

**APOYO Y ASISTENCIA TECNICA A LA GESTION Y EJECUCION DEL  
PROYECTO FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD  
AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN - 2011**

**NURY PAOLA CUARAN TREJOS**

**49062031**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
GRUPO DE INVESTIGACION EN INGENIERIA AMBIENTAL GIA.  
POPAYAN  
2012**

**APOYO Y ASISTENCIA TECNICA A LA GESTION Y EJECUCION DEL  
PROYECTO FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD  
AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN - 2011**

**NURY PAOLA CUARAN TREJOS**

**Informe final de pasantía presentado como requisito parcial para optar al  
título de Ingeniera Ambiental**

**Director:**

**MSc. Paulo Mauricio Espinosa Echeverri**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
GRUPO DE INVESTIGACION EN INGENIERIA AMBIENTAL GIA.  
POPAYAN  
2012**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del director de pasantía**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

Popayán, Julio de 2012.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Diosito Todopoderoso por ser mi creador, el motor de mi vida, por haberme dado la sabiduría y el entendimiento para poder llegar al final de mi carrera, y por proveerme de todo lo necesario para salir adelante.

A mi madre la Sra. María Amanda Trejos Coronel por entender mi ausencia en fechas especial durante cinco años. A mi padre el Sr. William Aimer Cuarán que a pesar de la distancia siempre estuvo atento para saber cómo iba mi proceso.

A la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria por haberme dado la oportunidad de trabajar con ellos en el proyecto Fortalecimiento de la Gestión de la Calidad Ambiental del Municipio de Popayán; en especial a la Ingeniería Natalia Díaz Reyes por su colaboración y orientación.

Al Ingeniero Paulo Mauricio Espinosa por aceptarme para realizar este trabajo bajo su dirección. Su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable en el desarrollo de este trabajo

Al Ingeniero Luis Jorge González por su colaboración en el suministro de datos de la estación meteorológica de la Universidad del Cauca.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCION</b>	
<b>1. JUSTIFICACION</b>	3
<b>2. OBJETIVO</b>	6
2.1 GENERAL	6
2.2 ESPECIFICOS	6
<b>3. MARCO TEORICO</b>	7
3.1 GENERALIDADES DE LA UNIDAD MUNICIPAL DE ASISTENCIA TECNICA AGROPECUARIA-POPAYAN	7
3.1.1 Misión	7
3.1.2 Objetivos y funciones	7
3.2 OZONO TROPOSFERICO	8
3.2.1 Formación de ozono troposférico	9

3.2.2 Efectos en la salud	10
3.2.3 Niveles máximos permisibles en el aire	11
3.2.4 Mapa de Calidad del Aire de Popayán –Ozono	12
<b>3.3 RUIDO AMBIENTAL</b>	<b>13</b>
3.3.1 Estándares Máximos Permisibles de Niveles de Ruido Ambiental en Colombia	15
3.3.2 Valores guía para ambientes urbanos específicos según la organización mundial de la salud	16
3.3.3 Efectos en la salud	17
<b>3.4 EDUCACION AMBIENTAL</b>	<b>17</b>
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>19</b>
<b>5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS</b>	<b>37</b>
5.1 ANÁLISIS DE NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE OZONO TROPOSFÉRICO EN POPAYÁN	37
5.2 ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS OBJETOS DE ESTUDIO	45
5.3 RESULTADOS DE LAS CAPACITACIONES DE EDUCACION AMBIENTAL	62

<b>6. CONCLUSIONES</b>	64
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	67
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	69
<b>ANEXOS</b>	71

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
TABLA 1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.....	11
TABLA 2. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en Colombia .....	15
TABLA 3. Valores orientativos de la OMS para ambientes específico.....	16
TABLA 4. Datos de la media móvil mensual de ocho horas vs. Valor norma 8h.....	41
TABLA 5. Ruido de fondo (dB(A)) en salones durante clases medidos en cinco Instituciones Educativas.....	59
TABLA 6. Ruido de fondo (dB(A)) en salones vacíos medidos en cinco Instituciones Educativas.....	60



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
FIGURA 1. Mapa de Calidad del Aire-Ozono para Estación No.12 (Texaco 23).	13
FIGURA 2. Ejemplo de metodología para la estimación de la media móvil para 8 horas de un conjunto de datos.....	22
FIGURA 3. Hoja de cálculo Septiembre 2011.....	28
FIGURA 4. Hoja de cálculo septiembre 2011.....	29
FIGURA 5. Medición de ruido externo en la I.E. John F. Kennedy.....	33
FIGURA 6. Medición de ruido interno en la I.E. San Agustín.....	33
FIGURA 7. Media móvil 8 horas vs. Norma. Septiembre 2011.....	37
FIGURA 8. Media móvil 8 horas vs. Norma. Octubre 2011.....	38
FIGURA 9. Media móvil 8 horas vs. Norma. Noviembre 2011.....	39
FIGURA 10. Media móvil 8 horas vs. Norma. Diciembre 2011.....	40
FIGURA11. Media móvil estándar 8h mensual vs. Norma 8h.....	42

FIGURA 12. Mapa sónico Institución Educativa Comercial del Norte.....	46
FIGURA 13. Mapa sónico Institución Educativa San Agustín.....	48
FIGURA 14. Mapa sónico Institución Educativa Francisco José de Caldas INEM.....	50
FIGURA 15. Mapa sónico Institución Educativa San Agustín Sede Libertador...	52
FIGURA 16. Mapa sónico Institución Educativa John F. Kennedy.....	54
FIGURA 17. Mapa sónico Institución Educativa Francisco Antonio de Ulloa.....	56
FIGURA 18. Mapa sónico Institución Educativa Técnico Industrial.....	58
FIGURA 19. Registro fotográfico durante la realización de las capacitaciones sobre el cambio climático llevadas a cabo en el Parque Informático Carlos Alban.....	62
FIGURA 20. Registro fotográfico durante el desarrollo del taller de contaminación acústica realizado el 25 de noviembre en la celebración del Día Verde.....	63

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Datos de concentración de ozono troposférico para el mes de Septiembre de 2011. Punto de medición Campo Bello.....	71
ANEXO B. Datos de concentración de ozono troposférico para el mes de Octubre de 2011. Punto de medición Campo Bello.....	72
ANEXO C. Datos de concentración de ozono troposférico para el mes de Noviembre de 2011. Punto de medición Campo Bello.....	73
ANEXO D. Datos de concentración de ozono troposférico para el mes de Diciembre 2011. Punto de medición Campo Bello.....	74
ANEXO E. Datos de la estación meteorológica de la Universidad del Cauca.....	75

## INTRODUCCION

Los problemas ambientales en una ciudad, están profundamente relacionados con el vínculo que tienen los hombres con su entorno. Actualmente se sabe, que si bien las actividades que desarrolla el hombre son para su supervivencia, tienen un efecto inverso, alterando las condiciones normales del ambiente comprometiendo de esta manera su salud y el equilibrio de los ecosistemas.

En ciudades como Popayán en donde la actividad industrial es mínima, la contaminación atmosférica es generada principalmente por las emisiones del parque automotor, el cual crece cada año. Dentro de la lista de los gases contaminantes emitidos por el escape de los vehículos se encuentran los NOx (óxidos de nitrógeno) y COV's (compuestos orgánicos volátiles), principales contribuyentes en la formación de ozono; un contaminante secundario, considerado como el más importante en términos de efectos adversos para la salud humana y los ecosistemas.

Otro problema de contaminación muy común al cual se encuentra expuesta cierta población del municipio, es al ruido ambiental, generado por la densidad del tráfico vehicular, el auge comercial y urbanístico que cada día crece. El ruido ambiental puede afectar a las personas tanto desde el punto de vista fisiológico como psicológico e interferir con actividades básicas como dormir, descansar, estudiar y comunicarse.

En este sentido el desarrollo de actividades como el monitoreo de estos contaminantes permiten conocer la situación actual de ciertas áreas de la ciudad

expuestas a la presencia de ozono troposférico, y las mediciones de presión sonora permiten concluir acerca de la situación de las instituciones educativas expuestas a la contaminación por ruido ambiental.

Por lo tanto, en este trabajo se presenta la metodología de la asistencia técnica brindada para el buen desarrollo de las actividades mencionadas anteriormente, que hacen parte del proyecto “*FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN*”, así como el apoyo a las campañas de educación ambiental propuestas por la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria UMATA – POPAYÁN, además se muestra el análisis de los resultados obtenidos de las mediciones de ozono troposférico, ruido ambiental y el resultado de las campañas de sensibilización.

## 1. JUSTIFICACION

Todos los días por diferentes medios de comunicación se escucha hablar acerca de la peligrosidad de las sustancias emitidas al aire y que los principales y más importantes efectos de estos contaminantes en las zonas urbanas se manifiestan en la salud de las personas, aunque su repercusión en la vegetación y la corrosión de ciertos materiales también es importante. Además, de la relación de estos contaminantes atmosféricos con el calentamiento global.

Como contaminante generado de forma secundaria mediante reacciones fotoquímicas a partir de los COV's y NOx, quizás sea el ozono el gas contaminante más perjudicial especialmente para el sistema respiratorio humano<sup>1</sup>, debido a su alto potencial oxidante, lo cual hace que afecte fácilmente las mucosas resultando en un efecto irritante en los ojos y en tracto respiratorio además puede desencadenar reacciones asmáticas y efectos en el sistema nervioso central<sup>2</sup>. Aunque los peores efectos se manifiestan en las personas que ya padecen algún tipo de enfermedad respiratoria. Además ocupa el tercer lugar entre los contaminantes que participan en el calentamiento global del planeta como resultado del efecto de invernadero, por lo tanto tiene una incidencia directa en los cambios climáticos.

A pesar de que Popayán a nivel nacional tiene uno de los precios más altos de gasolina, actualmente esto no ha impedido que el parque automotor deje de crecer, siendo ésta la principal actividad que contribuye a la emisión de contaminantes percusores del ozono en el área urbana del municipio.

---

<sup>1</sup>Wark K. y Warner C., Contaminación del aire: Origen y control. Editorial Limusa, México 1990.

<sup>2</sup>Tomado de: revista zona hospitalaria [Online] <http://www.zonahospitalaria.com>

De lo anterior surge la necesidad de realizar el monitoreo de este contaminante para conocer sus concentraciones, con el fin de evaluar la calidad del aire en la ciudad con relación a la contaminación ocasionada por ozono, para así adoptar medidas que prevengan y mitiguen los efectos de acuerdo a la normatividad vigente y lo establecido por la Organización Mundial de la Salud. Más aún, cuando en la actualidad no existe monitoreo alguno de este tipo de contaminante en aquellas zonas con mayor grado de susceptibilidad, debido a su ubicación cerca a callejones vehiculares o estaciones de servicio de expendio de combustible.

Por otro lado, se tiene el tema de contaminación generado por el ruido ambiental. La presencia de todo tipo de sonidos en la ciudad es hoy tan común, que muchos de los habitantes han terminado por acostumbrarse a ellos, ignorando las graves consecuencias físicas y mentales que esto acarrea.

El ruido es uno de los responsables de perturbar algunas de las actividades fundamentales para el ser humano como conciliar el sueño, trabajar y estudiar. Este, además de generar esfuerzo y fatiga en las personas, puede llegar a producir sordera temporal o permanente y psicológicamente tiene efectos adversos, ya que ayuda a disminuir la productividad y eficiencia en la realización de las actividades y aumenta la probabilidad de cometer errores debido a la distracción<sup>3</sup>.

Se ha demostrado que el ruido puede perjudicar el rendimiento de los procesos cognitivos, principalmente en trabajadores y niños. Si bien un incremento provocado del ruido, puede mejorar el rendimiento en tareas sencillas de corto plazo, el rendimiento cognoscitivo se deteriora sustancialmente en tareas más complejas. Entre los efectos cognoscitivos más afectados por el ruido se

---

<sup>3</sup>Tomado de: Oficina de Planeación. Documento. Estudio de los Niveles de Ruido en las Aulas de Clase. Universidad nacional de Colombia seccional Medellín. [Online]<http://www.unalmed.edu.co/~planea/documentos/EstudioRuidoAulas.pdf>.

encuentran la lectura, la atención, la solución de problemas y la memorización. El ruido también puede actuar como estímulo de distracción y el ruido súbito puede producir un efecto desestabilizante como resultado de una respuesta ante una alarma<sup>4</sup>.

De lo anterior, nace entonces la importancia de realizar mediciones de ruido ambiental en las instituciones educativas más vulnerables debido a su ubicación sobre puntos críticos en el área urbana del municipio, con el fin de evaluar su situación, y dependiendo de ésta, plantear medidas que permitan proteger la capacidad cognoscitiva de los estudiantes, y así mejorar el rendimiento de las actividades académicas llevadas a cabo en cada uno de los planteles educativos en cuestión.

Finalmente es fundamental realizar campañas de educación ambiental dirigidas a la población estudiantil, para darles a conocer los principales problemas ambientales que vive la ciudad, las causas y sus consecuencias y por ende el papel y la responsabilidad que cada payanés tiene con su ciudad y con las generaciones futuras.

---

<sup>4</sup>Tomado de: Guías para el Ruido Urbano [Online]: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/ruido/ruido2.pdf>



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Ofrecer apoyo y asistencia técnica a la gestión y ejecución del proyecto “*Fortalecimiento de la gestión de la calidad ambiental en el municipio de Popayán-2011*”, propuesto por la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria UMATA-POPAYAN, con la finalidad de promover el mejoramiento de la calidad ambiental para la población payanesa.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar el monitoreo y análisis de los niveles de concentración de Ozono troposférico (O<sub>3</sub>).
- Realizar mediciones de ruido ambiental en apoyo al proyecto “El Ruido nos Contamina” de los Proyectos Ambientales Escolares PRAES.
- Apoyar las campañas de educación ambiental realizadas por la UMATA-POPAYAN en convenio con otras instituciones del municipio.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 GENERALIDADES DE LA UNIDAD MUNICIPAL DE ASISTENCIA TECNICA AGROPECUARIA-POPAYA <sup>5</sup>

**3.1.1 Misión** La Unidad Municipal de Asistencia Técnica - UMATA tiene como misión prestar el servicio de asistencia técnica directa rural de manera regular y continua a los productores agrícolas, pecuarios, forestales y pesqueros mediante la asesoría en la pre inversión, producción y comercialización que garantice la viabilidad de las Empresas de Desarrollo Rural, las Empresas Básicas Agropecuarias que se constituyan en desarrollo de los programas de reforma agraria y en general, de los consorcios y proyectos productivos a escala de los pequeños y medianos productores agropecuarios, dentro de una concepción integral de la extensión rural.

**3.1.2 Objetivos y funciones** La Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria - UMATA, como una dependencia de la administración central del municipio, tiene las funciones de diseñar, promover, desarrollar y controlar la gestión ambiental y preparar las medidas que deban tomarse para su adopción en el territorio del municipio; efectuar el seguimiento y la evaluación de la ejecución de la Gestión Ambiental Municipal; promover a nivel comunitario la realización de campañas y actividades formativas y divulgativas que fomenten la conciencia colectiva sobre la necesidad de participar en la conservación y manejo integrado del ambiente; fomentar la conservación, restauración y desarrollo del Patrimonio Ambiental y la defensa de los intereses colectivos del espacio público y de las

---

<sup>5</sup> Tomado de: [www.popayan-cauca.gov.co](http://www.popayan-cauca.gov.co)

normas que regulan el desarrollo urbano y regional; desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes propias de la educación, investigación y la cultura ambiental; y promover, impulsar y coordinar la ejecución oportuna de las obras y acciones que se requieran para la prevención, control, corrección, mitigación, compensación y manejo de degradación ambiental.

### **3.2 OZONO TROPOSFÉRICO <sup>6</sup>**

El ozono que se encuentra en la troposfera, entre la superficie y los 18 km de altitud para las zonas ecuatoriales, recibe el nombre de ozono troposférico. Sus mayores concentraciones se localizan entre la superficie terrestre y los 10 metros de altura, aproximadamente, y es llamado ozono superficial.

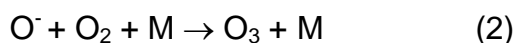
Todas las moléculas de ozono son químicamente idénticas (contienen tres átomos de oxígeno), sin embargo, el ozono estratosférico tiene consecuencias ambientales muy diferentes para los humanos y otras formas de vida que el ozono superficial.

El ozono troposférico y en particular, el ozono superficial, es el principal contaminante fotoquímico y se origina principalmente en las áreas urbanas por varias fuentes de emisión, como los automóviles y la industria. La contaminación por ozono, es un problema diurno durante los días soleados, a causa de que la luz solar desempeña un papel primordial en su formación.

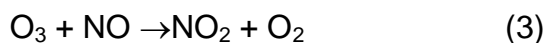
---

<sup>6</sup> Disponible en Internet en versión HTML en: <http://www.ideam.gov.co/sectores/ozono/troposferico.htm>

**3.2.1 Formación ozono troposférico**<sup>7</sup>La formación de ozono puede considerarse el gran producto de la química de la baja atmósfera. La fotólisis de NO<sub>2</sub> puede conducir a la formación de ozono cuando NO y NO<sub>2</sub> están presentes bajo la luz del sol. El ozono se forma como resultado de la fotólisis de NO<sub>2</sub> a longitudes de onda inferiores a 424 nm.

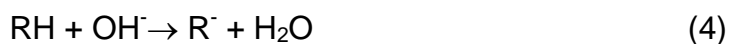


Donde M representa un tercer cuerpo que elimina energía de la reacción y estabiliza al ozono. Una vez formado, el ozono reacciona con el NO para regenerar el NO<sub>2</sub>.



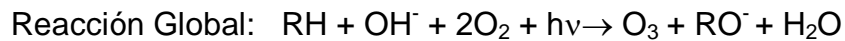
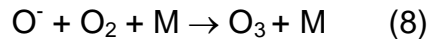
Las tres reacciones anteriores ocurren rápidamente, estableciéndose una concentración de estado estacionario de ozono (20-50 ppb).

No obstante, existe un camino de reacción que convierte NO a NO<sub>2</sub> sin consumir ozono, y que permite su acumulación. Este conjunto de reacciones se favorece por la presencia de hidrocarburos, que reaccionan con un radical hidroxilo (OH<sup>·</sup>) y con el oxígeno atmosférico para generar un radical peróxido (RO<sub>2</sub><sup>·</sup>). Dicho radical oxida al NO a NO<sub>2</sub>, interfiriendo en la reacción (3).




---

<sup>7</sup>Tomado de: Departamento de Proyectos de Ingeniería. Anexo II. Formación de Ozono Troposférico y Regímenes de Sensibilidad Química. Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). [Online][http://www.tenerife.es/planes/PTEOResiduos/adjuntos/Estudio\\_Anexo2.pdf](http://www.tenerife.es/planes/PTEOResiduos/adjuntos/Estudio_Anexo2.pdf).



El resultado final de esta serie de reacciones es una acumulación de ozono troposférico, contaminante altamente oxidante y perjudicial para la salud humana y los ecosistemas.

**3.2.2 Efectos en la salud**<sup>8</sup>La influencia del ozono como contaminante se basa en su toxicidad. Debido a su pequeña capacidad de disolución, el ozono penetra en las vías respiratorias e irrita las mucosas y los tejidos pulmonares.

Altas concentraciones de ozono, largas exposiciones temporales y exhaustivos grados de actividad física durante la exposición causan graves efectos en la salud: disminución de la función pulmonar, agravamientos asmáticos, falta de aliento, dolor de pecho en respiraciones profundas, respiración silbante y tos.

La exposición a concentraciones elevadas de ozono es responsable de un aumento en la mortalidad admisiones hospitalarias y visitas a emergencias debido a problemas respiratorios. La exposición repetida a ozono puede hacer que la gente sea más susceptible a infecciones respiratorias, inflamaciones pulmonares y puede agravar enfermedades respiratorias pre-existentes como asma, bronquitis y fibrosis pulmonar (Fenger et al., 1999).

---

<sup>8</sup>Gordillo Hernández, David., Ecología y Contaminación Ambiental. México: Interamericana McGraw-Hill, 1995.

**3.2.3 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio**<sup>9</sup>En la Tabla 1 se establecen los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia (298,15 ° K y 101,325 kPa . (25 ° C y 760 mm Hg)), para contaminantes criterio, los cuales se calculan con el promedio geométrico para partículas suspendidas totales y promedio aritmético para los demás contaminantes:

Tabla 1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de Exposición
PST	µg/m <sup>3</sup>	100	Anual
		300	24 Horas
PM10	µg/m <sup>3</sup>	70	Anual
		150	24 horas
SO <sub>2</sub>	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.031 (80)	Anual
		0.096 (250)	24 horas
		0.287 (750)	3 horas
NO <sub>2</sub>	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.053 (100)	Anual
		0.08 (150)	24 horas
		0.106 ( 200)	1 hora
O <sub>3</sub>	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.041 (80)	8 horas
		0.061 (120)	1 hora
CO)	ppm (mg/m <sup>3</sup> )	8.8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

Fuente. Resolución 610 del 24 marzo de 2010.

<sup>9</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610. (24, marzo, 2010). Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006. Bogotá: El Ministerio, 2010. 8 p.

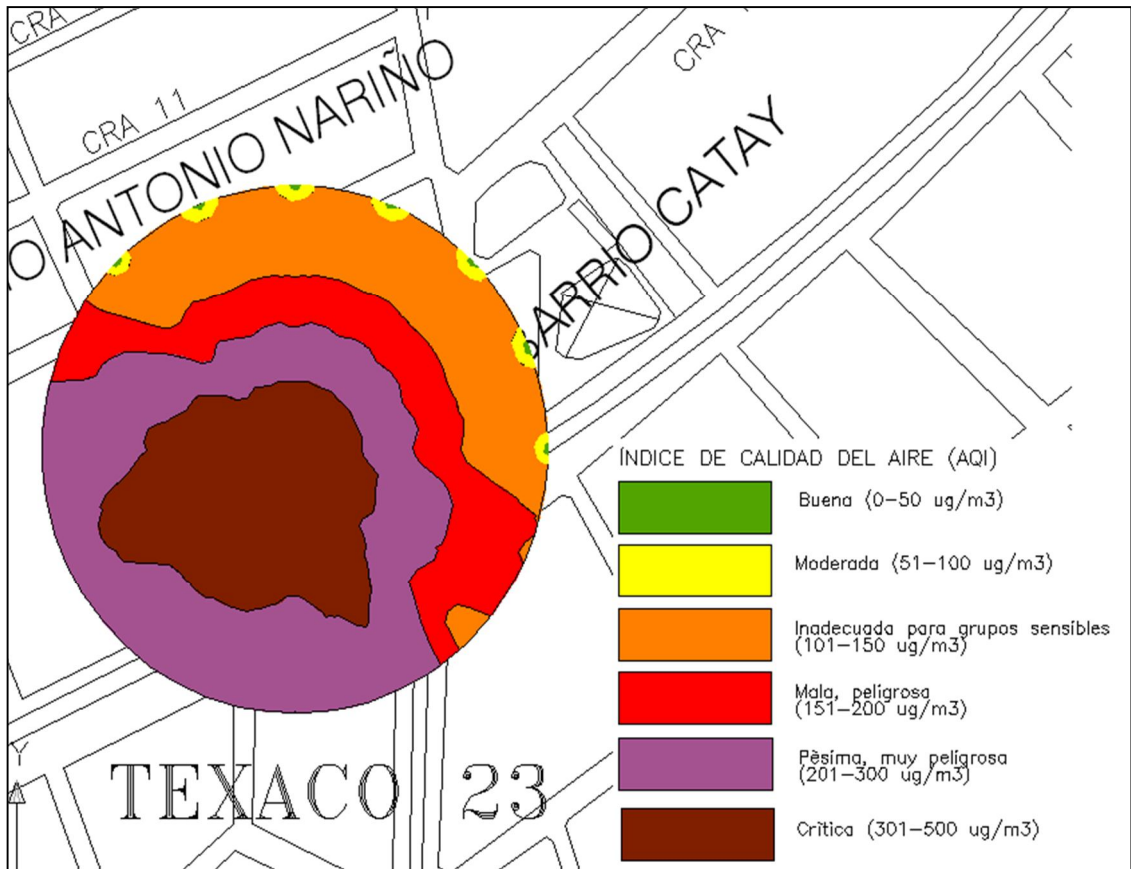
**3.2.4 Mapa de calidad de aire de Popayán – ozono**<sup>10</sup>En este mapa (composición final), es posible visualizar el área de influencia del Ozono formado por COV's provenientes de las estaciones de servicio que operan en la zona urbana de Popayán. Del cual es posible señalar evidentemente, que hay mayor influencia sobre la parte intermedia de la latitud, en el área sobre la avenida "Panamericana", desde Palacé hasta la glorieta del aeropuerto, y en conjunto con el barrio Bolívar; ya que es justamente en esta franja, donde se encuentran concentradas las estaciones de servicio con mayor despacho de combustible que conllevan entonces, a una mayor contaminación por ozono.

Como se muestra en el mapa de Calidad del Aire-Ozono, hay ciertos puntos sobre los cuales recae un interés particular debido a la vulnerabilidad que representan. Éstos son los hospitales, instituciones educativas, centros deportivos y recreacionales, almacenes y centros comerciales, que constantemente tienen mayor flujo y concentración de personas. Los establecimientos que se encuentran dentro de la franja de mayor influencia son: Hospital San José, Cruz Roja, Clínicas SaludCoop, Galería Barrio Bolívar, Parque de la Salud, Colegio Franciscanas, Colegio Salesianas, Colegio Seminario, Colegio Champagnat, Colegio INEM, Terminal de Transportes, Almacén Éxito Norte, Almacén Carulla y Centro comercial Campanario.

---

<sup>10</sup> RIVERA SALAS, VirnaDamiana. Determinación de perfiles de emisión de Cov's y ozono, generados por las estaciones de servicio en un sistema de información geográfica y aplicación de un índice de calidad de aire para la zona urbana de Popayán. Trabajo de grado Ingeniera Ambiental. Popayán: Universidad del Cauca, 2010. 158 p.

Figura 1. Mapa de Calidad del Aire-Ozono para Estación No.12 (Texaco 23).



Fuente. Determinación de perfiles de emisión de Cov's y ozono, generados por las estaciones de servicio en un sistema de información geográfica y aplicación de un índice de calidad de aire para la zona urbana de Popayán.

### 3.3 RUIDO AMBIENTAL (O URBANO) <sup>11</sup>

Se denomina ruido ambiental (o urbano) al ruido emitido por todas las fuentes a excepción de las industriales. Las fuentes principales son el tránsito motor, ferroviario y aéreo, las construcciones, obras públicas y locales de ocio, entre otros. En el interior de los edificios son los sistemas de ventilación, las máquinas de oficina o los artefactos domésticos.

<sup>11</sup>Rodes J., Trilla Antoni. Libro de la Salud del Hospital Clinic de Barcelona y la Fundación BBVA. Editorial Nerea, S.A. España 2007.



La mayoría de ruidos ambientales puede describirse mediante medidas sencillas. Todas las medidas consideran la frecuencia del sonido, los niveles generales de presión sonora y la variación de esos niveles con el tiempo. La presión sonora es una medida básica de las vibraciones del aire que constituyen el sonido. Debido a que el rango de presión sonora que puede detectar el hombre es muy amplio, se mide en una escala logarítmica cuya unidad es el decibel.

La mayor parte de sonidos ambientales está constituida por una mezcla compleja de frecuencias diferentes. La frecuencia se refiere al número de vibraciones por segundo en el aire en el cual se propaga el sonido y se mide en Hertz (Hz). Por lo general, la banda de frecuencia audible es de 20 Hz a 20.000 Hz para oyentes jóvenes con buena audición. Sin embargo, nuestros sistemas auditivos no perciben todas las frecuencias sonoras y, por ello, se usan diversos tipos de filtros o medidores de frecuencias para determinar las frecuencias que produce un ruido ambiental específico. La ponderación A es la más usada y mide las frecuencias inferiores que son menos importantes que las frecuencias medias y altas.

El efecto de una combinación de sucesos de ruidos está relacionado con la energía sonora combinada de esos sucesos (principio de energía constante). La suma de la energía total durante un período de tiempo da como resultado un nivel equivalente a la energía sonora promedio en ese período. Así,  $L_{Aeq,T}$  es el nivel equivalente de la energía promedio del sonido con ponderación A en un período T. Se debe usar  $L_{Aeq,T}$  para medir sonidos continuos, tales como el ruido del tránsito en carreteras o ruidos industriales más o menos continuos.

**3.3.1 Estándares Máximos Permisibles de Niveles de Ruido Ambiental en Colombia**<sup>12</sup>En la Tabla 2, se establecen los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental expresados en decibeles ponderados A(dB(A)).

Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en Colombia.

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudios e investigaciones		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas.	70	55

<sup>12</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 0627 (7, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Bogotá: El Ministerio, 2006. 34 p.

Tabla 2. Continuación. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en Colombia.

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Resolución 0627 del 7 de abril de 2006

### 3.3.2 Valores guía para ambientes urbanos específicos según la organización mundial de la salud.

Tabla 3. Valores orientativos de la OMS para ambientes específicos

Ambiente	Nivel de ruido dB(A)	Tiempo
Interior de viviendas	35	16 horas
Dormitorios	30	8Horas
Escuelas	35	Durante clases
Terrenos de juego	55	Durante el juego
Hospitales	30	24 horas

Fuente: Guías para el ruido urbano

**3.3.3 Efectos en la salud**<sup>13</sup> Entre los perjuicios a la salud que se pueden observar; se encuentra: disminución de la capacidad auditiva (hipoacusia), daños al sistema cardiovascular, aumento desmesurado de ciertas hormonas (en particular la adrenalina), y por otro lado, es uno de los factores que más coadyuvan a la aparición del stress, problemas digestivos, insomnio, problemas para lograr la concentración y disminución del rendimiento escolar y laboral.

Se ha demostrado que el ruido puede perjudicar el rendimiento de los procesos cognitivos, principalmente en los niños. Entre los efectos cognoscitivos más afectados por el ruido se encuentran la lectura, la atención, la solución de problemas y la memorización. El ruido también puede actuar como estímulo de distracción y el ruido súbito puede producir un efecto desestabilizante como resultado de una respuesta ante una alarma. En las escuelas alrededor de los aeropuertos, los niños expuestos crónicamente al ruido de aviones tienen problemas en la adquisición y comprensión de la lectura. Se debe reconocer que algunas de las estrategias de adaptación al ruido de aviones y el esfuerzo necesario para desempeñar adecuadamente una tarea tienen su precio. Los niños que viven en áreas más ruidosas presentan alteraciones en el sistema nervioso simpático, lo que se manifiesta en mayores niveles de la hormona del estrés y presión sanguínea más elevada en estado de reposo.

### **3.4 EDUCACIÓN AMBIENTAL**<sup>14</sup>

El proceso de sociabilización por el cual una persona asimila y aprende conocimientos recibe el nombre de educación. Los métodos educativos suponen

---

<sup>13</sup>Tomado de: Guías para el ruido urbano [Online] <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/ruido/ruido2.pdf>.

<sup>14</sup>Disponible en versión HTML <http://definicion.de/educacion-ambiental>.

una concientización cultural y conductual que se materializa en una serie de habilidades y valores.

Se conoce como ambiente natural al entorno que incluye al paisaje, la flora, la fauna, el aire y el resto de los factores bióticos y abióticos que caracterizan a un determinado lugar.

La educación ambiental, por lo tanto, es la formación orientada a la enseñanza del funcionamiento de los ambientes naturales para que los seres humanos puedan adaptarse a ellos sin dañar a la naturaleza. Las personas deben aprender a llevar una vida sostenible que reduzca el impacto humano sobre el ambiente y que permita la subsistencia del planeta.

Reducir la contaminación, minimizar la generación de residuos, impulsar el reciclaje, evitar la sobreexplotación de los recursos y garantizar la supervivencia del resto de las especies son algunos de los objetivos de la educación ambiental.

La educación ambiental forma parte de los programas educativos de las escuelas, pero también es fomentada de manera informal o no sistematizada por campañas gubernamentales, proyectos de organizaciones civiles e iniciativas de empresas.

#### 4. METODOLOGÍA

##### ***Objetivo 1. Mediciones y análisis de los niveles de concentración de ozono troposférico (O<sub>3</sub>) en área urbana del municipio de Popayán.***

Con el fin de dar cumplimiento a este objetivo primero se documentó toda la normatividad colombiana vigente sobre el tema de calidad de aire y los protocolos para el monitoreo y seguimiento de la calidad de aire del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, además se realizó una consulta bibliográfica en trabajos de investigación realizados en el municipio de Popayán relacionados con el tema.

Posteriormente se procedió a identificar la zona de estudio. Para esto se tuvo en cuenta la tesis: *Determinación de perfiles de emisión de COV's y ozono, generados por las estaciones de servicio en un sistema de información geográfica y aplicación de un índice de calidad de aire para la zona urbana de Popayán*; en donde se menciona que el área sobre la avenida "Panamericana", desde Palacé hasta la glorieta del Aeropuerto, y en conjunto con el barrio Bolívar; es la zona donde hay una mayor influencia del Ozono formado por COV's, ya que es justamente en esta franja, donde se encuentran concentradas las estaciones de servicio con mayor despacho de combustible que conllevan entonces, a una mayor contaminación por ozono.

Una vez identificada el área de estudio se ubicó sobre ésta el punto de medición de ozono, para esto fue menester tener en cuenta los criterios de macro localización para puntos de muestreo de ozono, especificados en el numeral 6.3.2 del Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire; el punto de medición se ubicó lejos de las emisiones locales debidas al tráfico y estaciones de servicios con el fin de minimizar interferencias destructivas desde fuentes de NO,

puesto que el NO reacciona rápidamente con el O<sub>3</sub>. La zona residencial Campo Bello, fue la locación escogida ya que cumplía con todos los requerimientos establecidos en el numeral mencionado anteriormente, así como, con los criterios de micro localización (condiciones de seguridad, distancias a fuentes menores y distancias a vías).

Las mediciones de ozono troposférico se realizaron con el analizador automático Serinus 10 Ozono Analyzer, designado como método equivalente EQOA-0809-187 por la EPA (UnitedStates Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos.

El Serinus 10 Ozono Analyzer fue revisado y calibrado por técnicos de APCYTELL Ltda. antes de dar inicio al monitoreo. Las mediciones se llevaron a cabo durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2011. El equipo se mantuvo en operación continua, tomando mediciones cada 10 minutos. Los datos suministrados por el analizador fueron descargados del equipo el último domingo de cada mes con el fin de evitar pérdida de datos en días representativos, además, en estos días realizaron operaciones de mantenimiento al equipo.

Para el análisis de la información recolectada por el analizador de ozono se tuvo en cuenta el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad de Aire, el cual recomienda una revisión para rechazar datos erróneos o inválidos antes de realizar el procesamiento matemático y gráfico. En general las consideraciones que se tuvieron en cuenta para rechazar datos fueron:

- Lecturas fuera del intervalo de detección del equipo
- Datos negativos de concentración, así como
- Datos que presentaran cambios muy rápidos con respecto al tiempo.

Teniendo en cuenta que la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión (Resolución 610 del 24 de marzo 2010) establece los niveles máximos permisibles de ozono para un tiempo de exposición de 1 hora y 8 horas expresados en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; se procedió con los datos ya validados a realizar promedios horarios. Dado que el equipo registró una lectura cada 10 minutos, se tomaron las 6 lecturas de cada hora y se promediaron dando así el primer dato a introducir en la hoja de cálculo.

En este sentido es importante aclarar que los datos comprendidos entre una hora y la hora siguiente, corresponden a los de esta última. Por ejemplo, para los datos tomados entre las 3:00 y las 4:00 p.m. el reporte que se realizó correspondía al de las 4:00 p.m. así pues se define una “hora” como el periodo de sesenta minutos transcurridos “inmediatamente antes” de la hora reportada. El día se define como el periodo de 24 horas transcurrido entre las 00:01 y las 24:00, donde 00:01 es el primer minuto del día, después de la media noche. Es decir, en un día se obtendrán 24 promedios horarios desde la 1 que es la primera hora del día, hasta las 24 que es la última. La semana, y el mes corresponden a la definición universal, del período que sigue inmediatamente al momento reportado; es decir, la semana comienza en minuto 00:01 del lunes y termina en el minuto 24:00 del domingo. El mes se ajusta a los períodos de tiempo reportados por el calendario.

Una vez realizados los promedios horarios, aun expresados en ppm, se procedió a realizar el cálculo de la media móvil de ocho horas. Para esto se tomó el primer conjunto de ocho datos y se calculó su valor promedio, por ejemplo, los datos tomados entre las 00:00 y las 07:00 horas. Luego se procede a calcular el valor promedio para los datos correspondientes a las horas 01:00 hasta las 08:00, el tercer valor calculado de la media móvil corresponde al promedio del grupo de datos reportados para las horas comprendidas entre las 02:00 hasta las 09:00. Así sucesivamente se realizó este procedimiento para todo el conjunto de datos, aplicando la siguiente expresión:



$$(C_{prom})_{j^*} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \text{ para } i = 1, 2, 3, \dots, n;$$

Donde:

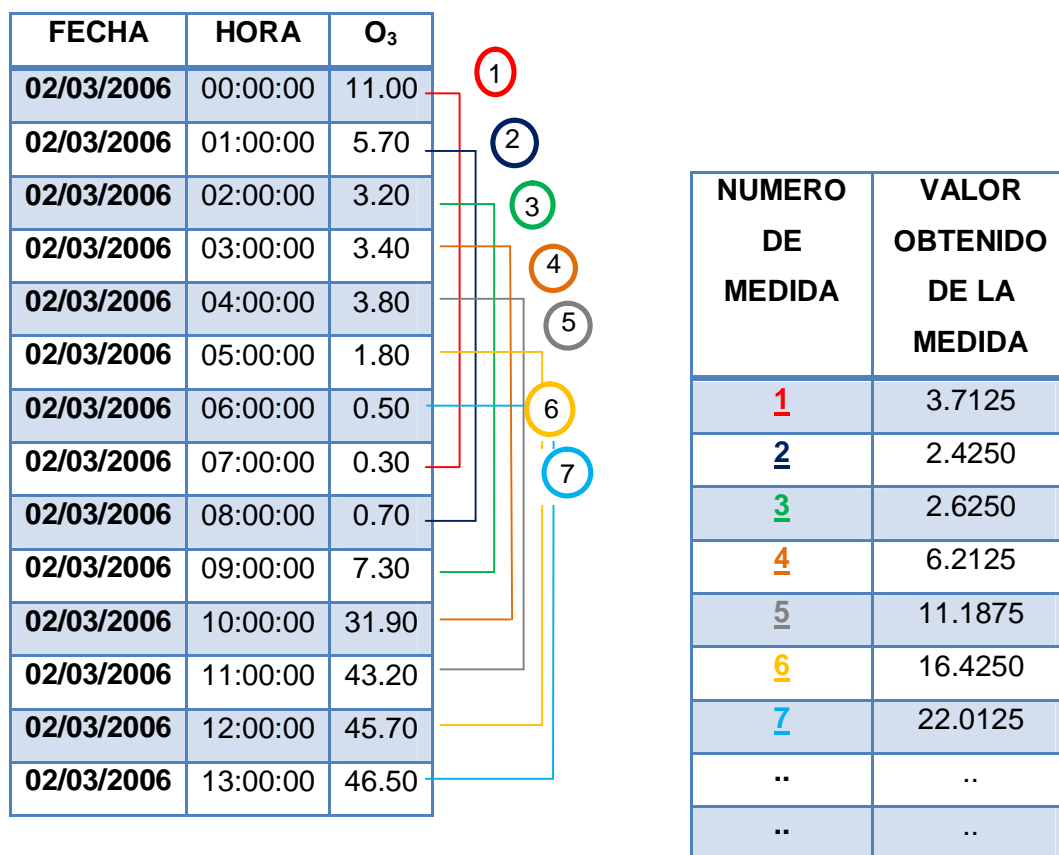
$(C_{prom})_{j^*}$  : Concentración promedio de tiempo  $j^*$

$$\sum_{i=1}^n C_i$$

: Suma de los “n” datos de concentración del contaminante  $i$  obtenida en el periodo de tiempo  $j^*$

$n$ : Cantidad de datos en el periodo de tiempo  $j^*$

Figura 2. Ejemplo de metodología para la estimación de la media móvil para 8 horas de un conjunto de datos.



Fuente. Manual de operaciones de sistemas de vigilancia de la calidad de aire

Debido a que las normas establecidas en la legislación colombiana se encuentran definidas a condiciones de referencia o estándar, fue necesario expresar cada dato obtenido para las condiciones locales a estas mismas condiciones estándar; en ningún momento es correcto expresar la norma nacional (condiciones de referencia) a norma local (condiciones propias de cada ciudad), para realizar la comparación.

Para expresar los datos horarios a condiciones de referencia y establecer la comparación con la norma, se siguió la metodología planteada en el numeral 7.3.2.8. *Comparación de los valores de concentración con la norma*, del Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire. En donde se parte de la ecuación de gas ideal y se establece las correspondientes relaciones, esto es:

$$PV = nRT \text{ Ecuación de gas ideal}$$

Donde:

P: Presión

V: Volumen

n: Numero de moles

R: Constante de los gases ideales ( $8.314 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} / \text{Kmol} \cdot \text{K} \approx 0.082 \text{ l} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K}$ )

T: Temperatura (siempre expresada en grados kelvin, K).

A través de la ecuación del gas ideal, puede determinarse la concentración en función de la presión, la temperatura y el peso molecular de la sustancia de la que se desea cuantificar su presencia en el gas, de la siguiente forma:

$$P * V = n * R * T$$

$$P * V = \frac{m * R * T}{PM}$$

$$P = \frac{m}{v} * \frac{R * T}{PM}; \text{ como } \frac{m}{v} = C$$

$$P = C * \frac{R * T}{PM}$$

$$C = \frac{P * PM}{R * T}$$

En esta serie de ecuaciones, se encuentran los siguientes términos:

m: Masa de la sustancia que se quiere determinar en el gas (kg)

PM: Peso molecular de la sustancia a determinar (kg/kmol)

C: Concentración de la sustancia en el gas (kg/m<sup>3</sup> ó g/l)

Ahora bien, del tratamiento matemático anterior realizado a la ecuación del gas ideal, se llega a la conclusión que dependiendo del contaminante (de sus propiedades físicas como masa y peso molecular) y de las condiciones atmosféricas (presión y temperatura) se obtendrán determinados valores de concentración; por lo tanto es válido afirmar que la concentración del contaminante a condiciones de referencia es igual al producto del peso molecular de dicho contaminante por la relación existente entre las condiciones estándar de presión y temperatura (P<sub>st</sub>, T<sub>st</sub>):

$$(C_i)_{st} = \frac{(P)_{st} * PM_i}{R * (T)_{st}}$$

Como los datos promedio de concentración que se obtienen del monitoreo, corresponden a los valores de concentración de ozono obtenidos a las condiciones locales de presión y temperatura, y dichas condiciones son diferentes a las condiciones de referencia, entonces los datos que se obtienen en realidad de concentración corresponden a:

$$(C_i)_j = \frac{(P)_j * PM_i}{R * (T)_j}$$

Donde:

$(C_i)_j$ : Concentración del contaminante i en la región o ciudad j

$(P)_j$ : Presión en la región o ciudad j, es decir la condición local de presión

$(T)_j$ : Temperatura en la región o ciudad j, es decir la condición local de temperatura

$PM_i$ : Peso molecular del ozono

R: Constante de los gases ideales ( $8.314 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} / \text{kmol} \cdot \text{K}$  |  $0.082 \text{ l} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K}$ )

Concluyendo, los datos obtenidos se tienen referenciados a las condiciones locales de la región o ciudad para los cuales se realizó la medición; pero estos a su vez deben ser comparados con la norma nacional, la cual se encuentra expresada a condiciones de referencia o condiciones estándar (760 mmHg de presión o 101.325 Pa o 101,325 kPa y a una temperatura de 298,15 K). Por tal razón, es necesario expresar los datos promedios obtenidos de la medición a valores promedios de concentración expresados a condiciones de referencia, lo cual se realiza de la siguiente forma:

$$\frac{(C)_{st}}{(C_i)_j} = \frac{\frac{(P)_{st} * PM_i}{R * (T)_{st}}}{\frac{(P)_j * PM_i}{R * (T)_j}} = \frac{(P)_{st} * PM_i * R * (T)_j}{R * (T)_{st} * (P)_j * PM_i}$$

Los datos promedios horarios obtenidos a condiciones locales ( $(C_i)_j$ ) son expresados bajo condiciones de referencia, empleando la siguiente expresión:

$$((C_i)_j) = \frac{(P)_{st} * PM_i * R * (T)_j}{R * (T)_{st} * (P)_j * PM_i} * (C_i)_j$$

Ahora, puesto que el objetivo fundamental del monitoreo de contaminantes criterio, es verificar el cumplimiento de los niveles de concentración de contaminantes acorde con la norma, en este caso se tiene en cuenta la Resolución 610 de 2010

la cual establece en su artículo 4°, los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio (Ver Tabla 1.).

Dado que los datos están originalmente en unidades ppm, se realiza una conversión de ppm a  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$\left[ \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right] = \frac{[\text{ppm}] * PM}{24.45} * 10^3$$

Finalmente, expresados los datos promedio horarios a condiciones de referencia y en las unidades adecuadas, se procede a calcular la media móvil para ocho horas a condiciones estándar para efectuar la comparación con la norma nacional para el periodo de tiempo estipulado.

A continuación se muestra los registros obtenidos para el mes septiembre, acompañado con la descripción sobre cómo se procesaron los datos conforme a la metodología anteriormente descrita. Se presentan dos impresiones de pantalla, las cuales muestran las hojas de cálculo empleadas para el procesamiento informático de los datos mediante Microsoft Excel®.

La primera imagen muestra la hoja de procesamiento de los datos medidos cada hora por el analizador, hasta llevarlos a una media de ocho horas a condiciones estándar, la cual es comparable con el valor fijado en la normatividad.

Las columnas azules corresponden a los datos que se deben introducir en la hoja de cálculo, la primera columna corresponde a los promedios horarios mensuales de concentración de ozono en ppm leído por el analizador, la segunda columna contiene la temperatura local en grados absolutos o kelvin, y la tercera columna contiene los valores de presión atmosférica horaria local en kPa (kilopascales). La columna siguiente corresponde a la media móvil para ocho horas calculada directamente a partir de los datos leídos por el equipo.

La sección en gris en la parte superior de la hoja, corresponde a los datos de condiciones estándar, necesarias para recalculer el dato registrado a condiciones locales y llevarlo al valor necesario que pueda ser comparado con la norma vigente.

Las columnas verde olivo corresponden a los datos de concentración estándar horaria en partes por millón y microgramos por metro cúbico respectivamente. Los datos de estas columnas son utilizados para calcular la media móvil para ocho horas, la cual es presentada en las columnas a la derecha de cada una de ellas.

Finalmente, la columna presentada en amarillo corresponde a la media móvil estándar cada ocho horas, que es el valor comparable directamente con la norma, para lo cual se utilizaron graficas tal como lo muestra la segunda impresión de la pantalla presentada.

Figura 3. Hoja de cálculo Septiembre 2011.

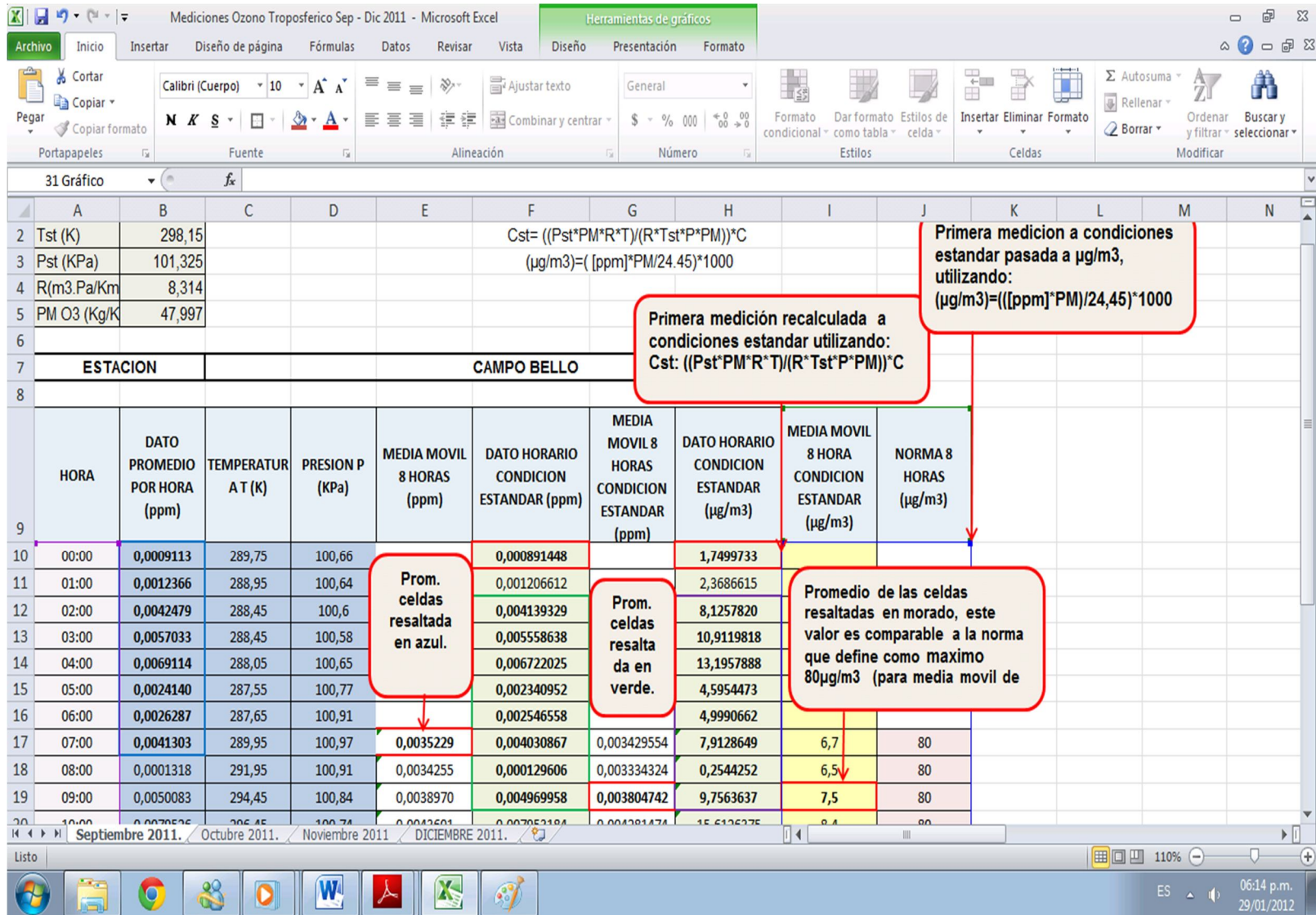
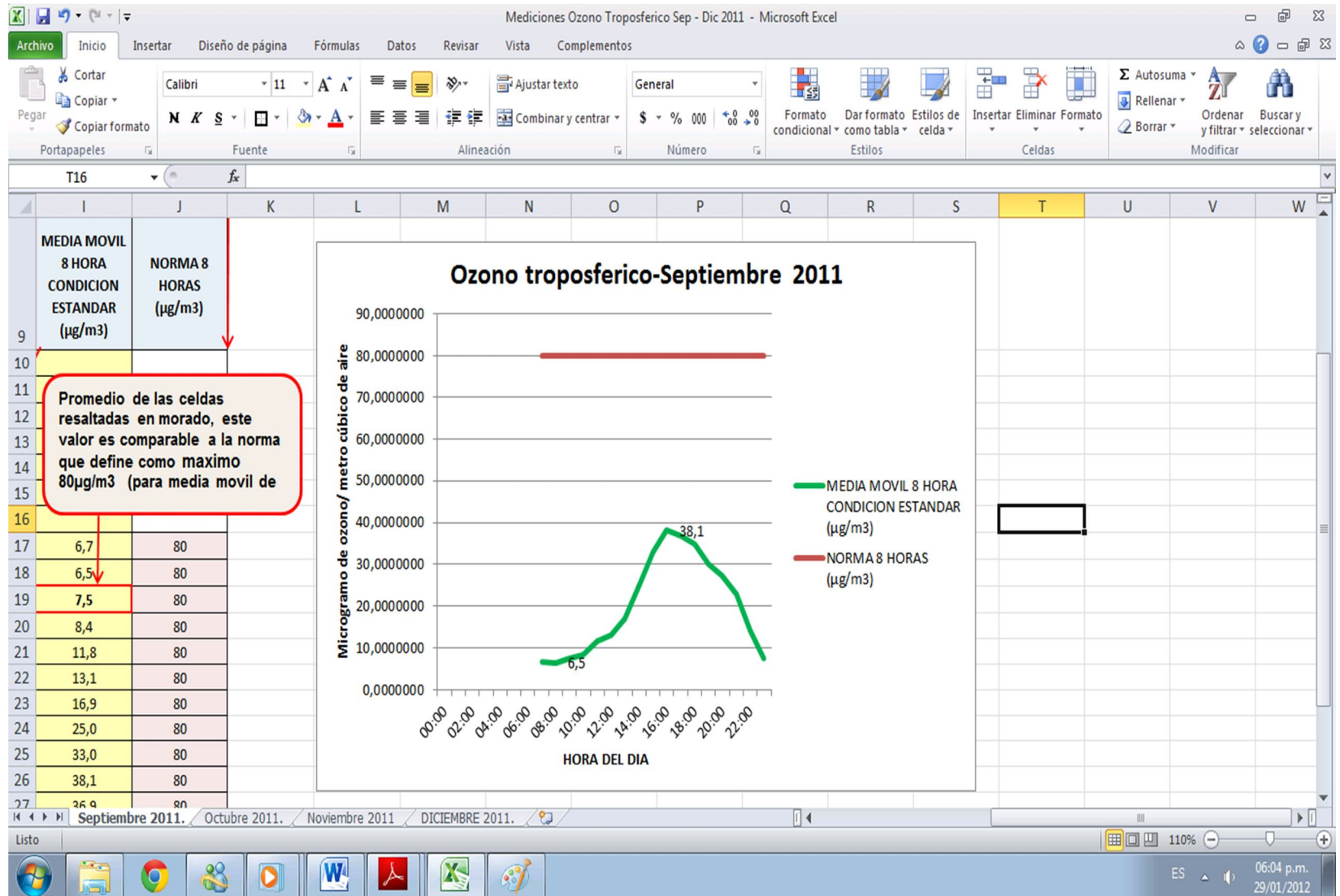


Figura 4. Hoja de cálculo septiembre 2011.





***Objetivo 2. Mediciones de ruido ambiental en Instituciones Educativas del municipio de Popayán en apoyo al proyecto “El Ruido nos Contamina” de los Proyectos Ambientales Escolares PRAES.***

Los Proyectos Ambientales Escolares PRAES son los instrumentos mediante los cuales se ha abordado el componente ambiental en el sector educativo y son una herramienta fundamental para afrontar la problemática ambiental generada principalmente por el manejo de residuos sólidos, el recurso hídrico y *la contaminación auditiva*. En este sentido la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria llevó a cabo las mediciones de ruido ambiental en apoyo a dichos proyectos ambientales escolares PRAES, a través de la cooperación de la *Fundación para el Desarrollo Ambiental y Socioeconómico de las Eco Regiones Colombianas FUNDASEC*.

Para llevar a cabo esta actividad fue necesario:

Identificar la legislación nacional vigente referente a contaminación acústica, y las disposiciones establecidas en ella (la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental establecida en la resolución 0627 del 7 de Abril de 2006), así como lo establecido en el Decreto 948 del 5 de Junio de 1995. Además se realizó una consulta bibliográfica relacionada con las posibles consecuencias de la influencia negativa del ruido en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Una vez documentada la legislación y la información bibliográfica pertinente, se procedió a recopilar información sobre las zonas de mayor densidad vehicular y comercial en las cuales se encontraban ubicadas instituciones educativas públicas del municipio de Popayán. Para ello se tomó la información suministrada por los profesionales ambientales de La Fundación para el Desarrollo Ambiental y Socioeconómico de las Eco Regiones Colombianas FUNDASEC, quienes previamente habían realizado un diagnóstico reciente de las instituciones

educativas del municipio de Popayán en cuanto a su estado en materia de contaminación auditiva. De esta manera y en conjunto (UMATA- FUNDASEC) se escogieron siete instituciones educativas públicas ubicadas en zonas de alto flujo vehicular y comercial.

Posteriormente se realizó una visita a cada una de las siete instituciones educativas con el fin de verificar la información suministrada por FUNDASEC. Se realizó una inspección ocular en cuanto a la intensidad del flujo vehicular alrededor de las instalaciones de los planteles educativos, así como la presencia de actividades comerciales cerca de éstos. Además se realizó una reunión con los representantes (1 docente, 2 alumnos) de cada institución educativa con el fin de preguntarles acerca de la condición del plantel frente a esta problemática. Seguidamente se llevó a cabo una observación general de las condiciones físicas del plantel como por ejemplo, presencia de zonas verdes alrededor de la planta física de la institución educativa entre otras características.

Una vez se concretaron los nombres de las siete instituciones educativas (1. I.E. San Agustín, 2. I.E. Francisco Antonio de Ulloa, 3. I.E. Comercial del Norte, 4. I.E. Francisco José de Caldas (INEM), 5. I.E. John F. Kennedy, 6. I.E. Técnico Industrial, 7. I.E. San Agustín Sede El Libertador) tras la previa evaluación mencionada anteriormente, se procedió a realizar la metodología de medición. Para esto se tuvo en cuenta lo especificado en la Resolución 0627 del 7 de Abril de 2006. Anexo 3. Capítulo II. *Procedimiento de medición para ruido ambiental*:

Se estableció que las mediciones en cada institución educativa tendrían una duración de 12 horas con el fin de abarcar las dos jornadas de los planteles educativos (mañana y tarde), de esta manera las mediciones empezarían a las 6:30 am, hora de iniciación de clases, hasta las 6:30 pm hora de finalización de clases.

Posteriormente se consultó a las directivas de cada plantel educativo el día en que se podrían llevar a cabo las actividades de medición, con el fin evitar mediciones durante la realización de actividades culturales del plantel, puesto que esto alteraría de forma significativa los datos de medición.

Las mediciones de ruido ambiental se realizaron con un sonómetro integrador marca SVANTEK, SVAN 957, clase 1 según IEC 61672:2002, IEC 60651 e IEC 60804. Su respectivo micrófono se instaló en un trípode y se elevó a una altura de cuatro (4) metros medidos a partir del suelo terrestre y a una distancia de tres (3) metros de las fachadas, barreras o muros de las instituciones educativas. En algunos casos donde no fue posible cumplir con esta distancia por cuestión de espacio, las mediciones se realizaron a una distancia horizontal de dos (2) metros. Se tomaron cuatro (4) puntos de medición alrededor y a las afueras de cada plantel educativo, los cuales se ubicaron a una distancia mínima de 20 metros de las intersecciones viales.

El equipo antes de empezar a registrar los niveles de presión sonora fue calibrado con su respectivo pistófono en cada uno de los puntos de medición. El micrófono siempre fue protegido con la pantalla anti viento, dando así cumplimiento a lo especificado en la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.

Cada medición efectuada constaba de cinco (5) mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales de cinco (5) minutos, cada una de las cuales tenía una posición orientada del micrófono, así: vertical hacia arriba, norte, sur, este y oeste, es decir que cada medición tenía una duración de veinticinco (25) minutos.

Figura 5. Medición de ruido externo en la I.E. John F. Kennedy.

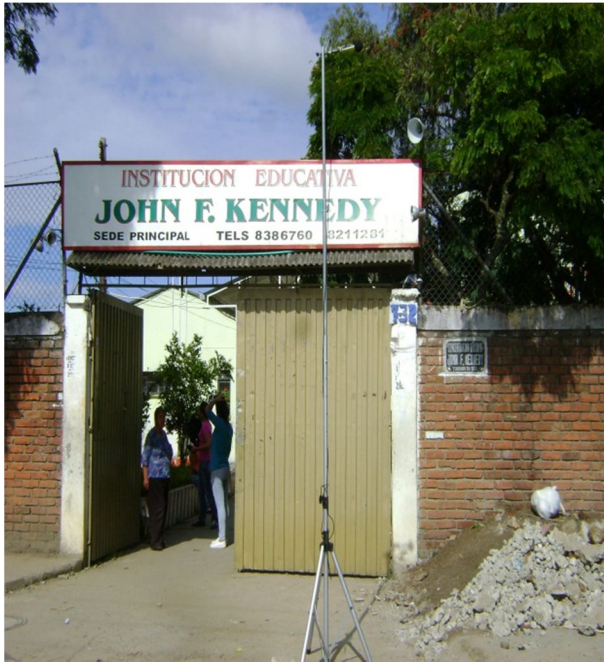


Figura 6. Medición de ruido interno en la I.E. San Agustín..



Por otra parte y para evaluar las condiciones de ruido dentro de las aulas se realizaron mediciones instantáneas en dos (2) salones escogidos aleatoriamente en cinco instituciones educativas. Para esto, el micrófono se instaló a una altura máxima de dos (2) metros y se ubicó en el centro del aula. Las mediciones internas se realizaron con estudiantes y sin presencia estudiantes, con las puertas y ventanas abiertas y cerradas. En cada salón se efectuaron cuatro (4) mediciones de cinco (5) minutos de duración.

Finalmente la información de las mediciones almacenadas en el sonómetro fueron transferidas a los profesionales de FUNDASEC quienes fueron los encargados de realizar el mapa sónico para cada institución educativa.

**Objetivo 3. Apoyo a campañas de educación ambiental realizadas por la UMATA- POPAYAN en convenio con FUNDASEC.**

Se realizaron tres jornadas de educación ambiental sobre el cambio climático dirigido a estudiantes de grado 5 °, 6° y 7° de diferentes instituciones educativas públicas del municipio de Popayán. En cada charla se realizó:

1. Una explicación de lo que es el cambio climático, sus causas, consecuencias y efectos, utilizando diapositivas animadas que llamaran la atención de los estudiantes. Además se creó un espacio en donde los estudiantes compartieron conocimientos que tenían respecto a este tema.
2. Para reforzar la información suministrada se transmitieron dos videos que explicaban de manera clara lo que es el cambio climático y las posibles soluciones a esta problemática.
3. Finalmente se llevó a cabo un concurso de dibujo, en donde se solicitó a los estudiantes realizar un dibujo alusivo al tema de cambio climático. Para esto se suministró a cada estudiante: lápiz, un octavo de cartulina, sacapuntas, borrador y colores. A los tres estudiantes con los mejores dibujos se les obsequio una caja de colores y crayolas. Y al finalizar la actividad a todos los estudiantes se les regaló una camiseta en agradecimiento a su colaboración y participación.

Para el día 25 de Noviembre de 2011 en las Instalaciones del Centro de Atención Integral a la Familia (CAIF), se realizó un taller de contaminación acústica en celebración al Día Verde, jornada organizada por la Fundación Para el Desarrollo de las Ecorregiones Colombianas (FUNDASEC).

Al evento asistieron estudiantes de 7 Instituciones educativas, las cuales fueron:

- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. I.E Comercial del Norte        | 5. I.E Instituto Técnico Industrial |
| 2. I.E Francisco Antonio de Ulloa | 6 I.E Normal Superior de Popayán    |
| 3. I.E San Agustín Sede Centro    | 7. I.E Santa Rosa                   |
| 4. I.E John F. Kennedy            |                                     |

Para la elaboración del taller de contaminación acústica, se realizó una investigación previa acerca del origen de la contaminación por ruido, las clases, sus causas, efectos y consecuencias para darlos a conocer a los estudiantes y docentes durante la ejecución de la actividad.

Por otro lado se realizó durante la actividad un ejercicio, utilizando para ello diferentes sonidos que son cotidianos en ciudades como Popayán, y a los cuales los Payaneses se ven expuestos diariamente; esto con el fin de generar un espacio en donde tanto estudiantes y profesores participaran expresando la sensación que estos sonidos producían en cada uno. Este ejercicio permitió explicar de manera práctica el concepto de ruido y sonido.

Finalmente se dio a conocer el sonómetro -equipo utilizado para medir este tipo de contaminación- su funcionamiento y características a través de la realización de un ejercicio práctico en donde cada uno de los asistentes a la actividad media su timbre de voz. Al terminar el taller se entregó material educativo (afiche) alusivo al tema.

**Otras actividades apoyadas:** Dentro de esta pasantía también fue posible brindar colaboración en las siguientes actividades:

1. Celebración del Día Internacional contra el Ruido (25 de Agosto de 2011) organizado por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC); se apoyó a la CRC con las campañas de sensibilización que se realizaron en

dos puntos de la ciudad: en el Parque Caldas (primer punto) en donde se entregó material didáctico a los transeúntes interesados en el tema, se les dio a conocer las consecuencias de estar expuestos a altos niveles de presión sonora, así como, la normatividad vigente relacionada con el tema. En el segundo punto ubicado en el Parque de la Salud se realizó la misma actividad con la diferencia que la información y el material didáctico se suministró a motociclistas, taxistas, conductores de transporte público y particular.

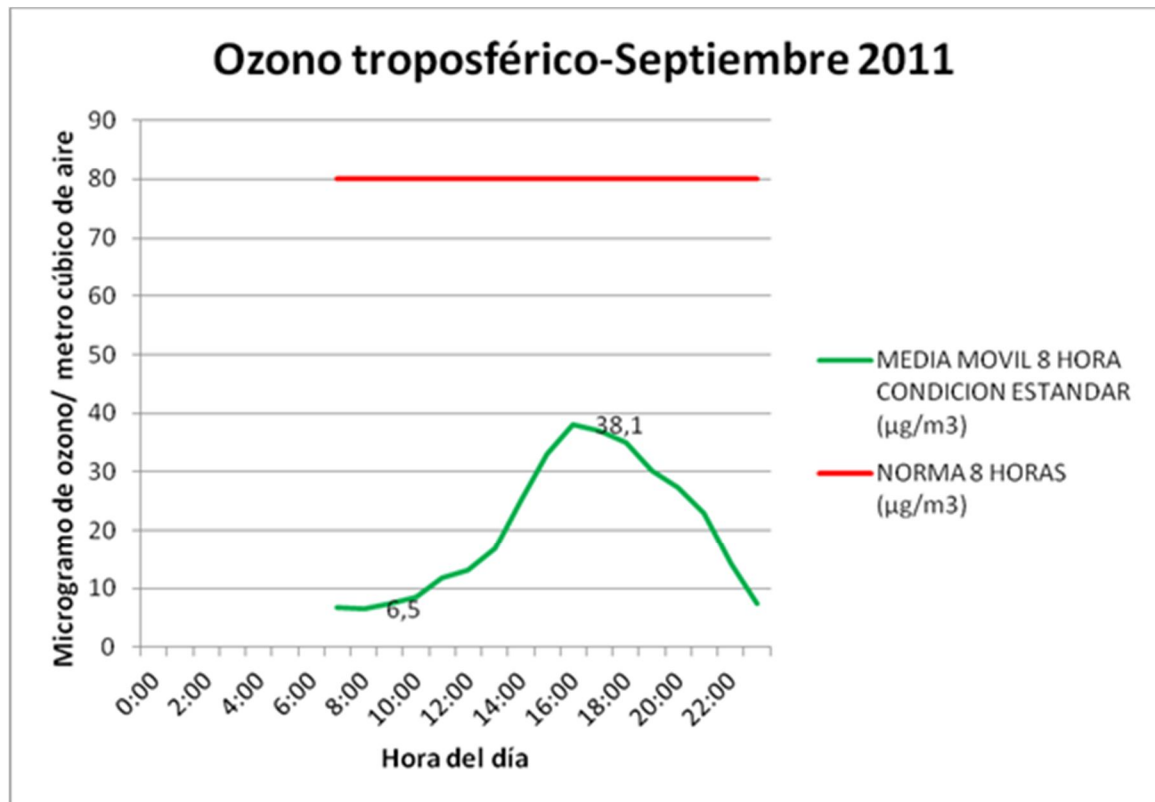
2. Foro sobre Cambio Climático denominado “Esto se puede calentar más” (14 de Septiembre de 2011), evento organizado por la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria con apoyo del Comité Ambiental Municipal, la Universidad del Cauca, la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca y el instituto Tecnológico Superior de Comfacaucá.
3. Día sin Carro ni moto en Popayán (22 de septiembre de 2011): se brindó asistencia técnica en las mediciones de ruido ambiental realizadas por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), antes durante y después del día sin carro ni moto en Popayán.

## 5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 5.1 Análisis de niveles de concentración de ozono troposférico en Popayán:

A continuación se muestran las gráficas que representan los niveles de concentración de ozono troposférico para los meses en los que se llevó a cabo el monitoreo.

Figura 7. Media móvil 8 horas Vs. norma. Septiembre 2011.



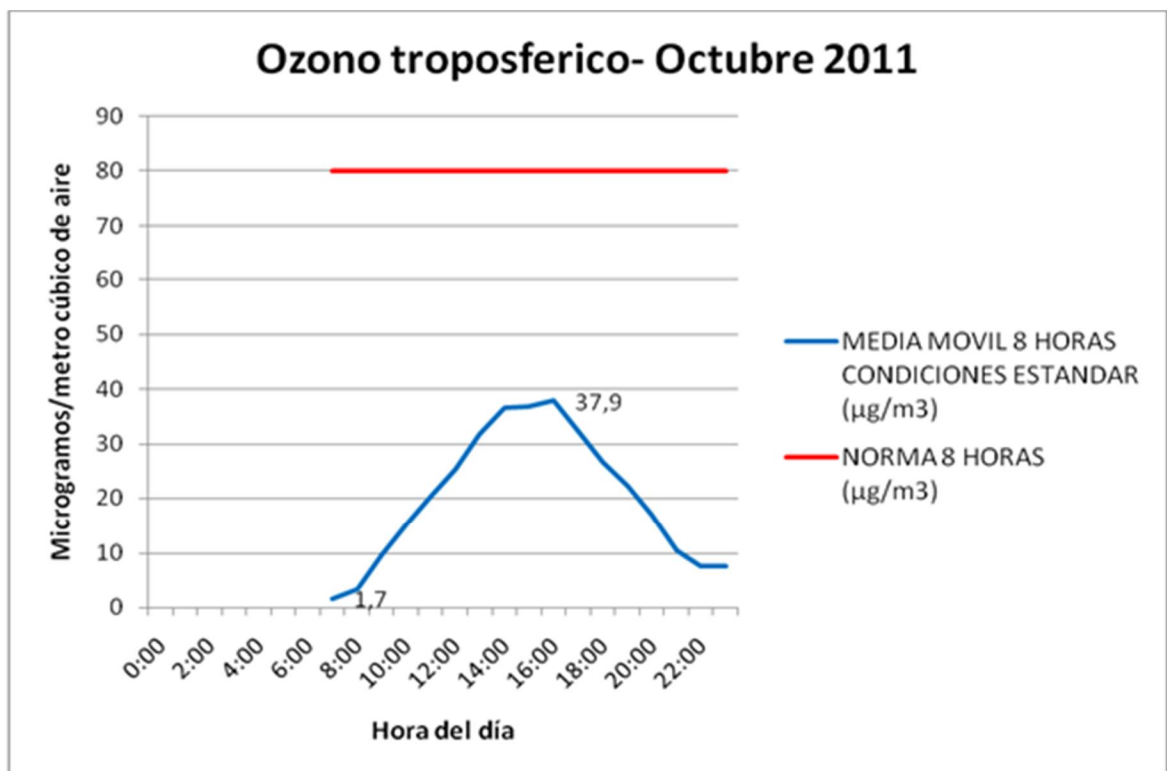
En la figura 7 se observa que la curva de concentración de ozono tiene un crecimiento exponencial desde las 07:00 am. hasta las 16:00 pm., en donde se presenta el pico máximo ( $38,1 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$ ), de ahí en adelante se puede apreciar un



decrecimiento de la curva. Este comportamiento de la curva de concentración de  $O_3$ , está fuertemente relacionado con la radiación solar (la cual es necesaria para el proceso de fotólisis de  $NO_2$  que conduce a la formación de ozono troposférico) la cual empieza a aumentar a partir de las 7:00 am. hasta las 12:00 pm en donde se presenta la mayor intensidad solar del día (ver anexo E), de ahí en adelante esta empieza a disminuir hasta llegar a cero a las 6:00 pm. Por lo tanto la mayor formación de ozono se da a partir de las 10:00 am. hasta las 4:00 pm. en donde se presenta el pico máximo de concentración de ozono, de ahí en adelante al igual que la radiación solar, la concentración de ozono empieza a disminuir.

En cuanto a la concentración de ozono troposférico para el mes de Septiembre se tiene que el valor máximo mensual registrado de  $38,1 \mu g O_3 / m^3$  se encuentra por debajo del valor de la norma (Resolución 610 del 24 de marzo de 2010) para 8 horas, el cual es de  $80 \mu g O_3 / m^3$ .

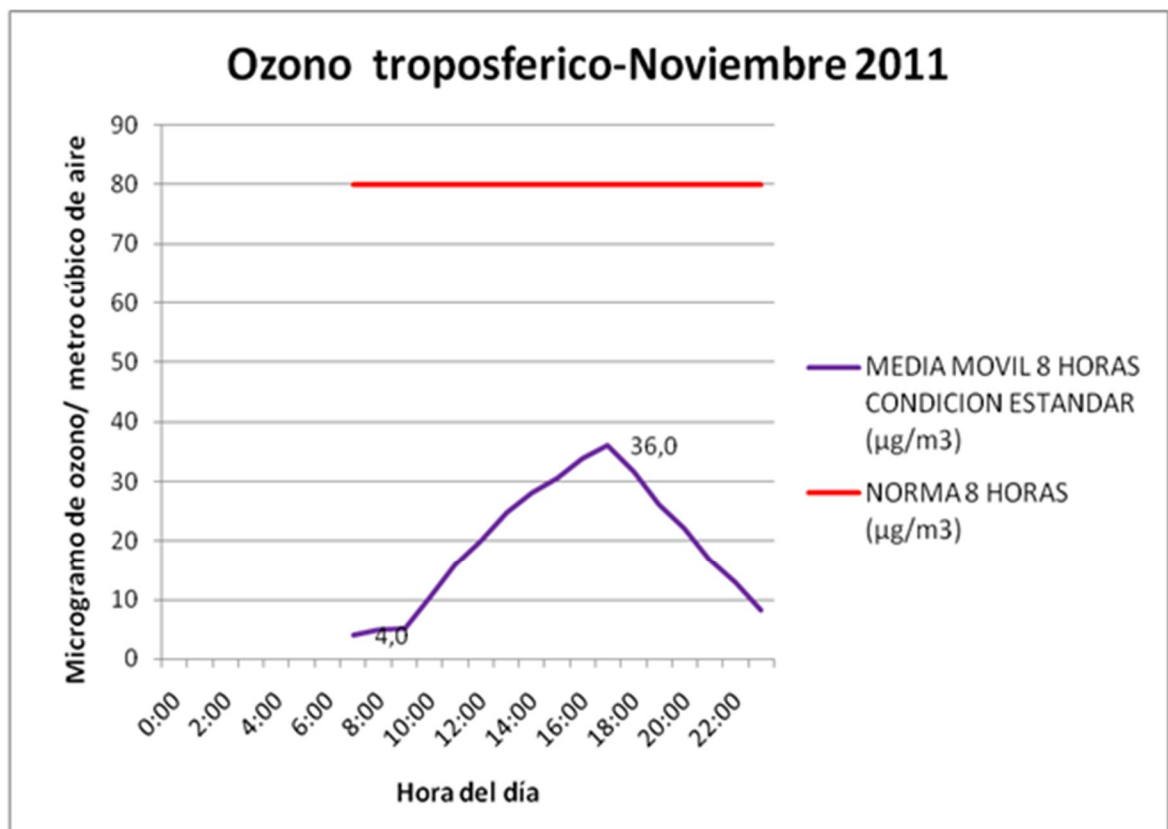
Figura 8. Media móvil 8 horas Vs. Norma. Octubre 2011.



En la figura 8 puede apreciarse que ninguno de los datos de concentración de ozono troposférico obtenidos para el mes de octubre superan el valor de la norma para ocho horas ( $80\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ ), por lo tanto, tampoco supera el valor máximo permisible para una hora ( $120\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ ).

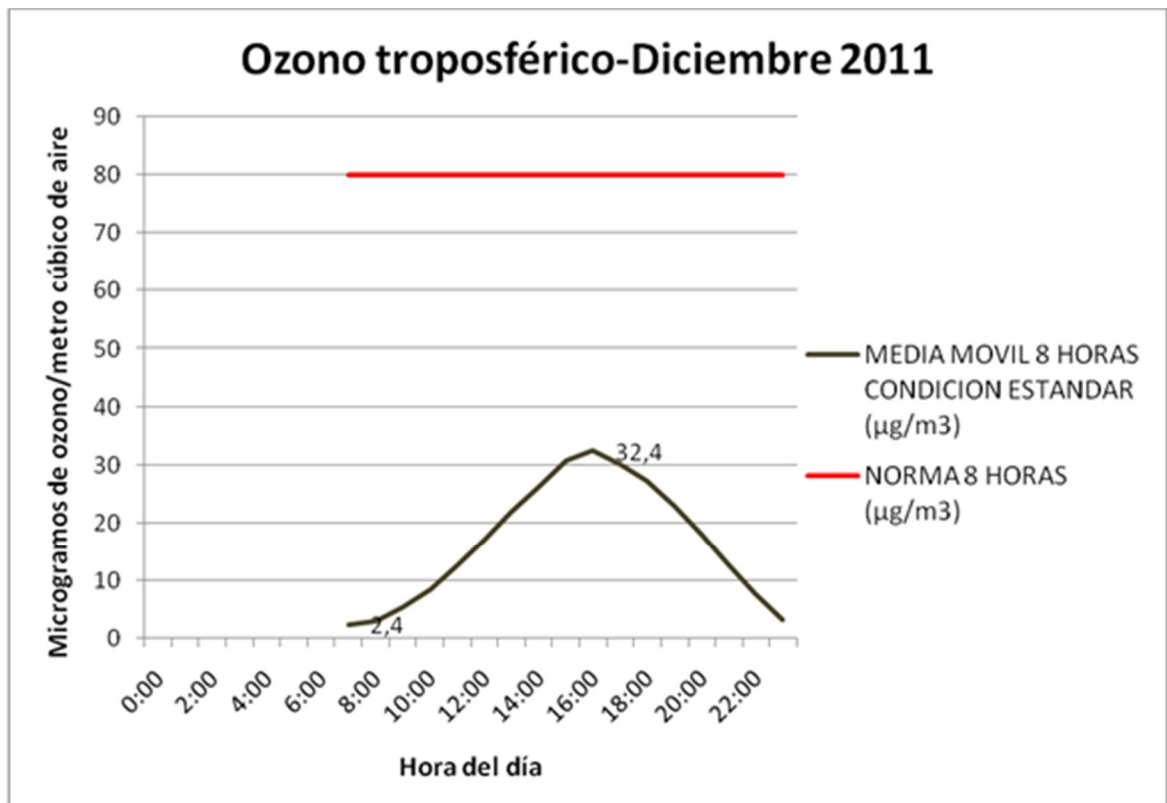
El valor mínimo de la media móvil de 8 horas registrado para este mes es de  $1.7\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$  reportado a las 7:00 am., lo cual es de esperarse ya que en el transcurso de la noche por la ausencia de radiación solar así como con la disminución de contaminantes precursores de ozono (para el caso de Popayán los emitidos por los medios de transporte terrestre), y con la presencia de contaminantes que reaccionan con el ozono troposférico, la concentración de este último empieza a disminuir.

Figura 9. Media móvil 8 horas Vs. Norma. Noviembre 2011.



En la figura 9 se puede observar que al igual que para los meses de septiembre y octubre, los datos de la media móvil de ocho horas a condiciones estándar en microgramo de ozono/ metro cúbico de aire para el mes de noviembre ( $36,0\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ .) medidos en la ciudad de Popayán, no superan la norma para 8 horas de exposición ( $80\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ ).

Figura 10. Media móvil 8 horas Vs. Norma. Diciembre 2011.

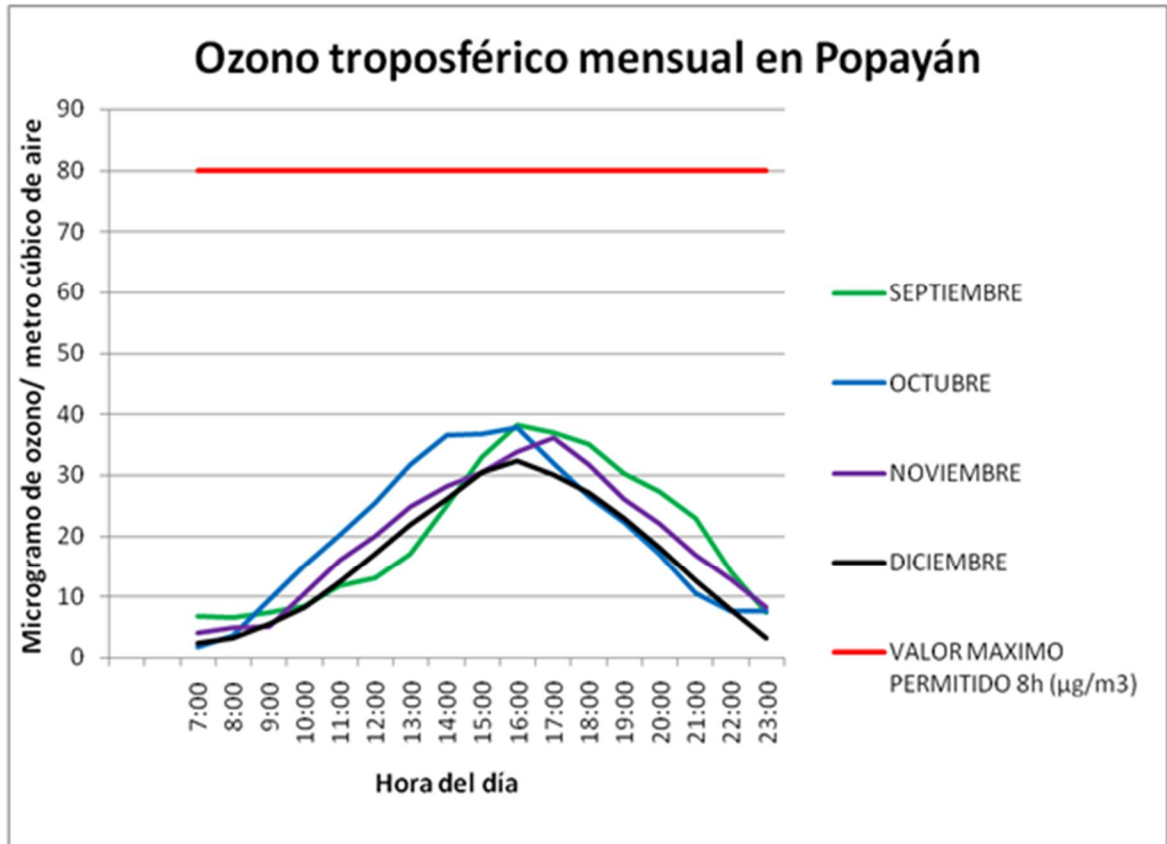


Finalmente se tiene la figura 10 para el mes de diciembre, en donde la curva de concentración de ozono troposférico presenta el mismo comportamiento de los meses anteriormente indicados. En la gráfica se puede apreciar que el dato pico correspondiente a  $32,4\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$  de aire, no supera el valor máximo permisible para un tiempo de exposición de ocho horas ( $80\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ ), establecido en la Resolución 601 de 2006.

Tabla 4. Datos de la media móvil mensual de ocho horas Vs. Valor norma 8h.

HORA	SEPTIEMBRE ( $\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ )	Rad.solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	OCTUBRE ( $\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ )	Rad.solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	NOVIEMBRE ( $\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ )	Rad.solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	DICIEMBRE ( $\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ )	Rad.solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	VALOR NORMA 8 h. ( $\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ )	OBSERVACION
07:00	6,7	385,2	1,7	361,8	4,0	369,7	2,4	288,7	80	No supera la norma
08:00	6,5		3,5		4,9		3,2		80	No supera la norma
09:00	7,5		9,5		5,0		5,5		80	No supera la norma
10:00	8,4		15,2		10,5		8,4		80	No supera la norma
11:00	11,8		20,2		16,0		12,5		80	No supera la norma
12:00	13,1		25,4		20,0		17,2		80	No supera la norma
13:00	16,9		31,7		24,8		22,0		80	No supera la norma
14:00	25,0		36,5		28,1		26,2		80	No supera la norma
15:00	33,0		36,8		30,5		30,6		80	No supera la norma
16:00	38,1		37,9		33,7		32,4		80	No supera la norma
17:00	36,9		32,1		36,0		30,1		80	No supera la norma
18:00	35,0		26,6		31,7		27,1		80	No supera la norma
19:00	30,2		22,2		26,1		22,9		80	No supera la norma
20:00	27,3		17,1		22,1		18,1		80	No supera la norma
21:00	22,9	10,5	16,8	12,8	80	No supera la norma				
22:00	14,2	7,6	12,8	7,9	80	No supera la norma				
23:00	7,4	7,5	8,2	3,2	80	No supera la norma				

Figura11. Media móvil estándar 8h mensual Vs. Norma 8h.



Actualmente se sabe que tanto la industria como las fuentes móviles tienen una contribución importante a las emisiones de contaminantes en muchas de las grandes ciudades del país, pero para el caso de Popayán en donde el desarrollo de la actividad industrial es mínima, la presencia de contaminantes precursores de ozono (compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno) en el área urbana del municipio, en su gran mayoría son emitidas por automotores que trabajan con combustible Diesel atribuidos a vehículos de transporte público o con gasolina que en su mayoría son los vehículos particulares, los cuales, hoy en día se han convertido en elementos indispensables para la cotidianidad de mucho payaneses, lo que ha permitido que cada año crezca el parque automotor, así como, el número de estaciones de servicio de expendio de combustibles (gasolina, diesel y

kerosene), que son una fuente de emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs). Por otro lado, se encuentra el gran número de motocicletas circulando en el municipio, las cuales hoy en día hacen parte de otra alternativa de transporte público utilizado por los payaneses. En general las emisiones de contaminantes producidas por los vehículos principalmente están vinculadas a factores como por ejemplo la obsolescencia tecnológica en donde los vehículos no cuentan con tecnologías avanzadas de combustión.

En cuanto a los resultados obtenidos del monitoreo de  $O_3$ , La figura 11, permite evaluar de manera clara y rápida la variación de niveles de ozono troposférico en Popayán y deja claro que están por debajo de la mitad del valor establecido por la norma lo que refleja por ahora que no es un peligro para la salud humana.

En la tabla 5 se muestran los valores obtenidos durante los cuatro meses de monitoreo, se indica los valores picos máximos de la media móvil de ocho horas, siendo el de mayor magnitud de  $38,1\mu\text{g } O_3/\text{m}^3$  registrado en el mes de Septiembre, en el cual, también se registra la mayor intensidad de radiación solar correspondiente a  $385,2 \text{ W}/\text{m}^2$ . Este hecho permite afirmar la relación directamente proporcional que existe entre la concentración de ozono y la radiación solar, dado que entre más grande sea esta última mayor va ser la formación de ozono troposférico, sin olvidar que para esto último también se depende de la concentración de contaminantes percursores de ozono en el aire.

Para el caso de Diciembre, que es el mes en donde se reporta una concentración máxima de ozono troposférico ( $32,4\mu\text{g}O_3/\text{m}^3$ ) menor en comparación con la de los meses de: septiembre, octubre y noviembre, este resultado está fuertemente relacionado con la presencia de la segunda fase del fenómeno de la Niña; que favorece el incremento de las precipitaciones en gran parte del país y que empezó a mediados del mes de octubre intensificando las precipitaciones y nubosidad en las primeras semanas del mes de diciembre, registrándose para este mes la

menor radiación solar ( $288,7 \text{ W/m}^2$ ) en comparación con las de los otros meses objeto de estudio, hecho que afectó de manera directa en la disminución de la concentración de ozono, ya que este, es formado a partir de reacciones químicas entre los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, bajo la acción de la luz solar.

Por otra parte el cambio climático y las alteraciones en la actividad solar, pueden generar modificaciones importantes en el clima local que propicien ya sea un incremento en el nivel de ozono registrado hasta aquí, o una disminución, por lo que es necesario mantener la atención sobre este contaminante ya que sus efectos sobre la salud humana y ambiental es significativo a causas de su alto poder oxidante.

Así pues, los resultados obtenidos permiten ver que el ozono troposférico no alcanza niveles preocupantes en la ciudad de Popayán, no obstante, el crecimiento demográfico y las mencionadas modificaciones a nivel climático puede modificar esta condición a futuro, al ocurrir un incremento en el número de vehículos circulantes en la ciudad y un favorecimiento a la formación de este contaminante desde el punto de vista meteorológico; por lo que el monitoreo debe seguirse realizando a fin de detectar aumentos en el nivel de ozono y tomar la medidas correctivas necesarias de modo oportuno.

## 5.2. Análisis de los niveles de presión sonora en las Instituciones educativas objeto de estudio.

### ❖ Institución Educativa Comercial del Norte.

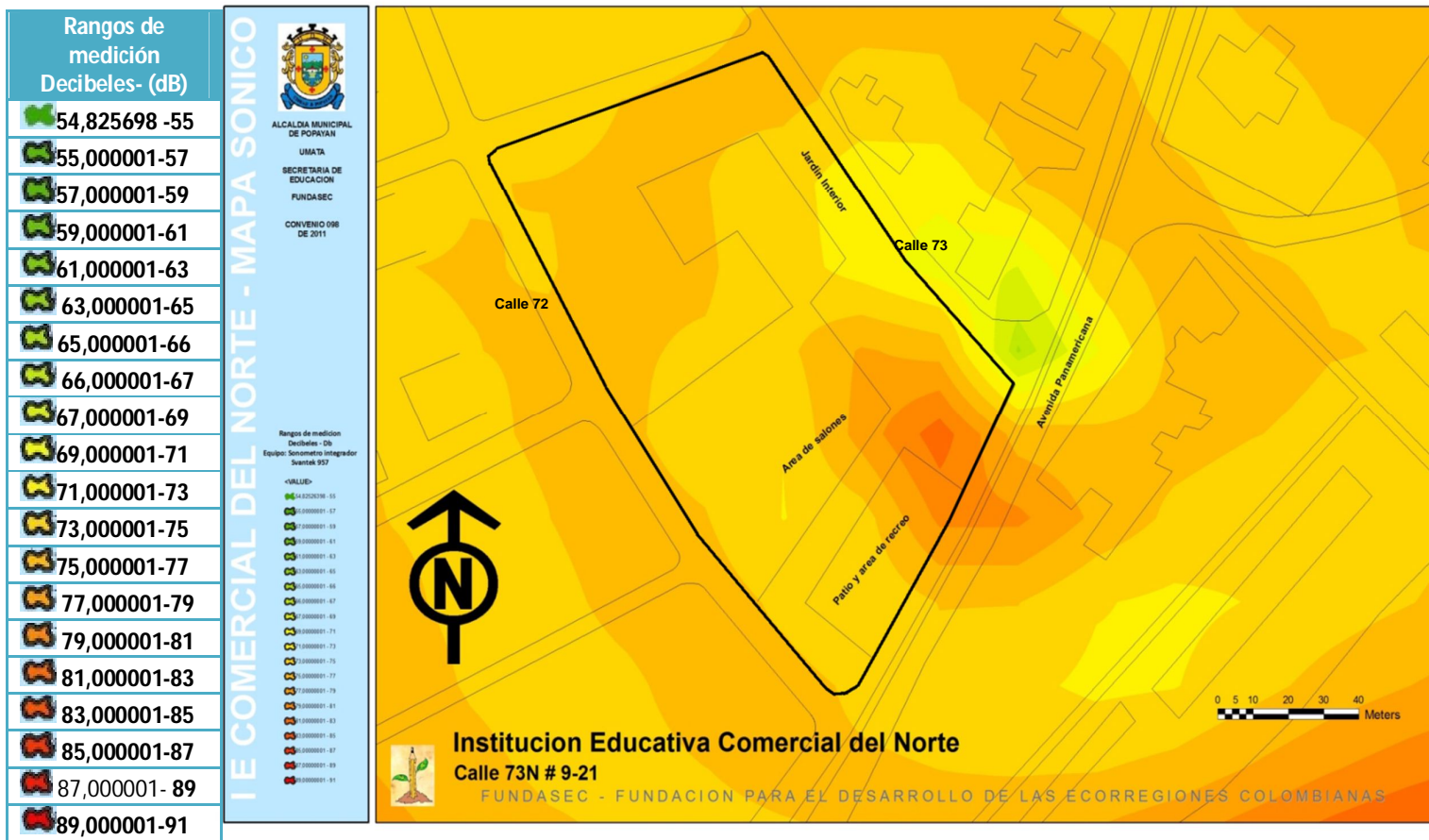
<b>Dirección</b>	Calle 73 norte No. 9 – 21
<b>Teléfono</b>	8248014 – 8247360
<b>E-mail</b>	icomercialdelnorte@gmail.com
<b>Jornadas</b>	mañana – tarde

La Institución Educativa Comercial del Norte se encuentra ubicada en la parte norte de la ciudad sobre la avenida panamericana; rodeada de zonas residenciales y vías alternas que se caracterizan por ser angostas y por tener flujo diario y continuo de vehículos de servicio público y particular. Otra característica importante del sitio en donde se encuentra ubicada la institución educativa, es que justamente en frente de sus instalaciones se encuentra una fábrica de alimentos que está en continuo funcionamiento.

En cuanto a la planta física del plantel educativo, sus aulas cuentan en uno de sus lados con grandes ventanas en buenas condiciones, ubicadas frente a uno de los corredores viales; tiene una pequeña cancha ubicada al frente de la vía panamericana y a un costado del área de salones. En general las instalaciones presentan espacios reducidos, y carecen de zona verde.



Figura 12. Mapa sónico Institución Educativa Comercial del Norte



Fuente. Fundación para el Desarrollo de las Ecorregiones Colombianas.

En el mapa sónico de la Institución Educativa Comercial del Norte se puede apreciar la franja de color naranja intenso que representa la zona con el mayor nivel de presión sonora de 89dBA, concentrado justamente en el lado donde está ubicada la avenida panamericana y la fábrica de alimentos. Por lo tanto, los altos niveles de presión sonora son atribuidos a la intensidad de flujo de toda clase de automotores (automóviles, motocicletas, buses, microbuses y automotores de carga pesada) que circulan por esta vía, así como al ruido generado por el desarrollo de actividades dentro de la fábrica, en especial cuando ponen en funcionamiento maquinaria que emite sonidos fuertes, los cuales son percibidos por toda la comunidad educativa causando molestias.

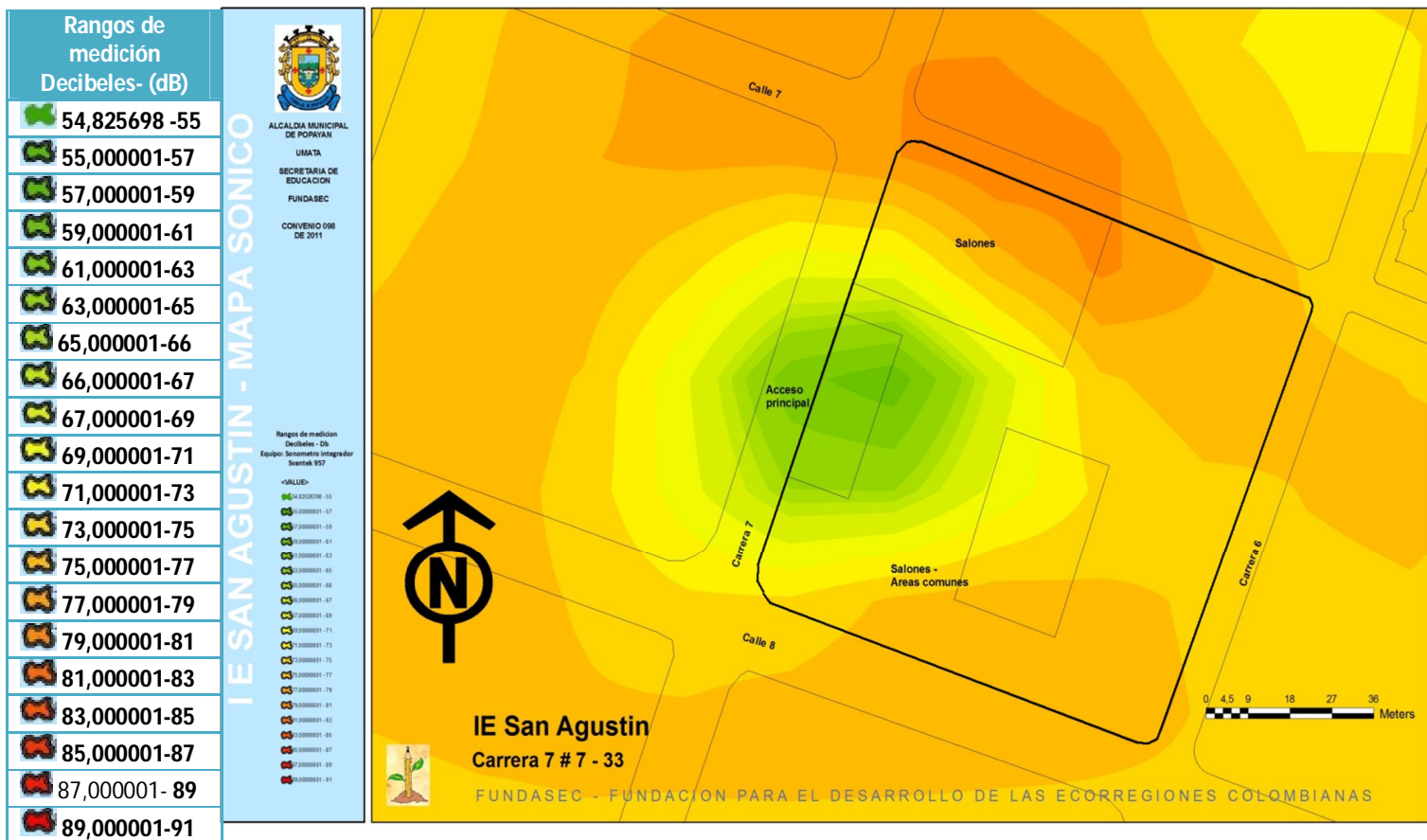
❖ **Institución Educativa San Agustín**

<b>Dirección</b>	Calle 7 No. 7 - 33
<b>Teléfono</b>	8243134 - 8240229
<b>E-mail</b>	gladysmaro1@hotmail.com
<b>Jornadas</b>	mañana, tarde

Esta institución educativa está ubicada en la zona centro de la ciudad entre las calles séptima y octava y las carreras 6 y 7; estas calles y carreras angostas típicas del sector histórico de la ciudad, son vías principales para las rutas de servicio público y automotores particulares que a diario circulan por este sector en donde se concentra la mayor parte de las actividades comerciales de la ciudad.

El plantel educativo carece de zonas verdes en la parte externa; un gran número de los salones destinados a la primaria se encuentran ubicados sobre el sector de la calle séptima, mientras que los de la secundaria están al pie de la calle octava y carrera sexta; todos los salones tienen ventanas con vista a las calles y carreras mencionadas anteriormente.

Figura 13. Mapa sónico Institución Educativa San Agustín



Fuente. Fundación para el Desarrollo de las Ecorregiones Colombianas.

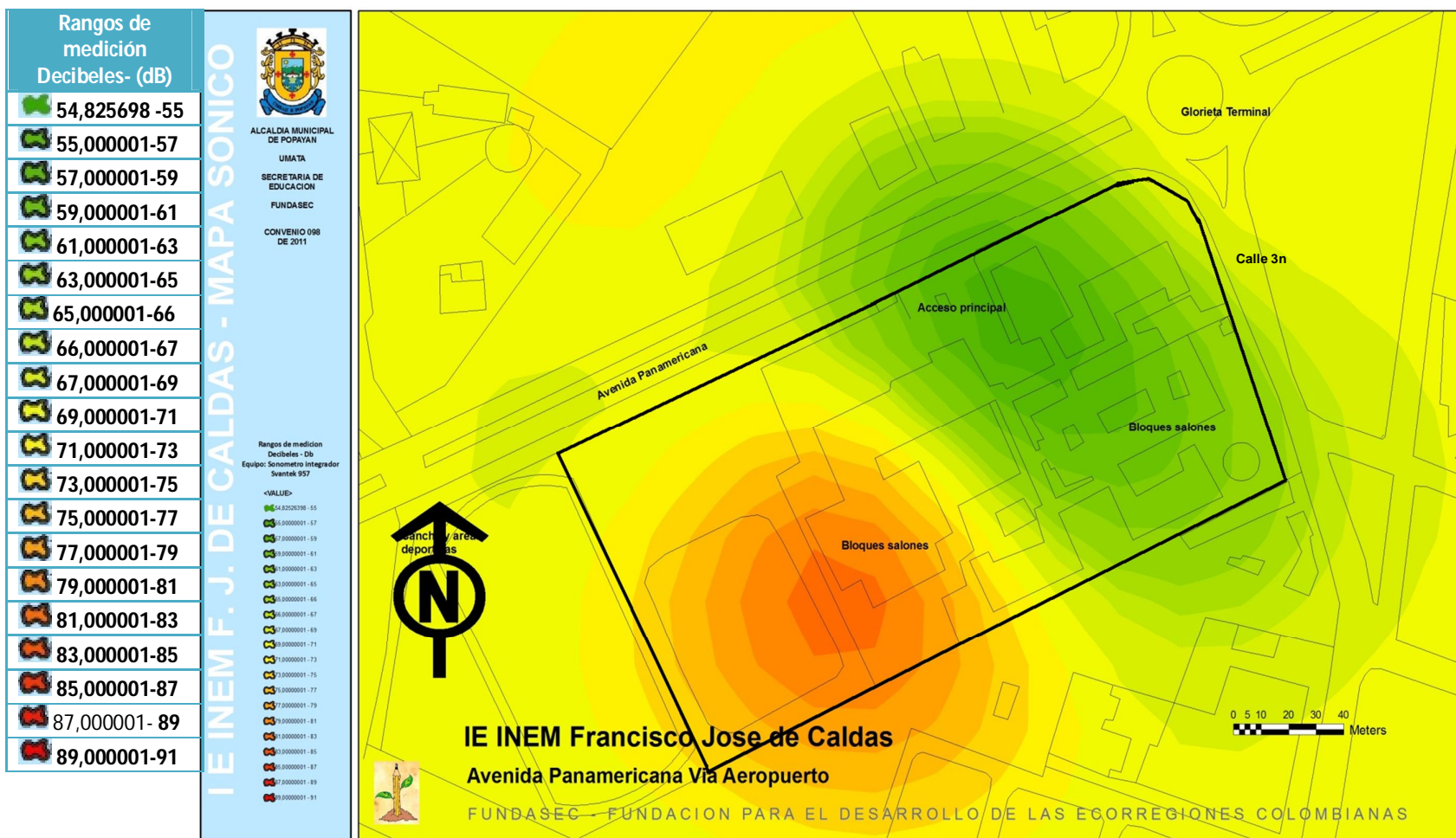
En el mapa sónico se puede apreciar que justamente sobre la carrera séptima es en donde se presentan los más altos niveles sonoros, hecho que afecta directamente los salones que se encuentran ubicados sobre esta zona. Por lo tanto la intensidad de tránsito vehicular, sobre todo de automotores de servicio público, la congestión vehicular que estos ocasionan cuando no respetan las zonas de los paraderos, las actividades de perifoneo y la inadecuada utilización de los pitos, bocinas o cornetas debido a la fácil pérdida de tolerancia de muchos conductores en el momento de una congestión, hacen que se genere una reacción en cadena que lleva a que en esta zona se presenten niveles sonoros de 81dBA , los cuales van disminuyendo a medida que se aleja del foco de emisión de ruido, sin embargo y debido a la influencia de la movilidad vehicular en las demás vías que rodean la institución educativa hacen que los niveles sonoros sigan siendo superiores al valor permitido, afectando sobre todo las áreas en donde se encuentran los salones.

❖ **Institución Educativa INEM Francisco José de Caldas**

<b>Dirección</b>	Av. Panamericana vía aeropuerto
<b>Teléfono</b>	8203651- 8203653
<b>E-mail</b>	j.narvaezc@gmail.com
<b>Jornadas</b>	Mañana , tarde

La planta física de esta institución es bastante amplia y se encuentra dividida en bloques, y rodeada con suficientes zonas verdes. Se encuentra ubicado sobre la Avenida Panamericana que tiene alta afluencia de automotores públicos, particulares, livianos y pesados; así mismo cuenta en uno de sus costados con una importante arteria vial de doble sentido, la cual comunica este sector con el sector histórico de la ciudad. Además cerca a esta institución se encuentran sitios importantes, como el Comando de Policía del departamento del Cauca, el Aeropuerto Guillermo León Valencia, y el Terminal de Transporte Terrestre.

Figura 14. Mapa sónico Institución Educativa Francisco José de Caldas INEM.



Fuente. Fundacion para el desarrollo de las ecorregiones colombianas.

En la gráfica 14 se puede identificar una zona donde sobresale el color verde y otra donde prevalece el color naranja, en la primera se ve claramente como a pesar de que la institución se encuentra rodeada de dos importantes vías, el ruido generado por el tráfico que es la principal fuente de emisión de ruido cercana al plantel no influyen de manera significativa, por lo tanto en los bloques ubicados en este sector el nivel máximo de presión sonora es de 67dBA (ver color verde claro), otro factor que influye en este resultado es el hecho que los bloques se encuentran un poco retirados de las dos vías que lo rodean.

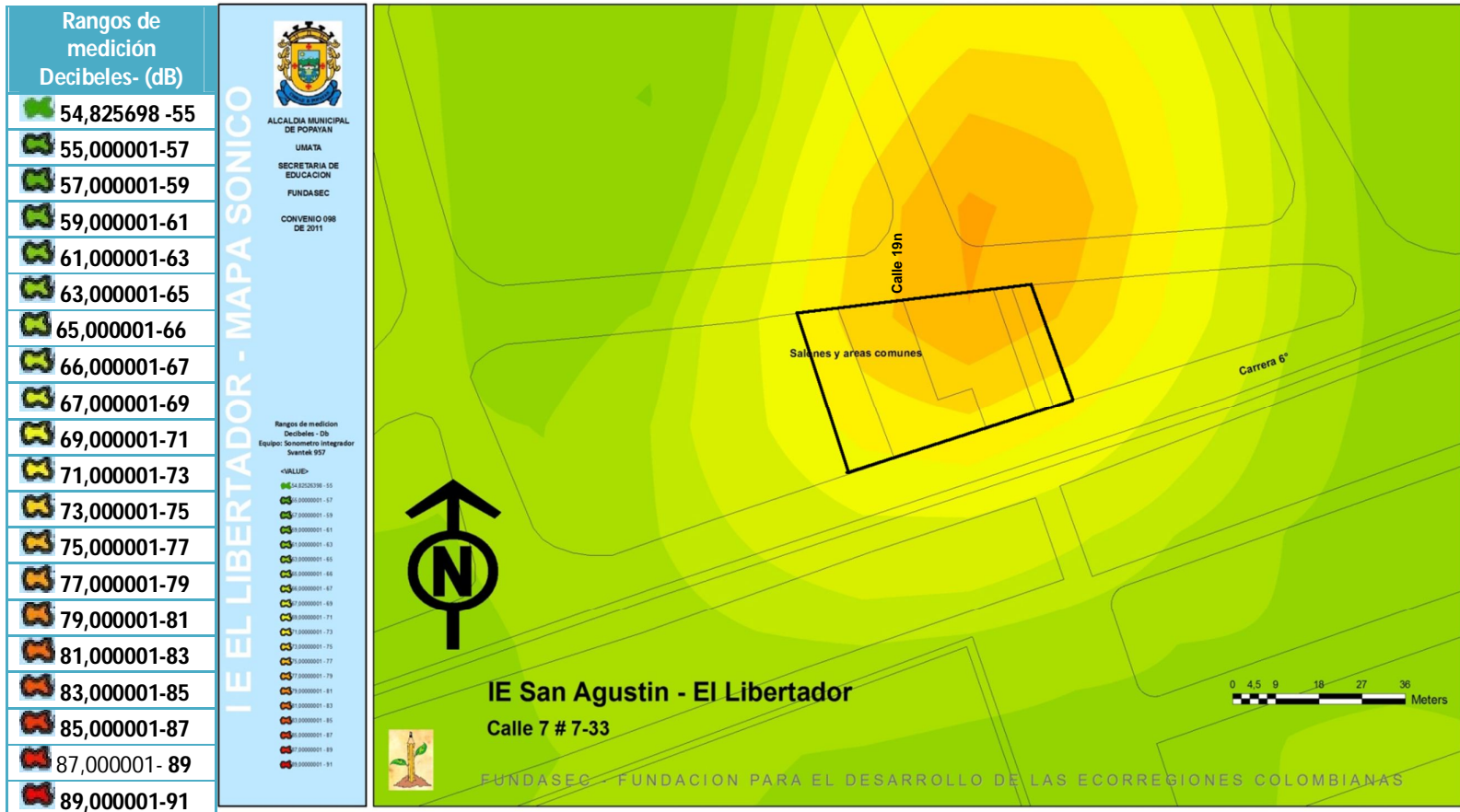
Los niveles más altos de presión sonora de 85dBA provienen del área en donde los estudiantes realizan sus clases de educación física o actividades de recreación, afectando a los bloques que se encuentran cerca a este punto; además hay que mencionar que en este sector es en donde está más concentrada la comunidad estudiantil, ya que los salones tienen mejores condiciones físicas a comparación de los bloques situados en la zona de color verde en donde muchos no son utilizados para desarrollar actividades académicas debido al mal estado de sus estructuras.

**❖ Institución Educativa San Agustín Sede Libertador**

<b>Dirección</b>	Calle 7 No. 7-33
<b>Teléfono</b>	243134-240229
<b>E-mail</b>	gladysmaro1@hotmail.com
<b>Jornadas</b>	Mañana

La Institución Educativa se encuentra ubicada sobre la Carrera 6 con Calle 18 AN. Se caracteriza por estar completamente encerrada, carece de zonas verdes y espacios amplios, rodeada de zonas residenciales; y aunque por el frente y por la parte de atrás del complejo estudiantil hay vías, únicamente por la carrera sexta se evidencia una activa circulación de vehículos de transporte público urbano, así como de vehículos particulares y motocicletas.

Figura 15. Mapa sónico Institución Educativa San Agustín Sede Libertador.



Fuente. Fundación para el desarrollo de las ecorregiones colombianas.

En el mapa sónico de la institución educativa el libertador se puede ver que los mayores niveles de presión sonora provienen de la zona residencial y de la vía que se encuentra justamente detrás del plantel educativo, sin embargo, para este caso no se puede decir que los altos niveles sonoros son atribuidos a la circulación de automotores por esta vía ya que durante las mediciones no se evidencio una alta intensidad de flujo vehicular, por lo que es posible plantear que este resultado es la causa del ruido proveniente del vecindario. Otro factor, es que el tramo de la carrera sexta donde se encuentra el plantel educativo no tiene intersecciones viales, ni semáforos, lo que permite que los automotores circulen de manera rápida y descongestionada, no obstante los niveles sonoros en toda el área de la escuela son altos los cuales van 75dBA a 81dBA .

❖ **Institución Educativa John F. Kennedy**

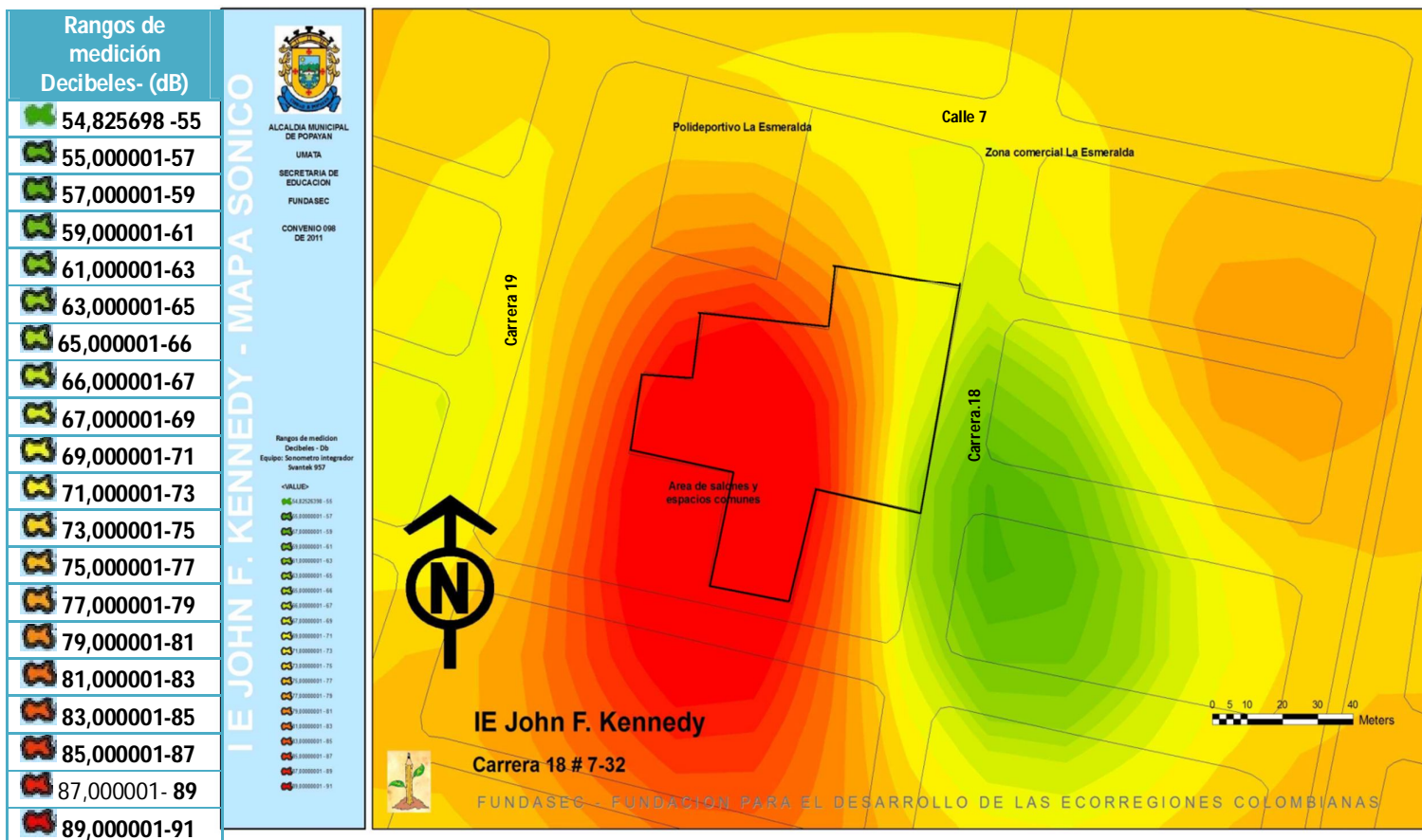
<b>Dirección</b>	Carrera 18 No. 7-32
<b>Teléfono</b>	211281
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:iejfkennedy@hotmail.com">iejfkennedy@hotmail.com</a>
<b>Jornadas</b>	Mañana-Tarde

La Institución Educativa John F. Kennedy se encuentra ubicada sobre la Carrera 18 No. 7-32 en el barrio La Esmeralda, un sector con gran actividad comercial en donde constantemente los comerciantes utilizan parlantes para promocionar los productos en venta. Al igual que en las anteriores instituciones educativas, se encuentra rodeada de dos importantes vías de doble sentido por las cuales circulan motocicletas, vehículos de transporte público y privado.

La planta física del plantel es de dos pisos, tiene un muro de seguridad en concreto de tres metros de altura que la rodea y que además sirve de barrera de ruido para algunos salones ubicados en el primer piso y cerca del muro, sin embargo muchos de los salones del segundo piso tiene ventanas sin vidrios, elemento importante para el aislamiento acústico del ruido externo.



Figura 16. Mapa sónico Institución Educativa John F. Kennedy.



Fuente. Fundacion para el desarrollo de las ecorregiones colombianas.

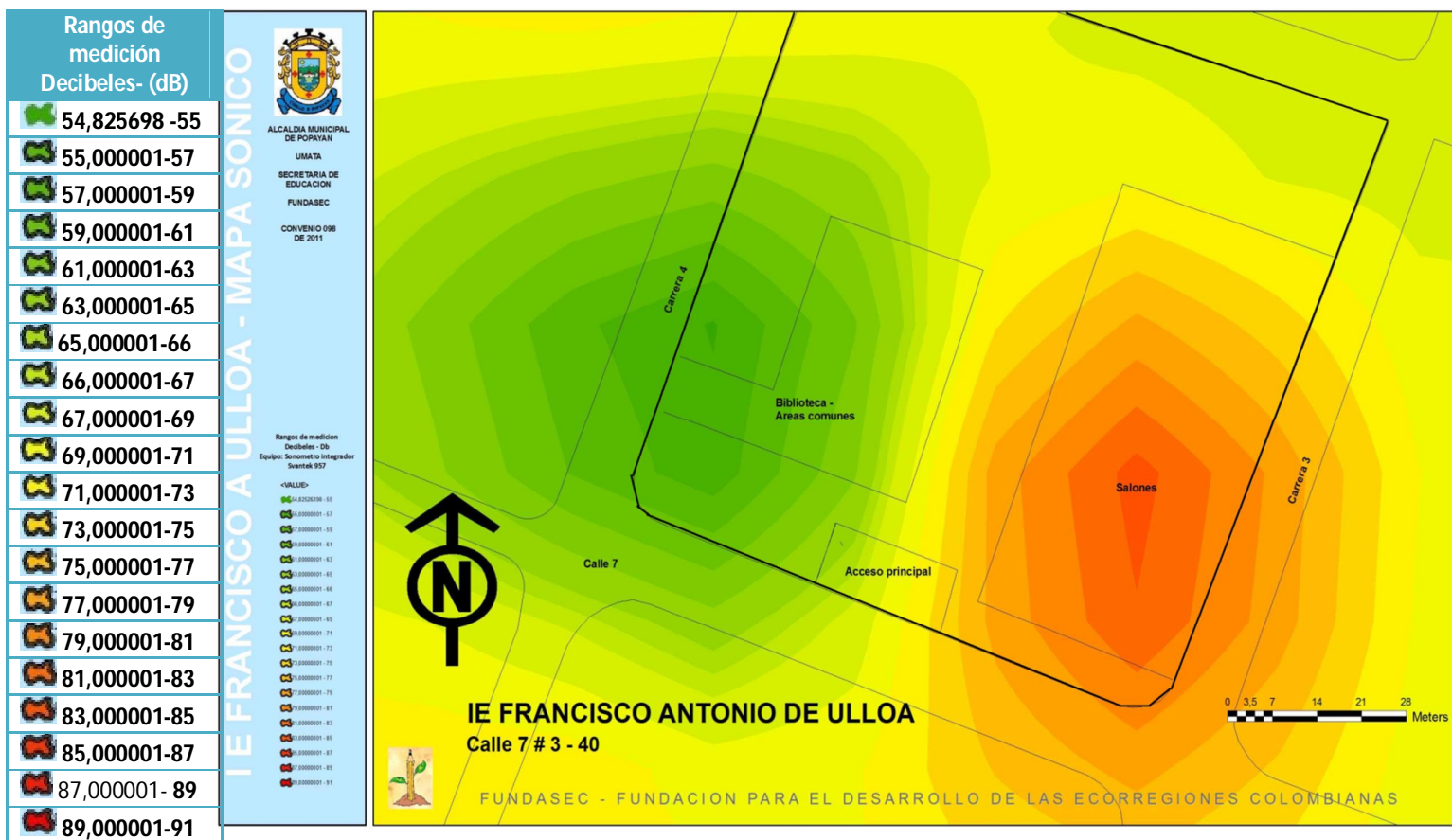
En la gráfica 16 se puede apreciar que los mayores niveles de presión sonora 91dBA se dan dentro de la misma institución, por lo tanto el ruido generado por la circulación de vehículos, motocicletas, la realización de actividades de perifoneo y actividades comerciales en el vecindario parece que no afectan de manera significativa la institución educativa, ya que el ruido producido por los mismos estudiantes en el interior del plantel educativo es mucho mayor al proveniente del vecindario. Sin embargo, es importante aclarar que esta situación es el resultado de la influencia de factores de inseguridad que se presenciaron en la zona durante el monitoreo de ruido, lo que llevo a que la mayoría de las mediciones se realizaran dentro de la institución educativa, por lo tanto, las actividades realizadas por los estudiantes fueron el principal foco de emisión de ruido. No obstante es necesario realizar nuevamente las mediciones para poder establecer si el ruido de la circulación de automotores o motocicletas afecta a la institución educativa.

❖ **Institución Educativa Francisco Antonio de Ulloa**

<b>Dirección</b>	Calle 7 N° 3-40
<b>Teléfono</b>	382824-382821
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:Roomoba.mosq@yahoo.com">Roomoba.mosq@yahoo.com</a>
<b>Jornadas</b>	Mañana-Tarde

La Institución Educativa Francisco Antonio de Ulloa se encuentra ubicada en la Calle 7 N° 3-40, además de estar rodeado de vías angostas que presentan alta intensidad de flujo vehicular; en este sector, se encuentra uno de los puntos de concentración de las motocicletas destinadas al servicio de moto taxi. En cuanto a la planta física de la institución educativa, los salones tienen amplias y grandes ventanas ubicadas frente a la carrera cuarta, tercera y calle séptima, pero muchas de ellas se encuentran en malas condiciones (algunas no tienen sus vidrios completos).

Figura 17. Mapa sónico Institución Educativa Francisco Antonio de Ulloa.



Fuente. Fundación para el desarrollo de las ecorregiones colombianas.

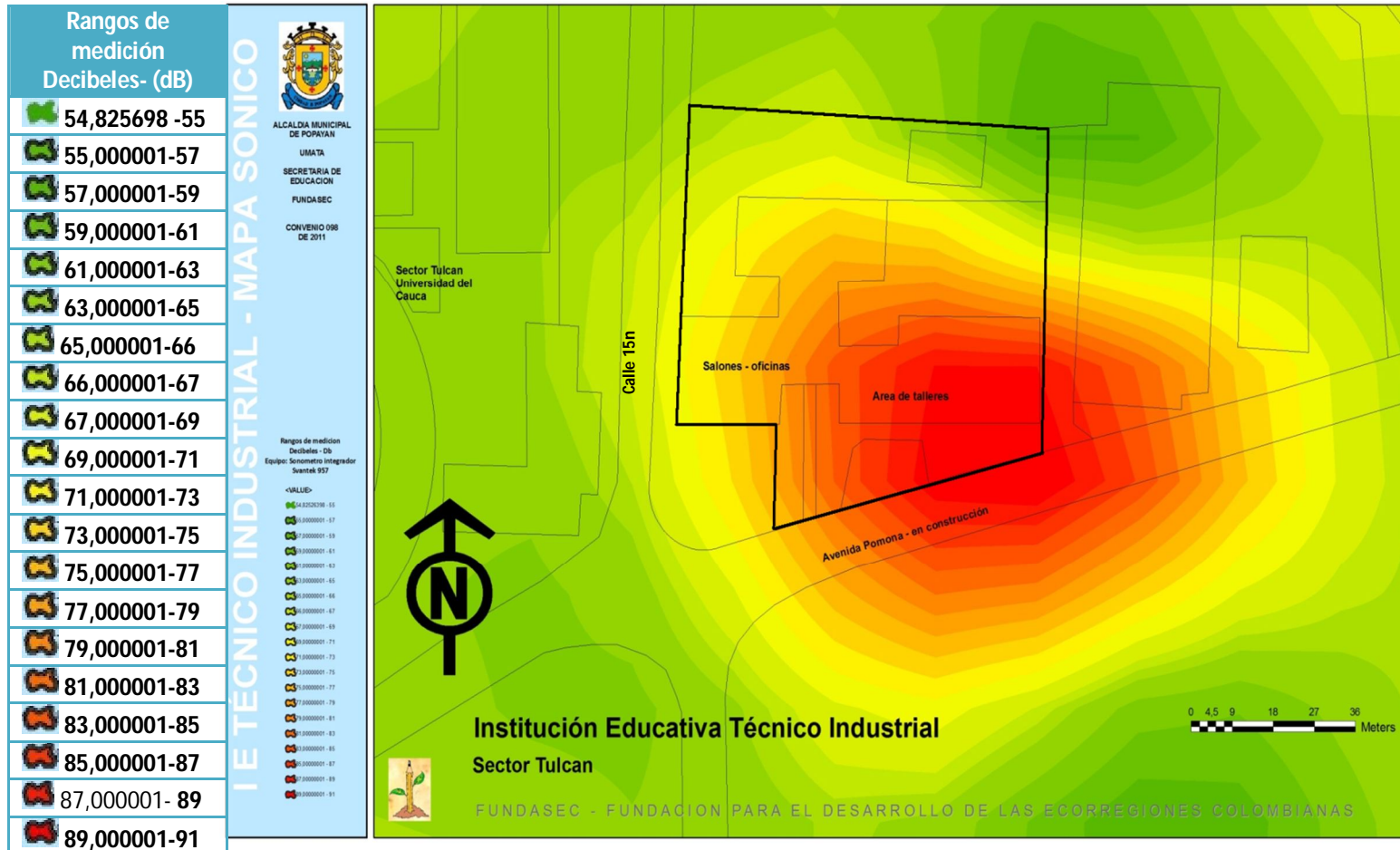
En el mapa sónico de la Institución Educativa Francisco Antonio de Ulloa, los altos niveles de presión sonora provienen del interior de la institución educativa más exactamente del área en donde se encuentran ubicados los salones y la cancha para los grados 6°,7° y primaria, sin embargo y a pesar que los datos hayan registrado el mayor foco de ruido dentro de la institución, se puede decir sin temor a equivocarse que factores como la cercanía de la planta física de la institución educativa a las carreras cuarta, y tercera y calle séptima, así como las malas condiciones físicas del plantel, que no permiten garantizar un aislamiento acústico sobre todo del ruido proveniente de la parte externa, hace entonces, que los docentes para poder comunicarse con sus alumnos de forma clara, su voz debe superar al menos en 10dBA el ruido de fondo, sin embargo y dado que este es de alrededor de 70dBA, 20dBA más que el recomendado, hace que el docente tenga que elevar la voz casi a 80 dB para ser escuchado, algo que es difícil de sostener por mucho tiempo debido a la fatiga vocal que se empieza a desarrollar en las cuerdas vocales de los docentes.

❖ **Institución Educativa Técnico Industrial**

<b>Dirección</b>	Barrio Tulcán
<b>Teléfono</b>	8232197-8239647
<b>E-mail</b>	itipopayan@hotmail.com
<b>Jornadas</b>	Mañana, tarde

Esta institución por ser de carácter industrial maneja una gran zona de maquinaria, que se encuentra cerca de aulas de clases de primaria, bachillerato y zona administrativa. Se encuentra rodeada de dos vías alternas de doble sentido, sin embargo, actualmente solo por una de ellas transitan los automotores y motocicletas, puesto que la otra vía se encuentra en mantenimiento debido al plan de mejoramiento.

Figura 18. Mapa sónico Institución Educativa Técnico Industrial.



Fuente. Fundación para el desarrollo de las ecorregiones colombianas.

En el mapa se puede ver como exactamente en el área en donde se encuentra los talleres de mecánica automotriz y ebanistería, se registran los más altos niveles de presión sonora de 91dBA, resultado atribuible al funcionamiento de máquinas que emiten altos niveles de ruido durante su funcionamiento; pero por otro lado, a este resultado también hay que sumarle la influencia de las actividades de mantenimiento que se realizaban a la avenida Pomona en ese entonces muy cerca del sitio donde se encuentran ubicados los talleres, hecho que pudo haber aumentado los niveles de presión sonora en esta zona.

Finalmente como se evidencia en el mapa sónico, las aulas principalmente son afectadas por el ruido proveniente de los talleres, mas no por el originado de la circulación de automotores y motocicletas, a pesar de que constantemente se presenta congestión vehicular en esta zona sobre todo en horas pico.

Tabla 5. Ruido de fondo (dBA) en salones en clases medidos en cinco Instituciones Educativas.

INSTITUCION EDUCATIVA	SALON EN CLASES	dB(A) VENTANAS	
		CERRADAS	ABIERTAS
San Agustín	43	64,1	71,8
	50	63,5	69,2
Francisco Antonio de Ulloa	6-04	68,0	74,3
	11-05	65,2	70,4
Francisco José de Caldas	Bloque 4 11-05	59,7	66,1
	Bloque 3 6-03	61,0	65,4
El Libertador	5-01	60,2	66,0
	2-01	62,8	70,2
Técnico Industrial	7-C	61,4	67,6
	11-A	57,2	62,8
<b>PROMEDIO</b>		<b>62.3</b>	<b>68.4</b>

NOTA: Debido a diferentes problemas de coordinación no se realizaron las mediciones en las instituciones educativas comercial del norte y John F. Kennedy

Tabla 6. Ruido de fondo (dBA) en salones en clase medidos en cinco Instituciones Educativas.

INSTITUCION EDUCATIVA	SALON VACIO	Db(A) VENTANAS	
		CERRADAS	ABIERTAS
San Agustín	43	47,4	51,2
	50	49,8	51,7
Francisco Antonio de Ulloa	6-04	49,5	53,5
	11-05	50,9	56,6
Francisco José de Caldas	Bloque 4 11-05	44,9	49,9
	Bloque 3 6-03	43,6	48,2
El Libertador	5-01	44,3	49,2
	2-01	45,4	50,8
Técnico Industrial	7-C	47,1	50,4
	11-A	49,4	53,1
<b>PROMEDIO</b>		<b>47,2</b>	<b>51,46</b>

NOTA: Debido a diferentes problemas de coordinación no se realizaron las mediciones en las instituciones educativas comercial del norte y John F. Kennedy

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en las instituciones educativas, los efectos críticos del ruido son la interferencia en la comunicación oral, disturbios en el análisis de información (por ejemplo en la comprensión y adquisición de lectura), dificultad de comunicación de mensajes y molestias. Para poder oír y comprender los mensajes orales en el salón de clase, el nivel de sonido de fondo no debe ser mayor de 35dBA durante las clases.

Teniendo en cuenta lo anterior se realizó de manera aleatoria mediciones de presión sonora en salones de cinco instituciones educativas objeto de estudio. Los resultados obtenidos de este ensayo, indicados en la Tabla 5 arrojaron que en todas las aulas medidas, los niveles de presión sonora se encuentran por encima de los 35dBA que recomienda la OMS. En promedio el ruido de fondo

en horas de clase con ventanas cerradas en las cinco I.E. es de 62,3dBA; y con ventanas abiertas es de 68,4dBA, lo que significa que para este último 6,1dBA es el ruido aportado por las actividades realizadas fuera de las aulas de clases, ya sea el ruido generado por estudiantes en los corredores o canchas de las I.E. así como el proveniente de la parte externa de las I.E. Esto permite plantear que la propagación de los sonidos molestos en el interior de las aulas y procedentes del exterior (en este caso de las calles) depende de las características de aislamiento acústico de las ventanas que existen en los salones. Por otro lado este ensayo, permite dar indicios de la existencia de una problemática ambiental en las I.E. que sin duda alguna es el factor causante de problemas de aprendizaje y concentración por parte de los alumnos y enfermedades como stress y fatiga vocal en los docentes.

En la Tabla 6 se muestran los niveles de presión sonora registrados en salones vacíos, que en promedio con ventanas cerradas corresponden a 47,2dBA, el cual al compararlo con el dato promedio obtenido para salones en clase de 62,3dBA se tiene una diferencia de 15.1dBA, que corresponden a los niveles sonoros que se incrementan con la presencia de estudiantes.

Los mapas sónicos de las siete instituciones educativas muestran en general que las áreas en donde se encuentran los salones de clase se registran niveles de ruido ambiental que varían entre 75-91dBA, situación que es alarmante puesto que la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental establece que para el sector D. tranquilidad y ruido moderado en donde se encuentra clasificados los colegios y escuelas el estándar máximo permisible es de 65dBA. Sin embargo y teniendo en cuenta que en cada institución las mediciones se realizaron durante un solo día y dado que la Norma de emisión de ruido y ruido ambiental (Resolución 0627 de Abril 7 de 2006) plantea que debe ser como mínimo dos días; no es conveniente arrojar una opinión definitiva sobre esta situación puesto que los datos no son representativos, ya que durante un día se pueden presentar muchas variables que cotidianamente no ocurre, pero que al hacerlo alteran los datos de medición. No obstante, algo



que si es claro en los mapas sónicos y que se puede decir sin temor a equivocarse, es que, los altos niveles de presión sonora que se presentan en el área de los salones, no se deben únicamente al ruido externo (calles) sino también al ruido interno generado por los mismos estudiantes, debido al gran número de alumnos por salón que actualmente maneja la mayoría de las instituciones educativas públicas del municipio, de aproximadamente 35 alumnos por salón, hecho que favorece el incremento de los niveles sonoros en las aulas.

### 5.3 Resultados de las capacitaciones de educación ambiental

FIGURA 19. Registro fotográfico durante la realización de las capacitaciones sobre el cambio climático llevadas a cabo en el Parque Informático Carlos Alban.



Las capacitaciones de educación ambiental cubrieron en total 7 instituciones educativas públicas de las 38 que actualmente existen en el municipio; de las cuales, se escogieron de manera aleatoria 20 alumnos de los grados 5, 6, y 7 dando por cada institución educativa un número de 60 estudiantes. Cada una de las actividades de educación ambiental capacitaron 35 estudiantes. En total se efectuaron 13 capacitaciones arrojando como resultado 420 estudiantes

beneficiados con las capacitaciones de educación ambiental que trataron temas como: el cambio climático y la contaminación acústica.

Las actividades realizadas permitieron resaltar el interés por parte de la comunidad estudiantil, prueba de ello fue la continua participación preguntando y al mismo tiempo dando aportes sobre los temas en cuestión. Por lo tanto se puede decir que el desarrollo de las charlas de cambio climático y el taller de contaminación acústica como un proceso de educación ambiental dinámico y participativo, permitió despertar en la comunidad estudiantil una conciencia que les permitió identificar la problemática ambiental que actualmente se vive tanto a nivel general (mundial), como a nivel específico (medio donde vive); así como la necesidad de promover en todos los payaneses una relación armónica entre el medio natural y las actividades antropogénicas.

FIGURA 20. Registro fotográfico durante el desarrollo del taller de contaminación acústica realizado el 25 de noviembre en la celebración del Día Verde.



## CONCLUSIONES

- ❖ Se avanzó en el establecimiento de una línea base de monitoreo de ozono troposférico cerca a la vía panamericana (sobre la cual constantemente transitan automotores de toda clase los cuales emiten contaminantes percusores de ozono (COVs y NOx) provenientes del proceso de la combustión) y a la franja comprendida desde Palacé hasta la glorieta del Aeropuerto, y en conjunto con el barrio Bolívar donde se encuentran concentradas las estaciones con mayor despacho de combustible y por ende en donde se dan las mayores pérdidas evaporativas de los tanques subterráneos de compuestos orgánicos volátiles.
- ❖ Se determinó el cumplimiento de la resolución 610 de 2010 en el municipio de Popayán en cuanto a nivel de ozono troposférico, pues se obtuvieron valores promedios para la media móvil de ocho horas inferiores a 38,1 microgramos de ozono por metro cúbico de aire, y el valor correspondiente fijado en la normatividad es de 80 microgramos de ozono por metro cúbico de aire, con lo cual se define una buena calidad de aire local respecto a este contaminante.
- ❖ Se apreciaron variaciones en los niveles medios de ozono mensuales entre los meses de Septiembre y Diciembre, en donde para este último mes se registran los valores más bajos de ozono ( $32,4 \mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ ), resultado atribuible a la incidencia del Fenómeno de la Niña que aumento la nubosidad reduciendo la intensidad de la radiación solar (Ver Anexo E.) y por ende la concentración de ozono troposférico al afectar negativamente los procesos fotoquímicas que lo originan.
- ❖ No fue posible determinar el cumplimiento de la norma de emisión de ruido y ruido ambiental (Resolución 0627 de 07 de Abril de 2006), con

respecto a los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental (65 dB(A)) para planteles educativos, debido a que las mediciones realizadas no cumplieron con el tiempo mínimo (2 días) establecido por la Norma anteriormente mencionada.

- ❖ A modo de ensayo se obtuvo que durante clases en promedio el ruido de fondo en un salón con ventanas cerradas es de 62.3 dB(A), lo cual supera el valor establecido por la Organización Mundial de la Salud (35 dB(A)), con 27,3dB(A), situación que permite dar indicios de una alarma en materia de salud, dado que docentes y alumnos pueden desarrollar a largo plazo enfermedades relacionadas con la exposición a altos niveles de presión sonora.
- ❖ A modo de prueba se obtuvo mayores niveles sonoros en aulas con las ventanas abiertas (66,2dB(A)), debido a la influencia directa del ruido externo atribuido principalmente al tránsito vehicular debido a su cercanía a la planta física de las instituciones educativas. No obstante hay que decir, entonces que en aquellos salones que tiene ventanas en malas condiciones (sin vidrios) los niveles sonoros son más altos a comparación de aquellos que se encuentran en buenas condiciones, debido a que no existe una apropiada barrera acústica para el ruido proveniente de la parte externa de las instituciones educativas. lo que hace entonces que tanto estudiantes como docentes deban hablar más alto para poder comunicarse, generando un aumento en los niveles sonoros por encima de 75 dB(A) produciendo sobre todo en los docentes dolor de cabeza y stress.
- ❖ Los mapas sónicos de las siete instituciones educativas son un herramienta valiosa que permite visualizar cuales son las áreas en el interior de cada plantel educativo que presentan altos niveles de presión sonora, para que las directivas de cada institución educativa tomen las medidas correctivas en estos sitios.

- ❖ Las actividades y talleres de educación ambiental realizadas cubrieron 7 de las 38 Instituciones Educativas públicas que actualmente existen en el municipio, lo que en porcentaje equivale a un 18,4 %. La comunidad estudiantil total beneficiada de los siete planteles educativos fue de 420 estudiantes.
  
- ❖ Los procesos de educación ambiental son fundamentales dentro del desarrollo de las actividades productivas, educativas de los diversos establecimientos e instituciones; estos procesos buscan la adopción de una cultura que permita establecer armonía entre el hombre y el medio ambiente a través de espacios educativos que sensibilicen a los educandos en aspectos como la protección de los recursos naturales, la contaminación auditiva, entre otros.
  
- ❖ El desarrollo del trabajo de grado, modalidad pasantía, permitió poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo del periodo de formación académica, con lo que se logró adquirir experiencia en el campo laboral para el desarrollo como futuros profesionales.
  
- ❖ El apoyo brindado por la pasante a la gestión y ejecución del proyecto "*Fortalecimiento de la Gestión de la Calidad Ambiental en el Municipio de Popayán*", fue fundamental en la medida que se realizó de manera eficiente la asistencia técnica para el adecuado desarrollo de las actividades de monitoreo y análisis de contaminantes atmosféricos (ozono troposférico y ruido ambiental) y capacitaciones de educación ambiental.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Debido a la incidencia del Fenómeno de la Niña durante el monitoreo de ozono troposférico, se recomienda continuar con el monitoreo para el año 2012 en periodos de incidencia de su opuesto meteorológico, es decir el Fenómeno del Niño, a fin de generar series de datos más amplias que permitan visualizar el comportamiento del nivel de ozono troposférico en Popayán durante la ocurrencia de modificaciones climáticas. No obstante es necesario continuar con los monitoreos ya que además de las modificaciones climáticas se encuentran las demográficas que ocurren año tras año dentro del municipio, las cuales pueden elevar los niveles de ozono troposférico hasta hora registrados.
- ❖ Es importante realizar monitoreo de los contaminantes percusores se ozono (óxidos de nitrógenos y compuestos orgánicos volátiles) con el fin de establecer una relación con los niveles de ozono troposférico en la parte urbana del municipio.
- ❖ Debido a la falta de interés por parte de las directivas de los planteles educativos, las mediciones de presión sonora en cada institución educativa duró aproximadamente 12 horas, por lo tanto es necesario realizar mediciones como mínimo durante una semana de actividades académicas para poder obtener datos representativos de la verdadera situación del plantel educativo, además es importante realizar un conteo de los automotores que circulan por las vías que rodean las instituciones educativas para determinar si en aquellas instituciones educativas. con los más altos niveles sonoros hay un mayor flujo vehicular.
- ❖ Se recomienda realizar mediciones de presión sonora tanto en las fachadas como en la parte interna, en institución educativas con flujo de tránsito vehicular sustancialmente diferente, además se deben tomar de

cada plantel educativo estudiantes de las mismas edades con el fin de realizarles test de concentración, para poder establecer una relación entre el ruido por la carga vehicular y la atención de los estudiantes, ya que la teoría dice que el ruido afecta el proceso de aprendizaje en los niños.

- ❖ Se debe continuar con las campañas de educación ambiental con el fin de cubrir las 31 instituciones educativas que faltan por involucrarlas en este proceso por parte de la UMATA. Además se recomienda que en las campañas de sensibilización se manejen temas como la contaminación acústica, puesto que en la actualidad a este componente no se le dado la importancia que requiere, teniendo en cuenta que tal vez es el mayor problema de contaminación que hay en los planteles educativos.

## BIBLIOGRAFIA

- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Decreto 948 (5, Junio, 1995). Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73,74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad de aire. Bogotá, D.C.: EL MINISTERIO, 1995. 78 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650. (29, marzo, 2010). Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Anexo 1 Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire. Bogotá: El Ministerio, 2010. 134 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 601. (4, abril, 2006).Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Bogotá: El Ministerio, 2006. 13 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610. (24, marzo, 2010).Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006.Bogota: El Ministerio, 2010. 8 p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650. (29, marzo, 2010). Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Anexo 2 Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Bogotá: El Ministerio, 2010. 141 p.



- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 0627 (7, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Bogotá: El Ministerio, 2006. 34 p.
- Departamento de Proyectos de Ingeniería. Anexo II. Formación de Ozono Troposférico y Regímenes de Sensibilidad Química. Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Disponible en internet: [http://www.tenerife.es/planes/PTEOResiduos/adjuntos/Estudio\\_Anexo2.pdf](http://www.tenerife.es/planes/PTEOResiduos/adjuntos/Estudio_Anexo2.pdf)
- Henao B, Bedoya J., Estudio de los niveles de ruido en las aulas de clase. Universidad nacional de Colombia seccional Medellín, 2007 [Online] <http://www.unalmed.edu.co/~planea/documentos/EstudioRuidoAulas.pdf>
- López de la Manzanara M., “Efectos ambientales del tráfico urbano: Evaluación de la contaminación atmosférica en Madrid”, Universidad Politécnica de Madrid, 2000.
- RIVERA SALAS, Virna Damiana. Determinación de perfiles de emisión de COV's y ozono, generados por las estaciones de servicio en un sistema de información geográfica y aplicación de un índice de calidad de aire para la zona urbana de Popayán. Trabajo de grado Ingeniera Ambiental. Popayán: Universidad del Cauca, 2010. 158 p.
- Toro V., Marín A., “Índice de calidad del aire para el Valle de Aburrá”, Programa de protección y control de la calidad del aire, 2006. Disponible en internet: [http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista+Limpia/Vol1n1/P+L\\_V1\\_N1\\_102\\_ICA.pdf](http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista+Limpia/Vol1n1/P+L_V1_N1_102_ICA.pdf)
- Wark K. y Warner C., Contaminación del aire: Origen y control. Editorial Limusa, México 1990.

## ANEXOS

Anexo A. Datos de concentración de ozono para el mes de septiembre de 2011. Punto de medición Campo bello

HORA	DATO PROMEDIO POR HORA (ppm)	TEMPERATURA (K)	PRESION P (KPa)	MEDIA MOVIL 8 HORAS (ppm)	DATO HORARIO CONDICION ESTANDAR (ppm)	MEDIA MOVIL 8 HORAS CONDICION ESTANDAR (ppm)	DATO HORARIO CONDICION ESTANDAR (µg/m3)	MEDIA MOVIL 8 HORA CONDICION ESTANDAR (µg/m3)	NORMA 8 HORAS (µg/m3)
0:00	0,0009113	289,75	100,66		0,000891448		1,7499733		
1:00	0,0012366	288,95	100,64		0,001206612		2,3686615		
2:00	0,0042479	288,45	100,6		0,004139329		8,1257820		
3:00	0,0057033	288,45	100,58		0,005558638		10,9119818		
4:00	0,0069114	288,05	100,65		0,006722025		13,1957888		
5:00	0,0024140	287,55	100,77		0,002340952		4,5954473		
6:00	0,0026287	287,65	100,91		0,002546558		4,9990662		
7:00	0,0041303	289,95	100,97	0,0035229	0,004030867	0,003429554	7,9128649	6,7	80
8:00	0,0001318	291,95	100,91	0,0034255	0,000129606	0,003334324	0,2544252	<b>6,5</b>	80
9:00	0,0050083	294,45	100,84	0,0038970	0,004969958	0,003804742	9,7563637	7,5	80
10:00	0,0079526	296,45	100,74	0,0043601	0,007953184	0,004281474	15,6126375	8,4	80
11:00	0,0193089	296,25	100,69	0,0060607	0,019306804	0,005999994	37,9005588	11,8	80
12:00	0,0119066	296,15	100,52	0,0066852	0,011921469	0,006649925	23,4026488	13,1	80
13:00	0,0179787	297,05	100,46	0,0086307	0,01806659	0,00861563	35,4659354	16,9	80
14:00	0,0356180	296,05	100,5	0,0127544	0,035657475	0,012754494	69,9980290	25,0	80
15:00	0,0367294	294,55	100,61	0,0168293	0,036543774	0,016818608	71,7378950	33,0	80
16:00	0,0213041	292,55	100,71	0,0194758	0,021031638	0,019431362	41,2865245	<b>38,1</b>	80
17:00	0,0000121	291,75	100,72	0,0188513	1,19114E-05	0,018811606	0,0233829	36,9	80
18:00	0,0000113	291,45	100,86	0,0178586	1,11199E-05	0,017818848	0,0218291	35,0	80
19:00	0,0000143	291,25	100,85	0,0154468	1,40562E-05	0,015407254	0,0275932	30,2	80
20:00	0,0000112	291,05	100,9	0,0139599	1,10113E-05	0,013918447	0,0216159	27,3	80
21:00	0,0000112	290,45	100,9	0,0117140	1,09818E-05	0,011661496	0,0215581	22,9	80
22:00	0,0001269	289,85	100,84	0,0072776	0,000123936	0,007219804	0,2432941	14,2	80
23:00	0,0093240	289,75	100,84	0,0038519	0,009104858	0,003789939	17,8734510	7,4	80

Anexo B. Datos de concentración de ozono para el mes de octubre de 2011. Punto de medición Campo bello

HORA	DATO PROMEDIO POR HORA (ppm)	MEDIA MOVIL 8 HORAS (ppm)	TEMPERATURA (K)	PRESION P (kPa)	DATO HORARIO CONDICIONES ESTANDAR (ppm)	MEDIA MOVIL 8 HORAS CONDICIONES ESTANDAR (ppm)	DATO HORARIO CONDICIONES ESTANDAR (µg/m3)	MEDIA MOVIL 8 HORAS CONDICIONES ESTANDAR (µg/m3)	NORMA 8 HORAS (µg/m3)
0:00	0,0000315		289,65	100,69	3,07579E-05		0,060379735		
1:00	0,0003717		289,85	100,61	0,000363928		0,714415734		
2:00	0,0002460		289,45	100,57	0,000240595		0,472303837		
3:00	0,0005724		288,25	100,5	0,000557931		1,09525718		
4:00	0,0015587		288,55	100,53	0,001520472		2,98478903		
5:00	0,0024138		287,45	100,72	0,002341192		4,595917861		
6:00	0,0015711		287,35	100,89	0,00152074		2,985315441		
7:00	0,0002642	0,0008787	288,55	100,95	0,000256689	0,000854038	0,503897656	1,7	80
8:00	0,0075690	0,0018209	291,75	100,94	0,00743482	0,001779546	14,5950532	3,5	80
9:00	0,0252326	0,0049285	293,85	100,91	0,02497094	0,004855422	49,01963962	9,5	80
10:00	0,0236056	0,0078485	293,55	100,89	0,023341653	0,007743055	45,82123907	15,2	80
11:00	0,0211248	0,0104175	295,85	100,8	0,021071025	0,010307191	41,36384324	20,2	80
12:00	0,0226626	0,0130555	296,55	100,62	0,022698964	0,012954503	44,55959881	25,4	80
13:00	0,0278688	0,0162374	295,75	100,53	0,027863129	0,016144745	54,69720303	31,7	80
14:00	0,0211802	0,0186885	295,95	100,39	0,02121973	0,018607119	41,65576117	36,5	80
15:00	0,0012939	0,0188172	296,25	100,35	0,001298152	0,018737301	2,54835952	36,8	80
16:00	0,0120413	0,0193762	291,95	100,53	0,01188414	0,019293466	23,32936837	37,9	80
17:00	0,0013042	0,0163852	292,05	100,57	0,00128713	0,01633299	2,526723066	32,1	80
18:00	0,0011417	0,0135772	292,05	100,6	0,001126381	0,013556081	2,211162321	26,6	80
19:00	0,0033140	0,0113508	291,55	100,69	0,00326104	0,011329833	6,40164228	22,2	80
20:00	0,0016790	0,0087279	290,55	100,78	0,001645075	0,008698097	3,229392853	17,1	80
21:00	0,0012335	0,0053985	290,25	100,74	0,001207838	0,005366186	2,371067355	10,5	80
22:00	0,0093420	0,0039187	289,85	100,87	0,009122942	0,003854087	17,90895149	7,6	80
23:00	0,0011042	0,0038950	289,95	100,78	0,001079643	0,003826774	2,119411124	7,5	80

Anexo C. Datos de concentración de ozono para el mes de noviembre de 2011. Punto de medición Campo bello

HORA	DATO PROMEDIO POR HORA (ppm)	MEDIA MOVIL 8 HORAS (ppm)	TEMPERATURA (K)	PRESION P (kPa)	DATO HORARIO CONDICION ESTANDAR (ppm)	MEDIA MOVIL 8 HORAS CONDICION ESTANDAR (ppm)	DATO HORARIO CONDICION ESTANDAR (µg/m3)	MEDIA MOVIL 8 HORAS CONDICION ESTANDAR (µg/m3)	NORMA 8 HORAS (µg/m3)
0:00	0,0000271		289,75	100,66	2,64725E-05		0,051967353		
1:00	0,0004248		288,95	100,64	0,000414486		0,813663201		
2:00	0,0003937		288,45	100,6	0,000383599		0,753030111		
3:00	0,0004703		288,45	100,58	0,000458401		0,89987132		
4:00	0,0006911		288,05	100,65	0,000672203		1,31957888		
5:00	0,0024140		287,55	100,77	0,002340952		4,595447256		
6:00	0,0026287		287,65	100,91	0,002546558		4,999066169		
7:00	0,0097830	0,0021041	289,95	100,97	0,009547422	0,002048762	18,74223396	4,0	80
8:00	0,0036318	0,0025547	291,95	100,91	0,003570918	0,002491817	7,009953908	4,9	80
9:00	0,0010083	0,0026276	294,45	100,84	0,001000598	0,002565081	1,964241758	5,0	80
10:00	0,0225261	0,0053942	296,45	100,74	0,022527734	0,005333098	44,22346226	10,5	80
11:00	0,0230886	0,0082215	296,25	100,69	0,023086115	0,008161563	45,31960154	16,0	80
12:00	0,0166626	0,0102179	296,15	100,52	0,016683418	0,010162965	32,75067621	20,0	80
13:00	0,0218688	0,0126498	297,05	100,46	0,02197577	0,012617317	43,13991858	24,8	80
14:00	0,0161802	0,0143437	296,05	100,5	0,016198128	0,014323763	31,79801778	28,1	80
15:00	0,0192939	0,0155326	294,55	100,61	0,019196402	0,015529885	37,68383227	30,5	80
16:00	0,0170413	0,0172087	292,55	100,71	0,016823326	0,017186436	33,02532502	33,7	80
17:00	0,0105422	0,0184005	291,75	100,72	0,010377899	0,018358599	20,37251586	36,0	80
18:00	0,0048417	0,0161899	291,45	100,86	0,004754698	0,01613697	9,333793759	31,7	80
19:00	0,0001814	0,0133265	291,25	100,85	0,000178033	0,013273459	0,349490254	26,1	80
20:00	0,0004788	0,0113035	291,05	100,9	0,000469393	0,011246706	0,921449838	22,1	80
21:00	0,0004763	0,0086295	290,45	100,9	0,000465911	0,008557974	0,914615629	16,8	80
22:00	0,0000404	0,0066120	289,85	100,84	3,94337E-05	0,006538137	0,07741101	12,8	80
23:00	0,0004629	0,0042581	289,75	100,84	0,000452019	0,004195089	0,887343599	8,2	80

Anexo D. Datos de concentración de ozono para el mes de diciembre de 2011. Punto de medición Campo bello

HORA	DATO PROMEDIO POR HORA (ppm)	MEDIA MOVIL 8 HORAS (ppm)	TEMPERATURA (K)	PRESION P (kPa)	DATO HORARIO CONDICIONE ESTANDAR (ppm)	MEDIA MOVIL 8 HORAS CONDICION ESTANDAR (ppm)	DATO HORARIO CONDICION ESTANDAR (µg/m3)	MEDIA MOVIL 8 HORAS CONDICION ESTANDAR (µg/m3)	NORMA 8 HORAS (µg/m3)
0:00	0,000495699		289,75	100,66	0,000484916		0,951923087		
1:00	0,000425376		288,95	100,64	0,000415056		0,814783513		
2:00	0,000472185		288,45	100,6	0,000460115		0,90323775		
3:00	0,00065606		288,45	100,58	0,000639417		1,255218339		
4:00	0,000744827		288,05	100,65	0,000724422		1,422088955		
5:00	0,002715961		287,55	100,77	0,002633828		5,170382472		
6:00	0,002868206		287,65	100,91	0,002778576		5,454531769		
7:00	0,00184586	0,001278022	289,95	100,97	0,001801405	0,001242217	3,536278666	2,4	80
8:00	0,003615402	0,001667985	291,95	100,91	0,00355478	0,00162595	6,978272803	3,2	80
9:00	0,009909032	0,002853442	294,45	100,84	0,00983313	0,002803209	19,30309682	5,5	80
10:00	0,012240704	0,004324506	296,45	100,74	0,012241586	0,004275893	24,03105976	8,4	80
11:00	0,017482637	0,006427829	296,25	100,69	0,017480778	0,006381063	34,31594619	12,5	80
12:00	0,019819547	0,008812169	296,15	100,52	0,019844255	0,008771042	38,95561097	17,2	80
13:00	0,021845604	0,011203374	297,05	100,46	0,021952412	0,011185865	43,09406567	22,0	80
14:00	0,020151894	0,013363835	296,05	100,5	0,020174216	0,01336032	39,60334799	26,2	80
15:00	0,019826697	0,01561144	294,55	100,61	0,0197265	0,015600957	38,72445162	30,6	80
16:00	0,011061798	0,016542239	292,55	100,71	0,010920311	0,016521648	21,43730756	32,4	80
17:00	0,000335058	0,015345492	291,75	100,72	0,000329835	0,015333737	0,647489203	30,1	80
18:00	0,000206232	0,013841183	291,45	100,86	0,000202527	0,013828854	0,397574822	27,1	80
19:00	0,000302444	0,011693659	291,25	100,85	0,000296836	0,011680862	0,582709628	22,9	80
20:00	0,000200104	0,009241229	291,05	100,9	0,000196161	0,00922485	0,38507818	18,1	80
21:00	0,000194868	0,006534887	290,45	100,9	0,000190635	0,006504628	0,374228663	12,8	80
22:00	0,000491079	0,004077285	289,85	100,84	0,000479705	0,004042814	0,94169283	7,9	80
23:00	0,000625443	0,001677128	289,75	100,84	0,000610745	0,001653345	1,198933847	3,2	80

Anexo E. Datos meteorológicos de la Universidad del Cauca

<b>MES</b>	<b>PRESION ATMOSFERICA (kPa)</b>	<b>TEMPERATURA AMBIENTE (°K)</b>	<b>RADIACION SOLAR (w/m<sup>2</sup>)</b>	<b>UV Index</b>	<b>UV Dose</b>
Septiembre	100,74	291,66	385,20	4,26	1,82
Octubre	100,69	291,53	361,82	4,10	1,76
Noviembre	100,74	291,66	369,71	4,13	1,77
Diciembre	100,74	291,66	288,68	3,47	1,49

\*Para el mes de Octubre no están completos los datos diarios, la estación no registró esta información. Fuente: Estación Meteorológica Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil. Popayán, 2011.

