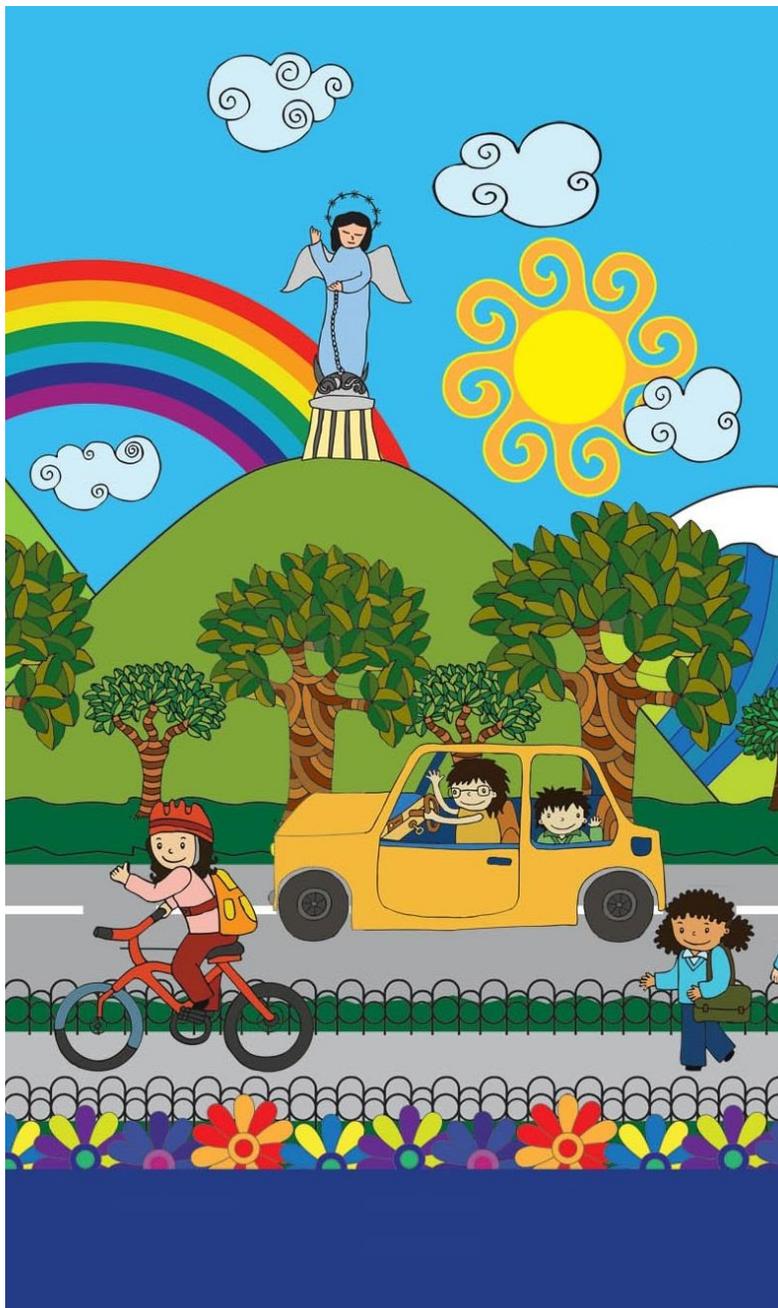


INFORME DE LA CALIDAD DEL AIRE DE QUITO 2013



Quito
Verde



Secretaría de
Ambiente



Alcalde Metropolitano de Quito
Augusto Barrera Guarderas

Secretario de Ambiente
Bladimir Ibarra Mayorga

Investigación Análisis y Monitoreo

Quito, marzo 2014

FICHA TÉCNICA

Elaboración

Valeria Díaz Suárez

Colecta de muestras, análisis, adquisición de datos y control de calidad

Red Automática

Agustín Bolaños
Ángel Sánchez
Carla Rivadeneira
Danny López
Darwin Acosta
Edmundo Pallango
Pablo Alemán
Wilmer Toscano

Redes Manuales

Andrea Marcillo
Fabio Delgado
Jessica Alvear
Jorge Kaslin
Karen Guerrón
Marcela Cáceres
María Bahamonde
Mayra Barba
Michelle Flores
Sandra Viracucha

Asistentes Técnicos

Evelyn Sosa
José Sosa
Luis Pucachaqui

Tesistas

Andrea Campaña
Lorena González
Martín Ochoa
Pamela Freire

Este informe también está disponible en la página web de la Secretaría de Ambiente:
www.quitoambiente.gob.ec, enlace Red de Monitoreo

La información contenida en esta publicación, no puede ser reproducida en forma total o parcial, a través de ningún medio, sin citar la fuente de origen de la información.

Presentación

En diciembre de 2013 el monitoreo de la calidad del aire de Quito cumplió sus primeros 10 años de operación ininterrumpida en esta ciudad, constituyéndose en uno de los programas ambientales de mayor éxito y continuidad en el país. En este décimo año de operación se ejecutó el recambio y actualización del equipamiento de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ), que permitirá continuar con el monitoreo, análisis e interpretación de resultados necesarios para orientar las políticas de reducción de los niveles de aquellos contaminantes que pueden afectar la salud de los grupos más sensibles de la ciudad.

Este informe presenta un análisis de los datos recolectados comparados con la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire (NECA), para los contaminantes normados: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃), material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} y benceno. Estos datos han sido recolectados en las 8 estaciones automáticas en línea y 36 manuales con las que cuenta la REMMAQ, para ofrecer a la población un análisis objetivo sobre la situación que muestra el monitoreo de la calidad del aire en la ciudad, y las tendencias de la misma.

Hacia el futuro la ciudad requerirá seguir con mayor atención la calidad ambiental antes que a los establecimientos de bajo o mediano impacto ambiental. En este sentido, el trabajo del equipo de la REMMAQ es referencial para lo que se debe hacer con el monitoreo de los otros recursos (agua, suelo) a nivel local y nacional

Bladimir Ibarra M.
Secretario de Ambiente
Distrito Metropolitano de Quito

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	1
SUMMARY	4
INTRODUCCIÓN	7
1. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AIRE	7
1.1. NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE ECUATORIANA (NECA)	7
1.2. ÍNDICE QUITENO DE LA CALIDAD DEL AIRE, IQCA	10
1.3. LA RED METROPOLITANA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO DE QUITO (REMAAQ)	13
1.3.1. Descripción de la Red de Monitoreo	13
1.3.2. Red Automática (RAUTO)	14
1.3.3. Red de Monitoreo Pasivo (REMPA)	17
1.3.4. Red de Depósito (REDEP)	18
1.3.5. Red Activa de Material Particulado (RAPAR)	19
1.3.6. Red Meteorológica (REMET)	19
1.3.7. Representatividad de los Datos	22
1.4. LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	22
1.5. EL ACCESO A LA INFORMACIÓN	23
1.6. EL PROCESAMIENTO DE DATOS	23
2. LA CALIDAD DEL AIRE EN EL DMQ	24
2.1. MATERIAL PARTICULADO	24
2.1.1. Partículas sedimentables	25
2.1.2. Material particulado grueso (PM ₁₀)	27
2.1.3. Material particulado fino (PM _{2.5})	32
2.2. GASES	36
2.2.1. Dióxido de Azufre (SO ₂)	36
2.2.2. Monóxido de Carbono (CO)	40
2.2.3. Ozono (O ₃)	42
2.2.4. Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	48
2.3. CONTAMINANTES TÓXICOS	52
2.3.1. Benceno	52
3. METEOROLOGÍA	54
3.1. TEMPERATURA	54
3.2. PRESIÓN	55
3.3. VIENTOS	56
3.4. VELOCIDAD DE VIENTO	58
3.5. RADIACIÓN SOLAR	58
3.6. PRECIPITACIÓN	59

FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de las estaciones automáticas de la REMMAQ	15
Figura 1.2. Ubicación de las estaciones manuales de la REMMAQ	17
Figura 1.3. Ubicación de las estaciones de la Red de Depósito de la REMMAQ	18
Figura 2.1. Concentraciones mensuales máximas de partículas sedimentables (mg/cm ² durante 30 días) año 2013 ..25	
Figura 2.2. Concentraciones máximas mensuales de partículas sedimentables (mg/cm ² durante 30 días), 2013	26
Figura 2.3. Tendencias sedimento (mg/cm ² durante 30 días) 2006-2012 estaciones críticas	27
Figura 2.4. Concentraciones medias mensuales de PM ₁₀ (µg/m ³) y máximos durante el año 2013.....	28
Figura 2.5. Promedios anuales PM ₁₀ (µg /m ³) año 2013 por estación*	29
Figura 2.6. Percentil 98 de las concentraciones diarias de PM ₁₀ (µg/m ³) año 2013 por estación*.....	30
Figura 2.7. Tendencias para PM ₁₀ (µg/m ³) percentil 98 del promedio 24 horas y anual, 2004-2013 (a) percentil 98, (b) promedio anual.....	31
Figura 2.8. Concentraciones medias mensuales de PM _{2.5} (µg/m ³) y máximos durante el año 2013	32
Figura 2.9. Percentil 98 de la concentración diaria PM _{2.5} (µg/m ³) año 2013 por estación.....	33
Figura 2.10. Promedios anuales PM _{2.5} (µg/m ³) año 2013 por estación.....	34
Figura 2.11. Tendencias para PM _{2.5} (µg/m ³) percentil 98 del promedio 24 horas y anual, 2004-2013 (a) percentil 98, (b) promedio anual.....	35
Figura 2.12. Concentraciones medias mensuales de SO ₂ (µg/m ³) y máximos durante el año 2013	36
Figura 2.13. Concentraciones diarias máximas SO ₂ (µg/m ³) año 2013 por estación	37
Figura 2.14. Concentraciones medias del año 2013 de SO ₂ (µg/m ³) por estación. c: nivel calle y r: nivel regional.....	38
Figura 2.15. Tendencias para SO ₂ (µg/m ³) a) concentración máxima promedio 24 horas y b) anual, 2004-2013	39
Figura 2.16. Concentraciones medias mensuales de CO (mg/m ³) y máximos durante el año 2013	40
Figura 2.17. Concentraciones máximas horarias para CO (mg/m ³) año 2013 por estación	41
Figura 2.18. Concentraciones octohoraria máximas CO (mg/m ³) año 2013 por estación.....	41
Figura 2.19. Tendencias CO (mg/m ³) 2004-2013, máximo promedio octohorario	42
Figura 2.20. Concentraciones medias mensuales de O ₃ (µg/m ³) y máximos durante el año 2013	43
Figura 2.21. Concentraciones octohorarias máximas O ₃ (µg/m ³) año 2013 por estación	44
Figura 4.22. Concentraciones medias del año 2013 de O ₃ (µg/m ³) por estación, c: nivel calle y r: nivel regional	45
Figura 2.23. Tendencias de Ozono octohorario (µg/m ³) 2004-2013	45
Figura 2.24. Tendencias AOT40 (µg/m ³ * h) 2004-2013 estaciones automáticas.....	46
Figura 2.25. Ozono (µg/m ³ * h) 2004-2013 estaciones automáticas	47
Figura 2.26. Tendencias anuales de O ₃ (µg/m ³) 2004-2013.....	47
Figura 2.27. Concentraciones en promedio anual de NO _x (µg/m ³) para el año 2013 por estaciones automáticas	48
Figura 2.28. Concentraciones promedio mensual de NO ₂ (µg/m ³) para el año 2013 para estaciones fondo urbano(Urb), regional (reg), parques metropolitanos(rec) y parroquial rurales (rur)	49
Figura 2.29. Concentraciones medias del año 2013 de NO ₂ (µg/m ³) por estación, Nivel de calle (C) y Nivel regional (R)	50
Figura 2.30. Concentraciones máximas de NO ₂ (µg/m ³) en una hora durante el año 2013.....	50
Figura 2.31. Tendencias para NO ₂ (µg/m ³) a) concentración máxima horario y b) anual, 2004-2013	51
Figura 2.32. Concentraciones medias mensuales para el año 2013 de benceno (µg/m ³).....	52
Figura 2.33. Concentraciones medias del año 2013 de benceno (µg/m ³) por estación	53
Figura 2.34. Tendencias benceno (µg/m ³) 2008-2012 estaciones críticas	53
Figura 3.1. Análisis de la temperatura en el DMQ, 2013 y plurianual	55
Figura 3.1. Análisis de la presión en el DMQ, 2013 y plurianual.....	56

Figura 3.2. Análisis de la dirección de vientos en el DMQ, 2013 y plurianual.....	57
Figura 3.3. Análisis de la velocidad de vientos en el DMQ, 2013 y plurianual.....	58
Figura 3.4. Análisis de la radiación en el DMQ, 2013 y plurianual.....	59
Figura 3.5. Análisis de la dirección de vientos en el DMQ, 2013 y plurianual.....	60

TABLAS

Tabla 1.1. Fuentes y características de los contaminantes comunes o criterio y no convencionales que se pueden encontrar en la atmósfera	9
Tabla 1.2. Resumen de la Norma de Calidad del Aire Ambiente (NECA).....	10
Tabla 1.3. Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire (NECA, JUNIO 2011).....	10
Tabla 1.4. Expresiones matemáticas para el cálculo del IQCA	11
Tabla 1.5. Límites numéricos de cada categoría del IQCA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	12
Tabla 1.6 Rangos, significados y colores de las categorías del IQCA.....	13
Tabla 1.7. Identificación de individuos sensibles por tipo de contaminante del aire	13
Tabla 1.9. Número de equipos, métodos de medida, modelos y marca de los analizadores y almacenamiento de información	16
Tabla 1.10. Métodos de medición y equipos utilizados en la REMPA	17
Tabla 1.11. Método de medición y equipos utilizados en la REDEP	18
Tabla 1.12. Métodos de medición y equipos de la RAPAR.....	19
Tabla 1.13. Parámetros meteorológicos, equipos para medición/calibración y marca de equipos de la REMET	20
Tabla 1.14. Estaciones y parámetros que se registran mediante los subsistemas REMPA, REDEP, RAPAR y REMET	21
Tabla 1.15. Porcentaje de datos válidos capturados por las estaciones automáticas (%), 2006 – 2013.....	22
Tabla 1.16. Procesamiento de registros de la RAUTO, REMPA, RAPAR, REDEP	24

Resumen Ejecutivo

El Municipio de Quito, a través de la Secretaría de Ambiente, presenta el Informe de Calidad del Aire 2013, documento técnico que tiene como insumo principal, los datos de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito REMMAQ, que viene operando y entregando información básica por más de diez años para la gestión del aire ambiente en el Distrito Metropolitano de Quito

La calidad del aire se reporta conforme a promedios de norma que incluyen períodos para el largo plazo (promedios anuales) y para el corto plazo (promedio horarios, octohorarios, diarios) de exposición. Desde el punto de vista de la salud, es importante que la gente tenga una baja exposición a la contaminación del aire por períodos largos (promedio anual) y reducir al mínimo el número de ocasiones en las que se expone a niveles altos durante el corto tiempo (promedios diarios, octohorarios y horarios).

El informe, además, incluye información sobre las condiciones meteorológicas observadas en el 2013 (temperatura, precipitación, humedad, velocidad de viento, dirección de viento, radiación solar y presión atmosférica).

Dióxido de nitrógeno, NO₂

Las concentraciones de dióxido de nitrógeno monitoreados en el 2013 fueron ligeramente mayores que las del 2012 y significativamente más bajas que en el 2011. Esto se explica principalmente por factores meteorológicos: donde menor precipitación y mayor humedad relativa contribuyen a la disminución de este contaminante, sumando a esto las situaciones específicas de tráfico vehicular producidas por las adecuaciones y mantenimientos viales (reformas geométricas en la vía Interoceánica, Av. Simón Bolívar).

La Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire (NECA) para el dióxido de nitrógeno, NO₂ promedio anual (40 µg/m³) superó en el 2013 únicamente en las estaciones de medición a nivel de calle en: Cumbayá y en la calle Necochea, playón de la Marín y Basílica. En el promedios de corto plazo (promedio 1 hora, 200 µg/m³), no se supera norma (máximo estación Guamaní 131 µg/m³).

Desde el 2005, el dióxido de nitrógeno en el aire regional urbano se redujo en un 14.6%. Las concentraciones medias de dióxido de nitrógeno a nivel de calle desde principios de 2006, se redujo en aproximadamente en 10%.

Pese a esta reducción en el nivel de dióxido de nitrógeno en las calles del centro urbano, no se ha logrado eliminar las superaciones de norma a nivel de calle. Estas concentraciones se deben al incremento de los vehículos en la ciudad, muchos de los cuales no cuentan con catalizadores eficientes y por los vehículos a diesel que son de tecnologías obsoletas.

Actualmente, con la calidad de combustible diésel que se comercializa a nivel nacional, es posible acceder a tecnología EURO III, en lo que se refiere a vehículos que utilizan este combustible. Los vehículos a diésel tienen mayores emisiones de óxidos de nitrógeno, NO_x (suma de monóxido de nitrógeno, NO y dióxido de nitrógeno, NO₂), también mayores emisiones de dióxido de nitrógeno (es decir, la proporción de NO₂ en NO_x es mayor) que en los vehículos que utilizan la gasolina como combustible.

De manera adicional, se requiere realizar un cambio de los catalizadores de los autos a gasolina que entraron a operar en el DMQ a partir del año 2000, debido a que su tiempo de vida útil ha sido superado y dejan de ser eficientes. Adicionalmente, es necesario controlar que el tipo de catalizador de recambio utilizado sea el adecuado para la reducción de emisiones.

Material particulado: Sedimentable, PM₁₀ y PM_{2.5}

Las partículas sedimentables presentan varias excedencias a la NECA (1.0 mg/cm² durante 30 días). En los meses de enero, agosto y septiembre se produjo el mayor número, 14 estaciones en promedio presentaron superaciones a esta norma mensual. Los meses con menos superaciones fueron febrero, mayo y junio, con 4 estaciones sobre la Norma. Las estaciones con mayores superaciones fueron Cumbayá, San Antonio de Pichincha y Tababela, respectivamente. Durante el año, San Antonio de Pichincha se mantuvo el 42% del tiempo sobre Norma, mientras que Quitumbe, Cumbayá y Tababela el 33%, 17% y 8% respectivamente. Estas excedencias en material sedimentable, en la mayoría de casos se deben a la afectación de sectores con la explotación de áridos y pétreos en canteras.

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito tienen las competencias para asumir la autorización, control y regulación de los materiales áridos y pétreos en su jurisdicción, con el fin de mejorar el manejo tanto técnico como ambiental de las explotaciones. Con el fin de encaminar un control efectivo de esta actividad, la Secretaría de Ambiente conjuntamente con la Comisión Especial de Canteras han elaborado una Ordenanza Metropolitana para La Regulación y el Control de las Canteras del DMQ", para la consideración posterior del Consejo Metropolitano en este 2014.

Los niveles de partículas menores a 10 micrones (PM₁₀) medidos en el 2013, fueron inferiores a las de 2012. La norma anual para este contaminante se cumplió en las estaciones de Cotocollao, Belisario, el Camal, Los Chillos, Tumbaco, Jipijapa y Guamaní. En la estación Carapungo se superó este límite debido al material resuspendido causado por las bajas precipitaciones, características topográficas del sector y las adecuaciones viales de la zona.

En lo que respecta al promedio de 24 horas, ninguna estación supera la norma de calidad de aire para este período.

Los niveles de material particulado han ido disminuyendo a lo largo de estos diez años de muestreo. Desde el año 2004 a 2006, este contaminante se redujo en el 44%, a partir de este año las concentraciones no registran variaciones significativas. Sin embargo, se requiere tomar algunas acciones con el fin de disminuir el efecto de la resuspensión de polvo en las vías, como son tratamiento de vías con químicos inocuos que permitan ligar las partículas al asfalto, así como el barrido y lavado de calles.

La norma de calidad del aire para material particulado PM_{2.5} promedio anual fue superada en todas las estaciones monitoreadas en el año 2013. Desde el año 2004 al 2008, las concentraciones medias anuales de este contaminante disminuyeron en un 33%, a partir de ese año las concentraciones no registran variaciones significativas. Este mantenimiento de las concentraciones de este contaminante, pese al incremento de vehículos en el DMQ se debe al control que se realiza en la Revisión Técnica Vehicular y a la mejora de los combustibles.

Monóxido de carbono, CO

La norma de calidad ambiental para el monóxido de carbono se cumplió en todas las estaciones de monitoreo durante el año 2013

Desde el año 2003, las concentraciones medias de monóxido de carbono se redujeron en el 54% en todas las estaciones monitoreadas. Esta disminución sostenida se mantiene debido al efecto de la calibración de los vehículos a gasolina por efecto de la revisión técnica vehicular y a la salida gradual de circulación de los vehículos a carburador, reemplazados por vehículos catalizados.

Dióxido de azufre, SO₂

No se supera norma de calidad de aire para dióxido de azufre durante el 2013 tanto en promedio 24 horas como anual. La disminución del promedio 24 horas a partir del 2005 ha sido del 77%, debido a la mejora sostenida de los combustibles comercializados en el DMQ experimentada desde el año 2006 (≤ 500 ppm para el diésel automotriz) y desde enero de 2012 a nivel nacional (≤ 650 ppm en gasolinas y ≤ 500 ppm para el diésel de consumo automotriz). Esta última mejora de combustibles a nivel nacional muestra un efecto positivo en los niveles de SO₂ a nivel rural, donde en los dos últimos años se observa una disminución significativa.

Ozono troposférico, O₃

La norma de calidad de aire ambiente para el ozono no se supera en ninguna de las estaciones monitoreadas para el año 2013, a excepción de Guamaní. Los niveles de ozono han disminuido desde el año 2004 en un 30%. Cabe recalcar que las concentraciones de ozono en el ambiente están muy ligadas a las condiciones atmosféricas presentadas durante el año, por lo que la tendencia del mismo varía con relación a estas.

Benceno

El benceno se monitorea de manera manual en el DMQ a partir del año 2008 y es un contaminante normado a partir del año 2011. No se supera la norma anual de calidad de aire para ninguna de las estaciones monitoreadas. Los meses de febrero y marzo de 2013 presentaron concentraciones significativamente mayores que el resto de meses en las zonas de Monteserrín y el Inca, asociadas a la repavimentación y el tráfico vehicular intenso por el inicio de actividades del nuevo aeropuerto. Las mayores concentraciones se encontraron en la calle Necochea, Ecuatoriana y Monteserrín. Las concentraciones de benceno disminuyeron drásticamente a partir de 2010 y, durante el 2013, se vuelve a tener una nueva reducción. Esta se explica potencialmente por la disminución del uso de gasolina Super (2% benceno y 92 octanos) a partir del año 2012 y la sustitución por gasolina Extra (1% benceno y 87 octanos).

Summary

Quito government, present the Air Quality Report 2013, this technical paper has as main input data collected from Quito's Metropolitan Air Quality Monitoring Network REMMAQ, which has been operating and providing basic information for over ten years for the management of ambient air in the Metropolitan District of Quito, DMQ.

Air quality is reported in accordance with standard averages include periods for the long term (annual averages) and for the short term (hourly and daily averages) exposure. From the point of view of health, it is important that people have a low exposure to air pollution for long periods and minimize the number of occasions when exposed to high levels during the short time.

The report also includes information on weather conditions observed in 2013 (temperature, precipitation, humidity, wind speed, wind direction, solar radiation and atmospheric pressure).

Nitrogen dioxide, NO₂

Nitrogen dioxide levels monitored in 2013 were slightly higher than those of 2012 and significantly lower than in 2011. This is mainly explained by meteorological factors: where lower rainfall and higher relative humidity contribute to the reduction of these pollutants, adding to this the specific situations vehicular produced by maintenances adjustments and road (geometric reforms in Interoceanic and Av. Simon Bolívar Avenues).

Ecuadorian Air Quality Standard (NECA) to nitrogen dioxide, NO₂ annual average (40 mg/m³) exceeded in 2013 only measuring stations at street level: Cumbayá and street Necochea, Marin square and Basilica church sector. In the short term averages (average 1 hour 200 g/m³) there was no exceeds of standard (maximum station Guamaní 131 ug/m³).

Since 2005, nitrogen dioxide in urban regional air was reduced by 14.6 %. Mean concentrations of nitrogen dioxide at street level since early 2006, was reduced by approximately 10%.

Despite this reduction in the level of nitrogen dioxide in the streets of the city center, it was not enough to eliminate the standard exceed at street level. These concentrations are due to the increase of vehicles in the city, many of whom do not have efficient catalysts and the obsolete technologies of vehicles engine by diesel.

Currently, with the quality of diesel sold nationwide, it is possible to access at EURO III technology, referring to vehicles using this fuel. Diesel vehicles emit great amounts of nitrogen oxides, NO_x (sum of nitrogen monoxide, NO and nitrogen dioxide, (NO₂) and nitrogen dioxide (i.e., the proportion of NO₂ in NO_x is larger) that gasoline vehicles.

Additionally, it is necessary change the catalyst system in gasoline cars which start to operate in the DMQ from 2000, due to its shelf life has been exceeded and do not have enough efficiency. Additionally, it is necessary to control the type of catalyst system changed in vehicles to ensure that it meets enough features to work in the conditions of DMQ.

Particulate matter: dust fall, PM₁₀ and PM_{2.5}

Dust fall have several exceeds of NECA (1.0 mg/cm² for 30 days), especially during January, August and September.-The months with fewer exceedances were February, May and June. Places with higher exceeds were Cumbayá, San Antonio de Pichincha and Tababela respectively. During the year, San Antonio de Pichincha exceeds the standard during 42% of time, while Quitumbe, Tababela and Cumbayá, 33%, 17% and 8% respectively. These exceeds, in most cases are due to the exploitation of aggregates and stone quarries.

The Metropolitan District of Quito has the skills to take on the authorization, regulation and control of aggregates and stone products in their jurisdiction, in order to improve both technical and environmental management of farms. In order to direct effective control of this activity has developed a Metropolitan Ordinance for the Regulation and Control of Quarries in DMQ, for further consideration of the Metropolitan Council in this 2014.

Levels of particulate matter less than 10 microns (PM10) measured in 2013 were lower than 2012. The annual standard for this pollutant was fulfilled in Cotocollao, Belisario, Camal, Los Chillos, Tumbaco, Jipijapa and Guamaní. In Carapungo station, the maximum standard value was exceeded due to re-suspended material caused by low rainfall, topography and road construction. About to the 24-hour average, no station exceeds the air quality standard.

Particulate matter levels have been declining over the past ten years of sampling. From 2004 to 2006, this pollutant is reduced by 44 %, from this year the concentrations do not show significant variations. However, it is required to take some action in order to reduce the effect of dust re-suspension such as treatment with innocuous chemical that allow the particles to attach to the asphalt.

The annual average air quality standard for particulate matter PM2.5 was exceeded at all stations monitored in 2013. From 2004 to 2008, the annual average concentrations decreased by 33 %, from this year the concentrations do not show significant variations. The maintenance of concentrations of this pollutant, despite the increase in vehicles on the DMQ is due to the control that is made in the Technical Vehicular Review and improving of fuel quality.

Carbon monoxide, CO

The environmental air quality standard for carbon monoxide was fulfilled in all monitoring stations during 2013.

Since 2003, the average concentrations of carbon monoxide were reduced by 54% in all monitored stations. This steady decline is due to the effect of calibration of gasoline vehicles conducted in the Technical Vehicular Review and the gradual withdrawal of carburetor vehicles, replaced by catalyzed vehicles.

Sulphur dioxide, SO2

It is not overcome any air quality standard for sulfur dioxide during 2013 both on average either 24 hours and per year. The decrease in the 24 hours average since 2005 has been 77%, due to the sustained improvement of fuels sold in the experienced DMQ since 2006 (S< = 500 ppm for diesel) and since January 2012 level national (S< = 650 ppm in gasoline and S< = 500 ppm for diesel) . The latter improves fuel nationwide shows a positive effect on SO2 levels in rural areas, where over the last two years a significant decrease is observed.

Troposphere ozone O3.

The quality standard for ozone ambient air is not exceeded in any of the stations monitored in 2013, except for Guamaní. Ozone levels have decreased since 2004 by 30. It should be noted that concentrations of ozone are closely linked with meteorological conditions of the year, so the trend of it varies in relation to these.

Benzene

Benzene is monitored in the DMQ since 2008 and it has a maximum standard from the year 2011. The annual air quality standard for all monitored stations is met. Values for March and February were significantly greater in Monteserrín and Inca sectors, associated to the repaving

and intensive vehicular traffic due the startup activities of the new airport. The greatest concentrations were found in the street Necochea, Ecuatoriana and Monteserrín. Benzene concentrations have decreased drastically since 2010, but during 2013 it once again has a new reduction. This is potentially due to the decreased use of Super petrol (2% benzene and 92 octanes) from the year 2012 and the replacement with Extra gasoline (1 % benzene and 87 octanes).

Introducción

Las concentraciones de la mayoría de los contaminantes atmosféricos disminuyeron en la última década, comparando con normas de calidad de aire nacionales (CO: 54%, SO₂: 77%, O₃:30%, NO₂: 14,6%, PM₁₀: 44% y PM_{2.5}: 33%). Varias acciones contribuyeron a esta disminución como son: la Revisión Técnica Vehicular, controles públicos a las industrias de alto impacto y la mejora de los combustibles, lo que permitió el acceso a mejores tecnologías vehiculares. Se implementó la medida Pico y Placa para aliviar la congestión vehicular, medida que ha contribuido a la disminución de contaminantes en horas pico. Sin embargo, es preciso adoptar y fortalecer otras iniciativas como son el incentivo del uso de medios de transporte alternativos, la mejora de la tecnología de todos los buses de transporte público, la construcción del metro y las reformas viales necesarias en zonas de alto tráfico vehicular, con el fin de aliviar la contaminación.

A pesar de las mejoras en la calidad del aire en el DMQ, no ha sido posible cumplir con todos los estándares de calidad ambiental. La principal emisión que afecta la calidad del aire en el DMQ es la producida por fuentes móviles, cuyo parque vehicular mantiene un crecimiento continuo anual superior al 7%. Este incremento provoca un aumento del tráfico vehicular dificultando el cumplimiento de normas de calidad.

Los incumplimientos de normas de calidad de aire afectan directamente la salud humana provocando síntomas de inflamaciones respiratorias y la exacerbación de síntomas en asmáticos. Los niños son un grupo sensible que corre riesgo de alteración del desarrollo de la función pulmonar.

Los datos de calidad de aire de las estaciones automáticas de monitoreo son difundidos en forma continua a través de la dirección electrónica www.quitoambiente.gob.ec, en donde se presenta adicionalmente la clasificación de calidad del aire mediante el Índice Quiteño de Calidad del Aire, IQCA.

1. Parámetros de Calidad del Aire

1.1. Norma de Calidad del Aire Ambiente Ecuatoriana (NECA)

A nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud (OMS) emite directrices sobre Calidad del Aire, las mismas que constituyen el análisis más consensuado y científicamente respaldado sobre los efectos de la contaminación en la salud y en las que se incluyen los parámetros de calidad del aire que se recomiendan para una disminución significativa de los riesgos sanitarios.

Las guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, actualizadas en el 2005, son mundialmente aplicables y están basadas en el desarrollo y evaluación de investigaciones científicas del más alto nivel.

Sin embargo de la existencia de las directrices de la OMS, la misma Organización establece claramente que cada país debe considerar normas de calidad de aire que protejan la salud pública de los ciudadanos, acorde a la realidad social, técnica y económica de cada país. Los gobiernos, al fijar sus objetivos políticos, deben realizar un estudio cuidadoso de las condiciones locales propias, antes de adoptar las guías directamente como normas con validez jurídica.

En base al criterio anteriormente mencionado, la referencia nacional obligatoria para evaluar el estado de la contaminación atmosférica constituye la Norma de Calidad del Aire Ambiente (NECA), publicada como parte constituyente del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Libro VI De la Calidad Ambiental, Anexo 4), cuya versión vigente se publicó en el

Registro Oficial N° 464 del 7 de junio del 2011.

La NECA es una norma técnica de aplicación obligatoria en el Ecuador para evaluar el estado de la contaminación atmosférica. Su objetivo principal es preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general, para lo cual ha determinado límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel del suelo, así como los métodos y procedimientos que permitan su determinación y cuantificación en aire ambiente.

La NECA define a la contaminación como: “la presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente” (NECA,2011).

La NECA establece los objetivos de calidad del aire ambiente, los límites permisibles de los contaminantes criterios y contaminantes no convencionales del aire ambiente y los métodos y procedimientos para la determinación de los contaminantes en el aire ambiente. Los contaminantes considerados por la Norma como contaminantes comunes o criterio son: partículas sedimentables, material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones (PM_{10}) y menor a 2,5 micrones ($PM_{2,5}$), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O_3). La actual normativa también considera al benceno, cadmio y mercurio inorgánico como contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o cancerígenos.

En la Tabla 1.1, se puede apreciar las fuentes y características de los contaminantes comunes o criterio y los contaminantes no convencionales que se pueden encontrar en la atmósfera.

Contaminante	Características	Fuentes Principales	Efectos sobre la Salud
Partículas sedimentables	Material particulado en general de tamaño mayor a 10µm. Partículas gruesas de tierra y polvo tóxicos.	Erosión eólica y tráfico en vías sin pavimento, actividades de construcción, molienda y aplastamiento de rocas.	Exposición continua a altas concentraciones causa irritación de garganta y mucosas.
PM₁₀	Material particulado suspendido de diámetro menor a 10 µm. Partículas de material sólido o gotas líquidas suspendidas en el aire. Puede presentarse como polvo, niebla, aerosoles, humo, hollín, etc.	Erosión eólica, tráfico en vías sin pavimento y actividades de construcción. Procesos de combustión (industria y vehículos de automoción).	Produce irritación de las vías respiratorias, agrava el asma y favorece las enfermedades cardiovasculares. Se relaciona con la silicosis y asbestosis. Causa deterioro de la función respiratoria (corto plazo). Asociado con el desarrollo de enfermedades crónicas, cáncer o muerte prematura (largo plazo).
PM_{2,5}	Material particulado suspendido menor a 2.5 µm.	Procesos de combustión (industrias, generación termoeléctrica). Incendios forestales y quemas. Purificación y procesamiento de metales.	Tiene la capacidad de ingresar al espacio alveolar o al torrente sanguíneo incrementando el riesgo de padecer enfermedades crónicas cardiovasculares y muerte prematura.
SO₂	Gas incoloro de olor fuerte. Puede oxidarse hasta SO ₃ y en presencia de agua formar H ₂ SO ₄ . Importante precursor de sulfatos e importante componente de partículas respirables.	Procesos de combustión. Centrales termoeléctricas, generadores eléctricos. Procesos metalúrgicos. Erupciones volcánicas. Uso de fertilizantes.	Altas concentraciones ocasionan dificultad para respirar, conjuntivitis, irritación severa en vías respiratorias y en pulmones. Causante de bronco constricción, bronquitis, traqueítis y bronco espasmos, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares existentes y la muerte.
CO	Gas incoloro, inodoro e insípido.	Procesos de combustión incompleta. Los vehículos a gasolina constituyen la fuente más importante.	La hipoxia (falta de oxígeno) producida por inhalación de CO, puede afectar al corazón, cerebro, plaquetas y endotelio de los vasos sanguíneos. Asociado a disminución de la

Contaminante	Características	Fuentes Principales	Efectos sobre la Salud
			percepción visual, capacidad de trabajo, destreza manual y habilidad de aprendizaje.
O ₃	Gas incoloro, inodoro a concentraciones ambientales y componente principal del smog foto químico.	No es emitido directamente a la atmósfera, se produce por reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, bajo la influencia de la radiación solar.	Concentraciones altas producen irritación ocular, de nariz y garganta, tos, dificultad y dolor durante la respiración profunda, dolor subesternal, opresión en el pecho, malestar general, debilidad, náusea y dolor de cabeza.
NO ₂	Gas rojizo marrón, de olor fuerte y penetrante. Puede producir ácido nítrico, nitratos y compuestos orgánicos tóxicos.	Procesos de combustión (vehículos, plantas industriales, centrales térmicas, incineradores).	Causa irritación pulmonar, bronquitis, pulmonía, reducción significativa de la resistencia respiratoria a las infecciones. Exposición continua a altas concentraciones incrementa la incidencia en enfermedades respiratorias en los niños, agravamiento de afecciones en individuos asmáticos y enfermedades respiratorias crónicas.
Benceno	El benceno es un líquido incoloro, que se evapora al aire muy rápidamente, es muy inflamable y de aroma dulce.	Incendios forestales, es un componente natural del petróleo crudo, gasolina, el humo de cigarrillo y otros materiales orgánicos que sean quemados.	Niveles muy altos puede causar la muerte. Niveles bajos pueden causar somnolencia, mareo y taquicardia. Exposición de larga duración puede causar anemia. Puede producir hemorragias y daños en el sistema inmunitario. Es un reconocido cancerígeno.
Cadmio	Metal que por lo general se encuentra combinado con otros componentes como el oxígeno.	Producción de metales, baterías, plásticos, humo de cigarrillo.	Niveles altos de cadmio puede dañar gravemente los pulmones. Exposición prolongada a niveles más bajos de cadmio en el aire, produce acumulación de cadmio en los riñones y posiblemente enfermedad renal. El cadmio y los compuestos de cadmio son carcinogénicos.
Mercurio inorgánico (vapores)	Metal que existe en forma natural en el ambiente y que tiene varias formas químicas.	Extracción de depósitos minerales, al quemar carbón y basura de plantas industriales. Por liberación de mercurio durante tratamientos médicos o dentales.	La inhalación de vapor de mercurio, de ser mortal por inhalación y perjudicial por absorción cutánea. Puede tener efectos perjudiciales en los sistemas nervioso, digestivo, respiratorio e inmunitario y en los riñones, además de provocar daños pulmonares.

Tabla 1.1. Fuentes y características de los contaminantes comunes o criterio y no convencionales que se pueden encontrar en la atmósfera

La Tabla 1.2 presenta un resumen de la NECA, e incluye los límites máximos permitidos por contaminante.

Contaminante	Valor*	Unidad	Periodo de medición	Excedencia permitida
Partículas sedimentables	1	mg/cm ² durante 30 días	Máxima concentración de una muestra colectada durante 30 días de forma continua	No se permite
PM ₁₀	50	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
	100	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 24 horas**	No se permite
PM _{2.5}	15	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
	50	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 24 horas***	No se permite
SO ₂	60	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
	125	µg/m ³	Concentración en 24 horas de todas las muestras colectadas	No se permite
	500	µg/m ³	Concentración en un periodo de 10 minutos de todas las muestras colectadas	No se permite
CO	10	mg/m ³	Concentración en 8 horas consecutivas	1 vez por año

Contaminante	Valor*	Unidad	Periodo de medición	Excedencia permitida
	30	mg/m ³	Concentración máxima en 1 hora	1 vez por año
O ₃	100	µg/m ³	Concentración máxima en 8 horas consecutivas	1 vez por año
NO ₂	40	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
	200	µg/m ³	Concentración máxima en 1 hora de todas las muestras colectadas	No se permite
Benceno	5	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
Cadmio Anual	5 x 10 ⁻³	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
Mercurio inorgánico (vapores)	1	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite

* Deben reportarse en las siguientes condiciones: 25°C de temperatura y 760 mm Hg de presión atmosférica

** Se considera sobrepasada la Norma para PM10 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitora sea mayor o igual a (100 µg/m³).

*** Se considera sobrepasada la Norma para PM2.5 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitora sea mayor o igual a (50 µg/m³).

Tabla 1.2. Resumen de la Norma de Calidad del Aire Ambiente (NECA)

La NECA literal 4.1.3.1 determina además que la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental establecerá un Plan de Alerta, de Alarma y de Emergencia ante Situaciones Críticas de Contaminación del Aire, en base a tres niveles de concentración de contaminantes y a la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia.

Contaminante y período de medición	Alerta	Alarma	Emergencia
Monóxido de Carbono			
Concentración promedio en ocho horas (µg/m ³)	15000	30000	40000
Oxidantes Foto químicos, expresados como ozono.			
Concentración promedio en ocho horas (µg/m ³)	200	400	600
Óxidos de Nitrógeno, como NO ₂			
Concentración promedio en una hora (µg/m ³)	1000	2000	3000
Dióxido de Azufre			
Concentración promedio en veinticuatro horas (µg/m ³)	200	1000	1800
Material Particulado PM10			
Concentración en veinticuatro horas (µg/m ³)	250	400	500
Material Particulado PM.5			
Concentración en veinticuatro horas (µg/m ³)	150	250	350

NOTA: Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25 °C y 760 mmHg.

Tabla 1.3. Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire (NECA, JUNIO 2011)

1.2. Índice Quiteño de la Calidad del Aire, IQCA

Las mediciones de las concentraciones de los contaminantes comunes del aire realizadas por los analizadores automáticos de las estaciones remotas de la Red de Monitoreo se convierten a los valores del IQCA utilizando relaciones lineales para cada contaminante, según se muestra en la Tabla 1.4.

Contaminante	Expresiones matemáticas para cada rango de concentración			
CO, concentración máxima de promedio de 8 horas, mg/m ³	0 < Ci ≤ 10 IQCA = 10Ci	10 < Ci ≤ 15 IQCA = 20Ci - 100.00	15 < Ci ≤ 30 IQCA = 6.67Ci + 100.00	30 < Ci IQCA = 10Ci
O ₃ , concentración máxima de promedios de 8 horas, µg/m ³	0 < Ci ≤ 100 IQCA = Ci	100 < Ci ≤ 200 IQCA = Ci	200 < Ci ≤ 600 IQCA = 0.5Ci + 100.00	600 < Ci IQCA = 0.5Ci + 100.00
NO ₂ , concentración máxima en 1 hora, µg/m ³	0 < Ci ≤ 200 IQCA = 0.50Ci	200 < Ci ≤ 1 000 IQCA = 0.125Ci + 75.00	1 000 < Ci ≤ 3 000 IQCA = 0.1Ci + 100	3 000 < Ci IQCA = 0.1Ci + 100
SO ₂ , promedio en 24 horas, µg/m ³	0 < Ci ≤ 62.5 IQCA = 0.8Ci	62.5 < Ci ≤ 125 IQCA = 1.333Ci - 66.667	125 < Ci ≤ 200 IQCA = 0.125Ci + 175.00	200 < Ci IQCA = 0.125Ci + 175.00
PM _{2.5} , promedio en 24 horas, µg/m ³	0 < Ci ≤ 50 IQCA = 2.00Ci	50 < Ci ≤ 250 IQCA = Ci + 50	250 < Ci IQCA = Ci + 50.00	
PM ₁₀ , promedio en 24 horas, µg/m ³	0 < Ci ≤ 100 IQCA = Ci	100 < Ci ≤ 250 IQCA = 0.6667Ci + 33.333	250 < Ci ≤ 400 IQCA = 0.6667Ci + 33.33	400 < Ci IQCA = Ci - 100

Ci: Concentración de un determinado contaminante.

Tabla 1.4. Expresiones matemáticas para el cálculo del IQCA

El IQCA es una escala numérica entre 0 y 500, con rangos intermedios expresados también en diferentes colores. Mientras más alto es el valor del IQCA, mayor es el nivel de contaminación atmosférica y, consecuentemente, los peligros para la salud de las personas.

El IQCA asigna un valor de 100 a los límites máximos permitidos en la Norma Nacional de Calidad del Aire para los distintos contaminantes. Valores del IQCA entre 0 y 100 implican que las concentraciones medidas son menores a los límites máximos permitidos.

A partir de esta consideración básica, se han definido seis niveles o categorías¹, tomando como límites superiores para cada uno de ellos los siguientes criterios:

- Para las dos primeras categorías (deseable u óptima y aceptable o buena) se han considerado los valores correspondientes al 50% (la mitad) y el 100% (la totalidad) del límite máximo establecido en la NECA, para los períodos de medición utilizados en la definición de los niveles de alerta, alarma y emergencia de la misma Norma².
- El nivel deseable (óptimo) se ha introducido como un indicativo de la mejor condición que se podría alcanzar, y con ello incentivar el cumplimiento de las medidas regulares o normales de control, definidas por las autoridades y la sociedad. El nivel aceptable (bueno) indica el cumplimiento con la Norma de Calidad.
- Entre el límite máximo permitido (Norma) y el nivel de alerta, se ha introducido un nivel denominado de precaución, que si bien no indica la ocurrencia de un episodio crítico de contaminación³, muestra una excedencia que debe ser reportada.

¹Los nombres de las distintas categorías se basan en las definiciones fijadas en el diccionario de la Real Academia Española.

²En todos los casos (CO, O₃, SO₂, NO₂, PM_{2.5} y PM₁₀) los límites máximos permitidos y los niveles de alerta, alarma y emergencia están fijados en las Secciones 4.1.2 y 4.1.3, respectivamente, del Libro VI Anexo 4 del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Ministerio del Ambiente, 2011).

³Según la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire, un episodio crítico de contaminación se define como "la presencia de altas concentraciones de contaminantes criterio del aire y por períodos cortos de tiempo, como resultado de condiciones de emisiones de gran magnitud y/o meteorológicas desfavorables que impiden la dispersión de contaminantes previamente emitidos", que obliga a la implementación de planes de contingencia para prevenir los potenciales impactos nocivos sobre la salud.

- Para las tres siguientes categorías (alerta, alarma y emergencia), se adoptan los valores establecidos en la Norma de Calidad del Aire Ambiente correspondientes a las concentraciones que definen los niveles de alerta, alarma y emergencia ante episodios críticos de contaminación del aire.

La Tabla 1.5 presenta las categorías del IQCA y sus valores límites, para cada contaminante común de la atmósfera, junto con el código de colores a ser utilizado.

Rango	Categoría	CO ^a	O ₃ ^b	NO ₂ ^c	SO ₂ ^d	PM _{2.5} ^e	PM ₁₀ ^f
0–50	Nivel deseable u óptimo	0–5000	0–50	0–100	0–62.5	0–25	0–50
51–100	Nivel aceptable o bueno	5001–10000	51–100	101–200	63.5–125	26–50	51–100
101–200	Nivel de precaución	10001–15000	101–200	201–1000	126–200	51–150	101–250
201–300	Nivel de alerta	15001–30000	201–400	1001–2000	201–1000	151–250	251–400
301–400	Nivel de alarma	30001–40000	401–600	2001–3000	1001–1800	251–350	401–500
401–500	Nivel de emergencia	>40000	>600	>3000	>1800	>350	>500

Notas: a, concentración máxima de promedio en 8 horas; b, concentración máxima de promedio de 8 horas; c, concentración máxima en 1 hora; d, concentración promedio en 24 horas; e, concentración promedio en 24 horas; f, concentración promedio en 24 horas

Tabla 1.5. Límites numéricos de cada categoría del IQCA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Por la naturaleza y lógica de este índice, en el caso de que los límites máximos permitidos o los que definen los distintos niveles se modifiquen en la legislación nacional o local respectiva, el IQCA podrá incorporar esos cambios, manteniendo el diseño conceptual original.

La Tabla 1.6 incluye el significado para cada categoría en relación a la salud pública y un código de colores que posibilita una rápida asimilación del mensaje que se pretende comunicar.

Rangos	Condición desde el punto de vista de la salud	Color de
0– 50	Óptima.	Blanco
50– 100	Buena.	Verde
100 –200	No saludable para individuos extremadamente sensibles (enfermos crónicos y convalecientes).	Gris
200 –300	No saludable para individuos sensibles (enfermos).	Amarillo
300 –400	No saludable para la mayoría de la población y peligrosa para individuos sensibles.	Naranja
400 –500	Peligrosa para toda la población.	Rojo

Tabla 1.6 Rangos, significados y colores de las categorías del IQCA

El término “individuos sensibles” que se utiliza en la Tabla 1.6, se detalla en la Tabla 1.7. Esta información ha sido elaborada sobre la base de investigaciones realizadas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Contaminante	Individuos Sensibles
Ozono	Niños que pasan tiempo en exteriores, adultos que realizan actividad física significativa en exteriores e individuos con enfermedades respiratorias como el
Material particulado	Personas que presentan enfermedades de los pulmones o el corazón, tales como asma, obstrucción pulmonar crónica, congestiones cardíacas o similares. Niños,
Monóxido de carbono	Personas con enfermedades cardiovasculares, tales como angina o aquellas con afectaciones que comprometen a los sistemas cardiovascular y respiratorio (por ejemplo, fallas congestivas del corazón, enfermedades cerebro vasculares, anemia, obstrucción crónica del pulmón), las mujeres embarazadas, los bebés en gestación y recién nacidos.
Dióxido de azufre	Niños, adultos con asma u otras enfermedades respiratorias crónicas y personas que realizan actividades físicas en exteriores.
Dióxido de nitrógeno	Niños y adultos con enfermedades respiratorias como el asma.

Tabla 1.7. Identificación de individuos sensibles por tipo de contaminante del aire

1.3. La Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ)

1.3.1. Descripción de la Red de Monitoreo

La Red de Monitoreo inició su funcionamiento de manera totalmente operativa a mediados del año 2003 y dispone de información validada mediante respaldo procedimental y documental, desde enero de 2004.

La localización de las estaciones cumple con las recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) (EPA. 40CFR58, Apéndice E) y de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, No. 8)

Comprende seis subsistemas complementarios que registran la concentración de los contaminantes del aire, de las principales variables meteorológicas y ruido ambiental.

Toda la información de la calidad del aire es pública y puede ser consultada y descargada desde la página web de la Secretaría de Ambiente www.quitoambiente.gob.ec

A continuación se describen los subsistemas que conforman la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito.

1.3.2. Red Automática (RAUTO)

Está compuesta de ocho estaciones fijas, que cuentan con analizadores automáticos de gases y de partículas, estaciones que se localizan en cada una de las administraciones zonales del DMQ. Se cuenta además con una estación de respaldo, ubicada en las instalaciones de la Secretaría de Ambiente en el sector de Jipijapa, en donde se dispone de equipos a ser utilizados en caso emergente en el resto de estaciones.

La Red Automática, cuenta desde finales del 2011, con una estación de monitoreo automático de tipo móvil, la estación móvil posee al igual que el resto de estaciones fijas, analizadores automáticos de gases.

Los datos de las ocho estaciones, son captados en un sistema de adquisición de datos y son enviados de manera automática hacia un centro de control en donde se gestiona la información para que sea publicada en la página web de la Secretaría de Ambiente. La actualización de la información se realiza cada dos horas en la página web.

La Figura 1.1 indica la localización de las estaciones automáticas y la nomenclatura utilizada en este informe. La Tabla 3.1 indica la actual disponibilidad de analizadores de gases y partículas existentes en las estaciones automáticas, para el registro de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂), material particulado de diámetro inferior a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) y material particulado de diámetro inferior a 10 micrómetros (PM₁₀).

Para el caso de la estación Los Chillos, en el segundo semestre del 2012 se instalaron en la misma, analizadores de SO₂ y óxidos de nitrógeno NO-NO₂-NO_x, por lo tanto ya se cuenta con el primer año completo de información proveniente de esta estación.

Las estaciones operan de manera permanente las 24 horas del día, todos los días del año, generando promedios cada diez minutos de los respectivos contaminantes. Adicionalmente la RAUTO dispone de analizadores de referencia para contaminantes gaseosos (SO₂, CO, O₃ y NO_x) en el Laboratorio de Estándares de la REMMAQ, equipos que son utilizados para comprobar la calibración del resto de analizadores de la Red. Además dispone de un multicalibrador con fotómetro (generador de concentraciones conocidas de O₃), para garantizar una adecuada calibración de todos los analizadores de O₃ de la Red.

También se cuenta con un estándares primarios de flujo, presión y temperatura, calibrados durante el segundo semestre del año 2012 en laboratorios norteamericanos que cuentan con acreditación ISO/IEC: 17025 para los distintos parámetros revisados; equipos que se utilizan principalmente para verificar el flujo del ingreso de las muestras a los analizadores de gases y de material particulado, así como también para verificar los valores de la presión temperatura en los mismos. Estos equipos permiten efectuar la calibración de los analizadores y asegurar y controlar la calidad del monitoreo y de los datos generados.

Estación	Nomenclatura	Contaminante					
		CO	NO ₂	O ₃	SO ₂	PM _{2.5}	PM ₁₀
Carapungo	Car	X	X	X	X	X	X
Cotocollao	Cot	X	X	X	X	X	
Belisario	Bel	X	X	X	X	X	
Centro	Cen	X	X	X	X	X	
El Camal	Cam	X	X	X	X	X	
Guamaní	Gua	X	X	X			X
Los Chillos	Chi		X	X	X		
Tumbaco	Tum			X	X		X

Tabla 1.8. Disponibilidad de analizadores de gases y partículas en las estaciones automáticas de la RAUTO

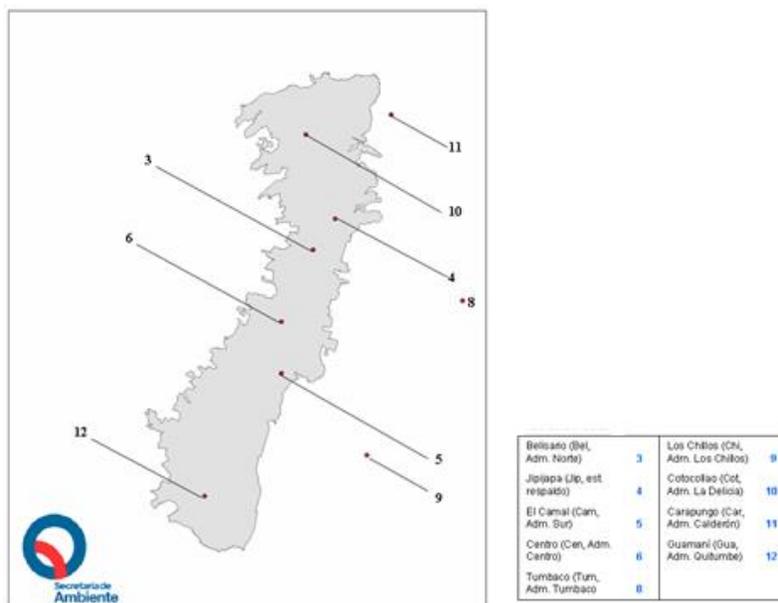


Figura 1.1. Ubicación de las estaciones automáticas de la REMMAQ

La Tabla 1.9 indica el número de equipos, la ubicación, los métodos de medida, los modelos y marca de los analizadores de gases y partículas actualmente disponibles en la RAUTO.

Contaminante	Número equipos	Ubicación	Método de medida o principio de operación	Marca y modelo
Material particulado PM ₁₀	3	Tum, Gua, Car	Atenuación de rayos beta (Método equivalente para PM ₁₀ EPA No. EQPM-1102-150)	Thermo Scientific/FH62C14
Material particulado PM _{2.5}	5	Bel, Cam, Cen, Cot, Car	Atenuación de rayos beta (Método equivalente para PM ₁₀ EPA No. EQPM-1102-150)	Thermo Andersen / FH62C14
Dióxido de azufre (SO ₂)	7	Bel, Cam, Cen, Tum, Cot, Car, Chi	Fluorescencia por pulsos de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQSA-0486-060)	THERMO 43C / 43i

Contaminante	Número equipos	Ubicación	Método de medida o principio de operación	Marca y modelo
Dióxido de azufre (SO ₂)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Fluorescencia ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQSA-0495-0100)	TELEDYNE API / T100
Ozono (O ₃)	10	Bel, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Jip*, Lab. Electrónico	Absorción de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQOA-0880-047)	THERMO 49C / 49i
Ozono (O ₃)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Absorción de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQOA-0992-087)	TELEDYNE API / T400
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	8	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Gua, Jip, Chi	Quimiluminiscencia (Método de referencia EPA No. RFNA-1289-074)	THERMO 42C / 42i
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Quimiluminiscencia (Método de referencia EPA No. RFNA-1194-099)	TELEDYNE API / T200
Monóxido de carbono (CO)	8	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Gua, Jip, Lab. Electrónico	Absorción infrarroja no dispersiva (Método de referencia EPA No. RFCA-0981-054)	THERMO / 48C / 48i
Monóxido de carbono (CO)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Absorción infrarroja no dispersiva (Método de referencia EPA No. RFCA-1093-093)	TELEDYNE API / T300
Multicalibrador (SO ₂ , NO _x , CO, O ₃)	12	Bel, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Jip, Lab. Electrónico, E. móvil	Principio de operación: Dilución de gases, aire cero con un material de referencia certificado (contaminante de concentración conocida).	THERMO / 146C / 146i
Multicalibrador (SO ₂ , NO _x , CO, O ₃)	1	Laboratorio Estándares	Principio de operación: Dilución de gases, aire cero con un material de referencia certificado (contaminante de concentración conocida).	TELEDYNE API / 700E
Generador Aire Cero	12	Bel, Jip, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Lab. electrónico, E. móvil	Principio de operación: Filtración de aire comprimido por medio de carbón activado y purafill, y calentamiento para oxidación.	THERMO / 111
Generador Aire Cero	1	Lab. Estándares Jipijapa	Principio de operación: Filtración de aire comprimido por medio de carbón activado y purafill, y calentamiento para oxidación.	ECOTECH / HTO-1000HC
Estación portátil para monitoreo de CO, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , PM _{2.5} , humedad relativa y temperatura del aire	1	Lab. Electrónico	Principio de operación: Gas Sensitive Semiconductor (GSS) Gas Sensitive Electrochemical (GSE)	AQM60
Sistema Blade, con 5 servidores físicos	1	Centro de Datos	Virtualizado para instalar los servidores de: comunicaciones, bases de datos, web explotación, índice quiteño calidad del aire, proxy, respaldos, correo, envío de alarmas, web.	HP C-3000
Sistema Almacenamiento, con capacidad de 9.6 TB.	1	Centro de Datos	Almacenamiento de información de Analizadores de Gases, Meteorología, bases de datos y sistemas que utiliza la REMMAQ y la Secretaría de Ambiente.	HP P2000
Librería Cintas para 24 cintas de (1.5 TB) con tecnología LTO-4 y LTO-5	1	Centro de Datos	Respaldos de información y sistemas	HP M5L2024

Tabla 1.9. Número de equipos, métodos de medida, modelos y marca de los analizadores y almacenamiento de información

1.3.3. Red de Monitoreo Pasivo (REMPA)

Opera desde diciembre de 2005. Permite realizar el muestreo simultáneo en treinta y seis puntos del DMQ, cuya ubicación se puede observar en la Figura 1.2, en zonas identificadas por contaminación de fuentes fijas o móviles, nivel de calles, sector rural y blancos regionales. Nueve de estos puntos coinciden con las estaciones de la RAUTO con el fin de correlacionar los resultados obtenidos y disminuir la incertidumbre de los datos generados por el monitoreo pasivo. Los monitores pasivos registran las concentraciones de NO₂ (exposición de 30 días por mes), O₃ (exposición de 15 días, 2 veces por mes), SO₂ (exposición de 30 días por mes) y benceno – tolueno y xilenos (BTX) (exposición de 30 días por mes).

Se debe destacar que los monitores pasivos son fabricados por el personal técnico de la REMPA y que todos los análisis se desarrollan en el Laboratorio Químico de la Secretaría de Ambiente, bajo estrictos controles de calidad en todas y cada una de las etapas que comprenden el monitoreo por método pasivo. Las técnicas analíticas son recientes y, en algunos casos, han sido desarrolladas en el mismo laboratorio. La Tabla 1.10 indica los métodos de medición y equipos utilizados en la REMPA.

Contaminante	Método de medida	Marca y modelo de equipo
Dióxido de azufre (SO ₂)	Difusión pasiva; extracción y análisis por cromatografía iónica	Metrohm / Advanced compact IC 861
Ozono (O ₃)	Difusión pasiva; espectrofotometría UV visible (reacción de color MBTH)	Labomed / Spectro 2000
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Difusión pasiva; extracción y análisis por cromatografía iónica	Metrohm / Advanced compact IC 861
Benceno, toluenos y xilenos (BTX)	Difusión pasiva; extracción con solventes y análisis por cromatografía de gases	Shimatzu / GC-17A

Tabla 1.10. Métodos de medición y equipos utilizados en la REMPA

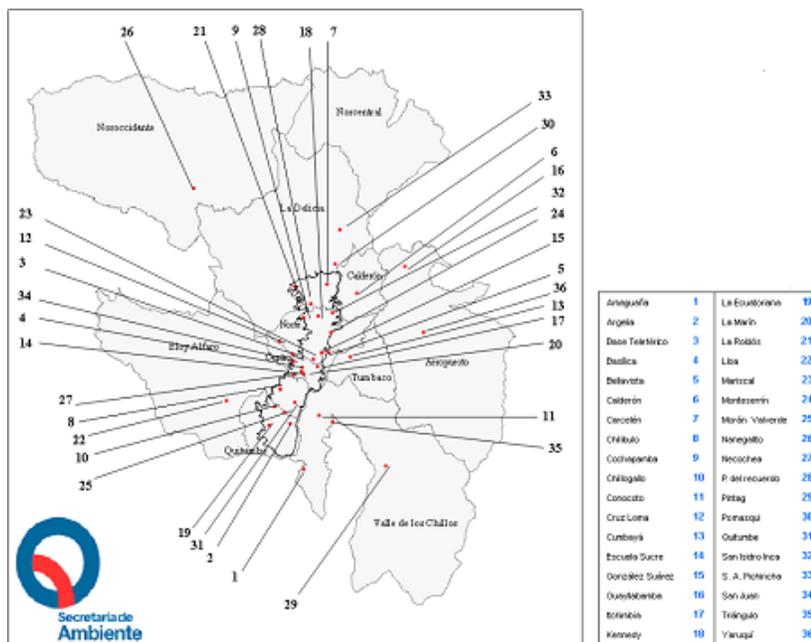


Figura 1.2. Ubicación de las estaciones manuales de la REMPA

1.3.4. Red de Depósito (REDEP)

La REDEP opera desde mayo de 2005. Actualmente está conformada por treinta y siete puntos de monitoreo (Figura 1.3) que registran el sedimento de polvo atmosférico (partículas sedimentables, PS), contaminante identificado y que tiene que ser monitoreado según consta en la Legislación Nacional. Los muestreadores colectan las partículas sedimentables durante 30 días por mes y luego las muestras se analizan por gravimetría (peso) y métodos químicos para la determinación de sedimentos solubles, insolubles y pH. La Tabla 3.4 indica el método de medición y equipos utilizados en la REDEP.

Contaminante	Método de medida	Equipos empleados
Partículas sedimentables	Muestreo por el método Bergerhoff y análisis gravimétrico (Norma ASTM D1739-98, 2004)	Horno Thelco / Precision Balanza Sartorius / LA130S-F

Tabla 1.11. Método de medición y equipos utilizados en la REDEP

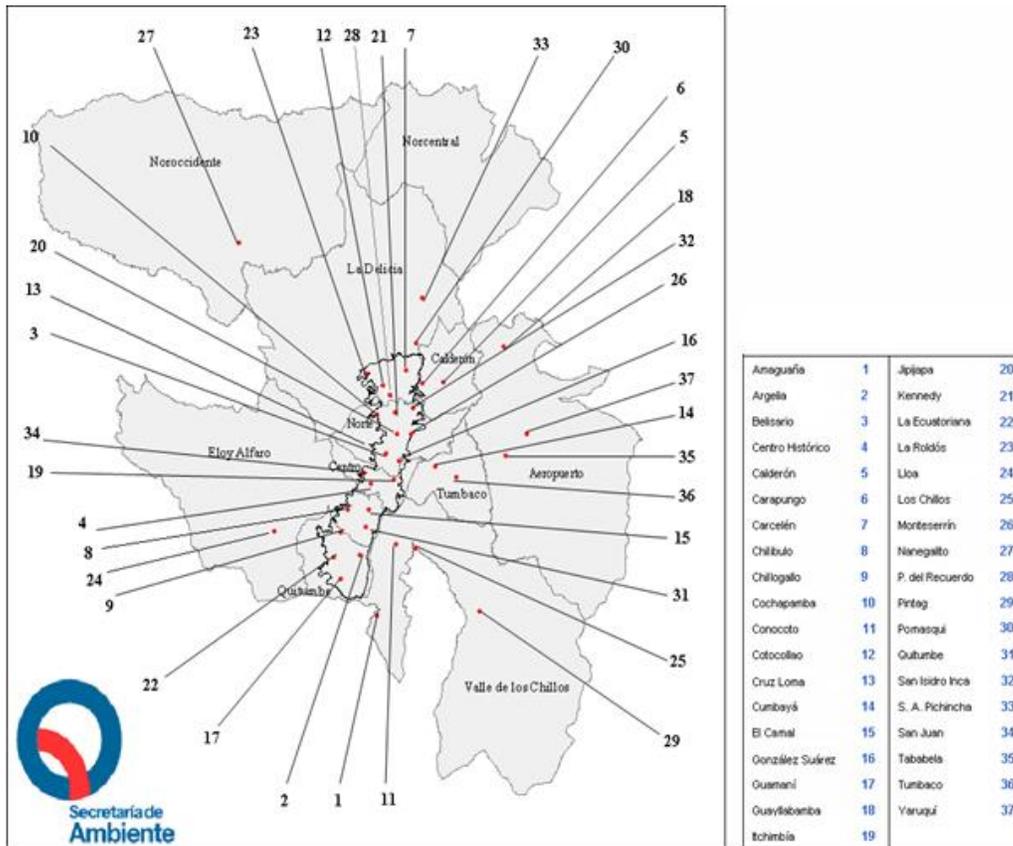


Figura 1.3. Ubicación de las estaciones de la Red de Depósito de la REMMAQ

1.3.5. Red Activa de Material Particulado (RAPAR)

Opera desde mayo de 2003. Comprende nueve muestreadores activos semiautomáticos de alto volumen (high volume samplers) para partículas en suspensión menores a 10 µm (PM₁₀) y dos para material particulado menor a 2.5 µm (PM_{2.5}). El muestreo se realiza durante 24 horas, cada seis días, en conformidad con el método establecido en la Legislación Nacional. La Tabla 1.12 indica el método de medición y equipos utilizados en la RAPAR. Tanto los muestreadores de material particulado fino como los de material particulado grueso sirven para correlacionar los resultados obtenidos por los equipos automáticos, debido a que la técnica referencia para este contaminante es la semiautomática gravimétrica.

Contaminante	Método de medida	Equipos empleados
Material particulado PM ₁₀	Gravimétrico mediante muestreador de alto caudal (Referencia EPA 40CFR50, Apéndice J)	TEI* / 600 Balanza Sartorius / LA130S-F
Material particulado PM ₁₀	Gravimétrico mediante muestreador de alto caudal (Referencia EPA 40CFR50, Apéndice J)	Grasseby / ACU-VOL IP-10 Balanza Sartorius / LA130S-F
Material particulado PM _{2.5}	Gravimétrico mediante muestreador de bajo caudal (Referencia EPA 40CFR50, Apéndice L)	Partisol / 2000

* TEI, Thermo Environmental Instruments

Tabla 1.12. Métodos de medición y equipos de la RAPAR

1.3.6. Red Meteorológica (REMET)

Está formada por seis estaciones cuyos sensores se localizan en los emplazamientos de las estaciones automáticas de Carapungo, Cotocollao, Belisario, El Camal, Tumbaco y Los Chillos. Las estaciones de la red meteorológica cuentan con sensores de velocidad y dirección del viento, humedad relativa, radiación solar global, temperatura, presión atmosférica y precipitación. Además, en la estación Guamaní se cuenta con un sensor de precipitación, disponiendo así de esta información muy relevante en el sector indicado.

La REMET cuenta con estándares meteorológicos secundarios para referenciar los sensores de las estaciones, a fin de mejorar la exactitud y precisión de los datos colectados. Los estándares meteorológicos, fueron enviados a calibrar en la fábrica Vaisala en Finlandia en el mes de mayo del 2012; esta empresa es reconocida a nivel mundial como productora de sensores de meteorología de altísima calidad y confiabilidad, así como en la prestación de servicios de calibración de los mismos. La actividad de calibración se llevó a cabo con el objetivo de asegurar la calidad de los datos generados. La Tabla 1.13 presenta los métodos de medición y equipos de la REMET.

Adicionalmente la REMET, cuenta desde finales del año 2009 con un sensor de Radiación Ultravioleta, emplazado en la azotea del edificio de la Secretaria de Ambiente, el cual genera información minuto a minuto del valor de este tipo de radiación en la ciudad de Quito.

Parámetro meteorológico / Sensor de calibración	Cantidad	Equipo para medición/calibración	Marca y modelo
Radiación solar global	6	Detector tipo termopila / Clase II	Kipp & Zonen / CM3
Presión barométrica	6	Sensor capacitivo de silicio / Clase I	Vaisala / PTB101B
Temperatura y humedad relativa	6	Sensor Pt100 para temperatura y sensor capacitivo para HR / Clase II	Thies Clima / 1.1005.54.161
Precipitación pluvial	6	Báscula oscilante / Clase II	Thies Clima / 5.4032.007
Precipitación pluvial	1	Báscula oscilante / II	MetOne / 382
Velocidad del viento	6	Anemómetro de 3 copas y encoder para generación de pulsos de voltaje de frecuencia proporcional a la velocidad de viento / Clase II	MetOne / 010C
Dirección del viento	6	Veleta y potenciómetro con señal de voltaje proporcional a la dirección de viento / Clase II.	MetOne / 020C
Radiación ultravioleta	1	Radiómetro con 6 canales dentro del espectro ultravioleta y un canal en el espectro visible (PAR)	Biospherical Instruments Inc. / GU2511
Calibración de sensores meteorológicos	1	Estación meteorológica patrón	Vaisala / MAWS100
Calibración de sensor dirección de viento	1	Vara de alineamiento de la veleta	Young / 18305
Calibración de sensor dirección / velocidad de viento	1	Disco de torque para veleta y copas	Young / 18312
Calibración de sensor velocidad de viento	1	Motor para anemómetro / Genera de 20-990 RPM	Young / 18811

Tabla 1.13. Parámetros meteorológicos, equipos para medición/calibración y marca de equipos de la REMET

La Tabla 1.14 presenta la lista de estaciones y parámetros que se miden por medio de los subsistemas REMPA, REDEP, RAPAR y REMET; que son parte de la REMMAQ.

Estación	REMPA					REDEP	RAPAR		REMET
	SO ₂	O ₃	NO ₂	BTX	ALD	PS	PM ₁₀	PM _{2.5}	Met
Amaguaña	X	X	X	X	X	X			
Argelia	X	X	X	X	X	X			
Base Teleférico	X	X	X	X	X				
Basílica	X	X	X	X	X				
Belisario	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bellavista	X	X	X	X	X				
Calderón	X	X	X	X	X	X			
Carapungo	X	X	X	X	X	X			X
Carcelén	X	X	X	X	X	X			
Centro	X	X	X	X	X	X			
Chilibulo	X	X	X	X	X	X			
Chillogallo	X	X	X	X	X	X			
Cochapamba	X	X	X	X	X	X			
Conocoto	X	X	X	X	X	X			
Cotocollao	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cruz Loma		X			X				
Cumbayá	X	X	X	X	X	X			
El Camal	X	X	X	X	X	X	X		X
Escuela Sucre	X	X	X	X	X				
González Suárez	X	X	X	X	X	X			
Guamaní	X	X	X	X	X	X	X		
Guayllabamba	X	X	X	X	X	X			
Itchimbia	X	X	X	X	X	X			
Jipijapa	X	X	X	X	X	X	X		
Kennedy	X	X	X	X	X	X			
La Ecuatoriana	X	X	X	X	X	X			
La Marín	X	X	X	X	X				
La Roldós	X	X	X	X	X	X			
Lloa	X	X	X			X			
Los Chillos	X	X	X	X	X	X	X		X
Mariscal	X	X	X	X	X				
Maternidad	X	X	X	X	X				
Monteserrín	X	X	X	X	X	X			
Morán Valverde	X	X	X	X	X				
Nanegalito	X	X	X	X	X	X			
Necochea	X	X	X	X	X				
Parque del Recuerdo	X	X	X	X	X	X			
Pintag	X	X	X	X	X	X			
Pomasqui	X	X	X	X	X	X			
Quitumbe	X	X	X	X	X	X			
S.I. del Inca	X	X	X	X	X	X			
San Antonio	X	X	X	X	X	X			
San Juan	X	X	X	X	X	X			
Tababela						X	X		
Tumbaco	X	X	X	X	X	X			X
Yaruquí	X	X	X	X	X	X			

Tabla 1.14. Estaciones y parámetros que se registran mediante los subsistemas REMPA, REDEP, RAPAR y REMET

1.3.7. Representatividad de los Datos

Los criterios de cobertura temporal para los diferentes subsistemas, son los siguientes:

- RAUTO, REMET y REMRA: para el cálculo de los promedios horarios, octohorarios, en 24 horas, y medias anuales, se necesita por lo menos cubrir el 75% del período con registros válidos. Este criterio se aplica internacionalmente.
- RAPAR, para el cálculo de las concentraciones medias diarias, se requiere al menos de 22 horas de muestreo. Para el cálculo de medias mensuales y anuales se necesita por lo menos de 2/3 del período total, con registros válidos.
- REDEP y REMPA, para los promedios mensuales y anuales, se necesita por lo menos de 2/3 del período total, con registros válidos.

Cuando los registros no cumplen los criterios de cobertura temporal no se consideran válidos, debido a que comprometen su representatividad.

Contaminante	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
SO ₂	97.48	98.23	95.83	95.14	97.72	97.38	97.41	95.39
CO	97.38	98.06	96.22	96.71	96.92	97.32	97.10	92.96
O ₃	97.50	98.01	96.23	97.38	97.71	97.14	96.75	94.79
NO ₂	96.62	97.32	96.69	97.22	95.74	98.20	98.47	92.75
PM _{2.5}	96.95	97.96	97.00	96.93	96.91	95.29	97.94	94.66

Tabla 1.15. Porcentaje de datos válidos capturados por las estaciones automáticas (%), 2006 – 2013

La Tabla 1.15 presenta el porcentaje de datos válidos capturados por las estaciones automáticas, desde el año 2006 hasta el 2012. Todos los porcentajes son mayores al 95%.

1.4. La Calidad de la Información

La Red de Monitoreo basa su operación en un programa de Control y Aseguramiento de Calidad (Sistema de Calidad), con procedimientos operativos, de mantenimiento y formularios de registro de todas las actividades. Este sistema permite el cumplimiento de los estándares requeridos de desempeño para la Red de Monitoreo y el registro histórico de los parámetros de funcionamiento de los muestreadores y analizadores; con el fin de evaluar de manera continua su operación integral.

El personal técnico de la Red de Monitoreo encargado de la aplicación de estos procedimientos, es permanentemente capacitado y evaluado, a fin de alcanzar niveles de cumplimiento satisfactorios.

El Sistema de Documentación para el Control y Aseguramiento de Calidad (SIDOCA) y el Sistema de Manejo del Inventario de Repuestos y de la Operación y Mantenimiento de los Equipos (SIROME), componentes del Sistema de Calidad, desarrollados en el 2006, mantienen una producción y actualización permanente, facilitando el flujo de la información de los procedimientos y registros, así como el tratamiento estadístico de las tareas de mantenimiento y calibración de los equipos.

1.5. El Acceso a la Información

Toda la información generada por las Redes de Monitoreo de la Secretaría de Ambiente, son de libre acceso para la comunidad. Esta información se encuentra en el sitio web institucional (www.quitoambiente.gob.ec) y se actualiza cada dos horas. De manera adicional, la información se presenta por medio del Índice Quiteño de Calidad del Aire (IQCA), herramienta que traduce las concentraciones de los contaminantes, a una escala de colores, que permite una mejor comprensión de la información.

Adicionalmente, en la página web se pueden consultar los valores del índice de radiación ultravioleta IUV en el DMQ, información que se actualiza cada dos minutos y que brinda las recomendaciones generales acerca de los métodos de protección ante la exposición de las personas a la radiación ultravioleta, dependiendo del índice de radiación ultravioleta IUV, existente en ese momento.

Las personas interesadas en desarrollar evaluaciones más profundas, pueden descargar del sitio Web, la base completa de datos de la Red de Monitoreo. Esta base contiene los promedios horarios de los contaminantes desde junio del 2003.

Se cuenta también con la información sobre los valores registrados por la RAPAR, REDEP y REMPA. La información sobre los valores de radiación ultravioleta en el DMQ, también está disponible en promedios de 1 minuto, para todos los rangos espectrales ultravioleta medidos, los valores de radiación fotosintéticamente activa y el índice ultravioleta IUV. El formato de descarga de la información es compatible con hojas electrónicas de cálculo.

De manera complementaria, la Red de Monitoreo entrega por correo electrónico un reporte semanal sobre la Calidad del Aire a diversos destinatarios, entre los que se incluyen autoridades locales y nacionales, funcionarios de instituciones públicas vinculadas con la gestión ambiental, el sector energético y el transporte, miembros de organizaciones no gubernamentales y ciudadanas, investigadores, profesores universitarios y comunicadores sociales; a fin de que se informen oportuna y permanente sobre la calidad del aire en el DMQ.

1.6. El Procesamiento de Datos

Para la obtención de las concentraciones que se comparan con la NECA, en el centro de control de la Red de Monitoreo se procesan los registros de las redes, según lo indicado en la Tabla 1.16.

Periodo de medición establecido en la NECA	Procesamiento en la Red de Monitoreo
RED AUTOMATICA (RAUTO)	
Concentración máxima en 1 hora	Promedio aritmético de las concentraciones de 10 minutos de la hora correspondiente. Se selecciona el mayor promedio aritmético de cada día.
Concentración en 8 horas consecutivas	Se utilizan las concentraciones horarias (calculadas como el promedio aritmético de los registros de 10 minutos). El promedio de 8 horas para una hora determinada se calcula con las concentraciones de las siete horas anteriores (se incluye la hora determinada). Para cada día existen 24 concentraciones en 8 horas que se calculan de la forma indicada. Se selecciona el mayor promedio de cada día.
Concentración promedio en 24 horas de todas las muestras colectadas	Se utilizan las concentraciones horarias (calculadas como el promedio aritmético de los registros de 10

Periodo de medición establecido en la NECA	Procesamiento en la Red de Monitoreo
	minutos) de las correspondientes 24 horas. Para cada día existe una concentración promedio.
Promedio aritmético de todas las muestras en 1 año	Se calcula el promedio aritmético de todos los registros de 10 minutos disponibles para el año
RED DE MONITOREO PASIVO (REMPA)	
Promedio anual	Se calcula el promedio aritmético de todos los registros disponibles para el año
RED ACTIVA DE MATERIAL PARTICULADO (RAPAR)	
Promedio anual	Se calcula el promedio aritmético de todos los registros de 24 horas disponibles para el año
RED DE DEPOSITO (REDEP)	
Promedio anual	Se calcula el promedio aritmético de todos los registros mensuales disponibles para el año

Tabla 1.16. Procesamiento de registros de la RAUTO, REMPA, RAPAR, REDEP

2. La calidad del aire en el DMQ

De acuerdo con el Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI. Decreto Ejecutivo No. 3516. RO/ Sup 2 de 31 de Marzo del 2003, la Autoridad Ambiental Distrital debe recopilar y sistematizar información relativa al control de la contaminación.

En este contexto, el Distrito Metropolitano de Quito informó de forma continua la situación de la contaminación del aire mediante la página web institucional de la Secretaría de Ambiente (www.quitoambiente.gob.ec), toda la información fue generada por la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito, REMMAQ. La información sobre la calidad del aire se la reporta tanto en unidades de concentración como mediante el Índice Quiteño de Calidad de Aire.

En este informe, se presenta el análisis del monitoreo permanente realizado por la REMMAQ en las estaciones automáticas y estaciones manuales, el mismo que incluye un análisis estadístico y comparativo de las concentraciones observadas en la ciudad de Quito durante el año 2013, con respecto a la Norma de Calidad de Aire Ambiente Nacional (NECA), tanto para períodos de exposición crónica (promedios anuales), como para exposiciones agudas (promedios menores o iguales a 24 horas). Los resultados se han clasificado por sectores de monitoreo que compara información colectada tanto de estaciones de calidad de aire regionales urbanas, estaciones ubicadas a filo de calle, rurales y blancos regionales, los mismos que permiten comprender de mejor manera las características de la exposición de los habitantes de Quito.

Se observan los efectos de las variaciones en la matriz de emisiones contaminantes (incremento del parque vehicular, incremento del porcentaje de autos a diesel, mejoras en la calidad de los combustibles, emisiones de termoeléctrico, etc.) así como de las condiciones meteorológicas observadas durante el año.

2.1. Material Particulado

El aire contiene partículas de diferente tamaño y composición química. Estas partículas generalmente se dividen en rangos de tamaño que van desde el material sedimentable (partículas > 30 µg) y partículas suspendidas que generalmente se dividen en PM₁₀ y PM_{2.5}, que son partículas más pequeñas que 10 y 2.5 micrómetros de diámetro respectivamente (micrómetro = milésima parte de un milímetro).

El material sedimentable está formado principalmente en polvo de ciudad resuspendido proveniente de erosión del terrero y vías sin pavimento.

Por su parte, el PM₁₀ está formado en su mayor proporción por partículas de polvo fino de ciudad fino, material proveniente de fuentes de emisión y material de desgaste. Este desgaste proviene principalmente de material depositado a fino de calzadas por erosión y material de frenos y neumáticos.

Las partículas PM_{2.5} representan, en promedio, alrededor de la mitad del PM₁₀. Este está formado por material de desgaste y principalmente por material proveniente de fuentes de combustión.

2.1.1. Partículas sedimentables

Durante el año 2013, en 26 de los 37 puntos en donde se realiza el monitoreo de material particulado sedimentable, se ha superado el límite establecido por la Norma Ecuatoriana NECA para este contaminante (1 mg/cm² durante 30 días) al menos en un mes, esta condición se puede observar en la figura 2.1. Los sectores con mayor material sedimentable durante el año 2013 fueron principalmente Cumbayá (6.03 mg/cm²), Tababela (4.89 mg/cm²), Quitumbe (3.88 mg/cm²), San Antonio de Pichincha (3.14 mg/cm²), Guamaní (2.77 mg/cm²), Argelia (3.25 mg/cm²) y La Roldós (2.45 mg/cm²). Quitumbe presentó excedencias de la NECA en el 100% de tiempo monitoreado, situación similar a años anteriores.

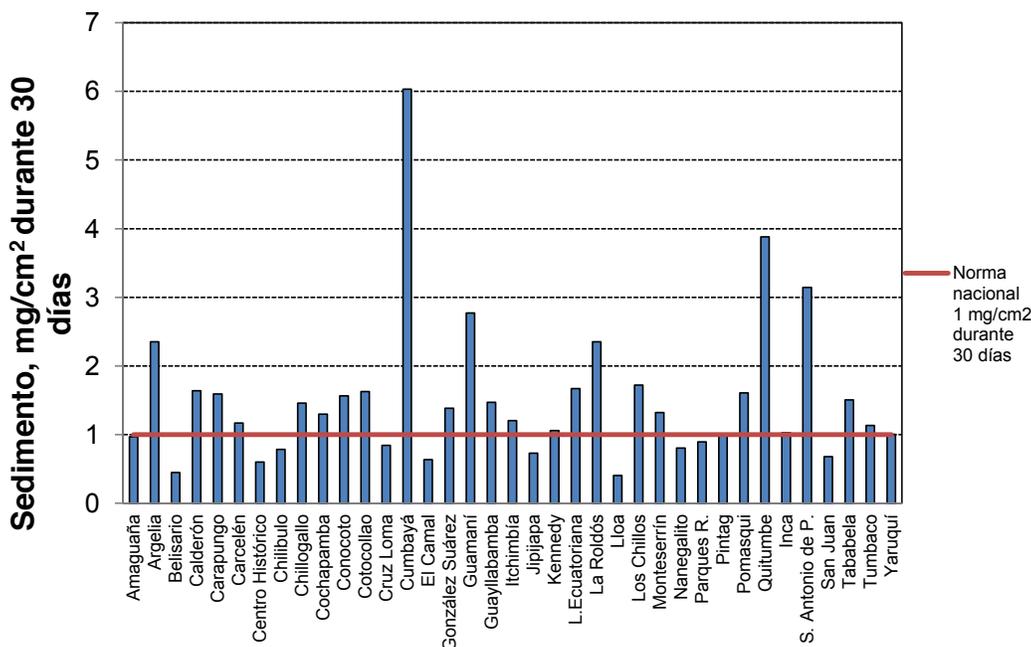


Figura 2.1. Concentraciones mensuales máximas de partículas sedimentables (mg/cm² durante 30 días) año 2013

En los meses de enero, agosto y septiembre se produjo el mayor número de superaciones a la NECA, durante los cuales 14 estaciones en promedio presentaron superaciones a la norma. Mientras que los meses con menos superaciones fueron febrero, mayo y junio con 4 estaciones sobre la NECA por mes. Los máximos mensuales (ver figura 2.2), se presentaron en marzo, abril y diciembre para las estaciones Cumbayá, San Antonio de Pichincha y Tababela, respectivamente. San Antonio de Pichincha registró los máximo mensual el 42% del tiempo, seguido de Quitumbe con el 33%.

El elevado material sedimentable registrado en mayo corresponde a valores altos en la estación Cumbayá, sector en el que se realizaron varios trabajos de adecuación de vías y, pese a ser un mes con altas precipitaciones, en este sector los valores de lluvia fueron significativamente menores.

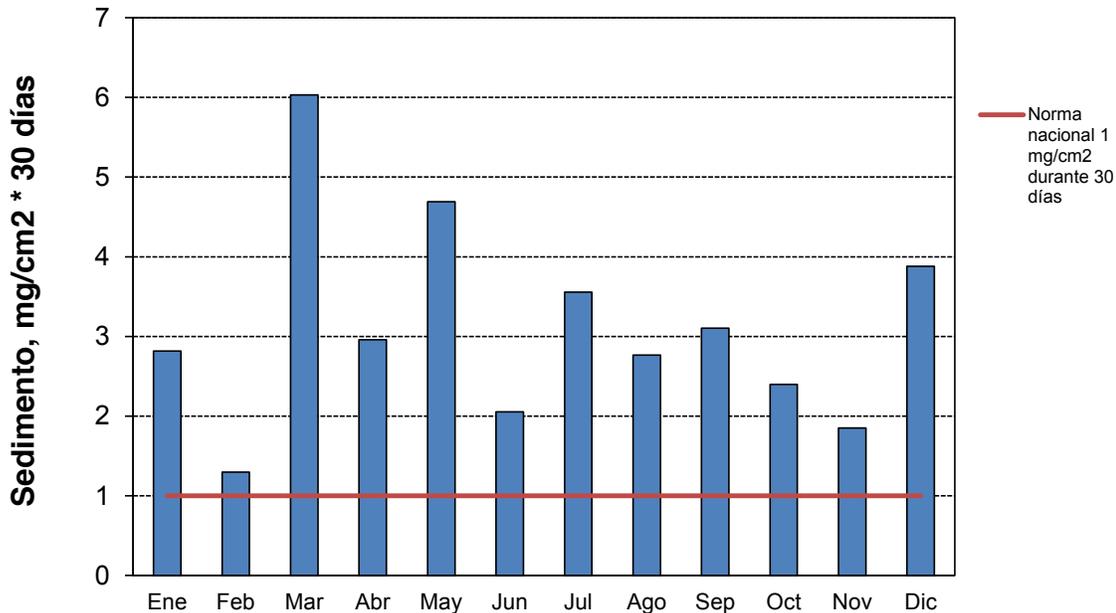


Figura 2.2. Concentraciones máximas mensuales de partículas sedimentables (mg/cm^2 durante 30 días), 2013

En la figura 2.3 se resume la tendencia durante el período 2006-2013 de monitoreo en las estaciones críticas de este contaminante. En todas estas, se observa una tendencia ascendente, marcada por la influencia de la meteorología del sector y actividades inmobiliarias y de adecuaciones del sector como pavimentado de calles, construcciones, etc.

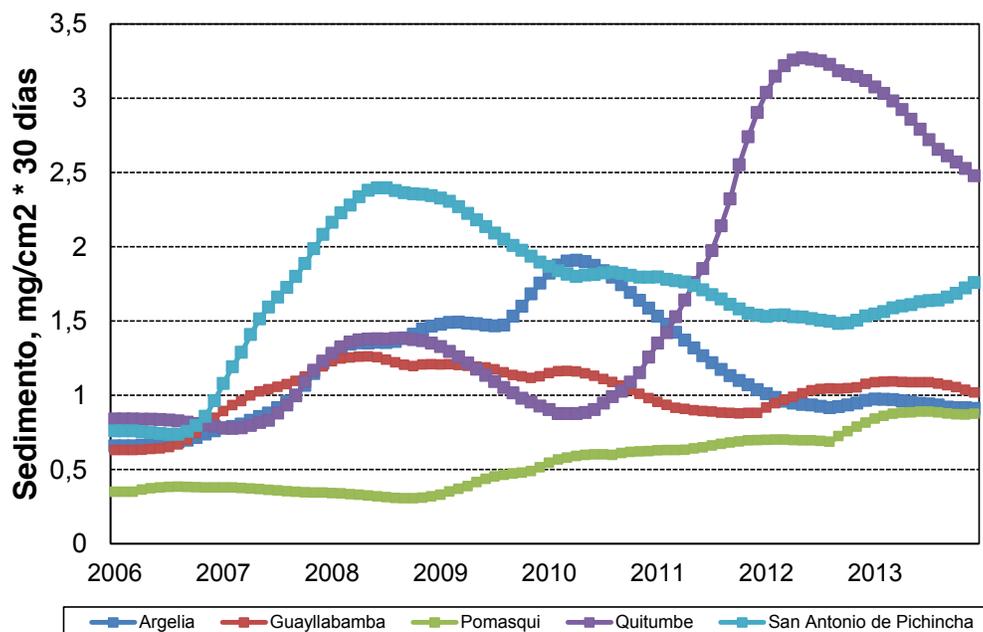


Figura 2.3. Tendencias sedimento (mg/cm^2 durante 30 días) 2006-2012 estaciones críticas

Las estaciones de San Antonio de Pichincha, Pomasqui y Guayllabamba están influenciadas por explotación minera de la zona que, en combinación con el tráfico en vías sin pavimento, escasez de lluvia y erosión eólica, provocan valores elevados de polvo resuspendido. En la estación Quitumbe, a pesar de estar por encima de los límites establecidos por la normativa, existe una tendencia a la disminución de este contaminante. Esta disminución se debe al adoquinamiento que se realizó durante el 2012.

2.1.2. Material particulado grueso (PM_{10})

Durante 2013 las concentraciones de partículas PM_{10} en el DMQ, responden a una relación directa con el nivel de precipitación. Se observan los niveles más elevados en los meses secos, debido a la resuspensión del material particulado depositado en vías, terrenos y calles sin recubrimiento y niveles de humedad muy bajos. Las concentraciones menores de PM_{10} se registraron en el período febrero - mayo y octubre, se explican por las mayores precipitaciones que permite mantener las superficies húmedas y disminuir la resuspensión de material.

Los máximos diarios se presentaron en la estación Los Chillos el 31 de mayo, en Carapungo el 25 de julio y en El Camal el 5 de agosto (ver figura 2.4).

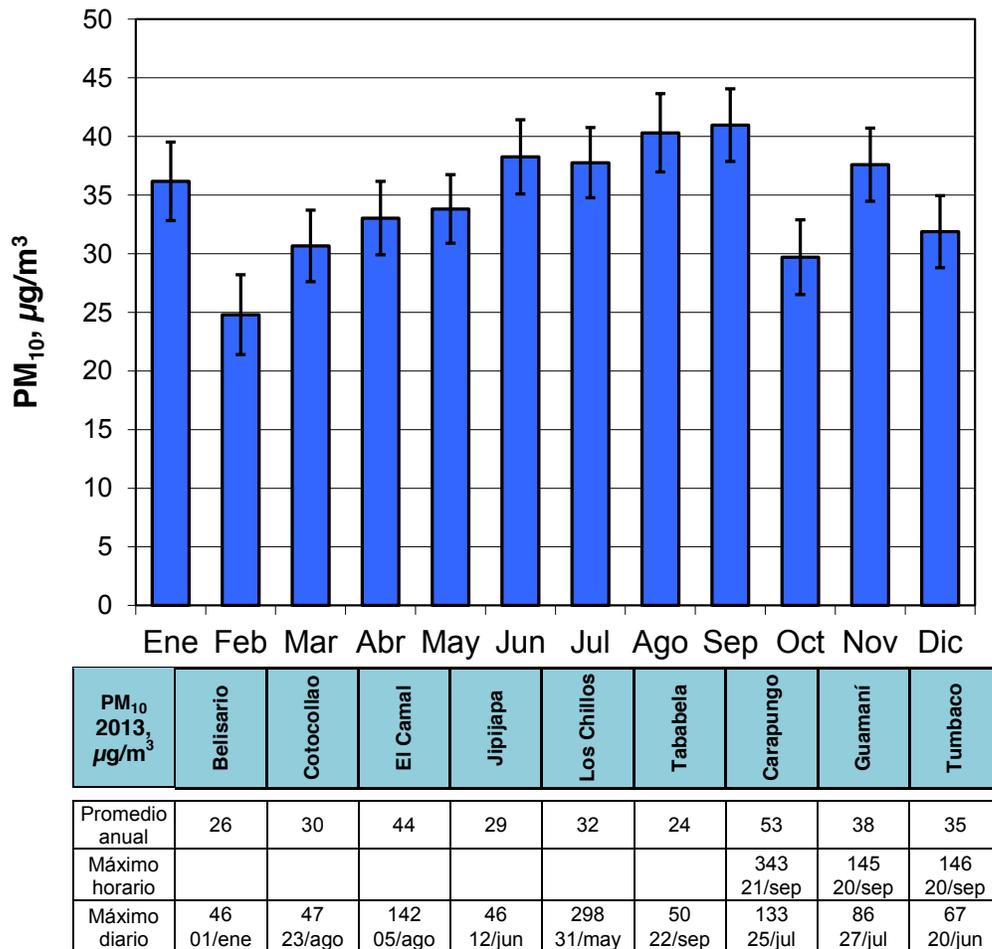
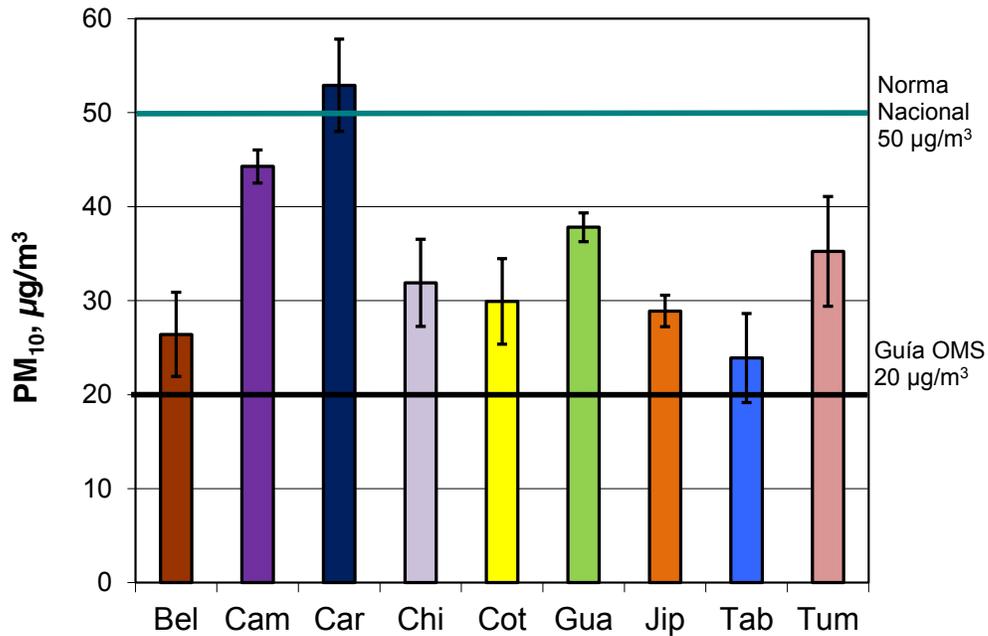


Figura 2.4. Concentraciones medias mensuales de PM₁₀ (µg/m³) y máximos durante el año 2013

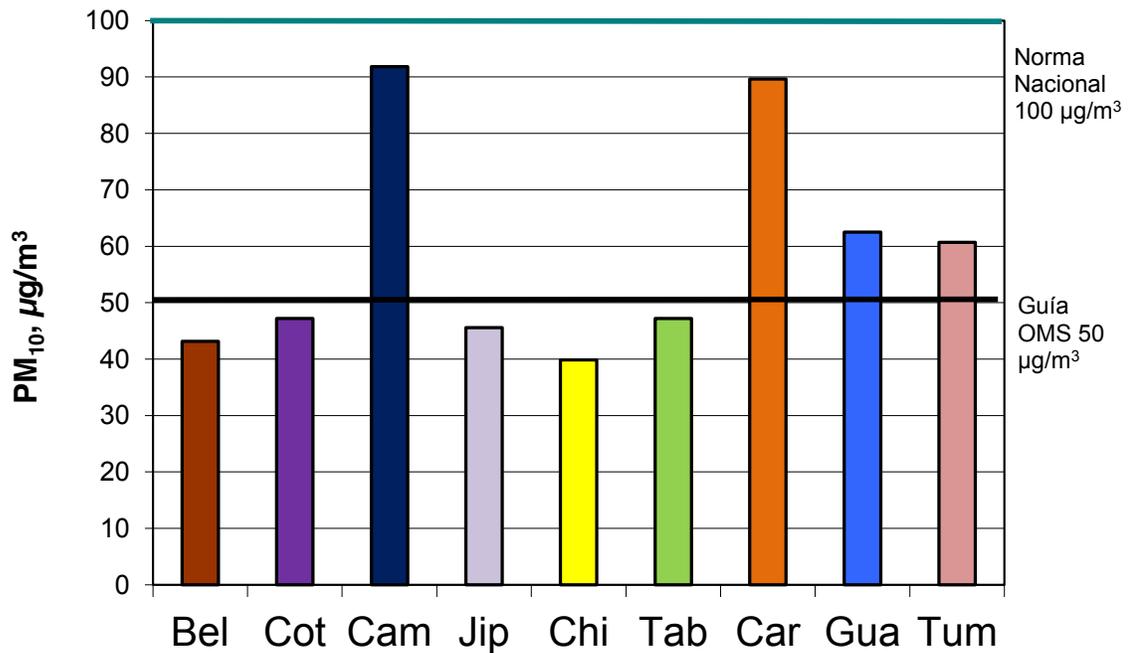
En la figura 2.5, se observa la superación al nivel establecido en la NECA (50 µg/m³) para el promedio anual de registros en la estación Carapungo.



*Para valores de estaciones Cotocollao, Belisario, Jipijapa, El Camal, Los Chillos se utilizan los datos de la red semiautomática. Para Carapungo, Guamaní y Tumbaco se utilizan los datos de la red automática.

Figura 2.5. Promedios anuales PM₁₀ (µg /m³) año 2013 por estación*

El percentil 98 promedio 24 horas (100 µg/m³) establecido como parámetro para considerar la superación a la NECA, no fue superado en ninguno de los sectores monitoreados (ver figura 4.6). Sin embargo se registraron concentraciones por encima de la NECA para 24 horas en dos ocasiones en la estación Carapungo.

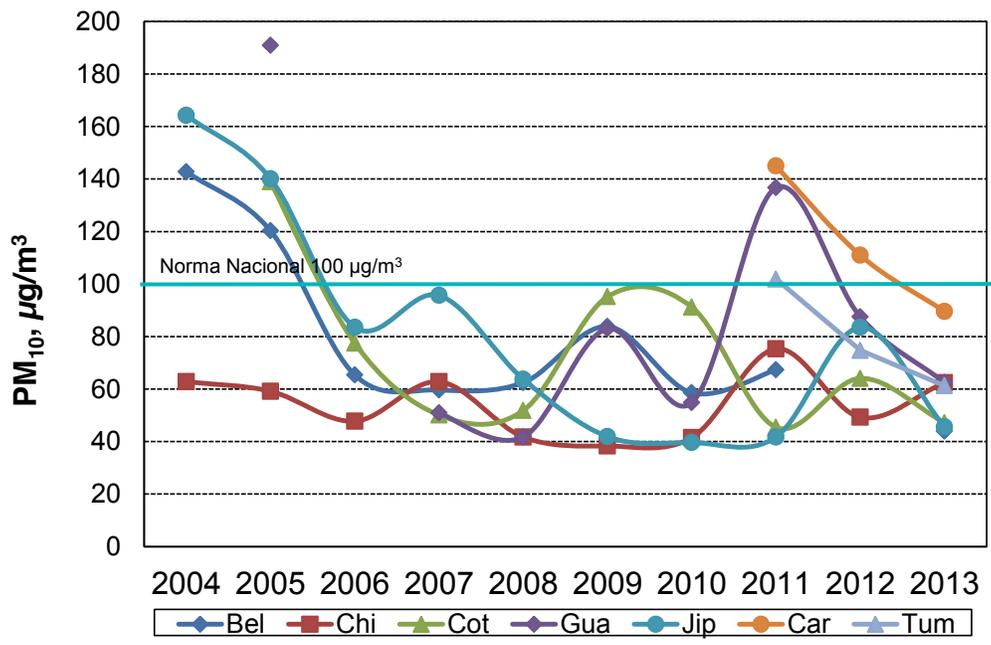


*Para valores de estaciones Cotocollao, Belisario, Jipjapa, El Camal, Los Chillos y Tababela se utilizan los datos de la red semiautomática. Para Carapungo, Guamaní y Tumbaco se utilizan los datos de la red automática.

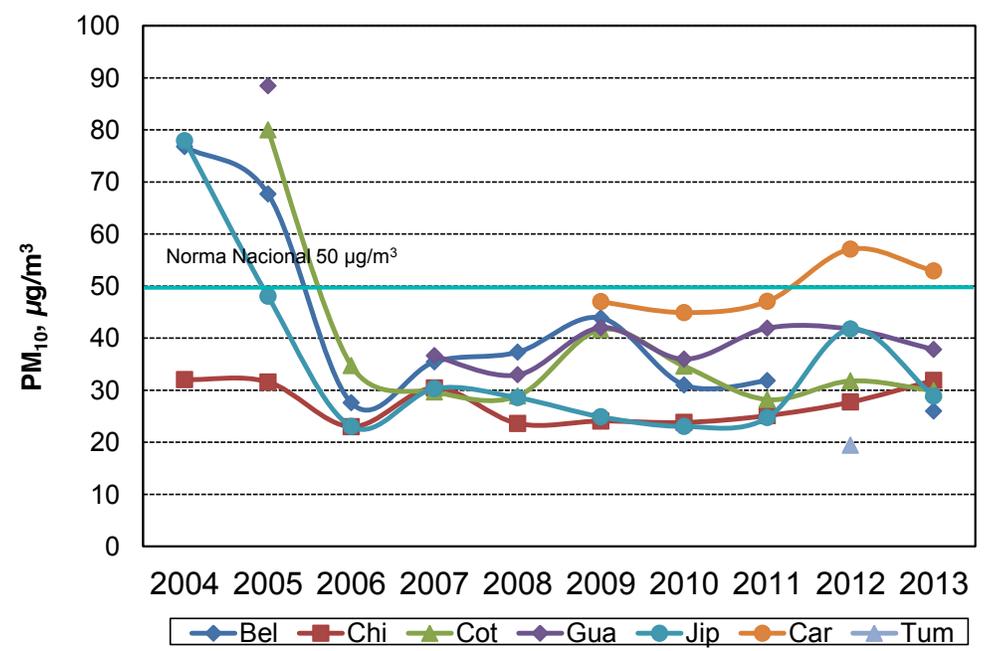
Figura 2.6. Percentil 98 de las concentraciones diarias de PM₁₀ (µg/m³) año 2013 por estación*

El análisis de tendencia del percentil 98 del PM₁₀ 24 horas y promedio anual (figura 2.7), nos muestra un descenso del contaminante en todas las estaciones. Hasta el año 2006 en el DMQ se comercializaba diesel con contenido de azufre de 7000 ppm, compuesto que está directamente relacionado con las emisiones de humo negro de los motores a combustión. A partir de 2006 se observa una disminución constante de este contaminante.

En la estación Guamaní se registró un incremento del material particulado PM₁₀ en el año 2011, fruto de las actividades de pavimentación del sector. Desde el año 2006 no se supera norma anual ni 24horas a excepción de Carapungo y puntualmente Guamaní (2011).



a)



b)

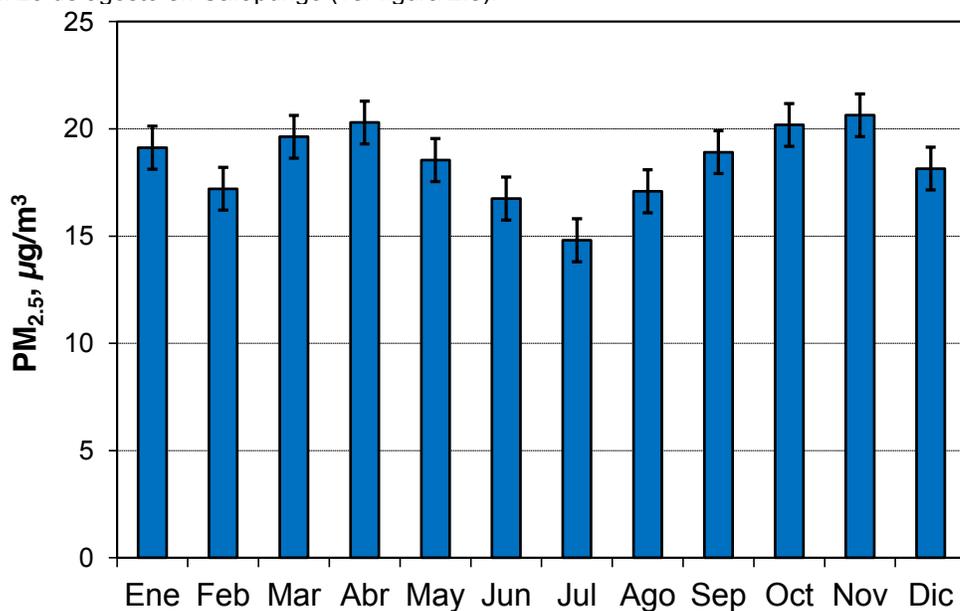
Figura 2.7. Tendencias para PM₁₀ (µg/m³) percentil 98 del promedio 24 horas y anual, 2004-2013 (a) percentil 98, (b) promedio anual

2.1.3. Material particulado fino (PM_{2.5})

Las partículas PM_{2.5}, representan en promedio alrededor de la mitad de los niveles de PM₁₀ y en gran parte consiste en partículas provenientes del escape de fuentes móviles fruto de la utilización de combustibles fósil.

Las concentraciones están relacionadas directamente con el tráfico vehicular de la ciudad y las emisiones causadas por la quema de años viejos y pólvora durante la madrugada del primero de enero. Durante los meses de vacaciones de las escuelas y colegios se evidencia un descenso significativo en las concentraciones y un incremento en la época lluviosa donde el tráfico se intensifica y las congestiones aumentan y las temperaturas disminuyen.

Las concentraciones más altas de PM_{2.5} horarias se las registró durante el primero de enero en la mayoría de estaciones. Las mayores concentraciones diarias fue el 12 de junio en el Camal y el 23 de agosto en Carapungo (ver figura 2.8).



PM10 2013, µg/m ³	Belisario	Camal	Carapungo	Centro	Cotocollao
Promedio anual	17	21	18	18	17
Máximo horario	129 01/ene	320 01/ene	202 01/ene	130 01/ene	329 21/abr
Máximo diario	34 05/ago	66 12/jun	61 23/ago	41 31/may	37 01/ene

Figura 2.8. Concentraciones medias mensuales de PM_{2.5} (µg/m³) y máximos durante el año 2013

La figura 2.9 muestra el percentil 98 del promedio diario del material particulado fino $PM_{2.5}$. La NECA establece que el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual no debe ser mayor a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; por lo que no se tuvieron superaciones en la norma para 24 horas de muestreo en ninguna de las estaciones de monitoreo.

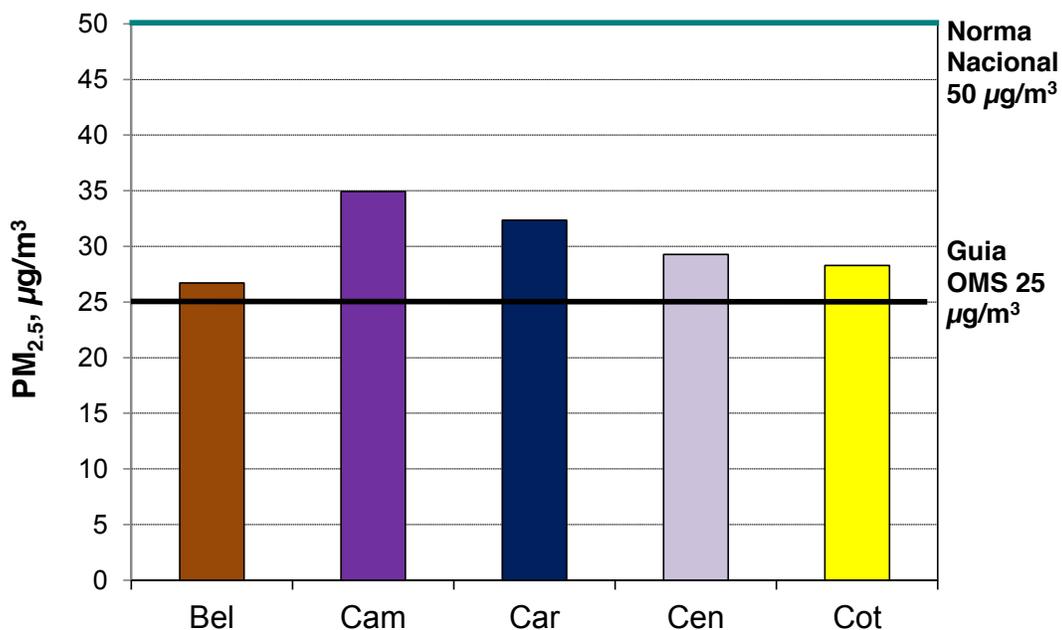


Figura 2.9. Percentil 98 de la concentración diaria $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) año 2013 por estación

A diferencia de lo ocurrido con las concentraciones de 24 horas, la concentración media anual establecida por la NECA ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), fue superada en todas las estaciones de monitoreo (ver figura 2.10). La concentración más baja se registró en Belisario y Cotocollao ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seguidas por las estaciones Carapungo y Centro ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Las mayores concentraciones se las registró en el Camal ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

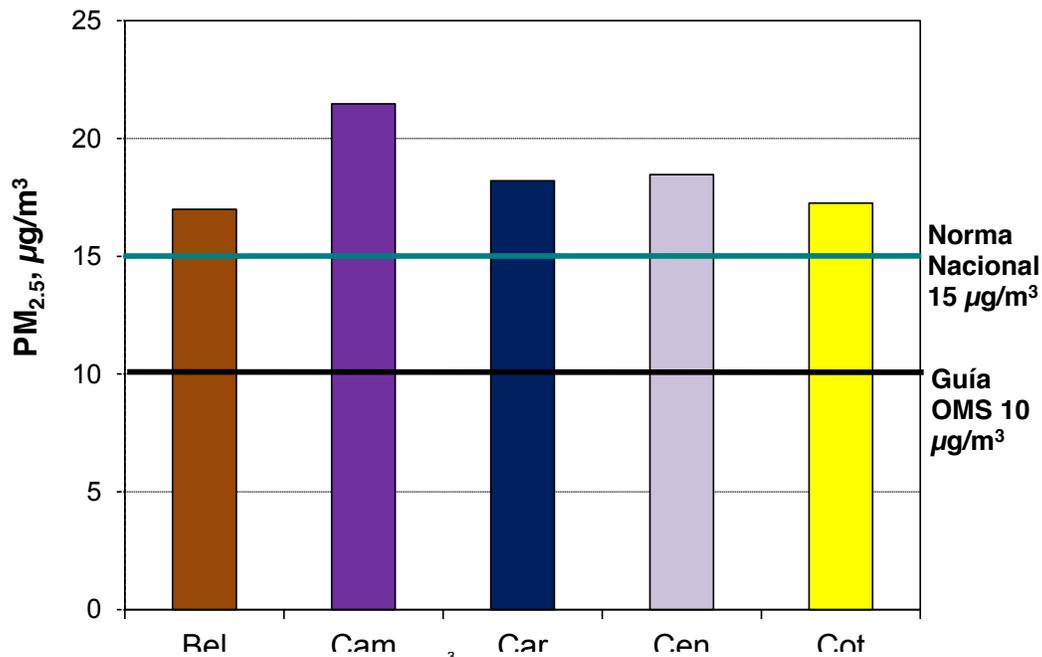


Figura 2.10. Promedios anuales PM_{2.5} (µg/m³) año 2013 por estación

El análisis de tendencia del percentil 98 del PM_{2.5} 24 horas y promedio anual (figura 2.11), nos muestra una ligera disminución en el percentil 98 comparando con el año anterior. Sin embargo, en el promedio anual se observa un incremento en casi todas las estaciones. Lo que nos indica que Cabe recalcar la tendencia sinusoidal que se observa a lo largo de estos 10 años de datos, es potencialmente causada por las condiciones climáticas del año. Cabe recalcar que para las estaciones de Cotocollao y Carapungo, la relación con la precipitación es inversamente proporcional (a >mayor lluvia, <PM2.5). Esto permite conocer que el material particulado fino de este sector está influenciado por material de recirculación y erosión. El material particulado de las estaciones de Camal, Belisario y Centro tiene, por el contrario, una relación proporcional con el material fino (a >mayor lluvia, > PM2.5). Esto nos indica que el contaminante en este sector es principalmente debido a las emisiones de tubo de escape de fuentes móviles

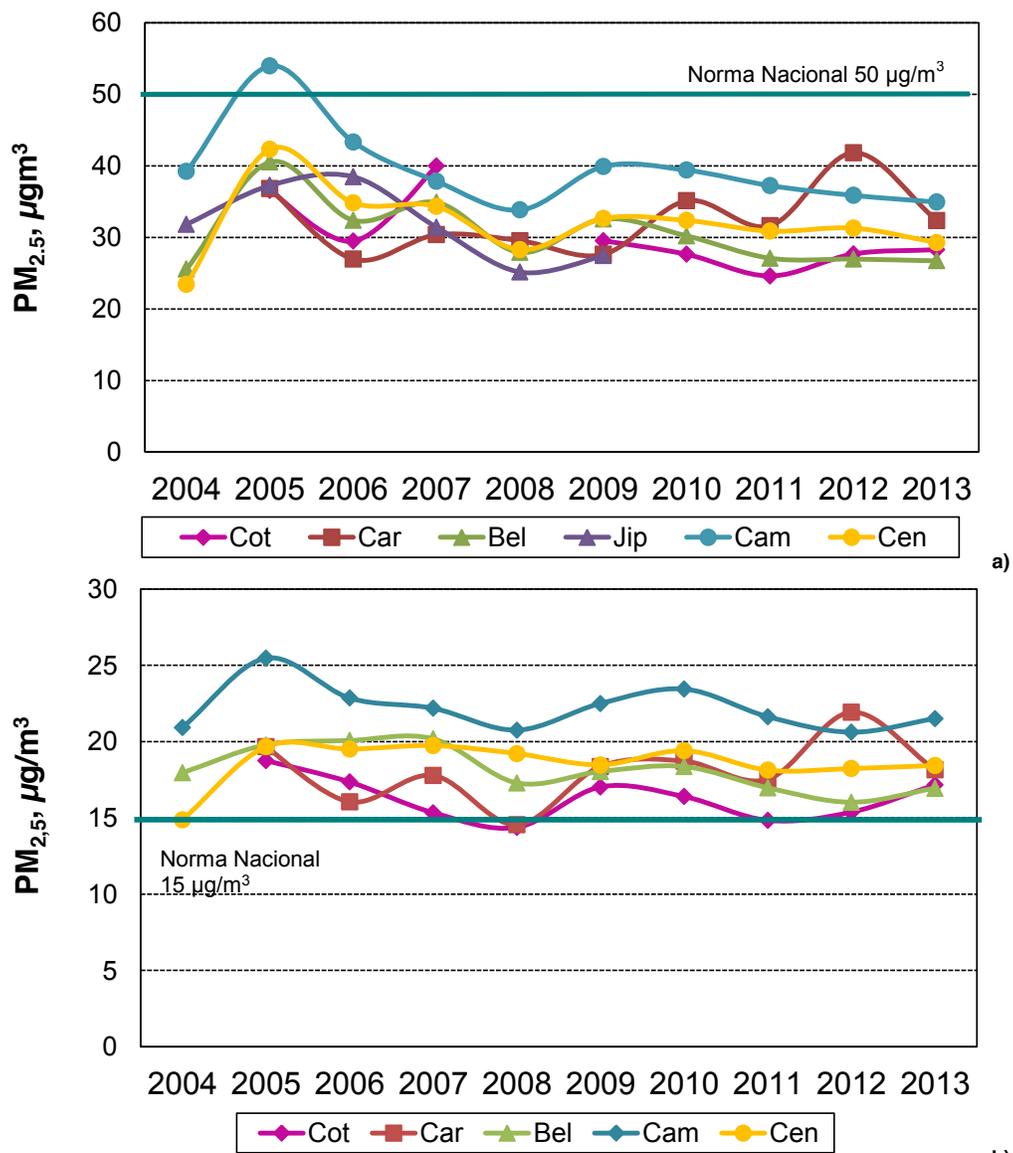


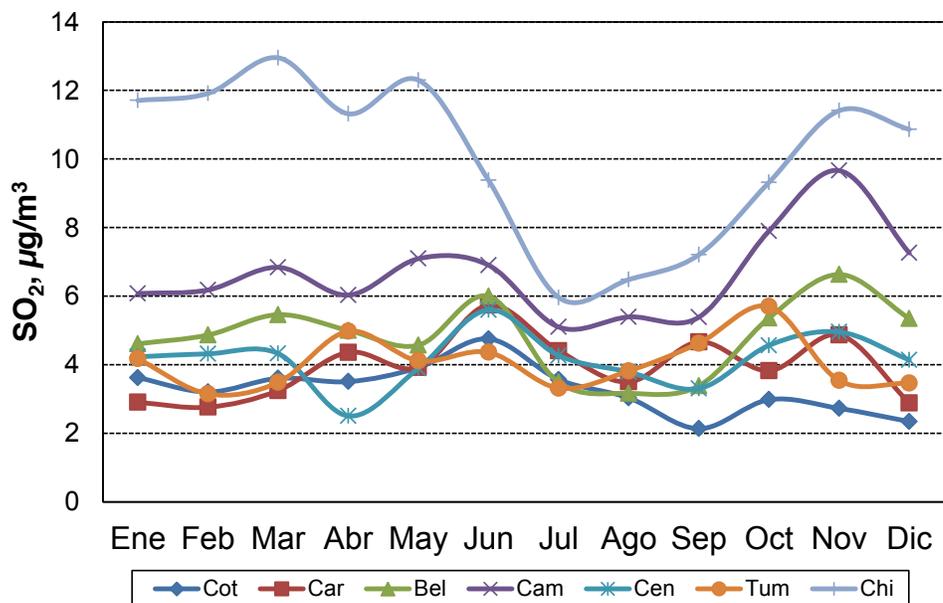
Figura 2.11. Tendencias para PM_{2.5} (µg/m³) percentil 98 del promedio 24 horas y anual, 2004-2013 (a) percentil 98, (b) promedio anual

2.2. Gases

2.2.1. Dióxido de Azufre (SO₂)

El dióxido de azufre en la ciudad viene principalmente de las emisiones de termoeléctricas e industria. Las fuentes móviles en la ciudad representan un porcentaje menor de las mismas.

Del análisis mensual, se observa que los meses con menores concentraciones de este contaminante en el aire ambiente corresponden a julio, agosto y septiembre. Las estaciones en las cuales se evidencia esta disminución son las estaciones Los Chillos (50%), Camal (40%) y Belisario (30%). En las estaciones Cotocollao, Carapungo, Centro y Tumbaco no se evidencia este comportamiento. Los meses antes mencionados, coinciden con vacaciones estudiantiles lo que significa una disminución en el tráfico vehicular y con la menor producción energética por termoeléctricas. Cabe recalcar que los mínimos mensuales para la estación Los Chillos son similares a los máximos del resto de estaciones (exceptuando Camal) (ver figura 2.12).



Dióxido de Azufre SO ₂ anual µg/m ³	Cotocollao	Carapungo	Belisario	El Camal	Centro	Tumbaco	Los Chillos
Promedio anual	3,29	3,94	4,84	6,66	4,16	4,07	10,09
Máximo diez minutos	78,15 07/mar	162,95 11/nov	101,41 17/dic	196,36 02/dic	62,94 22/ene	210,18 09/oct	313,98 02/abr
Máximo promedio diario	13,25 23/ene	12,60 11/nov	15,29 23/ene	25,01 01/dic	15,14 23/ene	13,42 04/abr	27,80 23/ene

Figura 2.12. Concentraciones medias mensuales de SO₂ (µg/m³) y máximos durante el año 2013

La NECA considera un límite máximo para períodos de exposición de corta duración de SO₂, de 500 µg/m³ promedio 10 minutos igual que la guía de la OMS. Las concentraciones máximas para diez minutos se las tuvo en la estación los Chillillos con un valor de 314 µg/m³.

El dióxido de azufre durante el año 2013, ha presentado niveles por debajo del límite establecido por la NECA para el máximo promedio en 24 horas (125 µg/m³) en todas las estaciones y a lo largo de todo el año. Sin embargo, se ha superado la guía de la OMS (20 µg/m³) en la estación El Camal (3 días) y Los Chillillos (5 días) (ver figura 2.13).

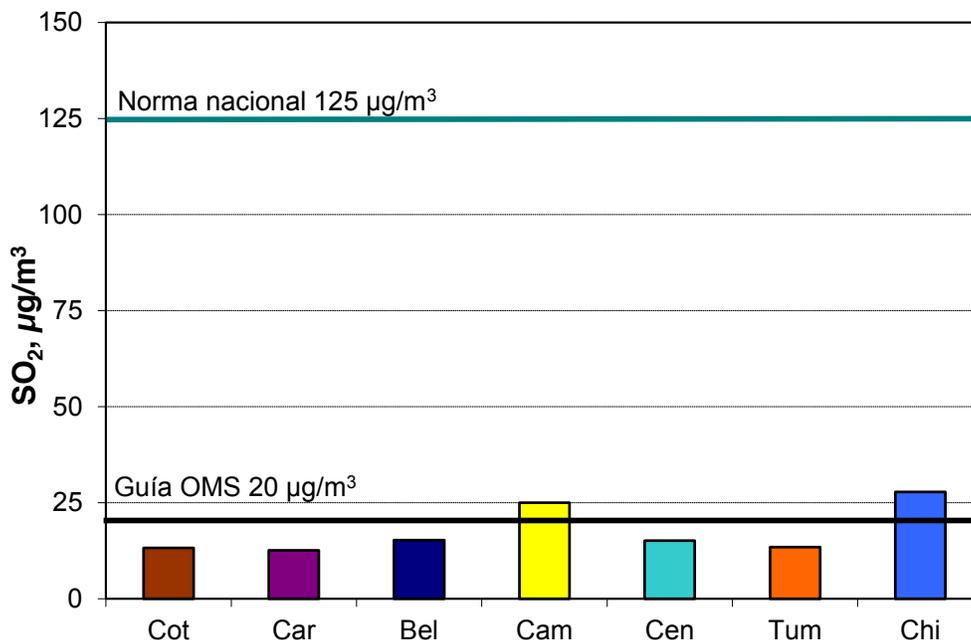


Figura 2.13. Concentraciones diarias máximas SO₂ (µg/m³) año 2013 por estación

Respecto a los promedios anuales, no se superó en ninguna de las estaciones la concentración media anual de la NECA (60 µg/m³) (figura 2.14). Como se observa en la figura, los resultados se muestran clasificados por zona (norte, centro, sur, valle, parroquias rurales, parques y blancos regionales) y por nivel (regional y nivel de calle). La figura muestra que los promedios anuales más altos se registraron en la estación Los Chillillos (regional), seguidas por la estación Chilibulo y La Ecuatoriana (nivel de calle).

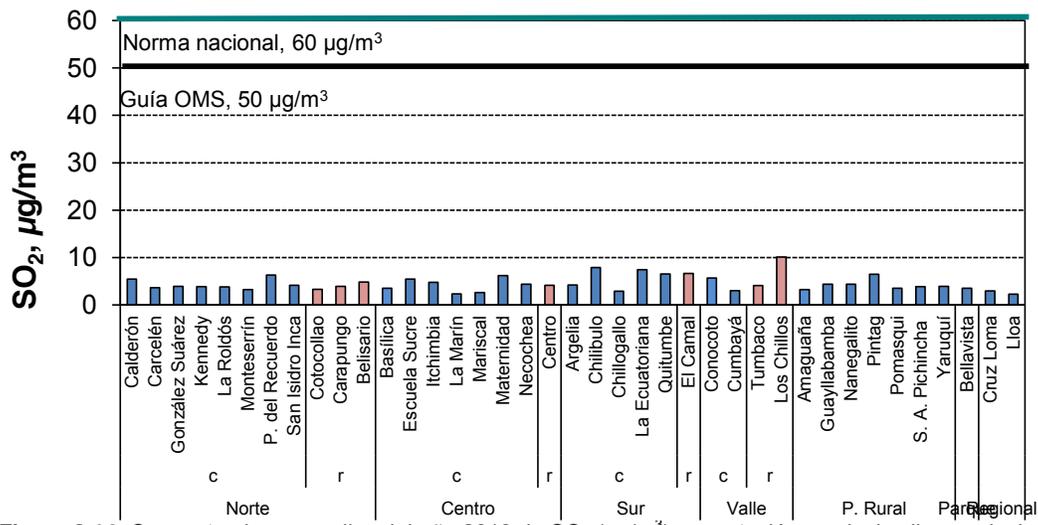
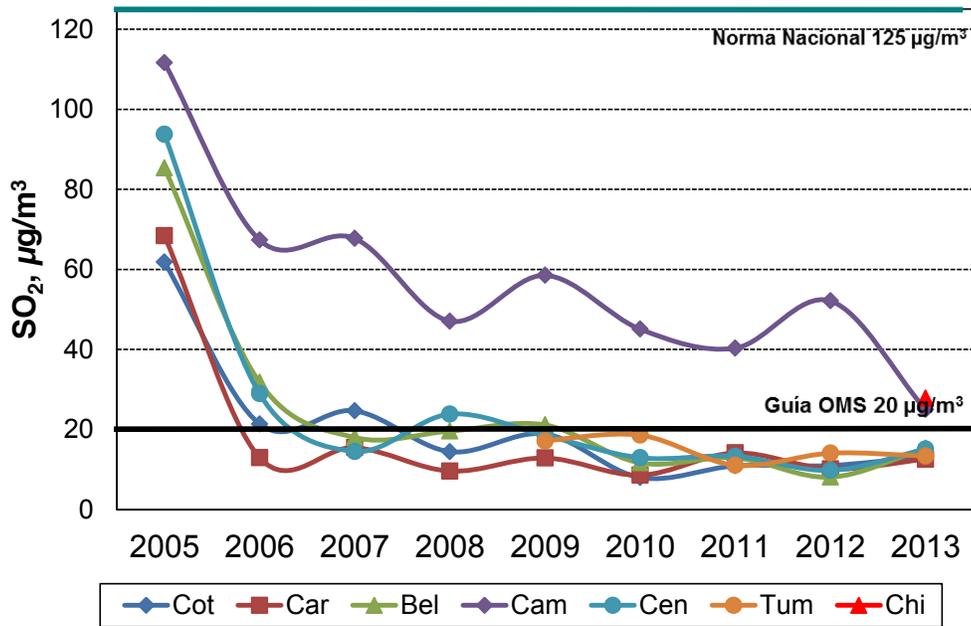
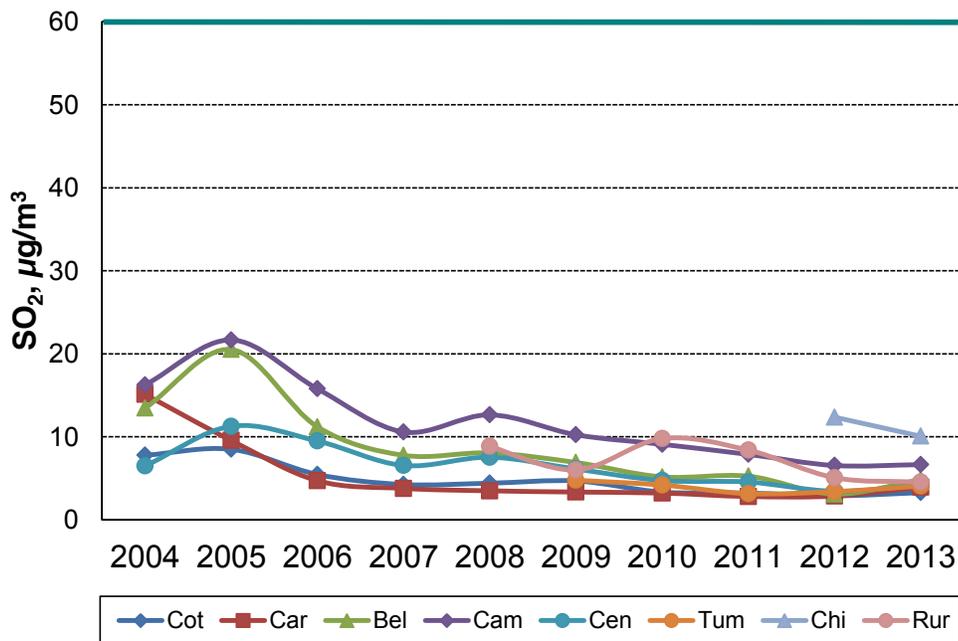


Figura 2.14. Concentraciones medias del año 2013 de SO₂ (µg/m³) por estación. c: nivel calle y r: nivel regional

Se observa una tendencia decreciente de este contaminante a lo largo del tiempo, de manera especial a partir del año 2006 y 2007 (figura 2.15). Durante los primeros años de monitoreo se registraron concentraciones promedio 24 horas cercanas a la NECA y sobre la guía OMS hasta el año 2009, con excepción de las estaciones los Chillos y Camal que continúan sobre la guía OMS. Las concentraciones rurales monitoreadas desde 2008, alcanzaron el máximo durante el año 2010 y posteriormente han ido disminuyendo paulatinamente hasta igualarse con los valores regionales. Cabe recalcar que a partir de 2012, las zonas rurales dejaron de estar influenciadas por el diesel que se comercializaba a nivel nacional (7000 ppm de azufre) por diesel Premium (<500 ppm), potencial explicación para la disminución de las concentraciones de azufre en la zona mencionada.



a)

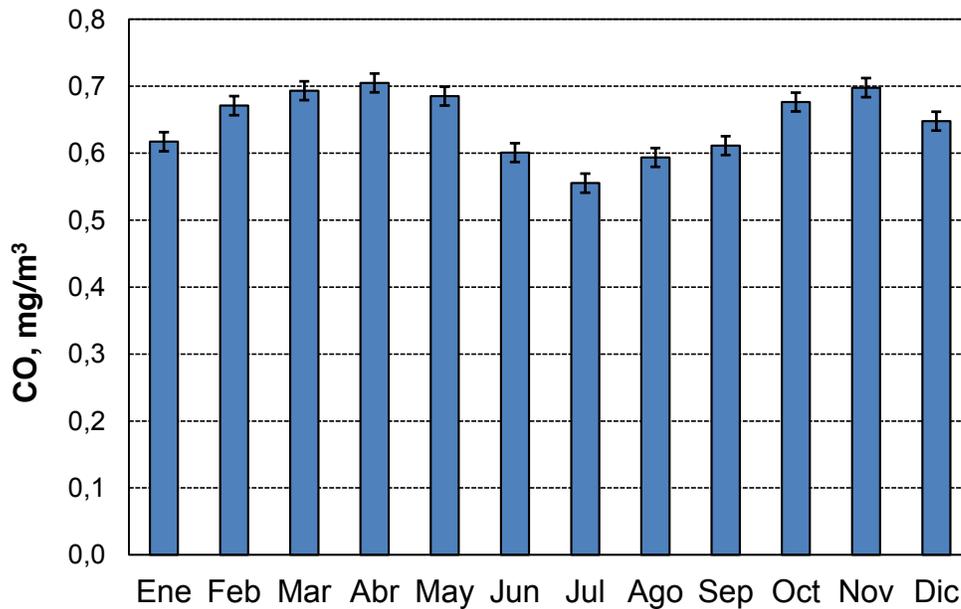


b)

Figura 2.15. Tendencias para SO₂ (µg/m³) a) concentración máxima promedio 24 horas y b) anual, 2004-2013

2.2.2. Monóxido de Carbono (CO)

Las emisiones de monóxido de carbono en la ciudad son en su gran mayoría provenientes del tráfico vehicular. Las mayores concentraciones se las encuentra en las horas y meses con menores temperaturas, debido a un mayor efecto de los arranques en frío. Para el año 2013, los meses con mayores concentraciones de monóxido de carbono en el aire ambiente son los meses de abril y noviembre, donde se reportaron las menores temperaturas entre las 6 y las 7 de la mañana. La menor concentración de monóxido de carbono, por el contrario, se la reporta en el mes de julio, correspondiente a las vacaciones de las escuelas y colegios, hecho que disminuye significativamente el tráfico vehicular en la ciudad (ver figura 2.16).



Monóxido de Carbono, CO anual mg/m ³	Cotacollao	Carapungo	Belisario	El Camal	Centro	Guamani
Promedio anual	0,47	0,57	0,66	0,81	0,76	0,60
Máximo horario	3,66 04/abr	11,90 05/dic	3,23 03/may	4,96 09/ene	4,01 05/mar	3,35 30/nov
Máximo promedio octohorario	1,71 22/ene	2,47 02/ene	1,84 23/oct	3,60 22/oct	2,09 03/may	1,61 28/may

Figura 2.16. Concentraciones medias mensuales de CO (mg/m³) y máximos durante el año 2013

Durante el año 2013, las concentraciones de monóxido de carbono no han presentado valores superiores a lo establecido en la NECA, tanto en concentraciones para períodos de 1 hora (30 mg/m³) y en 8 horas (10 mg/m³). Tampoco fueron superadas las respectivas guías de la OMS, que son iguales a los criterios establecidos en la NECA. La concentración máxima promedio de 1

hora fue de 11.9 mg/m³ el 5 de diciembre en la estación Carapungo (figura 2.17) y la máxima en un promedio de 8 horas fue de 3.60 mg/m³, registrada en la estación El Camal el 22 de octubre.

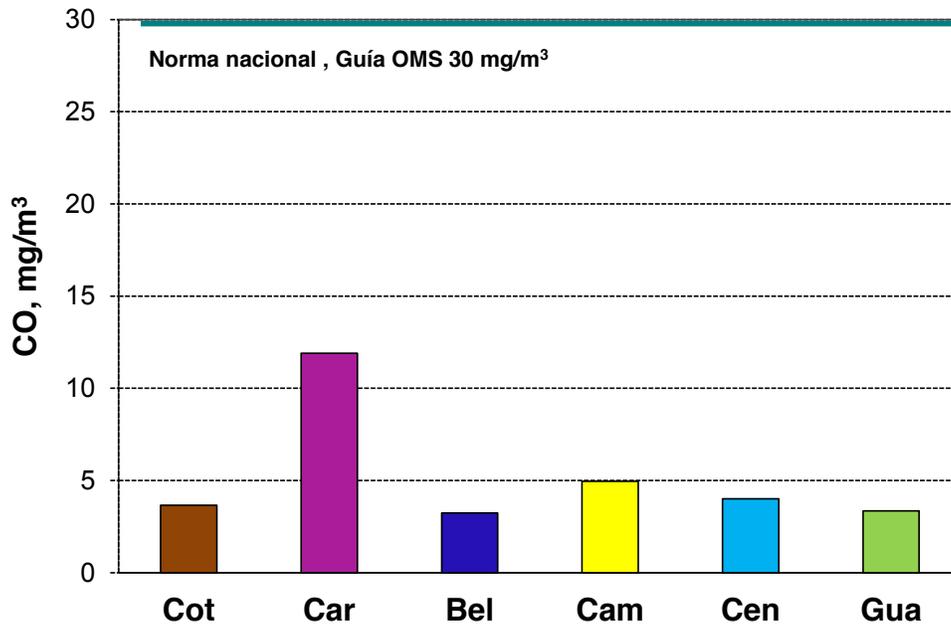


Figura 2.17. Concentraciones máximas horarias para CO (mg/m³) año 2013 por estación

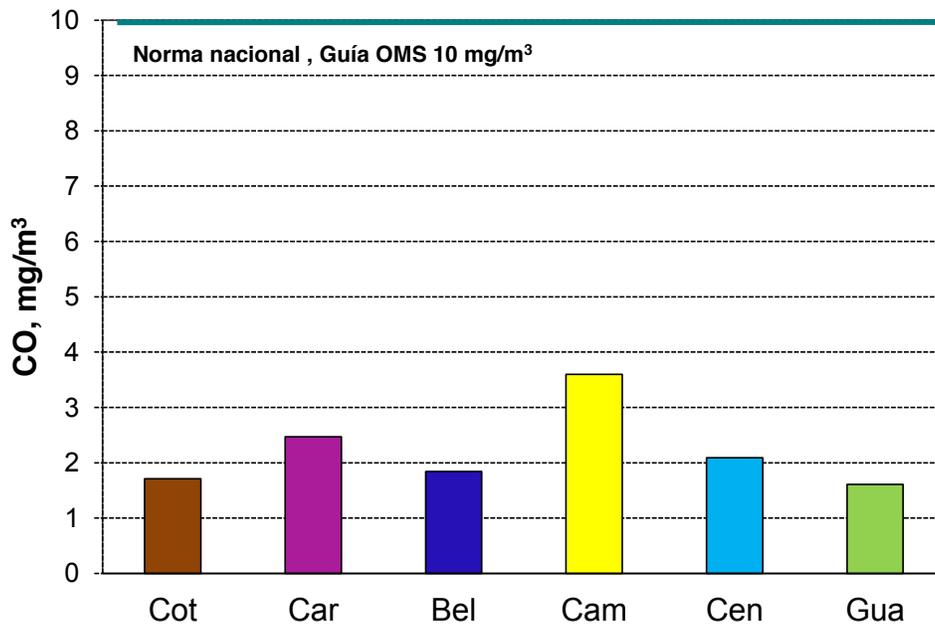


Figura 2.18. Concentraciones octohorarias máximas CO (mg/m³) año 2013 por estación

La tendencia de este contaminante durante estos diez años de monitoreo, ha mostrado una disminución constante a lo largo del tiempo (figura 2.19), comportamiento que se puede apreciar en casi todas las estaciones. Este decremento muy significativo durante los años de 2004 a 2007, años en los que la revisión vehicular fue disminuyendo el porcentaje de evasión y gracias

al ingreso de vehículos con mejores tecnologías. A partir del año 2008, las concentraciones se mantienen constantes. Sin embargo, en estaciones como el Camal y Carapungo se observa una tendencia a incrementar la concentración.

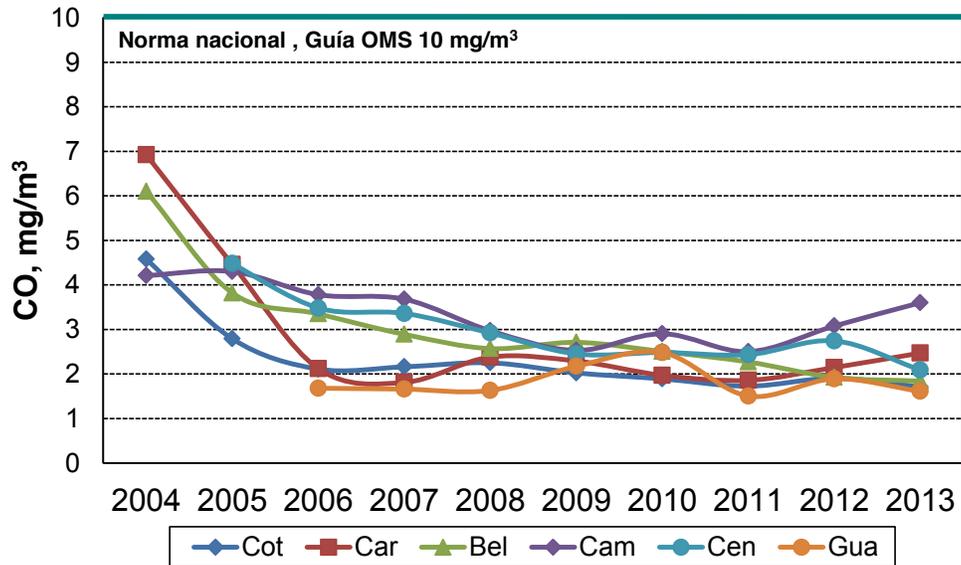


Figura 2.19. Tendencias CO (mg/m³) 2004-2013, máximo promedio octohorario

2.2.3. Ozono (O₃)

El ozono troposférico (O₃) se forma por reacciones químicas en el aire entre los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno bajo la influencia de la luz solar. En Quito, se registró las concentraciones de ozono más altas durante el mes de septiembre, coincidiendo con el equinoccio y características meteorológicas propicias para una mayor insolación. Los meses con menores concentraciones de ozono son los correspondientes a período con mayor intensidad de lluvias y días nublados (abril, mayo) (figura 2.20).

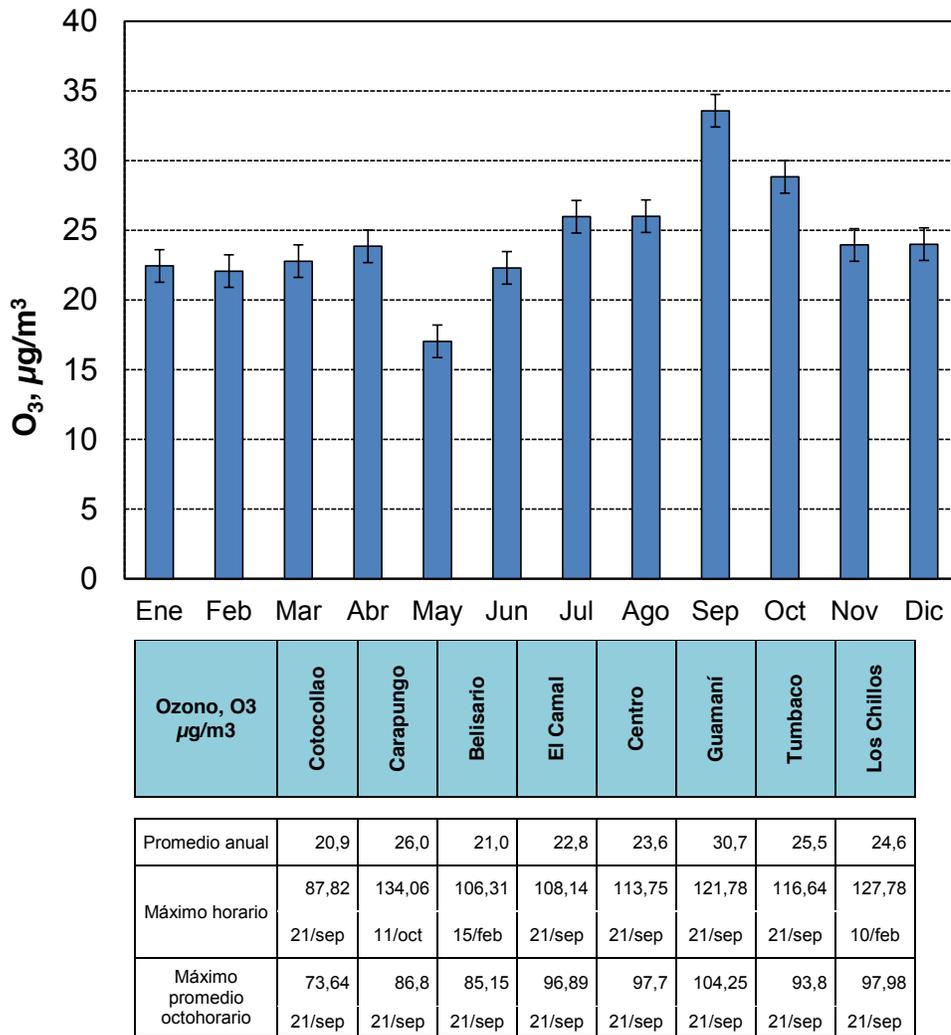


Figura 2.20. Concentraciones medias mensuales de O₃ (µg/m³) y máximos durante el año 2013

Las concentraciones octohorarias mantuvieron una tendencia similar a la dirección de viento lo que evidencia el desplazamiento de la contaminación preferentemente hacia el sur del DMQ.

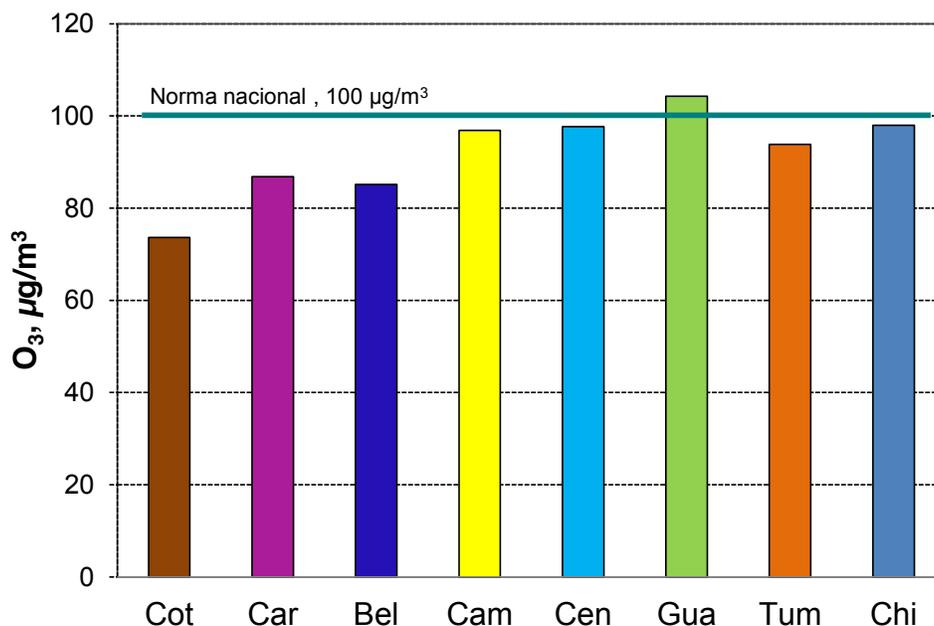


Figura 2.21. Concentraciones octohorarias máximas O₃ (µg/m³) año 2013 por estación

En la figura 2.22, se observan los promedios anuales de las estaciones manuales y automáticas con los datos recolectados a nivel de calle y regional urbano, respectivamente. Estos promedios se comparan con criterios europeos para protección de daños en materiales (40 µg/m³), no existe superación de este valor guía. Se observa que las mayores concentraciones se las registra en Cruz Loma (37.8 µg/m³) y Guamaní (30.7 µg/m³), el primero debido a la altura sobre el nivel del mar y la segunda debido al arrastre de los contaminantes emitidos en la zona urbana del DMQ.

Las menores concentraciones se las encuentra en sectores monitoreados a nivel de calle (Monteserrín, González Suárez, Cumbayá y la Marín, aproximadamente 15 µg/m³) debido a que el ozono se degrada por las emisiones de tráfico de monóxido de nitrógeno (previo a la formación de dióxido de nitrógeno).

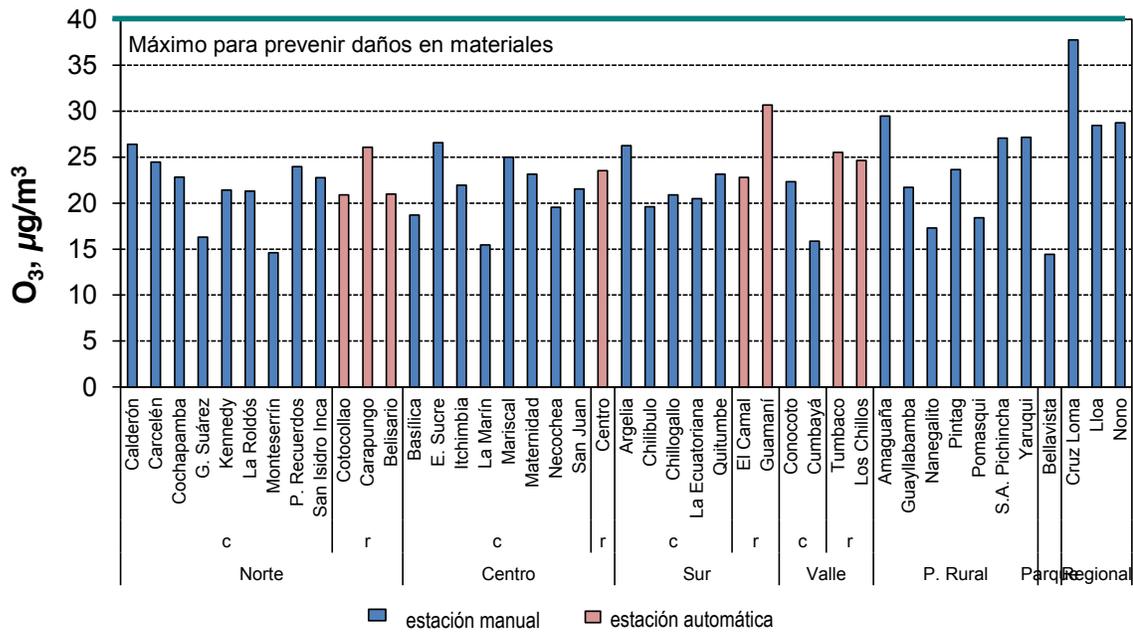


Figura 2.22. Concentraciones medias del año 2013 de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por estación, c: nivel calle y r: nivel regional

En la figura 2.23, se observa la tendencia de la concentración promedio octohorario del ozono desde el año 2004 hasta la presente fecha. Se observa un comportamiento cíclico, relacionado con las condiciones meteorológicas presentadas (radiación solar). Sin embargo, a partir de 2011 las relación concentración de ozono y radiación solar disminuye significativamente comparándolo con años anteriores, lo que potencialmente indicaría que existe una disminución en el ozono troposférico del DMQ.

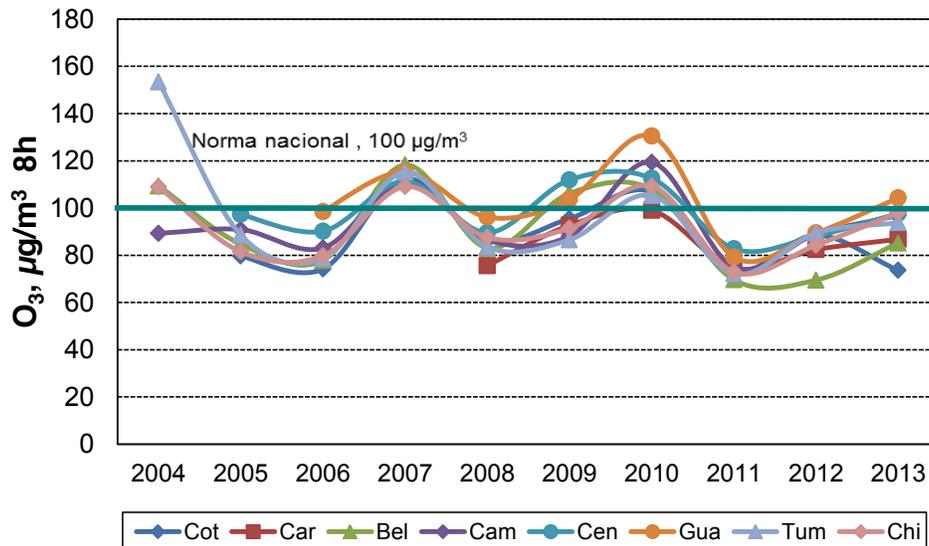


Figura 2.23. Tendencias de Ozono octohorario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2004-2013

2.2.3.1. Información adicional

La legislación europea ha eliminado las normas de calidad de aire para el contaminante ozono, cambiando el criterio a objetivos de calidad a ser cumplidos. Estos objetivos de calidad contemplan índices para la protección de materiales, especies vegetales y salud humana. Pese a no ser promedios normados a nivel nacional, estos índices para la protección permiten observar y analizar el comportamiento de este contaminante en períodos largos de tiempo lo que nos da información adicional para la toma de decisiones.

El Índice de Exposición Acumulada al ozono AOT40, se aplica con el fin de proteger las especies vegetales de la erosión o dificultades de crecimiento debido a la presencia del contaminante ozono. El cálculo se realiza mediante la media móvil de cinco años consecutivos de la sumatoria de la diferencia entre las concentraciones mayores a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 ppm) y 80 , en horas de luz. La figura 2.24 muestra los resultados de este cálculo para las estaciones en el DMQ, donde se obtienen concentraciones horarias significativamente más bajas que el valor de guía para el año 2013 ($1000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$). El mayor índice de exposición se lo encuentra en Guamaní, seguido por Centro y Los Chillos (año 2013).

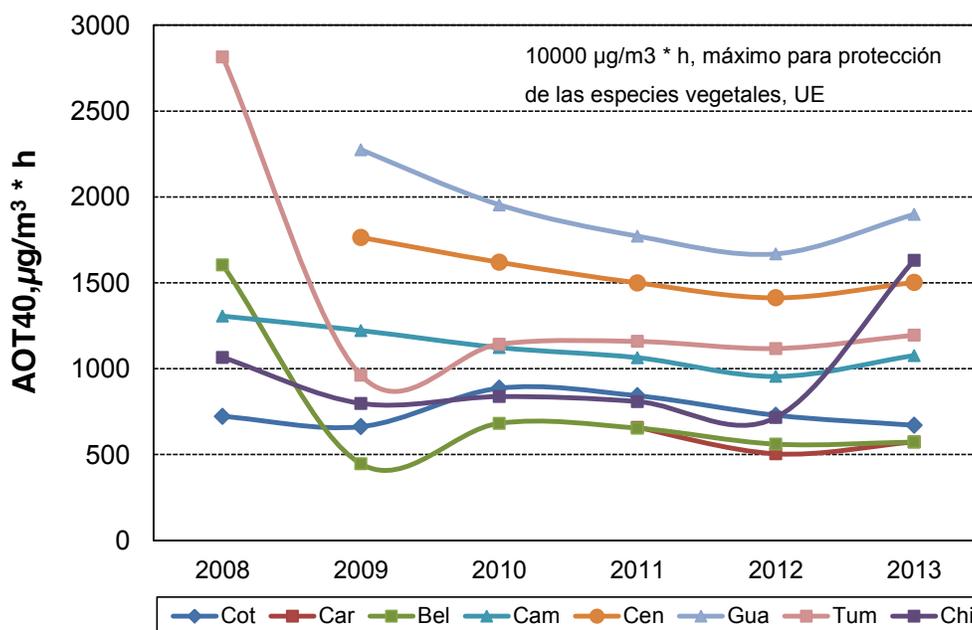


Figura 2.24. Tendencias AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$) 2004-2013 estaciones automáticas

El índice máximo de exposición para la protección de la salud humana, se calcula mediante el promedio móvil de tres años consecutivos de la concentración máximo octohoraria. Estos promedios para el DMQ se encuentran debajo de la guía establecida ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En la figura 2.25 se observa la máxima alcanzada en el año 2010 y su tendencia a disminuir en los siguientes años.

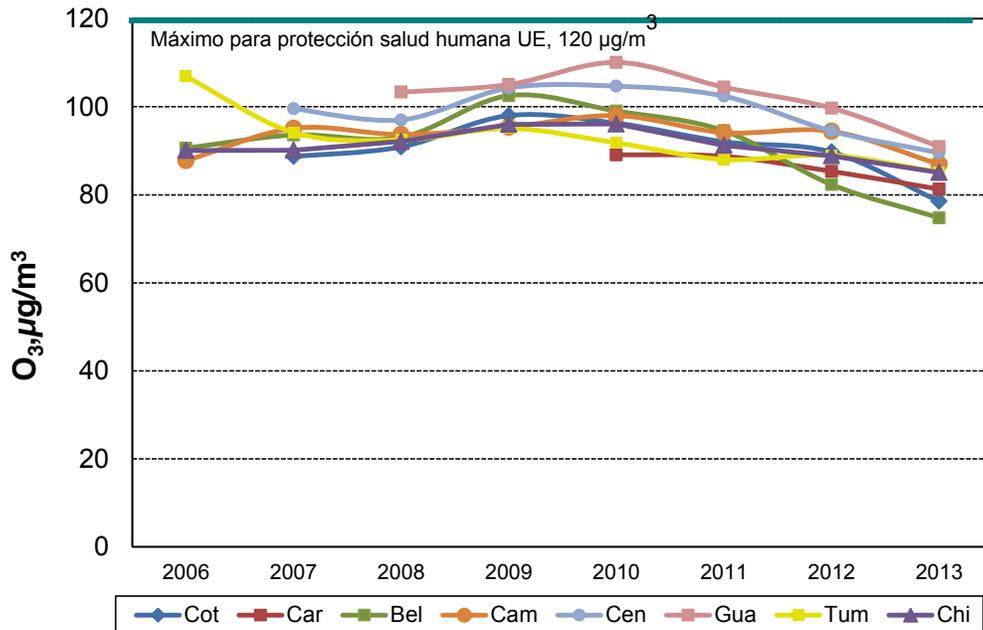


Figura 2.25. Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$) 2004-2013 estaciones automáticas

El objetivo de calidad para prevenir daños en materiales, se calcula con el promedio anual de ozono. En la figura 2.26 se observa que para las estaciones urbanas no se supera el valor guía durante todos los años monitoreados, Sin embargo para sectores como Cruz Loma, Pomasqui y San Antonio de Pichincha han existido superaciones a lo largo del período muestreado. Cruz Loma ha superado el 60% del tiempo monitoreado, debido a la altura sobre el nivel del mar donde se encuentra ubicada.

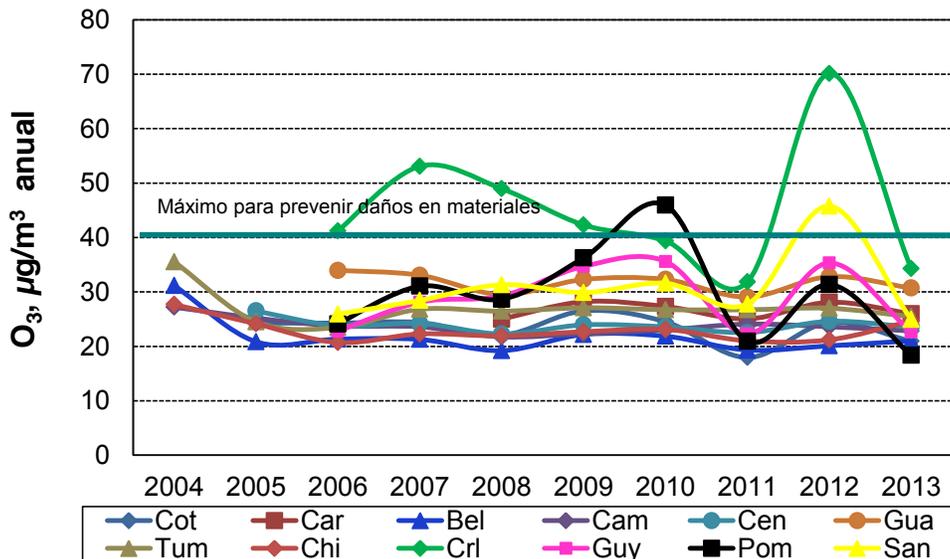


Figura 2.26. Tendencias anuales de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2004-2013

2.2.4. Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Los óxidos de nitrógeno (NOx) es la suma de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Las emisiones en ciudad provienen principalmente del tráfico vehicular. Estas emisiones contienen óxidos de nitrógeno donde aproximadamente el 80 % es monóxido de nitrógeno (NO). Sin embargo, este se transforma rápidamente a dióxido de nitrógeno (NO₂). La proporción de NO₂ de NOx aumenta cuando existe mayor ozono en el ambiente. Debido a que este acelera el proceso químico donde el NO se convierte en NO₂.

Los mayores valores medios mensuales de los óxidos de nitrógeno, NOx se los registraron durante abril, octubre y noviembre, períodos de lluvia y menores temperaturas. Se registraron los niveles más bajos en julio debido al menor tráfico.

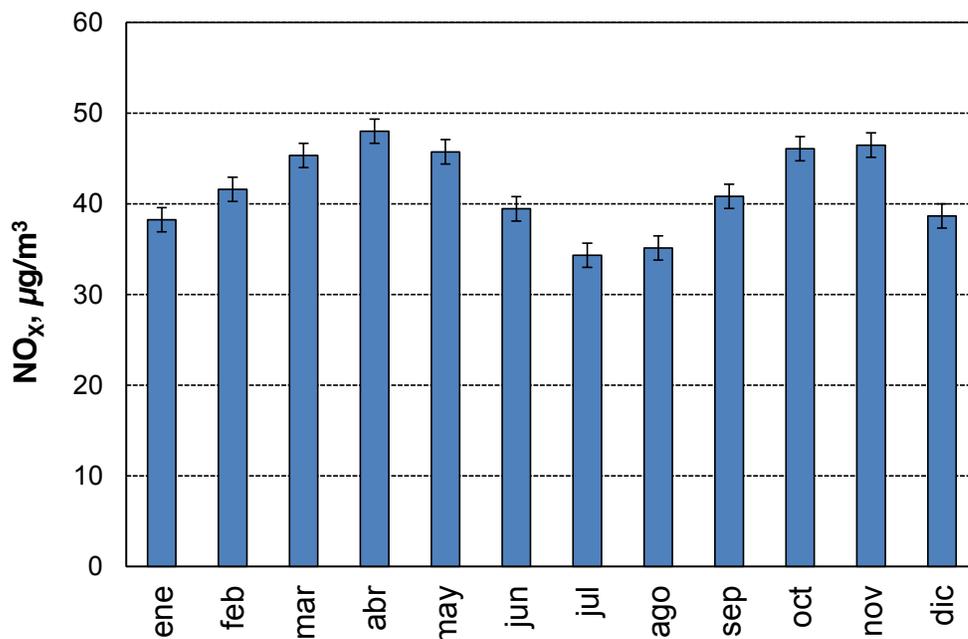
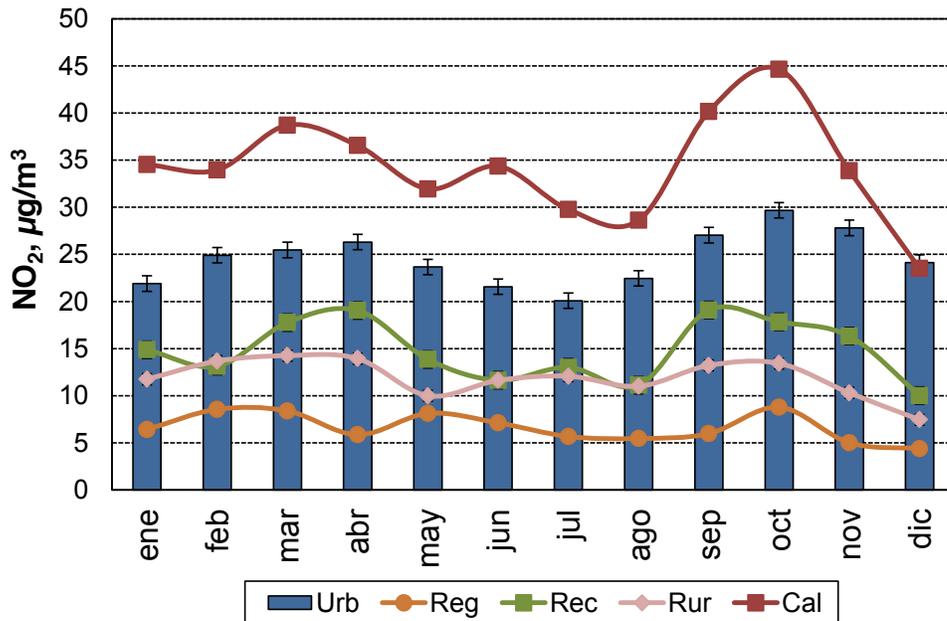


Figura 2.27. Concentraciones en promedio anual de NOx (µg/m³) para el año 2013 por estaciones automáticas

Los resultados de medición del dióxido de nitrógeno, NO₂ para el 2013 (figura 2.28) muestran que las concentraciones de este contaminante a nivel de calle son 30% mayores que los valores en estaciones regionales urbanas. De igual manera, se observa que a nivel rural las concentraciones son del 50% que el regional urbano y similares a las monitoreadas en el interior de parques metropolitanos. Las concentraciones menores se las encontró en blancos regionales como Nono, Cruz Loma y Lloa donde las concentraciones son del 30% del regional urbano.



NO ₂ 2013, µg/m ³	Cot	Car	Bel	Cam	Cen	Gua	Chi
Promedio anual	19	19	28	31	29	20	25
Máximo horario	76 21/sep	86 21/feb	115 24/sep	109 23/mar	88 17/sep	131 17/sep	91 02/abr
Máximo diario	38 21/sep	43 18/oct	76 25/sep	52 09/nov	50 09/nov	37 29/nov	47 11/abr

Figura 2.28. Concentraciones promedio mensual de NO₂ (µg/m³) para el año 2013 para estaciones fondo urbano regional (Urb), blanco regional (reg), parques metropolitanos (rec) y parroquial rurales (rur)

La concentración media anual máxima establecida por la NECA (40 µg/m³), fue superada en sectores como Basílica, Marín, Necochea y Cumbayá. En las estaciones regionales urbanas no se supera la norma (Figura 2.29).

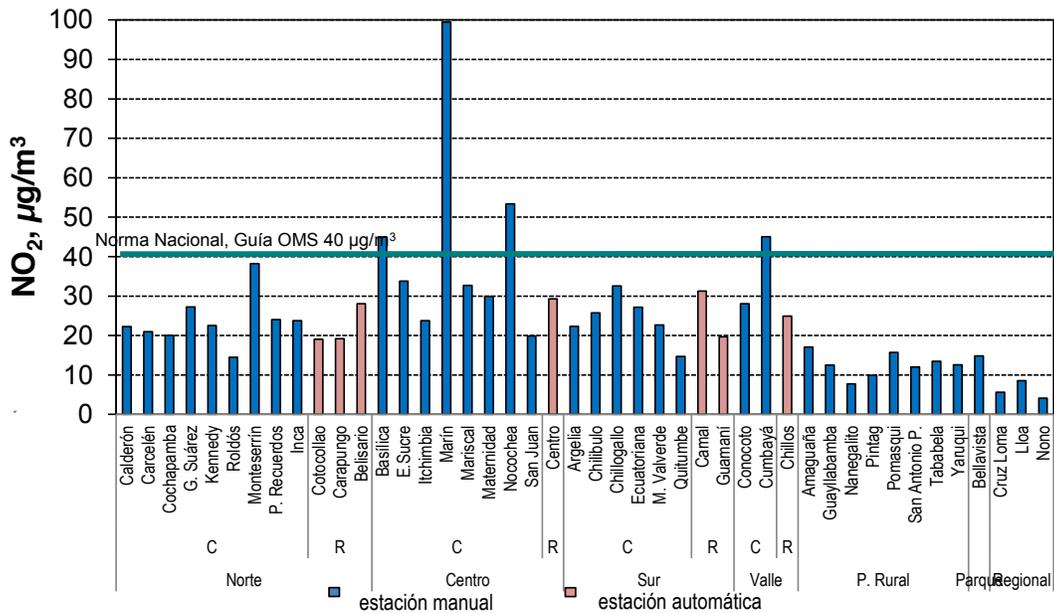


Figura 2.29. Concentraciones medias del año 2013 de NO₂ (µg/m³) por estación, Nivel de calle (C) y Nivel regional (R)

La concentración máxima en una hora para el NO₂ (200 µg/m³) según lo establecido en la NECA, no fue superada en ninguna de las estaciones automáticas, el valor más alto fue de 131 (µg/m³) registrado en la estación Guamaní (figura 2.30).

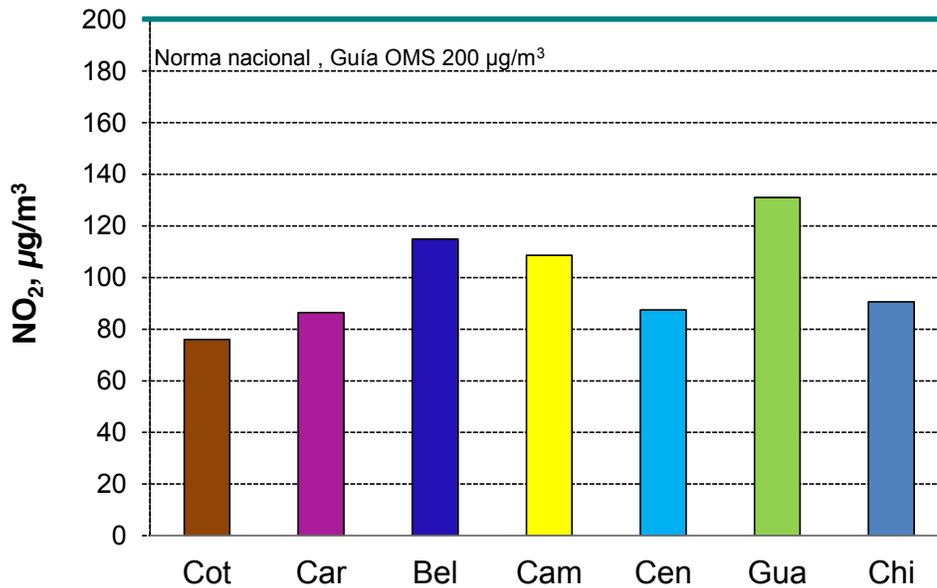


Figura 2.30. Concentraciones máximas de NO₂ (µg/m³) en una hora durante el año 2013

En la figura 2.31, se observa la tendencia del NO₂ en todas las estaciones para el período 2004 a 2012. En lo que se refiere al promedio horario, a partir de 2006 no existe superación de norma en ninguna de las estaciones. La tendencia anual muestra que no existió superación de norma durante todo el período de muestreo de diez años.

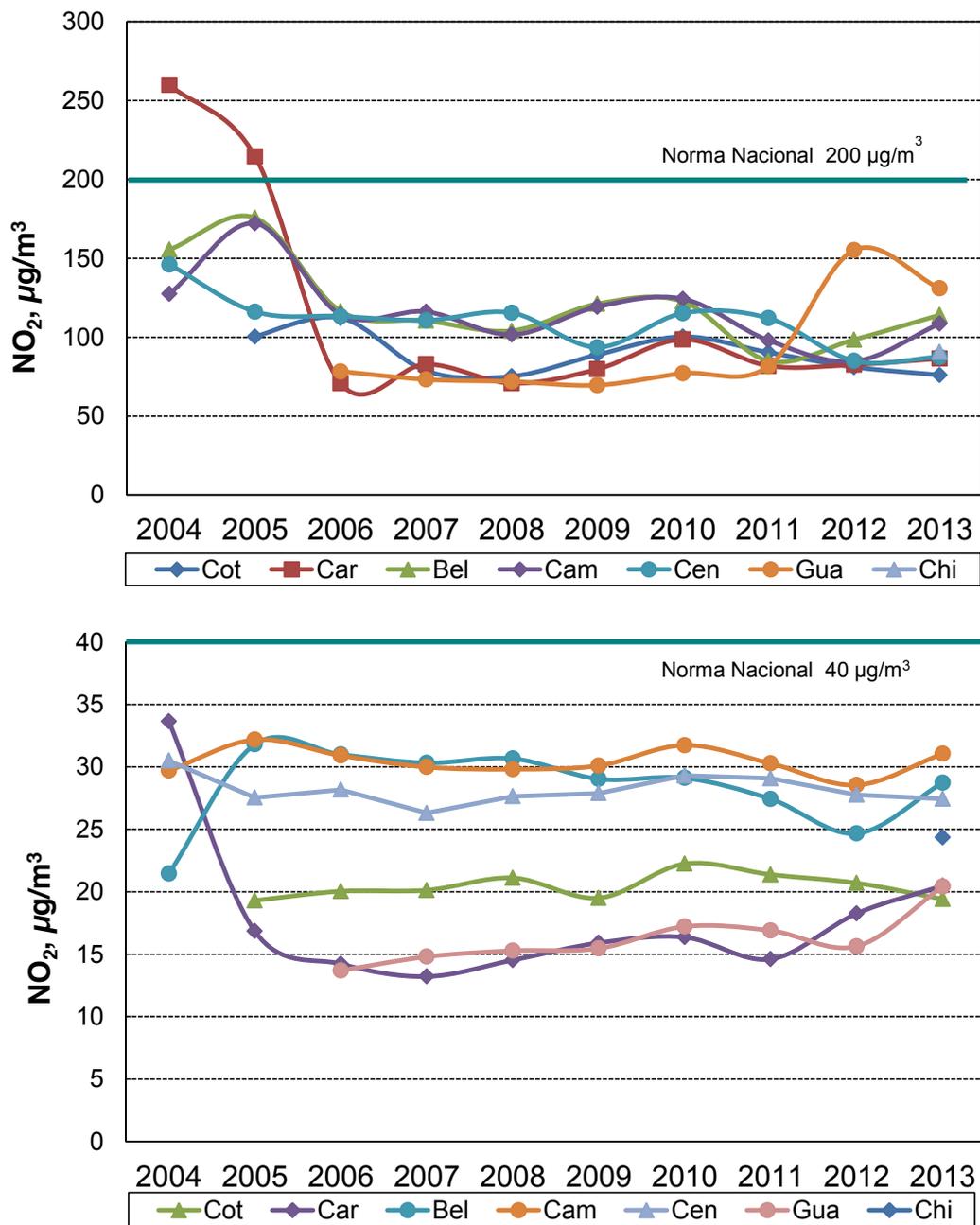


Figura 2.31. Tendencias para NO₂ (µg/m³) a) concentración máxima horaria y b) anual, 2004-2013

2.3. Contaminantes Tóxicos

2.3.1. Benceno

El benceno forma parte de los compuestos orgánicos volátiles (VOC) y es un carcinógeno humano. Las emisiones se deben principalmente al tráfico vehicular, por autos a gasolina. El benceno se produce por la combustión incompleta de los combustibles, el aceite lubricante del motor y adicionalmente por la evaporación de los combustibles del sistema del vehículo. Esto ocurre cuando se realiza una conducción alborotada o luego de finalizar la conducción cuando el vehículo está caliente. La Norma Ecuatoriana NTE INEN 935 establece como contenidos máximos de benceno, el 1 y 2% en volumen, para las gasolinas de 87 octanos (Extra) y de 92 octanos (Súper), respectivamente.

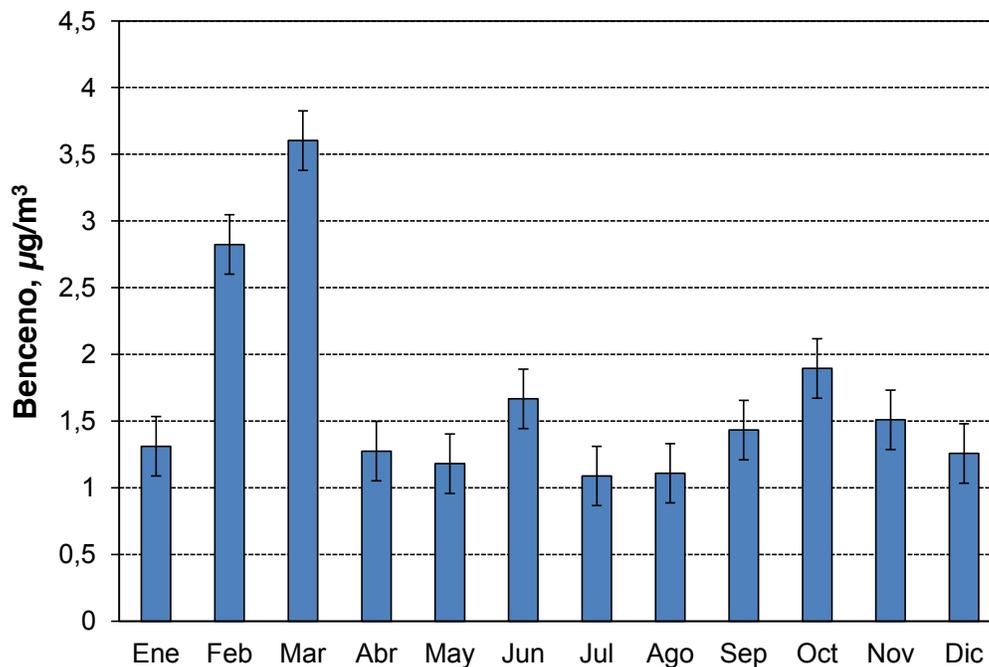


Figura 2.32. Concentraciones medias mensuales para el año 2013 de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

En la figura 2.32 se presentan las concentraciones mensuales registradas en el año 2013 para el benceno. Se observa que en los meses de febrero y marzo las concentraciones son significativamente mayores que el resto del año. Este incremento en las concentraciones durante estos meses, se registró en sector de Monteserrín y el Inca, principalmente. Esto se debe a los trabajos de repavimentación del sector y el incremento de la movilización hacia el nuevo aeropuerto. Mismo que durante esos dos primeros meses de operación, provocó congestiones.

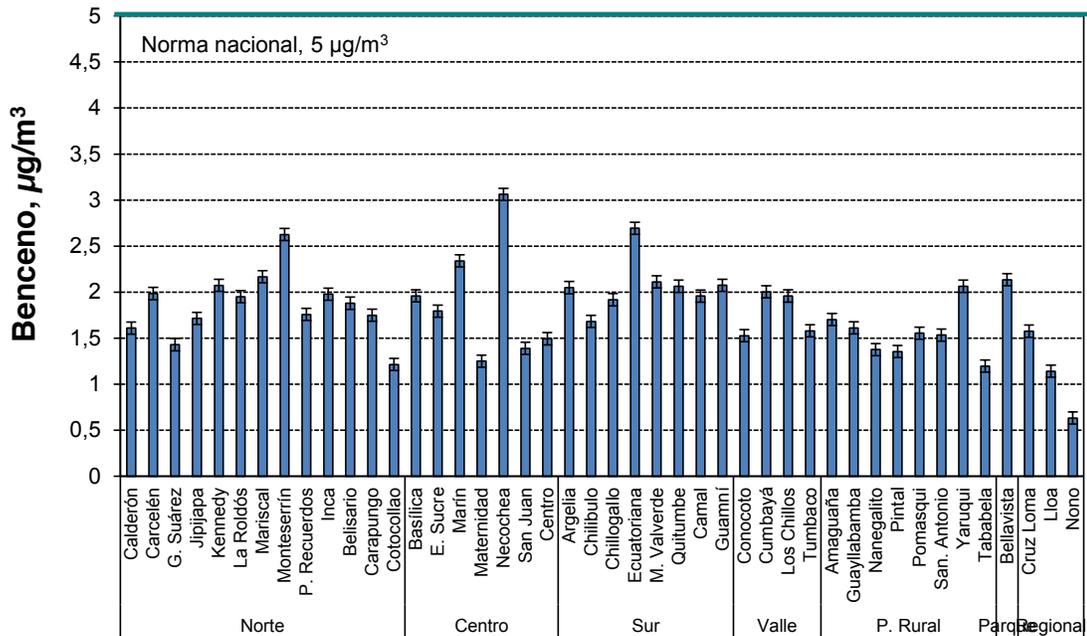


Figura 2.33. Concentraciones medias del año 2013 de benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por estación

El promedio anual general para benceno durante el año 2013 fue de $1.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$, menor a lo que establece la NECA. Las estaciones con concentraciones más elevadas son la Necochea ($3.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ecuadoriana ($2.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Monteserrín ($2.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (ver figura 2.33).

La tendencia de este contaminante en las estaciones críticas de contaminación (figura 2.34) muestra que el nivel de benceno ha mantenido una tendencia permanente hacia la disminución desde el año 2010, luego de lo cual no han existido excedencias a la NECA.

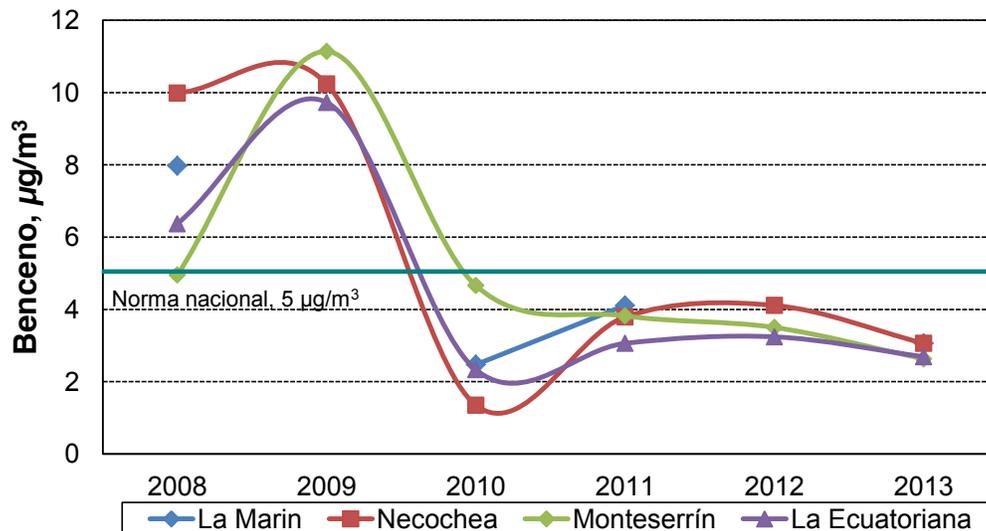


Figura 2.34. Tendencias benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2008-2012 estaciones críticas

3. Meteorología

El año 2013 fue un año con una precipitación menor que el año anterior. Los meses de junio y julio fueron los más secos de los últimos cinco años y las lluvias de abril y mayo fueron similares a las registradas en el año 2008. La temperatura durante los seis primeros meses del año fue ligeramente superior al año 2012, durante el resto del año las temperaturas son similares. La temperatura promedio fue de 15.1°C.

Las presiones fueron incrementándose a partir de enero hasta el mes de mayo paulatinamente al igual que las precipitaciones. Junio fue un mes de transición en el cual hubo un descenso ligero de presión para luego registrar un incremento brusco que se mantuvo durante junio y julio, lo que proporcionó dos meses de verano secos y días muy despejados (julio y agosto). A partir de septiembre la presión vuelve a bajar bruscamente con lo que las precipitaciones reaparecen alcanzando el máximo en el mes de octubre.

3.1. Temperatura

Durante el año 2013, la menor temperatura (6,45 °C) se registró el 25 de abril en el sector de Los Chillos y la máxima (28 °C) el 28 de enero en el sector de Tumbaco.

Los meses con menores temperatura promedio fueron los meses de febrero y mayo, con una temperatura de 14,5 °C, similar al promedio plurianual. El resto de meses de 2013 tuvieron temperaturas significativamente mayores que este promedio llegando a una diferencia máxima de 1,2 °C en el mes de febrero. El mes más caluroso fue enero, seguido por marzo y junio.

Temperatura , oC 2013	Cotacollo	Carapungo	Belisario	El Camal	Tumbaco	Los Chillos
--------------------------	-----------	-----------	-----------	----------	---------	-------------

Promedio plurianual (2007-2012)	13,6	14,3	13,7	13,9	15,9	15,3
Máximo horario	23,0 21-sep	23,6 21-sep	23,8 21-sep	23,0 21-sep	28,0 29-ene	27,4 29-ene
Mínimo horario	7,1 03-nov	8,1 14-jul	7,0 13-nov	8,2 03-nov	6,8 25-abr	6,5 25-abr

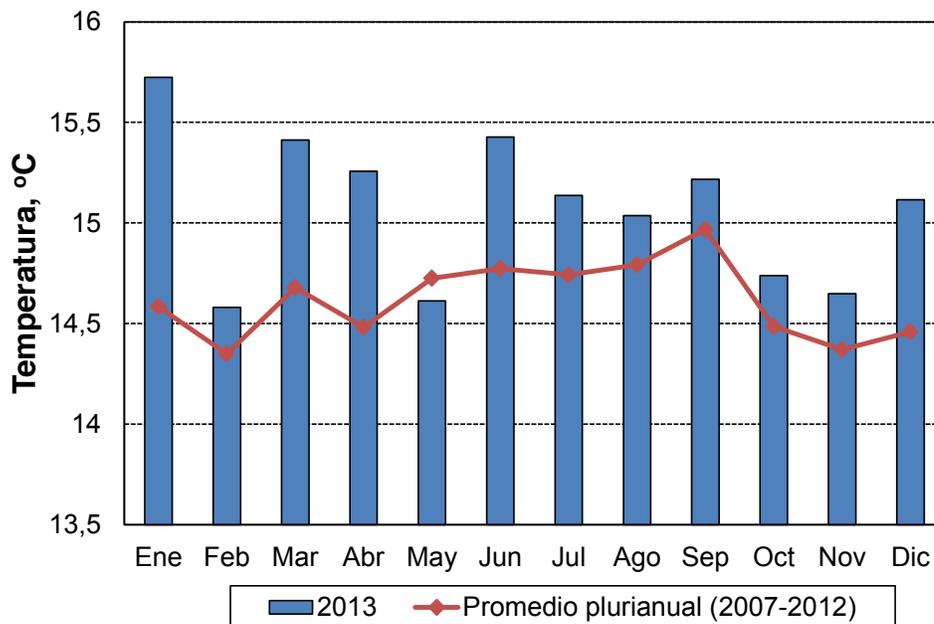


Figura 3.1. Análisis de la temperatura en el DMQ, 2013 y plurianual

3.2. Presión

Durante el año 2013, la presión tuvo un comportamiento similar a la media plurianual, sin embargo para los meses de julio y agosto se observa un incremento significativo de la misma. El análisis mostró que en este período se mantuvo un clima más despejado y seco que el promedio de los últimos cinco años.

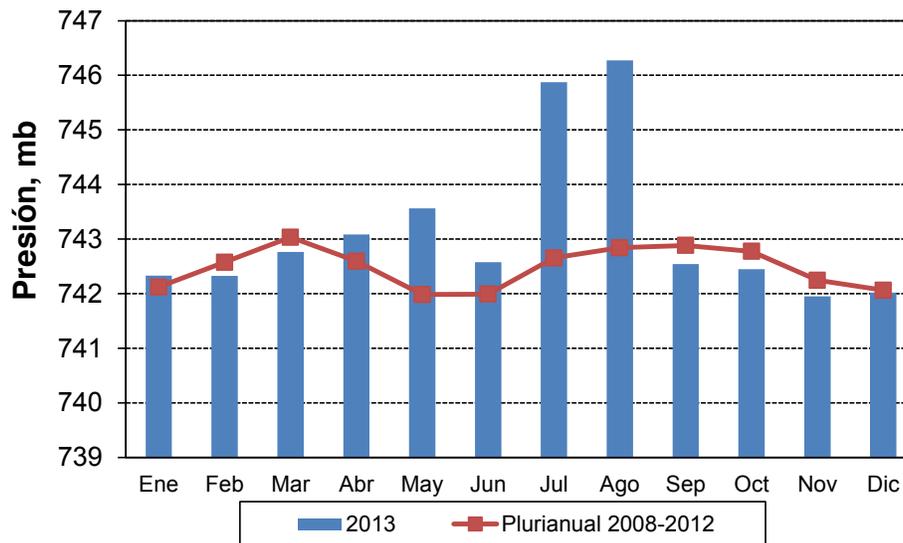


Figura 3.1. Análisis de la presión en el DMQ, 2013 y plurianual

3.3. Vientos

La dirección del viento durante el año 2013 mantiene la tendencia del análisis plurianual de los cinco años anteriores. Sin embargo, a partir de agosto la intensidad de vientos provenientes del sur y sur-oeste, se incrementan significativamente, debido al cambio de presiones por alta radiación e incremento de temperatura.

En Cotacollao y Carapungo los vientos predominantes han sido en los últimos cinco años sobre los 90% provenientes del norte y nor-este. A partir de agosto el viento cambia con dirección sur-norte. Cabe recalcar que en este sector del DMQ se encuentra gran cantidad de material particulado proveniente de resuspensión, baja intensidad de lluvias y la explotación de canteras.

En la estación Los Chillos, la dirección predominante es proveniente del norte y nor-este, de esta forma las emisiones de la Termoeléctrica son arrastradas hacia las zonas de San Rafael. Durante el segundo semestre del año, la dirección de viento también proviene del sur. Debido a la característica topográfica de valle, los contaminantes no se dispersan fácilmente, distribuyéndose a lo largo y ancho del valle y escapando por las zonas de mejor relieve, hacia la zona urbana de la ciudad (Trébol, Monteserrín)

Los vientos en el sector de la estación el Camal, soplan preferencialmente de este a oeste y de norte a sur. De esta manera, los gases provenientes de la termoeléctrica que ingresan al sector urbano, son arrastrados hacia este sector.

La estación Belisario muestra que los vientos predominantes soplan de sur a norte y de sur –este a nor-oeste. Esto provoca que los contaminantes provenientes del norte y este de la ciudad se dirijan hacia las laderas del Pichincha.

En el valle de Tumbaco, los vientos preferenciales soplan del nor-este a sur-oeste, seguidos por vientos de norte a sur.

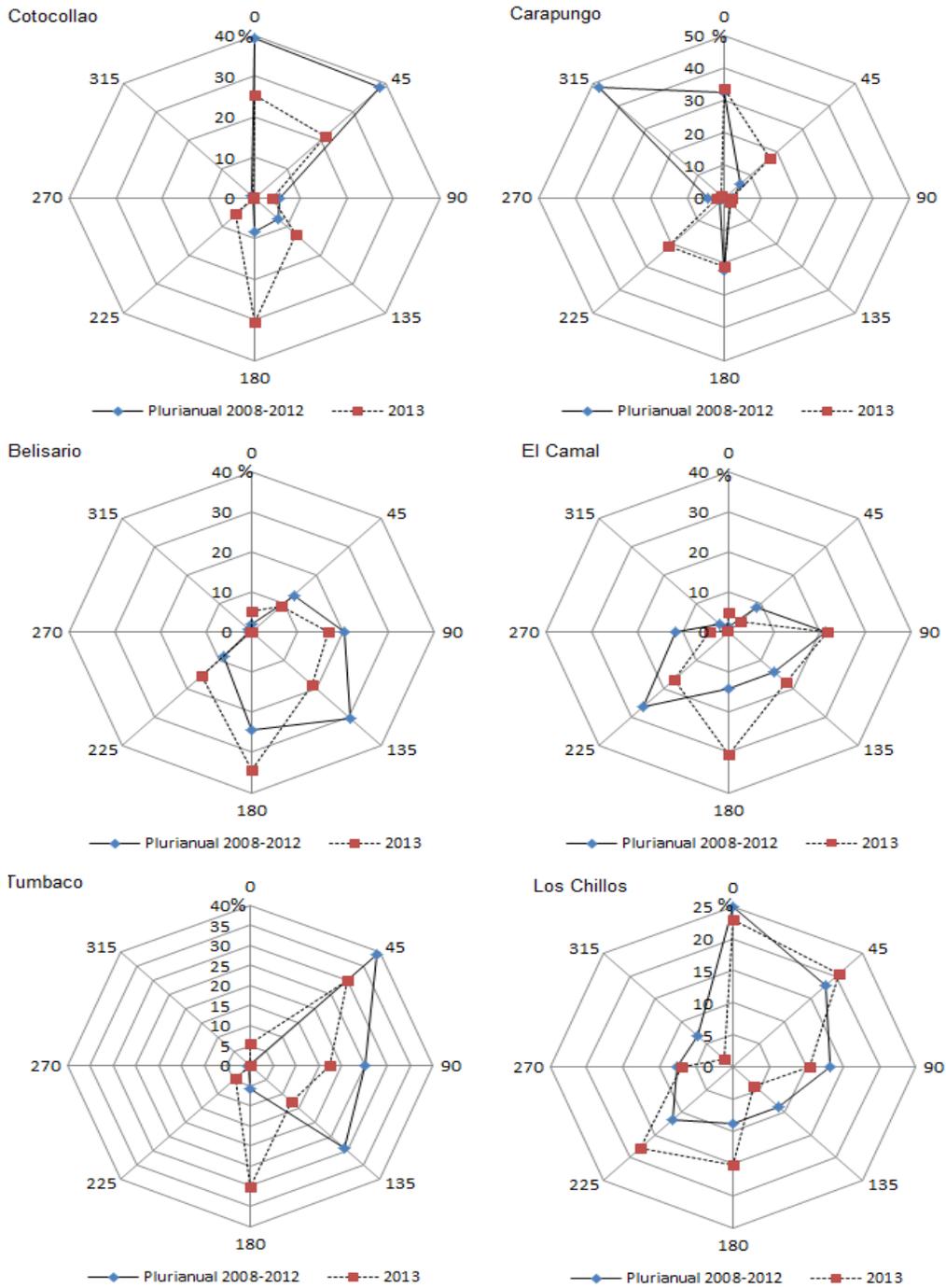


Figura 3.2. Análisis de la dirección de vientos en el DMQ, 2013 y plurianual

3.4. Velocidad de viento

Los máximos promedios diarios de viento para el 2013 se registraron en los meses de julio y agosto, con un máximo de 5,6 m/s el 28 de julio en Cotocollao, el máximo horario se registró en Carapungo (9,7 m/s) el 27 de abril. En 2013 el viento sopló con velocidades cercanas al promedio plurianual, con valores más altos en los meses de enero, marzo, abril, junio, julio y noviembre. El promedio mensual más elevado fue en julio con un valor de 2,2 m/s, esto sumado a la alta presión (días secos y despejados) causan una de las concentraciones de PM₁₀ más elevadas del año. Por el contrario el mes de febrero con las menores velocidades de viento (1.65 m/s) y baja presión, presentó la menor concentración promedio mensual de PM₁₀.

Temperatura , °C 2013	Cotocollao	Carapungo	Belisario	El Camal	Tumbaco	Los Chillios
Promedio plurianual (2008-2012)	1,7	1,6	1,7	1,6	1,2	1,6
Máximo diarias	5,6 28-jul	3,6 28-ago	3,8 27-jul	3,6 27-jul	3,0 26-jul	2,8 17-ago
Máximo horaria	7,8 29-jul	9,7 17-abr	5,6 16-jul	7,0 01-nov	6,2 08-ene	7,1 10-sep
Máximo 10 minutos	8,6 08-jun	11,4 17-abr	6,4 16-jul	7,5 11-nov	7,6 29-abr	7,7 16-sep

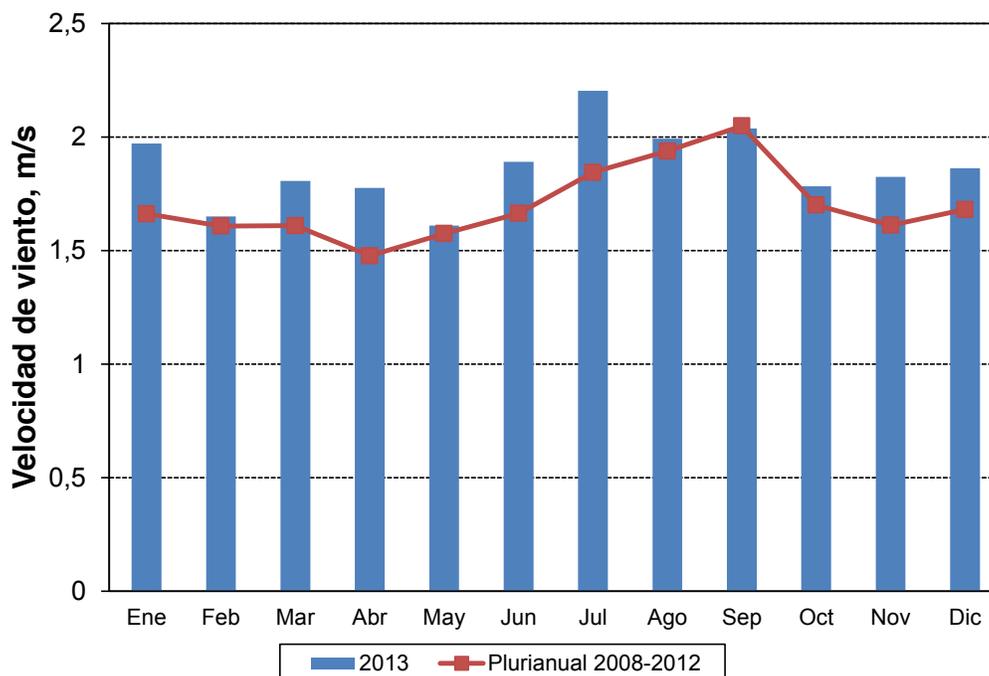


Figura 3.3. Análisis de la velocidad de vientos en el DMQ, 2013 y plurianual

3.5. Radiación Solar

La radiación solar se ve afectada por la nubosidad. Afecta sobre como el aire se mueve verticalmente y por lo tanto afecta a la dilución de la contaminación del aire. La radiación solar también afecta a la rapidez con que las superficies se secan.

En el DMQ el mes de mayo se caracteriza por ser lluvioso, sin embargo el año 2013 presentó menores niveles de radiación que el promedio de los cinco años anteriores, al igual que el mes de febrero. Por el contrario, enero fue el mes más soleado del año y tuvo significativamente más radiación solar que el promedio de los cinco años anteriores.

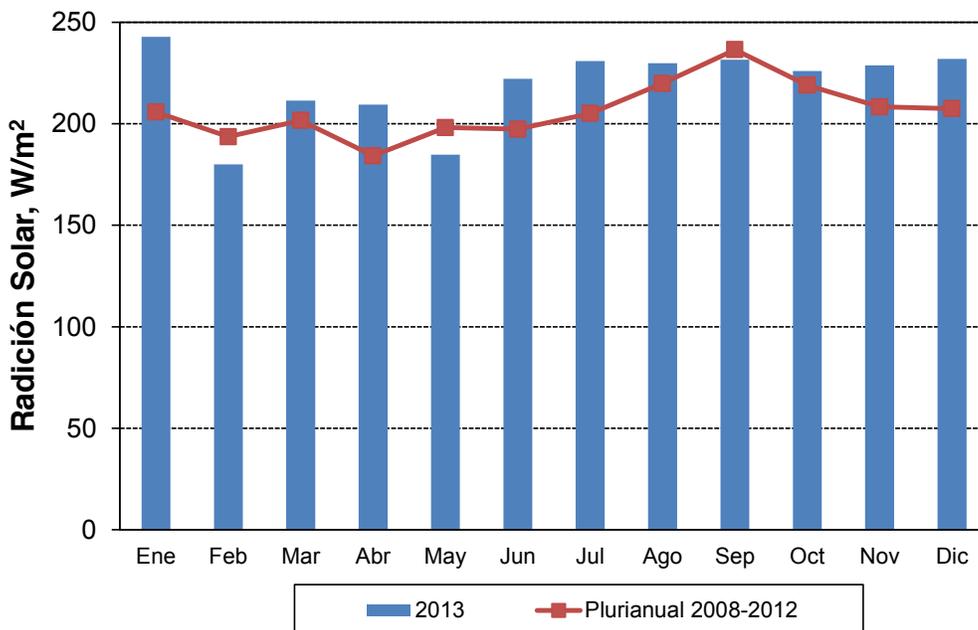


Figura 3.4. Análisis de la radiación en el DMQ, 2013 y plurianual

3.6. Precipitación

En la estación Los Chillos se presenta la mayor precipitación horarias y diaria del 2013 analizado (41.8 y 51,9 mm), en el mes de abril y enero respectivamente. El acumulado mensual más alto se registró en mayo con 161.7 mm, mayor al promedio de los cinco últimos años.

La precipitación de febrero, más alta que el promedio de los últimos cinco años, debido a la baja presión, tuvo un efecto reductor en los niveles de PM₁₀ evitando la resuspensión de material depositado en las vías y terrenos sin recubrimiento. Los meses de enero, marzo, junio y noviembre, presentaron porcentajes de precipitación significativamente menores que el promedio de los cinco últimos años. La precipitación promedio anual para el año analizado fue de 876 mm, que es más de 200 mm menor que la media plurianual de 1110 mm de los últimos 5 años, sin embargo similar a la precipitación para el año 2009.

Precipitación , mm 2013	Cotacollao	Carapungo	Belisario	El Camal	Guamani	Tumbaco	Los Chillos

Máximo diarias	30,0 13-ene	31,6 14-oct	32,7 20-mar	41,8 10-mar	37,9 04-feb	38,3 16-mar	51,9 24-ene
Máximo horaria	15,8 23-abr	20,0 29-sep	21,6 05-may	34,3 28-oct	20,7 16-abr	25,4 16-mar	41,8 28-abr

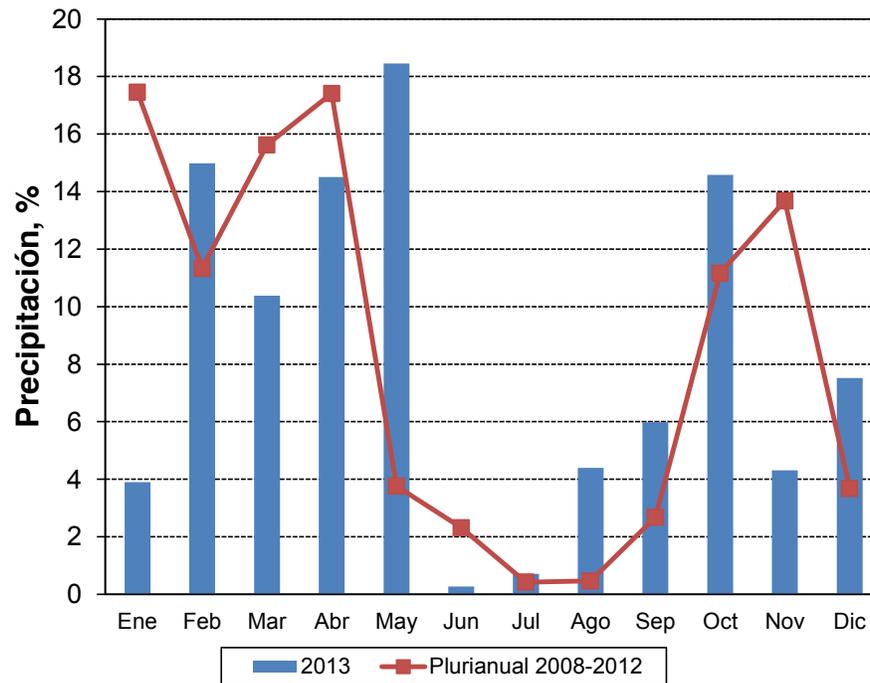


Figura 3.5. Histograma de precipitación en el DMQ, 2013 y pluriannual