación al grupo Juvenil denominado “AMIGOS DE LA NATURALEZA”, conformado por estudiantes de los grados de 10 y 11 de la institución educativa “EL CASTILLO”, acerca del adecuado Tratamiento, Disposición y Manejo de los Residuos Sólidos y estrategias de aprovechamiento de algunos residuos como Reciclaje y Compostaje atendiendo a la solicitud realizada por la policía ambiental.
- 4.4.9.** Socialización del comparendo ambiental como funcionaria de la SMAB en los barrios alrededores del Cano “Las Camelias” y en la vereda “Pueblo Regao” del corregimiento de El Centro; con el objetivo de crear conciencia de cultura ciudadana en la comunidad, ya que se está realizando la limpieza del Cano “Las Camelias”.
- 4.4.10.** Asistencia a la capacitación de los sonómetros pulsar modelo 33 clase 2 y sonómetro svantek modelo 977 clase 1, adquiridos recientemente por la SMAB y realizada por la empresa Sanambiente.
- 4.4.11.** Atención como funcionaria de la SMAB a un derecho de petición realizado por el señor Armando Moreno, para la poda de un árbol de Bambú el cual se encuentra inclinado y con peligro de derrumbe hacia



las viviendas cercanas, por lo que se respondió que la petición es viable y se envía informe a las CAS para que ellos determinen la decisión final.

- 4.4.12.** Atención y visita como funcionaria de la SMAB, al Barrio Los Pinos como atención a un oficio enviado, para la tala de un árbol de almendro ya que las raíces de este podrían estar dañando el piso de la vivienda, por lo que se respondió que la petición es viable ya que las raíces del almendro efectivamente están levantando el piso de la casa y se envía informe a las CAS para que ellos determinen la decisión final.
  
- 4.4.13.** Gestión y organización del ciclo de conferencias en el marco del día mundial del medio ambiente, que ofreció la secretaría de medio ambiente a la comunidad del municipio; donde el 3, 4, 5, 9 y 10 de junio se tocarán temas referentes al Mantenimiento y estado actual de la ciénaga Juan esteban, Indicadores toxicológicos de la Ciénaga Miramar, Reforestación y Plan de Ordenamiento paisajístico, Plan Maestro de la calidad de aire PMCA y Nuevos Contaminantes.
  
- 4.4.14.** Participación en la jornada de limpieza del parque de la constitución donde hicieron presencia entidades como la secretaría de medio ambiente, la defensa civil y el convenio Red Conservar el cual es el encargado de la limpieza de los parques; y se hizo la jornada de concientización especialmente a los vendedores ambulantes presentes en la zona.

## 5. RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE BARRANCABERMEJA – SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE

En Barrancabermeja existen cuatro estaciones que continuamente están monitoreando la calidad del aire. Tres de ellas son fijas y se ubican en la planta de tratamiento de Aguas de Barrancabermeja, en el Club Infantas y en el Batallón Especial, Energético y Vial número 7 (BAEEV 7).

Una de las estaciones es móvil y está en Paloka, en la comuna Siete.

Estas estaciones permitirán medir la calidad del aire del Municipio de Barrancabermeja, y tomar medidas de control como autoridad ambiental en un tiempo oportuno cuando algún evento se presente.

También permitirá evaluar el nivel de contaminación al cual está expuesta la población y todo el territorio de interés de la entidad.

Cabe resaltar que estas estaciones son estaciones de inmisión, por lo que se mide la cantidad total de contaminantes del aire presentes en la atmósfera; admitido, aspirado, absorbido o ingerido por parte del receptor.

**Imagen 1.** Ubicación de las estaciones RMCA.



**Fuente.** <http://www.vanguardia.com/santander/barrancabermeja/168957-el-polvo-principal-fuente-de-contaminacion-del-aire-en-barrancaberm>.

Cada estación está compuesta por monitores que permiten medir:

SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, hidrocarburos, material particulado; y sensores meteorológicos entre ellos: dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, radiación solar, presión barométrica y pluviometría.<sup>3</sup>

## 5.1. ESTACIONES FIJAS

### 5.1.1. Estación Aguas de Barrancabermeja

Ubicada estratégicamente en la comuna 6 en el nororiente de la ciudad, al margen de la vía carretera nacional, la cual presenta mal estado de las vías en algunos tramos de la carretera (agrietamientos y ausencia de asfalto, en muchos sectores solo existe arena y otros materiales cubriendo la malla vial). Esta también constituye el principal acceso de transporte pesado (proveniente del Norte y el oriente colombiano) hacia la zona industrial del municipio, lo que afecta el estado de la carretera.<sup>1</sup>

**Imagen 2.** Estación Aguas de Barrancabermeja



**Fuente.** SANAMBIENTE. Red de monitoreo de calidad del aire Barrancabermeja  
Secretaría de medio ambiente.

### 5.1.2. Estación Batallón Especial, Energético y Vial número 7 (BAEEV 7)

Ubicado en este punto, por la cercanía a la Puerta Norte o entrada principal del complejo petrolero ECOPETROL S.A.; pues es una zona de carácter especial, ya que además de que pasan gran cantidad de vehículos pesados con destino final a la refinería, también se encuentra cercana a la llama de la empresa en la cual se queman algunos residuos de gases contaminantes.

**Imagen 3.** Estación Batallón Especial, Energético y Vial número 7 (BAEEV 7).



**Fuente.** SANAMBIENTE. Red de monitoreo de calidad del aire Barrancabermeja Secretaría de medio ambiente.

### 5.1.3. Estación Club Infantas

El Club Infantas se encuentra construido a un lado de la Ciénaga Miramar en el centro occidente de la ciudad, por esto se eligió como punto para ubicar una de las estaciones y la razón por la cual es la única estación que mide sulfuro de hidrógeno, pues por su alta contaminación y alto material en descomposición se sienten malos olores cuando se transita por las cercanías de este.

**Imagen 4.** Estación Club Infantas.



**Fuente.** SANAMBIENTE. Red de monitoreo de calidad del aire Barrancabermeja  
Secretaría de medio ambiente.

## **5.2. ESTACIÓN MÓVIL**

Se encuentra en el suroriente de la ciudad, en la comuna 7 en el Centro Cultural horizontes Ciudadela Educativa; construcción de 2500 metros cuadrados, que consta de oficinas, ludoteca, salón de informática, auditorio múltiple, entre otros. Este fue un proyecto de gran inversión tanto internacional como nacional, por lo que se decidió complementar la ciudadela educativa con la ubicación de la estación móvil en este lugar. Cabe resaltar, que esta es la única estación que no mide PM10 ya que en la comuna 7 donde se encuentra ubicada la estación, no hay frecuencia de tráfico pesado el cual es el principal generador del material particulado PM10.<sup>1</sup>

**Imagen 5.** Estación Móvil.



**Fuente.** SANAMBIENTE. Red de monitoreo de calidad del aire Barrancabermeja  
Secretaría de medio ambiente.

**Imagen 6.** Interior de las estaciones.



**Fuente.** SANAMBIENTE. Red de monitoreo de calidad del aire Barrancabermeja  
Secretaría de medio ambiente.

## 6. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para el desarrollo de los análisis se tuvo en cuenta la Resolución 610 de 2010, en el sentido de identificar los períodos de reglamentación, es decir, para la norma de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y SO<sub>2</sub> se realizaron análisis de manera anual, para el NO<sub>2</sub> la anual y horaria y para el O<sub>3</sub> y el CO solo horaria.

Los resultados de los análisis se presentan en forma gráfica mediante diagramas de barras donde se resumen los promedios mensuales, anuales, máximos mensuales y máximos permisibles en cada estación, según sea el contaminante; para un período de tiempo desde enero del 2011 hasta mayo del 2013.

Para la presentación de los resultados de concentraciones promedios anual y mensual, las gráficas de barras resumen los valores promedios para cada mes del año en cada una de las diferentes estaciones. Esto tiene como fin observar los cambios de concentraciones promedio a través del tiempo y entender el comportamiento de cada contaminante de acuerdo a la estación que se esté analizando, comparándolo con la norma anual, para aquellos contaminantes que están reglamentados por este período de tiempo. Para los contaminantes reglamentados de manera horaria, se tomó la concentración máxima horaria mensual en cada una de las estaciones, para determinar si este valor sobrepasa la norma horaria de cada contaminante.

El promedio se calcula según normatividad nacional.

**Tabla 3.** Niveles de concentraciones máximos permisibles para contaminantes criterio.

Contaminante	Nivel Máximo Permissible (µg/m <sup>3</sup> )	Tiempo de Exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM <sub>10</sub>	50	Anual
	100	24 horas
PM <sub>2.5</sub>	25	Anual
	50	24 horas

SO <sub>2</sub>	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO <sub>2</sub>	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
O <sub>3</sub>	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10000	8 horas
	40000	1 hora

**Fuente:** Resolución 610 de 2010.

**Tabla 4.** Niveles de concentración para la determinación de estados de prevención, alerta y emergencia.

Contaminante	Tiempo de Exposición	Estados Excepcionales		
		Prevención (µg/m <sup>3</sup> )	Alerta (µg/m <sup>3</sup> )	Emergencia (µg/m <sup>3</sup> )
PST	24 horas	375	625	875
PM <sub>10</sub>	24 horas	300	400	500
SO <sub>2</sub>	24 horas	500	1.000	1.600
NO <sub>2</sub>	1 hora	400	800	2.000
O <sub>3</sub>	1 hora	350	700	1.000
CO	8 horas	17.000	34.000	46.000

**Fuente:** Resolución 610 de 2010



**Tabla 5.** Umbrales para sustancias generadoras de olores ofensivos.

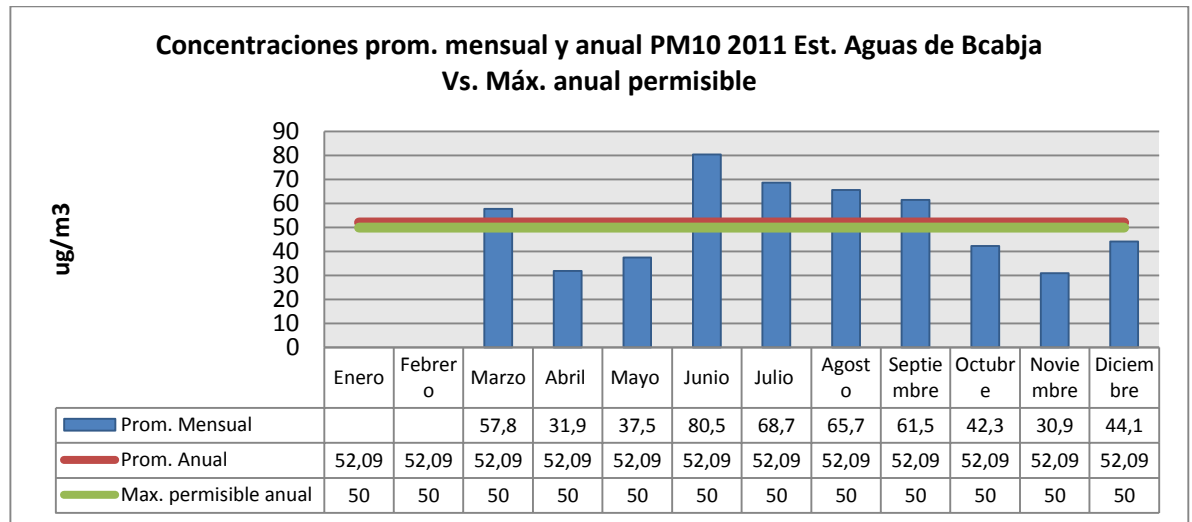
<b>Contaminante</b>	<b>Umbral (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
<b>Acetaldehído (<math>\text{C}_2\text{H}_4\text{O}</math>)</b>	380
<b>Ácido Butírico (<math>\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2</math>)</b>	4,0
<b>Amoniaco (<math>\text{NH}_3</math>)</b>	35,0
<b>Clorofenol (<math>\text{C}_6\text{H}_5\text{ClO}</math>)</b>	0,1
<b>Dicloruro de azufre (<math>\text{SCl}_2</math>)</b>	4,2
<b>Etil mercaptano (<math>\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}</math>)</b>	0,5
<b>Etil acrilato (<math>\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2</math>)</b>	2,0
<b>Estireno (<math>\text{C}_8\text{H}_8</math>)</b>	200
<b>Monometil amina (<math>\text{CH}_5\text{N}</math>)</b>	27,0
<b>Metil mercaptano (<math>\text{CH}_3\text{SH}</math>)</b>	4,0
<b>Nitrobenceno (<math>\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2</math>)</b>	24,0
<b>Propil mercaptano (<math>\text{C}_3\text{H}_8\text{S}</math>)</b>	22,0
<b>Butil mercaptano (<math>\text{C}_4\text{H}_{10}\text{S}</math>)</b>	3,0
<b>Sulfuro de dimetilo (<math>\text{C}_2\text{H}_6\text{S}</math>)</b>	5,0
<b>Sulfuro de hidrógeno (<math>\text{H}_2\text{S}</math>)</b>	7,0

Fuente: Resolución 610 de 2010

## 6.1. MATERIAL PARTICULADO

### 6.1.1. Comportamiento anual de la concentración del material particulado menor a 10 micras – PM10 en el año 2011

**Figura 1.** Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2011 en la estación Aguas de Barrancabermeja y valor máximo permisible.



El promedio anual de PM10 en la estación de Aguas de Barrancabermeja se encuentra un poco por encima de la concentración máxima permisible anual establecida, ya que el promedio anual en el año 2011 es de 52,09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el máximo permisible es de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Es preciso agregar que en enero y febrero del 2011 no se midió PM10 por problemas técnicos en la estación, sin embargo para realizar el promedio anual, para enero y febrero se tomó un promedio de los valores de los demás meses de acuerdo a los datos recibidos por la red.

Los dos meses en que se registraron mayor concentración de PM10 fueron en junio y julio en donde los valores fueron de 80,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 68,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Los meses en que se registraron la mínima concentración fue en abril la cual fue de 31,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y noviembre la cual fue de 30,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabla 6.** Promedio mensual de precipitaciones y velocidad del viento en la estación Aguas de Barrancabermeja en el año 2011.

<b>ESTACIÓN AGUAS DE BARRANCABERMEJA AÑO 2011</b>		
<b>Mes</b>	<b>Promedio Lluvia (mm)</b>	<b>Promedio Velocidad del viento (m/s)</b>
<b>Enero</b>	-	-
<b>Febrero</b>	-	-
<b>Marzo</b>	51,6	1,7
<b>Abril</b>	<b>422,6</b>	1,6
<b>Mayo</b>	316,1	1,6
<b>Junio</b>	327,4	4
<b>Julio</b>	353,7	1,4
<b>Agosto</b>	172,7	1,5
<b>Septiembre</b>	251,6	2,5
<b>Octubre</b>	292,6	2,9
<b>Noviembre</b>	<b>464,2</b>	2,7
<b>Diciembre</b>	174,8	2,5

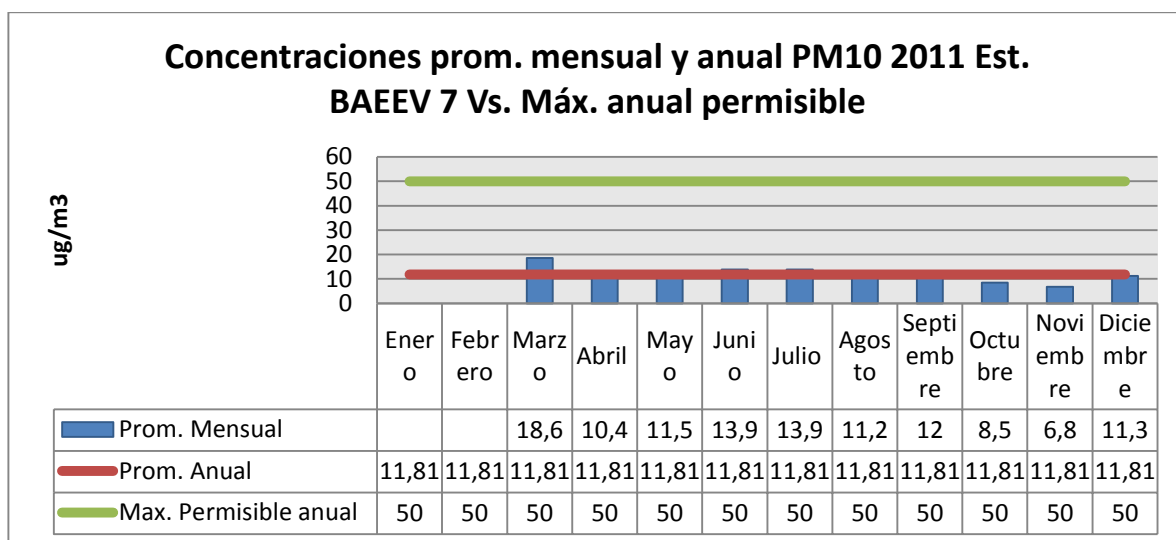
**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

El transporte y dispersión de las concentraciones de PM10 son influenciados por factores meteorológicos como las precipitaciones y la velocidad del viento. Estos pueden tener un efecto beneficioso pues lava las partículas del aire y ayuda a minimizar el material particulado, como se observa en la tabla 6; en abril y noviembre los cuales fueron los meses con menor concentración de PM10 y a su vez los meses más lluviosos con 422,6 mm y 464,2 mm.

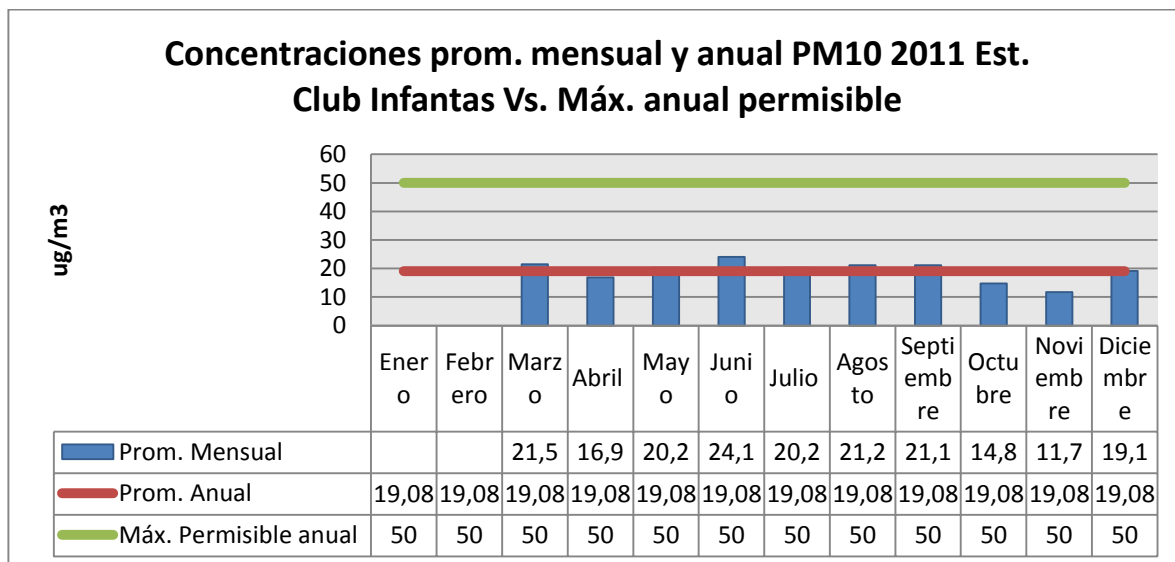
En los meses con mayor concentración de PM10, es decir, junio y julio, sus precipitaciones no fueron muy bajas por lo que podría inferirse que la concentración de PM10 y el tráfico de transporte pesado fueron considerablemente altos, superando el efecto de lavado de material particulado de las lluvias en la atmósfera.

La elevada concentración de PM10 se debe a que esta zona se ve afectada por altos volúmenes de tráfico vehicular, especialmente de transporte pesado ya que es la principal vía de acceso hacia la zona industrial del municipio ubicada a pocos kilómetros de la estación; esto sumado al mal estado de la vía en algunos tramos de la carretera con agrietamientos y ausencia de asfalto.

**Figura 2.** Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2011 en la estación BAEEV 7 y valor máximo permisible.



**Figura 3.** Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2011 en la estación Club Infantas y valor máximo permisible.



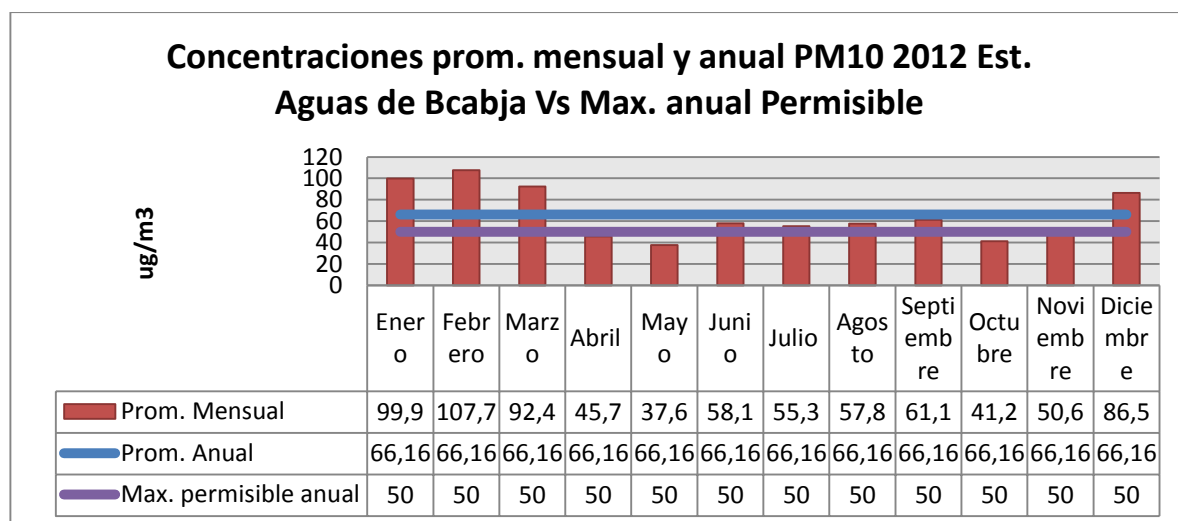
El promedio anual de concentración de PM10 en las estaciones BAEEV 7 y Club Infantas no sobrepasan los niveles máximos permisibles regidos por la Resolución 610 de 2010, ya que sus valores son de 11,81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 19,08  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, y el valor regido por la norma es de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Al igual que en la estación Aguas de Barrancabermeja, no se midió PM10 en los meses de enero y febrero en las estaciones BAEEV 7 y Club Infantas, por lo tanto, la metodología para determinar el promedio anual en estas dos estaciones fue la misma utilizada en la estación Aguas de Barrancabermeja.

La razón por la cual para el año 2011, el PM10 en la estación de Aguas de Barrancabermeja es mayor que en las otras dos estaciones es por las características de las vías en este punto, las cuales se encuentran en mal estado con agrietamientos y ausencia de asfalto, y otros tramos cubiertos de arena. Este material es levantado por los vehículos pesados, ya que es este es el principal acceso hacia la zona industrial del municipio.<sup>1</sup>

### 6.1.2. Comportamiento anual de la concentración del material particulado menor a 10 micras – PM10 en el año 2012

**Figura 4.** Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2012 en la estación Aguas de Barrancabermeja y valor máximo permisible.



El promedio anual en la estación de Aguas de Barrancabermeja en el año 2012, sobrepasa el nivel máximo permisible anual establecido por la norma, ya que el promedio de las concentraciones es de 66,16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el establecido por la resolución es de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Se observa en la figura 4, que los valores máximos de PM10 arrojados por la red, fueron en los meses de enero y febrero, en los cuales sus valores son de 99,9

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $107,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Los meses con concentraciones mínimas fueron mayo con  $37,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y octubre con  $41,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabla 7.** Promedio mensual de precipitaciones y velocidad del viento en la estación Aguas de Barrancabermeja en el año 2012.

<b>ESTACIÓN AGUAS DE BARRANCABERMEJA AÑO 2012</b>		
<b>Mes</b>	<b>Promedio Lluvia (mm)</b>	<b>Promedio Velocidad del viento (m/s)</b>
<b>Enero</b>	34,9	2,7
<b>Febrero</b>	23,1	3,5
<b>Marzo</b>	106,4	3,7
<b>Abril</b>	362,6	3,5
<b>Mayo</b>	<b>283,5</b>	3
<b>Junio</b>	186,8	2,9
<b>Julio</b>	198,1	3
<b>Agosto</b>	154,5	3
<b>Septiembre</b>	144	3,1
<b>Octubre</b>	<b>410,2</b>	2,9
<b>Noviembre</b>	254,3	2,4
<b>Diciembre</b>	46,7	2,8

**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

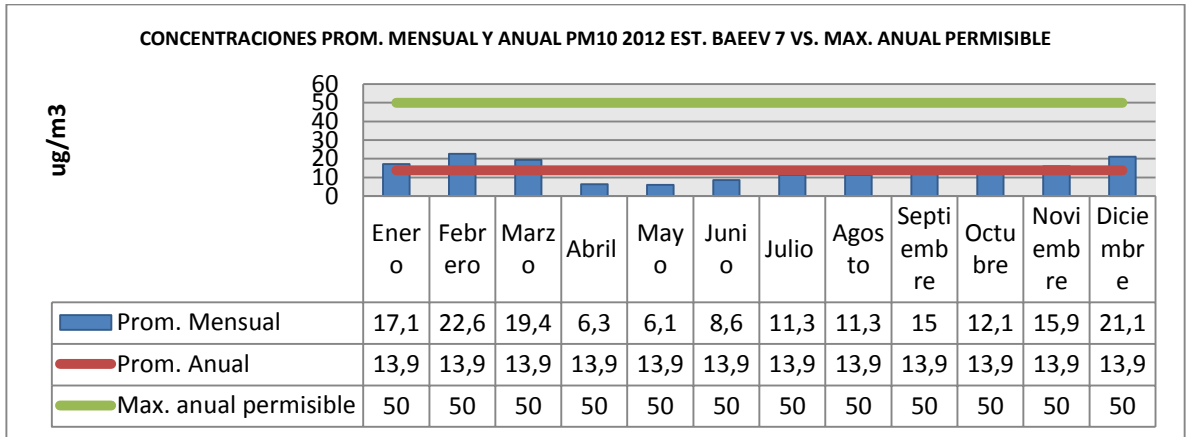
En el 2012, se observó que se dio un evento parecido al del año 2011 en la misma estación, ya que los meses con concentraciones mínimas son los meses con mayor promedio de precipitaciones mensuales. En este caso, octubre fue el mes en que hubo mayores precipitaciones las cuales fueron de 410,2 mm, mientras que en mayo, aunque no es el siguiente mes con mayores precipitaciones, sí es el tercer mes con las precipitaciones más altas con 283,5 mm. Por lo tanto, el evento de lavado de material particulado en la atmósfera es evidente debido a las constantes precipitaciones en los meses de mayo y octubre los cuales fueron los meses de las concentraciones de PM10 más bajas.

Efectivamente, los meses con mayor concentración media mensual de PM10 en la estación Aguas de Barrancabermeja tuvieron precipitaciones más bajas, las cuales se presentaron en enero con 34,9 mm y febrero con 23,1 mm.

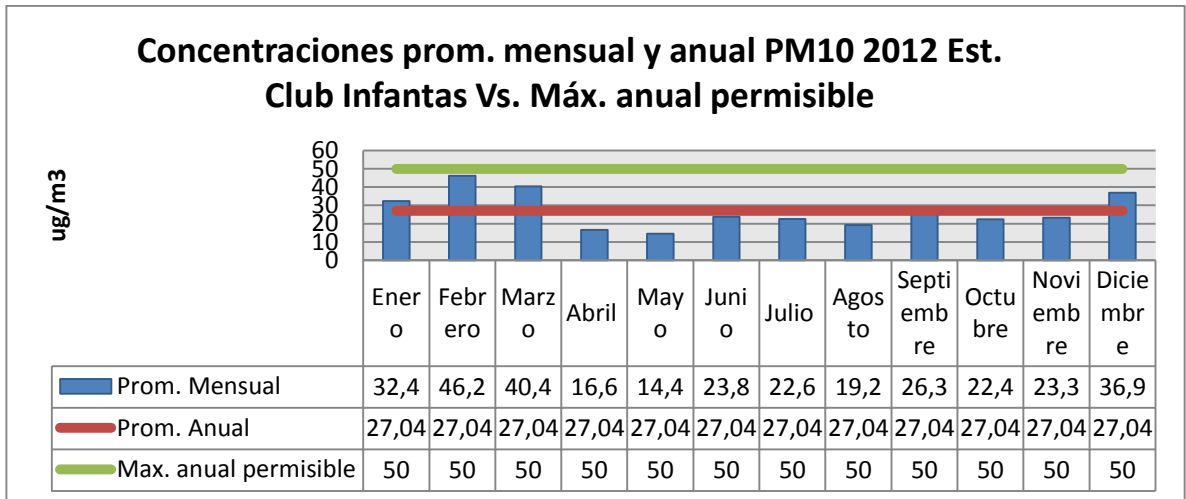
Al igual que en el 2011 la concentración anual de PM10 en esta estación es superior a la exigida por la norma, debido a que el problema de malla vial sigue, el

paso de tráfico pesado y las actividades industriales que se dan en la zona son constantes, como las de contratistas privadas.

**Figura 5.** Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2012 en la estación BAEEV 7 y valor máximo permisible.



**Figura 6.** Comportamiento medio mensual y anual del PM10 en el año 2012 en la estación Club Infantas y valor máximo permisible.

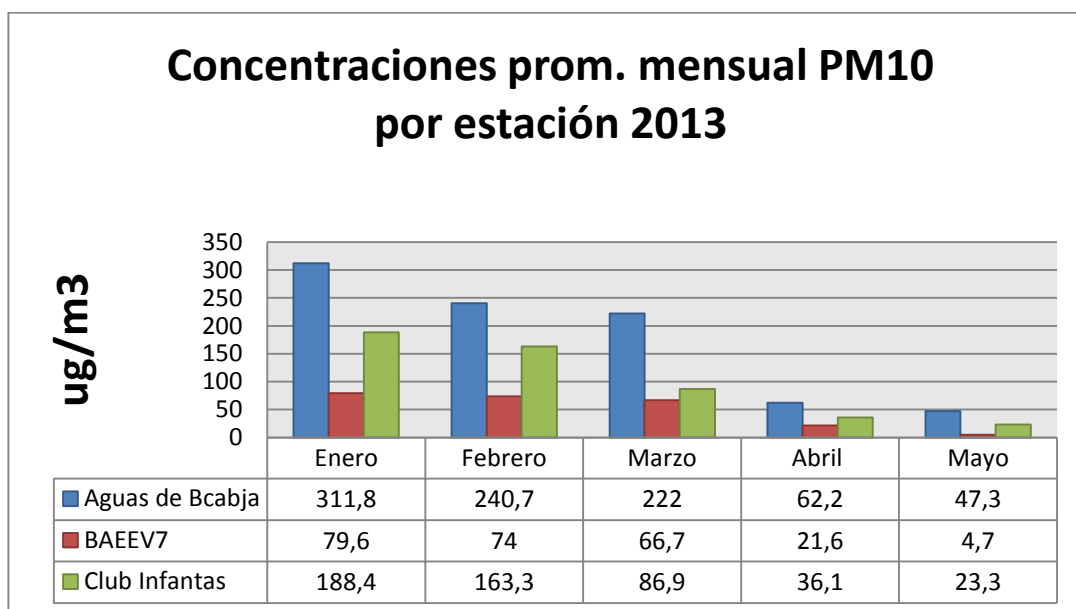


El promedio anual en las estaciones BAEEV 7 y Club Infantas en el año 2012, no superan el valor máximo anual permisible regido por la norma, la cual es de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que los promedios anuales de las estaciones son de 13,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y de 27,04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Por lo tanto, se evidencia que el mal estado de

las carreteras y el tráfico de transporte pesado en la estación Aguas de Barrancabermeja es la razón principal de contaminación atmosférica por material particulado PM10 en este punto.

### 6.1.3. Comportamiento de la concentración del material particulado menor a 10 micras – PM10 en el año 2013

**Figura 7.** Comportamiento medio mensual del PM10 en el año 2013 en las estaciones de la red de monitoreo de Barrancabermeja.



Ya que la red de monitoreo de Barrancabermeja – RMCA, funcionó eficientemente hasta mayo del 2013, no se pudo realizar un análisis del promedio anual de las concentraciones de PM10 para compararlo con el valor máximo permisible anual para este contaminante. Por lo tanto, el análisis que se hizo fue la comparación de los factores meteorológicos que intervienen en el registro de datos de las concentraciones de PM10 en cada una de las estaciones.

En la estación Aguas de Barrancabermeja, los meses con concentraciones máximas de PM10 fueron enero con 311,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y febrero con un promedio mensual de 240,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; los meses con concentraciones mínimas medias mensuales fueron abril y mayo, con 62,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 47,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Las concentraciones máximas en la estación BAEEV 7 y Club Infantas se dieron en enero y febrero con valores de 79,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para la primera estación, y de 188,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 163,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para la segunda. Las concentraciones mínimas para estas dos estaciones fueron en abril y mayo con valores de 21,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y de 4,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación BAEEV 7 y valores de 36,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y de 23,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para la estación Club Infantas.

En el 2013 desde enero hasta mayo, se observó que en las tres estaciones los meses tanto de concentraciones máximas medias mensuales como de concentraciones mínimas, son comunes. Por lo que, en los meses de enero y febrero se registraron las concentraciones máximas y en los meses de abril y mayo las mínimas, en las tres estaciones.

**Tabla 8.** Promedio mensual de precipitaciones en la estaciones de monitoreo en el año 2013.

<b>PRECIPITACIONES AÑO 2013 (mm)</b>			
<b>Mes</b>	<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	<b>BAEEV 7</b>	<b>Club Infantas</b>
<b>Enero</b>	0	3,4	0,1
<b>Febrero</b>	124,7	120,2	85,8
<b>Marzo</b>	218,6	180,3	187,5
<b>Abril</b>	<b>269,7</b>	<b>268,7</b>	<b>334,6</b>
<b>Mayo</b>	<b>262,1</b>	<b>108,7</b>	<b>138,2</b>

**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

En la tabla 8. Se evidencia que los meses con mayores precipitaciones fueron abril con un valor de 269,7 mm y mayo con un registro de 262,1 mm en la estación Aguas de Barrancabermeja. En las estaciones BAEEV 7 y Club Infantas el mes con mayor precipitación fue abril con valores de 268,7 mm y 334,6 mm respectivamente. Las precipitaciones de mayo aunque no son las siguientes más altas si ocupan un tercer lugar entre los valores de altas precipitaciones registrados, con valores de 108,7 mm para la estación BAEEV 7 y de 138,2 mm para la del Club Infantas.

Es así, como el efecto de lavado de PM10 de las precipitaciones en la atmósfera es eficiente y beneficioso, ya que los meses con concentraciones altas de PM10 son los mismos meses de bajas precipitaciones (enero y

febrero); y los meses de concentraciones mínimas son acordes a los meses de mayor registro de precipitaciones (abril y mayo).

**Tabla 9.** Efectos en la salud humana por exposición a material particulado.

<b>Concentración (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Efecto observado</b>	<b>Impacto</b>
200	Disminución capacidad respiratoria	Moderado
250	Aumento de enfermedades respiratorias en ancianos y niños	Moderado
400	Afecta a toda la población	Grave
500	Aumento de mortalidad en adulto mayor y enfermos	Muy grave

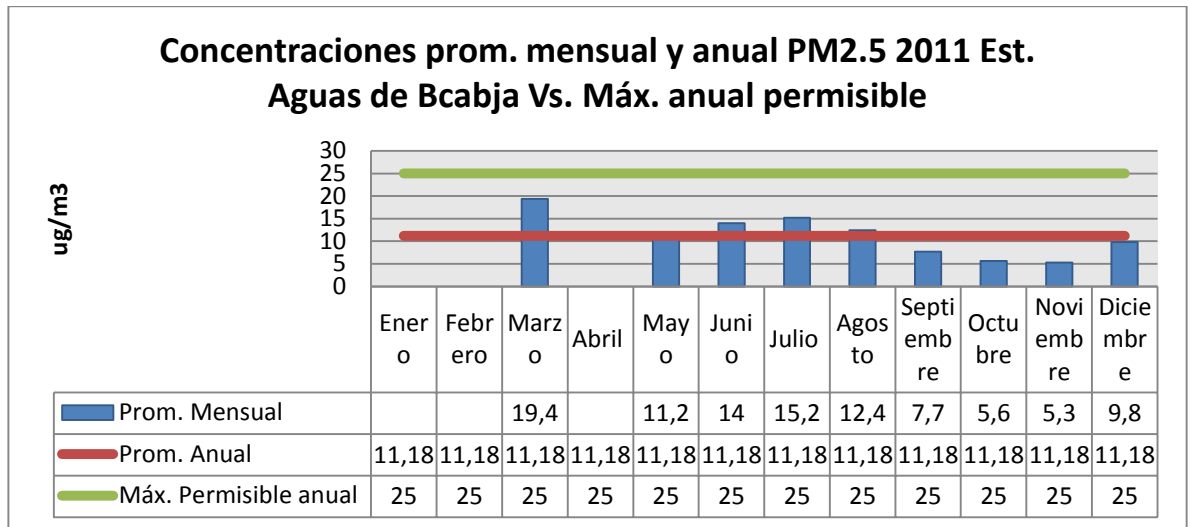
**Fuente.** [www.ucbcba.edu.bo/carreras/ingma/actividades/peaton2/peaton2000salud.htm](http://www.ucbcba.edu.bo/carreras/ingma/actividades/peaton2/peaton2000salud.htm).

Según los datos registrados por la red en la estación Aguas de Barrancabermeja, los valores de PM10 en el año 2013, son mayores a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en los meses de enero, febrero y marzo; por lo que según la tabla 9. Se ha reportado que el efecto observado en personas que han inhalado este contaminante ha sido disminución en la capacidad respiratoria y aumento de enfermedades respiratorias en ancianos y niños con un impacto moderado en los dos casos.

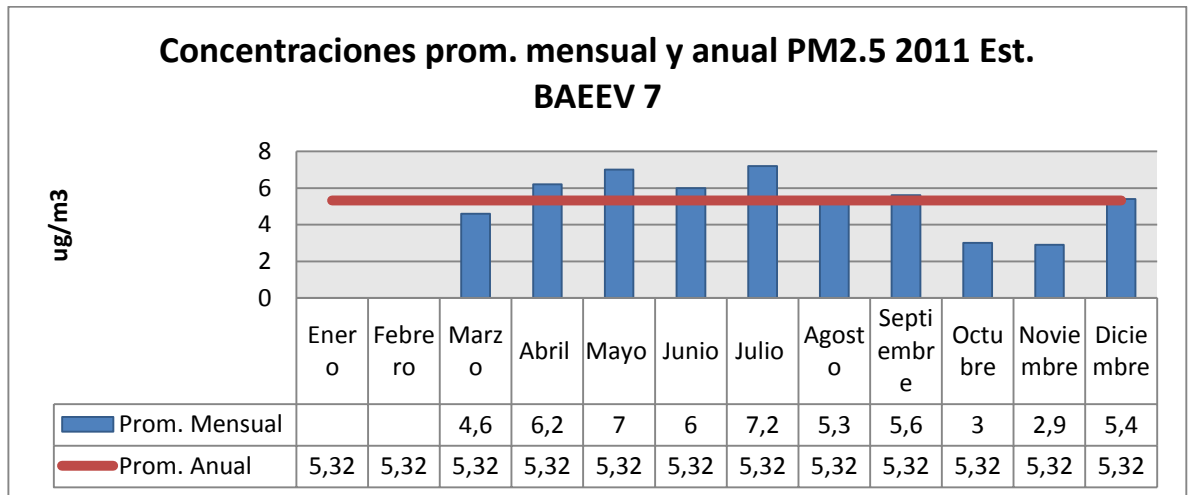
#### **6.1.4. Comportamiento anual de la concentración del material particulado menor a 2.5 micras – PM2.5 en el año 2011**

Los análisis realizados en los gráficos de barras para el material particulado menor a 2.5 micras, se hicieron de manera anual como lo indica la resolución 610 del 2010.

**Figura 8.** Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2011 en la estación Aguas de Barrancabermeja y valor máximo permisible.

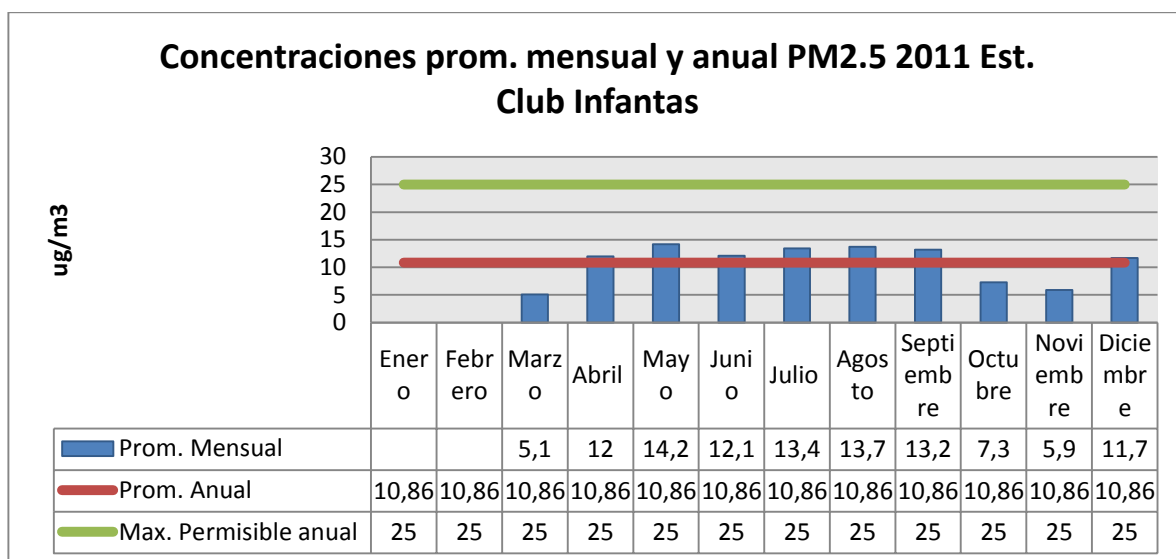


**Figura 9.** Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2011 en la estación BAEV 7.

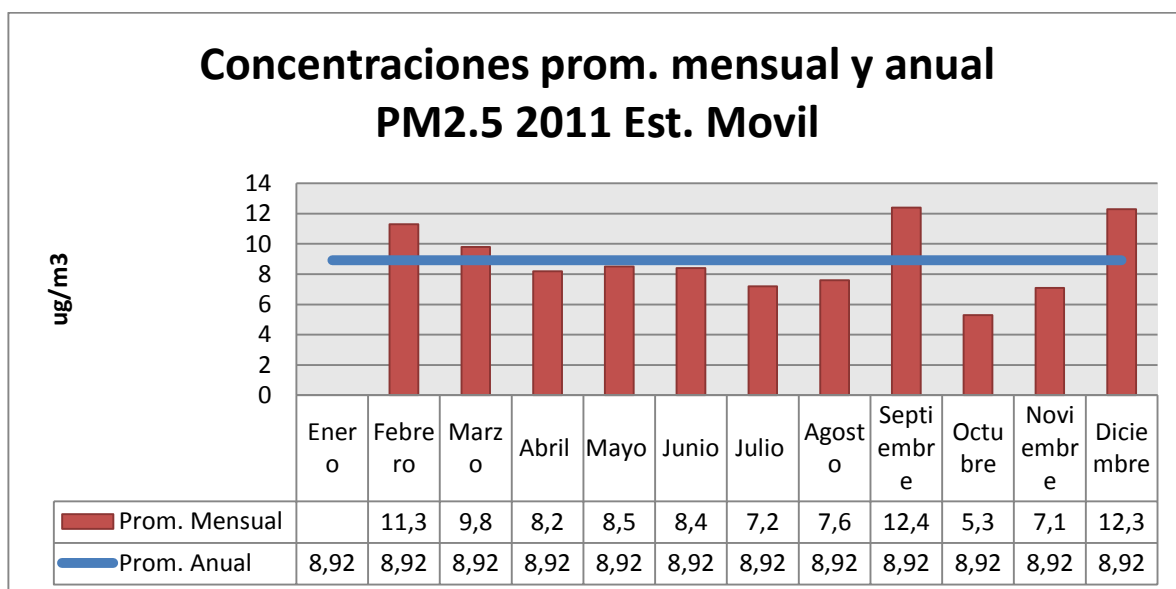


	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Máx. Permissible anual</b>	25	Anual

**Figura 10.** Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2011 en la estación Club Infantas y valor máximo permisible.



**Figura 11.** Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2011 en la estación Móvil.



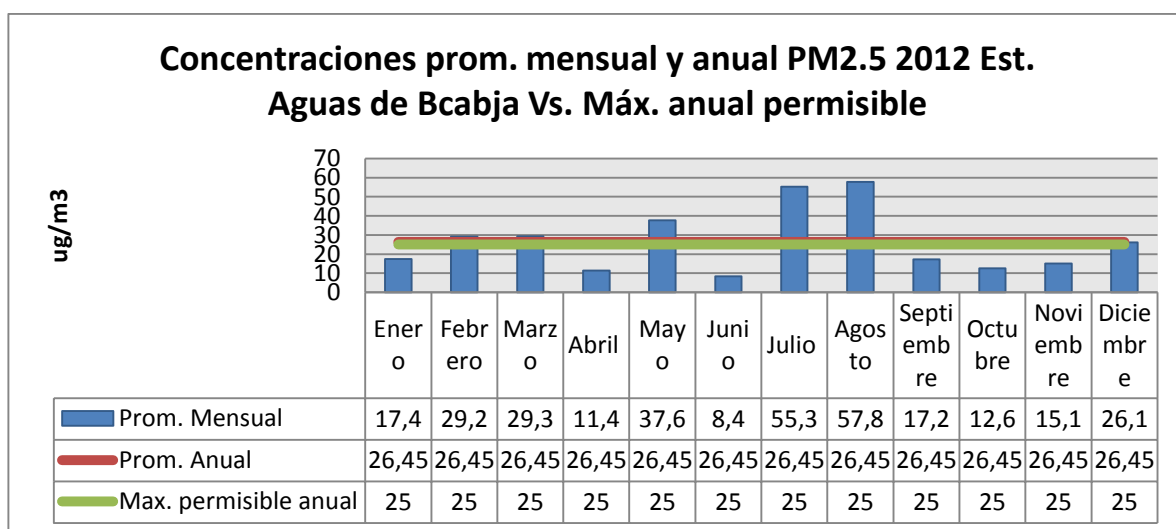
	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Máx. Permissible anual</b>	25	Anual

El promedio anual de PM2.5 en las cuatros estaciones que componen la red durante el año 2011, no supera la norma anual máxima permisible, la cual establece un valor máximo de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los valores medios anuales más altos se dan en la estación Aguas de Barrancabermeja con 11,18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en la estación Club Infantas con 10,86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Según los resultados de las concentraciones de PM2.5 arrojados por la red en las estaciones en el 2011, se podría determinar que el número de vehículos diésel que circulan en la ciudad es relativamente bajo ya que estos son los principales generadores de PM2.5, incluso en la estación Aguas de Barrancabermeja que se caracteriza por el paso constante de tráfico pesado. Por lo anterior, las concentraciones de este contaminante no sobrepasan el máximo anual permisible en ninguna de las estaciones.

### 6.1.5. Comportamiento anual de la concentración del material particulado menor a 2.5 micras – PM2.5 en el año 2012

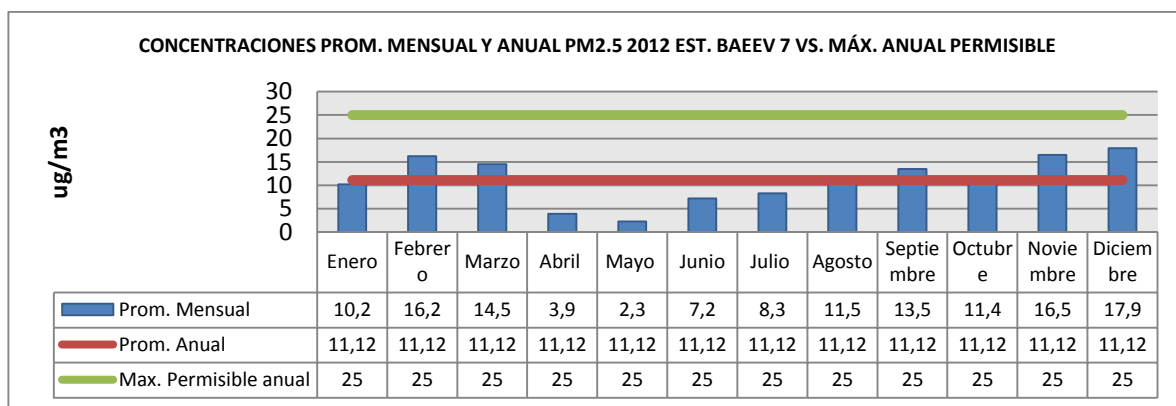
**Figura 12.** Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2012 en la estación Aguas de Barrancabermeja y valor máximo permisible.



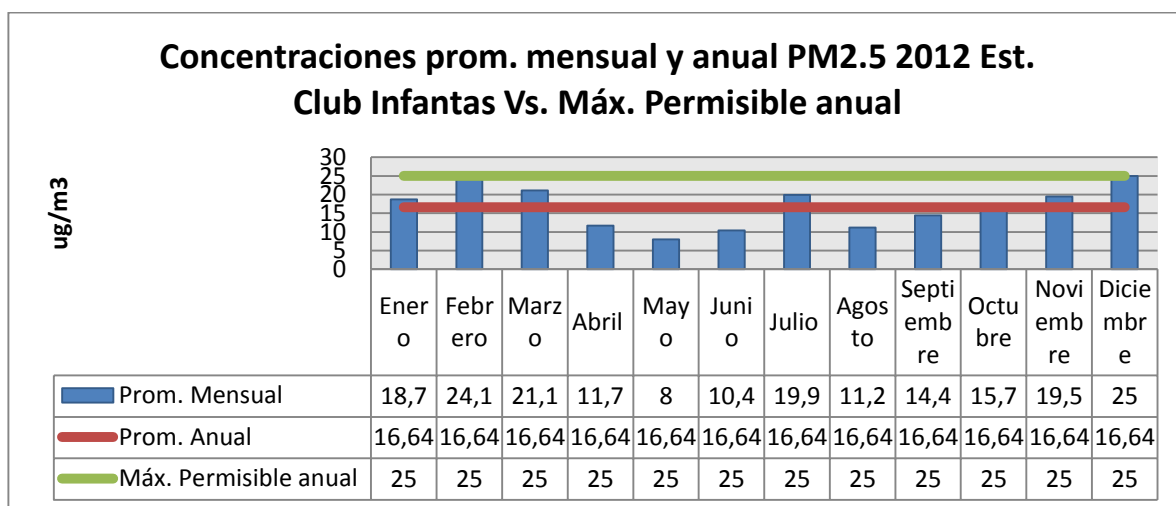
En el año 2012 para la estación Aguas de Barrancabermeja, el promedio anual sobrepasa un poco la concentración máxima anual permisible exigida por la norma, ya que el promedio anual fue de 26,45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y la norma exige hasta 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Los meses que tuvieron las concentraciones máximas de PM2.5 fueron julio y agosto con valores de 55,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 57,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente; y las concentraciones mínimas medias mensuales se registraron en abril con un valor de 11,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y junio con 8,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

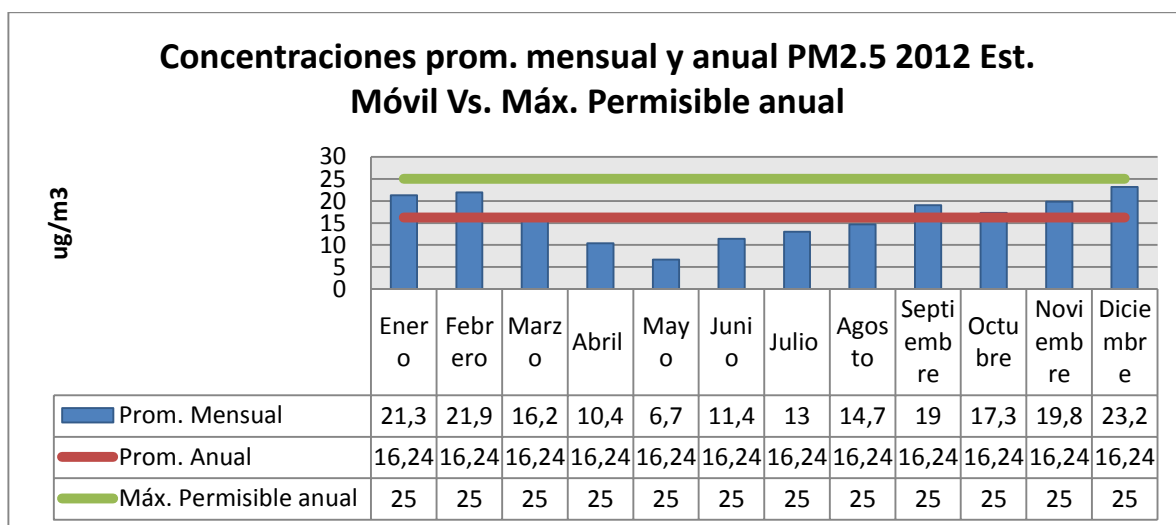
**Figura 13.** Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2012 en la estación BAEV 7 y valor máximo permisible.



**Figura 14.** Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2012 en la estación Club Infantas y valor máximo permisible.



**Figura 15.** Comportamiento medio mensual y anual del PM2.5 en el año 2012 en la estación Móvil y valor máximo permisible

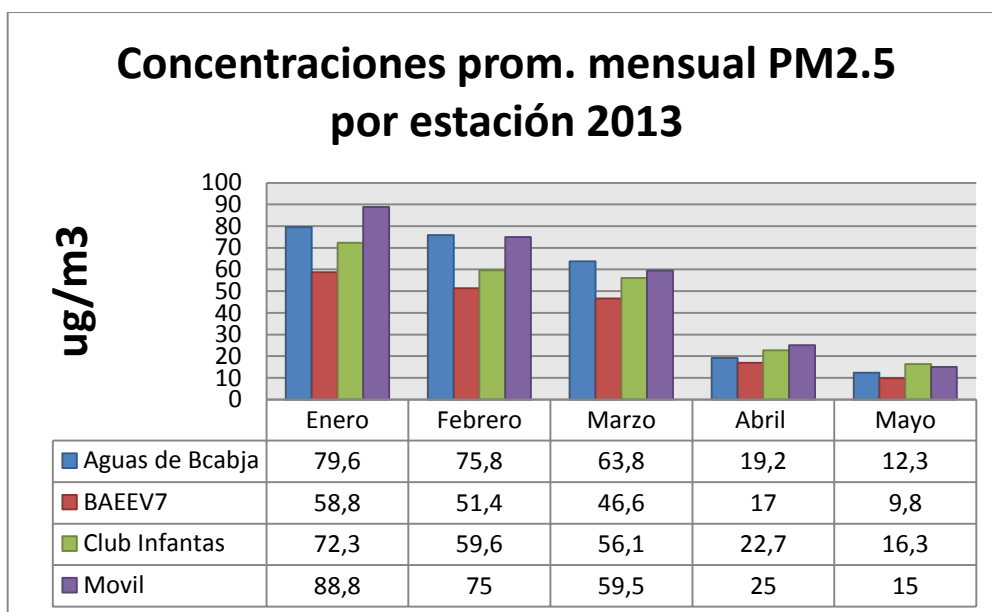


La concentración anual del PM2.5 en las estaciones BAEEV 7, Club Infantas y Móvil; no superan el máximo anual permisible regido por la norma el cual es de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ya que las concentraciones en cada punto son de 11,12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 16,64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 16,24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente.

La diferencia en la concentración de PM2.5 de la estación Aguas de Barrancabermeja con respecto a las otras tres estaciones en el año 2012, puede ser debido al tránsito, que se empezó a notar considerablemente en este año, de camionetas que funcionan con diésel, ya que es la vía principal para llegar a la zona industrial donde probablemente se encontraban nuevos trabajos de empresas contratistas, además de las posibles fuentes industriales en la zona como Fertilizantes de Colombia SA - Ferticol, ya que utiliza ácido nítrico como materia prima para la producción de fertilizantes<sup>7</sup>. Este ácido reacciona produciendo  $\text{NO}_2$  y elevados niveles de PM2.5 en el ambiente<sup>9</sup>.

### 6.1.6. Comportamiento de la concentración del material particulado menor a 2.5 micras – PM2.5 en el año 2013

**Figura 16.** Comportamiento medio mensual del PM2.5 en el año 2013 en las estaciones de la red de monitoreo de Barrancabermeja.



En la estación Aguas de Barrancabermeja los meses que tuvieron las concentraciones más altas de PM2.5 fueron enero y febrero con valores medios mensuales de 79,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 75,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; respectivamente. Las concentraciones más bajas se registraron en abril con 19,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en mayo con 12,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En las demás estaciones se notó que se sigue la tendencia, ya que en estas, las mayores concentraciones se dan también en enero y febrero y las mínimas en abril y mayo. Es así como en la estación BAEEV 7 los valores más altos son de 58,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 51,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en enero y febrero; y los más bajos son de 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 9,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en abril y mayo.

En la estación Club Infantas los mayores valores son de 72,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 59,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y los mínimos valores son de 22,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y de 16,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por último, en la estación móvil los máximos valores son de 88,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y de 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y los valores mínimos son de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; siguiendo la tendencia de los meses con mayores y menores concentraciones registrados.



A pesar de que en el 2013 la red funcionó hasta mayo, se observó que en este año las concentraciones de PM2.5 registradas por la red tienden a ser mayores que en los años 2011 y 2012. Esto podría ser debido a que en el 2013 hubo un auge de proyectos en la ciudad que incluían empresas contratistas las cuales a su vez utilizaban camionetas operadas a partir del diésel y otros camiones pesados que operan con el mismo combustible.

**Tabla 9.** Efectos a la salud por exposición a material particulado.

Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Efecto observado	Impacto
200	Disminución capacidad respiratoria	Moderado
250	Aumento de enfermedades respiratorias en ancianos y niños	Moderado
400	Afecta a toda la población	Grave
500	Aumento de mortalidad en adulto mayor y enfermos	Muy grave

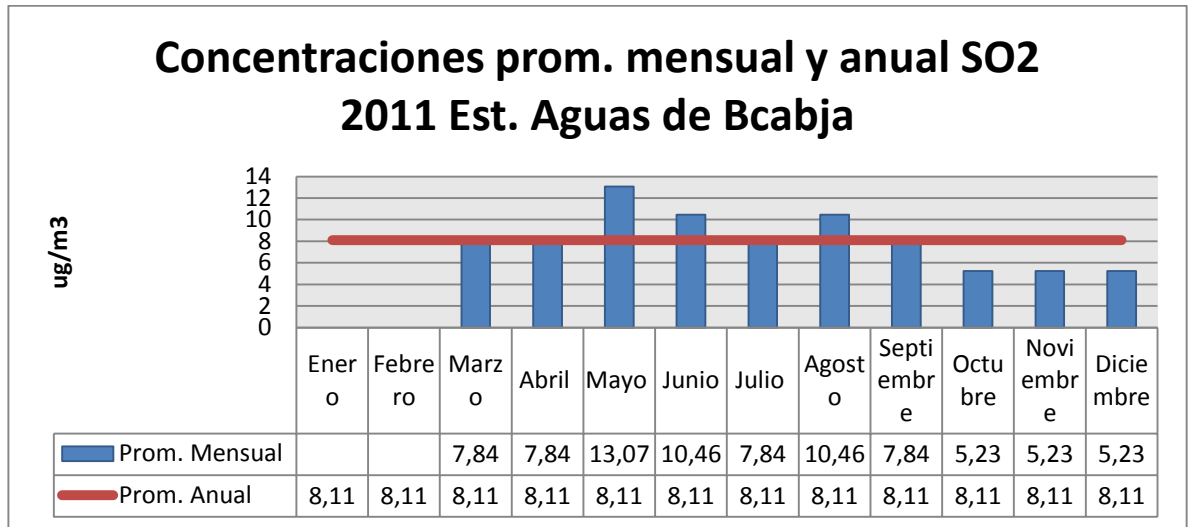
**Fuente.** [www.ucbcba.edu.bo/carreras/ingma/actividades/peaton2/peaton2000salud.htm](http://www.ucbcba.edu.bo/carreras/ingma/actividades/peaton2/peaton2000salud.htm).

Según la tabla 9. Las concentraciones encontradas en las cuatro estaciones en los años 2011, 2012 y 2013, no representan ningún riesgo para la salud ya que las concentraciones de PM2.5 no son mayores a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en ninguno de los casos.

## 6.2. GASES CONTAMINANTES

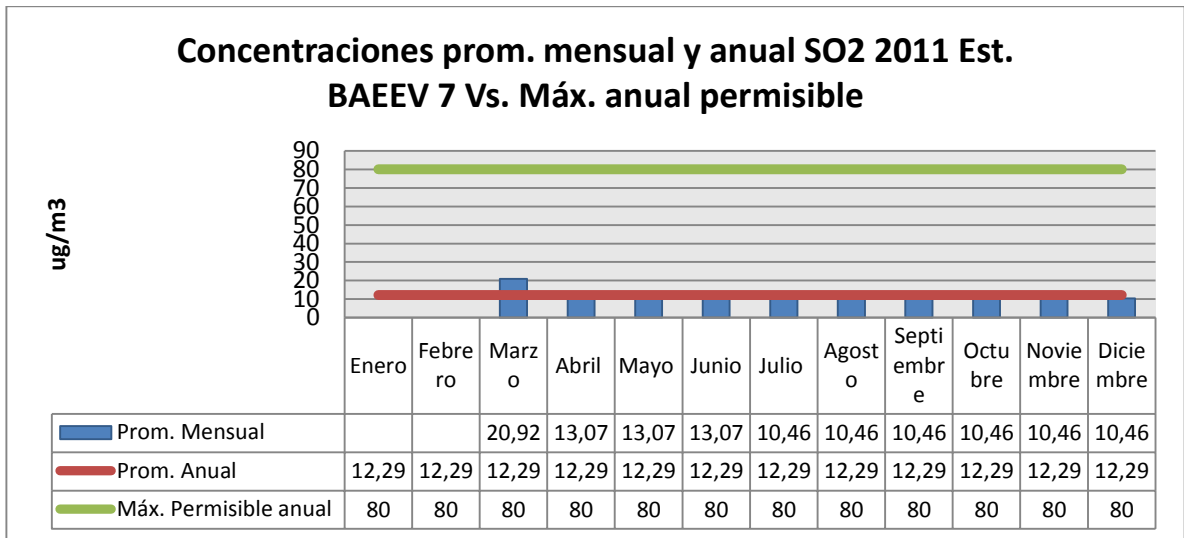
### 6.2.1. Comportamiento anual de la concentración del dióxido de azufre – SO<sub>2</sub> en el año 2011

**Figura 17.** Comportamiento medio mensual y anual del SO<sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Aguas de Barrancabermeja.

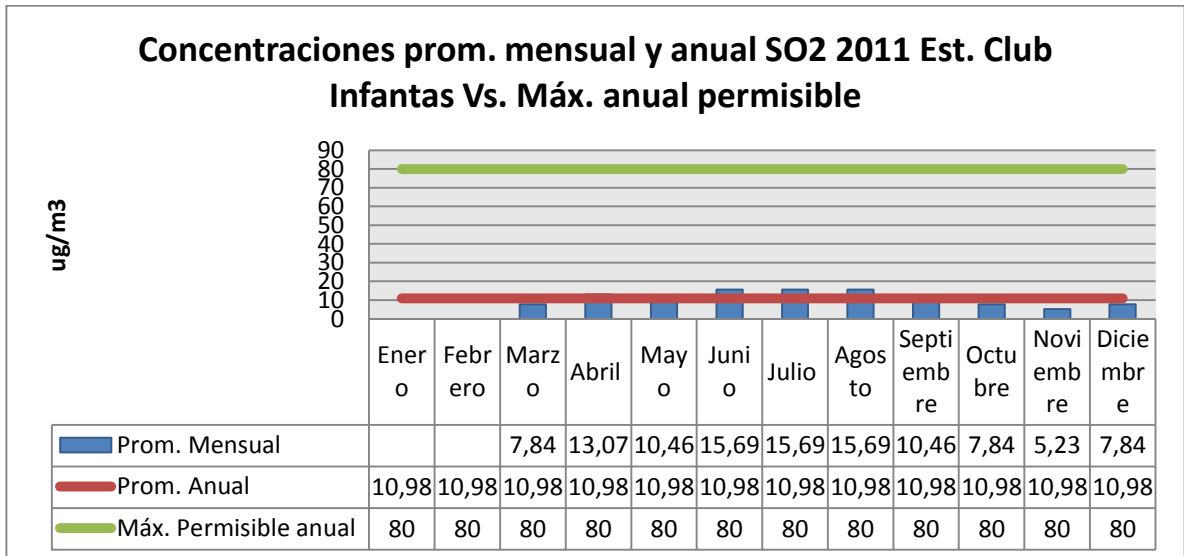


	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Máx. Permissible anual</b>	80	Anual

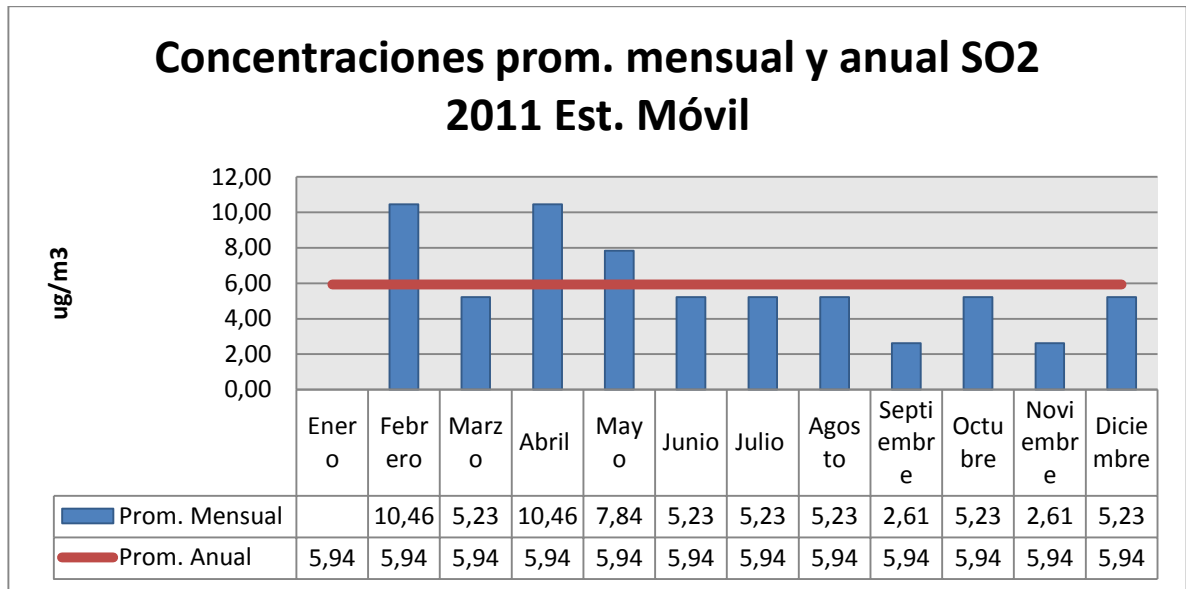
**Figura 18.** Comportamiento medio mensual y anual del SO<sub>2</sub> en el año 2011 en la estación BAEEV 7 y valor máximo permisible.



**Figura 19.** Comportamiento medio mensual y anual del SO<sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Club Infantas y valor máximo permisible.



**Figura 20.** Comportamiento medio mensual y anual del SO<sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Móvil.



	ug/m <sup>3</sup>	Tiempo de exposición
<b>Máx. Permissible anual</b>	80	Anual

Los valores de SO<sub>2</sub> registrados en las estaciones Aguas de Barrancabermeja, BAEEV 7, Club Infantas y Móvil en el año 2011 están por debajo del nivel máximo permisible anual. En las figuras 17, 18, 19, y 20 se resume el comportamiento de las concentraciones medias mensuales y anuales para esta norma, donde se observa que los valores más altos se obtuvieron en las estaciones BAEEV 7 y Club Infantas con valores de 12,29 µg/m<sup>3</sup> y 10,98 µg/m<sup>3</sup> respectivamente; mientras que el máximo permisible es de 80 µg/m<sup>3</sup>.

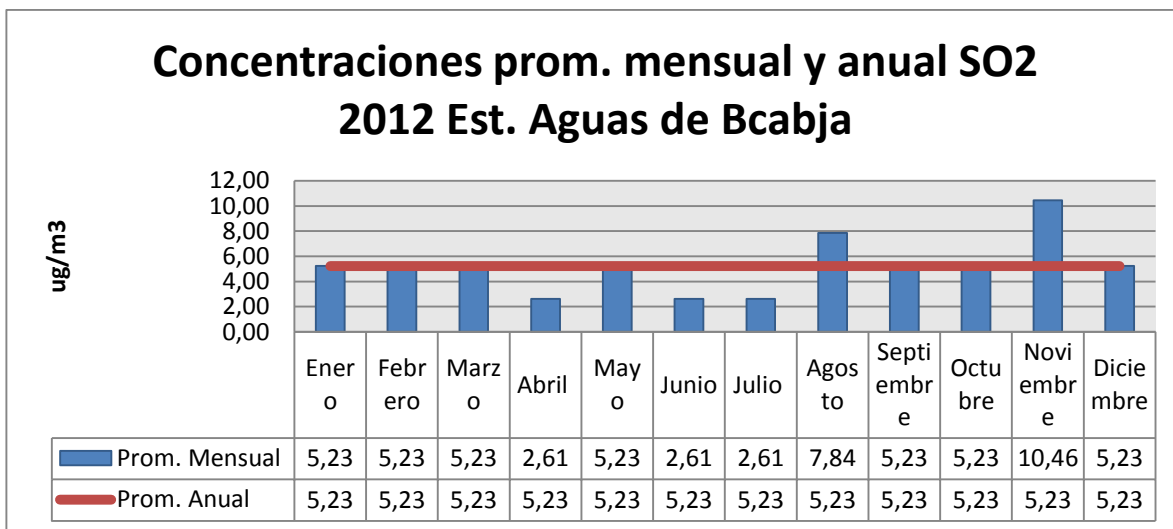
En los meses donde hubo problemas con la red, se utilizó la misma metodología realizada para el material particulado en cuanto al promedio anual, por lo que para los meses en donde no hubo medición se utilizó el promedio de los meses en que sí hubo, y así poder tener el promedio anual y realizar el respectivo análisis según esta norma.

Es de resaltar que las dos estaciones que mostraron las mayores concentraciones de SO<sub>2</sub>, se encuentran ubicadas en las comunas 1 y 2 del puerto petrolero, sector estratégico del municipio, pues en estas se encuentran ubicadas importantes empresas pertenecientes a diferentes sectores productivos, las cuales utilizan

combustibles básicamente en calderas para la generación de vapor, el cual es utilizado en servicios industriales. Anudado a esto es común ver en esta zona de Barrancabermeja, chimeneas cuya función es disponer a la atmósfera estos gases contaminantes. <sup>1</sup>

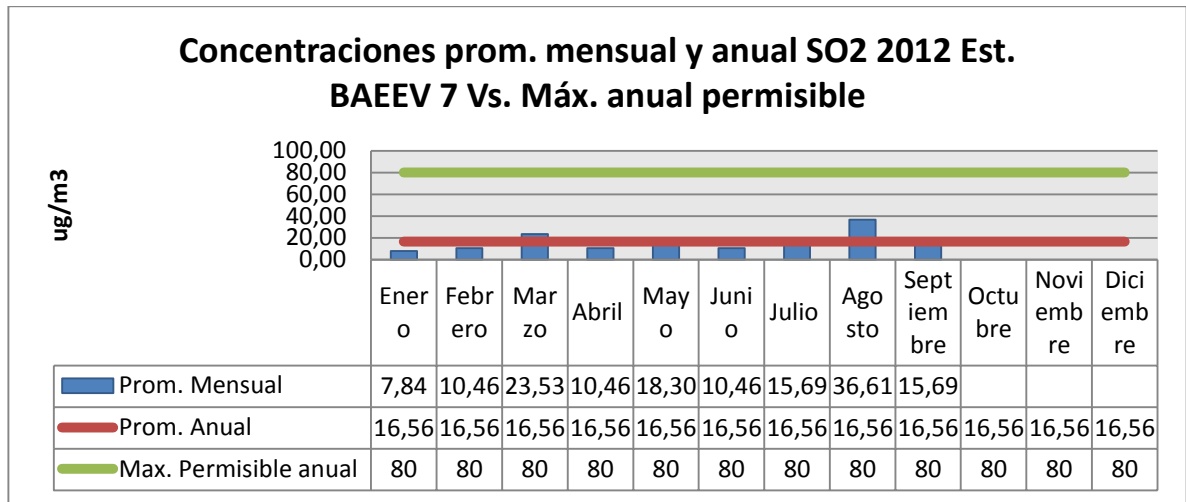
### 6.2.2. Comportamiento anual de la concentración del dióxido de azufre – SO<sub>2</sub> en el año 2012

**Figura 21.** Comportamiento medio mensual y anual del SO<sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Aguas de Barrancabermeja.

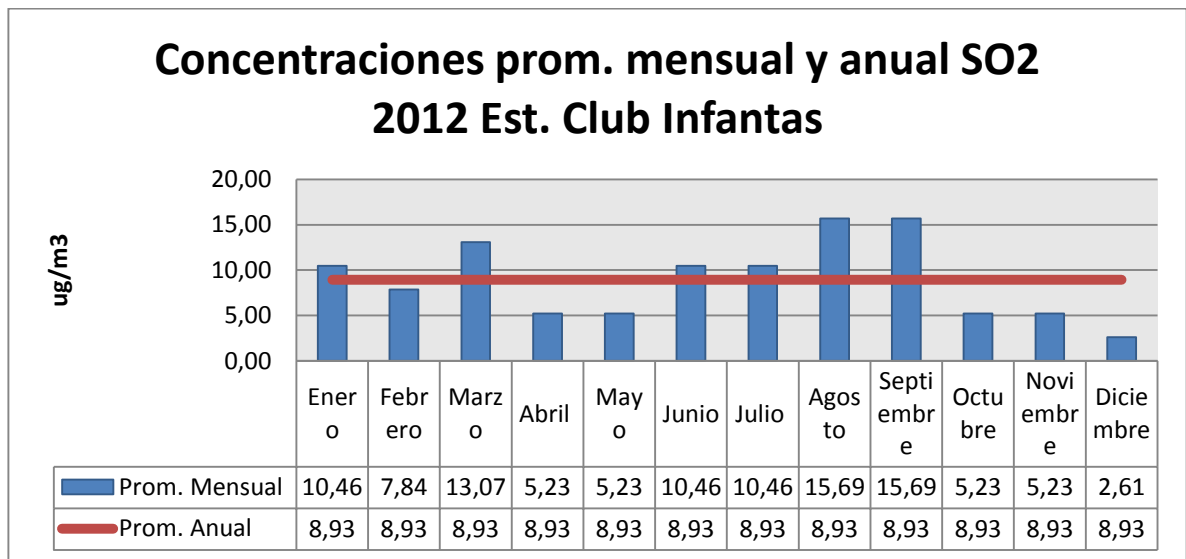


	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Máx. Permisible anual</b>	80	Anual

**Figura 22.** Comportamiento medio mensual y anual del SO<sub>2</sub> en el año 2012 en la estación BAEEV 7 y valor máximo permisible.

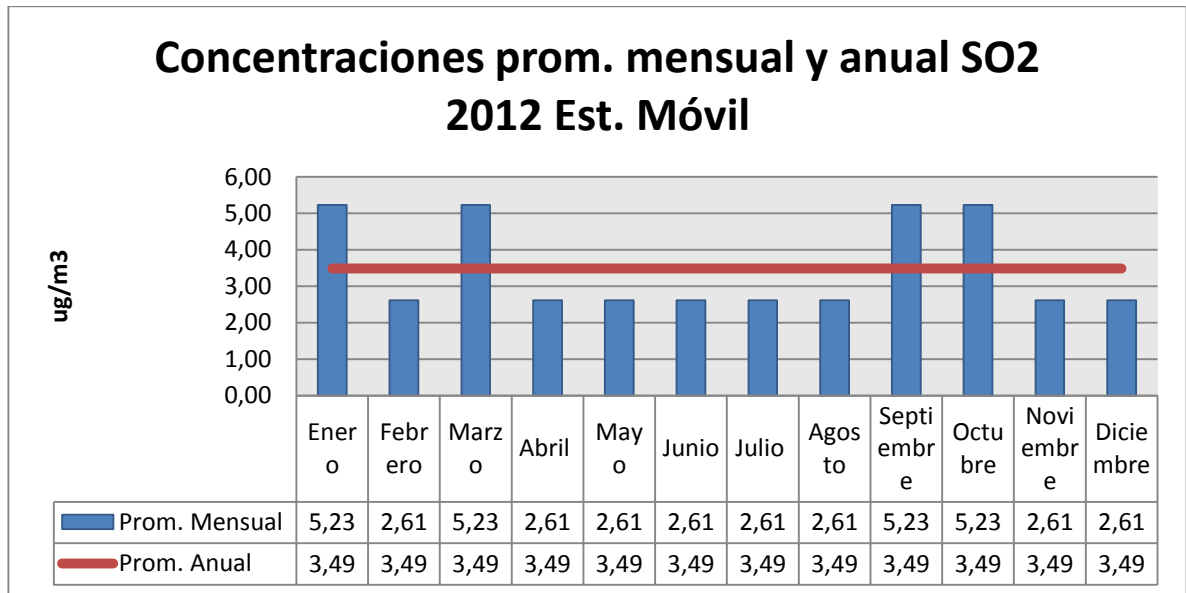


**Figura 23.** Comportamiento medio mensual y anual del SO<sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Club Infantas.



	ug/m <sup>3</sup>	Tiempo de exposición
<b>Máx. Permissible anual</b>	80	Anual

**Figura 24.** Comportamiento medio mensual y anual del SO<sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Móvil.

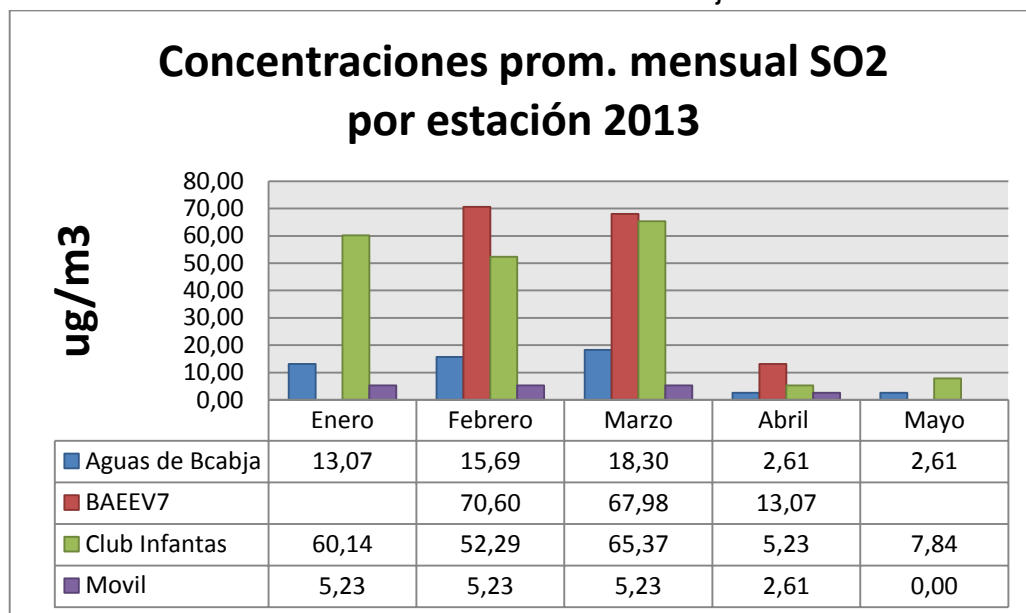


	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Máx. Permisible anual</b>	80	Anual

Los valores de SO<sub>2</sub> registrados por la red para el año 2012, muestran que en ninguna de las cuatro estaciones se supera el valor máximo permisible anual para este contaminante. La concentración anual máxima se dio en la estación BAEEV 7 con un valor de 16,56 µg/m<sup>3</sup>; menor a la concentración máxima regida por la norma la cual es de 80 µg/m<sup>3</sup>.

### 6.2.3. Comportamiento de la concentración del dióxido de azufre – SO<sub>2</sub> en el año 2013

**Figura 25.** Comportamiento medio mensual del SO<sub>2</sub> en el año 2013 en las estaciones de la red de monitoreo de Barrancabermeja.



En la estación Aguas de Barrancabermeja los valores medios mensuales más altos se dieron en febrero y marzo con concentraciones de 15,69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 18,30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente y la concentración mínima en abril con 2,61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en mayo que repite el mismo valor.

En la estación BAEEV 7 se repiten los meses de la estación Aguas de Barrancabermeja donde se presentaron los valores medios mensuales máximos con valores de 70,67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en febrero y 67,98  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en marzo. En esta estación no se midió SO<sub>2</sub> en enero y mayo por problemas técnicos, por lo que solo se tienen datos de febrero, marzo y abril en el año 2013.

En la estación Club Infantas los datos más altos se dan en enero con un valor de 60,14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en marzo con un valor de 65,37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y las concentraciones más bajas se dan abril y mayo con valores de 5,23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 7,84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; respectivamente. Por último, en la estación móvil la máxima concentración se da en enero, febrero y marzo con un valor de 5,23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y en mayo se reporta que no hubo registro de concentraciones de SO<sub>2</sub> en esta estación.

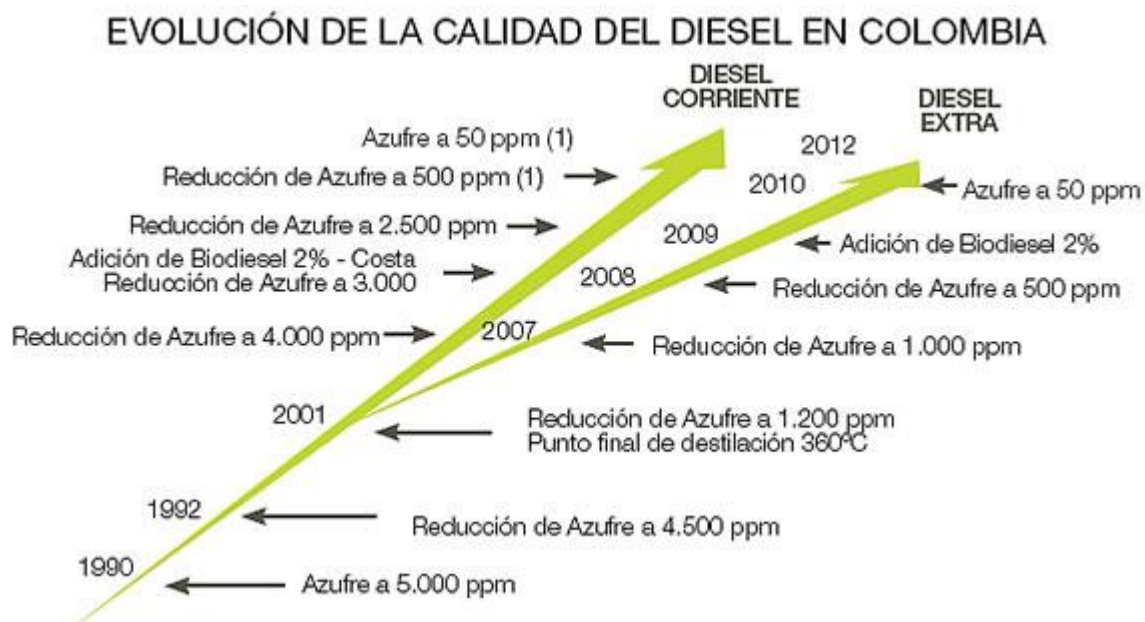
Las estaciones BAEEV 7 y Club Infantas son las que registran los valores más altos de SO<sub>2</sub> igual que en los años 2011 y 2012, esto por las características de los



puntos en que están ubicadas, ya que en las comunas 1 y 2 se encuentran empresas pertenecientes al sector productivo que utilizan combustibles y en donde es común ver chimeneas.

En cuanto a las empresas, Ecopetrol S.A. ha implementado diversas estrategias para disminuir la cantidad de compuestos azufrados, implementando en el 2010 la planta de hidrotreamiento en el municipio, disminuyendo así la concentración de azufre presente en el combustible de 5000 ppm (13'069.387,76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en 1990, a 50 ppm (130.693,88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en el año 2012. <sup>1</sup>

**Imagen 7.** Evolución de la calidad del diésel en Colombia.



**Fuente.** Ecopetrol S.A.

**Tabla 10.** Efectos en la salud humana por exposición al  $\text{SO}_2$ .

Límite de Exposición ppm ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Efectos sobre la salud
1(2613) – 5(13069)	Umbral de respuesta respiratoria al ejercicio o respiración profunda en individuos sanos.
3(7841) - 5(13069)	El gas es fácilmente detectable. Caída de la función respiratoria en reposo y resistencia a la corriente de

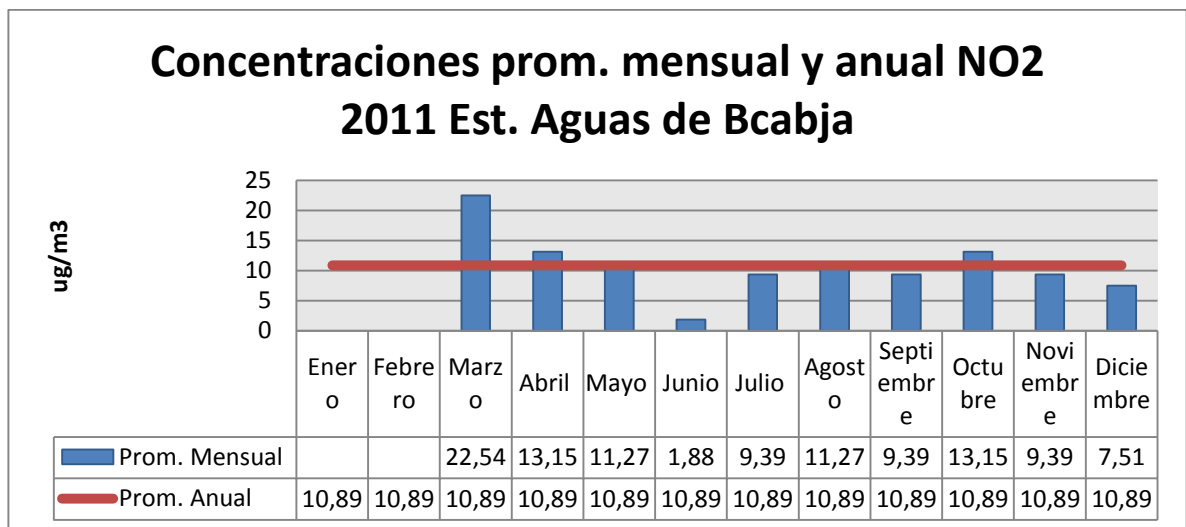
	aire.
<b>5 (13069)</b>	Aumento de la resistencia en individuos sanos.
<b>6 (15683)</b>	Inmediata irritación en ojos, nariz y garganta.
<b>10(26138)</b>	Empeora la irritación en ojos, nariz y garganta.
<b>10(26138) – 15(39208)</b>	Umbral de toxicidad por exposición prolongada.
<b>20 (52277)</b>	Parálisis o muerte después de exposición prolongada.
<b>150 (392081)</b>	Máxima concentración que puede ser resistida durante algunos minutos por individuos sanos.

**Fuente.** IVHHN – The International Volcanic Health Hazard Network.

Según esta información, las concentraciones de SO<sub>2</sub> encontradas durante este período no representan ningún riesgo para la salud. Sin embargo, hay que tener en cuenta el tiempo de exposición, el cual puede tener un impacto importante en el momento de hacer alguna interpretación final, ya que exposiciones a largo plazo al SO<sub>2</sub> y a partículas pequeñas de sulfato, son relacionadas con un incremento a la mortalidad por cáncer de pulmón, desarrollo de asma y obstrucción cardiopulmonar.<sup>1</sup>

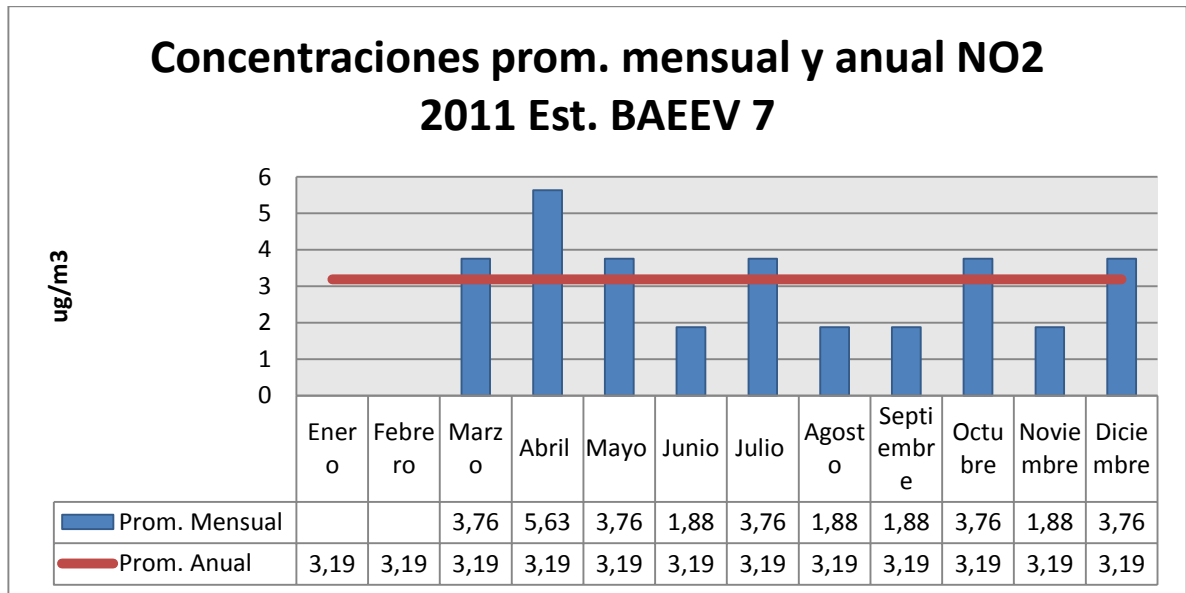
### 6.2.4. Comportamiento anual de la concentración del dióxido de nitrógeno – NO<sub>2</sub> en el año 2011

**Figura 26.** Comportamiento medio mensual y anual del NO<sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Aguas de Barrancabermeja.



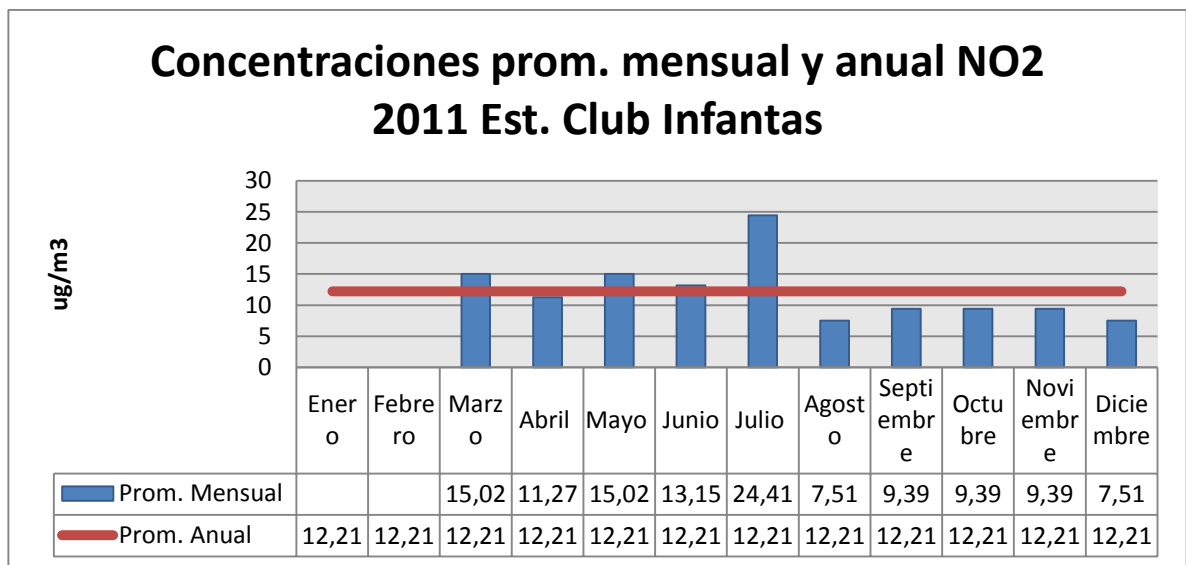
	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Max. Permisible anual</b>	100	Anual

**Figura 27.** Comportamiento medio mensual y anual del NO<sub>2</sub> en el año 2011 en la estación BAEEV 7.



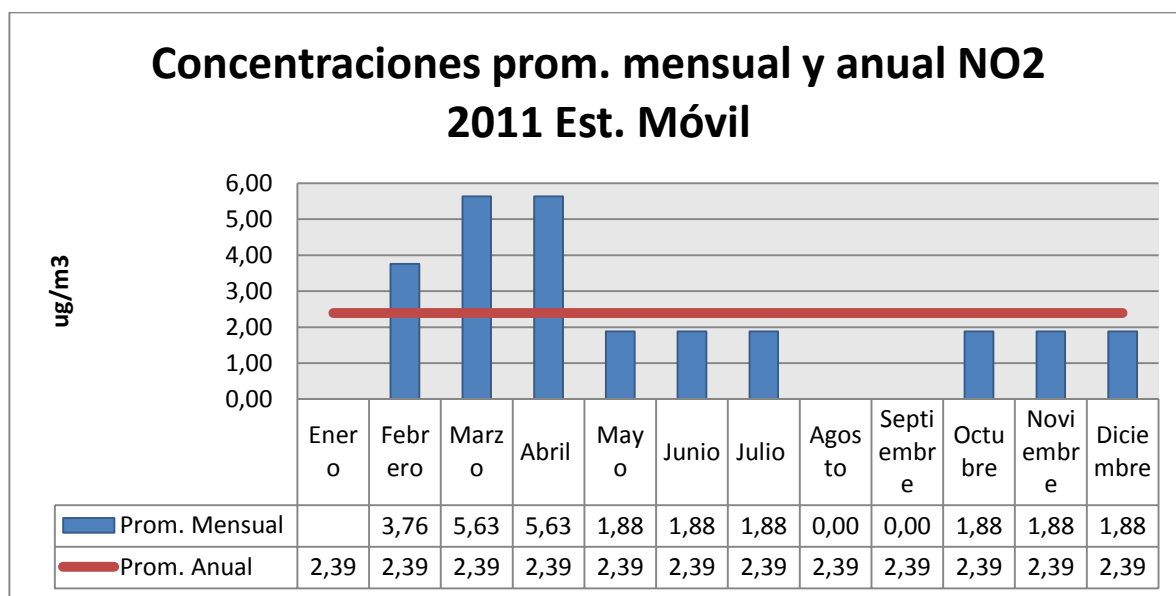
	ug/m <sup>3</sup>	Tiempo de exposición
<b>Max. Permissible anual</b>	100	Anual

**Figura 28.** Comportamiento medio mensual y anual del NO<sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Club Infantas.



	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Max. Permisible anual</b>	100	Anual

**Figura 29.** Comportamiento medio mensual y anual del NO<sub>2</sub> en el año 2011 en la estación Móvil.

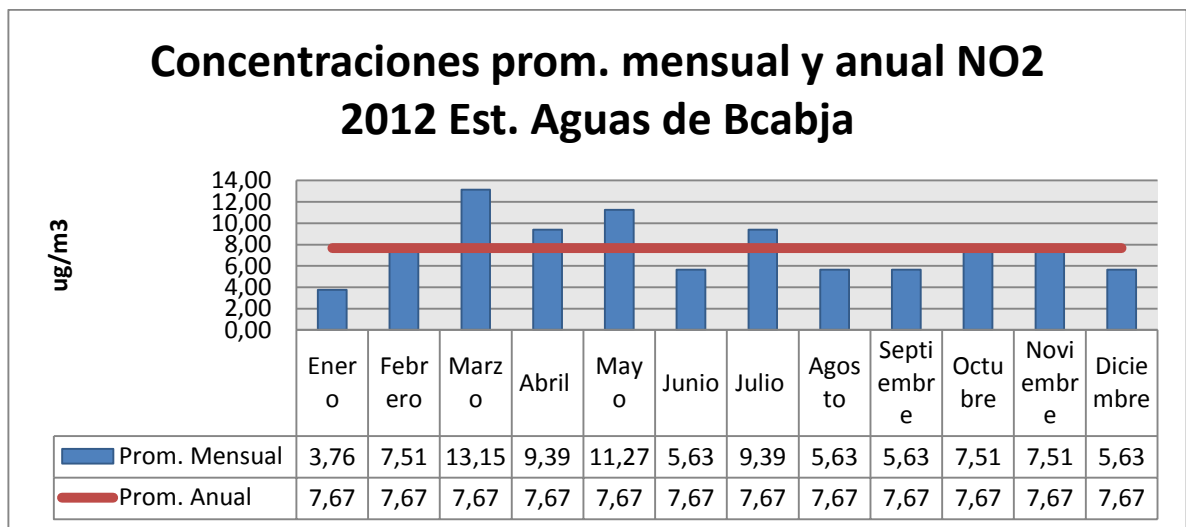


	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Max. Permisible anual</b>	100	Anual

Las concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas por la red de monitoreo en el 2011 no sobrepasan la norma anual máxima permisible en ninguna de las estaciones. En las figuras 26, 27, 28 y 29 se muestra el comportamiento de las concentraciones para esta norma, donde se observa que el valor más alto lo tuvo la estación Club Infantas con un promedio anual de 12,21 µg/m<sup>3</sup>, mientras que el valor máximo permisible por la resolución es de 100 µg/m<sup>3</sup>.

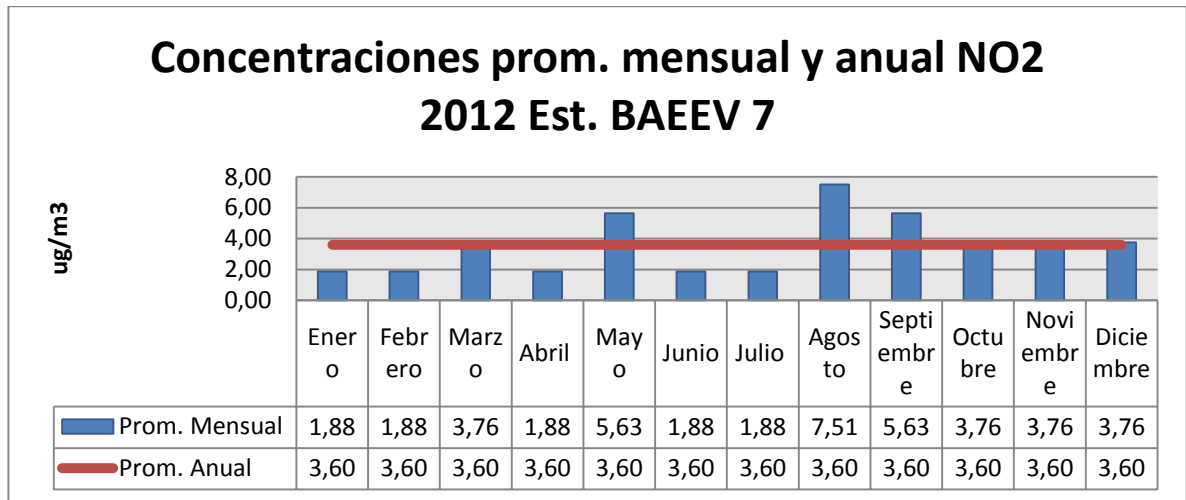
### 6.2.5. Comportamiento anual de la concentración del dióxido de nitrógeno – NO<sub>2</sub> en el año 2012

**Figura 30.** Comportamiento medio mensual y anual del NO<sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Aguas de Barrancabermeja.



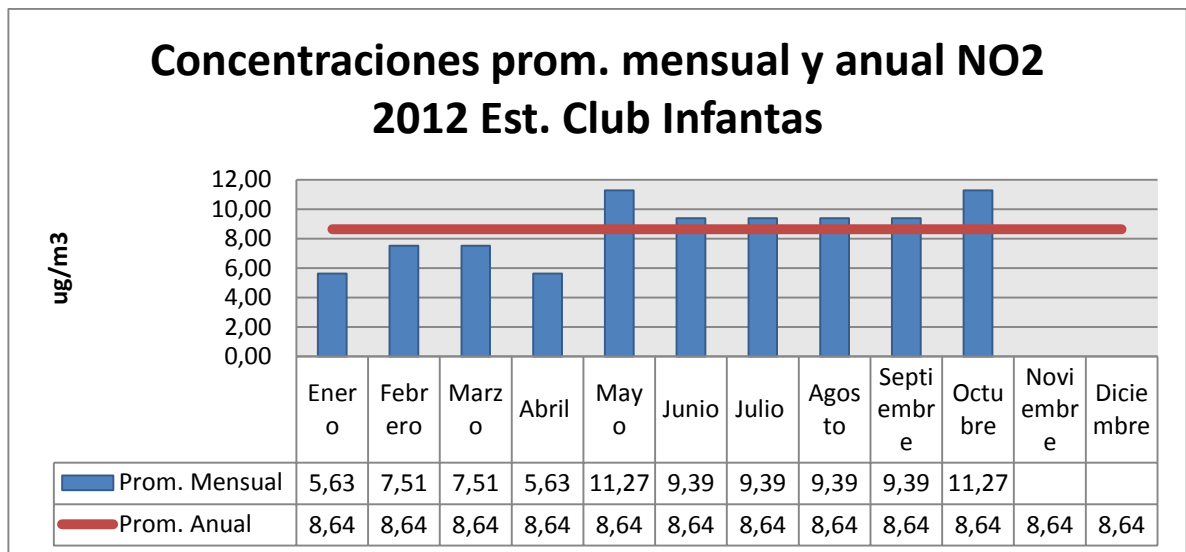
	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Max. Permissible anual</b>	100	Anual

**Figura 31.** Comportamiento medio mensual y anual del NO<sub>2</sub> en el año 2012 en la estación BAEV 7.



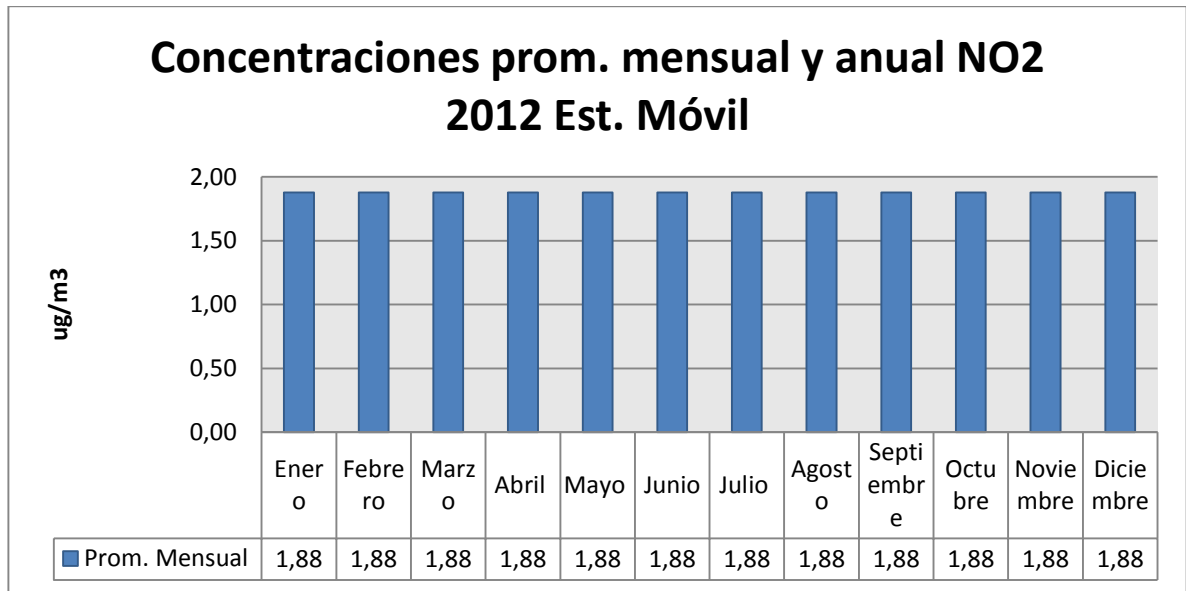
	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Max. Permissible anual</b>	100	Anual

**Figura 32.** Comportamiento medio mensual y anual del NO<sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Club Infantas.



	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Max. Permissible anual</b>	100	Anual

**Figura 33.** Comportamiento medio mensual y anual del NO<sub>2</sub> en el año 2012 en la estación Móvil.



	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Max. Permisible anual</b>	100	Anual

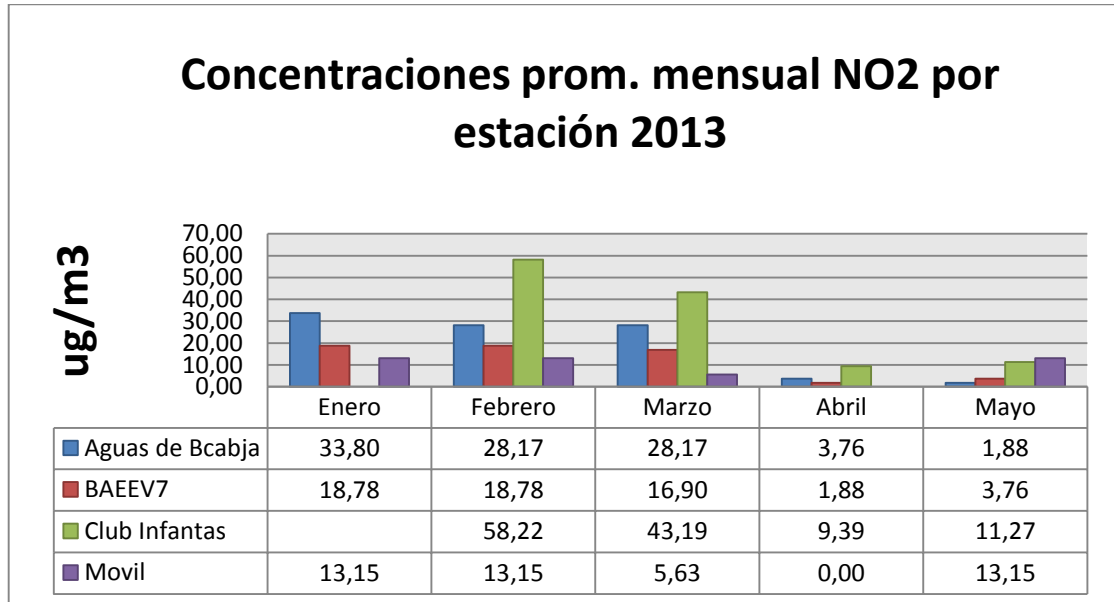
Las figuras 30, 31, 32 y 33; muestran el comportamiento anual del NO<sub>2</sub>, en las cuatro estaciones. Se observa que la estación que presentó mayor concentración media anual durante el año 2012 fue la estación Club Infantas con un valor registrado de 8,64 µg/m<sup>3</sup>. Al comparar los datos de los promedios anuales con el nivel máximo permisible anual del NO<sub>2</sub> establecido por la resolución 610 del 2010, muestra que ninguna de las estaciones supera el valor establecido por la norma el cual es de 100 µg/m<sup>3</sup>.

Según la figura 33 Se muestra que en la estación móvil, durante el año 2012 se registró el mismo valor de concentración para todos los meses el cual fue de 1,88 µg/m<sup>3</sup>. Esto puede presentarse por algún error o falla técnica en el sistema de operación de la red de monitoreo.



## 6.2.6. Comportamiento de la concentración del dióxido de nitrógeno – NO<sub>2</sub> en el año 2013

Figura 34. Comportamiento medio mensual del NO<sub>2</sub> en el año 2013.



En la estación Aguas de Barrancabermeja los meses en que hubo mayor concentración de NO<sub>2</sub> fueron en enero con 33,80 µg/m<sup>3</sup> y, 28,17 µg/m<sup>3</sup> en los meses de febrero y marzo; mientras que los valores mínimos se presentaron en abril y mayo con registros de 3,76 µg/m<sup>3</sup> y 1,88 µg/m<sup>3</sup>; respectivamente.

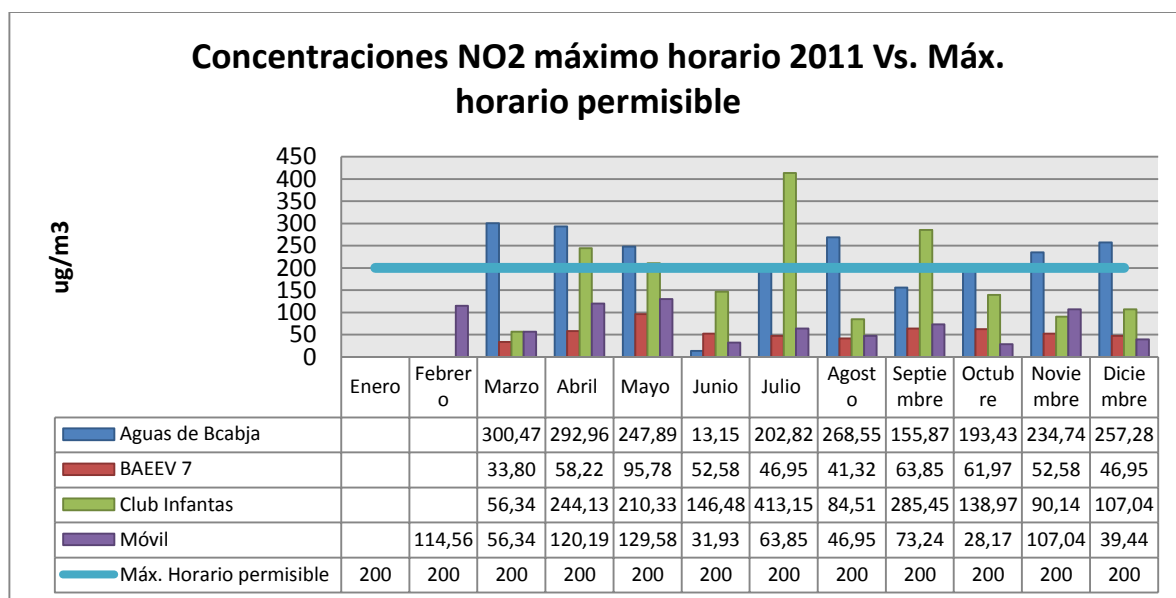
En la estación BAEEV 7, también se registró la mayor concentración en los meses de enero y febrero con 18,78 µg/m<sup>3</sup>; y los valores mínimos fueron de 1,88 µg/m<sup>3</sup> y de 3,76 µg/m<sup>3</sup> en los meses de abril y mayo. En la estación Club Infantas los mayores registros de concentraciones se dieron en febrero con un valor de 58,22 µg/m<sup>3</sup> y en marzo con un valor de 43,19 µg/m<sup>3</sup>; y los valores más bajos fueron de 9,39 µg/m<sup>3</sup> y de 11,27 µg/m<sup>3</sup> en abril y mayo respectivamente.

En la estación móvil, el valor más alto fue de 13,15 µg/m<sup>3</sup> el cual se repitió en enero, febrero y mayo mientras que en abril no se registró ninguna concentración de NO<sub>2</sub> por lo que en este mes el valor fue 0.

### 6.2.7. Comportamiento horario de la concentración del dióxido de nitrógeno – NO<sub>2</sub> en el año 2011

El gas contaminante NO<sub>2</sub> se analizó también de acuerdo a la norma horaria, por lo que se extrajeron los datos máximos registrados por la red en cada mes y a su vez en cada una de las estaciones. De esta manera, se comparó la concentración máxima registrada en el mes en cada estación con el valor máximo horario permisible establecido y así determinar si ha habido registros de datos que superen el valor establecido por la norma horaria.

**Figura 35.** Comportamiento horario máximo mensual del NO<sub>2</sub> en el año 2011.



**Tabla 11.** Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de NO<sub>2</sub> en el año 2011.

Concentración máxima mensual (µg/m <sup>3</sup> ), Fecha y Hora NO <sub>2</sub> 2011				
	Aguas de Barrancabermeja	BAEEV 7	Club Infantas	Móvil
Enero	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-

<b>Febrero</b>	-	-	-	114,56
	-	-	-	18/02/2011
	-	-	-	<b>19:00</b>
<b>Marzo</b>	300,47	33,8	56,34	56,34
	18/03/2011	20/03/2011	24/03/2011	04/03/2011
	<b>00:00</b>	<b>09:00</b>	<b>06:00</b>	<b>00:00</b>
<b>Abril</b>	292,96	58,22	244,13	120,19
	27/04/2011	25/04/2011	20/04/2011	10/04/2011
	<b>02:00</b>	<b>12:00</b>	<b>00:00</b>	<b>21:00</b>
<b>Mayo</b>	247,89	95,78	210,33	129,58
	12/05/2011	07/05/2011	14/05/2011	16/05/2011
	<b>04:00</b>	<b>07:00</b>	<b>00:00</b>	<b>18:00</b>
<b>Junio</b>	13,15	52,58	146,48	31,93
	20/06/2011	03/06/2011	29/06/2011	12/06/2011
	<b>14:00</b>	<b>22:00</b>	<b>07:00</b>	<b>19:00</b>
<b>Julio</b>	202,82	46,95	413,15	63,85
	09/07/2011	18/07/2011	13/07/2011	14/07/2011
	<b>07:00</b>	<b>09:00</b>	<b>04:00</b>	<b>21:00</b>
<b>Agosto</b>	268,5	41,32	84,51	46,95
	23/08/2011	06/08/2011	23/08/2011	02/08/2011
	<b>04:00</b>	<b>07:00</b>	<b>07:00</b>	<b>23:00</b>
<b>Septiembre</b>	155,87	63,85	285,45	73,24
	07/09/2011	23/09/2011	28/09/2011	16/09/2011
	<b>01:00</b>	<b>08:00</b>	<b>04:00</b>	<b>22:00</b>
<b>Octubre</b>	193,43	61,97	138,97	28,17
	22/10/2011	21/10/2011	10/10/2011	23/10/2011
	<b>05:00</b>	<b>06:00</b>	<b>19:00</b>	<b>07:00</b>
<b>Noviembre</b>	234,74	52,58	90,14	107,04
	03/11/2011	21/11/2011	11/11/2011	19/11/2011
	<b>05:00</b>	<b>19:00</b>	<b>10:00</b>	<b>11:00</b>
<b>Diciembre</b>	257,28	46,95	107,04	39,44
	20/12/2011	19/12/2011	29/12/2011	10/12/2011
	<b>04:00</b>	<b>02:00</b>	<b>13:00</b>	<b>11:00</b>

Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

En la estación Aguas de Barrancabermeja se registraron siete meses en los cuales las concentraciones máximas de NO<sub>2</sub> registradas superan el valor máximo permisible horario en el año 2011. Estos meses fueron marzo con 300,47 µg/m<sup>3</sup> a las 00:00 a.m., abril con 292,96 µg/m<sup>3</sup> a las 02:00 a.m., mayo con 247,89 µg/m<sup>3</sup> a las 04:00 a.m., julio con 202,82 µg/m<sup>3</sup> a las 07:00 a.m., agosto con 268,5 µg/m<sup>3</sup> a

las 04:00 a.m., noviembre con 234,74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 05:00 a.m. y diciembre con 257,28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 04:00 a.m.

En la estación Club Infantas se muestran cuatro meses en los cuales los valores sobrepasan los 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  límite permitido. Estos meses son: abril con 244,13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 00:00 a.m., mayo con 210,33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 00:00 a.m., julio con 413,15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 04:00 a.m. y por último septiembre con 285,45 a las 04:00 a.m.

Según la resolución 610 de 2010 en el mes de julio en la estación Club Infantas se debe dar un estado excepcional de prevención pues a las 04:00 a.m. se generan 413,15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$ . La norma indica que para un tiempo de exposición de una hora con una concentración mínima de 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se generará un estado de prevención.

A pesar de que los análisis se realizaron con las concentraciones máximas mensuales, en las estaciones BAEEV 7 y móvil no se registraron valores que superen el máximo horario permisible establecido por la resolución 610 de 2010.

La estación que muestra una tendencia mayor a marcar concentraciones por arriba de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en horas de la madrugada es la estación Aguas de Barrancabermeja que puede ser a causa de quemas de combustibles en la zona industrial que queda cercana a esta estación. Entre estas la empresa Fertilizantes de Colombia SA – Ferticol, la cual utiliza el Ácido Nítrico en intervalos de concentraciones de 55% a 60% como materia prima en la producción de fertilizantes nitrogenados<sup>7</sup>, por lo que, su reacción a altas temperaturas genera  $\text{NO}_x$ , lo que se puede evidenciar ya que habitantes cercanos a la zona han manifestado ver que las emisiones de esta empresa son de un color amarillo – verdoso característico de este contaminante.

La estación BAEEV 7 muestra los registros de datos más bajos debido a que la estación se encuentra dentro del batallón y allí no hay acceso normal de vehículos particulares.

Las horas en que se dan la mayoría de las concentraciones máximas de  $\text{NO}_2$  son a partir de las 6:00 p.m. cuando se está ocultando el sol, hasta las 5:00 a.m. cuando no hay radiación solar. El comportamiento del  $\text{NO}_2$  en las horas de la noche puede deberse a que son horas de mayor tráfico vehicular; no obstante, las altas concentraciones en las horas de la madrugada pueden ser por quemas de combustibles fósiles que realizan empresas a estas horas, ya que hay ocasiones en que la ciudad presenta un olor un poco desagradable, especialmente, cuando Ecopetrol decide quemar contaminantes y la llama se encuentra más encendida

de lo normal. Este olor es característico del NO<sub>2</sub>, que se evidencia en los registros de concentraciones máximas en la estación Club Infantas la cual es la siguiente estación, después de la BAEEV 7, más cercana a la empresa.

Otra causa de la alta concentración de NO<sub>2</sub> en horas de la noche y la madrugada son los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) ya que junto con los hidrocarburos (HC), son los principales precursores de la formación de ozono (O<sub>3</sub>) por acción de la luz solar<sup>8</sup>. Es decir, en una ciudad como Barrancabermeja donde la radiación solar es alta durante todo el día, el NO<sub>2</sub> y los HC reaccionan rápidamente para formar O<sub>3</sub>, por lo que, los registros de concentraciones de NO<sub>2</sub> son menores en el día y altos en la noche. Esto se evidencia en los anteriores ítems (6.2.4., 6.2.5, y 6.2.6.), donde las concentraciones mensuales de NO<sub>2</sub> nunca sobrepasaron el nivel máximo mensual permisible durante los 3 años, las concentraciones máximas horarias se dan en la ausencia de radiación solar y por lo que las concentraciones de O<sub>3</sub> son altas en el municipio, como se verá más adelante.

**Tabla 12.** Efectos en la salud humana por exposición al NO<sub>2</sub>.

Concentración (ppm)	Tiempo de exposición	Efecto observado
5	14 hrs.	Individuos normales: Incremento de la resistencia de las vías aéreas, aumento de la hiperreactividad bronquial.
2,5	2 hrs.	Individuos normales: Incremento de la resistencia de las vías aéreas.
1	2 hrs.	Individuos normales: Pequeño cambio en CVP*
0,5	3-60 min.	Individuos con bronquitis crónica: Incremento de la resistencia de las vías aéreas.
<0,5	20 min.	Individuos asmáticos, con 10 min. de ejercicio moderado: Disminución de FEV1**
*CVF: Capacidad vital forzada		** FEV1: Tasa máxima de flujo espiratorio

**Fuente.** [www.ucbcba.edu.bo/carreras/ingma/actividades/peaton2/peaton2000salud.htm](http://www.ucbcba.edu.bo/carreras/ingma/actividades/peaton2/peaton2000salud.htm).

Según la tabla 12., exposiciones menores a 0,5 ppm (938 µg/m<sup>3</sup>) durante 20 minutos puede causar disminución de la tasa máxima de flujo respiratorio en individuos asmáticos con 10 minutos de ejercicio moderado, es decir, que en el 2011 pudo haberse afectado la salud de esta manera, ya que la mayor concentración se dio en julio en la estación Club Infantas con un valor de 413,15 µg/m<sup>3</sup>, y en la estación Aguas de Barrancabermeja se dio el mayor número de registros de datos que sobrepasan el límite permisible, como lo muestra la figura 34.

### 6.2.8. Comportamiento horario de la concentración del dióxido de nitrógeno – NO<sub>2</sub> en el año 2012

Figura 36. Comportamiento horario máximo mensual del NO<sub>2</sub> en el año 2012.

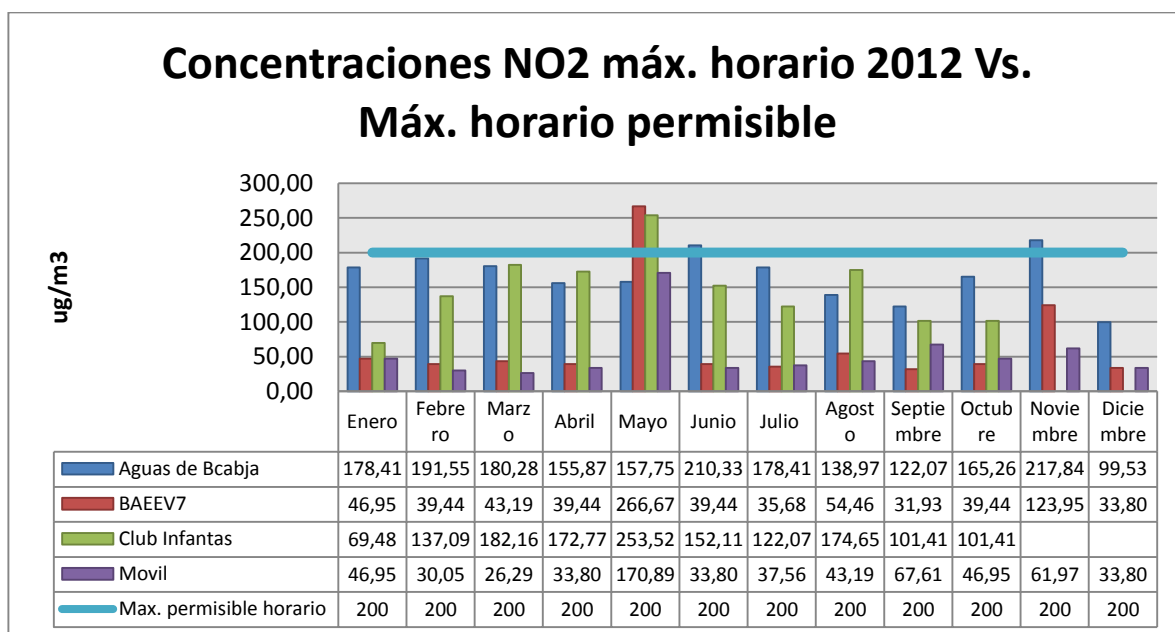


Tabla 13. Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de NO<sub>2</sub> en el año 2012.

<b>Concentración máxima mensual (µg/m<sup>3</sup>), Fecha y Hora NO<sub>2</sub> 2012</b>				
	<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	<b>BAEEV 7</b>	<b>Club Infantas</b>	<b>Móvil</b>
<b>Enero</b>	178,41	46,95	69,48	46,95
	24/01/2012	20/01/2012	08/01/2012	29/01/2012
	<b>23:00</b>	<b>04:00</b>	<b>23:00</b>	<b>19:00</b>
<b>Febrero</b>	191,55	39,44	137,09	30,05
	08/02/2012	25/02/2012	22/02/2012	02/02/2012
	<b>23:00</b>	<b>05:00</b>	<b>19:00</b>	<b>08:00</b>
<b>Marzo</b>	180,28	43,19	182,16	26,29
	11/03/2012	04/03/2012	11/03/2012	27/03/2012
	<b>07:00</b>	<b>02:00</b>	<b>13:00</b>	<b>21:00</b>
<b>Abril</b>	155,87	39,44	172,77	33,8

	14/04/2012	29/04/2012	27/04/2012	10/04/2012
	<b>01:00</b>	<b>02:00</b>	<b>09:00</b>	<b>06:00</b>
<b>Mayo</b>	157,75	266,67	253,52	170,89
	23/05/2012	20/05/2012	01/05/2012	26/05/2012
	<b>02:00</b>	<b>11:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Junio</b>	210,33	39,44	152,11	33,8
	28/06/2012	05/06/2012	01/06/2012	19/06/2012
	<b>01:00</b>	<b>01:00</b>	<b>19:00</b>	<b>08:00</b>
<b>Julio</b>	178,41	35,68	122,07	37,56
	17/07/2012	30/07/2012	31/07/2012	08/07/2012
	<b>07:00</b>	<b>05:00</b>	<b>12:00</b>	<b>00:00</b>
<b>Agosto</b>	138,97	54,46	174,65	43,19
	19/08/2012	15/08/2012	21/08/2012	16/08/2012
	<b>08:00</b>	<b>19:00</b>	<b>14:00</b>	<b>07:00</b>
<b>Septiembre</b>	122,07	31,93	101,41	67,61
	14/09/2012	10/09/2012	28/09/2012	27/09/2012
	<b>06:00</b>	<b>02:00</b>	<b>15:00</b>	<b>23:00</b>
<b>Octubre</b>	165,26	39,44	101,41	46,95
	30/10/2012	17/10/2012	17/10/2012	11/10/2012
	<b>11:00</b>	<b>21:00</b>	<b>07:00</b>	<b>23:00</b>
<b>Noviembre</b>	217,84	123,95	-	61,97
	30/11/2012	17/11/2012	-	27/11/2012
	<b>23:00</b>	<b>21:00</b>	-	<b>21:00</b>
<b>Diciembre</b>	99,53	33,8	-	33,8
	01/12/2012	17/12/2012	-	17/12/2012
	<b>23:00</b>	<b>19:00</b>	-	<b>22:00</b>

Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

La estación Aguas de Barrancabermeja presentó en el 2012, dos meses en los cuales los datos superaron el valor máximo permisible horario, los cuales fueron junio y noviembre con 210,33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a la 01:00 a.m. y 217,84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 23:00 p.m., es decir, supera el límite horario el cual es de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Las estaciones BAEEV 7 y Club Infantas superan los 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  límite horario permitido en mayo con valores máximos para cada estación de 266,67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 11:00 a.m. y 253,52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 12:00 m., respectivamente.

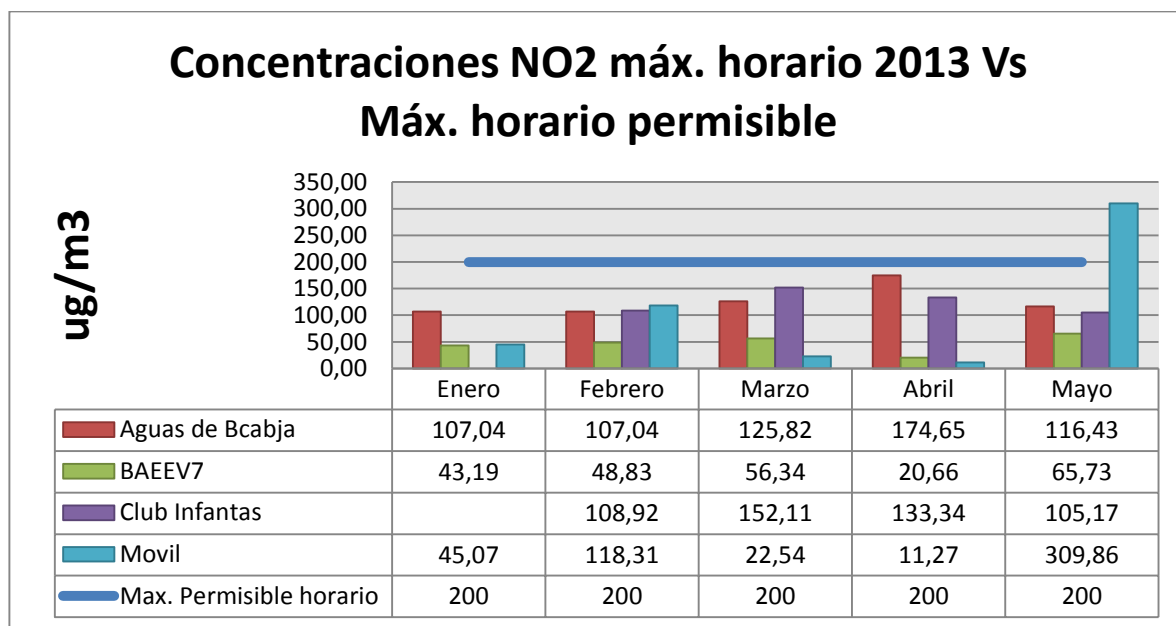
La estación móvil no muestra ninguna concentración que sobrepase el límite permitido, es decir, que los registros de datos en el año 2012 no superan los 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se observa que todas las estaciones muestran una tendencia de

estabilidad en cuanto a los valores de concentraciones máximas durante el año, pues en la estación Aguas de Barrancabermeja solo se ven dos concentraciones que superan el límite permisible y en la estación BAEEV 7 y Club Infantas se ve un dato que supera los 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Igual que en el año 2011, en este año pudo presentarse afectación a la salud de personas asmáticas según la tabla 10., ya que se registraron datos por encima de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación Aguas de Barrancabermeja, BAEEV 7 y Club Infantas como lo muestra la figura 36 y la tabla 13.

### 6.2.9. Comportamiento horario de la concentración del dióxido de nitrógeno – NO<sub>2</sub> en el año 2013

**Figura 37.** Comportamiento horario máximo mensual del NO<sub>2</sub> en el año 2013.



**Tabla 14.** Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de NO<sub>2</sub> en el año 2013.

Concentración máxima mensual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Fecha y Hora NO <sub>2</sub> 2013					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
<b>Aguas de</b>	107,04	107,04	125,82	174,65	116,43



<b>Barrancabermeja</b>	27/01/2013	04/02/2013	17/03/2013	16/04/2013	17/05/2013
	<b>02:00</b>	<b>21:00</b>	<b>05:00</b>	<b>07:00</b>	<b>00:00</b>
<b>BAEEV7</b>	43,19	48,83	56,34	20,66	65,73
	22/01/2013	04/02/2013	22/03/2013	19/04/2013	31/05/2013
	<b>09:00</b>	<b>02:00</b>	<b>13:00</b>	<b>10:00</b>	<b>04:00</b>
<b>Club Infantas</b>	-	108,92	152,11	133,34	105,17
	-	19/02/2013	25/03/2013	12/04/2013	08/05/2013
	-	<b>20:00</b>	<b>04:00</b>	<b>08:00</b>	<b>07:00</b>
<b>Móvil</b>	45,07	118,31	22,54	11,27	309,86
	11/01/2013	09/02/2013	06/03/2013	09/04/2013	18/05/2013
	<b>11:00</b>	<b>18:00</b>	<b>18:00</b>	<b>12:00</b>	<b>16:00</b>

**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

En la estación móvil se dio el registro del único dato que superó el valor máximo horario permisible por la resolución 610 de 2010 el cual fue en el mes de mayo del 2013. Este dato fue de 309,86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 16:00 p.m., mientras que el valor máximo horario permisible es de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el  $\text{NO}_2$ .

De acuerdo a la figura 37., En el año 2013 en los meses de enero a mayo no se presentaron concentraciones superiores al límite horario permisible en las estaciones Aguas de Barrancabermeja, BAEEV 7 y Club Infantas; lo que muestra que en estas estaciones comparadas con los años anteriores hubo una tendencia de disminución de los valores registrados de  $\text{NO}_2$  desde enero hasta mayo.

En cuanto a los efectos a la salud, en mayo pudo haberse presentado alguna complicación de salud en personas asmáticas en la comuna 7 según la tabla 12., ya que es el lugar donde se encuentra ubicada la estación móvil que a su vez presentó el mayor valor de concentración de  $\text{NO}_2$  superando los 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  límites permitidos.

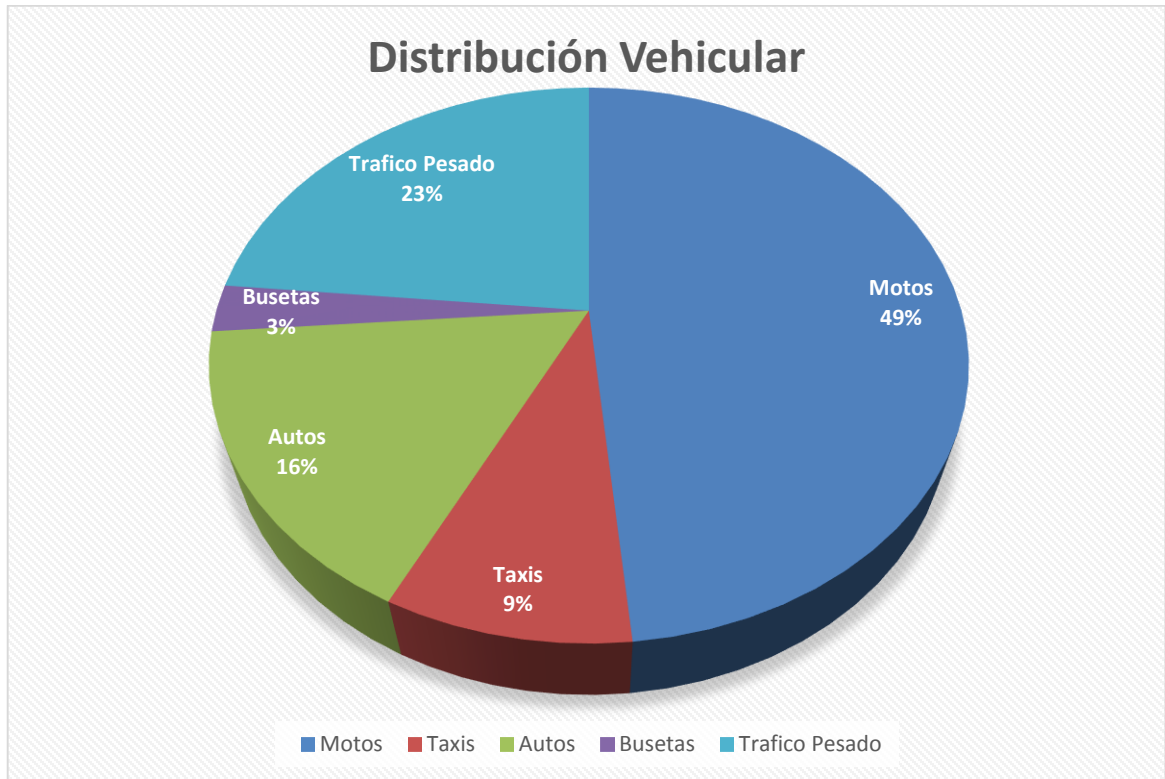
El  $\text{NO}_2$ , es muy conocido por su frecuente presencia en zonas urbanas, a causa de los diferentes procesos de combustión, incrementándose su concentración directamente con el parque automotor, ya que este se forma cuando se quema combustible a altas temperaturas y dicho combustible contiene compuestos nitrogenados como la gasolina. Por lo tanto, las principales fuentes antropogénicas de  $\text{NO}_2$  son los vehículos automotores, plantas de generación de electricidad y otras fuentes industriales, comerciales y residenciales que queman combustibles.<sup>4</sup>

Para determinar el porcentaje de vehículos aproximados que se encuentran en la ciudad, se realizó un aforo vehicular en el cual se tomaron 12 puntos caracterizados por ser paso obligatorio de vehículos pesados para llegar a zona industrial, vías en dirección a barrios principales, zonas comerciales diurnas y nocturnas, etc. Para tener un dato más exacto el aforo de vehículos se hizo cada 15 minutos por punto, y entre semana en las jornadas de la mañana y tarde en horas picos y horas de poco tránsito vehicular, en cada jornada. Finalmente, se continuó con el aforo un sábado o domingo en los mismos horarios anteriores.

**Tabla 15.** Resultados promedio del aforo vehicular o fuentes móviles.

RESULTADOS PROMEDIO													Totales		
No.	Sector	Tipo										Tráfico Liviano	Tráfico Pesado	Presión Sonora dB	
		Motos	Taxis	Autos	Busetas	Buses	Camión 2 Ejes P	Camión 2 Ejes G	Camión 3,4 Ejes	Camión 5 Ejes	Camión 6 Ejes				
1	OBRAS PÚBLICAS	521	58	100	16	5	31	15	33	5	7	695	200	78,4	
2	ZONA ROSA BOSTON	186	18	25	11	1	10	7	9	2	6	240	62	73,6	
3	TELECOM	412	155	131	50	1	11	1	1	0	0	748	194	75,2	
4	PRIMERO DE MAYO	489	56	77	23	3	12	3	0	0	0	646	118	74,0	
5	USO ANTIGUA	575	130	241	58	8	22	8	1	1	4	1004	337	74,4	
6	AVENIDA 36 VILLA OLIMPICA	452	60	232	31	7	32	20	16	5	14	774	336	79,1	
7	CANCHA FLORESTA	78	17	23	4	0	3	1	0	0	0	122	31	66,9	
8	REFINERIA (25 AGOSTO)	110	19	106	12	9	13	10	27	1	2	246	176	74,0	
9	RETEN	99	25	122	13	4	15	13	3	2	2	259	171	74,7	
10	CARRERA 28 CALLE 50	839	208	337	40	8	36	13	1	0	0	1424	434	75,4	
11	CALLE 50 ZONA ROSA	434	75	199	11	0	13	6	0	0	0	719	229	73,9	
12	AVENIDA 36 HELOS	1072	154	265	26	2	31	12	1	1	0	1517	337	75,7	
13	EL UNO	372	51	59	25	1	11	7	1	0	0	507	104	73,7	
<b>Totales Barrancabermeja</b>		<b>5639</b>	<b>1025</b>	<b>1917</b>	<b>319</b>	<b>47</b>	<b>238</b>	<b>115</b>	<b>93</b>	<b>17</b>	<b>35</b>	<b>8900</b>	<b>2729</b>	<b>74,5</b>	

**Figura 38.** Distribución vehicular en Barrancabermeja.



**Fuente.** Secretaría de Medio Ambiente de Barrancabermeja – SMAB.

Según las cifras de la figura 38., la distribución por tipo de vehículo es la siguiente: el 49% es el porcentaje de motos que hay en Barrancabermeja; el 23% es tráfico pesado conformado por camiones de 2 ejes grandes y pequeños, y de 3, 4, 5 y 6 ejes; el 16% son autos; el 9% taxis y el 3% son busetas.

Este porcentaje es el total de vehículos que circulan en la ciudad de Barrancabermeja, es decir, que no se diferencia entre los vehículos matriculados en Barrancabermeja y los foráneos que se encuentran circulando en la ciudad.

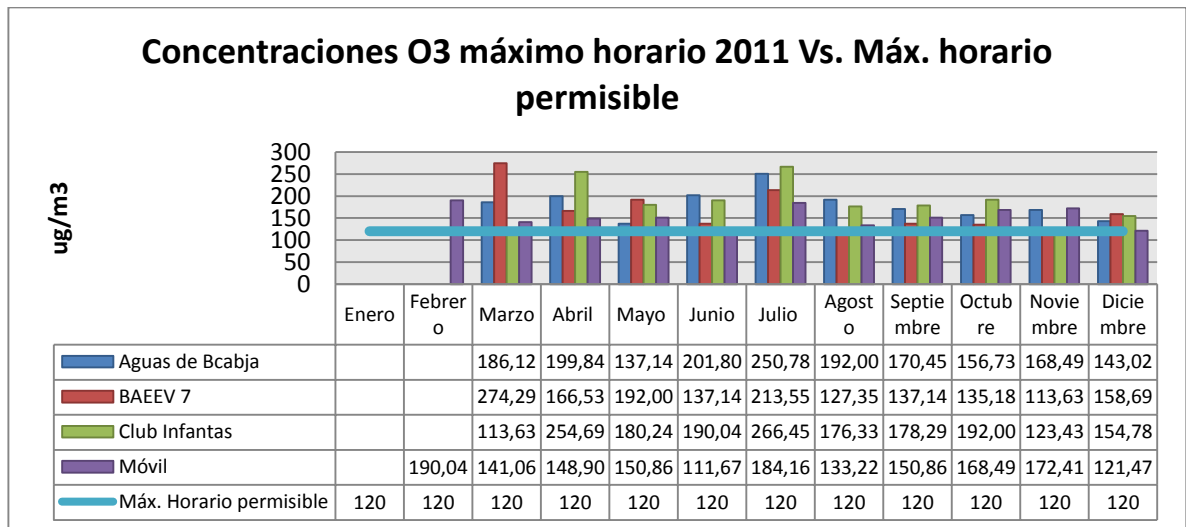
Lo anterior permite señalar que a pesar de que Barrancabermeja es un municipio con un creciente parque de vehículos, y anudado a la presencia de industrias de diferentes sectores económicos y sub-estaciones eléctricas, el promedio anual de NO<sub>2</sub> no supera la norma establecida para este período en ninguna de las estaciones en los años 2011, 2012 y desde enero hasta mayo del 2013; pero sí

hubo momentos en los que se superó la norma horaria en estos años por lo que pudo haber provocado molestias en la salud de la comunidad.

Las tablas 11, 12 y 13; muestran que hay horarios de las concentraciones picos de NO<sub>2</sub> que se dan en las madrugadas, por lo que se infiere que estas se dan a causa de quemas realizadas por las empresas durante la madrugada, ya que a estas horas no se encuentran una cantidad alta de vehículos circulando por la ciudad, además, la ausencia de radiación solar es fundamental para que este contaminante no reaccione para formar ozono.

### 6.2.10. Comportamiento horario de la concentración del ozono – O<sub>3</sub> en el año 2011

**Figura 39.** Comportamiento horario máximo mensual del O<sub>3</sub> en el año 2011.



Las concentraciones máximas horarias de ozono registradas en las estaciones Aguas de Barrancabermeja, BAEV 7, Club Infantas y Móvil superan en casi todos los meses durante el año 2011 el nivel máximo horario permisible establecido para este contaminante el cual es de 120 µg/m<sup>3</sup>. Aunque en marzo en la estación Club Infantas el valor máximo horario es de 113 µg/m<sup>3</sup> y en la estación móvil en junio el valor es de 111,67 µg/m<sup>3</sup> por lo que no supera la norma horaria; en general el comportamiento en todas las estaciones durante el año 2011 es estable, es decir,

que ha sido similar a lo largo del tiempo, pues la mayoría de las concentraciones en las estaciones superan la norma.

**Tabla 16.** Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de O<sub>3</sub> en el año 2011.

<b>Concentración máxima mensual (ug/m3), Fecha y Hora O<sub>3</sub> 2011</b>				
	<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	<b>BAEEV 7</b>	<b>Club Infantas</b>	<b>Móvil</b>
<b>Enero</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>Febrero</b>	-	-	-	190,04
	-	-	-	26/02/2011
	-	-	-	<b>15:00</b>
<b>Marzo</b>	186,12	274,29	113,63	141,06
	26/03/2011	31/03/2011	17/03/2011	17/03/2011
	<b>17:00</b>	<b>16:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Abril</b>	199,84	166,53	254,69	148,9
	24/04/2011	29/04/2011	24/04/2011	05/04/2011
	<b>14:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>14:00</b>
<b>Mayo</b>	137,14	192	180,24	150,86
	07/05/2011	29/05/2011	06/05/2011	31/05/2011
	<b>17:00</b>	<b>16:00</b>	<b>17:00</b>	<b>16:00</b>
<b>Junio</b>	201,8	137,14	190,04	111,67
	01/06/2011	20/06/2011	11/06/2011	01/06/2011
	<b>13:00</b>	<b>14:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Julio</b>	250,78	213,55	266,45	184,16
	05/07/2011	31/07/2011	31/07/2011	05/07/2011
	<b>12:00</b>	<b>15:00</b>	<b>13:00</b>	<b>14:00</b>
<b>Agosto</b>	192	127,35	176,35	133,22
	25/08/2011	07/08/2011	07/08/2011	05/08/2011
	<b>15:00</b>	<b>11:00</b>	<b>12:00</b>	<b>11:00</b>
<b>Septiembre</b>	170,45	137,14	178,29	150,86
	02/09/2011	06/09/2011	06/09/2011	06/09/2011
	<b>14:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>15:00</b>
<b>Octubre</b>	156,73	135,18	192	168,49
	31/10/2011	02/10/2011	23/10/2011	29/10/2011

	<b>14:00</b>	<b>11:00</b>	<b>13:00</b>	<b>14:00</b>
<b>Noviembre</b>	168,49	113,63	123,43	172,41
	25/11/2011	08/11/2011	22/11/2011	25/11/2011
	<b>15:00</b>	<b>14:00</b>	<b>14:00</b>	<b>16:00</b>
<b>Diciembre</b>	143,02	158,69	154,78	121,47
	22/12/2011	21/12/2011	10/12/2011	15/12/2011
	<b>13:00</b>	<b>16:00</b>	<b>15:00</b>	<b>13:00</b>

**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

En la figura 39 y la tabla 16., se muestran las concentraciones máximas horarias; es claro que estas concentraciones se dan a finales de las horas de la mañana y en las horas de la tarde, a partir de las 11:00 a.m. hasta las 17:00 p.m. cuando la radiación solar se encuentra alta.

Las concentraciones de O<sub>3</sub> máximas horarias se dan principalmente en las horas de la tarde ya que este se forma a causa de la radiación solar.

**Tabla 17.** Valores de Radiación solar, fecha y hora máximos mensuales en el año 2011.

<b>Radiación Solar máxima mensual (watt/m<sup>2</sup>), Fecha y Hora O<sub>3</sub> 2011</b>				
	<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	<b>BAEEV 7</b>	<b>Club Infantas</b>	<b>Móvil</b>
<b>Enero</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>Febrero</b>	-	-	-	1129.2
	-	-	-	20/02/2011
	-	-	-	<b>12:00</b>
<b>Marzo</b>	1063.2	1096	1063.7	1169.6
	27/03/2011	16/03/2011	30/03/2011	04/03/2011
	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Abril</b>	1130	1091.6	1074.8	1213.1
	13/04/2011	19/04/2011	23/04/2011	06/04/2011
	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Mayo</b>	1080.8	1048.1	992	1051.6
	15/05/2011	23/05/2011	24/05/2011	26/05/2011
	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Junio</b>	1004.7	1013.7	991	1055

	06/06/2011	04/06/2011	28/06/2011	06/06/2011
	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Julio</b>	227.6	1130.4	1007.4	1076.9
	01/07/2011	13/07/2011	29/07/2011	07/07/2011
	<b>16:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Agosto</b>	-	1070,8	1006	1104
	-	21/08/2011	19/08/2011	19/08/2011
	-	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Septiembre</b>	-	1166,1	1016,9	1098,3
	-	09/09/2011	13/09/2011	09/09/2011
	-	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Octubre</b>	-	1131,2	1028	1056,9
	-	12/10/2011	16/10/2011	17/10/2011
	-	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Noviembre</b>	1068,9	1050,5	1025,3	1081
	02/11/2011	02/11/2011	22/11/2011	22/11/2011
	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>11:00</b>
<b>Diciembre</b>	956	1074,9	978,6	1091,3
	15/12/2011	14/12/2011	14/12/2011	22/12/2011
	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>

**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

La tabla 17., muestra que los valores máximos mensuales de radiación solar en el año 2011, se dan entre las 12:00 del mediodía y las 13:00 de la tarde.

A pesar de que las cuatro estaciones muestran concentraciones máximas horarias por encima del nivel permisible, las concentraciones de O<sub>3</sub> registradas en la estación Aguas de Barrancabermeja se pueden relacionar, además de la alta radiación solar que se da en todo el municipio, con la emisión de NO<sub>x</sub> que generan los procesos productivos de la zona industrial como la empresa Fertilcol, anteriormente nombrada, que utiliza el ácido nítrico como materia prima. Estas emisiones constantes de NO<sub>x</sub> reaccionan con ayuda de la alta radiación solar formando rápidamente el O<sub>3</sub>. Cabe recordar que la estación Aguas de Barrancabermeja mostró una tendencia a marcar concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> superiores al nivel permisible (ítem 6.2.7.).

Otra causa es el alto tráfico de vehículos que pasan por la zona, especialmente vehículos pesados y camionetas, ya que de 12:00 m. a 17:00 p.m. es horario de trabajo y es en el que se presentan las concentraciones máximas en esta estación.

La estación Club Infantas presenta concentraciones máximas horarias de  $O_3$  durante las 12:00 m. hasta las 17:00 p.m., debido a que se encuentra dentro del casco urbano específicamente en la comuna 1, por lo que las concentraciones altas de  $O_3$  se dan a causa del tráfico de todo tipo de vehículos como motos, autos, busetas, y vehículos pesados; principalmente en horario pico el cual es de 12:00 m. a 2:00 p.m. y donde los valores de radiación solar son máximos. Además esta estación es una de las que queda cerca a Ecopetrol, después de la estación BAEEV 7; por lo que las quemaduras que se realizan en la empresa contribuyen a la formación de  $NO_x$  e hidrocarburos y por tanto de  $O_3$  al ser emitidos a la atmósfera.

Cabe resaltar que las estaciones Aguas de Barrancabermeja y Club Infantas presentaron los registros de concentraciones máximas horarias de  $NO_2$  que superaron el nivel permisible en el 2011, por lo que sería otra de las razones de que en estas estaciones se genere altas concentraciones de  $O_3$ .

La estación BAEEV 7 se encuentra en la comuna 2, es decir, que las concentraciones de  $O_3$  registradas a partir de las 11:00 a.m. a las 16:00 p.m. se dan a causa del tráfico vehicular que se da en los barrios que componen esta comuna. También, la estación se encuentra cerca a la puerta norte la cual es la principal entrada a la refinería de Ecopetrol, por lo que emisiones como  $NO_x$  e hidrocarburos reaccionan con la radiación solar llevando a generar el  $O_3$ .

En la estación móvil a pesar de que las concentraciones máximas horarias de  $O_3$  también superan el nivel horario máximo permisible regido por la norma, es la estación que registra los niveles más bajos comparados con las otras tres estaciones ya que esta se encuentra en la comuna 7, la cual queda un poco alejada del casco urbano, por lo que los registros de  $O_3$  se dan principalmente por el tráfico de autos, motos y busetas que circulan por los barrios que conforman esta comuna, ya que en una ciudad como Barrancabermeja donde el clima es caliente, la radiación solar durante todo el día se encuentra alta; por lo que las emisiones de los vehículos de 11:00 a.m. a 16:00 p.m. contribuyen a generar el alto nivel de  $O_3$  independientemente de la hora pico.

Hay que tener en cuenta los fenómenos naturales por los que también se forma ozono como los incendios forestales y los rayos y truenos los cuales son comunes durante la época de lluvias en la ciudad.



**Tabla 18.** Efectos en la salud humana por exposición al O<sub>3</sub>.

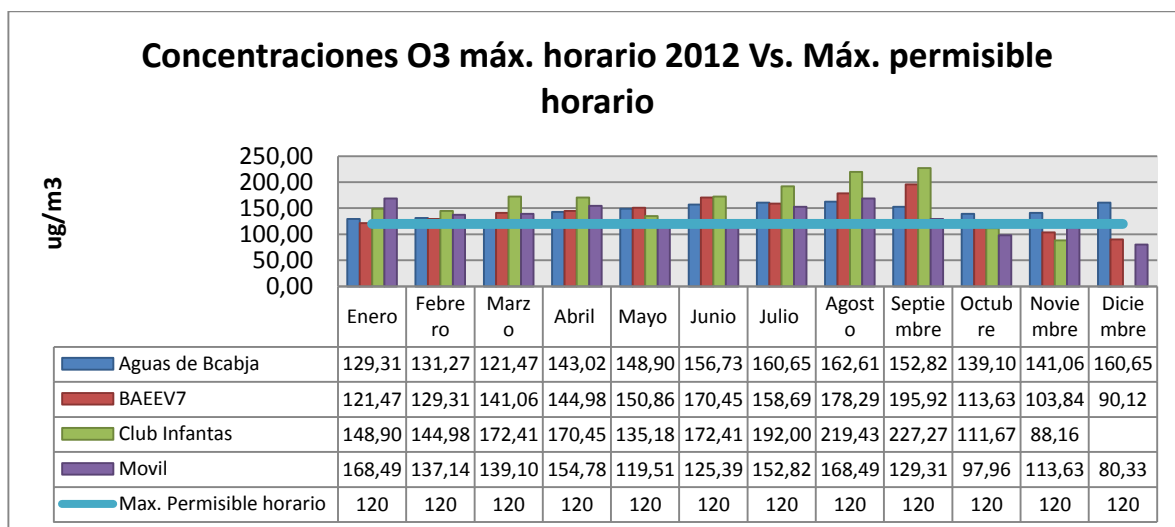
Concentración (ppm)	Tiempo de exposición	Efecto observado
0,08 – 0,15		Tos y dolor de cabeza
0,12	1 - 3 horas	En individuos sanos, durante el ejercicio: Disminuye la Tasa Máxima de Flujo respiratorio y la Capacidad Vital Forzada. Incrementa la sensibilidad de las vías aéreas, lo cual podría significar un aumento en la respuesta a otros contaminantes.
0,12	2 - 5 horas	Disminución de la función pulmonar en niños y adultos, durante ejercicio fuerte
0,24	1 - 3 horas	En individuos sanos, durante el ejercicio: Incremento en la frecuencia respiratoria, disminución en la resistencia de las vías aéreas, disminución de la función pulmonar.

**Fuente.** [www.ucbcba.edu.bo/carreras/ingma/actividades/peaton2/peaton2000salud.htm](http://www.ucbcba.edu.bo/carreras/ingma/actividades/peaton2/peaton2000salud.htm).

Según la tabla 18, a partir de una concentración de 0,08 ppm (156 µg/m<sup>3</sup>) a 0,15 ppm (293 µg/m<sup>3</sup>) el efecto observado en la salud de las personas es tos y dolor de cabeza y a una concentración de 0,12 ppm (235 µg/m<sup>3</sup>) incrementa la sensibilidad de las vías aéreas y otros efectos observados, ya que el valor más alto en el 2011 fue de 274,29 µg/m<sup>3</sup>

### 6.2.11. Comportamiento horario de la concentración del ozono – O<sub>3</sub> en el año 2012

Figura 40. Comportamiento horario máximo mensual del O<sub>3</sub> en el año 2012.



Las concentraciones máximas que muestra la figura 40, superan el nivel máximo horario permisible el cual es de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el año 2012. En la estación BAEEV 7 las concentraciones máximas horarias en octubre, noviembre y diciembre están un poco por debajo del límite horario permisible, en la estación Club Infantas los meses que muestran valores por debajo del límite son octubre y noviembre y por último en la estación Móvil se repiten los meses de concentraciones que no superan el límite permisible los cuales son mayo, octubre, noviembre y diciembre.

En general el comportamiento del O<sub>3</sub> en sus niveles máximos es similar al del año 2011, por lo que sigue siendo estable y no se muestra mejoría en la formación de este contaminante. También se ve una similitud en los meses con menores concentraciones pues estas se dieron en octubre, noviembre y diciembre.

**Tabla 19.** Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de O<sub>3</sub> en el año 2012.

<b>Concentración máxima mensual (ug/m3), Fecha y Hora O<sub>3</sub> 2012</b>				
	<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	<b>BAEEV 7</b>	<b>Club Infantas</b>	<b>Móvil</b>
<b>Enero</b>	129,31	121,47	148,9	168,49
	13/01/2012	13/01/2012	13/01/2012	13/01/2012
	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Febrero</b>	131,27	129,31	144,98	137,14
	24/02/2012	24/02/2012	24/02/2012	24/02/2012
	<b>14:00</b>	<b>12:00</b>	<b>16:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Marzo</b>	121,47	141,06	172,41	139,1
	02/03/2012	27/03/2012	02/03/2012	21/03/2012
	<b>14:00</b>	<b>16:00</b>	<b>13:00</b>	<b>14:00</b>
<b>Abril</b>	143,02	144,98	170,45	154,78
	15/04/2012	20/04/2012	15/04/2012	15/04/2012
	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Mayo</b>	148,9	150,86	135,18	119,51
	18/05/2012	11/05/2012	25/05/2012	18/05/2012
	<b>14:00</b>	<b>14:00</b>	<b>15:00</b>	<b>14:00</b>
<b>Junio</b>	156,73	170,45	172,41	125,39
	12/06/2012	07/06/2012	07/06/2012	12/06/2012
	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Julio</b>	160,65	158,69	192	152,82
	28/07/2012	09/07/2012	28/07/2012	30/07/2012
	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>15:00</b>
<b>Agosto</b>	162,61	178,29	219,43	168,49
	30/08/2012	02/08/2012	02/08/2012	02/08/2012
	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Septiembre</b>	152,82	195,92	227,27	129,31
	09/09/2012	04/09/2012	09/09/2012	18/09/2012
	<b>12:00</b>	<b>15:00</b>	<b>11:00</b>	<b>16:00</b>
<b>Octubre</b>	139,1	113,63	111,67	97,96
	20/10/2012	23/10/2012	20/10/2012	08/10/2012
	<b>14:00</b>	<b>15:00</b>	<b>16:00</b>	<b>14:00</b>
<b>Noviembre</b>	141,06	103,84	88,16	113,63
	20/11/2012	13/11/2012	04/11/2012	16/11/2012
	<b>16:00</b>	<b>14:00</b>	<b>13:00</b>	<b>14:00</b>
<b>Diciembre</b>	160,65	90,12	-	80,33

	10/12/2012	03/12/2012	-	10/12/2012
	<b>14:00</b>	<b>16:00</b>	-	<b>16:00</b>

Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

En la tabla 19, se muestra nuevamente que los horarios en los que se dan las concentraciones máximas son de 11:00 de la mañana a las 16:00 p.m. Estas concentraciones se dan en los horarios en que la radiación es muy alta, lo que contribuye a la formación de O<sub>3</sub>, este es el mismo comportamiento horario que se dio en el año 2011.

**Tabla 20.** Valores de Radiación solar, fecha y hora máximos mensuales en el año 2012.

<b>Radiación Solar máxima mensual (watt/m<sup>2</sup>), Fecha y Hora O<sub>3</sub> 2012</b>				
	<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	<b>BAEEV 7</b>	<b>Club Infantas</b>	<b>Móvil</b>
<b>Enero</b>	974.5	1002.7	953.4	1082.1
	27/01/2012	31/01/2012	31/01/2012	27/01/2012
	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Febrero</b>	1026.3	1046.9	987.6	1160.7
	29/02/2012	11/02/2012	06/02/2012	21/02/2012
	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Marzo</b>	1085.9	1071.9	1038.1	1195.8
	13/03/2012	13/03/2012	13/03/2012	13/03/2012
	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Abril</b>	1103.5	1122	1035.2	1198.8
	11/04/2012	25/04/2012	13/04/2012	11/04/2012
	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Mayo</b>	1091.4	1083.6	1034	1168
	16/05/2012	23/05/2012	23/05/2012	15/05/2012
	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Junio</b>	1053	1024.4	1023.2	1141.5
	02/06/2012	28/06/2012	02/06/2012	29/06/2012
	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Julio</b>	1036.6	1091.5	976.6	976.6
	25/07/2012	05/07/2012	25/07/2012	25/07/2012
	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Agosto</b>	1083.6	1035	1021.4	1160.6

	16/08/2012	10/08/2012	22/08/2012	03/08/2012
	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Septiembre</b>	1094.6	1084.5	1042	1155
	25/09/2012	13/09/2012	01/09/2012	20/09/2012
	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Octubre</b>	1046.9	1100.7	970.3	1174.7
	09/10/2012	17/10/2012	09/10/2012	09/10/2012
	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Noviembre</b>	943.9	1051.4	1023.4	1167.9
	19/11/2012	03/11/2012	01/11/2012	03/11/2012
	<b>11:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Diciembre</b>	957.8	976.5	947,2	1091,9
	01/12/2012	01/12/2012	27/12/2012	06/12/2012
	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>

**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

Se observa que los valores de radiación solar máximos se dan entre las 12:00 m. y las 13:00 de la tarde, igual que en el año 2011.

La estación Aguas de Barrancabermeja obtuvo valores de concentraciones horarias máximas superiores al nivel permisible durante todo el año, esto ya que se encuentra ubicada en un lugar estratégico cercana a la zona industrial, por lo que las emisiones de NO<sub>x</sub> en la zona, sumado al alto tráfico vehicular de transporte pesado y a los altos valores de radiación solar los cuales son constantes, contribuyen a formar las altas concentraciones de O<sub>3</sub> en esta estación.

Las bajas concentraciones de O<sub>3</sub> en el 2012, en las estaciones BAEEV7, Club Infantas y Móvil durante octubre, noviembre y diciembre se pueden haber dado por la disminución de concentraciones de NO<sub>2</sub> durante este mismo año pues solo se dieron concentraciones máximas superiores al límite permisible de NO<sub>2</sub> durante mayo en las estaciones BAEEV 7 y Club Infantas, mientras que en la estación móvil no hubo ninguna concentración por encima del límite. (ítem 6.2.8. Figura 36.) A diferencia del año 2011, en el que se presentaron eventos de concentraciones máximas horarias permisibles de NO<sub>2</sub> durante todo el año, lo que contribuye a ser una de las causas de concentraciones máximas horarias superiores a la norma de O<sub>3</sub> durante el 2011.

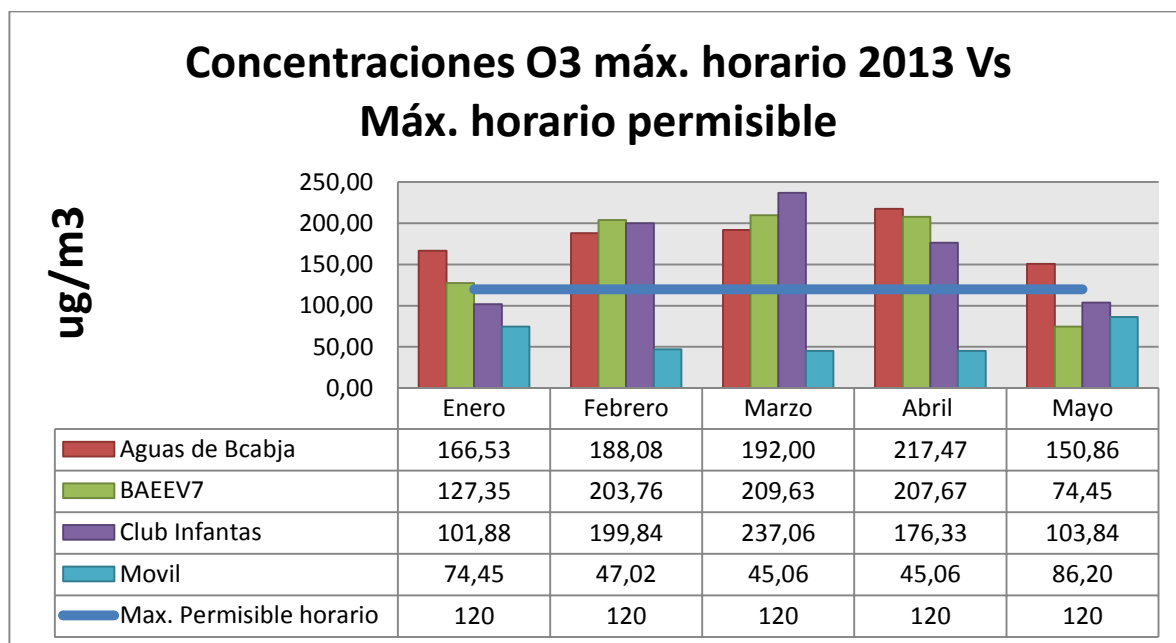
En los otros meses donde las concentraciones horarias sí sobrepasaron el nivel permisible de O<sub>3</sub> durante el 2012 en estas tres estaciones, se pueden relacionar con el escape de los vehículos automotores, la formación natural del ozono a

causa de incendios forestales y los rayos y truenos que son muy comunes durante las épocas de lluvia en la ciudad y finalmente la quema de combustibles, las sub-estaciones eléctricas, los vapores de gasolina, y escape de vapores químicos resultado de las actividades propias de la industria del petróleo<sup>1</sup>.

De acuerdo a concentraciones específicas de O<sub>3</sub> pueden generarse afectaciones a la salud. Ya que las concentraciones máximas de O<sub>3</sub> en el año 2011 y 2012 muestran similitud, las afectaciones a esta son las mismas que se pudieron haber dado en el 2011, según la tabla 18.

### 6.2.12. Comportamiento horario de la concentración del ozono – O<sub>3</sub> en el año 2013

Figura 41. Comportamiento horario máximo mensual del O<sub>3</sub> en el año 2013.



En el período de enero hasta mayo del año 2013, la estación Aguas de Barrancabermeja muestra que las concentraciones máximas en estos meses superaron la norma horaria permisible la cual es de 120 µg/m<sup>3</sup>, ya que la menor concentración se dio en mayo con un valor de 150 µg/m<sup>3</sup> y la mayor en abril con 217,47 µg/m<sup>3</sup>.

En la estación BAEEV 7, el único mes que no superó el límite permitido horario fue en mayo, pues el valor en este mes es de 74,45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Adicional a esto, en la estación Club Infantas los meses con valores por debajo a 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  fueron enero y mayo con concentraciones máximas de 101,88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 103,84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente.

Por último la estación móvil mostró que durante el período de enero hasta mayo, todas las concentraciones máximas de  $\text{O}_3$  registradas son menores a la concentración máxima horaria establecida, es decir, que durante estos meses del 2013 las concentraciones de  $\text{O}_3$  disminuyeron considerablemente en la estación móvil, comparadas con las concentraciones registradas en los años 2011 y 2012 en la misma estación.

**Tabla 21.** Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de  $\text{O}_3$  en el año 2013.

<b>Concentración máxima mensual (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>), Fecha y Hora <math>\text{O}_3</math> 2013</b>					
	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>
<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	166,53	188,08	192,00	217,47	150,86
	10/01/2013	19/02/2013	17/03/2013	10/04/2013	09/05/2013
	<b>11:00</b>	<b>14:00</b>	<b>04:00</b>	<b>15:00</b>	<b>16:00</b>
<b>BAEEV7</b>	127,35	203,76	209,63	207,67	74,45
	31/01/2013	25/02/2013	26/03/2013	08/04/2013	29/05/2013
	<b>16:00</b>	<b>14:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Club Infantas</b>	101,88	199,84	237,06	176,33	103,84
	26/01/2013	19/02/2013	26/03/2013	09/04/2013	01/05/2013
	<b>16:00</b>	<b>14:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>10:00</b>
<b>Móvil</b>	74,45	47,02	45,06	45,06	86,20
	02/01/2013	16/02/2013	01/03/2013	05/04/2013	15/05/2013
	<b>16:00</b>	<b>16:00</b>	<b>14:00</b>	<b>18:00</b>	<b>13:00</b>

**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

En general, la tabla 21 muestra que los horarios en que se presentaron las concentraciones máximas de  $\text{O}_3$  fueron a partir de las 11:00 a.m. a las 18:00 p.m., desde enero hasta mayo en cada una de las estaciones. Sin embargo, se registró un dato en marzo en la estación Aguas de Barrancabermeja, en donde se presentó la concentración máxima de  $\text{O}_3$  en este mes a las 04:00 a.m. (192

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); la cual evidentemente sí supera el límite permisible horario para este contaminante el cual es de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabla 22.** Valores de Radiación solar, fecha y hora máximos mensuales en el año 2013.

<b>Radiación Solar máxima mensual (watt/m<sup>2</sup>), Fecha y Hora O<sub>3</sub> 2013</b>				
	<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	<b>BAEEV 7</b>	<b>Club Infantas</b>	<b>Móvil</b>
<b>Enero</b>	900.9	943.4	876.9	1114.5
	22/01/2013	30/01/2013	28/01/2013	26/01/2013
	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Febrero</b>	1013.5	1022.7	948.8	1151
	22/02/2013	11/02/2013	22/02/2013	22/02/2013
	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Marzo</b>	1041.3	1052.7	995.9	1171.6
	19/03/2013	31/03/2013	16/03/2013	26/03/2013
	<b>10:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>
<b>Abril</b>	1032.5	1038.9	982.9	1155.9
	22/04/2013	22/04/2013	09/04/2013	26/04/2013
	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>
<b>Mayo</b>	1155.1	1069.3	1015.2	1151.9
	01/05/2013	06/05/2013	06/05/2013	23/05/2013
	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>

**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

En la tabla 22, se observa que nuevamente las horas en las que se presentan los valores máximos de radiación solar son a partir de las 12:00 m. hasta las 13:00 p.m.; sin embargo, se presenta un valor máximo de radiación solar en el mes de marzo en la estación Aguas de Barrancabermeja a las 10:00 a.m.

Según la tabla 19 las concentraciones máximas de O<sub>3</sub> se generan de 11:00 a.m. a 18:00 p.m., por lo que la mayor parte del O<sub>3</sub> generado es a causa de emisiones de vapores de quemados de combustibles, tanto de vehículos como industriales y comerciales, que finalmente reaccionan con la radiación de la luz solar, en las estaciones Aguas de Barrancabermeja, BAEEV 7 y Club Infantas que fueron las que presentaron concentraciones horarias altas de ozono. Es así como la mayoría

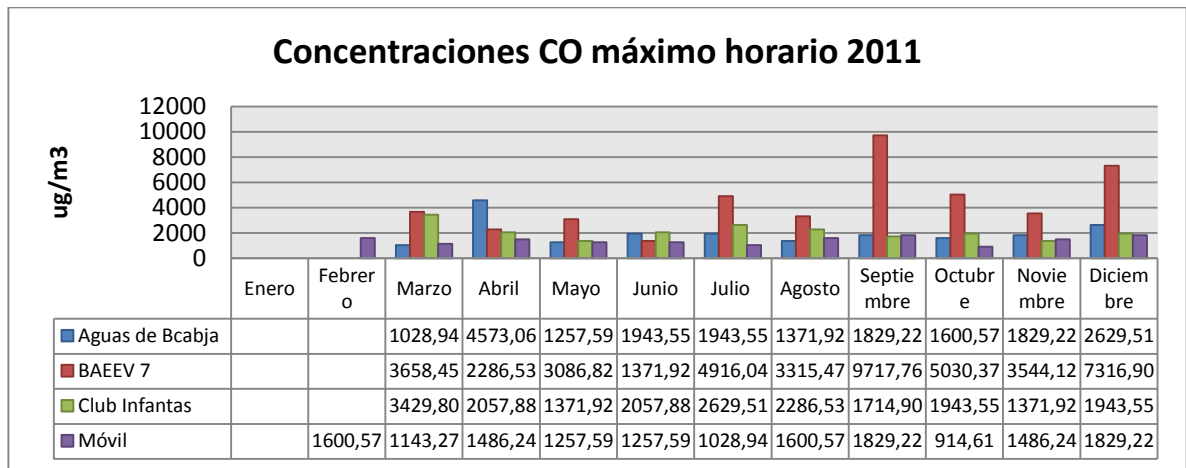


del O<sub>3</sub> generado es por causas antropogénicas y no de forma natural pues las lluvias y tormentas en la ciudad se dan en horas de la noche.

Según la tabla 18, con estas concentraciones de O<sub>3</sub> pueden presentarse afectaciones a la salud en personas asmáticas y otros efectos observados en las vías respiratorias de la comunidad.

### 6.2.13. Comportamiento horario de la concentración del monóxido de carbono – CO en el año 2011

**Figura 42.** Comportamiento horario máximo mensual del CO en el año 2011.



	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Máx. Horario permisible</b>	40000	1 hora

**Tabla 23.** Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de CO en el año 2011.

<b>Concentración máxima mensual (ug/m3), Fecha y Hora CO 2011</b>				
	<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	<b>BAEEV 7</b>	<b>Club Infantas</b>	<b>Móvil</b>
<b>Enero</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>Febrero</b>	-	-	-	1600,57
	-	-	-	18/02/2011

	-	-	-	<b>20:00</b>
<b>Marzo</b>	1028,94	3658,45	3429,8	1143,27
	17/03/2011	20/03/2011	17/03/2011	15/03/2011
	<b>23:00</b>	<b>07:00</b>	<b>09:00</b>	<b>22:00</b>
<b>Abril</b>	4573,06	2286,53	2057,88	1486,24
	13/04/2011	15/04/2011	04/04/2011	05/04/2011
	<b>23:00</b>	<b>10:00</b>	<b>19:00</b>	<b>19:00</b>
<b>Mayo</b>	1257,59	3086,82	1371,92	1257,59
	03/05/2011	12/05/2011	31/05/2011	16/05/2011
	<b>19:00</b>	<b>10:00</b>	<b>19:00</b>	<b>18:00</b>
<b>Junio</b>	1943,55	1371,92	2057,88	1257,59
	18/06/2011	01/06/2011	03/06/2011	16/06/2011
	<b>22:00</b>	<b>02:00</b>	<b>21:00</b>	<b>20:00</b>
<b>Julio</b>	1943,55	4916,04	2629,51	1028,94
	16/07/2011	15/07/2011	05/07/2011	31/07/2011
	<b>10:00</b>	<b>04:00</b>	<b>12:00</b>	<b>22:00</b>
<b>Agosto</b>	1371,92	3315,47	2286,53	1600,57
	22/08/2011	28/08/2011	15/08/2011	14/08/2011
	<b>20:00</b>	<b>01:00</b>	<b>21:00</b>	<b>19:00</b>
<b>Septiembre</b>	1829,22	9717,76	1714,9	1829,22
	24/09/2011	23/09/2011	22/09/2011	16/09/2011
	<b>22:00</b>	<b>08:00</b>	<b>19:00</b>	<b>11:00</b>
<b>Octubre</b>	1600,57	5030,37	1943,55	914,61
	10/10/2011	21/10/2011	10/10/2011	01/10/2011
	<b>20:00</b>	<b>06:00</b>	<b>19:00</b>	<b>20:00</b>
<b>Noviembre</b>	1829,22	3544,12	1371,92	1486,24
	09/11/2011	07/11/2011	18/11/2011	28/11/2011
	<b>23:00</b>	<b>05:00</b>	<b>813:00</b>	<b>19:00</b>
<b>Diciembre</b>	2629,51	7316,9	1943,55	80,33
	30/12/2011	19/12/2011	30/12/2011	10/12/2012
	<b>22:00</b>	<b>02:00</b>	<b>21:00</b>	<b>16:00</b>

Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

Las concentraciones registradas de CO para el 2011, se encuentran por debajo de los niveles máximos establecidos para este contaminante para exposición horaria.

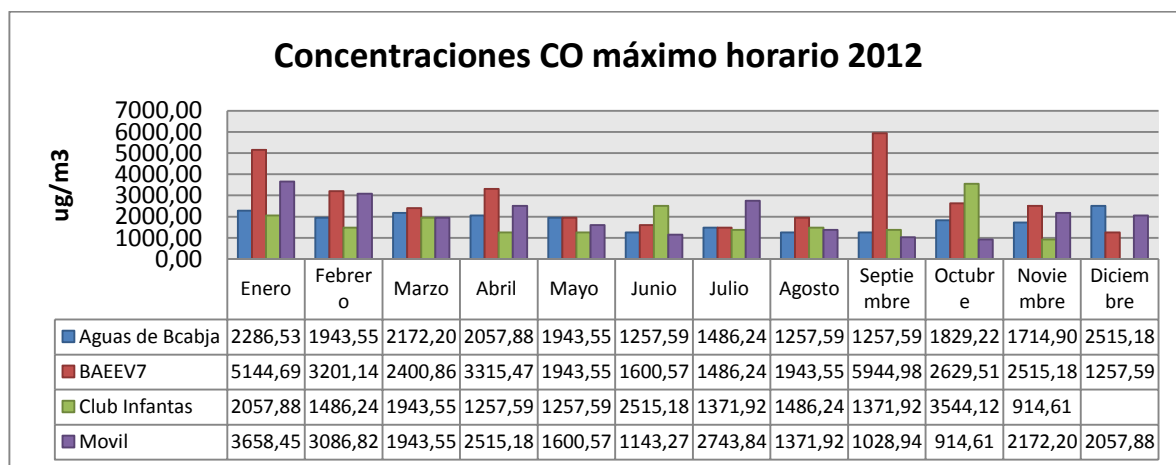
Las medias mensuales se mantienen similares durante el transcurso del año en las estaciones Aguas de Barrancabermeja, Club Infantas y Móvil; como se observa en la figura 42 y en la tabla 23, donde se resume el comportamiento de la red durante el año 2011.

Se observa que en la estación BAEEV 7 las concentraciones de CO se mantienen similares durante los meses de marzo a agosto, aumentó considerablemente la concentración en septiembre con un valor de 9717,76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante octubre a noviembre vuelven y bajan las concentraciones a 5030,37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y a 3544,12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, y en diciembre volvió a aumentar a 7316,90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Las concentraciones altas de CO en la estación BAEEV 7 puede ser debido a que esta se encuentra cerca de la llama de Ecopetrol en la cual constantemente se están quemando sustancias de las cuales se puede formar este contaminante por la combustión incompleta de esta actividad.

#### 6.2.14. Comportamiento horario de la concentración del monóxido de carbono – CO en el año 2012

Figura 43. Comportamiento horario máximo mensual del CO en el año 2012.



	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Máx. Horario permisible</b>	40000	1 hora

Tabla 24. Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de CO en el año 2012.

<b>Concentración máxima mensual (ug/m3), Fecha y Hora CO 2012</b>				
	<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	<b>BAEEV 7</b>	<b>Club Infantas</b>	<b>Móvil</b>
<b>Enero</b>	2286,53	5144,69	2057,88	3658,45

	28/01/2012	15/01/2012	05/01/2012	28/01/2012
	<b>22:00</b>	<b>05:00</b>	<b>20:00</b>	<b>20:00</b>
<b>Febrero</b>	1943,55	3201,14	1486,24	3086,82
	01/02/2012	25/02/2012	27/02/2012	03/02/2011
	<b>20:00</b>	<b>05:00</b>	<b>07:00</b>	<b>20:00</b>
<b>Marzo</b>	2172,20	2400,86	1943,55	1943,55
	12/03/2012	03/03/2012	16/03/2012	14/03/2012
	<b>21:00</b>	<b>01:00</b>	<b>22:00</b>	<b>21:00</b>
<b>Abril</b>	2057,88	3315,47	1257,59	2515,18
	14/04/2012	16/04/2012	14/04/2012	14/04/2012
	<b>21:00</b>	<b>00:00</b>	<b>23:00</b>	<b>22:00</b>
<b>Mayo</b>	1943,55	1943,55	1257,59	1600,57
	19/05/2012	22/05/2012	31/05/2012	23/05/2012
	<b>21:00</b>	<b>03:00</b>	<b>19:00</b>	<b>20:00</b>
<b>Junio</b>	1257,59	1600,57	2515,18	1143,27
	03/06/2012	11/06/2012	01/06/2012	03/06/2012
	<b>21:00</b>	<b>17:00</b>	<b>19:00</b>	<b>21:00</b>
<b>Julio</b>	1486,24	1486,24	1371,92	2743,84
	20/07/2012	18/07/2012	13/07/2012	01/07/2012
	<b>19:00</b>	<b>00:00</b>	<b>16:00</b>	<b>21:00</b>
<b>Agosto</b>	1257,59	1943,55	1486,24	1371,92
	19/08/2012	20/08/2012	30/08/2012	15/08/2012
	<b>10:00</b>	<b>00:00</b>	<b>12:00</b>	<b>21:00</b>
<b>Septiembre</b>	1257,59	5944,98	1371,92	1028,94
	23/09/2012	02/09/2012	04/09/2012	07/09/2012
	<b>19:00</b>	<b>04:00</b>	<b>18:00</b>	<b>19:00</b>
<b>Octubre</b>	1829,22	2629,51	3544,12	914,61
	03/10/2012	21/10/2012	05/10/2012	03/10/2012
	<b>19:00</b>	<b>06:00</b>	<b>18:00</b>	<b>22:00</b>
<b>Noviembre</b>	1714,90	2515,18	914,61	2172,20
	26/11/2012	17/11/2012	01/11/2012	27/11/2012
	<b>21:00</b>	<b>09:00</b>	<b>20:00</b>	<b>21:00</b>
<b>Diciembre</b>	2515,18	1257,59	-	2057,88
	30/12/2012	21/12/2012	-	24/12/2012
	<b>22:00</b>	<b>09:00</b>	-	<b>23:00</b>

Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

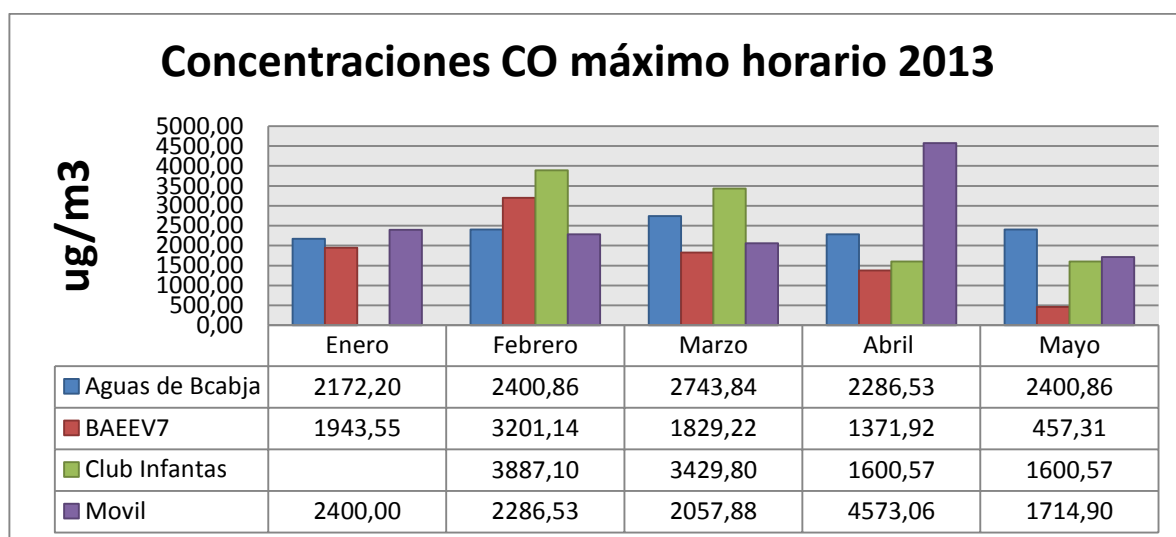
Las concentraciones máximas horarias mensuales se encuentran por debajo del límite permisible horario el cual es de 40000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para este contaminante. Las estaciones Aguas de Barrancabermeja, Club Infantas y Móvil presentan una

estabilidad en sus valores durante el transcurso del año 2012, misma situación que se presentó durante el 2011.

La estación BAEEV 7 vuelve a presentar una elevada concentración máxima comparada a las del transcurso del año, en septiembre con un valor de 5944,98  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En enero en la misma estación se presenta el siguiente valor más alto del 2012 el cual fue de 5144,69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , esta situación puede deberse a las constantes quemas que se realizan en la refinería de Ecopetrol.

### 6.2.15. Comportamiento horario de la concentración del monóxido de carbono – CO en el año 2013

Figura 44. Comportamiento horario máximo mensual del CO en el año 2013.



	ug/m3	Tiempo de exposición
<b>Máx. Horario permisible</b>	40000	1 hora

Tabla 25. Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de CO en el año 2013.

<b>Concentración máxima mensual (ug/m3), Fecha y Hora CO 2013</b>					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	2172,20	2400,86	2743,84	2286,53	2400,86
	25/01/2013	11/02/2013	27/03/2013	21/04/2013	21/05/2013

	<b>19:00</b>	<b>21:00</b>	<b>21:00</b>	<b>21:00</b>	<b>20:00</b>
<b>BAEEV7</b>	1943,55	3201,14	1829,22	1371,92	457,31
	24/01/2013	22/02/2013	25/03/2013	02/04/2013	28/05/2013
	<b>14:00</b>	<b>09:00</b>	<b>01:00</b>	<b>08:00</b>	<b>19:00</b>
<b>Club Infantas</b>	-	3887,10	3429,80	1600,57	1600,57
	-	14/02/2013	05/03/2013	01/04/2013	03/05/2013
	-	<b>14:00</b>	<b>10:00</b>	<b>12:00</b>	<b>20:00</b>
<b>Móvil</b>	2400,00	2286,53	2057,88	4573,06	1714,90
	02/01/2013	20/02/2013	02/03/2013	09/04/2013	18/05/2013
	<b>21:00</b>	<b>22:00</b>	<b>20:00</b>	<b>06:00</b>	<b>15:00</b>

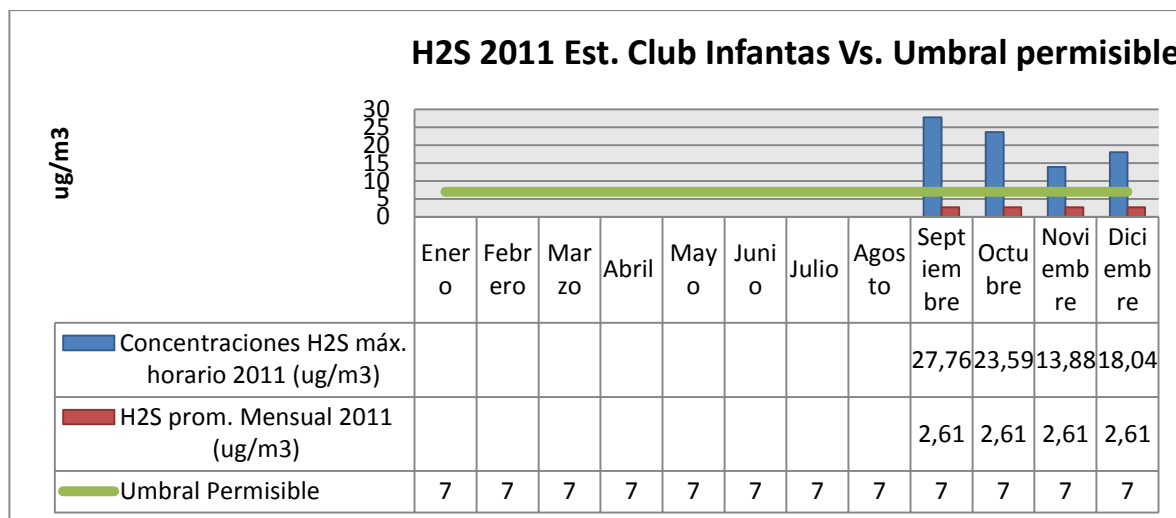
**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

Los valores que se presentan en el 2013 en el período de enero hasta mayo no superan el valor límite permisible horario que exige la resolución pues el valor más alto es de 4573,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y se da en abril en la estación Móvil, mientras que el valor horario máximo permitido es de 40000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Según las figuras 39, 40 y 41; las mayores concentraciones se dieron en las estaciones BAEEV 7, Club Infantas y Móvil. Esto puede ser debido a que la primera se encuentra ubicada en las comuna 1 y cercana a la llama de Ecopetrol, la estación Club Infantas se encuentra ubicada en la comuna 2; y la móvil en la comuna 7, por lo que, las emisiones podrían darse no solo por la combustión incompleta de emisiones industriales y de vehículos sino porque estas comunas son zonas residenciales en las cuales se encuentran gran cantidad de restaurantes de todo tipo, principalmente de comidas rápidas, los cuales algunos no tienen un sitio adecuado para realizar esta actividad, y en los que se utiliza como combustible gas natural, aceite y carbón.<sup>5</sup>

## 6.2.16. Comportamiento de la concentración del sulfuro de hidrógeno – H<sub>2</sub>S en el año 2011

**Figura 45.** Comportamiento horario máximo mensual del H<sub>2</sub>S en el año 2011.



El gas H<sub>2</sub>S se midió teniendo en cuenta las concentraciones promedios mensuales y las concentraciones máximas horarias mensuales, para compararlas con la resolución 610 de 2010 ya que esta norma no indica un límite permisible para cierto período de tiempo, sino que solo indica el umbral permisible de este gas que es de 7 µg/m<sup>3</sup>.

El H<sub>2</sub>S se mide únicamente en la estación Club Infantas ya que esta se encuentra ubicada cerca a la ciénaga Miramar la cual es el pasivo ambiental más grande de la ciudad de Barrancabermeja, pues es donde la ciudad vierte sus aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento previo y además la empresa Ecopetrol, y en general la refinería vierten sus residuos contaminantes en esta.

El gas se midió a partir del mes de septiembre hasta diciembre del 2011, ya que la red tenía problemas técnicos para este gas en el principio del funcionamiento de esta.

**Tabla 26.** Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de H<sub>2</sub>S en el año 2011.

<b>Concentración máxima mensual (ug/m3), Fecha y Hora H<sub>2</sub>S 2011</b>	
<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	
<b>Enero</b>	-
	-
	-
<b>Febrero</b>	-
	-
	-
<b>Marzo</b>	-
	-
	-
<b>Abril</b>	-
	-
	-
<b>Mayo</b>	-
	-
	-
<b>Junio</b>	-
	-
	-
<b>Julio</b>	-
	-
	-
<b>Agosto</b>	-
	-
	-
<b>Septiembre</b>	27,76
	29/09/2011
	<b>01:00</b>
<b>Octubre</b>	23,59
	05/10/2011
	<b>20:00</b>
<b>Noviembre</b>	13,88
	11/11/2011
	<b>10:00</b>
<b>Diciembre</b>	18,04
	15/12/2011
	<b>04:00</b>

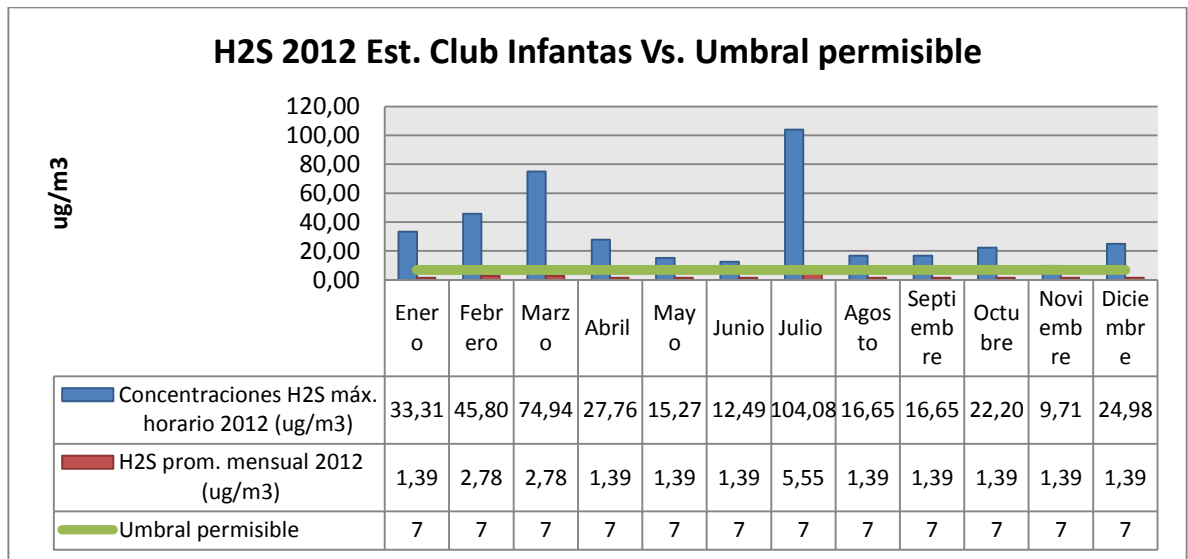
**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.



Según la figura 45, las concentraciones promedios mensuales no superan el umbral permisible el cual es de 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sin embargo, las concentraciones máximas mensuales registradas por la red en la estación sí superan el umbral permisible en el período de tiempo de septiembre a diciembre, ya que el valor más alto se dio en septiembre con 27,76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como lo muestra la tabla 26.

### 6.2.17. Comportamiento de la concentración del sulfuro de hidrógeno – H<sub>2</sub>S en el año 2012

**Figura 46.** Comportamiento horario máximo mensual del H<sub>2</sub>S en el año 2012.



En el año 2012 se observa que las concentraciones promedio mensuales no superan el umbral permisible de H<sub>2</sub>S regido por la norma. Los valores máximos registrados en los meses del año sobrepasan significativamente el umbral máximo permitido.

La concentración máxima más alta se dio en julio con un valor de 104,08  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y la mínima concentración registrada se observa en el mes de noviembre con un valor de 9,71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es decir, que los valores son muy altos comparados al límite permisible de la norma.

**Tabla 27.** Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de H<sub>2</sub>S en el año 2012.

<b>Concentración máxima mensual (ug/m3), Fecha y Hora H<sub>2</sub>S 2012</b>	
<b>Aguas de Barrancabermeja</b>	
<b>Enero</b>	33,31
	08/01/2012
	<b>23:00</b>
<b>Febrero</b>	45,8
	06/02/2012
	<b>08:00</b>
<b>Marzo</b>	74,94
	11/03/2012
	<b>13:00</b>
<b>Abril</b>	27,76
	16/04/2012
	<b>21:00</b>
<b>Mayo</b>	15,27
	25/05/2012
	<b>19:00</b>
<b>Junio</b>	12,49
	23/06/2012
	<b>01:00</b>
<b>Julio</b>	104,08
	20/07/2012
	<b>18:00</b>
<b>Agosto</b>	16,65
	11/08/2012
	<b>04:00</b>
<b>Septiembre</b>	16,65
	07/09/2012
	<b>08:00</b>
<b>Octubre</b>	22,2
	31/10/2012
	<b>01:00</b>
<b>Noviembre</b>	9,71
	04/11/2012
	<b>08:00</b>
<b>Diciembre</b>	24,98
	27/12/2012
	<b>17:00</b>

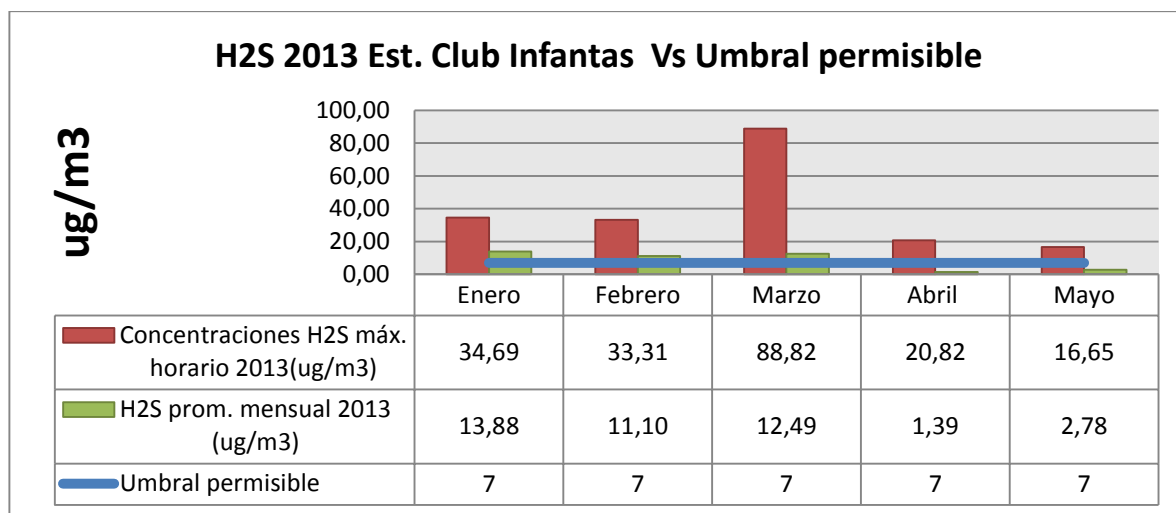
**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

Las altas concentraciones se pueden dar debido a que la ciénaga se encuentra en constante descomposición dada por las descargas de aguas negras e industriales, lo que hace que se produzcan estas concentraciones altas de H<sub>2</sub>S que finalmente genera malos olores.

Además, la llegada a la ciudad de profesionales y mano de obra a causa del auge de proyectos y de trabajo que se estaba presentando en esta, lo que conlleva a que las familias vean en el municipio una oportunidad para vivir. Esto provoca que el volumen de aguas negras aumente y por lo tanto la descomposición de estas en la ciénaga, lo cual produce las elevadas concentraciones de H<sub>2</sub>S.

### 6.2.18. Comportamiento de la concentración del sulfuro de hidrógeno – H<sub>2</sub>S en el año 2013

Figura 47. Comportamiento horario máximo mensual del H<sub>2</sub>S en el año 2013.



A diferencia de las concentraciones promedio mensuales de los años 2011 y 2012 que no superaban el umbral permisible, en el 2013 durante el período de enero hasta mayo se observa que estas concentraciones promedios mensuales superan el umbral permisible en enero, febrero y marzo con valores de 13,88 µg/m<sup>3</sup>; 11,10 µg/m<sup>3</sup>; y 12,49 µg/m<sup>3</sup> respectivamente.

Las concentraciones máximas mensuales siguen siendo superiores a 7 µg/m<sup>3</sup>, umbral permisible regido por la norma.

**Tabla 28.** Valor, fecha y hora de concentraciones máximas mensuales de H<sub>2</sub>S en el año 2013.

<b>Concentración máxima mensual (ug/m3), Fecha y Hora H<sub>2</sub>S 2013</b>					
	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>
<b>Club Infantas</b>	34,69	33,31	88,82	20,82	16,65
	09/01/2013	16/02/2013	19/03/2013	17/04/2013	28/05/2013
	<b>21:00</b>	<b>01:00</b>	<b>09:00</b>	<b>03:00</b>	<b>07:00</b>

**Fuente.** Red de Monitoreo de Calidad del Aire Barrancabermeja – RMCA.

La causa de las altas concentraciones de H<sub>2</sub>S en Barrancabermeja, no solo es la constante descomposición que se da en la ciénaga Miramar, sino también las emisiones que se generan en la refinería por determinados procesos químicos que se llevan a cabo en esta, como la hidrodesulfuración o hidrotratamiento que se le hace al crudo desde el 2010 (imagen 8), de la cual se desprenden grandes cantidades de H<sub>2</sub>S<sup>6</sup>, sumado a esto durante este año sigue el auge de megaproyectos como la ampliación de la refinería, construcción del puerto multimodal, gran vía Yuma, etc; lo que hace que la población flotante de la ciudad se incremente provocando el aumento del volumen de aguas negras que al ser descompuestas emiten H<sub>2</sub>S.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluyó, que de las 3 estaciones que miden PM10; en la estación Aguas de Barrancabermeja se presentan los niveles de concentración más altos sobrepasando los niveles máximos anuales permisibles señalados en la resolución 610 de 2010; a causa del mal estado de la malla vial, los altos volúmenes del tráfico vehicular de transporte pesado, y la influencia de las precipitaciones en la zona, pues los meses en que estas fueron bajas, las concentraciones de PM10 fueron más altas y viceversa, lo que indica que las precipitaciones tienen un efecto de lavado sobre la partículas de PM10 en la atmósfera.

Las concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, no superan los valores máximos anuales permisibles en ningunos de los años analizados; a pesar de lo anterior, el NO<sub>2</sub> sí supera la norma horaria en los años 2011 y 2012.

Las concentraciones máximas horarias de NO<sub>2</sub> se presentan en horas de la noche y la madrugada cuando no hay presencia de radiación solar, debido a que en las horas del día este contaminante junto con otros como los hidrocarburos (HC), reaccionan con la radiación solar provocando la formación de ozono (O<sub>3</sub>).

Las concentraciones máximas horarias de O<sub>3</sub> se dan en horas del día, entre las 11:00 a.m. y las 18:00 p.m., debido a que la radiación solar es determinante en la formación de este contaminante, pues hace que otros gases como los NO<sub>x</sub> y HC reaccionen para formar el O<sub>3</sub>.

Las estaciones Aguas de Barrancabermeja, BAEEV 7 y Club Infantas, presentan las mayores concentraciones máximas horarias de O<sub>3</sub>, debido a que la primera se encuentra ubicada cerca de la zona industrial por lo que este contaminante se genera por la reacción de emisiones industriales que contienen NO<sub>x</sub> y HC con la radiación solar; además de las emisiones de vapores de la combustión incompleta en vehículos. La estación BAEEV 7 se encuentra cerca de la puerta principal de refinería y dentro de la comuna 1, por lo que las combustiones tanto de vehículos como comerciales e industriales hacen parte de la formación del O<sub>3</sub>, al igual que en la estación Club Infantas ubicada dentro de la comuna 2.

El CO no superó los límites horarios permisibles en ninguno de los años, a pesar de que el parque automotor de la ciudad se encuentra en aumento, teniendo en cuenta que además de los vehículos matriculados en la ciudad se encuentran los foráneos incluyendo camionetas contratistas, camiones pesados, etc; que

principalmente son los que generan este contaminante atmosférico a causa de la combustión incompleta en los vehículos.

El H<sub>2</sub>S supera el umbral permisible analizando las concentraciones máximas horarias en el período de enero de 2011 hasta mayo de 2013 y las concentraciones mensuales durante el período de enero hasta mayo del 2013.

Los principales contaminantes en la ciudad de Barrancabermeja son el O<sub>3</sub> y el H<sub>2</sub>S, pues sus valores son considerablemente altos teniendo en cuenta los límites permisibles de cada uno y el registro estable de estos valores a través del tiempo, ya que en el caso del O<sub>3</sub> el clima de la ciudad ayuda a generar la rápida formación de este contaminante en el día y por otro lado el H<sub>2</sub>S se seguirá produciendo a causa de la constante descomposición de aguas servidas domésticas e industriales en la Ciénega Miramar.

La adquisición de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Barrancabermeja (RMCAB) representa un avance significativo para el análisis de la calidad atmosférica.

Al ser una Red de Monitoreo de inmisión, no se puede determinar el origen de las fuentes principales de emisión de contaminantes, por lo que en muchas ocasiones no se logra conocer las razones exactas de las altas concentraciones registradas.

Se recomienda tomar las medidas necesarias para la gestión de vías pavimentadas en el punto donde se encuentra ubicada la estación Aguas de Barrancabermeja, ya que las enfermedades respiratorias que presenten los habitantes de la comuna 6 pueden estar relacionadas a los niveles altos de PM<sub>10</sub> generados en esta zona.

Es necesario el diseño e implementación de un programa de control a la calidad del aire en la comuna 6 del municipio; con el acompañamiento de las entidades públicas municipales, las encargadas del control ambiental, el seguimiento a reportes de las instituciones de salud a enfermedades relacionadas con la presencia de material particulado y la vinculación de las empresas privadas y públicas que estén ubicadas en este sector.

Es necesario realizar un estudio en base a los efectos de la salud que han predominado en los habitantes y que se relacionan a la calidad del aire.

Se debe tener un presupuesto fijo para los insumos y mantenimiento necesarios de la red, para que esta opere de forma estable durante el transcurso de los años.

## BIBLIOGRAFÍA












- <sup>1</sup> INSTITUTO UNIVERSITARIO DE LA PAZ. Trabajo de Grado. Análisis de las concentraciones de los contaminantes O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>, en el período del 1 de abril de 2011 al 30 de septiembre de 2012, en relación con los factores meteorológicos en el municipio de Barrancabermeja – Santander. Escuela de ingeniería ambiental y de saneamiento. Barrancabermeja 2013.
- <sup>2</sup> ALCALDÍA DE BARRANCABERMEJA. Secretaría de Medio Ambiente. [en línea]. <https://www.barrancabermeja.gov.co/institucional/secretarias/Paginas/Secretaria-de-Medio-Ambiente.aspx>
- <sup>3</sup> SANAMBIENTE. Red de monitoreo de calidad del aire Barrancabermeja Secretaría de medio ambiente.
- <sup>4</sup> <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/517/cap8.pdf>
- <sup>5</sup> SOUTHERN CALIFORNIA GAS COMPANY. Monóxido de carbono (CO). [en línea]. <http://www.socalgas.com/espanol/safety/carbon-monoxide.shtml>
- <sup>6</sup> ECOPETROL S.A. [en línea]. <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=148&conID=43701&pagID=132674>
- <sup>7</sup> FERTILIZANTES COLOMBIANOS SA – FERTICOL. [en línea]. <http://www.ferticol.com/Paginas/Articulo3Index.html>
- <sup>8</sup> MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Gobierno de España. [en línea]. [http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases\\_precursores\\_ozono.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases_precursores_ozono.aspx)
- <sup>9</sup> [http://www.ecured.cu/index.php/Di%C3%B3xido\\_de\\_Nitr%C3%B3geno](http://www.ecured.cu/index.php/Di%C3%B3xido_de_Nitr%C3%B3geno)
- <sup>10</sup> DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE TENDENCIAS ESPACIALES Y ESTACIONALES DE ÁCIDO SULFÚRICO (H<sub>2</sub>S) EN LA CIUDAD DE SALAMANCA. Convenio específico de colaboración entre el instituto nacional de ecología y la universidad autónoma metropolitana unidad Iztapalapa. Número de registro: INE/A1-042/2007.

- <sup>11</sup> SANAMBIENTE. Informe mensual de operación y mantenimiento. Red de monitoreo de calidad del aire Barrancabermeja. Secretaría de medio ambiente contrato 0560 – 2010. Abril 2011.
- <sup>12</sup> SANAMBIENTE. Informe de auditoría. Proyecto Barrancabermeja contrato No. 560 – 10. Octubre 2011.
- <sup>13</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia: Calidad del Aire. Capítulo 1.
- <sup>14</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia: Calidad del Aire. Capítulo 2.
- <sup>15</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia: Calidad del Aire. Capítulo 6.
- <sup>16</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2007 – 2010. Bogotá D.C. 2012.
- <sup>17</sup> ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Monitoreo de fuentes móviles. Universidad Pontificia Bolivariana. Grupo de investigaciones ambientales CIDI. Convenio de asociación No. 075 de 2008. Capítulo 7.
- <sup>18</sup> IDEAM. Documento soporte norma de fuentes móviles. Subdirección de estudios ambientales. MAVDT – CDMB – CORANTIOQUIA – CAM – CAS – CORPOGUAJIRA – AMVDA – CCB – IDEAM. Convenios de asociación No. 038/04 (Numeración MAVDT) – 112/04 (Numeración IDEAM).
- <sup>19</sup> Resolución 610 de 2010.
- <sup>20</sup> GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE: CAUSAS, EFECTOS Y SOLUCIONES. Efectos de la contaminación del aire. Capítulo 5.
- <sup>21</sup> UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Contaminación Atmosférica y efectos en la salud de la población de Medellín y su área metropolitana. Efectos en la salud. Documento 3 de 4. Centro de investigaciones. Facultad de salud pública. Medellín, Colombia 2007.



# **ANEXOS**

Anexo 1. Formato SMAB-RMCA-Registro de Aforo Vehicular.

		<b>REGISTRO DE AFORO VEHICULAR</b> <b>RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE</b>							
		Código:	Elaborado:	Version:					
		SMAB-RMCA-RAV	05/03/2014	1					
No. de Inspección	Sector	Medición de Control							
		Fecha	Hora						
Tipo de Vehículo									
Motos	Taxis	Autos	Busetas	Buses	C-2 Ejes	C-2 Ejes	C-3,4 Ejes	C-5 Ejes	C-6 Ejes
									
Total									
Total									
Total									
Total									
Observaciones:									
Realizó Aforo:						Firma:			

## Anexo 2. Formato de inventario de insumos en stock.

 	LISTADO DE INSUMOS EN STOCK		
	RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE		
	Codigo:	Fecha:	Version:
	SMAB-RMCA-LIS	12/03/2014	1
DESCRIPCIÓN	MARCA	CANTIDAD	ITEM
filtro PTFE 5M AC30M80201-11-05	DANI	4 bolsas de 11 c/u	<a href="#">Imagen 1</a>
CALIBRADOR CERO	MET ONE INSTRUMENTS	4 unidades	<a href="#">Imagen 2</a>
Valvula de calibrador de flujo	MET ONE INSTRUMENTS	3 unidades	<a href="#">Imagen 3</a>
UGELLO VSP NZ373 FID 36/1	DANI	4 unidades	<a href="#">Imagen 4</a>
CANDELA ACCENS MOD. 680 FID-NPD	DANI	1 unidad	<a href="#">Imagen 5</a>
TENUTA BF 1/8 SW D1/8BR	DANI	14 unidades	<a href="#">Imagen 6</a>
TENUTA BF 1/4 SW D1/4BR	DANI	22 unidades	<a href="#">Imagen 7</a>
BLOCCAGGIO SW F TUBO 1/8 BR	DANI	15 unidades	<a href="#">Imagen 8</a>
BLOCCAGGIO SW F TUBO 1/4 BR	DANI	26 unidades	<a href="#">Imagen 9</a>
FUSE F 5X20 2A 250V RAPIDO	DANI	8 unidades	<a href="#">Imagen 10</a>
FUSE F 5X20 3,15A 250V RAPIDO	DANI	18 unidades	<a href="#">Imagen 11</a>
Adaptador de flujo	MET ONE INSTRUMENTS	6 unidades	<a href="#">Imagen 12</a>
Filtro de Membrana #450-47-4	SAVILLEX	131 bolsas	<a href="#">Imagen 13</a>
EMBUDO	SAINT-GOBAIN	2 unidades	<a href="#">Imagen 14</a>
FILTRO FID THM/MH ASSY	DANI	1 unidad	<a href="#">Imagen 15</a>
RIC RACC X POMPA KNF N86-KTE	DANI	1 unidad	<a href="#">Imagen 16</a>
FILTER TAPE	MET ONE INSTRUMENTS	4 unidades	<a href="#">Imagen 17</a>
APLICADORES DE ALGODÓN	SOLOM	100 unidades	<a href="#">Imagen 18</a>
VALVE SOLENOID FOR HG 2200R	DANI	2 unidades	<a href="#">Imagen 19</a>
FUENTE ENSAMBLE (ASSY SOURCE )	WO QTY	1 unidad	<a href="#">Imagen 20</a>
CORREAS DE AMARRE	SCHNEIDER	80 unidades	<a href="#">Imagen 21</a>
ICE BATH 10088		1 unidad	<a href="#">Imagen 22</a>
TUBOS DE POLIURETANO 15 FT	MET ONE INSTRUMENTS	4 unidades	<a href="#">Imagen 23</a>
Ventilador Ball Bearing	Fulltech	1 unidad	<a href="#">Imagen 24</a>
Kit Bombas de vacío	Gast	5 unidades	<a href="#">Imagen 25</a>
		8 unidades	

Filtro 2-1		8 unidades	<a href="#">Imagen 26</a>
Llave L (Bristol)		1 unidad	<a href="#">Imagen 27</a>
Boquillas para pruebas		4 unidades	<a href="#">Imagen 28</a>
Abrazaderas		2 unidades	<a href="#">Imagen 29</a>
Tornillos		8 unidades	<a href="#">Imagen 30</a>
Conexiones		2 unidades	<a href="#">Imagen 31</a>
Repuesto del equipo de ozono		1 unidad	<a href="#">Imagen 32</a>
kit Bombas de balanceo de aceite y pistones	Gast	8 unidades	<a href="#">Imagen 33</a>
Bolsitas desecantes	Dessicare Inc.	20 unidades	<a href="#">Imagen 34</a>
Kit compresor	Thomas	6 unidades	<a href="#">Imagen 35</a>
Placa de la válvula (pcs)	Teledyne Instruments	28 unidades	<a href="#">Imagen 36</a>
Botellas carbón activado		8 unidades	<a href="#">Imagen 38</a>
Botellas de purafil		8 unidades	<a href="#">Imagen 39</a>
Filtro DFU		6 unidades	<a href="#">Imagen 40</a>
Filtros		1 bolsa (100)	<a href="#">Imagen 41</a>
Oring		1 bolsa (100)	<a href="#">Imagen 42</a>
Mangueras		5 unidades	<a href="#">Imagen 43</a>
Racores de paso		18 unidades	<a href="#">Imagen 44</a>
Convertidores USB PS2 para teclado		2 unidades	<a href="#">Imagen 45</a>
Enchufe hembra	Leviton	1 unidad	<a href="#">Imagen 46</a>
Protector de unión termo encogible de 1/4 pulg		1 unidad	<a href="#">Imagen 47</a>
Protector de unión termo encogible de 1 pulg		1 unidad	<a href="#">Imagen 48</a>
Racores de 1/4		3 unidades	<a href="#">Imagen 49</a>
Racores de 1/8		1 unidad	<a href="#">Imagen 50</a>
Reles de 1 amperio		8 unidades	<a href="#">Imagen 51</a>
Diosener		1 unidad	<a href="#">Imagen 52</a>
Realizó:	Aprobó	Fecha:	
Yessica Hernández	María Sabina Flóres	01/04/2014	

**Anexo 3. Formato SMAB-RMCA-Registro de inventario de Fuentes Móviles.**

		<b>REGISTRO DE INVENTARIO DE FUENTES MOVILES</b> <b>RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE</b>										
		<b>Código:</b> SMAB-RMCA-RFM	<b>Elaborado:</b> 05/03/2014	<b>Version: 1</b>								
<b>Sector</b>		<b>Coordenadas</b>					<b>Fecha</b>					
REGISTRO TOTAL												
<b>Identificación</b>	<b>Tipo de Vehículo</b>							<b>Sono</b>				
	<b>Moto:</b>	<b>Taxis</b>	<b>Autos</b>	<b>Buses</b>	<b>Buses</b>	<b>Camión 2</b>	<b>Camión 2</b>		<b>Camión</b>	<b>Camión 5</b>	<b>Camión 6</b>	<b>Presión</b>
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												
Horario:												
Intersección:												