



INFORME NACIONAL DE CALIDAD DE AIRE DE BOLIVIA - 2015



RED
de **MoniCA**
RED DE MONITORIO DE LA CALIDAD DEL AIRE



COMPLEMENTACIÓN DEL:
"INFORME NACIONAL
DE CALIDAD DEL AIRE DE BOLIVIA,
GESTIONES 2014 - 2015"

INFORME FINAL

Red de Monitoreo de la Calidad del Aire

Red MoniCA

Con el apoyo de la Cooperación Suiza en Bolivia a través de:

Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico

Swisscontact

15 DE MARZO DEL 2016

RED MoniCA

RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

CRÉDITOS

Ing. Pablo Aldunate Mendoza

CONSULTOR ELABORACIÓN INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE 2015

Ing. Eduardo J. Palma Dávalos

SUPERVISOR INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE 2015

AGRADECIMIENTOS

El Ministerio de Medio Ambiente y Agua agradece al Proyecto Aire Limpio de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), ejecutado por Swisscontact, e instancias ambientales municipales de Cochabamba, La Paz, El Alto, Santa Cruz, Potosí, Oruro, Sucre, Tarija, Trinidad, Quillacollo y Sacaba que participan activamente en la Red MoniCA.

Un agradecimiento especial a las instancias ambientales de los municipios de Cobija, Achocalla y Montero quienes brindaron su incondicional apoyo, humano y logístico, para la realización de las campañas de muestreo.

La colaboración de todos ellos fue importante para contar con este último informe a nivel nacional sobre la calidad del aire en Bolivia.

ÍNDICE GENERAL

INFORME FINAL “INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOLIVIA, GESTIONES 2014 - 2015”	1
Resumen Ejecutivo	1
Capítulo 1 Antecedentes	3
1.1. La importancia de medir la calidad del aire.....	3
1.2. Antecedentes de la creación de la Red MoniCA en Bolivia	3
1.3. Otros informes nacionales realizados	4
Capítulo 2 Gestión de la calidad del aire	5
Capítulo 3 Monitoreo de la calidad del aire	8
3.1. Contaminantes atmosféricos	8
3.2. Metodologías de muestreo de la calidad del aire.....	9
3.3. Límites máximos permisibles de la calidad del aire	10
3.4. Índice de la calidad del aire	11
3.5. Red de monitoreo de la calidad del aire	12
3.6. Objetivo de la Red MoniCA	16
Capítulo 4 Resultados de Monitoreo del 2014 y 2015 (datos recolectados de las Redes MoniCA existentes).....	17
4.1. Trinidad	18
4.2. Sucre.....	26
4.3. Cochabamba	35
4.4. Quillacollo	43
4.5. Sacaba	50
4.6. Tiquipaya.....	53
4.7. Achocalla	55
4.8. El Alto	58
4.9. La Paz	66
4.10. Oruro	76
4.11. Cobija	79
4.12. Potosí.....	83
4.13. Montero	91
4.14. Santa Cruz de la Sierra	94
4.15. Tarija	104
Capítulo 5 Episodios Importantes relacionados a la contaminación atmosférica 2014 - 2015 (datos recolectados de las Redes MoniCA existentes).....	112
5.1. San Juan	112
5.2. Día Nacional del Peatón	120
Capítulo 6 Índices de contaminación atmosférica (ICA) por ciudades y por contaminante	123
6.1. Material Particulado en suspensión PM10.....	123
6.2. Dióxido de nitrógeno NO2	127
6.3. Ozono superficial O3	129
Capítulo 7 Análisis de la Continuidad y Calidad del Monitoreo 2014 -2015	131

7.1. Trinidad	131
7.2. Sucre.....	131
7.3. Cochabamba	132
7.4. Quillacollo	133
7.5. Sacaba	133
7.6. Tiquipaya.....	133
7.7. El Alto	134
7.8. La Paz	134
7.9. Oruro.....	135
7.10. Potosí.....	135
7.11. Santa Cruz de la Sierra	136
7.12. Tarija	136
7.13. Comentarios y observaciones generales.....	137
Capítulo 8 Conclusiones.....	139
Capítulo 9 Recomendaciones	142
Capítulo 10 Bibliografía	144

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 - Límites máximos permisibles	11
Tabla 2 - Índice de la calidad del aire	12
Tabla 3 - Información general del municipio, Trinidad	18
Tabla 4 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Trinidad	20
Tabla 5 - Información general del municipio, Sucre.....	26
Tabla 6 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Sucre.....	28
Tabla 7 - Información general del municipio, Cochabamba	35
Tabla 8 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Cochabamba	36
Tabla 9 - Información general del municipio, Quillacollo	43
Tabla 10 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Quillacollo	43
Tabla 11 - Información general del municipio, Sacaba	50
Tabla 12 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Sacaba	50
Tabla 13 - Información general del municipio, Tiquipaya.....	53
Tabla 14 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Tiquipaya.....	53
Tabla 15 - Información general del municipio, Achocalla	55
Tabla 16 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Achocalla	55
Tabla 17 - Información general del municipio, El Alto	58
Tabla 18 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, El Alto	59
Tabla 19 - Información general del municipio, La Paz	66
Tabla 20 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, La Paz	67
Tabla 21 - Información general del municipio, Oruro.....	76
Tabla 22 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Oruro.....	77
Tabla 23 - Información general del municipio, Cobija	79
Tabla 24 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Cobija	80
Tabla 25 - Información general del municipio, Potosí.....	83
Tabla 26 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Potosí.....	84
Tabla 27 - Información general del municipio, Montero	91
Tabla 28 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Montero	91
Tabla 29 - Información general del municipio, Santa Cruz.....	94
Tabla 30 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Santa Cruz.....	95
Tabla 31 - Información general del municipio, Tarija	104
Tabla 32 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Tarija	105
Tabla 33 - Porcentaje de datos obtenidos por año, por parámetro y por tecnología	138

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de precipitación y temperatura Trinidad 2014	19
Figura 2 - Diagrama de precipitación y temperatura Trinidad 2015	19
Figura 3 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Trinidad 2014, 2015	19
Figura 4 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Trinidad ...	20
Figura 5 - Muestreo activo de PM10, Trinidad 2014	21
Figura 6 - Muestreo activo de PM10, Trinidad 2015	21
Figura 7 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Trinidad	22
Figura 8 - Muestreo pasivo de NO2, Trinidad 2014	23
Figura 9 - Muestreo pasivo de NO2, Trinidad 2015	23
Figura 10 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Trinidad	24
Figura 11 - Muestreo pasivo de O3, Trinidad 2014	25
Figura 12 - Muestreo pasivo de O3, Trinidad 2015	25
Figura 13 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Trinidad	25
Figura 14 - Diagrama de precipitación y temperatura Sucre 2014	26
Figura 15 - Diagrama de precipitación y temperatura Sucre 2015	27
Figura 16 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Sucre 2014, 2015	27
Figura 17 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Sucre	28
Figura 18 - Muestreo activo de PM10, Sucre 2014	29
Figura 19 - Muestreo activo de PM10, Sucre 2015	30
Figura 20 - Muestreo automático de PM10, Sucre 2014	30
Figura 21 - Muestreo automático de PM10, Sucre 2015	31
Figura 22 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Sucre	31
Figura 23 - Muestreo pasivo de NO2, Sucre 2014	32
Figura 24 - Muestreo pasivo de NO2, Sucre 2015	32
Figura 25 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Sucre	33
Figura 26 - Muestreo pasivo de O3, Sucre 2014	34
Figura 27 - Muestreo pasivo de O3, Sucre 2015	34
Figura 28 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Sucre	34
Figura 29 - Diagrama de precipitación y temperatura Cochabamba 2014	35
Figura 30 - Diagrama de precipitación y temperatura Cochabamba 2015	35
Figura 31 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Cochabamba	35
Figura 32 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Cochabamba	36
Figura 33 - Muestreo automático de PM10, Cochabamba 2014	37
Figura 34 - Muestreo automático de PM10, Cochabamba 2015	37
Figura 35 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Cochabamba	38
Figura 36 - Muestreo automático de NO2 1 h, Cochabamba 2014	39
Figura 37 - Muestreo automático de NO2 1 h, Cochabamba 2015	39
Figura 38 - Muestreo automático de NO2 24 h, Cochabamba 2014	40
Figura 39 - Muestreo automático de NO2 24 h, Cochabamba 2015	40
Figura 40 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Cochabamba	41
Figura 41 - Muestreo automático de O3 8 h, Cochabamba 2014	41
Figura 42 - Muestreo automático de O3 8 h, Cochabamba 2015	42
Figura 43 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Cochabamba	42
Figura 44 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Quillacollo	43
Figura 45 - Muestreo activo de PM10, Quillacollo 2014	44
Figura 46 - Muestreo activo de PM10, Quillacollo 2015	44

Figura 47 - Muestreo automático de PM10, Quillacollo 2014	45
Figura 48 - Muestreo automático de PM10, Quillacollo 2015	45
Figura 49 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Quillacollo	46
Figura 50 - Muestreo pasivo de NO2, Quillacollo 2014	46
Figura 51 - Muestreo pasivo de NO2, Quillacollo 2015	47
Figura 52 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Quillacollo	47
Figura 53 - Muestreo pasivo de O3, Quillacollo 2014	48
Figura 54 - Muestreo pasivo de O3, Quillacollo 2015	48
Figura 55 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Quillacollo	49
Figura 56 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Sacaba ..	51
Figura 57 - Muestreo activo de PM10, 24 h, Sacaba	51
Figura 58 - Muestreo pasivo de NO2, 7 d, Sacaba	52
Figura 59 - Muestreo pasivo de O3, 7 d, Sacaba	52
Figura 60 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Tiquipaya 53	
Figura 61 - Resultados de muestreo automático de PM10, 24 h, Tiquipaya 2015	54
Figura 62 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Achocalla 55	
Figura 63 - Resultados de muestreo activo de PM10, 24 h, Achocalla	56
Figura 63 - Muestreo pasivo de NO2, 7 d, Achocalla	56
Figura 64 - Muestreo pasivo de O3, 7 d, Achocalla	57
Figura 65 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, El Alto 2014, 2015	58
Figura 66 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, El Alto ...	59
Figura 67 - Muestreo activo de PM10, El Alto 2014	60
Figura 68 - Muestreo activo de PM10, El Alto 2015	60
Figura 69 - Muestreo automático de PM10, El Alto 2014	61
Figura 70 - Muestreo automático de PM10, El Alto 2015	61
Figura 71 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, El Alto	62
Figura 72 - Muestreo pasivo de NO2, El Alto 2014	62
Figura 73 - Muestreo pasivo de NO2, El Alto 2015	63
Figura 74 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, El Alto	63
Figura 75 - Muestreo pasivo de O3, El Alto 2014	64
Figura 76 - Muestreo pasivo de O3, El Alto 2015	64
Figura 77 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, El Alto	65
Figura 78 - Diagrama de precipitación y temperatura La Paz 2014	66
Figura 79 - Diagrama de precipitación y temperatura La Paz 2015	66
Figura 80 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, La Paz 2014, 2015	67
Figura 81 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, La Paz ...	68
Figura 82 - Muestreo activo de PM10, La Paz 2014	68
Figura 83 - Muestreo activo de PM10, La Paz 2015	69
Figura 84 - Muestreo activo de PM2.5, La Paz 2015	69
Figura 85 - Muestreo automático de PM10, La Paz 2014	70
Figura 86 - Muestreo automático de PM10, La Paz 2015	70
Figura 87 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, La Paz	71
Figura 88 - Muestreo pasivo de NO2, La Paz 2014	71
Figura 89 - Muestreo pasivo de NO2, La Paz 2015	72
Figura 90 - Muestreo automático de NO2 1 h, La Paz 2014	72
Figura 91 - Muestreo automático de NO2 24 h, La Paz 2014	73
Figura 92 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, La Paz	73
Figura 93 - Muestreo pasivo de O3, La Paz 2014	74
Figura 94 - Muestreo pasivo de O3, La Paz 2015	74
Figura 95 - Muestreo automático de O3 8 h, La Paz 2014	75
Figura 96 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, La Paz	75
Figura 97 - Diagrama de precipitación y temperatura Oruro 2014	76
Figura 98 - Diagrama de precipitación y temperatura Oruro 2015	76
Figura 99 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Oruro	77

Figura 100 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Oruro ...	77
Figura 101 - Resultados de muestreo automático de PM10, 24 h, Oruro 2015	78
Figura 102 - Diagrama de precipitación y temperatura Cobija 2014	79
Figura 103 - Diagrama de precipitación y temperatura Cobija 2015	79
Figura 104 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Cobija	80
Figura 105 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Cobija ..	80
Figura 106 - Resultados de muestreo activo de PM10, 24 h, Cobija 2015	81
Figura 107 - Muestreo pasivo de NO2, 7 d, Cobija 2015	81
Figura 108 - Muestreo pasivo de O3, 7 d, Cobija 2015	82
Figura 109 - Diagrama de precipitación y temperatura Potosí 2014	83
Figura 110 - Diagrama de precipitación y temperatura Potosí 2015	83
Figura 111 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Potosí	84
Figura 112 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Potosí ..	85
Figura 113 - Muestreo activo de PM10, Potosí 2014	85
Figura 114 - Muestreo activo de PM10, Potosí 2015	86
Figura 115 - Muestreo automático de PM10, Potosí 2014	86
Figura 116 - Muestreo automático de PM10, Potosí 2015	87
Figura 117 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Potosí	87
Figura 118 - Muestreo pasivo de NO2, Potosí 2014	88
Figura 119 - Muestreo pasivo de NO2, Potosí 2015	88
Figura 120 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Potosí	89
Figura 121 - Muestreo pasivo de O3, Potosí 2014	89
Figura 122 - Muestreo pasivo de O3, Potosí 2015	90
Figura 123 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Potosí	90
Figura 124 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Montero	91
Figura 125 - Resultados de muestreo activo de PM10, 24 h, Montero	92
Figura 126 - Muestreo pasivo de NO2, 7 d, Montero	93
Figura 127 - Muestreo pasivo de O3, 7 d, Montero	93
Figura 128 - Diagrama de precipitación y temperatura Santa Cruz 2014	94
Figura 129 - Diagrama de precipitación y temperatura Santa Cruz 2015	94
Figura 130 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Santa Cruz	95
Figura 131 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Santa Cruz	96
Figura 132 - Muestreo activo de PM10, Santa Cruz 2014	97
Figura 133 - Muestreo activo de PM10, Santa Cruz 2015	97
Figura 134 - Muestreo automático de PM10, Santa Cruz 2014	98
Figura 135 - Muestreo automático de PM10, Santa Cruz 2015	98
Figura 136 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Santa Cruz	99
Figura 137 - Muestreo pasivo de NO2, Santa Cruz 2014	99
Figura 138 - Muestreo pasivo de NO2, Santa Cruz 2015	100
Figura 139 - Muestreo automático de NO2 1 h, Santa Cruz 2015	100
Figura 140 - Muestreo automático de NO2 24 h, Santa Cruz 2015	101
Figura 141 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Santa Cruz	101
Figura 142 - Muestreo pasivo de O3, Santa Cruz 2014	102
Figura 143 - Muestreo pasivo de O3, Santa Cruz 2015	102
Figura 144 - Muestreo automático de O3 8 h, Santa Cruz 2015	103
Figura 145 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Santa Cruz	103
Figura 146 - Diagrama de precipitación y temperatura Tarija 2014	104
Figura 147 - Diagrama de precipitación y temperatura Tarija 2015	104
Figura 148 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Tarija 2014, 2015	105
Figura 149 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Tarija ..	106
Figura 150 - Muestreo activo de PM10, Tarija 2014	106
Figura 151 - Muestreo activo de PM10, Tarija 2015	107

Figura 152 - Muestreo automático de PM10, Tarija 2014	107
Figura 153 - Muestreo automático de PM10, Tarija 2015	108
Figura 154 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Tarija	108
Figura 155 - Muestreo pasivo de NO2, Tarija 2014	109
Figura 156 - Muestreo pasivo de NO2, Tarija 2015	109
Figura 157 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Tarija	110
Figura 158 - Muestreo pasivo de O3, Tarija 2014	110
Figura 159 - Muestreo pasivo de O3, Tarija 2015	111
Figura 160 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Tarija	111
Figura 161 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, Trinidad	113
Figura 162 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, Sucre	113
Figura 163 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, Sucre	114
Figura 164 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, Cochabamba	114
Figura 165 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, Cochabamba	115
Figura 166 - Muestreo de PM10 en San Juan, Quillacollo	115
Figura 167 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, El Alto	116
Figura 168 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, El Alto	116
Figura 169 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, La Paz	117
Figura 170 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, La Paz	118
Figura 171 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, Potosí	118
Figura 172 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, Potosí	119
Figura 173 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, Tarija	119
Figura 174 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, Tarija	120
Figura 175 - Muestreo de CO en el día del peatón, La Paz	121
Figura 176 - Muestreo de NO2 en el día del peatón, La Paz	121
Figura 177 - Muestreo de NO2 en el día del peatón, Cochabamba SE	122
Figura 178 - Muestreo de NO2 en el día del peatón, Cochabamba PK	122
Figura 179 - Índices de contaminación atmosférica PM10 (diario), Redes MoniCA	124
Figura 180 - Índices de contaminación atmosférica PM10 (diario), Redes MoniCA	125
Figura 181 - Índices de contaminación atmosférica PM10 (diario), Redes MoniCA	126
Figura 182 - Índices de contaminación atmosférica PM10 (diario), Redes MoniCA	127
Figura 183 - Índices de contaminación atmosférica NO2 (diario), Redes MoniCA	128
Figura 184 - Índices de contaminación atmosférica NO2 (diario), Redes MoniCA Santa Cruz NO2	128
Figura 185 - Índices de contaminación atmosférica O3 (8 horas), Redes MoniCA	129
Figura 186 - Índices de contaminación atmosférica O3 (8 horas), Red MoniCA Santa Cruz O3	130

PRESENTACIÓN

INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE 2015

El Ministerio de Medio Ambiente y Agua, el Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal, a través del Programa Nacional de Gestión de Calidad del Aire (PNGCA) dependiente de la Unidad de Programas de Medio Ambiente y Evaluación de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola de la Dirección General de Medio Ambiente y Cambios Climáticos tiene el agrado de presentar el Informe Nacional de Calidad del Aire correspondiente a la gestión 2015.

Este informe incluye datos de monitoreo de calidad del aire a partir de la información recopilada por los municipios de La Paz, El Alto, Santa Cruz, Cochabamba, Quillacollo, Oruro, Potosí, Sucre, Tarija, Trinidad y Sacaba que son parte de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire (Red MoniCA); así como de otros municipios de interés nacional y departamental como Cobija, Achocalla y Montero.

Los resultados producto de este trabajo muestran la calidad del aire del período comprendido entre enero a diciembre de 2015, este esfuerzo permite tener una mejor comprensión del comportamiento de la contaminación atmosférica durante un año completo (considerándose la época seca y húmeda). Este Informe se constituye en un instrumento que debe servir para la toma de acciones específicas asumidas por parte de las Gobernaciones y Municipios con el fin de reducir los niveles de contaminación para bien de nuestro ambiente y de la salud de la población boliviana.

Esperamos que este documento sirva de referencia y fuente de información sobre la calidad del aire a nivel nacional, tanto para la población en general como para las autoridades nacionales, departamentales y municipales.

Lic. María Alexandra Moreira López
Ministra de Medio Ambiente y Agua

Lic. Cynthia Viviana Silva Maturana
**Viceministra de Medio Ambiente,
Biodiversidad, Cambios Climáticos y de
Gestión y Desarrollo Forestal**

Ing. Karla Stephanie Villegas Flores
**Directora General de Medio Ambiente y
Cambios Climáticos**

INFORME FINAL
“INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOLIVIA,
GESTIONES 2014 - 2015”

Resumen Ejecutivo

La contaminación atmosférica constituye uno de los principales problemas ambientales en los centros urbanos de muchos países. Así, la calidad del aire se ve afectada por las emisiones de contaminantes atmosféricos que provienen principalmente del parque automotor. El Proyecto Aire Limpio de la Cooperación Suiza ejecutado por Swisscontact junto con Universidades y Gobiernos Municipales de Bolivia han implementado desde el año 2001 Redes de Monitoreo de la Calidad del Aire (Red MoniCA) y por su parte, desde el año 2009, el Ministerio de Medio Ambiente y Agua impulsó anualmente la elaboración de los Informes Nacionales de Calidad del Aire. Es importante para las instituciones reguladoras como el Ministerio de Medio Ambiente y Agua a través de sus instancias respectivas, monitorear las condiciones y la cobertura del área estudiada para determinar el comportamiento de los contaminantes e implementar políticas de reducción de la contaminación atmosférica.

La implementación de un sistema integral de gestión de la calidad del aire en las ciudades de Bolivia permite el adecuado control de emisiones e inmisiones contaminantes, entendiéndose por gestión de la calidad del aire las acciones a realizar para adecuar o mantener los niveles de contaminación atmosférica en rangos permisibles, cualesquiera que sean las causas de la misma, y que garanticen que las materias o formas de energía, incluidos los posibles ruidos y vibraciones, presentes en el aire no impliquen molestia grave, riesgo o daño inmediato o diferido, para las personas y para los bienes de cualquier naturaleza (Asociación Española para la Calidad -AEC-2013).

Durante el presente trabajo se ha realizado la recopilación de datos de medición de contaminantes atmosféricos generados por las redes de monitoreo de calidad del aire de las ciudades de La Paz, El Alto, Cochabamba, Santa Cruz, Quillacollo, Oruro, Potosí, Sucre, Tarija, Trinidad y Tiquipaya. Así mismo, se ha recolectado información de datos meteorológicos, parque automotor y población. En los municipios que no cuentan con redes de monitoreo de calidad del aire se realizó la medición directa de dióxido de nitrógeno, Ozono superficial y material particulado en coordinación con personal técnico de cada Gobierno Municipal. Toda esta información fue sistematizada y analizada independientemente para cada municipio.

Como resultado se puede observar la presencia de niveles de contaminación diversos, según la ciudad y según las estaciones de monitoreo en cada una de ellas. Los niveles de contaminación

más críticos con respecto a los límites máximos permitidos son registrados para PM10, siendo que las concentraciones de este contaminante superan frecuentemente, en muchas de las estaciones de monitoreo, los mencionados límites tanto en periodos de exposición aguda (días, semanas) como en periodos de exposición crónica (meses, años), implicando un riesgo significativo para la población expuesta. Se han encontrado niveles de NO2 moderados siendo que en periodos de exposición agudos los límites no son superados en ninguna de las estaciones de monitoreo. Por otro lado en periodos crónicos de exposición, los límites máximos permitidos son superados en algunas de las estaciones de monitoreo. En el caso de O3 los niveles encontrados son bajos de modo que los límites máximos permitidos no son superados en ninguna ocasión y en periodos crónicos de exposición los límites solo son superados en una sola estación en la ciudad de Potosí

Se ha observado que varias ciudades del país ya tienen importantes avances en el monitoreo de la calidad del aire por lo que se deberían plantear objetivos más ambiciosos y de mayor alcance, con visión más integral de la problemática de la calidad del aire, el establecimiento de criterios respaldados científicamente que validen acciones de reducción de la contaminación, la generación de políticas nacionales para el control y la reducción de la contaminación del aire, la determinación de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población y la evaluación de la efectividad de futuras medidas contra la generación y el control de la contaminación atmosférica así como el mantenimiento de la educación y la información de la población.

Capítulo 1

Antecedentes

1.1. La importancia de medir la calidad del aire

La contaminación atmosférica constituye uno de los principales problemas ambientales en los centros urbanos de muchos países. Así la calidad del aire se ve afectada por las emisiones de contaminantes atmosféricos que provienen principalmente del parque automotor. En ciudades de latino américa como México DF o Santiago de Chile, presentan serios problemas de calidad del aire y los principales centros urbanos de Bolivia no están exentos de estos, por ello, los esfuerzos de varias instituciones públicas y privadas han logrado implementar en algunas ciudades acciones de Gestión de la Calidad del Aire durante los últimos años, con el fin de evaluar los efectos negativos sobre la salud de la población y el medio ambiente.

Al conocer la evolución de la calidad del aire de los centros urbanos más poblados y/o más importantes de Bolivia se logra tener una base de datos enfocada a la toma de decisiones para la generación de políticas ambientales en coordinación con diversos sectores de la población involucrados en la temática de contaminación atmosférica y así poder afianzar alianzas estratégicas de gestión.

1.2. Antecedentes de la creación de la Red MoniCA en Bolivia

El Proyecto Aire Limpio de la Cooperación Suiza ejecutado por Swisscontact junto con Universidades y Gobiernos Municipales del eje troncal de Bolivia han implementado desde el año 2001 Redes de Monitoreo de la Calidad del Aire (Red MoniCA) en las ciudades de La Paz, El Alto, Cochabamba y Santa Cruz. En los años 2012 y 2013 se implementaron Redes de Monitoreo de la Calidad del Aire en las ciudades de Trinidad, Quillacollo, Oruro, Potosí, Sucre y Tarija y finalmente el 2015 en la ciudad de Tiquipaya, todas estas con el objetivo de medir los niveles de contaminación atmosférica a la que está expuesta la población. Estas redes conforman la denominada Red MoniCA Bolivia.

La Red MoniCA se introduce como una herramienta necesaria dentro del marco de la gestión de la calidad del aire y proporciona la base del conocimiento y criterios para la implementación de políticas de reducción de la contaminación atmosférica.

1.3. Otros informes nacionales realizados

El año 2009 el Ministerio de Medio Ambiente y Agua impulsó a la elaboración de un Informe Nacional de Calidad del Aire del 2008-2009, a través de la recopilación los datos de la Red MoniCA existentes, lo propio se hizo para las gestiones 2009-2010, 2010-2011 y 2012-2014. Con la finalidad de establecer programas de monitoreo de la calidad del aire en coordinación con los Gobiernos Municipales se realizaron mediciones en los Municipios de La Guardia, Montero, Puerto Suarez (Santa Cruz); Quillacollo, Sacaba, SipeSipe (Cochabamba) y Viacha (La Paz), como también en los Municipios principales de las ciudades de Oruro, Potosí, Sucre, Tarija, Trinidad y Cobija, además de los datos recopilados en La Paz, El Alto, Santa Cruz, y Cochabamba, por la Red MoniCA.

Es importante para las instituciones reguladoras como el Ministerio de Medio Ambiente y Agua a través de sus instancias respectivas, monitorear periódicamente las condiciones y la cobertura del área estudiada para determinar el comportamiento de los contaminantes e implementar políticas de reducción de la contaminación atmosférica.

Se han realizado cuatro campañas de medición de la calidad del aire a nivel nacional en gestiones anteriores: la primera en capitales principales y las tres últimas en capitales principales y ciudades secundarias. En base a estas experiencias, se ha visto la necesidad de mantener un monitoreo continuo en los municipios donde se cuentan con datos de calidad del aire, de modo que sea posible implementar políticas de gestión de control de la contaminación atmosférica.

Bajo este contexto el Ministerio de Medio Ambiente y Aguas a través de la Dirección General de Medio Ambiente y Cambios Climáticos, dependiente del Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal, en fecha 17 de agosto de 2015 publicó la convocatoria de consultoría individual por producto para la elaboración del Informe Nacional de la Calidad del Aire 2014 - 2015, cuya fecha límite de presentación de propuestas y apertura de sobres de realizó a horas 10:00 del día 24 de agosto de 2015.

Habiéndose emitido la correspondiente adjudicación en fecha 27 de agosto de 2015 mediante nota MMAyA/DGAA/UA/CNTR/1165/2015 y habiéndose protocolizado y realizado la firma del contrato N° 362 en fecha 02 de septiembre del 2015, la Dirección General de Medio Ambiente y Cambios Climáticos emitió el día 07 de septiembre de 2015, mediante nota CAR/MMAYA/VMABCCGDF/DGMACC/UPMA N° 0653/2015, la orden de proceder para que las actividades de la consultoría iniciaran a partir de esa misma fecha.

Capítulo 2

Gestión de la calidad del aire

Se entiende por gestión de la calidad del aire las acciones a realizar para conseguir la adecuación de los niveles de contaminación atmosférica, cualesquiera que sean las causas que la produzcan, que garanticen que las materias o formas de energía, incluidos los posibles ruidos y vibraciones, presentes en el aire no impliquen molestia grave, riesgo o daño inmediato o diferido, para las personas y para los bienes de cualquier naturaleza (Asociación Española para la Calidad -AEC-2013).

La implementación de un sistema integral de gestión de la calidad del aire en ciudades de Bolivia, que permita el control de emisiones e inmisiones contaminantes imprescindiblemente deberá implicar actividades que puedan dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Quién contamina?
- ¿Con qué contamina?
- ¿Por qué contamina?
- ¿Cuánto contamina?
- ¿Cuáles son los efectos de esta contaminación?
- ¿Cómo disminuir esta contaminación?
- ¿Quiénes se benefician al reducir la contaminación?

Responder efectivamente a estas cuestiones implica el desarrollo de diferentes sistemas o herramientas que permitan efectuar con exactitud y confiabilidad la cuantificación de las cargas de contaminación del aire generadas por cada tipo de fuente (móviles, fijas, de área, naturales y otras) y por grupos de fuentes similares en el área afectada, para poder identificar la naturaleza, magnitud y causas de los problemas de contaminación existentes, así como para formular estrategias para reducir estos problemas, desarrollando métodos para obtener esta información, incluyendo el monitoreo directo e indirecto de las descargas, los sistemas de control relacionados, las técnicas de evaluación rápida, además del desarrollo de la legislación pertinente.

En función a las preguntas planteadas, a continuación se describen las actividades estratégicas que debe contener un plan de gestión que brinde una solución integral y factible a la problemática de la contaminación atmosférica. Es oportuno mencionar que, si bien todas las actividades a mencionarse pueden estar interrelacionadas, ninguna de ellas es un requisito técnicamente indispensable para la implementación de las demás.

Inventarios de emisiones: Brinda un conocimiento confiable acerca de las fuentes que emiten contaminantes atmosféricos y la medida en que lo hacen, así mismo identifica el tipo de contaminantes emitidos. Al hacer esto, proporciona la justificación para implementar medidas de control sobre los sectores involucrados (Inventario de emisiones del municipio de La Paz, 2007). En Bolivia ya se han desarrollado estudios preliminares que han identificado al parque automotor como la fuente de contaminación atmosférica más importante (se estima que más del 70% de la contaminación atmosférica es generada por el parque automotor), ya que nuestras ciudades no son altamente industrializadas.

Seguimiento y control de emisiones: Pueden enfocarse inicialmente en los dos tipos de fuentes de emisión de contaminantes más controlables (móviles y fijas). En cuanto a las fuentes móviles es imprescindible contar con un sistema como los centros de diagnóstico vehicular, que cumplen doble función, al efectuar en una revisión técnica el estado mecánico de los vehículos (dirección, suspensión, frenos, dispositivos de seguridad, etc.), así como el control de la cantidad y calidad de sus emisiones de escape. Un vehículo en buen estado de operación mecánica y con un adecuado mantenimiento preventivo es menos propenso a sufrir accidentes producidos por desperfectos, reduce su consumo de combustible y reduce también sus emisiones contaminantes.

El seguimiento y control sobre fuentes fijas puede recularse a través del cumplimiento de la reglamentación general y específica de la Ley de Medio Ambiente N° 1333 (RPGA RMCA, RASIM, RASH, RAAM, RPCA).

Seguimiento y control de inmisiones: Las redes de monitoreo de contaminantes atmosféricos proporcionan datos de vital importancia con respecto a calidad del aire presente en áreas determinadas, constituyéndose en el instrumento ideal que mide el efecto producido por cualquier actividad desarrollada a favor o en desmedro de los niveles de contaminación atmosférica. Así mismo identifica períodos críticos, zonas de mayor riesgo por exposición a contaminantes, etc.

Legislación ambiental: La legislación ambiental específica actualizada y a medida de la realidad de cada país es sin duda una parte fundamental del sistema, ya que proporciona los lineamientos y políticas que van a regir el comportamiento tanto de las autoridades, como de la población en cuanto al cuidado de la calidad del aire.

Participación inclusiva y responsabilidades: El apoyo interinstitucional es de suma importancia para estructurar una red de control adecuada, que involucre a instituciones como Gobierno Nacional, Gobiernos Departamentales, Gobiernos Municipales, Policía Nacional, Universidades y ONGs, ya que cada uno de estos guarda estrecha relación con diferentes niveles de acción aplicables tanto de forma directa como indirecta hacia las instituciones y hacia la población.

Difusión, socialización, sensibilización y educación: La participación y aceptación de la población es la que valida cualquier iniciativa o actividad propuesta por instancias gubernamentales, por lo que una constante y fuerte campaña de difusión, socialización, sensibilización y educación es imprescindible.

Indicadores de impacto: Bajo la directriz de trabajar en beneficio de la población, es necesario fundamentar las decisiones tomadas generando indicadores coherentes para los efectos obtenidos con cualquier medida aplicada.

Tras esta serie de actividades estratégicas se esperaría conseguir un impacto positivo que siga la cadena de sucesos ilustrada por el siguiente ejemplo:

- Revisión técnica vehicular obligatoria,
- Detección y corrección de desperfectos de operación,

- Vehículos en mejor estado de operación,
- Reducción de índices de accidentes por desperfectos mecánicos,
- Reducción de consumo de combustibles,
- Reducción de niveles de emisión de contaminantes atmosféricos,
- Mejoramiento de la calidad del aire,
- Reducción de índice de enfermedades respiratorias producidas por contaminación del aire,
- Reducción de gastos por consultas médicas por afecciones respiratorias,
- Mejoramiento de la calidad de vida.

Monitoreo de la calidad del aire

3.1. Contaminantes atmosféricos

De acuerdo a la Norma Boliviana NB 62011:2008, Calidad del aire - Contaminantes criterio exterior - Límites máximos permisibles del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), se establece los siguientes contaminantes criterio con sus correspondientes definiciones y descripciones:

Monóxido de carbono (CO): El CO es un gas incoloro, casi inodoro, insípido e inflamable. El CO se produce, principalmente, a partir de la combustión incompleta de materiales orgánicos y normalmente está presente en cantidades traza en la atmósfera. En concentraciones mayores a 0,01 %, el CO es altamente tóxico. La afinidad del CO con la hemoglobina, con la que forma carboxihemoglobina, es de 200 veces a 300 veces mayor a la del oxígeno. Por lo tanto, el CO reduce la capacidad de transporte de oxígeno de la hemoglobina y, en concentraciones elevadas, el CO puede conducir a la muerte por hipoxia (IBNORCA, 2008).

Ozono (O₃): El O₃ es el alótropo triatómico del oxígeno, es un gas azul pálido con un olor áspero y desagradable característico. El O₃ es un oxidante altamente reactivo, muy tóxico y en concentraciones mayores de 125 µg/m³, es considerado un contaminante importante. En la troposfera, el O₃ se forma principalmente debido a reacciones fotoquímicas con hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. El O₃ es un gas relativamente insoluble en agua. Cuando el O₃ reacciona, causa efectos tóxicos en la superficie de las vías respiratorias menores. La dosis-respuesta es mayor en los bronquiolos terminales y respiratorios. En contraste con el NO₂ y el SO₂, existe alteración en la función pulmonar, tanto en asmáticos, como en individuos sanos. No obstante, todavía no se ha llegado a comprender la gran variabilidad de las respuestas individuales (IBNORCA, 2008).

Dióxido de nitrógeno (NO₂): El NO₂ es un gas inflamable, pardo-rojizo, oxidante, con un fuerte olor desagradable que junto a las partículas en suspensión forman una capa entre rojiza y marrón que cubre muchas zonas urbanas (IBNORCA, 2008). La presencia de óxidos de nitrógeno en el aire de las ciudades se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y en las fábricas. Cuanto mayor sea la temperatura de la combustión, mayor es la probabilidad de que se formen estos compuestos. Contribuye al efecto invernadero (absorbe 200 veces más radiación infrarroja que el CO₂) y afecta a la destrucción de

la capa de ozono, incrementándose la presencia del mismo en la atmósfera como consecuencia de las emisiones procedentes de la descomposición de materia orgánica nitrogenada.

Material particulado con diámetro equivalente menor a 10 micrómetros (PM10): Las PM10 son partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire, compuestas por una química diversa y tamaño menor a 10 μm como diámetro aerodinámico. Las PM10 son también llamadas partículas gruesas y se originan en procesos mecánicos, como erosión, o por quema incompleta de material orgánico, formando humos. Las PM10 logran entrar al sistema respiratorio hasta la región traqueobronquial y se acumulan en los pulmones, contribuyendo al daño del tejido pulmonar y a la disminución de la función pulmonar. Los efectos de las PM10 sobre la salud de las personas dependen de la composición química del material, por tanto no existe un valor umbral único (IBNORCA, 2008).

Dióxido de azufre (SO₂): El SO₂ es un gas incoloro producto de la oxidación de materiales que contienen azufre (por ejemplo: productos pirotécnicos). El SO₂ es un gas reactivo que en contacto con vapor de agua forma ácidos. La principal fuente natural son los volcanes activos y la principal fuente antropogénica es la quema de combustibles fósiles (carbón y petróleo). Los efectos principales del SO₂ en la salud incluyen impactos en la respiración, afecciones respiratorias, debilitamiento de las defensas pulmonares, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares ya existentes y muerte. Entre las personas sensibles al SO₂ están los asmáticos y quienes padecen enfermedades pulmonares crónicas o afecciones cardiovasculares. Los ancianos y los niños son los más afectados por el SO₂ (Henry y Heinke, 2000) (IBNORCA, 2008).

Material particulado con diámetro equivalente menor a 2,5 micrómetros (PM2.5): Las PM2.5 también son conocidas como partículas finas. Por su tamaño, estas partículas logran ingresar hasta la región alveolar, incrementando el riesgo de padecer enfermedades crónicas cardiovasculares (IBNORCA, 2008).

Plomo (Pb): El Pb es un material pesado normalmente sólido y se introduce a la atmósfera en forma de partículas suspendidas por la quema de combustibles o pinturas que lo contienen y en procesos de fundición. La incorporación de Pb por inhalación o ingestión puede proceder de alimentos, agua, suelos o polvo. El Pb es bioacumulable y una exposición permanente a este metal generalmente provoca efectos de intoxicación crónica, también puede causar ataques, retardo mental y trastornos del comportamiento. Los fetos, los bebés y los niños son especialmente susceptibles a las dosis bajas de Pb, las cuales causan trastornos del sistema nervioso central. La incorporación de Pb puede contribuir a los problemas de hipertensión arterial y afecciones cardíacas (Henry y Heinke, 2000). Los efectos de Pb en adultos y niños pueden expresarse como la Anemia Frank (IBNORCA, 2008).

Partículas totales en suspensión (PTS): Son partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire, compuestas por una química diversa y tamaño variable (de 0,005 μm a 100 μm de diámetro aerodinámico), que pueden ser denominadas, partículas totales en suspensión (PTS). Este material se produce por la quema incompleta del combustible para motores (por ejemplo: diesel) y combustibles sólidos (por ejemplo: madera y carbón). Las partículas más estudiadas por su efecto en la salud son las partículas PM10 y PM2,5 (IBNORCA, 2008).

3.2. Metodologías de muestreo de la calidad del aire

Método pasivo: Un muestreador pasivo para especies gaseosas se define como el instrumento capaz de tomar muestras de gases o vapores contaminantes de la atmósfera a una tasa controlada por un proceso físico, como la difusión a través de un estrato estático o su permeación a través de una membrana pero sin involucrar el movimiento activo del aire. Las principales ventajas del muestreo pasivo son su simplicidad y bajo costo, por lo que son adecuadas para muchas



aplicaciones, ya sea por sí mismas o en combinación con analizadores automáticos (Martines, Romieu, 1997). En la Red MoniCA Bolivia mediante este método se realiza la determinación de Dióxido Nitrógeno (NO₂) y Ozono superficial (O₃),

Método activo: A diferencia de los muestreadores pasivos, este tipo de equipos requieren energía eléctrica para bombear el aire a muestrear a través de un medio de recolección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones más precisas. Aunque los muestreadores activos son más complejos que los pasivos, son relativamente fáciles de operar, confiables y han proporcionado la base de datos de mediciones en la mayor parte del mundo. El equipo involucra el uso de un sistema de bombeo que force a una corriente de aire medida a pasar por un sistema de recolección que puede contener un medio físico o químico, para que ésta sea recolectada o para separar de la corriente de aire el o los contaminantes que se desean muestrear (Martines, Romieu, 1997). Este método se utiliza en la Red MoniCA Bolivia para el monitoreo de partículas menores a diez micrómetros de diámetro (PM₁₀).

Método automático: Los equipos automáticos de monitoreo son los equipos en los cuales la recolección y el análisis de la muestra están combinados en un solo instrumento, que realiza mediciones de concentraciones de contaminantes de forma continua y envía la señal respuesta de estos análisis (los datos), a un mecanismo de colección de información que puede ir desde un registrador analógico hasta un sistema de computación sofisticado. Por ser instrumentos de medición continua brindan información de resolución más alta que otros métodos. Este tipo de tecnología es necesaria cuando se pretenden detectar situaciones de alerta para implementar medidas. La resolución temporal de la información brindada por los analizadores automáticos es mucho más alta (Martines, Romieu, 1997). La Red MoniCA Bolivia ya dispone de este tipo de analizadores en la mayor parte de la ciudades para el monitoreo de diferentes contaminantes.

Sensores Remotos: A diferencia de los monitores automáticos que proporcionan mediciones de un contaminante en un punto en el espacio, pueden proporcionar mediciones integradas de multicomponentes a lo largo de una trayectoria específica en la atmósfera (normalmente mayor a 100 m) y sistemas más complejos, pueden hasta proveer mediciones con rangos de resolución a lo largo de la trayectoria. Sistemas móviles pueden proporcionar mapas tridimensionales detallados de concentraciones de contaminantes dentro de un área por un período de tiempo limitado. Algunos controles remotos de contaminación se han llevado a cabo por medio de instrumentos montados en aviones o en satélites, cuyos métodos incluyen el uso de correlaciones espectrométricas, el reflejo de la luz solar en las partículas de los aerosoles, absorción infrarroja y emisión espectroscópica, láser de color y de inducción infrarroja fluorescente (DOAS, LIDAR, etc) (Martines, Romieu, 1997).

Biomonitoreo: Actualmente se ha mostrado gran interés en el uso de bioindicadores para estimar algunos factores ambientales, entre los que se incluyen la calidad del aire y particularmente en la investigación de sus efectos. El término biomonitoreo, (el cual implica generalmente el uso de plantas para monitorear el aire) cubre una multitud de muy diferentes muestreos y enfoques de análisis con muy diferentes grados de sofisticación y desarrollo (Martines, Romieu, 1997). Un contaminante es toda sustancia liberada al ambiente como resultado de actividades humanas o naturales que pueden causar daño a los organismos que en él viven. En este contexto, el empleo de bioindicadores o biomonitores adquiere relevancia debido a que permiten evaluar la magnitud de ese daño.

3.3. Límites máximos permisibles de la calidad del aire

A continuación se presenta una tabla con los límites máximos permisibles establecidos para diferentes contaminantes tanto por el Anexo 1 del Reglamento en Materia de Contaminación

Atmosférica (RMCA) de Ley de Medio Ambiente N° 1333, como por la Norma Boliviana NB 62011:2008 de IBNORCA.

Contaminante criterio	Período de exposición	Concentración límite RMCA Ley 1333	Concentración límite NB 62011:2008
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
CO	1h	40 000	30 000
	8h	10 000	10 000
O ₃	1h	236	---
	8h	---	100
	1 año	---	60
NO ₂	1h	400	200
	24 h	150	150
	1 año	---	40
PM ₁₀	24 h	150	50
	1 año	50	20
SO ₂	24 h	365	20
	1 año	80	---
PTS	24 h	260	260
	1 año	75	75
PM _{2.5}	24 h	---	25
	1 año	---	10
Pb	3 meses	1,5	---
	1 año	---	0,5

Tabla 1 - Límites máximos permisibles

Fuente: Ley 1333 y NB62011:2008

Pueden observarse diferencias significativas entre los límites máximos permisibles establecidos por el RMCA de la Ley 1333 y los establecidos por la NB 62011;2008. El presente documento contempla ambas referencias por las siguientes razones:

- Debido a aspectos de carácter legal es imprescindible considerar los límites máximos permisibles establecidos por el RMCA de la Ley 1333, pese a ser valores que datan del año 1995 y por su antigüedad se encuentran técnicamente desactualizados.
- La NB 62011:2008 cuenta con límites máximos permisibles concordantes con las recomendaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud, cuyos valores fueron actualizados el año 2006.

3.4. Índice de la calidad del aire

El Índice de la contaminación atmosférica es un valor adimensional calculado a partir de la información de la concentración de los contaminantes y de los límites permisibles especificados en la norma NB 62011. Su objetivo es facilitar la comprensión de la información sobre el riesgo por la exposición a los contaminantes del aire y las acciones de protección que se puedan realizar (IBNORCA, 2008).

La Norma Boliviana NB 62018:2008 de IBNORCA establece el procedimiento mediante el cual se puede realizar el cálculo del índice de la calidad del aire considerando las concentraciones de diferentes contaminantes atmosféricos, y asocia dicho índice a una escala de colores para su fácil socialización, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Índice de la calidad del aire		
Valor	Color	Riesgo para la salud
0-49	Verde	Muy bajo
50-100	Amarillo	Bajo
101-150	Rojo	Moderado
151-300	Café	Alto
> 300	Negro	Muy alto

Tabla 2 - Índice de la calidad del aire

El ICA asociado a cada uno de los contaminantes monitoreados se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_i = \frac{C_i * 100}{VLP_i}$$

Donde:

I_i = Índice de la calidad del aire en función de cada contaminante IPM_{10} , INO_2 , IO_3 , ICO

C_i = Concentración medida de cada contaminante CPM_{10} , CNO_2 , CO_3 , CCO

VLP_i = Valor Límite Permissible de cada contaminante $VLPPM_{10}$, $VLPNO_2$, $VLPO_3$, $VLPCO$

El ICA de cada área representativa es el mayor de los valores registrados de los índices de los contaminantes criterio (IO_3 , INO_2 , IPM_{10} , ICO), lo que significa que a mayor índice peor calidad del aire (IBNORCA, 2008).

$$ICA = \text{Max}(I_{PM_{10}}, I_{NO_2}, I_{O_3}, I_{CO})$$

Fuente: NB 62018:2008

3.5. Red de monitoreo de la calidad del aire

Una vez que se hayan definido los objetivos de monitoreo, delimitadas las áreas de estudio y los parámetros que se necesitan monitorear, se procede a realizar la organización temporal y distribución espacial de los puntos de monitoreo dentro del área de estudio, de manera que sean representativos de la calidad del aire de un lugar determinado para poder compararlos con estándares de calidad del aire, valores límites, normas, etc. Por lo tanto se definen localización y el número de estaciones de monitoreo que se requieran para cumplir con los objetivos, es decir, conformar una red de monitoreo, que es un conjunto de estaciones de muestreo, generalmente fijas y continuas, que se establecen para medir los parámetros ambientales necesarios y que cubren toda la extensión de un área determinada (Martínez, Romieu, 1997).

Debido a que las decisiones para el diseño de una red de monitoreo dependen de los objetivos del mismo, del área que se pretende cubrir, de la variabilidad espacial de los contaminantes que van a ser medidos y del requerimiento de datos, no existen reglas fijas y fáciles aplicables a todas las situaciones (Martínez, Romieu, 1997).

Existen dos enfoques en el diseño de redes, que se usan desde ciudades hasta escalas a nivel nacional. El primer enfoque utiliza un patrón de localización basado en una cuadrícula espacial donde se muestra información detallada en cuanto a la variabilidad espacial y patrones resultantes de la exposición de contaminantes. Un segundo enfoque involucra la ubicación de estaciones de monitoreo o sitios de muestreo en lugares representativos, seleccionados cuidadosamente, con base en requerimientos de uso de los datos y patrones conocidos de emisión y dispersión de los contaminantes en estudio. Este último enfoque requiere de un número menor de sitios de monitoreo, por lo que es más económico de aplicar (Martines, Romieu, 1997).

Actualmente el monitoreo en las ciudades de Bolivia se lleva a cabo en sitios seleccionados con base en la experiencia y en la información con que se cuenta para el estudio, más que en puntos de una cuadrícula, estos sitios son representativos del área que se pretende monitorear, es decir instalando estaciones que cubran zonas del centro de las ciudades, de los sectores industriales, comerciales, zonas de gran densidad de tráfico y zonas residenciales (Martines, Romieu, 1997).

Para elegir estas localizaciones se deberán tomar en cuenta una variedad de consideraciones como (Martines, Romieu, 1997):

Tipo de Emisiones y Fuentes de Emisión: La recopilación de los datos de las emisiones y de las fuentes de emisión por medio de un inventario de emisiones es uno de los primeros pasos en la selección de un sitio "inteligente" de muestreo ya que éstas nos darán una pauta de las zonas críticas que se pudieran tener en el área. En caso de no poder contar con un inventario adecuado, pueden ser útiles las estadísticas de distribución de población y de uso vehicular (Martines, Romieu, 1997).

Factores Topográficos y Meteorológicos: Como ya se mencionó, estos factores junto con los datos de las emisiones y con modelos de dispersión pueden utilizarse para dar una estimación inicial de las concentraciones de contaminantes e identificar posibles zonas críticas (Martines, Romieu, 1997).

Información de la Calidad del Aire: El monitoreo atmosférico ya se lleva a cabo en muchas grandes ciudades, lo cual nos proporciona una base de datos contra la cual podemos comparar y relacionarnos, además de que nos indica la calidad del aire del área de estudio. En los casos en los que no se cuenta con esta, se recomienda un estudio de reconocimiento para identificar los problemas de contaminación en el área (Martines, Romieu, 1997).

Otros factores: Entre estos se incluyen la información sobre uso de suelo, demografía, densidad de población y salud pública, nos sirven para identificar efectos probables, particularmente impactos en la salud pública, resultado de las exposiciones de la población a los principales contaminantes atmosféricos y número probable de habitantes que pudieran estar expuestos (Martines, Romieu, 1997).

Todo ello con la finalidad de que se determine el número de sitios apropiados para cubrir los requerimientos de datos necesarios y que cada sitio reporte los datos representativos de la calidad de aire de la zona que le corresponde.

Actualmente se pretende ubicar los sitios de muestreo en lugares donde se presenten exposiciones peligrosas o lugares de concentraciones máximas que alcancen y excedan los límites permisibles, o bien, en lugares donde se combinan alta densidad de población con pobre calidad de aire, o en zonas críticas en las que por sus condiciones topográficas y meteorológicas se dificulte la dispersión y se registren en ellas altas concentraciones de contaminantes o zonas con alta concentración de fuentes de emisión. Todos en función de los objetivos determinados para la Red (Martines, Romieu, 1997).

Densidad o número de puntos de muestreo requeridos

La densidad de los puntos de muestreo indica el número de sitios de muestreo por zona dentro de una misma área. En el caso de que se establezcan varios sitios de muestreo o de monitoreo, su número se incrementará en las zonas en las que se alcancen o excedan los valores permisibles, a mayores valores y variaciones de calidad de aire dentro de la misma zona, más sitios de muestreo se requerirán. Por ejemplo, en una zona de muestreo, se localizará una sola estación siempre y cuando esa parcela sea uniforme en cuanto a concentraciones de contaminantes, de no ser así, se requerirían dos o más estaciones por lo que se dividiría esta zona, de manera que cada estación cubra un área con características homogéneas.

Existen diferentes criterios para determinar el número de estaciones o puntos de muestreo que se aplican dependiendo de la información con que se cuenta cuando se va a implementar un estudio de monitoreo. En general el número final de estaciones seleccionado se elige en función de:

- La población que habita en el área que se pretende vigilar.
- La problemática existente en el área, que se define con base al tipo de zonas que conforma esa área y de los resultados obtenidos de tomar en cuenta, los factores y consideraciones para elegir localizaciones de zonas de muestreo.
- Los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles.

Sin embargo, antes de definir el número y la localización de los sitios de muestreo, incurriendo en realizar instalaciones costosas y difíciles de reubicar, sobre todo cuando se pretende instalar una red permanente de monitoreo de calidad de aire, se recomienda utilizar estaciones temporales o unidades móviles para llevar a cabo un sondeo de cuáles son las condiciones del lugar a muestrear principalmente cuando la información con la que se cuenta no es confiable. Esto se puede lograr con una campaña piloto de monitoreo atmosférico por lo menos un año antes de definir la ubicación final de las estaciones. También es importante mencionar la necesidad de contar con estaciones libres de influencias urbanas, que se consideren "limpias" o de fondo (Martines, Romieu, 1997).

Ya definidas las localidades o áreas donde se van a llevar a cabo los muestreos, se dividen éstas en zonas y se señala el número de los sitios de muestreo requeridos en cada zona a ser monitoreada. Se deberá tomar en cuenta, al seleccionar la ubicación de los sitios de muestreo y principalmente cuando se pretendan instalar muestreadores activos o automáticos, algunas consideraciones prácticas que necesitan tener estos sitios, como son las siguientes:

- Fácil acceso
- Seguridad contra vandalismo
- Infraestructura
- Libre de obstáculos.

Se requiere que el sitio tenga fácil acceso debido a que se tendrán que realizar visitas regulares al mismo para recolectar muestras, inspeccionarlo, calibrarlo o para su mantenimiento. Pero a su vez deberá estar protegido de posibles actos de vandalismo u otros que alteren la toma de muestras. Se recomienda que el sitio cuente con la infraestructura necesaria como electricidad y líneas de teléfono para poder operar cualquier tipo de equipo de muestreo en el sitio. En caso de contar con muestreadores automáticos el uso de líneas telefónicas es posible para el envío de datos (Martines, Romieu, 1997).

Además se presentan a continuación, los criterios de ubicación de las estaciones, planteándose los requisitos que debe de cumplir un sitio de muestreo para que la información que se obtenga del mismo sea característica de la zona de estudio (Martines, Romieu, 1997).

- Ser representativas del área donde se ubican.
- Proporcionar datos comparables con las demás estaciones.
- Ser útiles por lo menos durante todo el período de tiempo del estudio.
- Ser accesibles permanentemente.
- Contar con energía eléctrica segura. (Solamente si se utilizan equipos para muestreo activo o automático)
- Estar acondicionadas para resistir condiciones extremas de temperatura.

Clasificación de áreas

Para el monitoreo de la contaminación atmosférica en áreas metropolitanas, se distinguen básicamente cuatro clases de zonas: tráfico urbano, industria, residencia urbana y zona rural (concentración de referencia). Un monitoreo completo debería de incluir al menos tres de estas clases: orilla de carretera (exposición directa a emisiones), residencial (relacionado a la vivienda) y la concentración en áreas rurales como referencia.

Finalmente, se presentan las recomendaciones para la ubicación de puntos de muestreo que da el investigador cubano Días Veliz R.:

Para el planteamiento de la red:

1. Instalación de estaciones fijas distribuidas en forma efectiva sobre el territorio de la ciudad. Se plantea que los datos de una estación son representativos de los niveles de contaminación del aire en un radio de 1 km a su alrededor, en terreno llano y sin considerar las modificaciones originadas por las edificaciones, y que ofrecen información bastante confiable de lo que ocurre en un radio de hasta 5 km.
2. Al organizar por primera vez la vigilancia de la calidad del aire en una población, se recomienda determinar solamente dos elementos: las partículas en suspensión y el dióxido de azufre.
3. La determinación de otros contaminantes para que se hayan fijado concentraciones máximas (CMA) deberá introducirse gradualmente.
4. Los contaminantes monitoreados estarán determinados por las emisiones de las fuentes de contaminación existentes en cada territorio.

Determinación de tiempos de muestreo: duración del programa, frecuencia de muestreos y tiempo de toma de muestra

La determinación de los tiempos de muestreo dependerá del tipo de programa que se pretenda llevar a cabo. Lo primero que se tendrá que definir para cualquier tipo de programa de monitoreo, ya sea de muestreo continuo o discontinuo, será la duración del mismo. La frecuencia de muestreo y el tiempo de toma de muestra, se determinarán para programas discontinuos en función de los objetivos de monitoreo y de la calidad de los datos que se requiera para cumplir con estos objetivos (Martines, Romieu, 1997).

Duración del Programa: se define como duración de un programa de muestreo, al período de tiempo de evaluación en que se llevan a cabo las mediciones para recopilar la base de datos necesaria para cumplir con los objetivos del programa. Para mediciones permanentes de calidad

del aire, se considera como la duración de un programa de muestreo a los 12 meses que abarca un año completo del período de evaluación, porque de esta manera se toma en cuenta la injerencia de los cambios estacionales. También se pueden llevar a cabo programas semestrales de verano y de invierno, programas mensuales o hasta semanales, correlacionándolos con programas permanentes (Martines, Romieu, 1997).

Frecuencia: el término frecuencia de muestreo indica el número de muestras que se tomarán o llevarán a cabo en un intervalo de tiempo, en un punto de muestreo o en un área de muestreo, y se aplica en programas de muestreo discontinuos. Este factor es de gran importancia puesto que los valores de calidad del aire dependen en gran parte de variaciones temporales: condiciones climáticas y cambios estacionales. Estas concentraciones también varían en función del día de la semana y en un mismo día las condiciones meteorológicas y patrones de emisión, pueden producir variaciones en las concentraciones de los contaminantes.

Hay ocasiones en que los valores máximo promedio de concentraciones de contaminantes primarios se registran durante la mañana y las tardes mientras que en la noche bajan. Por lo que se recomienda establecer una frecuencia de muestreo que tome en consideración todos estos cambios de manera que el programa de monitoreo sea representativo de lo que ocurre en la zona de estudio. Durante muestreos con analizadores automáticos no se aplica este factor puesto que el muestreo se lleva a cabo continuamente durante todo el período que abarca el programa de monitoreo (Martines, Romieu, 1997).

Para establecer valores medios anuales se recomiendan muestreos individuales con una frecuencia de 1 a 2 veces por semana dependiendo de las concentraciones y variando el día de la semana (ejemplo: tomar muestreos cada seis días), de manera que se tomen muestras en todos los días de la semana. Para promedios diarios por lo menos 5 mediciones por mes, durante un año o por lo menos durante seis meses, cuando no hayan cambios estacionales muy marcados (Martines, Romieu, 1997).

Tiempo de Toma de muestra: el tiempo de toma de muestra de una lectura individual en mediciones discontinuas, corresponde al período de tiempo en que se lleva a cabo la determinación de concentraciones de los contaminantes mientras más corto es el tiempo de toma de muestra, más altos serán los valores máximos esperados. Este tiempo se determina tomando en cuenta los criterios recomendados de efectos en la salud o factores de inmisión de los contaminantes a determinar, por medio de los límites de detección del método de muestreo utilizado y por medio de los criterios establecidos en las normas oficiales de calidad del aire de cada país (Martines, Romieu, 1997).

3.6. Objetivo de la Red MoniCA

16

Desde su inicio y hasta la fecha la implementación de las redes MoniCA en diferentes ciudades de nuestro país ha obedecido al siguiente objetivo:

Determinar los niveles de contaminación atmosférica de las áreas urbanas de Bolivia.

Resultados de Monitoreo del 2014 y 2015 (datos recolectados de las Redes MoniCA existentes)

Con la finalidad de tener un mejor entendimiento de la información mostrada en el presente acápite a continuación se desarrolla la estructura general con la que se muestran los datos para cada una de las ciudades que fueron parte del presente estudio.

Información general del municipio

- Departamento, provincia, municipio, altitud sobre el nivel del mar, población, parque automotor (solo ciudades capitales), existencia de Red MoniCA.
- Datos meteorológicos (solo ciudades capitales): precipitación, temperatura, velocidad y dirección de los vientos.
- Detalle de puntos de monitoreo: Nombre de la estación, código, ubicación geográfica, contaminantes monitoreados (por cada Red MoniCA existente o los realizados para el presente informe cuando no existe Red MoniCA) y tecnología empleada.
- Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo usados en el presente informe y los existentes de Redes MoniCA.
- Fechas de realización de los monitoreos del presente informe.

Partículas en suspensión

- Resultados de los monitoreos activos realizados para el presente informe (promedio de 24 h, donde no existe Red MoniCA).
- Datos de monitoreos activos realizados por la Red MoniCA (si existen).
- Datos de monitoreos automáticos realizados por la Red MoniCA (si existen).
- Comparación de promedios anuales por estación y por gestión (incluyendo series de tiempo incompletas).

Dióxido de nitrógeno

- Resultados de los monitoreos pasivos realizados para el presente informe (promedio de 7 d, donde no existe Red MoniCA).
- Datos de monitoreos pasivos realizados por la Red MoniCA (si existen).

- Datos de monitoreos automáticos realizados por la Red MoniCA (si existen).
- Comparación de promedios anuales por estación y por gestión (incluyendo series de tiempo incompletas).

Ozono superficial

- Resultados de los monitoreos pasivos realizados para el presente informe (promedio de 7 d, donde no existe Red MoniCA).
- Datos de monitoreos pasivos realizados por la Red MoniCA (si existen).
- Datos de monitoreos automáticos realizados por la Red MoniCA (si existen)1.
- Comparación de promedios anuales por estación y por gestión (incluyendo series de tiempo incompletas).

Todos los monitoreos y análisis efectuados durante el presente informe, se realizaron siguiendo los procedimientos y protocolos establecidos por las siguientes normas:

- Norma Boliviana NB 62012:2008 Calidad del aire - Determinación de dióxido de nitrógeno - Muestreo pasivo ¹ - Método espectrofotométrico visible
- Norma Boliviana NB 62013:2008 Calidad de aire - Determinación de Ozono superficial - Muestreo pasivo1 - Método espectrofotométrico visible
- Norma Boliviana ² NB 62014:2008 Calidad del aire - Determinación de material particulado en suspensión con un diámetro aerodinámico equivalente menor a 10 micrómetros (PM10) - Muestreo activo - Método gravimétrico

4.1. Trinidad

4.1.1. Información general

Tabla 3 - Información general del municipio, Trinidad

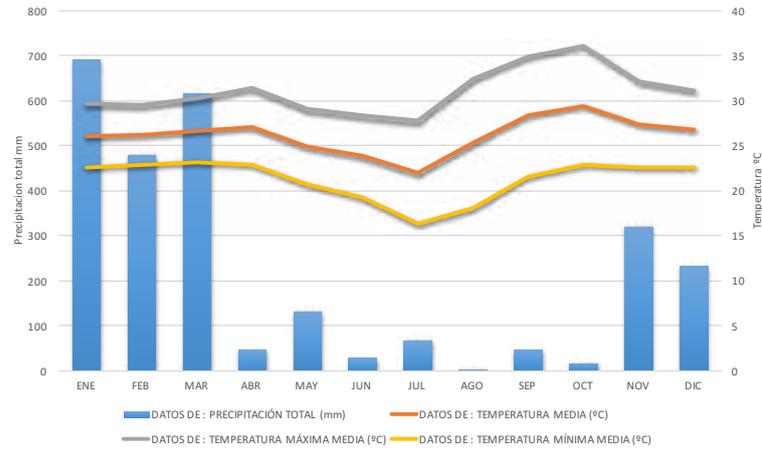
Departamento	Beni
Provincia	Cercado
Municipio	Trinidad
Altitud media sobre el nivel del mar	158 m
Relieve	Llano
Población (censo 2012)	106 422 habitantes
Parque automotor	24 594 vehículos (2013)
	29 277 vehículos (2014)
Cuenta con Red MoniCA	Si

Fuente: INE

1 Siete días de exposición

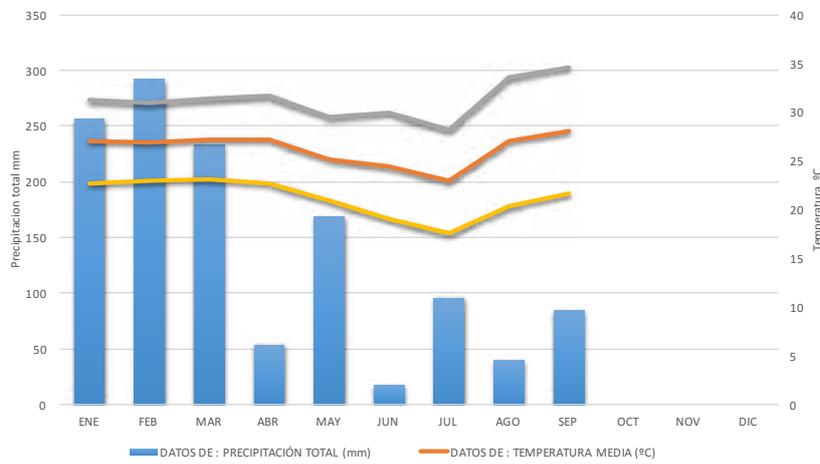
2 Veinticuatro horas de exposición

Figura 1 - Diagrama de precipitación y temperatura Trinidad 2014



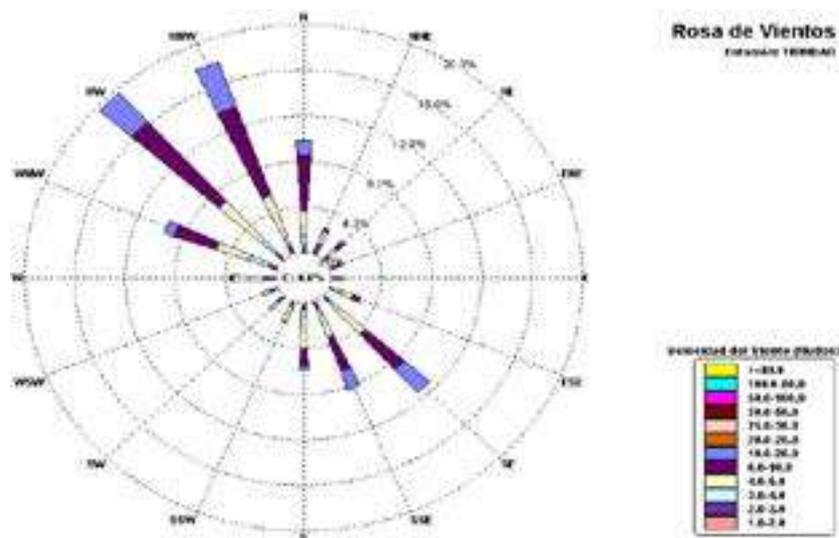
Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 2 - Diagrama de precipitación y temperatura Trinidad 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 3 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Trinidad 2014, 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Tabla 4 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Trinidad

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	Edificio Municipal	EM	-14.830138°	-64.892609°	AC							
2	Plaza Pompeya	PP	-14.841045°	-64.901182°	AC							
3	Pedro Ignacio Muiba	PI	-14.846992°	-64.904711°							PV	PV
4	Barrio Mangalito	BM	-14.847264°	-64.915769°							PV	PV
5	German Busch	GB	-14.835863°	-64.902131°							PV	PV
6	El Palmar	EP	-14.821843°	-64.905197°							PV	PV
7	Panamericana	PA	-14.829446°	-64.891137°							PV	PV
8	Villa Lolita	VL	-14.807556°	-64.879558°							PV	PV
9	Estacion Automatica	EA	-14.837628°	-64.907073°	AT							

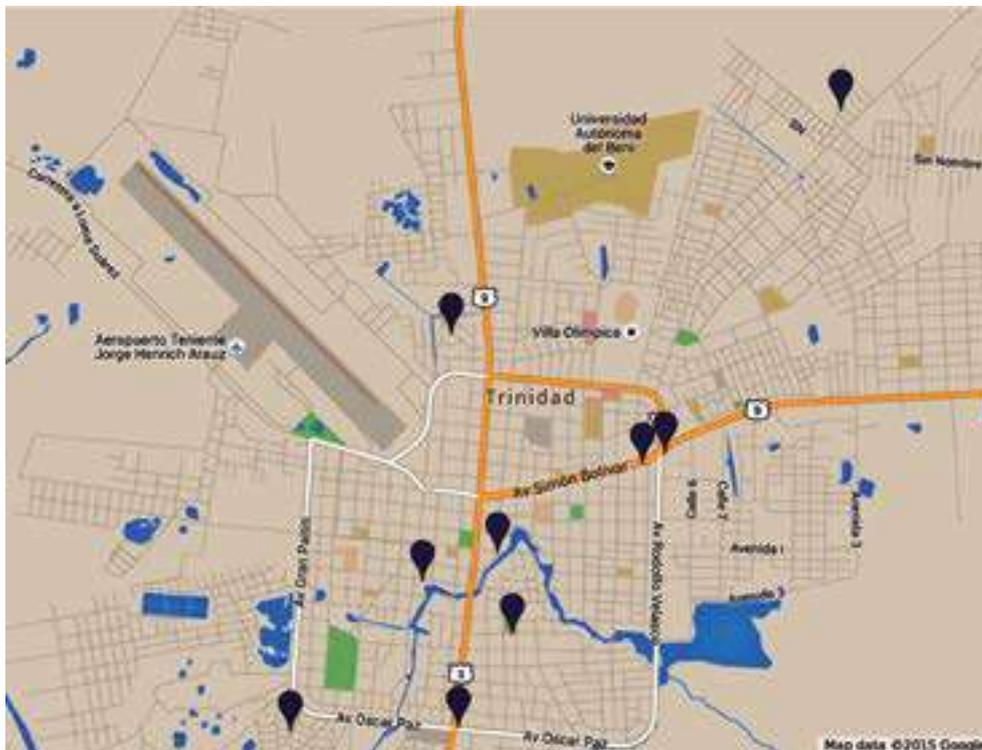
AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

Figura 4 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Trinidad



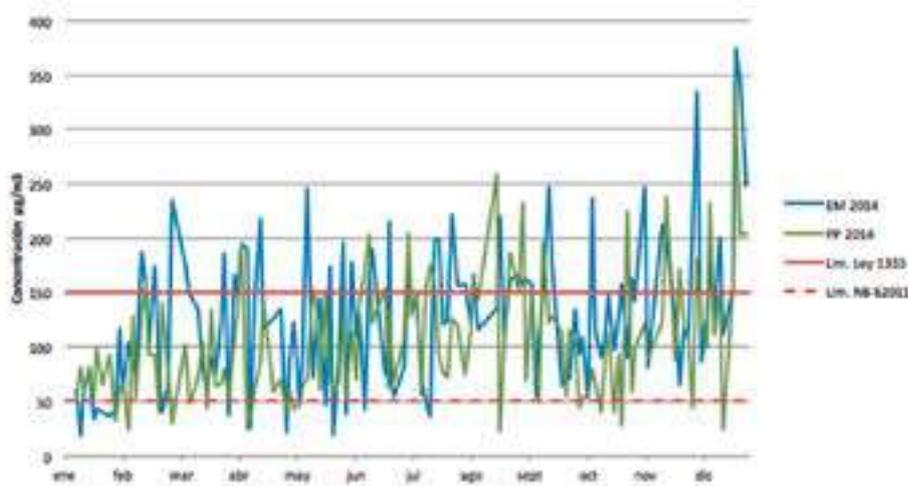
Fuente: Imagen de Google Earth

4.1.2. Partículas en suspensión

El análisis de la información recolectada de PM10 respecto a las figuras 5 y 6 expone valores de concentración entre 50 y 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mostrando durante el año 2014 una ligera tendencia a valores más elevados hacia el último bimestre del año pero sin mostrar claramente un aumento o disminución en función de la estación del año (época seca o época húmeda), mientras que para la gestión 2015 se denota un descenso de las concentraciones hacia el segundo semestre.

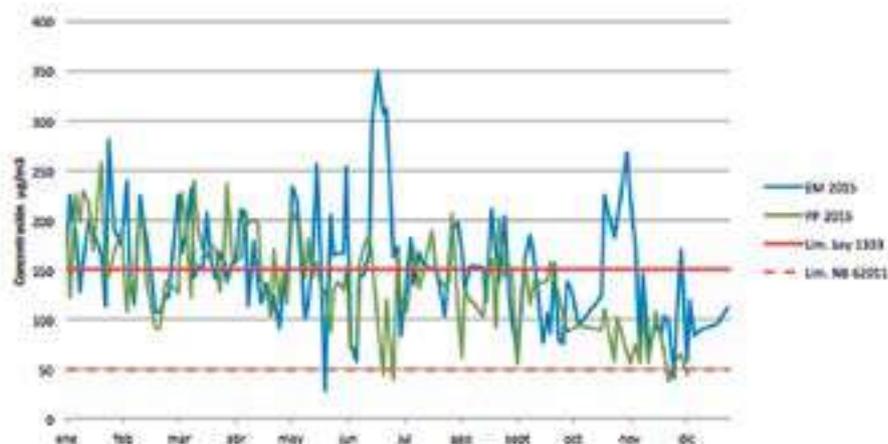
Para el período 2014-2015 más del 90 % de las mediciones superan el límite máximo permisible establecido por la NB 62011 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y más del 30 % de ellas superan el límite máximo permisible establecido por la Ley 1333 (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 5 - Muestreo activo de PM10, Trinidad 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

Figura 6 - Muestreo activo de PM10, Trinidad 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

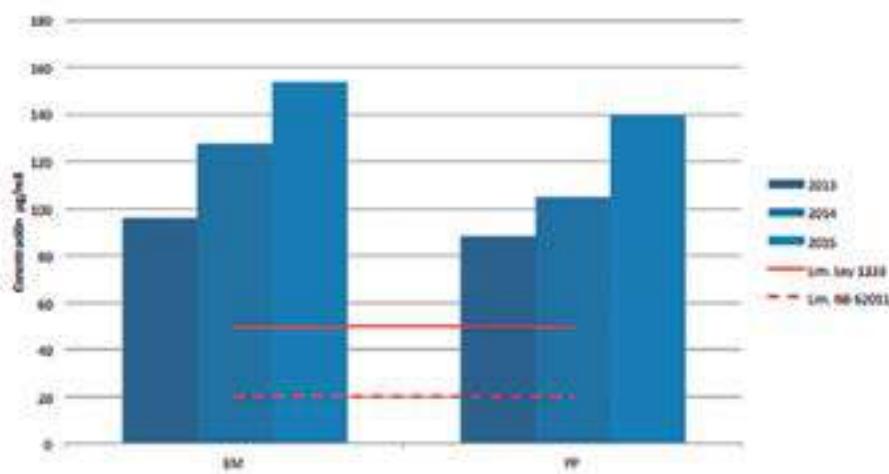
Respecto a la Figura 7 la comparación de valores promedio por gestión muestran una marcada tendencia al incremento entre los años 2013 y 2015 en ambas estaciones de monitoreo ³, mostrándose incrementos entre 60 % y 65 % entre esos años. Para las tres gestiones, el valor

3 Los promedios de concentración para la gestión 2013 no corresponden a una serie de datos de toda la gestión.

promedio de PM10 siempre es mayor en la estación del Edificio Municipal (EM) respecto a la estación de Plaza Pompeya (PP), lo que muestra una diferencia en la magnitud de las actividades e intensidades de las mismas. El incremento general puede deberse a un incremento en la actividad urbana con el consiguiente incremento de la intensidad del tráfico vehicular.

Los promedios anuales de concentración de PM10 superan los límites máximos permitidos tanto en la NB 62011 como en la Ley 1333.

Figura 7 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Trinidad



Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

Es oportuno hacer notar que en la comparación de datos por estación y por gestión mostrada los datos 2013 fueron tomados durante el último trimestre del año (correspondiente con la época de lluvias, menores niveles de concentración) mientras que los datos del 2014 y 2015 son de años completos, lo cual podría estar causando que las concentraciones promedio del año 2013 sean menores que las obtenidas para los años 2014 y 2015.

4.1.3. Dióxido de nitrógeno

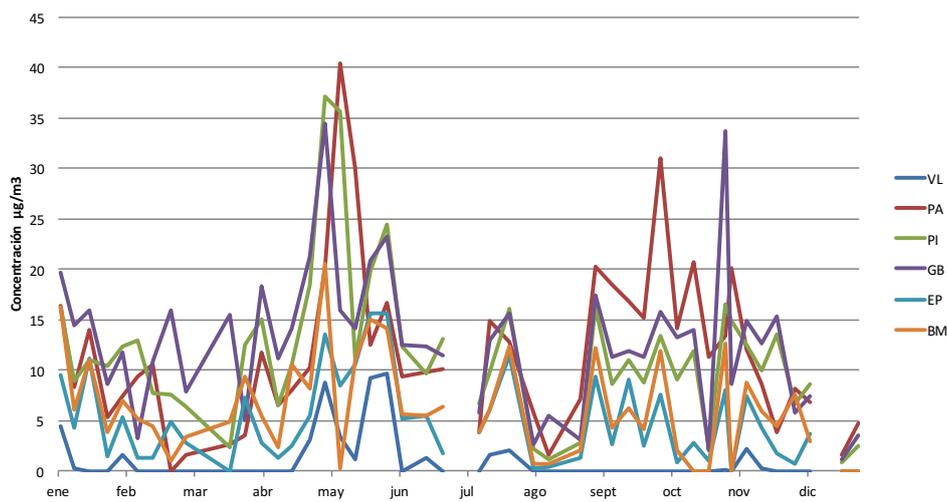
Respecto a las Figuras 8 y 9, el análisis de los datos de NO2 muestra que las concentraciones más altas se encuentran en los puntos de monitoreo de Pedro Ignacio Muiba (PI), Germán Busch (GB) y Panamericana (PA), siendo que estas estaciones corresponden con áreas de alto tráfico vehicular.

22

En estas figuras, se observa variabilidad de concentraciones para las diferentes campañas de monitoreo realizadas por la Red MoniCA TR, presentándose picos importantes durante los meses de abril y mayo así como en los meses de octubre y noviembre de la gestión 2014 y durante el mes febrero y de septiembre a diciembre de la gestión 2015, llegando a registrarse concentraciones de hasta 40 µg/m3 para el 2014 y hasta 60 µg/m3 durante el 2015. La mayor parte de los valores registrados durante ambas gestiones se encuentran por debajo de los 15 µg/m3.

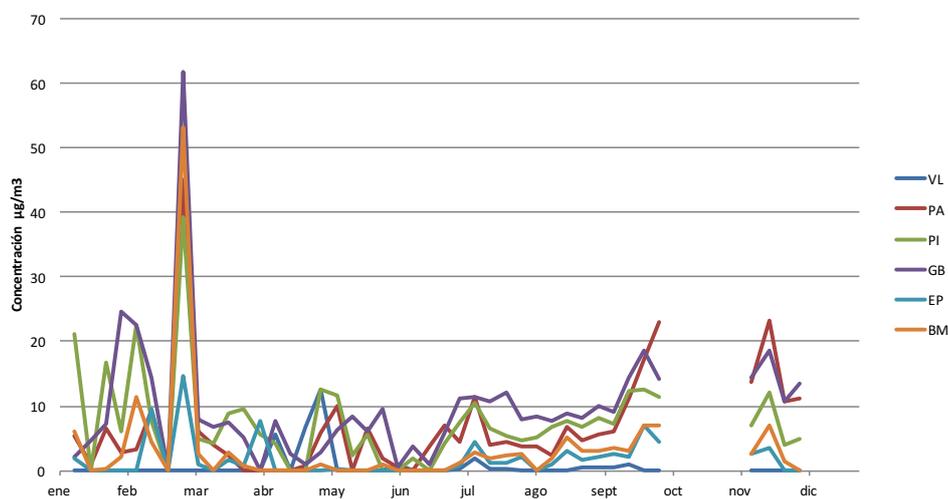
No se muestra claramente un comportamiento estacional o variaciones claras de las concentraciones de este contaminante en función de la época del año.

Figura 8 - Muestreo pasivo de NO₂, Trinidad 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

Figura 9 - Muestreo pasivo de NO₂, Trinidad 2015



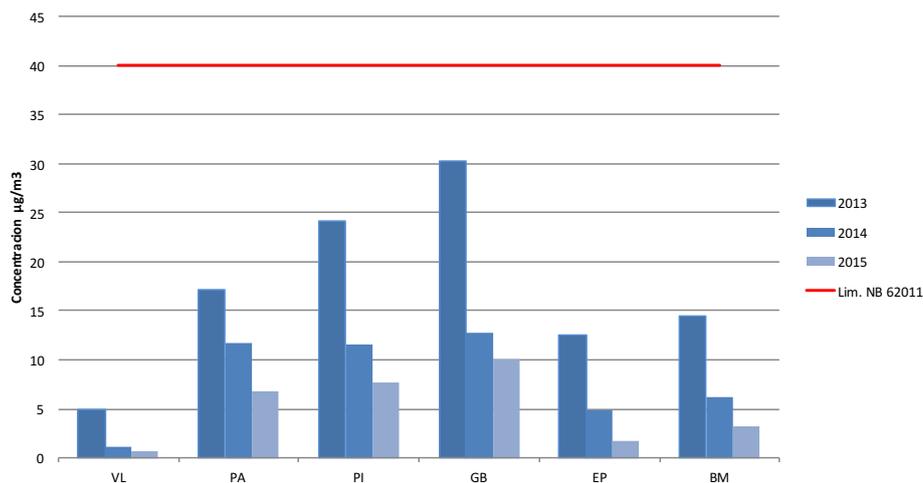
Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

La Figura 10, muestra que las concentraciones de la gestión 2013⁴ son mayores a las encontradas durante la gestiones 2014 y 2015. De acuerdo a los datos reportados por la Red MoniCA TR se observa una tendencia hacia la reducción de concentraciones promedio anuales para este contaminante.

Ninguno de los promedios anuales de NO₂ supera el límite máximo permitido para promedios anuales establecido por la NB 62011.

4 Los promedios de concentración para la gestión 2013 no corresponden a una serie de datos de un año completo.

Figura 10 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Trinidad



Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

De forma similar a lo que sucede con las concentraciones de PM10, los datos del 2013 fueron tomados durante el último trimestre de ese año, habiéndose registrado concentraciones relativamente altas durante este periodo. Los datos del 2014 y 2015 corresponden a todo el año, lo cual causa que las concentraciones promedio del año 2013 sean mayores que las obtenidas para el 2014 y el 2015.

4.1.4. Ozono superficial

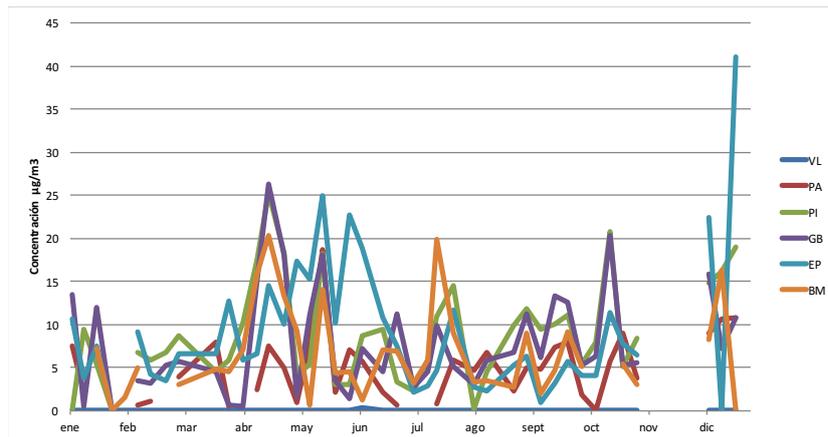
Las Figuras 11 y 12 muestran las concentraciones más altas en los puntos de monitoreo de Pedro Ignacio Muiba (PI), German Busch (GB) durante la gestión 2014 y en las estaciones de Barrio Manguito (BM) y El Palmar (EP) durante la gestión 2015.

Se observa gran variabilidad de concentraciones para las diferentes campañas de monitoreo observando niveles muy bajos registrados en algunas campañas seguidos de valores muy altos y nuevamente valores muy bajos en periodos de tiempo muy cortos. Se presentan picos importantes durante los meses de abril, mayo y diciembre de la gestión 2014 y durante los meses de enero, abril, mayo, junio y diciembre de la gestión 2015, llegando a registrarse concentraciones de hasta 25 µg/m³ para el 2014 y más de 50 µg/m³ durante el 2015. La mayor parte de los valores registrados durante ambas gestiones se encuentran por debajo de los 20 µg/m³.

No se advierte un comportamiento estacional o variaciones claras de las concentraciones de este contaminante en función de la época del año.

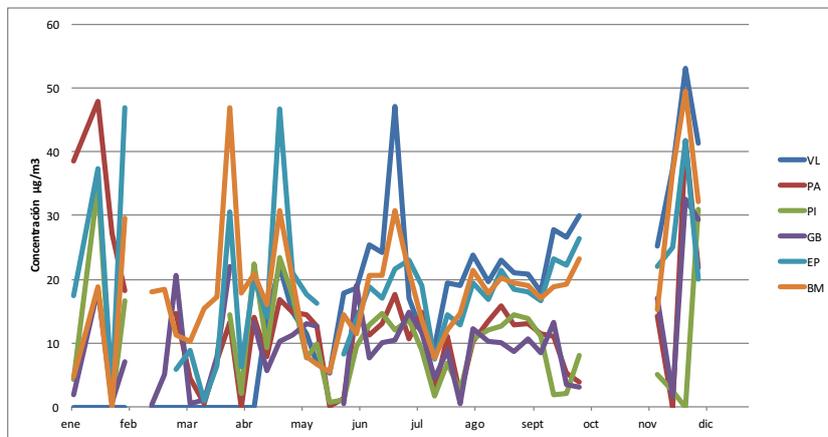


Figura 11 - Muestreo pasivo de O3, Trinidad 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

Figura 12 - Muestreo pasivo de O3, Trinidad 2015

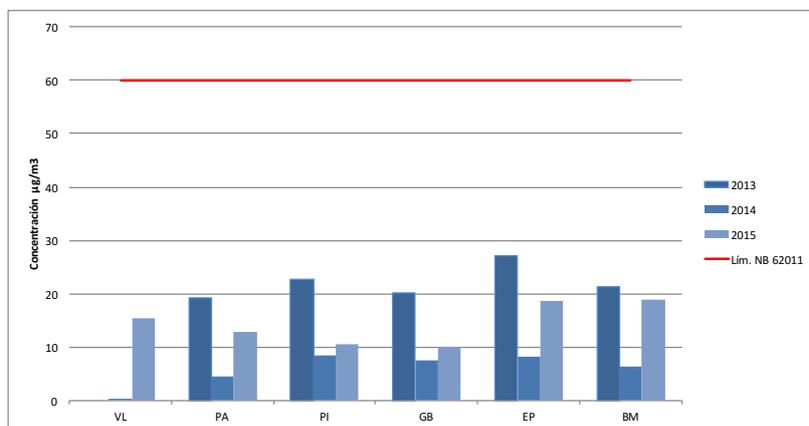


Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

La Figura 13 muestra que las concentraciones promedio por gestión⁵, medidas por la red MoniCA TR durante las gestiones 2013 y 2015 son significativamente mayores a las medidas durante el 2014 en todas las estaciones de monitoreo.

Ninguno de las concentraciones calculadas en promedio anual supera el límite máximo permitido establecido por la NB 62011.

Figura 13 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Trinidad



Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

5 Los promedios de concentración de la gestión 2013 no corresponden a series de datos del año completo.

De forma análoga a lo que sucede con las concentraciones de NO₂, los datos de O₃ del año 2013 fueron tomados durante el último trimestre del año (habiéndose registrado concentraciones relativamente altas durante este periodo de tiempo) mientras que los datos del 2014 y 2015 corresponden a la gestiones completas, lo cual podría estar causando que las concentraciones promedio del año 2013 sean más elevadas de lo que serían si se habrían tomado mediciones durante todo ese año.

4.2. Sucre

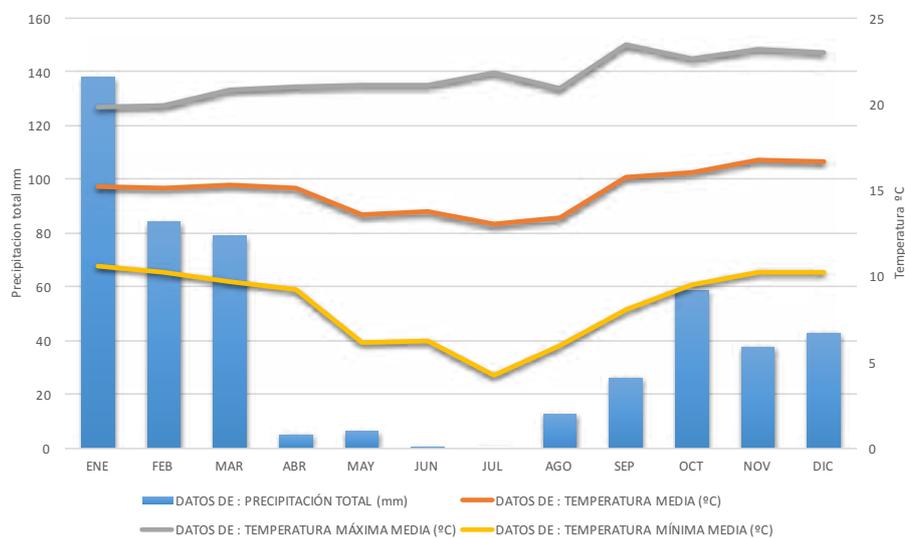
4.2.1. Información general

Tabla 5 - Información general del municipio, Sucre

Departamento	Chuquisaca
Provincia	Oropeza
Municipio	Sucre
Altitud media sobre el nivel del mar	2 830 m
Relieve	Montañoso
Población (censo 2012)	259 388 habitantes
Parque automotor	51 261 vehículos (2013)
55 373 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

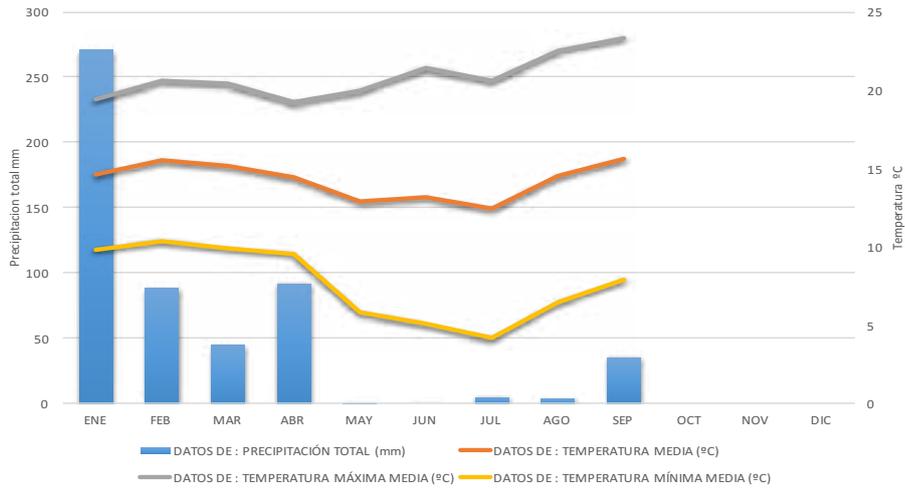
Fuente: INE

Figura 14 - Diagrama de precipitación y temperatura Sucre 2014



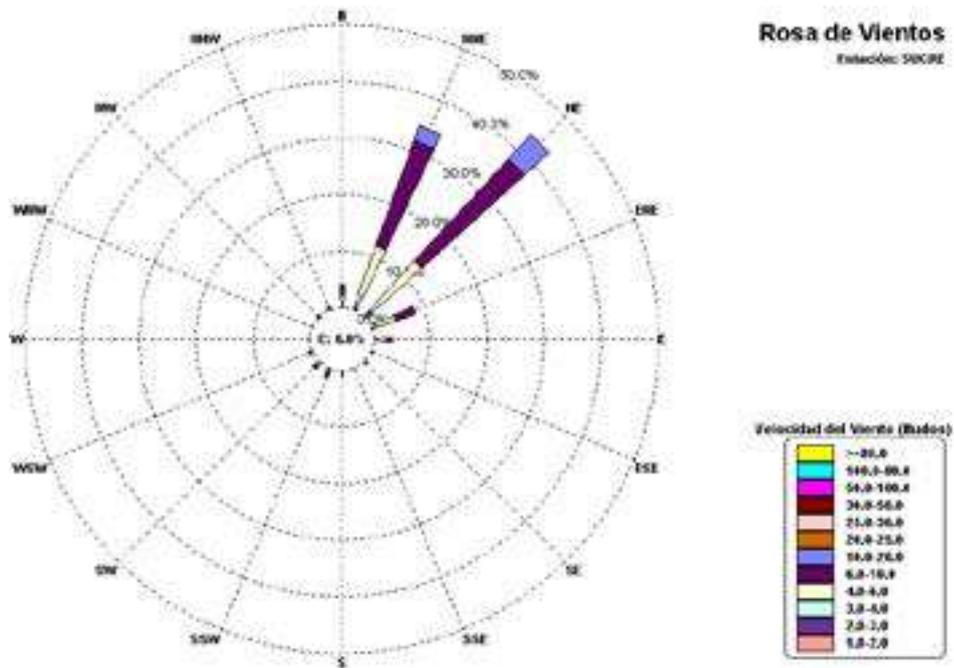
Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 15 - Diagrama de precipitación y temperatura Sucre 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 16 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Sucre 2014, 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Tabla 6 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Sucre

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	Cementerio	CE	-19.050668°	-65.270301°							PV	PV
2	Fac. de Medicina	FM	-19.046055°	-65.266526°	AC							
3	Mercado Central	MCE	-19.046174°	-65.258770°							PV	PV
4	Mercado S. Antonio	MSA	-19.050381°	-65.242016°							PV	PV
5	Mercado Campesino	MC	-19.033858°	-65.252880°							PV	PV
6	Rotonda FANCESA	RF	-19.020630°	-65.248654°							PV	PV
7	Mdo. Yurac Yurac	MYY	-19.029074°	-65.274735°							PV	PV
8	Revisión Tec. Vehic.	RTV	-19.013496°	-65.299954°							PV	PV
9	Estación Automática	AT	-19.041599°	-65.263120°	AT							
10	Terminal de Buses	TB	-19,022017°	-65,14468°	AC							

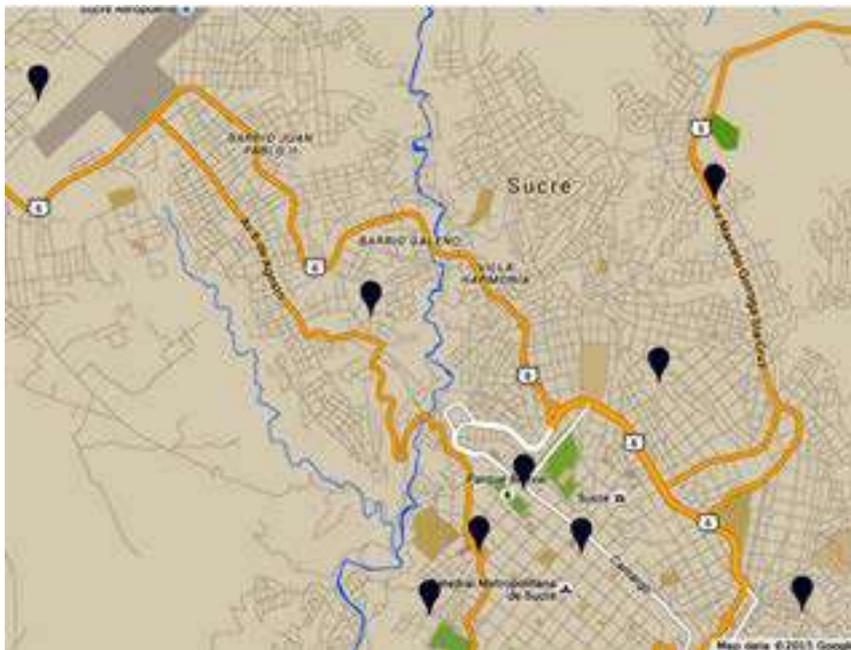
AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

Figura 17 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Sucre



Fuente: Imagen de Google Earth

4.2.2. Partículas en suspensión

Las Figuras 18 y 19 muestran valores de PM₁₀ que están en su mayoría entre 20 y 80 µg/m³ para la gestión 2014 sin mostrar un comportamiento estacional durante la época seca o la época húmeda, o sea que el comportamiento de las concentraciones medidas durante este período de operación de la Red MoniCA SU no presenta un patrón claro de comportamiento de acuerdo a la época del año.

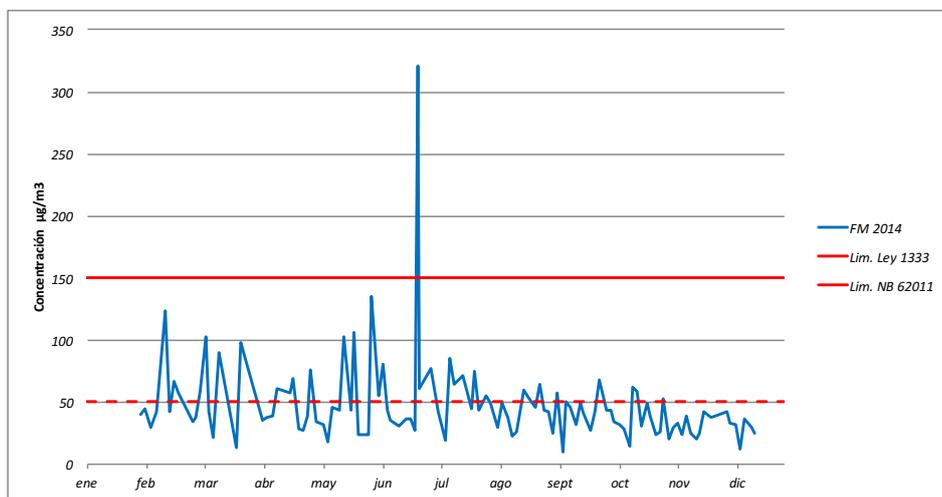
En la Figura 18 se observa un máximo de concentración registrado durante el 23 de junio que asciende a 320 µg/m³, casi seis veces el valor promedio de esta estación de monitoreo (FM).

Durante la gestión 2015 se observa una marcada estacionalidad de las concentraciones con valores más bajos durante el primer trimestre del año, más altos en la época seca de invierno, para luego reducirse nuevamente hacia los meses de septiembre y octubre.

Para la Figura 19 se advierte una mayor consistencia en la información de la gestión 2015 respecto a la gestión 2014, al presentarse una estacionalidad de concentraciones con respecto a la época del año (temporada seca y húmeda).

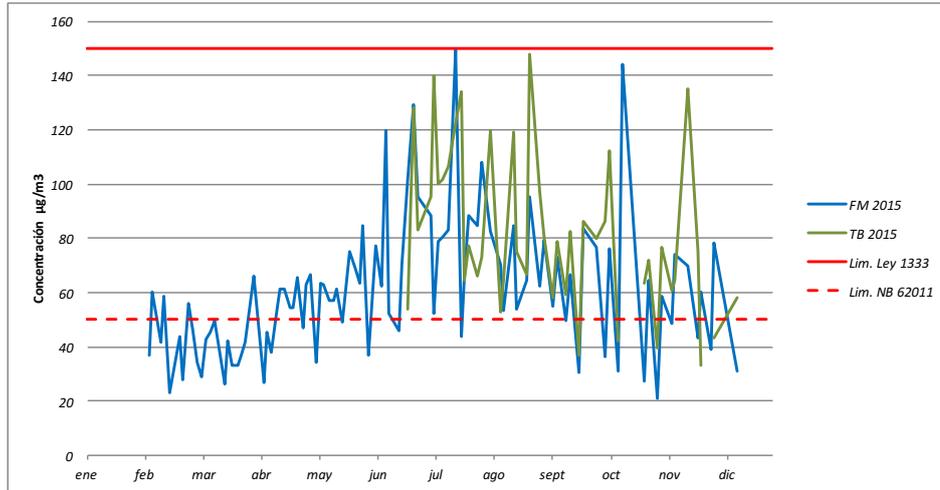
Prácticamente el 50% de las mediciones tomadas durante el año 2014 superan el límite máximo permisible establecido por la NB 62011 mientras que solo la medición realizada para la época de San Juan supera el límite máximo permisible establecido por la Ley 1333. Este no es el caso de las mediciones de la gestión 2015, cuando los valores registrados durante el primer trimestre del año están en su mayoría entre 20 y 60 µg/m³ registrándose posteriormente valores entre 60 y 120 µg/m³, durante los meses de agosto, octubre y noviembre de ese mismo año se presentan picos significantes con valores superiores a los 130 µg/m³. La mayor parte del tiempo el límite máximo permitido por la NB 62011 es superado, no así el límite de la Ley 1333.

Figura 18 - Muestreo activo de PM₁₀, Sucre 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

Figura 19 - Muestreo activo de PM10, Sucre 2015

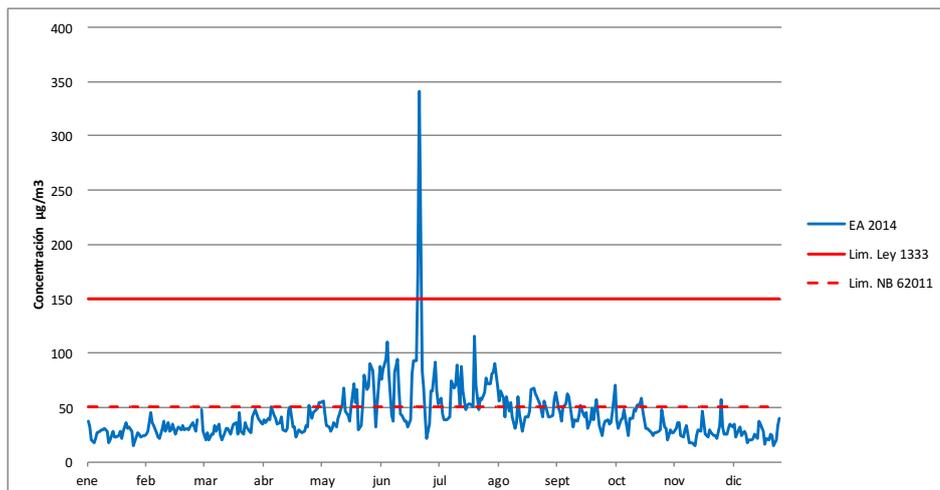


Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

El estudio de las concentraciones de PM10 registradas por la estación automática de la Red MoniCA SU muestra un comportamiento claramente diferenciado en función de la época del año, con concentraciones más bajas durante los meses de enero a abril y de septiembre a diciembre cuando la mayor parte de los registros se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles tanto de la Ley 1333 como de la NB 62011:2008 y concentraciones significativamente más altas durante los meses de mayo a agosto cuando un gran porcentaje de las concentraciones superan el límite máximo permisible establecido por la NB 62011:2008.

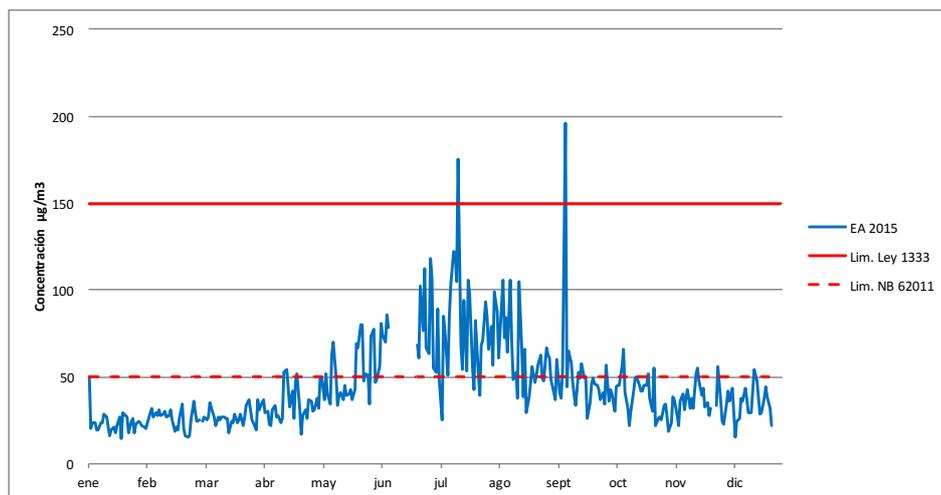
Por otro lado, de la misma forma que con los monitoreos activos, durante el 2014 se observa un máximo de concentración de PM10 durante el día 24 de junio, cuyo valor asciende hasta 340 µg/m³, que aproximadamente corresponde a ocho veces la concentración promedio medida en esa estación. Para el año 2015 en la Figura 21 se observa un pico máximo el 12 de julio: 156 µg/m³ y un pico aún mayor durante el mes de septiembre de casi 200 µg/m³.

Figura 20 - Muestreo automático de PM10, Sucre 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

Figura 21 - Muestreo automático de PM10, Sucre 2015



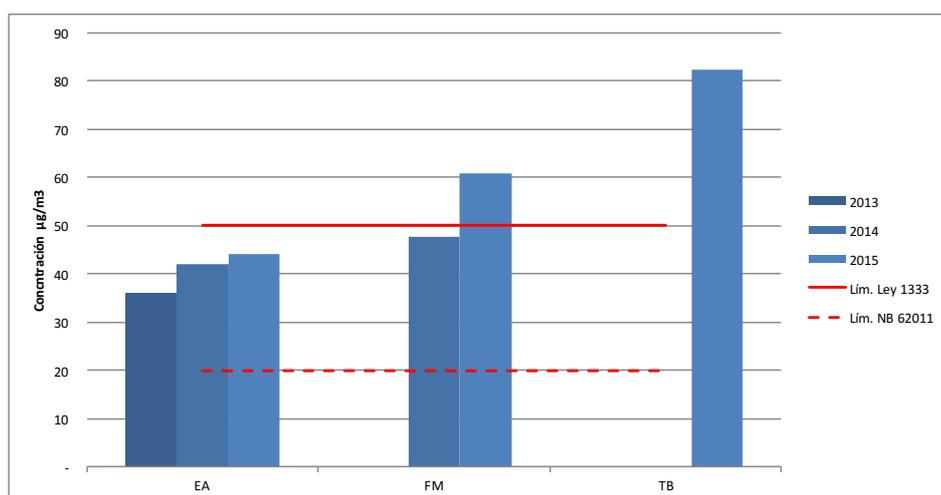
Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

En la Figura 22 se muestra las concentraciones de PM10 en promedio anual ⁶ determinadas tanto por la estación automática (EA) como por las estaciones activas de PM10, estas estaciones (EA y FM) registraron valores con una tendencia hacia el incremento entre los años 2013 y 2015.

La estación automática (EA) ubicada en el Parque Bolivar es la que registra las menores concentraciones entre 35 µg/m³ y 45 µg/m³, seguida de la estación de la facultad de medicina con valores entre 45 µg/m³ y 65 µg/m³, siendo la estación de la Terminal de Buses la que registro mayores valores de promedio anual con casi 90 µg/m³ por razones obvias

Todos los promedios anuales de PM10 calculados superan el límite máximo permitido establecido por la NB 62011, pero solo los valores calculados para la gestión 2015 para las estaciones de FM y TB superan además el límite máximo permitido de la Ley 1333.

Figura 22 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Sucre



Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

⁶ El promedio de concentración para la gestión EA 2013 y el promedio TB 2015 no corresponden a series de datos de años completos.

4.2.3. Dióxido de nitrógeno

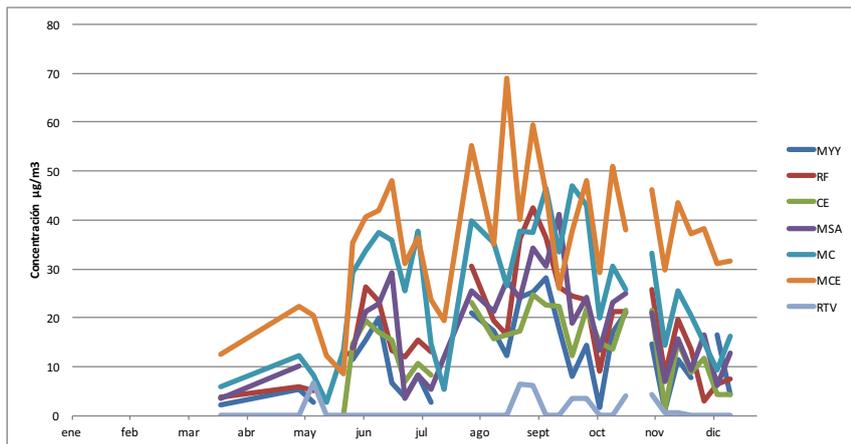
El análisis de los datos recolectados de NO₂ en las Figuras 23 y 24 denota que las concentraciones más altas son registradas en los puntos de monitoreo de Mercado Central (MCE) y Mercado Campesino (MC) tanto durante la gestión 2014 y en especial para la gestión 2015.

Las concentraciones presentan máximos durante los meses de agosto y septiembre de la gestión 2014, llegando a registrarse concentraciones de hasta 69 µg/m³. Para la gestión 2015 ocurre un comportamiento similar pero sin ser tan notorio. La mayor parte de los valores registrados durante ambas gestiones se encuentran entre 10 y 40 µg/m³.

Es notoria la diferencia entre las series de datos del 2014 y del 2015, ya que durante el 2014 las curvas de concentración oscilan significativamente entre cada una de las campañas de monitoreo presentando valores altos, seguidos de valores bajos y altos nuevamente, mientras que las curvas de concentración generadas durante el 2015 presentan valores más estables sin variaciones drásticas entre cada una de las campañas de monitoreo.

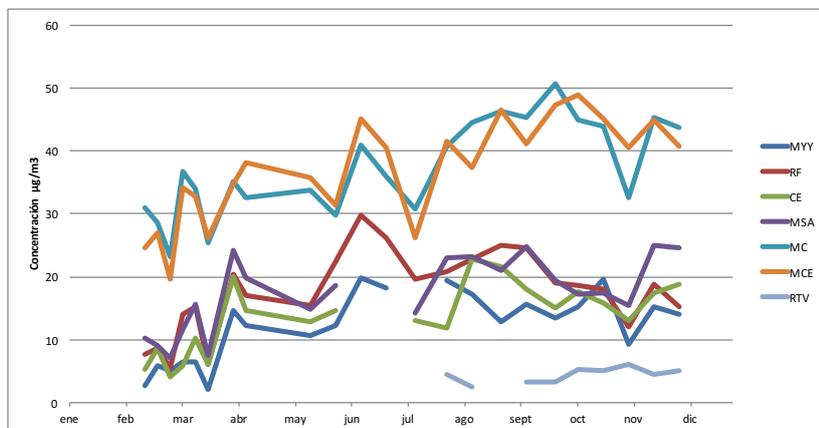
Para ambas gestiones se advierte una tendencia de valores más bajos durante la época húmeda (antes de junio y después de octubre) y concentraciones más altas durante la época seca (julio a octubre), especialmente durante el año 2014.

Figura 23 - Muestreo pasivo de NO₂, Sucre 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

Figura 24 - Muestreo pasivo de NO₂, Sucre 2015



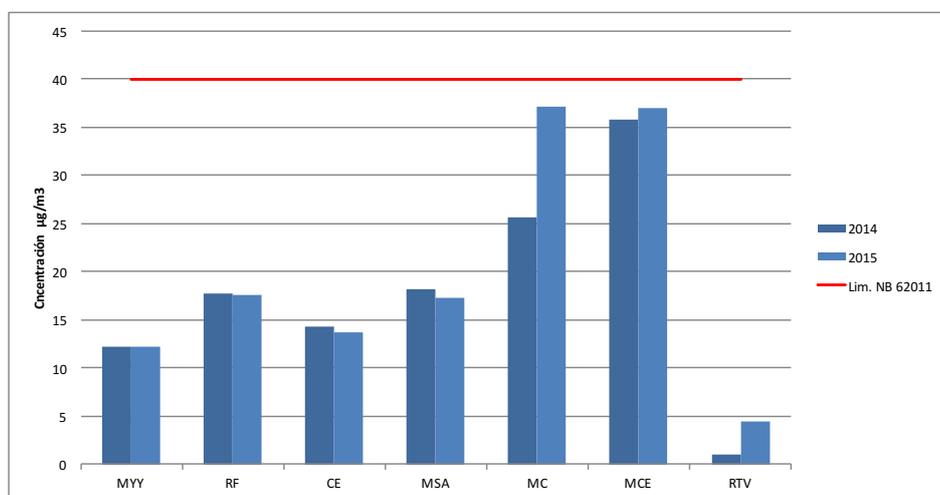
Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

En la Figura 25 se muestran las concentraciones promedio anuales para las gestiones 2014 y 2015. Los valores más altos se registran en las estaciones de Mercado Central (MCE) y Mercado Campesino (MC) ubicadas en áreas de alto tráfico vehicular y gran actividad comercial, las estaciones de Mercado San Antonio (MSA) y Rotonda Fancesa (RF) reportan niveles intermedios y el resto de las estaciones registran los niveles más bajos a medida que se van alejando del centro de la ciudad y de las áreas comerciales.

En la estación de Mercado Central los niveles del 2015 son claramente superiores al 2014, mientras que en el resto de las estaciones no se advierten tendencias claras hacia el incremento o reducción de las concentraciones de este contaminante presentándose comportamientos diversos en cada estación.

El límite máximo permitido anual establecido por la NB 62011 no es superado en ninguna de las estaciones de monitoreo para ninguna de los años considerados.

Figura 25 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Sucre



Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

4.2.4. Ozono superficial

Las Figuras 26 y 27 muestran variabilidad y una tendencia de crecimiento en especial para la gestión 2014 entre los meses de marzo y octubre, llegando a registrarse concentraciones mayores a 100 µg/m³. Ambas gestiones presentan tendencias estacionales claras.

De la misma forma que para el NO2, es notoria la diferencia entre las series de datos del 2014 y del 2015, ya que durante el 2014 las curvas de concentración oscilan significativamente entre cada una de las campañas de monitoreo presentando valores altos, seguidos de valores bajos y altos nuevamente; las curvas de concentración del 2015 presentan valores más estables sin variaciones drásticas entre cada una de las campañas de monitoreo.

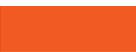
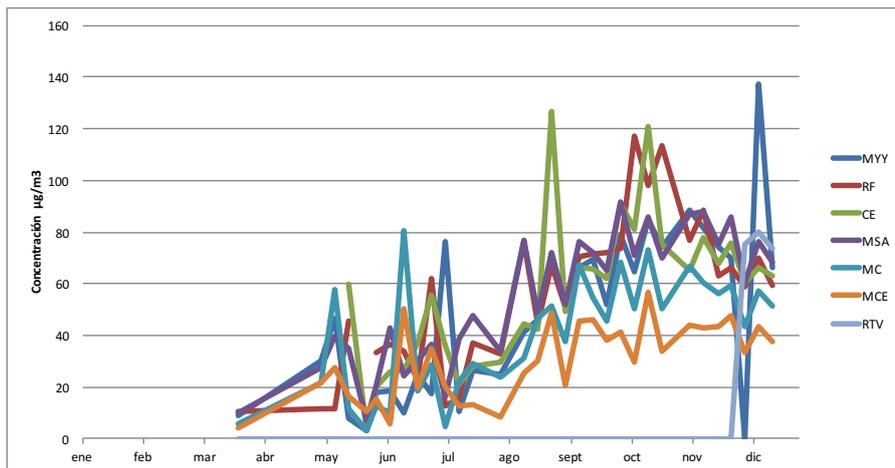
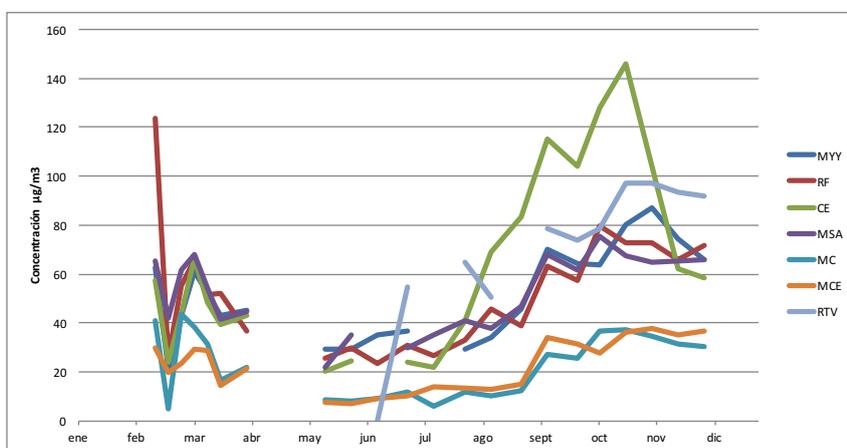


Figura 26 - Muestreo pasivo de O3, Sucre 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

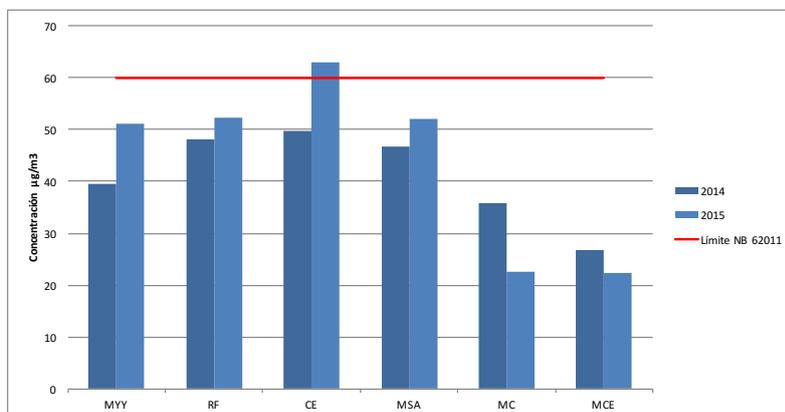
Figura 27 - Muestreo pasivo de O3, Sucre 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

En la Figura 28 se pueden observar las concentraciones promedio anuales siendo las estaciones de monitoreo con valores más altos las de Cementerio (CE), Rotonda Fancesa (RF) y Mercado San Antonio (MSA) que son estaciones alejadas del centro de la ciudad, mientras que las estaciones más próximas al centro de la ciudad presentan valores más bajos de concentración de O3 para ambas gestiones.

Figura 28 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Sucre



Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

4.3. Cochabamba

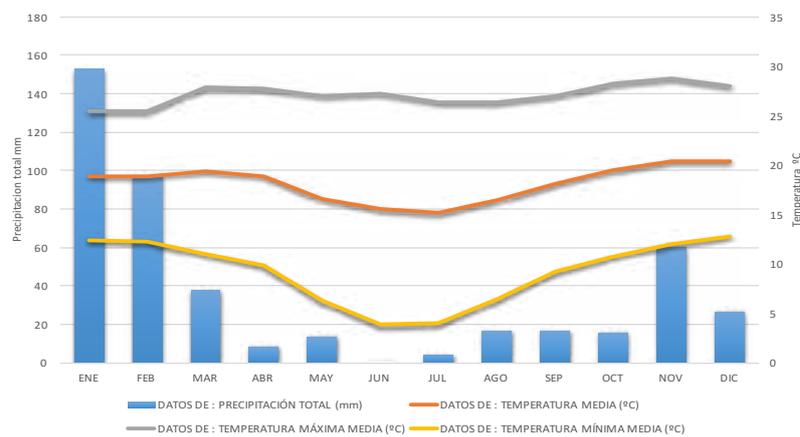
4.3.1. Información general

Tabla 7 - Información general del municipio, Cochabamba

Departamento	Cochabamba
Provincia	Cercado
Municipio	Cochabamba
Altitud media sobre el nivel del mar	2 566 m
Relieve	Valle
Población (censo 2012)	630 587 habitantes
Parque automotor	178 757 vehículos (2013)
191 589 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

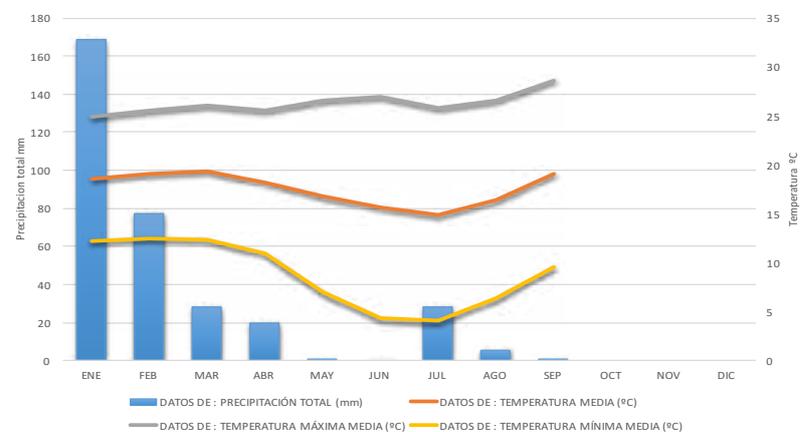
Fuente: INE

Figura 29 - Diagrama de precipitación y temperatura Cochabamba 2014



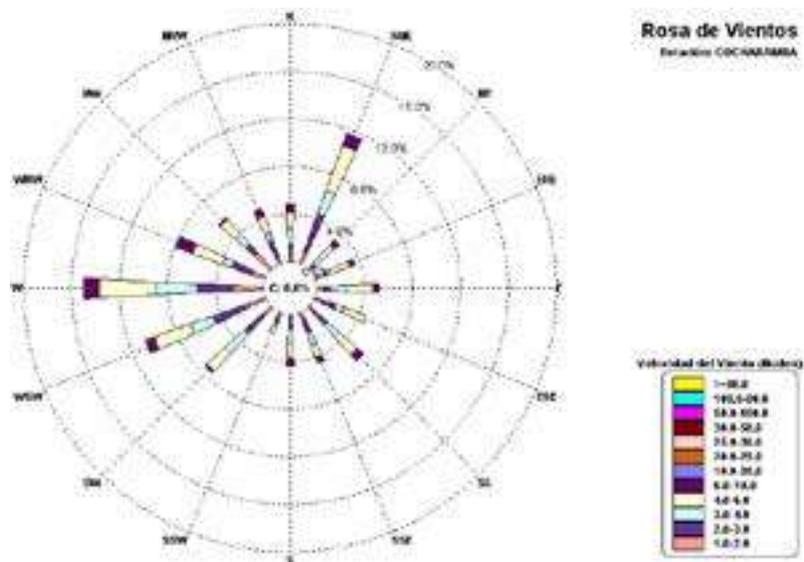
Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 30 - Diagrama de precipitación y temperatura Cochabamba 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 31 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Cochabamba



Fuente: Datos de SENAMHI

Tabla 8 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Cochabamba

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	Coña Coña	CC	-17.385140°	-66.205375°	AT							
2	SEMAPA	SE	-17.364668°	-66.162467°	AT				AT	AT	AT	AT
3	Parque Kanata	PK	-17.412542°	-66.159076°	AT	AT			AT	AT	AT	AT

AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

Figura 32 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Cochabamba



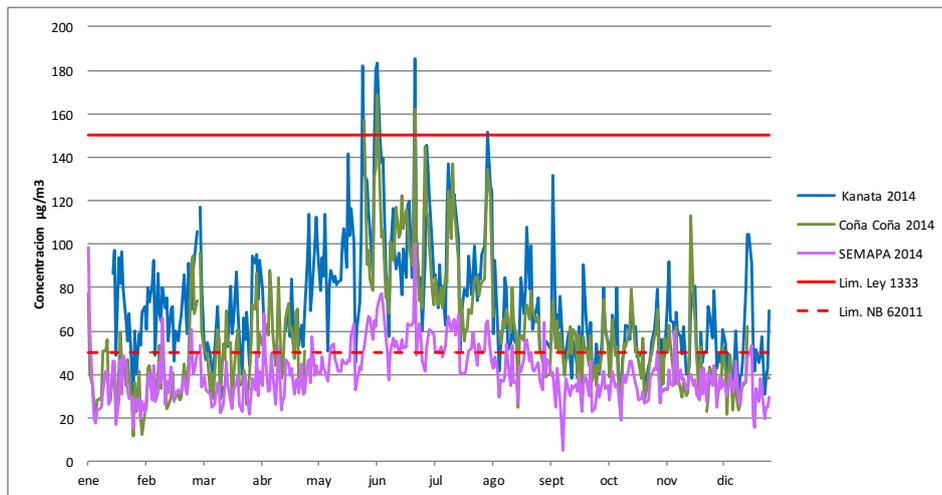
Fuente: Imagen de Google Earth

4.3.2. Partículas en suspensión

En las Figuras 33 y 34 se muestra la información generada por analizadores automáticos de PM10 y que tienen un comportamiento muy marcado durante las dos gestiones (2014 y 2015). Se observan valores entre 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, durante los meses de enero a abril y de septiembre a diciembre, durante la época húmeda. Estos valores se incrementan hasta más de 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, durante los meses de abril a agosto correspondientes a la época seca. El mismo comportamiento y tendencias se advierte en ambas gestiones para las tres estaciones de monitoreo.

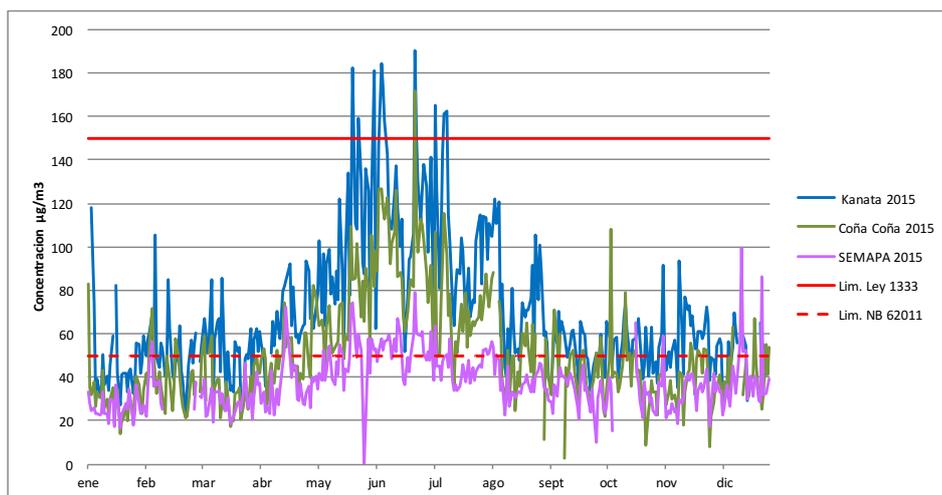
En general los valores registrados superan el límite máximo permisible de la norma NB 62011 de IBNORCA, pero muy pocos valores superan el límite máximo permisible establecido por la ley 1333.

Figura 33 - Muestreo automático de PM10, Cochabamba 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

Figura 34 - Muestreo automático de PM10, Cochabamba 2015



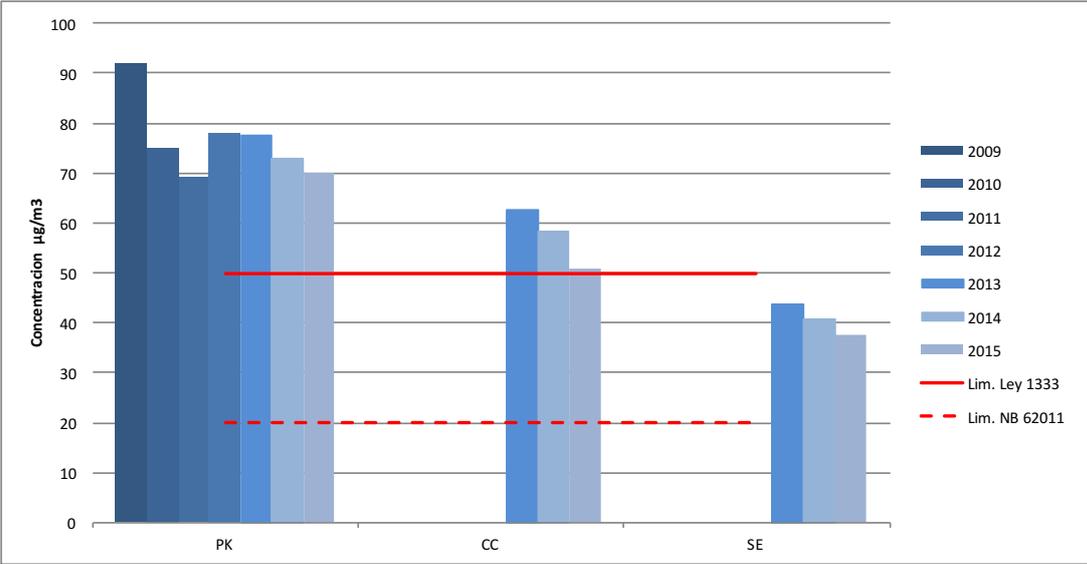
Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

En la Figura 35, la comparación de valores promedio por gestión muestra valores similares para cada una de las gestiones sin variaciones grandes entre el 2009 y el 2015. Sin embargo se advierten variaciones significantes entre cada estación siendo la estación de Parque Kanata la que presenta concentraciones más altas y con una tendencia a la disminución a partir del 2012,

seguida de la estación de Coña Coña y finalmente la estación de SEMAPA, estas dos últimas también con tendencias a la disminución de las concentraciones a partir del 2013.

En el caso de la Red MoniCA CB se dispone de series de datos completas para cada una de las gestiones. Las estaciones de Parque Kanata y Coña Coña muestran valores que superan tanto el límite máximo permisible de la NB 62011 como de la Ley 1333. Solo la estación de SEMAPA presenta valores que no superan el límite máximo permisible de la Ley 1333, pero si superan el límite máximo permisible de la NB 62011. Las altas concentraciones de PM10 registradas en promedios anuales podrían causar daños significantes sobre la salud de la población con exacerbación de síntomas de enfermedades respiratorias como el asma, alergias, irritación de las vías respiratorias, tos ronquera o mayor producción de mucosidades, especialmente en niños pequeños y adultos mayores.

Figura 35 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Cochabamba



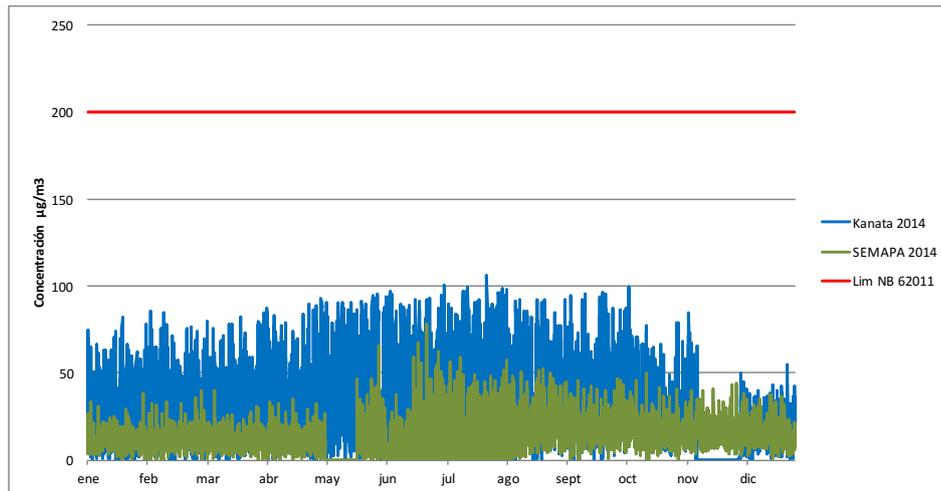
Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

4.3.3. Dióxido de nitrógeno

El análisis de los datos recolectados de NO2 en promedios de una hora para la estación de SEMAPA, en la Figura 36 muestra valores que en general son todo el año inferiores a 50 µg/m3. En el caso de Parque Kanata se muestra valores que son en su mayoría inferiores a 90 µg/m3, ambos muy por debajo de los límites de referencia de la NB 62011:2008 (200 µg/m3) y de la Ley 1333 (400 µg/m3).

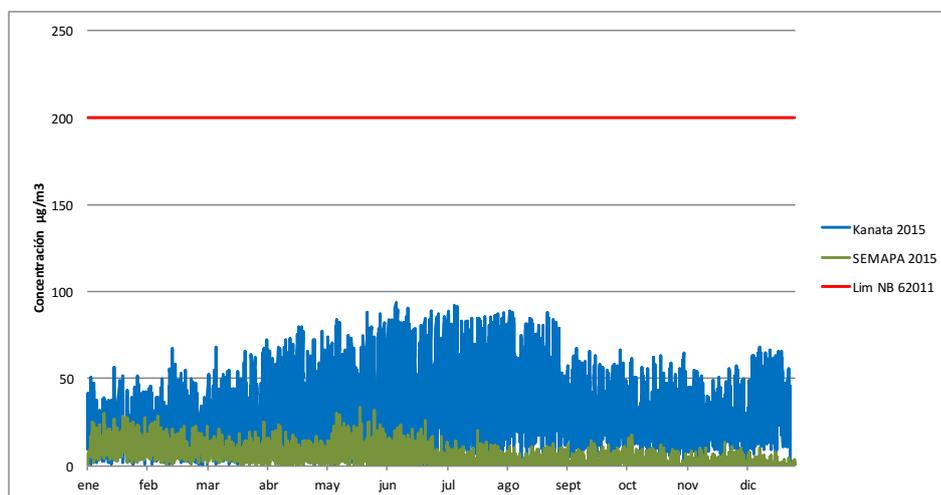
Los datos observados también muestran variaciones en las concentraciones promedio en función de la época del año con valores más bajos en los meses de enero a marzo y de septiembre a diciembre, coincidiendo con la época húmeda. Los valores más altos se observan durante los meses de abril a agosto durante la época seca. Por otro lado, el comportamiento en la estación de SEMAPA durante la gestión 2015 de acuerdo a la Figura 37 no concuerda con el comportamiento de la gestión 2014.

Figura 36 - Muestreo automático de NO2 1 h, Cochabamba 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

Figura 37 - Muestreo automático de NO2 1 h, Cochabamba 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

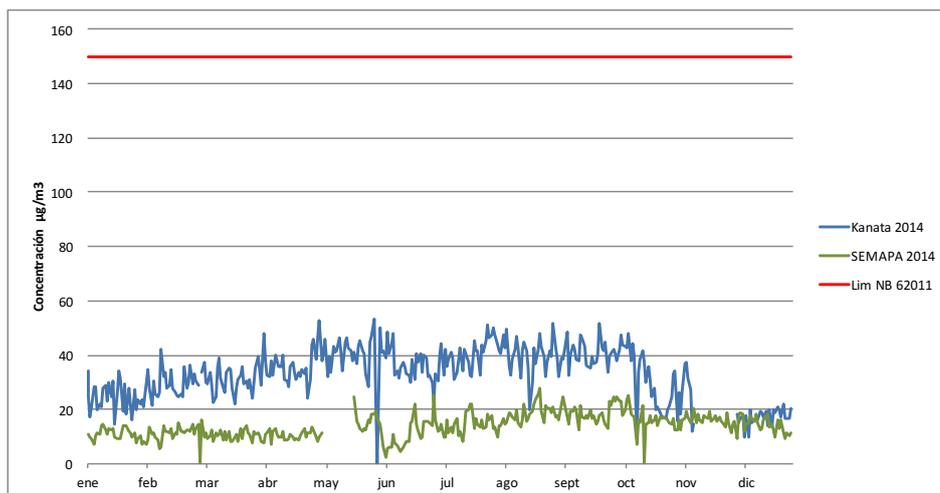
La Figura 38 muestra los datos recolectados de NO₂ en promedios de 24 horas para la estación de SEMAPA. Se muestran valores que son todo el año inferiores a 50 µg/m³, muy por debajo de los límites de referencia de la NB 62011 y de la Ley 1333 (150 µg/m³ en ambos casos).

Se visualizan las variaciones de concentración en función de la época del año de forma más suavizada que para los promedios de una hora.

Los datos recolectados de NO₂ en promedios de 24 horas para la estación de Parque Kanata muestra valores que son todo el año inferiores a 60 µg/m³, también por debajo de los límites de referencia de la NB 62011 y de la Ley 1333 (150 µg/m³ en ambos casos).

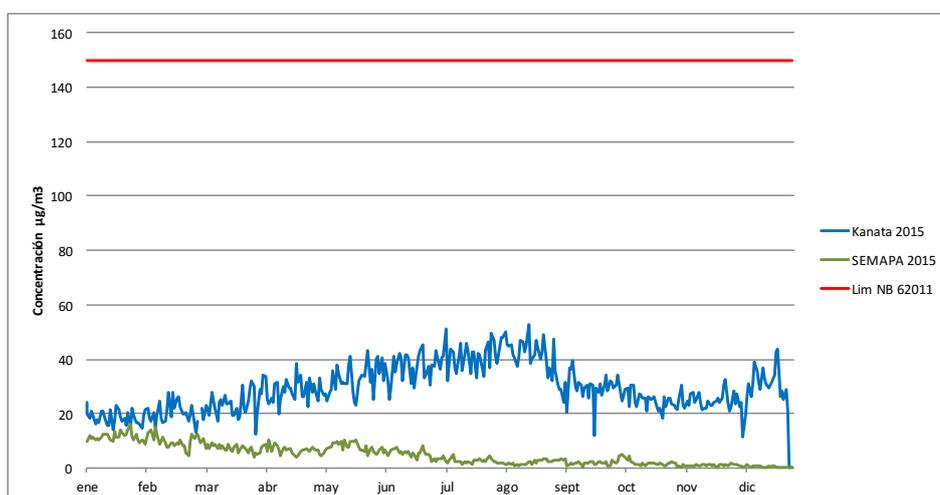
Para el 2015 el comportamiento mostrado en la Figura 39 es diferente respecto al 2014 pero siempre manteniéndose las concentraciones en parque Kanata mayores que el SEMAPA.

Figura 38 - Muestreo automático de NO2 24 h, Cochabamba 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

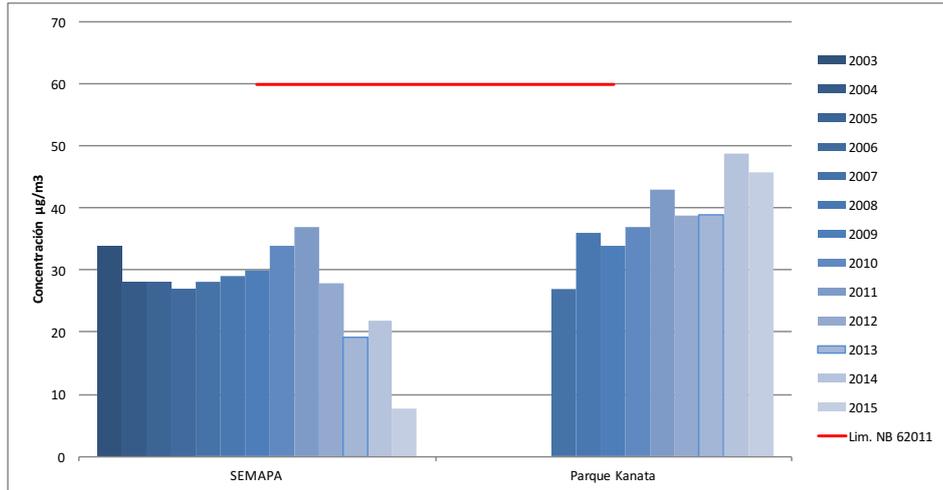
Figura 39 - Muestreo automático de NO2 24 h, Cochabamba 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

En la Figura 40 se muestran las concentraciones de NO₂ en promedio anual para las gestiones 2003 a 2015. Se observa diferencia en la tendencia de cada una de las estaciones; la estación de SEMAPA muestra un significativo descenso en las concentraciones (desde prácticamente 35 µg/m³ en el 2011 hasta menos de 10 µg/m³ en el 2015), por otro lado la estación de Parque Kanata por el contrario muestra un ascenso del promedio anual de concentraciones (desde 25 µg/m³ hasta casi 50 µg/m³). En general las concentraciones de esta última estación son más altas que en la estación de SEMAPA, sin embargo ambas estaciones presentan valores de concentración de promedio anual inferiores al límite máximo permisible establecido por la NB 62011 (60 µg/m³).

Figura 40 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Cochabamba



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

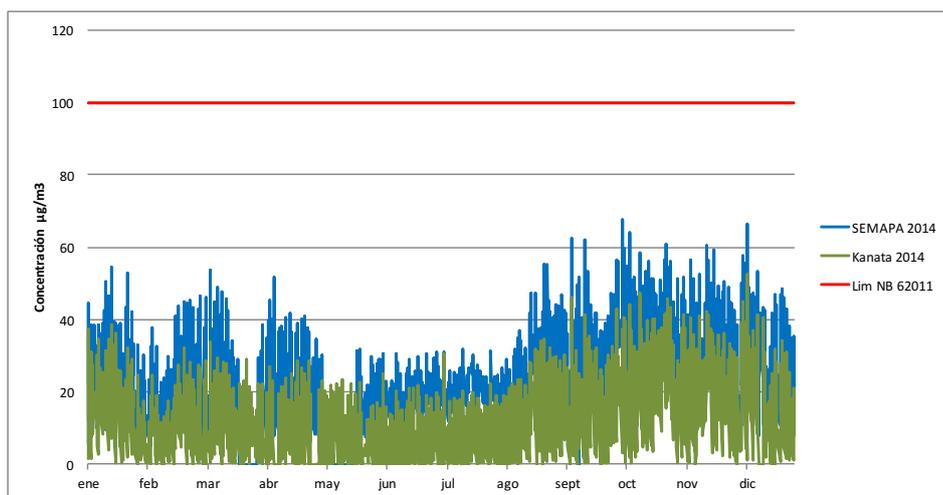
4.3.4. Ozono superficial

En las Figuras 41 y 42 se muestran los datos de O3 en promedios de ocho horas para las estaciones de SEMAPA y Parque Kanata que prácticamente son inferiores a 60 µg/m³ todo el año y se encuentran por debajo de los límites de referencia de la NB 62011 (100 µg/m³).

Los datos también muestran variaciones en las concentraciones promedio en función de la época del año con valores más altos en los meses de mayo a agosto, ligeramente superiores de enero a abril y mayores entre septiembre a diciembre.

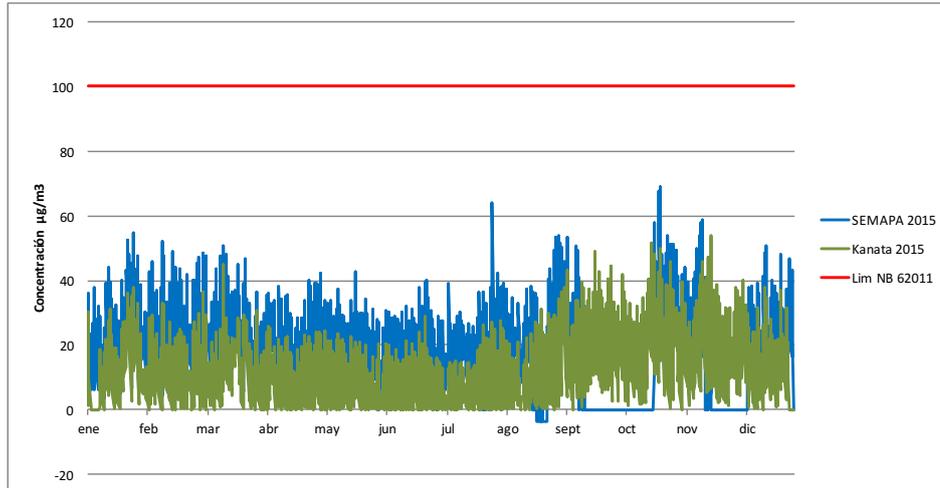
En general los valores registrados en Parque Kanata son inferiores a los registrados en la estación de SEMAPA, lo que resulta inverso respecto a los datos de NO₂ esto último podría deberse a que Parque Kanata se encuentra más cerca del centro de la ciudad y cuenta con mayor tráfico vehicular.

Figura 41 - Muestreo automático de O3 8 h, Cochabamba 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

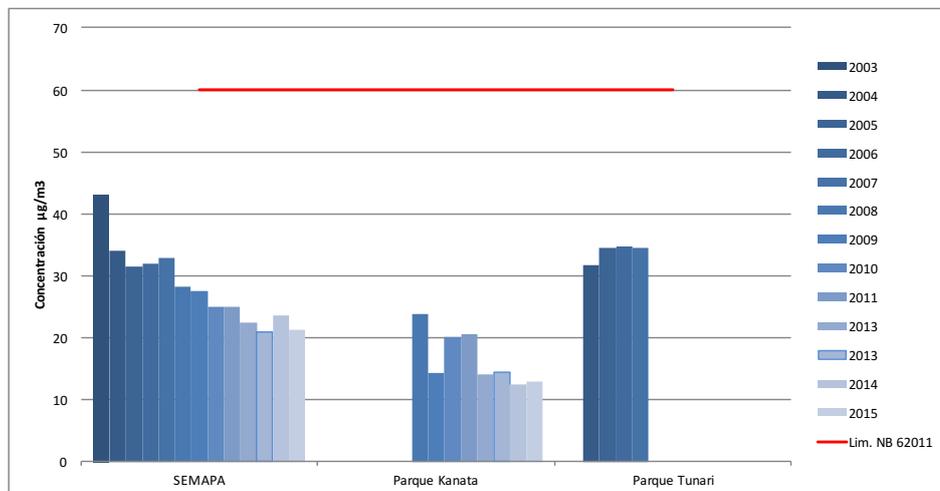
Figura 42 - Muestreo automático de O3 8 h, Cochabamba 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

En la Figura 43 se observan los promedios anuales de O3 durante las gestiones 2003 a 2015. El comportamiento en las dos estaciones es similar, presentándose descensos en las concentraciones desde más de 40 µg/m3 hasta casi 20 µg/m3 en el caso de SEMAPA y desde 25 µg/m3 hasta casi 10 µg/m3 en el caso de Parque Kanata. Esta última muestra en general valores más bajos que la estación de SEMAPA. Ambas estaciones presentan valores de promedio anual inferiores al límite máximo permisible establecido por la NB 62011.

Figura 43 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Cochabamba



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba



4.4. Quillacollo

4.4.1. Información general

Tabla 9 - Información general del municipio, Quillacollo

Departamento	Cochabamba
Provincia	Quillacollo
Municipio	Quillacollo
Altitud media sobre el nivel del mar	2 560 m
Relieve	Valle
Población (censo 2012)	137 029 habitantes
Parque automotor	55 884 vehículos (2013)
59 775 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

Fuente: INE

Tabla 10 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Quillacollo

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	Suárez Miranda	SM	-17.393424°	-66.280768°							PV	PV
2	Circunvalación	CI	-17.389810°	-66.285595°							PV	PV
3	Potrero	PO	-17.326525°	-66.301757°							PV	PV
4	Kilómetro 11	Km11	-17.385819°	-66.259401°							PV	PV
5	Terminal	TE	-17.393651°	-66.272952°							PV	PV
6	Calvario	CA	-17.418453°	-66.283413°							PV	PV
7	Suárez Miranda 1	SM1	-17.392748°	-66.280832°	AC							
8	Mdo. M. Cardenas	MC	-17.405730°	-66.282591°	AT							

AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

Figura 44 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Quillacollo



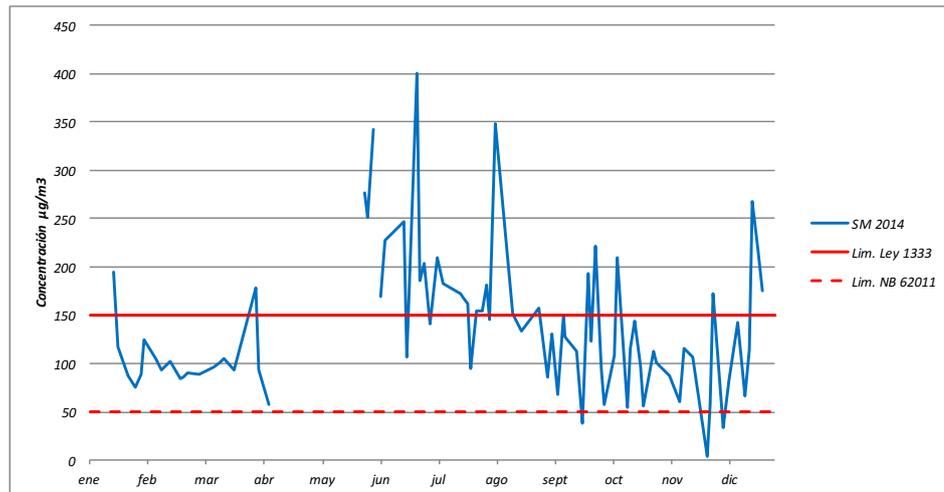
Fuente: Imagen de Google Earth

4.4.2. Partículas en suspensión

Las Figuras 45 y 46 muestran la información de PM₁₀ obtenida mediante tecnología activa. Se observa variabilidad de la concentración, generalmente entre 50 µg/m³ y 200 µg/m³ y se advierten indicios de incrementos significantes durante la época seca y reducción de estas concentraciones en época húmeda tanto para la gestión 2014 como 2015.

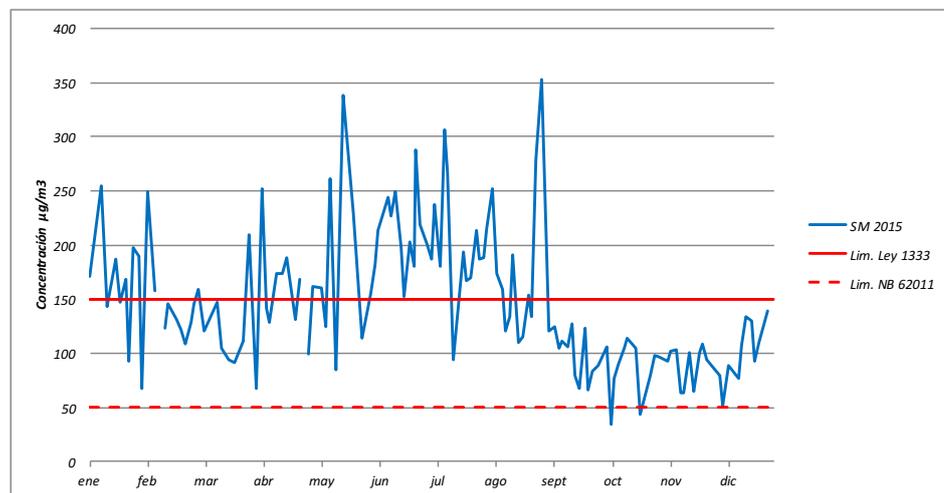
Prácticamente el total de las mediciones reporta valores que superan el límite máximo permitido por la NB 62011 y gran porcentaje de estas mediciones también superan el límite máximo permitido establecido por la Ley 1333.

Figura 45 - Muestreo activo de PM₁₀, Quillacollo 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

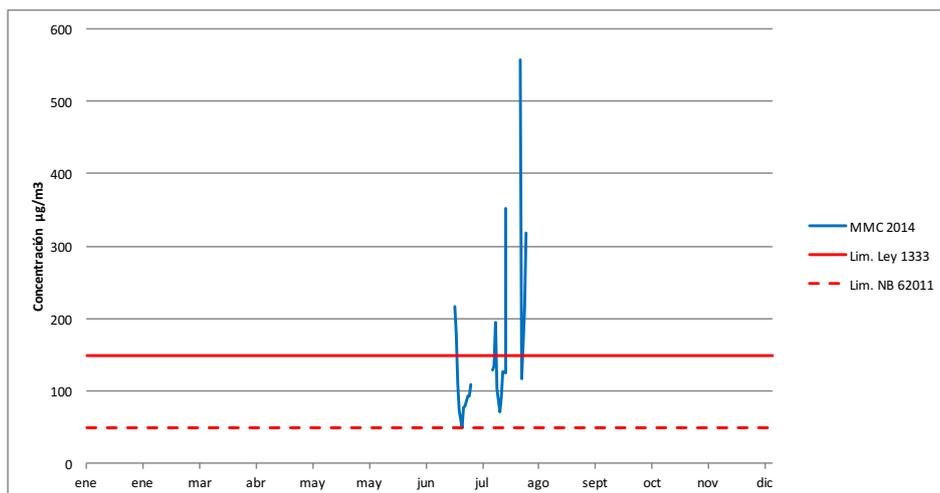
Figura 46 - Muestreo activo de PM₁₀, Quillacollo 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

La estación automática de la Red MoniCA QC inicio su operación durante el tercer trimestre del 2014, obteniendo resultados de forma intermitente debido a problemas con la operación del atenuador de rayos beta y la conexión eléctrica de la estación de monitoreo, de forma similar, se presentan los datos de la gestión 2015. Debido a la poca cantidad de información generada por este método no es posible realizar una evaluación adecuada del comportamiento de la contaminación por PM₁₀ determinada por este método.

Figura 47 - Muestreo automático de PM10, Quillacollo 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

Figura 48 - Muestreo automático de PM10, Quillacollo 2015

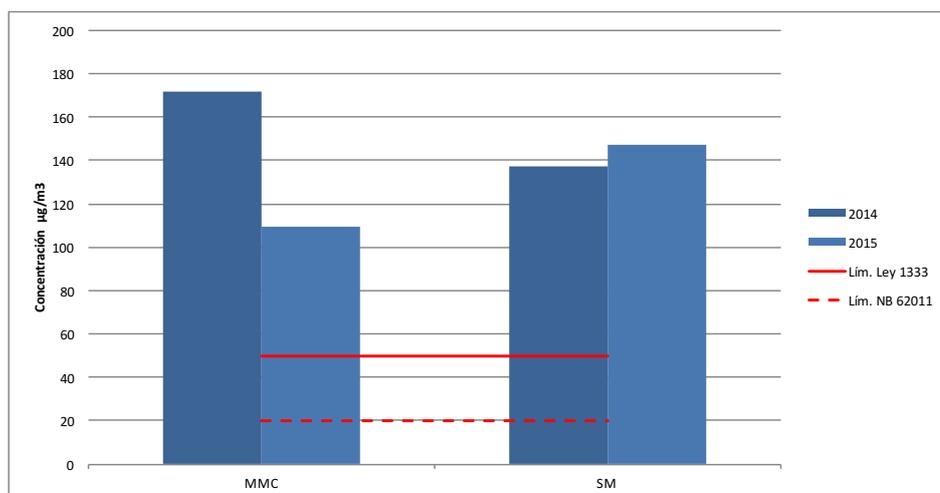


Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

La comparación de valores promedio por gestión ⁷ muestran valores muy altos con referencia a los límites máximos permitidos tanto por la NB 62011 como por la Ley 1333, llegando a registrarse promedios de 172 µg/m³ para el caso de la estación del Mercado Martín Cárdenas en la gestión 2014 y 171 µg/m³ para la estación de Suarez Miranda durante la gestión 2015. Estas concentraciones implican un alto riesgo para la salud de la población, pudiendo presentarse exacerbación de síntomas de enfermedades respiratorias como el asma, alergias, irritación de las vías respiratorias, tos ronquera o mayor producción de mucosidades, especialmente en niños pequeños y adultos mayores.

7 Los promedios de concentración para la estación MMC no corresponden a series de datos de años completos.

Figura 49 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Quillacollo



Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

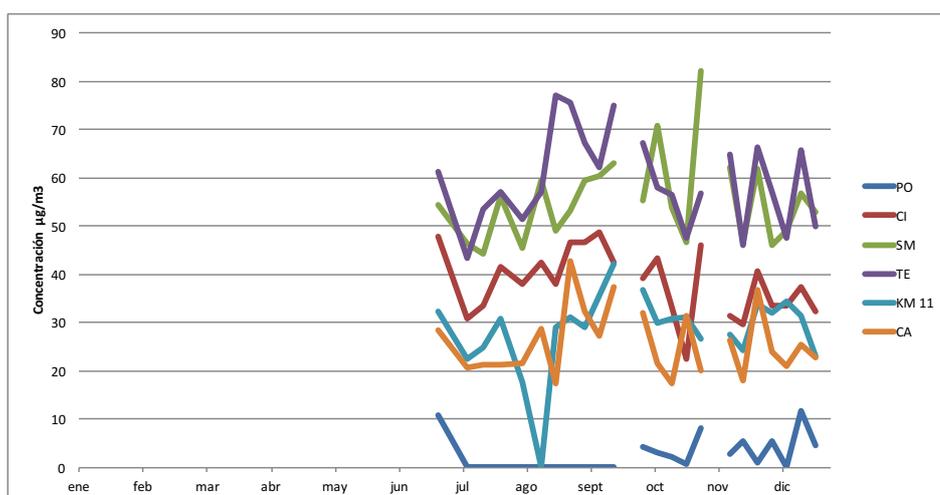
4.4.3. Dióxido de nitrógeno

En las Figuras 50 y 51, el análisis de los datos de NO₂ muestran las concentraciones más altas en los puntos de monitoreo de Terminal (TE), Suarez Miranda (SM) y Circunvalación (CI).

Las curvas generadas desde el tercer trimestre de la gestión 2014 muestran varias interrupciones en las secuencias de muestreo, según la información proporcionada por la Red MoniCA QC debido a problemas con la disponibilidad de transporte para la exposición y recolección de tubos pasivos.

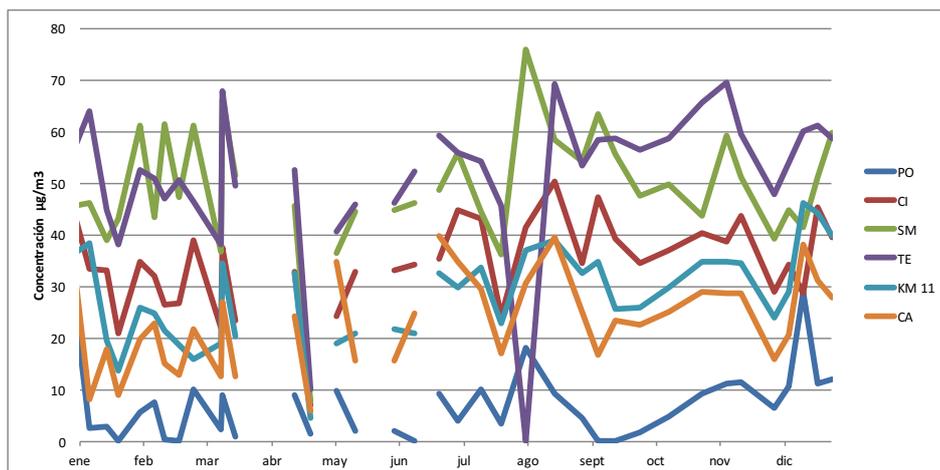
Los resultados no muestran tendencias claras de variaciones en las concentraciones de este contaminante en función de la época del año, aunque hay una clara diferencia entre estaciones de monitoreo.

Figura 50 - Muestreo pasivo de NO₂, Quillacollo 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

Figura 51 - Muestreo pasivo de NO₂, Quillacollo 2015

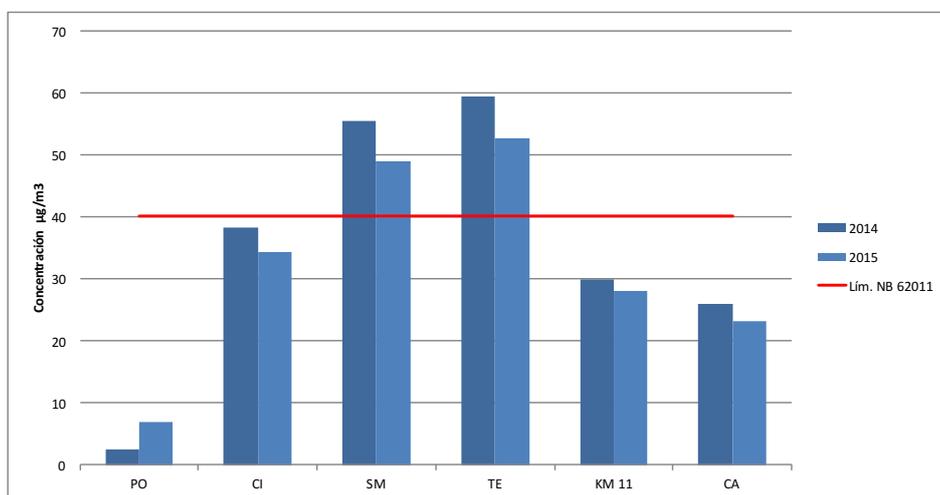


Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

En la Figura 52 se muestran los promedios de concentración ⁸ de NO₂, mostrándose los valores más altos en las estaciones de Terminal, Circunvalación y Suárez Miranda, mientras que se encuentran valores más bajos en las estaciones de Kilómetro 11 y Calvario, finalmente la concentración más baja se encuentra en el punto de referencia de Potrero que es al mismo tiempo el más alejado de la ciudad.

Los valores de promedio anual calculados para las estaciones de Suarez Miranda y Terminal superan el límite máximo permitido establecido por la NB 62011 para ambas gestiones y la estación de Circunvalación presenta promedios anuales muy próximos a este límite. Aunque la tendencia general para todas las estaciones es a la reducción de las concentraciones considerando el periodo evaluado (2014 a 2015).

Figura 52 - Promedios anuales de NO₂ por estación y por gestión, Quillacollo



Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

4.4.4. Ozono superficial

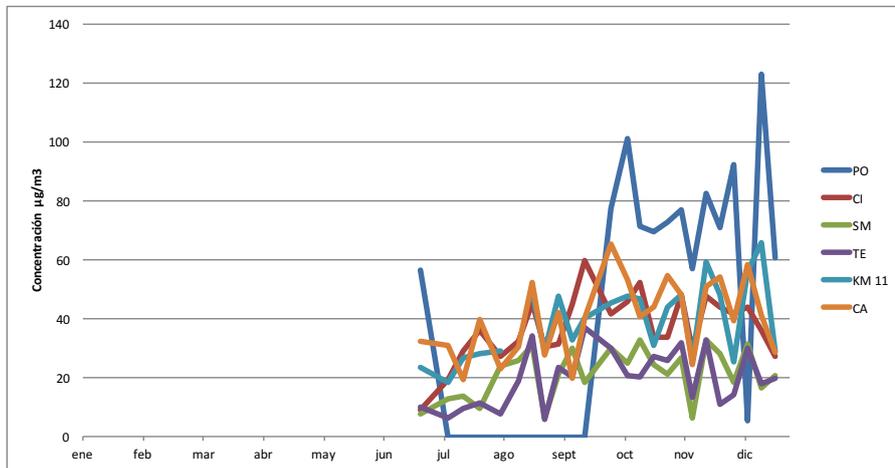
Al igual que sucede con los registros de NO₂, las curvas de O₃ generadas desde el tercer trimestre de la gestión 2014 muestran interrupciones en las secuencias de muestreo, debido principalmente

8 Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a series de datos de años completos.



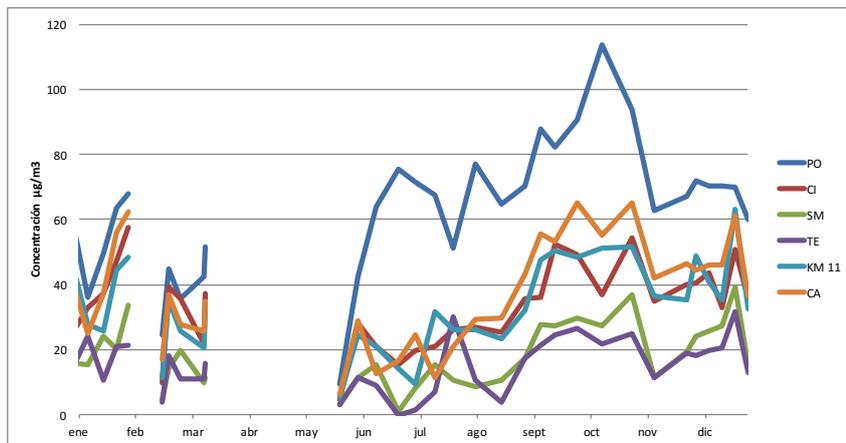
a problemas con la disponibilidad de transporte para exposición y recolección de tubos pasivos. Esta situación dificulta el análisis de tendencias según la época del año, no pudiendo llegarse a ninguna conclusión al respecto. Por otro lado, la estación de Potrero muestra los valores más altos, siendo este comportamiento más claro en la gestión 2015. Esto muestra que el O₃ puede ser generado y transportado a zonas alejadas del centro urbano donde se emiten principalmente los precursores de este contaminante.

Figura 53 - Muestreo pasivo de O₃, Quillacollo 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

Figura 54 - Muestreo pasivo de O₃, Quillacollo 2015



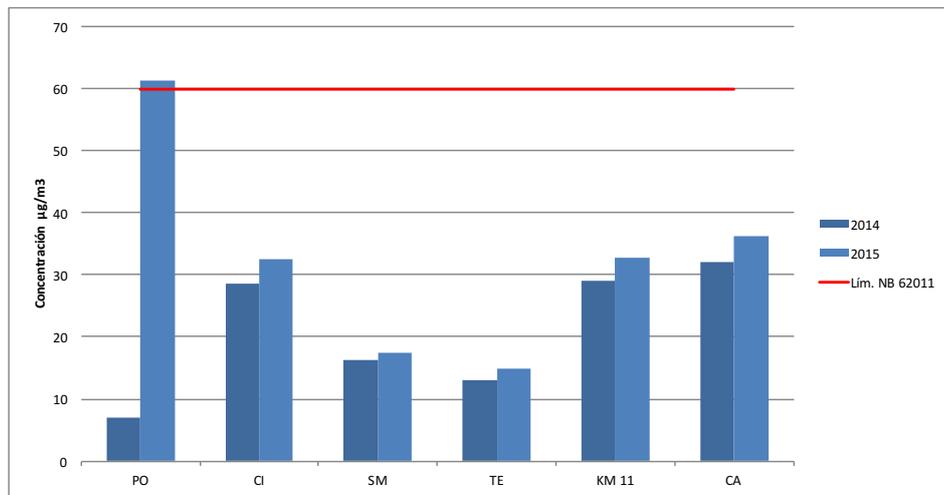
Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

En la Figura 55 se muestran los promedios de concentración⁹ de O₃ para las estaciones de la red MoniCA QC, mostrándose los valores más altos en las estaciones de Potrero (PO), Calvario (CA), Kilometro 11 (KM11) y Circunvalación (CI), mientras que se encuentran valores más bajos en las estaciones de Suárez Miranda (SM) y Terminal (TE), correspondiendo las estaciones con niveles más altos a puntos de monitoreo alejados del centro de la ciudad.

Ninguna de las estaciones de monitoreo registra valores de promedio anual superiores al límite máximo permitido por la NB 62011, excepto el valor registrado en la estación de Potrero durante la gestión 2015.

⁹ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos.

Figura 55 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Quillacollo



Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo



4.5. Sacaba

4.5.1. Información general

Tabla 11 - Información general del municipio, Sacaba

Departamento	Cochabamba
Provincia	Chapare
Municipio	Sacaba
Altitud media sobre el nivel del mar	2 723 m
Relieve	Valle
Población (censo 2012)	169 494 habitantes
Parque automotor	29 478 vehículos (2013)
31 827 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

Fuente: INE

Tabla 12 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Sacaba

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología		
			Latitud	Longitud	PM10	NO2	O3
1	Puesto Policial	PP	-17.402617°	-66.030677°	AC		
2	Plaza Principal	PL	-17.403955°	-66.039756°	AC		
3	Mercado Lozada	ML	-17.402256°	-66.037738°		PV	PV
4	Cancha Maracaná	CM	-17.406304°	-66.044394°		PV	PV

AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

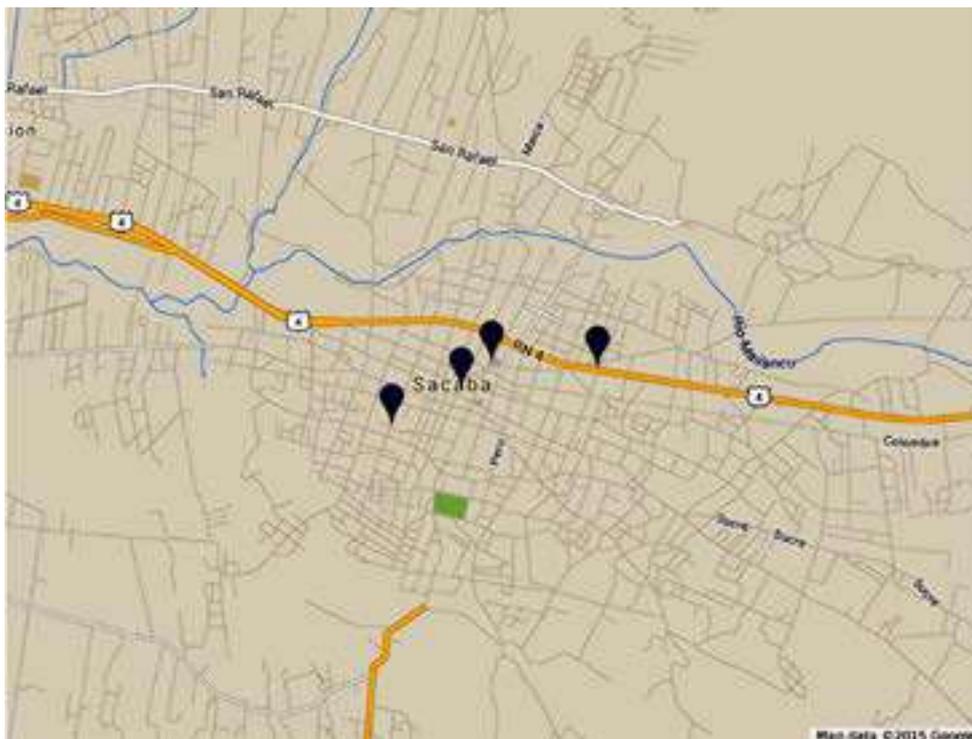
PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de monitoreo

La red de monitoreo de calidad del aire en esta ciudad es de formación reciente en cuanto su inclusión en la estructura organizacional del Gobierno Autónomo Municipal de Sacaba y su operación aún está en etapa de planificación en el momento de la elaboración del presente informe, razón por la cual no se han realizado mediciones permanentes por parte del municipio. En consecuencia, la información presentada para PM10, NO2 y O3 se basa en monitoreos específicos realizados durante la elaboración del presente informe.



Figura 56 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Sacaba



Fechas de realización de los monitoreos 30/10/2015 al 06/11/2015

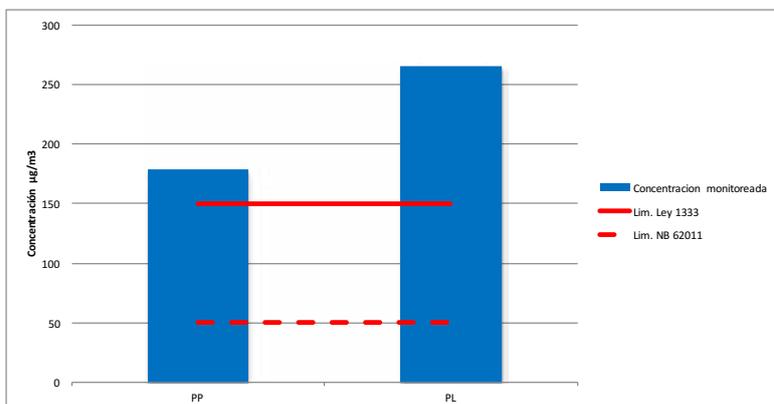
Fuente: Imagen de Google Earth

4.5.2. Partículas en suspensión

En la Figura 57 referida a las mediciones de PM₁₀ en Sacaba, se muestra que los niveles de concentración están por encima del límite máximo permisible establecido en la Norma Boliviana NB 62011 y del límite máximo permisible establecido por el Anexo 1 del Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA) de la Ley de Medio Ambiente N° 1333.

Por otro lado se observa los niveles más altos de concentración de PM₁₀ en la estación de monitoreo que se ubicó en la Plaza Principal (PL), la cual coincide con un área de alto tráfico vehicular. La estación del Puesto Policial (PP) muestra valores menores y se ubica en una vía de tráfico vehicular pesado con circulación de automotores de transporte interdepartamental.

Figura 57 - Muestreo activo de PM₁₀, 24 h, Sacaba

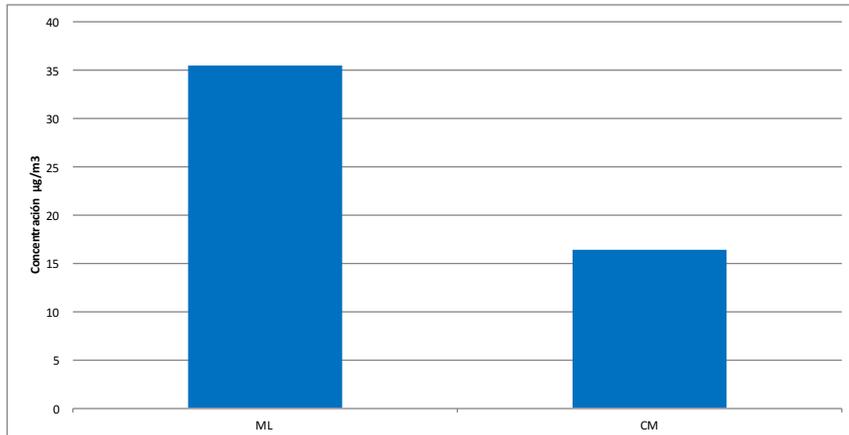


Fuente: Datos de monitoreo

4.5.3. Dióxido de nitrógeno

Las mediciones de concentración de NO₂ reportan valores de 35 µg/m³ y 16 µg/m³ en las estaciones de Mercado Lozada y Cancha Maracaná respectivamente. Valores que se encuentran dentro de lo esperado debido a que la primera corresponde a una zona netamente comercial al centro de la población de Sacaba mientras que la estación de Cancha Maracaná corresponde a un área residencial con equipamiento deportivo.

Figura 58 - Muestreo pasivo de NO₂, 7 d, Sacaba

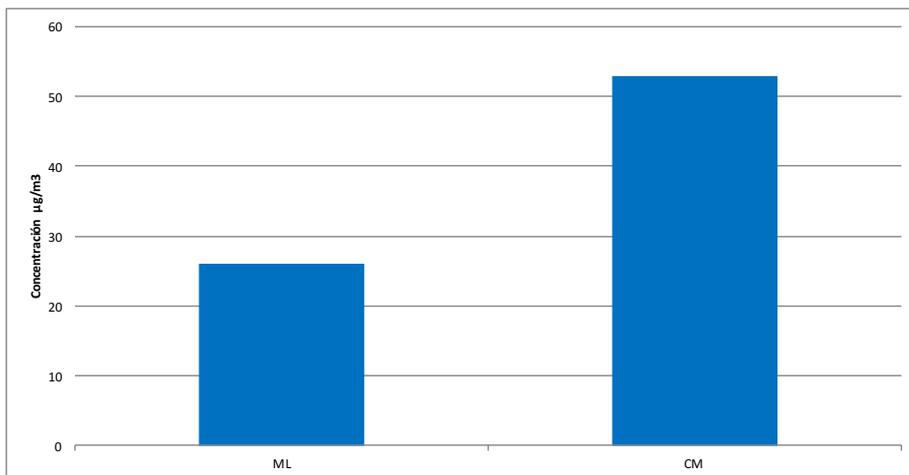


Fuente: Datos de monitoreo

4.5.4. Ozono superficial

Las mediciones de concentración de O₃ reportan valores de 26 µg/m³ y 52 µg/m³ en las estaciones de Mercado Lozada y Cancha Maracaná respectivamente. Valores que también se encuentran dentro de lo esperado, al ser inversamente proporcionales a las concentraciones de NO₂ medidas en los mismos puntos.

Figura 59 - Muestreo pasivo de O₃, 7 d, Sacaba



Fuente: Datos de monitoreo

4.6. Tiquipaya

4.6.1. Información general

Tabla 13 - Información general del municipio, Tiquipaya

Departamento	Cochabamba
Provincia	Quillacollo
Municipio	Tiquipaya
Altitud media sobre el nivel del mar	2 651 m
Relieve	Valle
Población (censo 2012)	53 062 habitantes
Parque automotor	3 171 vehículos (2013)
3 745 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

Fuente: INE

Tabla 14 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Tiquipaya

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología		
			Latitud	Longitud	PM10	NO2	O3
1	Colegio	CO	-17.336631°	-66.220075°	AT		

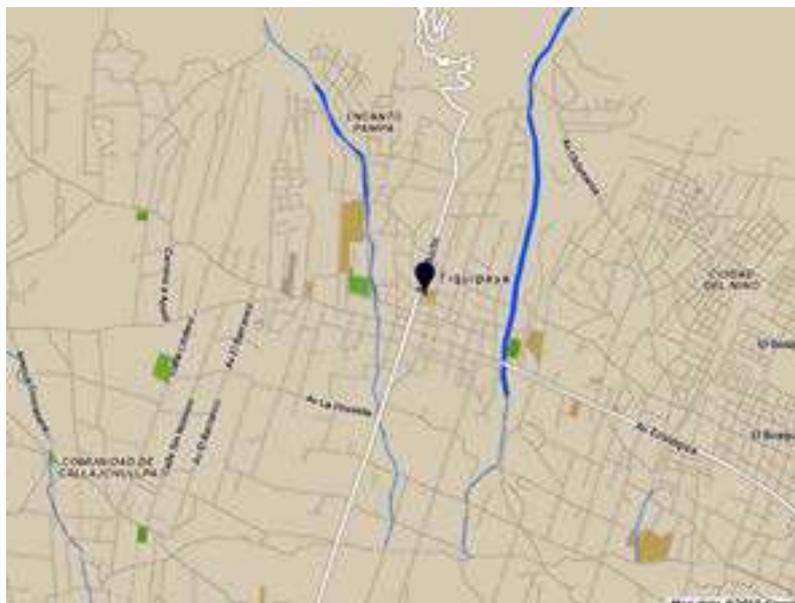
AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de Red MoniCA Tiquipaya

Figura 60 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Tiquipaya



Fuente: Imagen de Google Earth

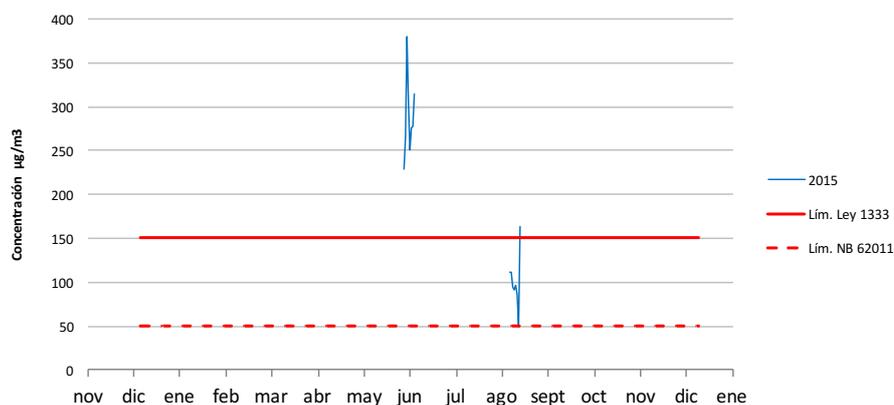
La red de monitoreo de calidad del aire en esta ciudad se incluyó oficialmente en la estructura organizacional del Gobierno Autónomo Municipal de Tiquipaya a finales del año 2014, sin embargo, debido a motivos de carácter administrativo para provisión de insumos y reactivos de laboratorio aún no ha iniciado las operaciones de medición de contaminantes con tecnología activa, ni pasiva, sin embargo ha iniciado sus primeras mediciones de PM10 con tecnología automática.

4.6.2. Partículas en suspensión

La medición de concentraciones de PM10 realizada en Tiquipaya mediante tecnología automática muestra valores elevados durante el mes de junio, llegando a registrarse más de 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ superando por mucho tanto el límite máximo permisible de la NB 62011 como el límite establecido por la Ley 1333. Una segunda secuencia de monitoreos realizada durante el mes de agosto, registra valores entre 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando límite máximo permisible de la NB 62011 pero no el de la Ley 1333.

Este punto de monitoreo automático corresponde a un área del centro de Tiquipaya y con la mayor actividad comercial de la misma.

Figura 61 - Resultados de muestreo automático de PM10, 24 h, Tiquipaya 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Tiquipaya

4.6.3. Dióxido de nitrógeno

La población de Tiquipaya aún no ha iniciado actividades de medición de NO₂.

4.6.4. Ozono superficial

La población de Tiquipaya aún no ha iniciado actividades de medición de O₃.



4.7. Achocalla

4.7.1. Información general

Tabla 15 - Información general del municipio, Achocalla

Departamento	La Paz
Provincia	Murillo
Municipio	Achocalla
Altitud media sobre el nivel del mar	3 850 m
Relieve	Montaña Valle
Población (censo 2012)	16 993 habitantes
Parque automotor	252 vehículos (2013)
1 001 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	No

Fuente: INE

Tabla 16 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Achocalla

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología		
			Latitud	Longitud	PM10	NO2	O3
1	Alpacoma Alto	AA	-16.541802°	-68.148937°	AC	PV	PV
2	Comunicad Pacajes	CP	-16.578958°	-68.168326°	AC	PV	PV

AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de monitoreo

Figura 62 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Achocalla



Fechas de realización de los monitoreos

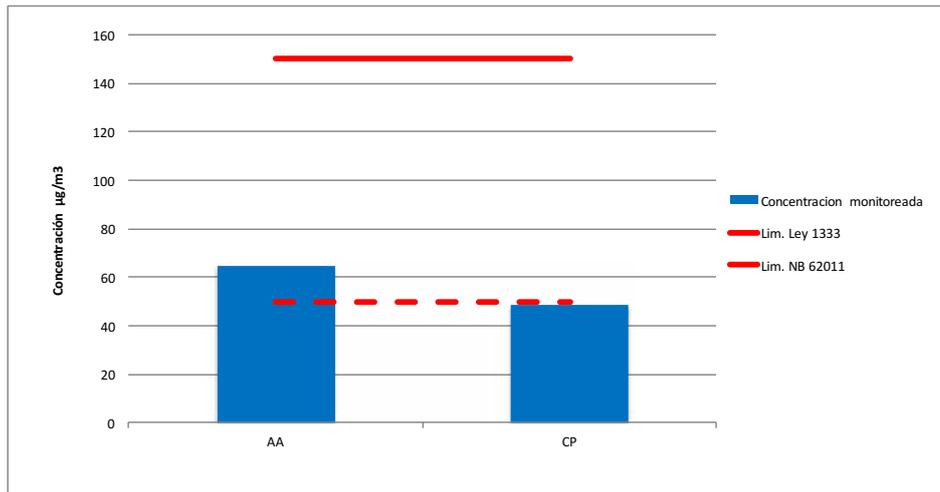
05/10/2015 a 12/10/2015

Fuente: Imagen de Google Earth

4.7.2. Partículas en suspensión

La medición de concentraciones de PM10 realizada en Achocalla muestra un valor de 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tomada en el punto de la Alto Alpacoma (AA), este valor supera el límite máximo permisible de la NB 62011 pero no el límite establecido por la Ley 1333. Este punto de monitoreo corresponde al lugar donde es intensa la actividad de producción de ladrillo. Mientras que se ha registrado un valor de 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el punto de Comunidad Pacajes, en inmediaciones de la laguna de Achocalla, el cual no supera ninguno de los límites máximos ya mencionados.

Figura 63 - Resultados de muestreo activo de PM10, 24 h, Achocalla

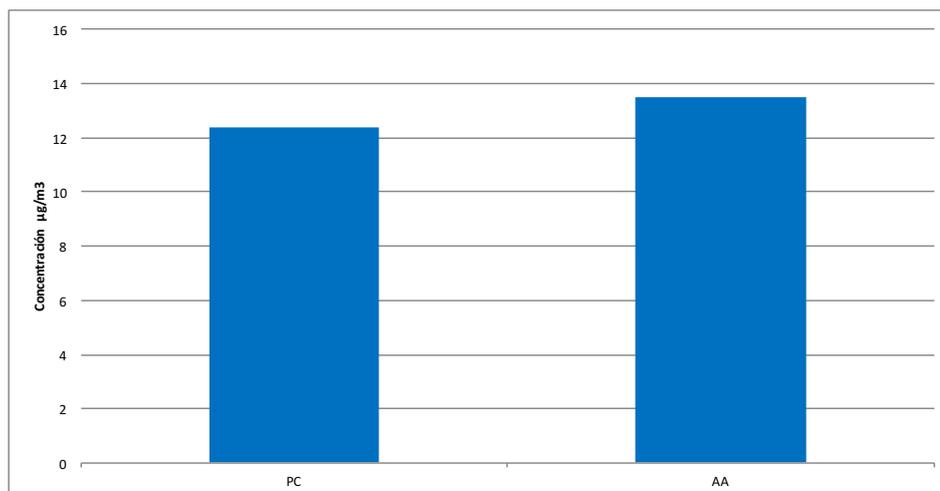


Fuente: Datos de monitoreo

4.7.3. Dióxido de nitrógeno

Las mediciones de concentración de NO2 en Achocalla reportan concentraciones relativamente bajas con registros de 13,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 12,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las estaciones de Alto Alpacoma y Comunidad Pacajes respectivamente, correspondiendo el mayor valor a áreas de las ladrilleras.

Figura 63 - Muestreo pasivo de NO2, 7 d, Achocalla

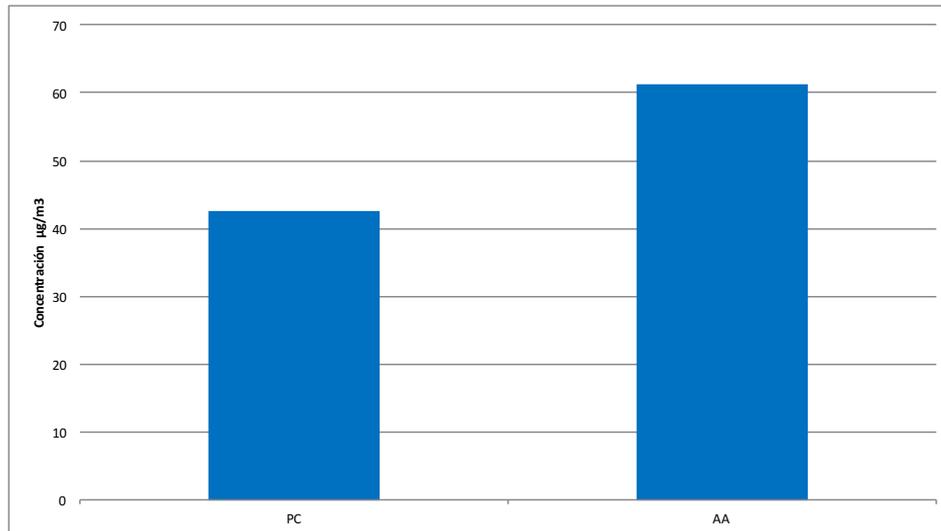


Fuente: Datos de monitoreo

4.7.4. Ozono superficial

La medición de concentraciones de O₃ reporta valores de 61 µg/m³ y 42 µg/m³ en las estaciones de Alto Alpacoma y Comunidad Pacajes, respectivamente. El punto con menor concentración de O₃ corresponde al área con menor altitud sobre el nivel del mar, de mayor tráfico vehicular y de mayor actividad social de la población de Achocalla.

Figura 64 - Muestreo pasivo de O₃, 7 d, Achocalla



Fuente: Datos de monitoreo



4.8.El Alto

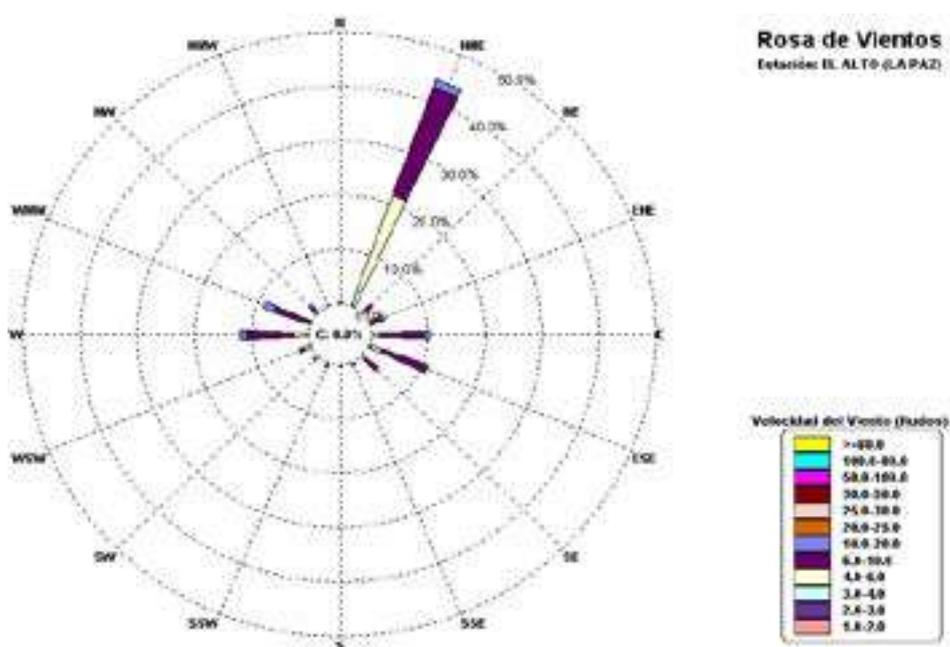
4.8.1. Información general

Tabla 17 - Información general del municipio, El Alto

Departamento	La Paz
Provincia	Murillo
Municipio	El Alto
Altitud media sobre el nivel del mar	4 053 m
Relieve	Altiplano
Población (censo 2012)	848 840 habitantes
Parque automotor	95 589 vehículos (2013)
100 112 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

Fuente: INE

Figura 65 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, El Alto 2014, 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Tabla 18 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, El Alto

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	Alcaldia Quemada	AQ	-16.505256°	-68.162482°	AC							
2	Transp. Aereo militar	TAM	-16.498725°	-68.179943°	AC							
3	Ciudad Satelite	CS	-16.525383°	-68.150886°	AC							
4	Avenida Bolivia	AB	-16.525037°	-68.201384°	AC							
5	Regimiento Ingavi	RI	-16.523657°	-68.169029°	AC							
6	Avenida Bolivia	AB	-16.525304°	-68.201170°							PV	PV
7	Plaza del Minero	PM	-16.536765°	-68.178943°							PV	PV
8	Camino a Laja	CL	-16.511192°	-68.239285°							PV	PV
9	Villa Ingenio	VI	-16.478183°	-68.211112°							PV	PV
10	Ex Tranca	ET	-16.491025°	-68.202849°							PV	PV
11	Naciones Unidas	UN	-16.503886°	-68.161124°							PV	PV
12	Ceja	SP	-16.503200°	-68.162710°							PV	PV
13	Plaza 16 de Julio	P16	-16.494881°	-68.173822°							PV	PV
14	Villa Adela	VA	-16.520625°	-68.212346°							PV	PV
15	AASANA	AS	-16.506789°	-68.167732°	AT							

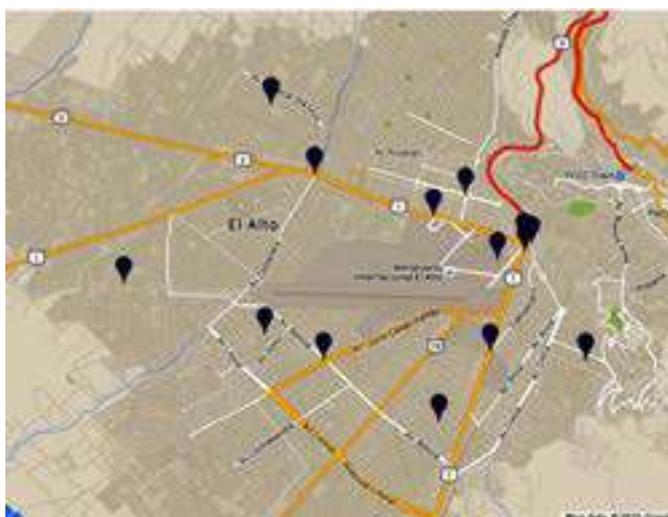
AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

Figura 66 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, El Alto



Fuente: Imagen de Google Earth

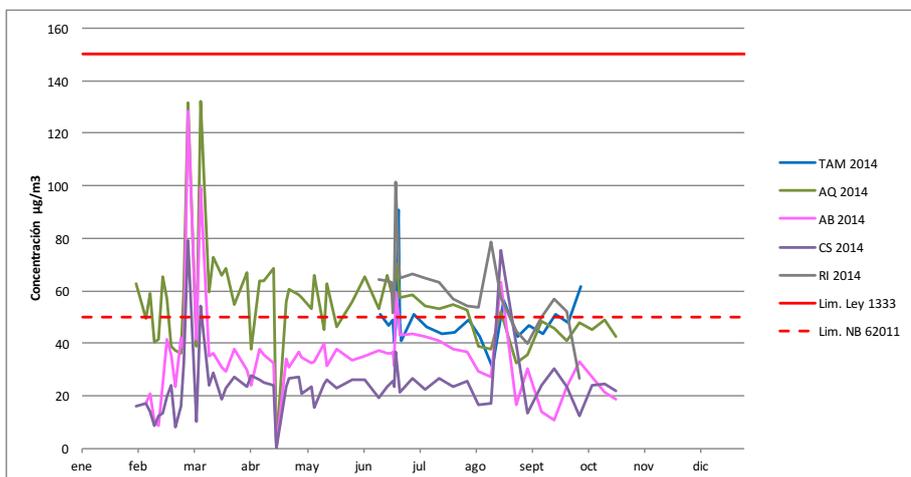


4.8.2. Partículas en suspensión

El análisis de las mediciones de concentración de PM₁₀ generados por la red MoniCA EA muestra registros variables según la gestión y según el punto de monitoreo, presentándose oscilaciones más extremas en las curvas de concentración durante la gestión 2014, mientras que durante la gestión 2015 se obtuvieron valores más estables.

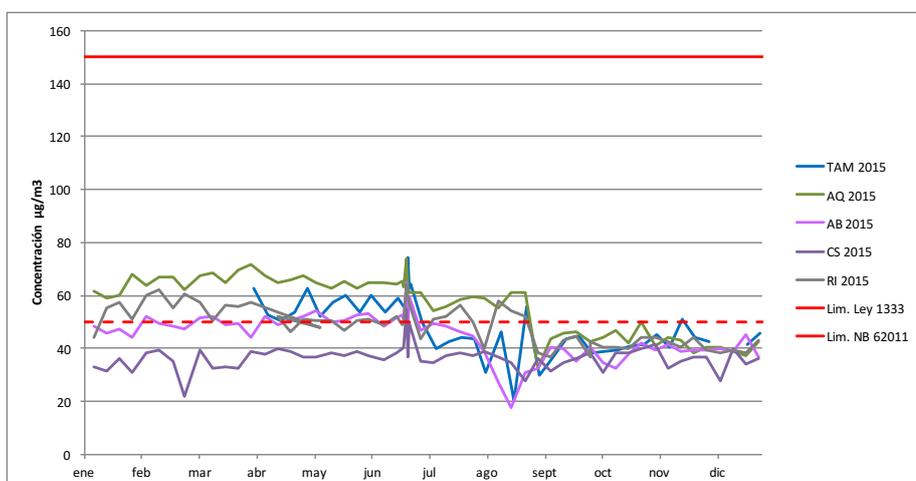
Se observa una clara diferencia entre los valores de concentración que se presentan en cada estación de monitoreo con niveles más altos en la estación de Regimiento Ingavi (RI) y Alcaldía Quemada (AQ), seguido de Transporte Aéreo Militar (TAM), Avenida Bolivia (AB) y Ciudad Satélite (CS), con valores que en general están entre 20 µg/m³ y 70 µg/m³ y algunos picos que llegan incluso a superar los 130 µg/m³. De acuerdo a esta información ninguno de los promedios de 24 horas supera el límite máximo permisible establecido por la Ley 1333 y en general las mediciones de las estaciones de AQ, RI y TAM tienen registros que en su mayoría superan los límites máximos establecidos por la NB 62011. No se advierte un comportamiento claro con respecto a la época del año ya que las concentraciones registradas no aumentan o disminuyen en función de la estación húmeda o de la estación seca.

Figura 67 - Muestreo activo de PM₁₀, El Alto 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

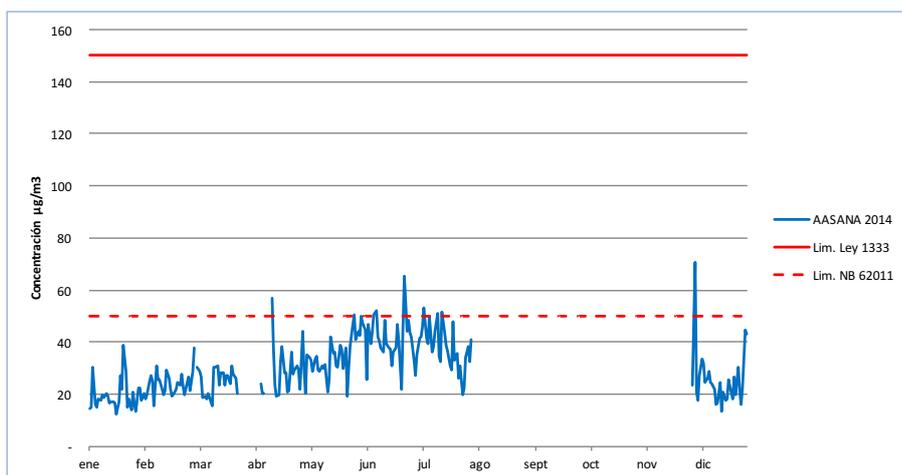
Figura 68 - Muestreo activo de PM₁₀, El Alto 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

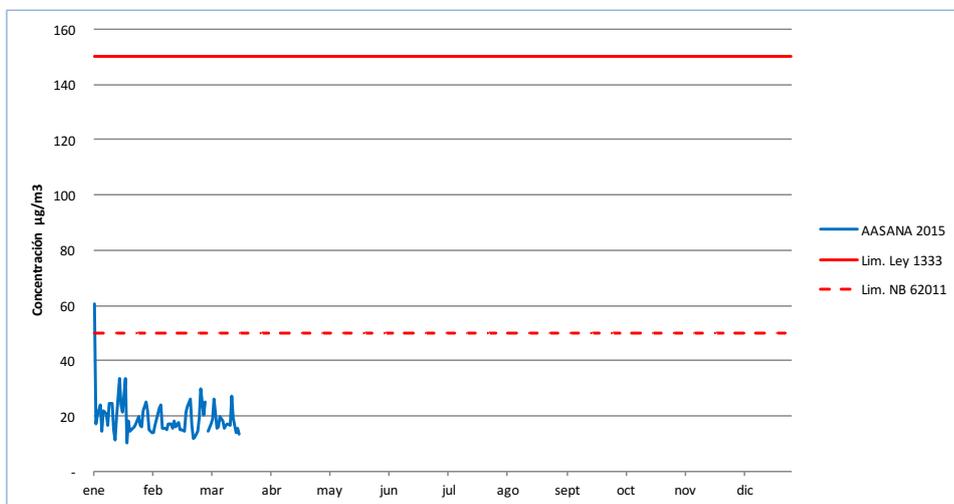
En las Figuras 69 y 70 se puede observar las concentraciones de PM10 reportadas por la estación automática de la red MoniCA EA, instalada en predios de AASANA del Aeropuerto Internacional de El Alto, los datos registrados tienen valores que en general están entre 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y con picos que sobrepasan en algunas ocasiones el límite máximo permisible de la NB 62011 especialmente durante la época seca en los meses de junio a agosto. Así mismo se observa estacionalidad de las concentraciones medidas, con valores más bajos durante la época húmeda en los meses de enero a marzo y de octubre a diciembre, contrastando con los meses de concentraciones más elevadas entre abril y septiembre.

Figura 69 - Muestreo automático de PM10, El Alto 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

Figura 70 - Muestreo automático de PM10, El Alto 2015



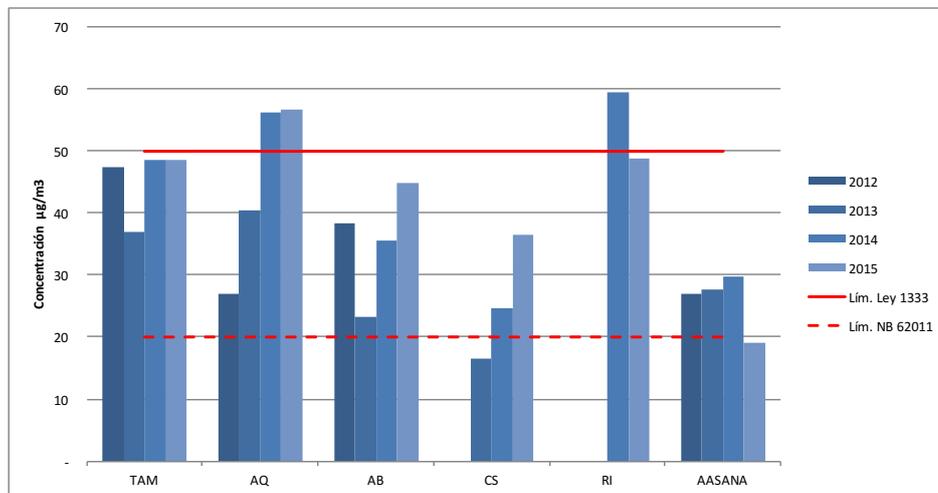
Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

La comparación de valores promedio por gestión y por estación ¹⁰ de la Figura 71 muestra comportamientos muy distintos para cada punto de monitoreo sin tendencias comunes entre cada uno de ellos. Se ratifican menores valores de concentración en las estaciones de Ciudad Satélite (CS), AASANA y Avenida Bolivia (AB) y los mayores valores de concentración en los puntos de Alcaldía Quemada (AQ), Regimiento Ingavi (RI) y Transporte Aéreo Militar (TAM). De las cinco estaciones de monitoreo, tres presentan tendencias claras hacia el incremento de

¹⁰ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos (especialmente 2013 y 2015).

las concentraciones promedio anuales (AQ, CS y TAM), las estaciones de TAM y AB nuestras concentraciones más bajas durante la gestión 2013 y más elevadas durante las gestiones 2012, 2014 y 2015.

Figura 71 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, El Alto



Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

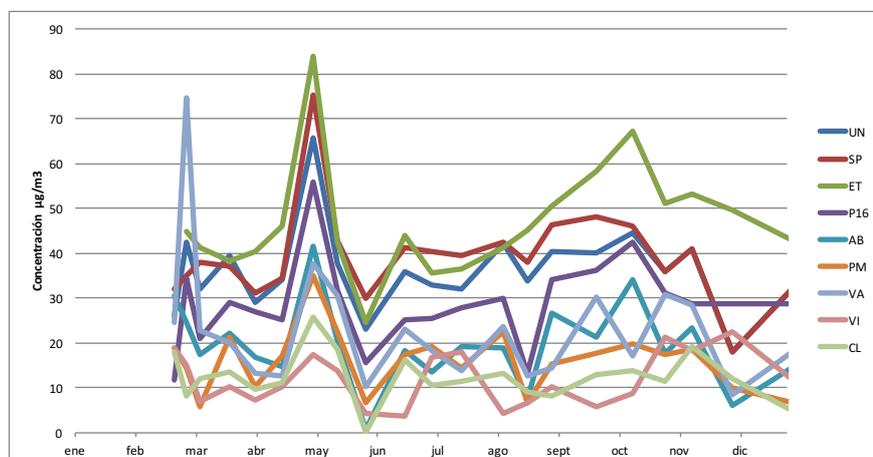
4.8.3. Dióxido de nitrógeno

Los datos de medición de concentraciones de NO₂ para las Figuras 72 y 73 realizadas por la Red MoniCA EA mediante método pasivo muestran un comportamiento estable durante la mayor parte del tiempo en las gestiones 2014 y 2015, con algunas variaciones importantes, en las que se presentan picos de concentración que rompen las tendencias generales de las curvas en las gráficas presentadas.

No es posible establecer alguna tendencia de comportamiento en las concentraciones de NO₂ según la época del año.

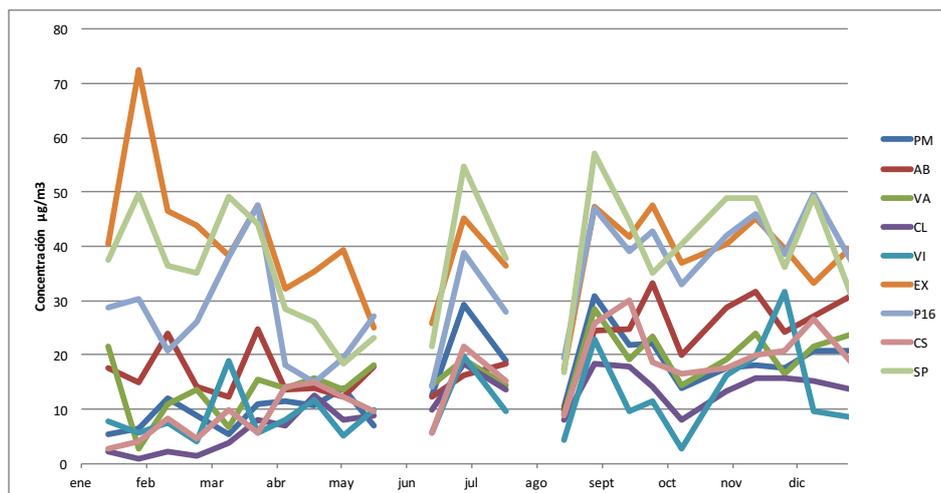
Se encontró que los mayores niveles de concentración de este contaminante se registraron en las estaciones de Ex tranca (ET), Ceja (SP) Plaza 16 de Julio (P16) y Av. Naciones Unidas (UN), coincidiendo con áreas de alto tráfico vehicular y alta actividad comercial.

Figura 72 - Muestreo pasivo de NO2, El Alto 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

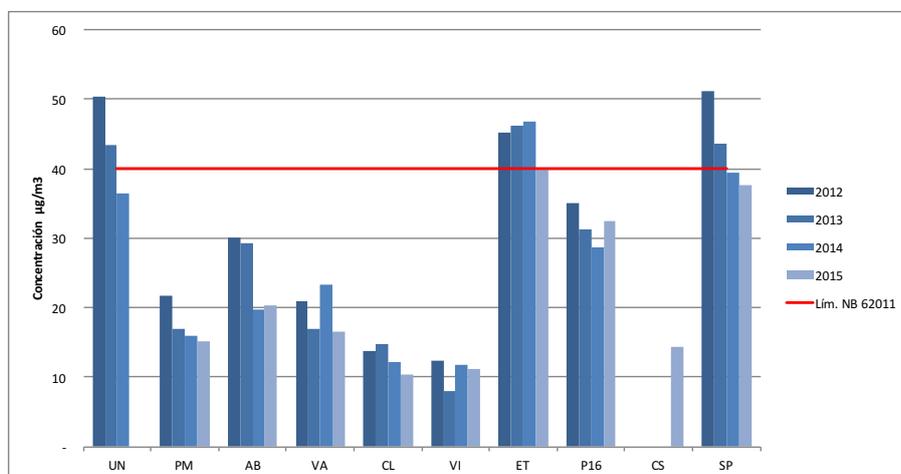
Figura 73 - Muestreo pasivo de NO₂, El Alto 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

En la Figura 74, el análisis de los promedios anuales de NO₂ por estación y por gestión ¹¹ muestra una tendencia de disminución de las concentraciones entre el 2012 y el 2015 en la mayor parte de las estaciones de monitoreo y se ratifica que las estaciones que reportan mayores concentraciones de NO₂ son Ex tranca (ET), Ceja (SP) y Av. Naciones Unidas (UN), cuyos promedios anuales de los años 2012 y 2013 superan el límite máximo permitido establecido en la NB 62011 de 40 µg/m³. El resto de las estaciones de monitoreo reportan en general valores de promedio anual que están por debajo de los 20 µg/m³.

Figura 74 - Promedios anuales de NO₂ por estación y por gestión, El Alto



Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

4.8.4. Ozono superficial

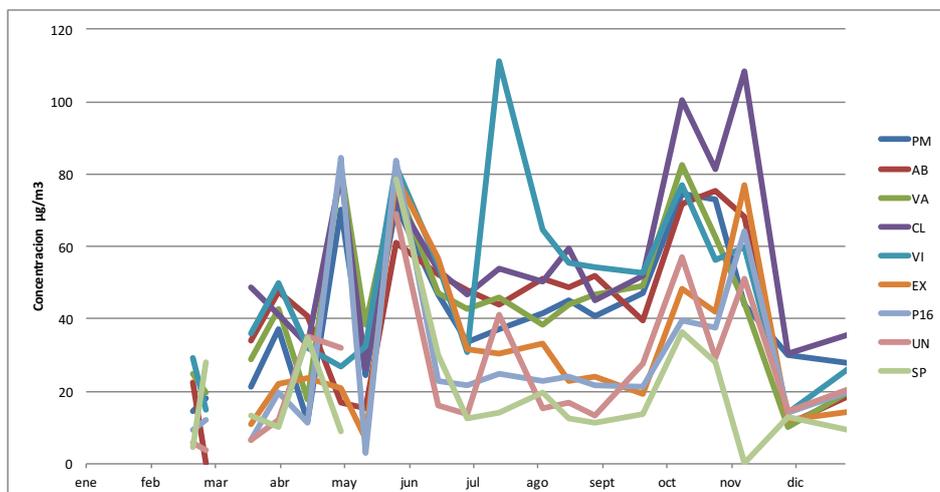
Las mediciones de concentración de O₃ de las Figuras 75 y 76 realizadas por la Red MoniCA EA muestran oscilaciones notorias en las diferentes campañas o muestreos realizados, observándose picos de concentración elevados, antecedidos y seguidos por mediciones de concentraciones significativamente más bajas. Se advierte un comportamiento errático sin tendencias claras hacia el incremento o reducción de las concentraciones en función de la época del año.

¹¹ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos (especialmente 2013 y 2015).



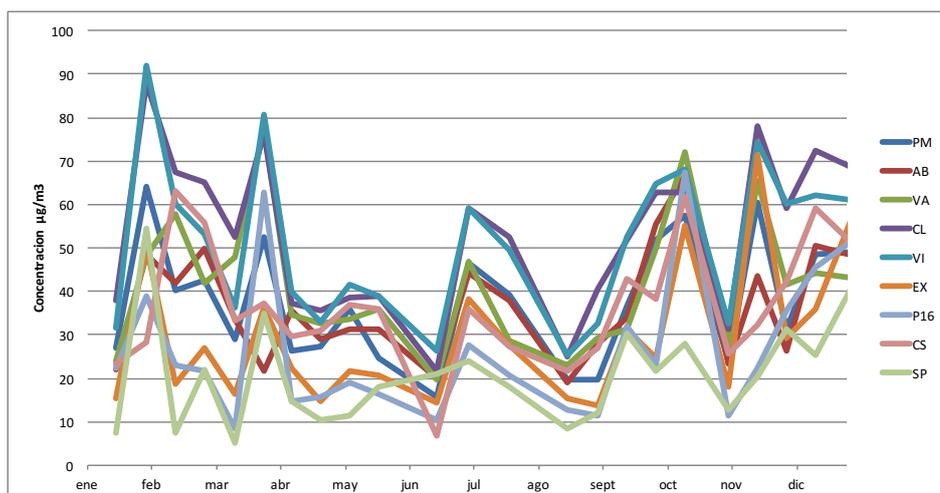
Por otro lado es coherente el comportamiento inversamente proporcional de las concentraciones de O3 con respecto a las concentraciones de NO2, encontrándose bajas concentraciones de O3 donde los niveles de NO2 son elevadas y viceversa.

Figura 75 - Muestreo pasivo de O3, El Alto 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

Figura 76 - Muestreo pasivo de O3, El Alto 2015

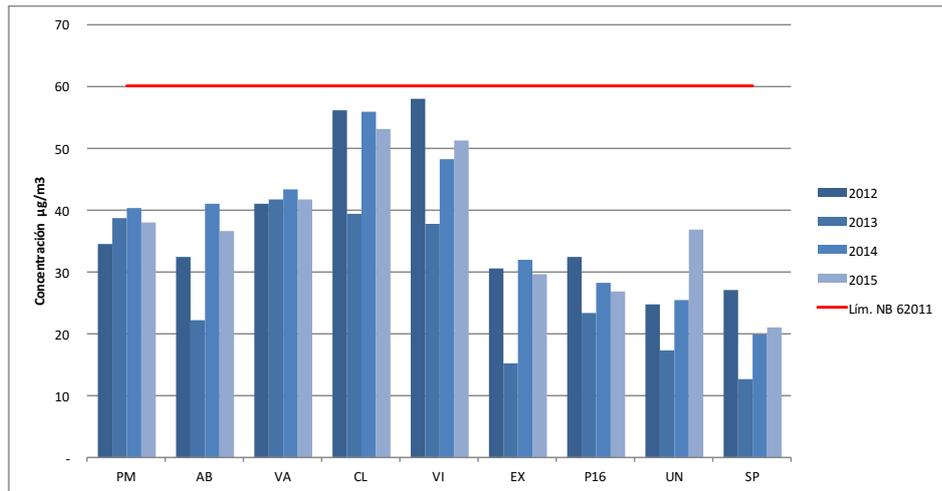


Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

El análisis de los promedios anuales de O3 por estación y por gestión¹² de la Figura 77 no muestra una tendencia de disminución o incremento claro en los promedios anuales de concentración entre el 2012 y el 2015. En la mayor parte de las estaciones de monitoreo se observa un menor valor durante la gestión 2013 y valores mayores para las gestiones 2012, 2014 y 2015. Por otro lado se observa buena concordancia con respecto a las concentraciones de NO2 ya que las estaciones con mayores concentraciones de NO2 registraron concentraciones bajas de O3 y viceversa. Todos los promedios se encuentran por debajo de 60 µg/m3.

¹² Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos (especialmente 2012 y 2013).

Figura 77 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, El Alto



Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto



4.9. La Paz

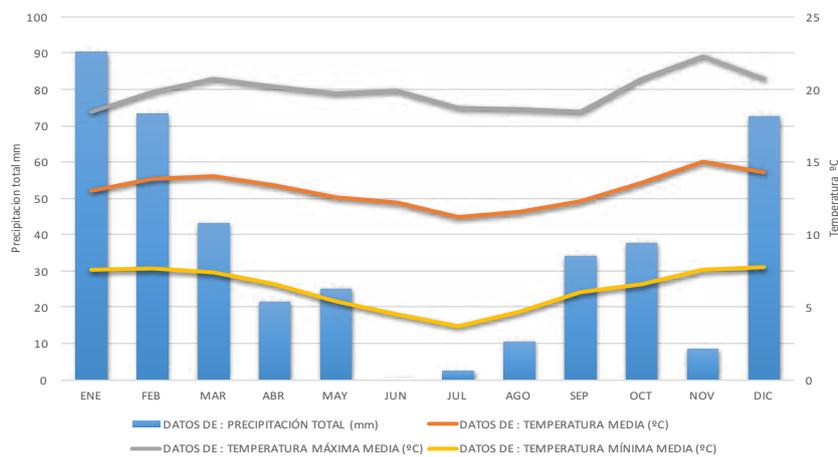
4.9.1. Información general

Tabla 19 - Información general del municipio, La Paz

Departamento	La Paz
Provincia	Murillo
Municipio	La Paz
Altitud media sobre el nivel del mar	3 650 m
Relieve	Montañoso
Población (censo 2012)	764 617 habitantes
Parque automotor	221 212 vehículos (2013)
241 800 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

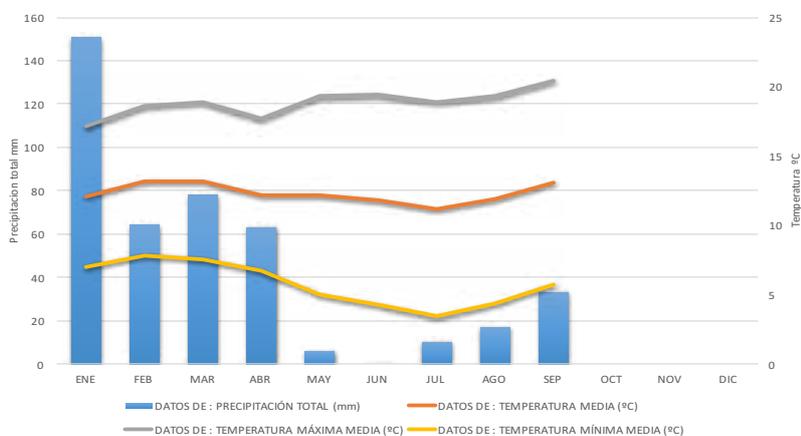
Fuente: INE

Figura 78 - Diagrama de precipitación y temperatura La Paz 2014



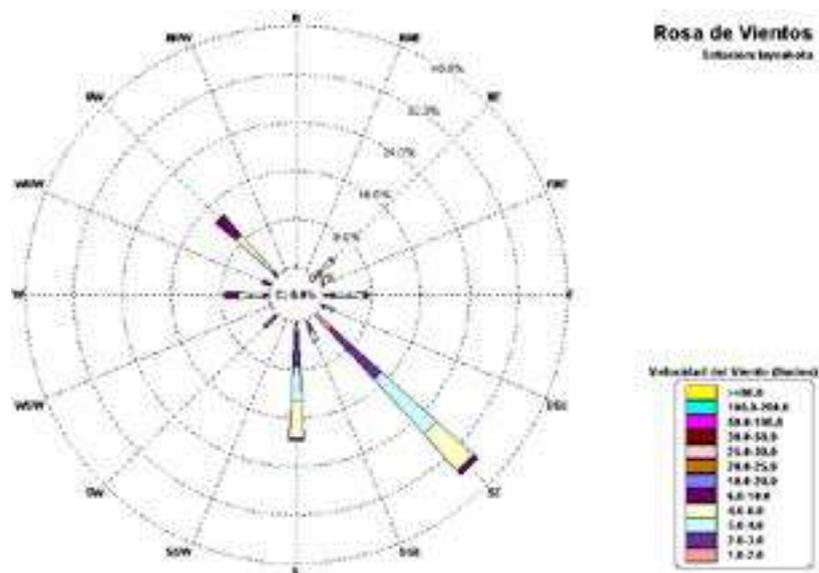
Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 79 - Diagrama de precipitación y temperatura La Paz 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 80 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, La Paz 2014, 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Tabla 20 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, La Paz

N°	Estación	Código	Ubicación Geográfica		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	Cota Cota	CC	-16.537216°	-68.067068°	AC						PV	PV
2	Obrajes	OB	-16.525775°	-68.112834°							PV	PV
3	Plaza Humboldt	PH	-16.542149°	-68.091547°							PV	PV
4	V. Fatima	VF	-16.472647°	-68.116811°	AC						PV	PV
5	Plaza I. la Católica	IC	-16.509389°	-68.124148°							PV	PV
6	Cotahuma	CH	-16.507144°	-68.139547°	AC						PV	PV
7	S. Francisco	SF	-16.496166°	-68.136880°							PV	PV
8	P. Autopista	PA	-16.458810°	-68.146321°							PV	PV
9	Garaje Municipal	GM	-16.497825°	-68.133718°	AT		AT	AT	AT	AT	PV/AT	PV/AT
10	Transito	TR	-16.497720°	-68.136139°	AC							
11	Terminal	TM	-16.488938°	-68.141548°							PV	PV

AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

Figura 81 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, La Paz



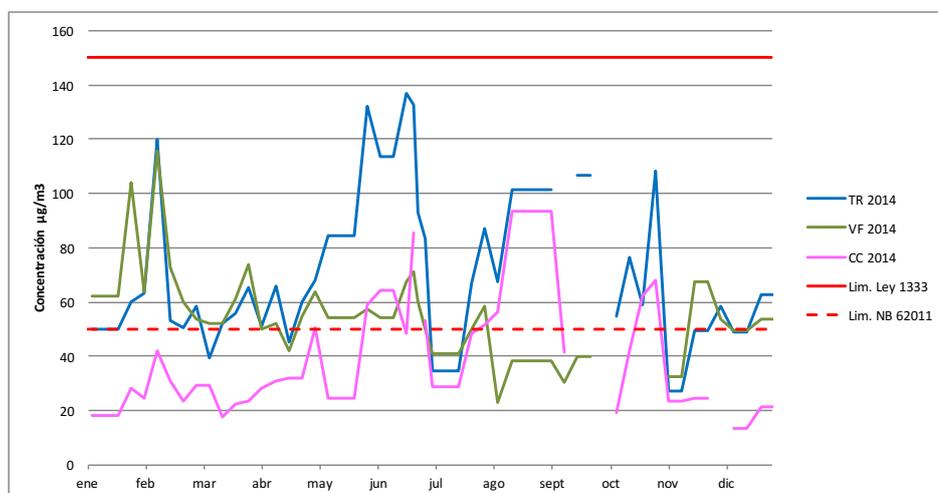
Fuente: Imagen de Google Earth

4.9.2. Partículas en suspensión

El análisis de los datos recolectados de PM10, generados por tecnología activa, muestra en las Figuras 82 y 83, oscilaciones considerables encontrándose la mayor parte de las concentraciones entre 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con picos que llegan a superar los 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No se advierte claramente un comportamiento en función de la época del año en ninguna de las estaciones de monitoreo.

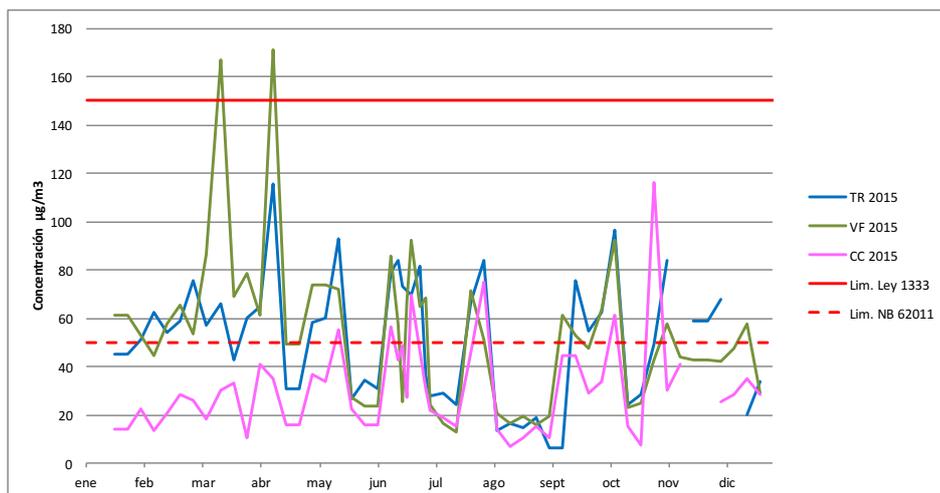
La mayor parte de las mediciones en las estaciones de Tránsito (TR) y Villa Fátima (VF) superan casi todo el año el límite máximo permitido de la NB 62011 y en la estación de Cota Cota (CC) este límite se supera solo eventualmente. El límite máximo permitido de la Ley 1333 solo es superado en dos ocasiones, en la estación de Villa Fátima (VF) durante los meses de marzo y abril de la gestión 2015.

Figura 82 - Muestreo activo de PM10, La Paz 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

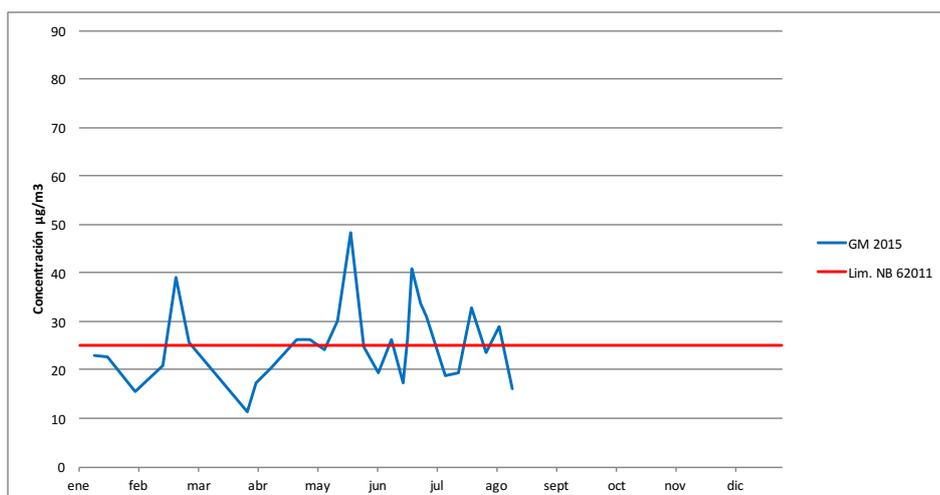
Figura 83 - Muestreo activo de PM10, La Paz 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

La red MoniCA LP también ha realizado mediciones de PM_{2,5} mediante tecnología activa durante la gestión 2015, obteniendo valores de concentración de 24 horas que presentan niveles por encima del límite máximo permitido por la NB 62011 en varias ocasiones. La curva generada no presenta un comportamiento en función de la época del año.

Figura 84 - Muestreo activo de PM2.5, La Paz 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

En las Figuras 85 y 86, se muestran los datos generados por tecnología automática en la red MoniCA LP con valores que se encuentran casi en su totalidad entre 20 µg/m³ y 70 µg/m³ observando concentraciones que varían en función de la época del año, registrándose los valores más bajos durante los meses lluviosos (enero a marzo y septiembre a diciembre) y niveles notoriamente más elevados durante la época seca (junio a agosto), aunque durante los meses de octubre y noviembre de la gestión 2014 se presentan dos picos extraordinarios de hasta 100 µg/m³. Esta estación se encuentra ubicada frente al edificio del GAML P en la zona central (Estación Garaje Municipal).

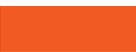
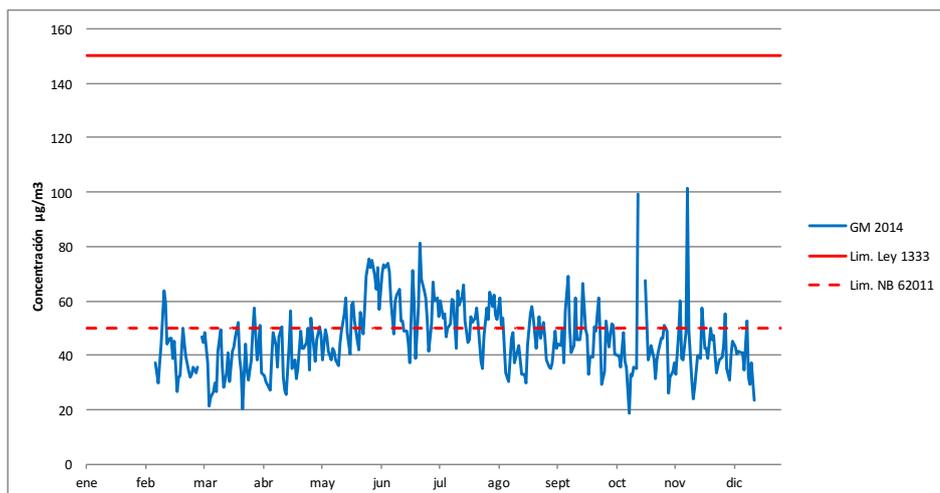
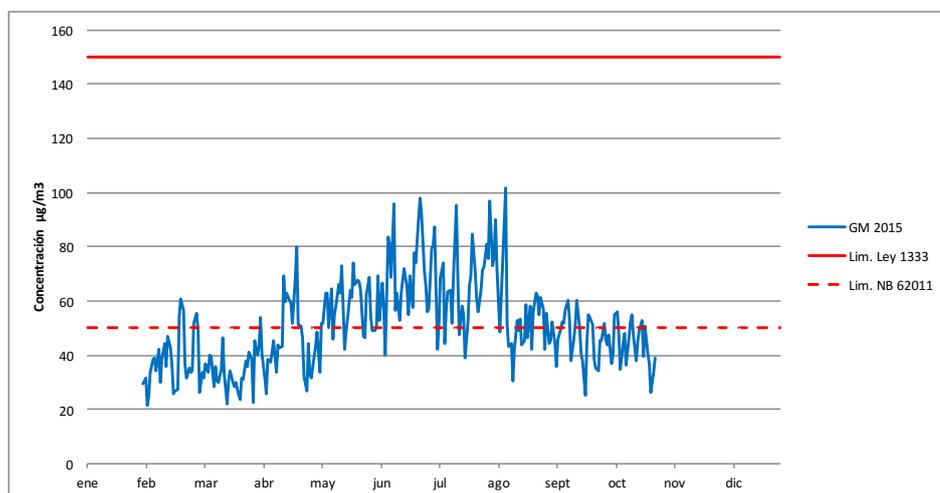


Figura 85 - Muestreo automático de PM10, La Paz 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

Figura 86 - Muestreo automático de PM10, La Paz 2015



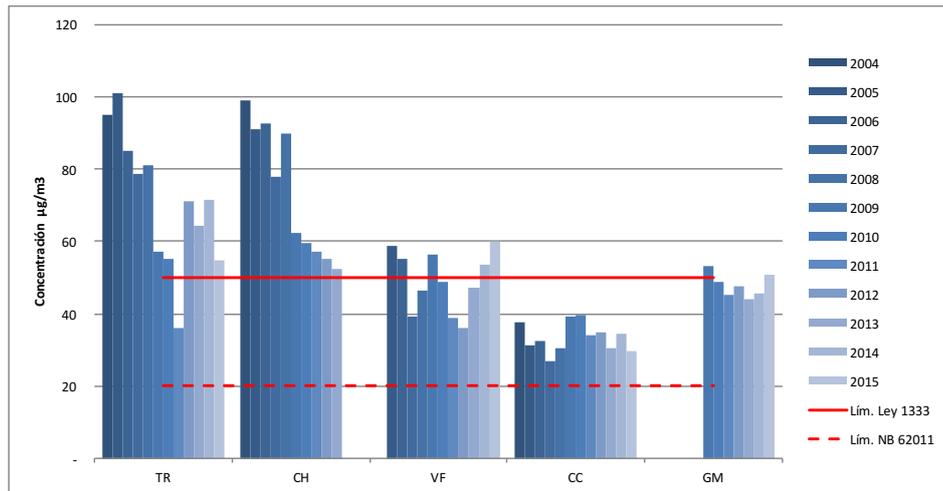
Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

La comparación de promedios anuales de la Figura 87 por estación y por gestión ¹³ muestra comportamientos similares en cada estación de monitoreo, al registrar tendencias generales hacia la disminución de los promedios anuales de PM10 entre el 2004 y el 2015. Esta tendencia no se presenta en el punto de monitoreo de Cota Cota (CC) y Villa Fátima (VF) las cuales tienen un comportamiento oscilatorio a lo largo de los años.

Todas las estaciones de monitoreo presentan promedios anuales que superan el límite máximo permitido por la NB 62011 en todas las gestiones monitoreadas. Por otro lado, las estaciones de Transito (TR) y Cotahuma (CH) también superan en todas las gestiones (excepto el 2011 en TR) el límite máximo permitido de la Ley 1333. En cuanto a las estaciones de Villa Fátima (VF) y Garaje Municipal (GM) solo superan el límite de la Ley 1333 eventualmente mientras que en la estación de Cota Cota (CC) no se supera el límite de promedio anual de la Ley 1333 en ninguna de las gestiones al ser, evidentemente, un área abierta ubicada en un Campus universitario

13 Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos (para gestiones 2004 y 2015).

Figura 87 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, La Paz

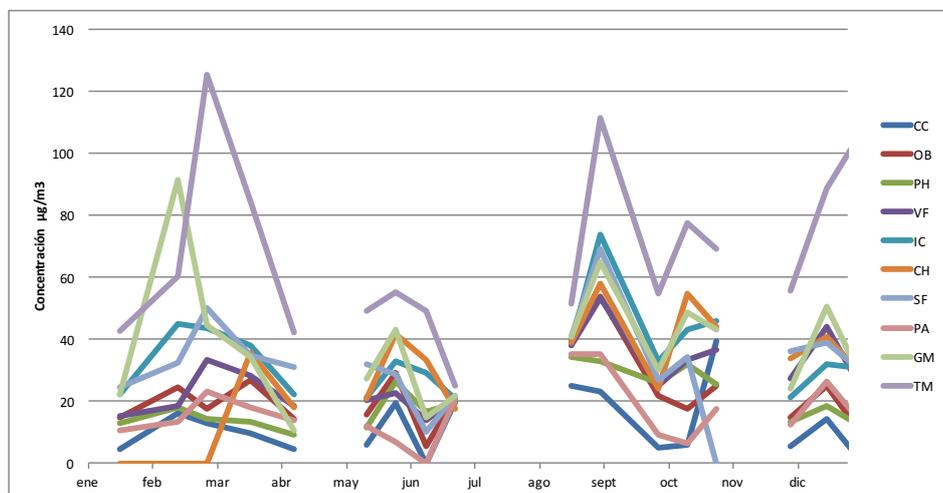


Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

4.9.3. Dióxido de nitrógeno

El análisis de los datos generados por la Red MoniCA LP mediante tecnología pasiva muestra durante algunos periodos de tiempo oscilaciones moderadas y durante otros periodos oscilaciones mucho más pronunciadas dependiendo de la estación de monitoreo. Así mismo las series de datos presentan importantes interrupciones en varias ocasiones, especialmente durante la gestión 2014. Por otro lado no se advierte ninguna tendencia definida en función de la época del año.

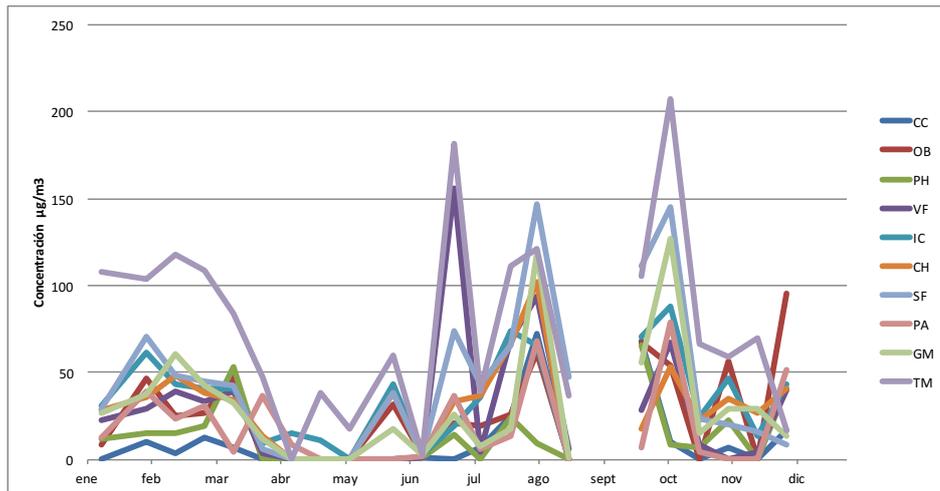
Figura 88 - Muestreo pasivo de NO2, La Paz 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz



Figura 89 - Muestreo pasivo de NO₂, La Paz 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

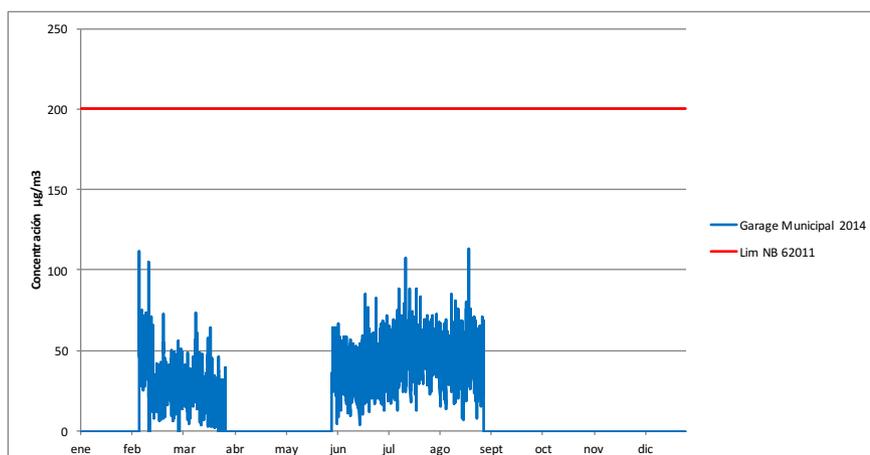
Para la Figura 90, el análisis de los datos recolectados de NO₂ generados por la tecnología automática en promedios de una hora no ha sido continuo; los datos obtenidos muestran valores que en general están todo el año por debajo de 90 µg/m³ menores a los límites de referencia de la NB 62011 (200 µg/m³) y de la Ley 1333 (400 µg/m³).

La curva generada por los equipos automáticos de la Red MoniCA LP presenta amplios periodos sin información (de abril a mayo y de septiembre a diciembre) durante la gestión 2014, debido generalmente a desperfectos en el analizador de NO₂.

Pese a las discontinuidades, los datos muestran valores más bajos durante el primer trimestre del año 2014, coincidiendo con la época húmeda y observándose los valores más altos durante los meses de junio a agosto, durante la época seca.

La Red MoniCA LP no remitió información de NO₂ generada por tecnología automática durante la gestión 2015.

Figura 90 - Muestreo automático de NO₂ 1 h, La Paz 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

La Figura 91 muestra los datos recolectados de NO₂ en promedios de 24 horas muestran valores que están prácticamente todo el año por debajo de 60 µg/m³ y también por debajo de los límites de referencia de la NB 62011 y de la Ley 1333 (150 µg/m³ en ambos casos).

Se corrobora el comportamiento de variaciones de concentración en función de la época del año descrito para los promedios de una hora en esta estación.

Figura 91 - Muestreo automático de NO2 24 h, La Paz 2014



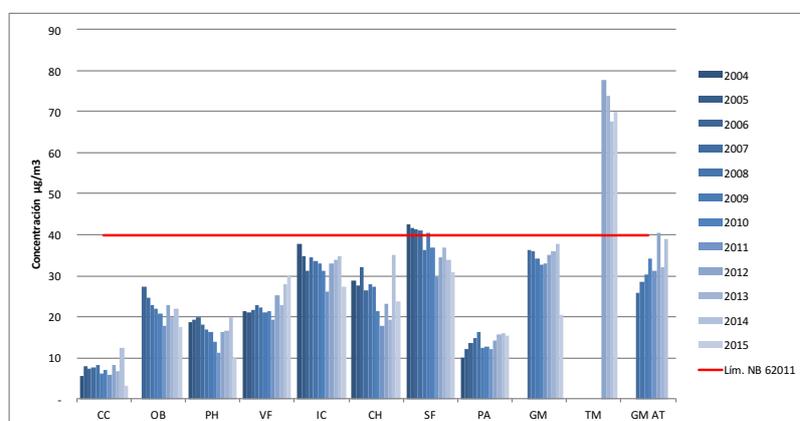
Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

En la Figura 92 la comparación de promedios anuales de NO2 por estación y por gestión ¹⁴ muestra claramente que los mayores niveles de concentración de NO2 se encuentran en las estaciones Terminal (TM), San Francisco (SF), Garaje Municipal (GM) y Plaza Isabel la Católica (PI), presentándose promedios anuales entre 30 µg/m3 y 45 µg/m3 en estas estaciones excepto en TM, que presenta promedios superiores a 65 µg/m3, el resto de las estaciones muestran promedios anuales menores a 25 µg/m3. Solo las estaciones de SF y TM presentan promedios anuales que superan el límite máximo permitido por la NB 62011.

Se ratifican mayores niveles de concentración en estaciones cerca del centro de la ciudad y con alto nivel de tráfico vehicular, mientras que las estaciones alejadas del centro y con bajos niveles de tráfico presentan concentraciones más bajas.

En cuanto a las tendencias de concentración promedio anual se observa un comportamiento muy distinto en las diferentes estaciones, ya que en algunos casos (como VF y PA) se advierte una tendencia al incremento de las concentraciones mientras que otras estaciones (como OB, PH, IC, CH y SF) registran la tendencia contraria hacia la reducción y finalmente estaciones como CC y GM se mantienen prácticamente invariables en sus promedios anuales.

Figura 92 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, La Paz



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

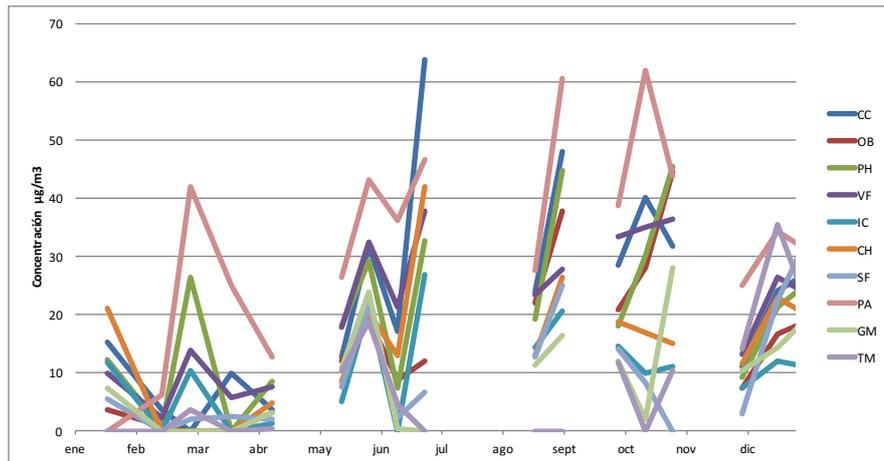
¹⁴ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos (especialmente 2004 y 2015).

4.9.4. Ozono superficial

Las Figuras 93 y 94 muestran el análisis de los datos de O₃ generados por la Red MoniCA LP mediante tecnología pasiva. Los datos muestran durante algunos periodos de tiempo oscilaciones moderadas y durante otros periodos oscilaciones más pronunciadas dependiendo de la estación de monitoreo. No se advierten tendencias de comportamiento de las concentraciones en función de la época del año.

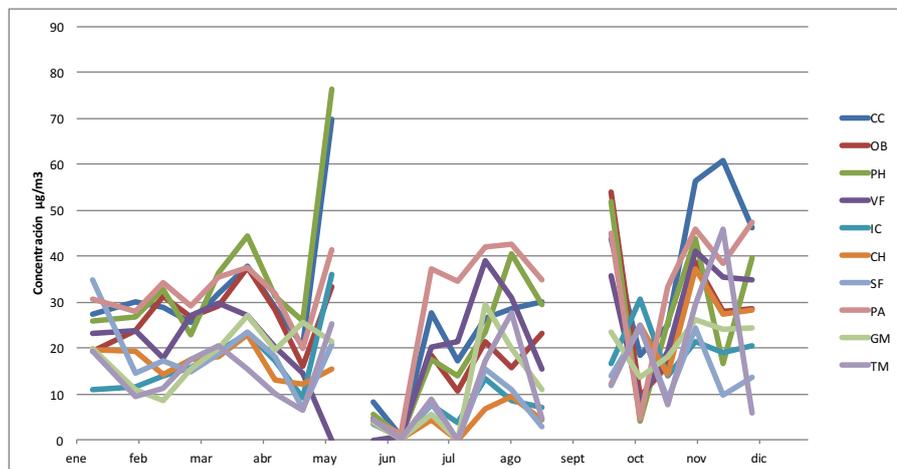
También se presentan importantes interrupciones de la curvas de concentración en repetidas ocasiones, especialmente durante la gestión 2014.

Figura 93 - Muestreo pasivo de O₃, La Paz 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

Figura 94 - Muestreo pasivo de O₃, La Paz 2015



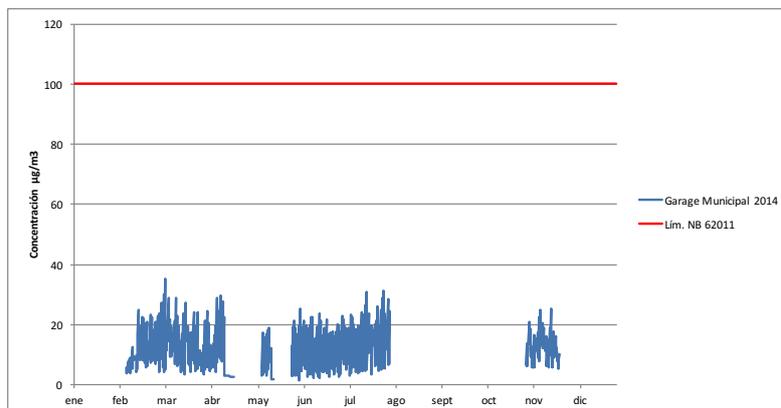
Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

En la Figura 95 se muestra el análisis de los datos de O₃ en promedios de ocho horas obtenidos mediante tecnología automática muestra valores que están por debajo de 30 µg/m³, y por debajo de los límites de la NB 62011 (100 µg/m³). La serie de datos de O₃ generada mediante esta tecnología también presenta varias interrupciones de duración prolongada durante la gestión 2014.

La serie de datos obtenida no permite observar tendencias de comportamiento de las concentraciones en función de la época del año.

La Red MoniCA LP no remitió información de O3 generada por tecnología automática durante la gestión 2015.

Figura 95 - Muestreo automático de O3 8 h, La Paz 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

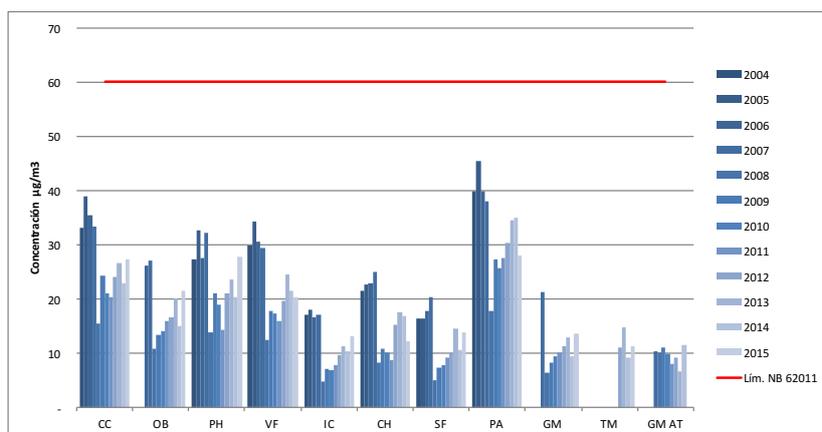
En la Figura 96 la comparación de promedios anuales de O3 por estación y por gestión ¹⁵ muestra claramente que los mayores niveles de concentración de O3 se midieron en las estaciones de Plan Autopista (PA), Cota Cota (CC), Villa Fatima (VF) Y Plaza Humboldt (PH), presentándose promedios entre 15 µg/m3 y 45 µg/m3 en estas estaciones, el resto de las estaciones muestra promedios anuales generalmente menores a 20 µg/m3.

Se ratifica menores niveles de concertación en estaciones cerca del centro de la ciudad y con alto nivel de tráfico vehicular, mientras que las estaciones cercanas del centro y con altos niveles de tráfico presentan concentraciones más bajas.

En cuanto a las tendencias se observa un comportamiento de incremento de las concentraciones a partir de la gestión 2008 hasta 2015. En la gestión 2007 existe una caída en los valores reportados casi en todas las estaciones.

Ninguno de los valores calculados en promedio anual supera el límite máximo permitido por la NB 62011 (60 µg/m3).

Figura 96 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, La Paz



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

¹⁵ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos (especialmente 2004, 2014 y 2015).

4.10. Oruro

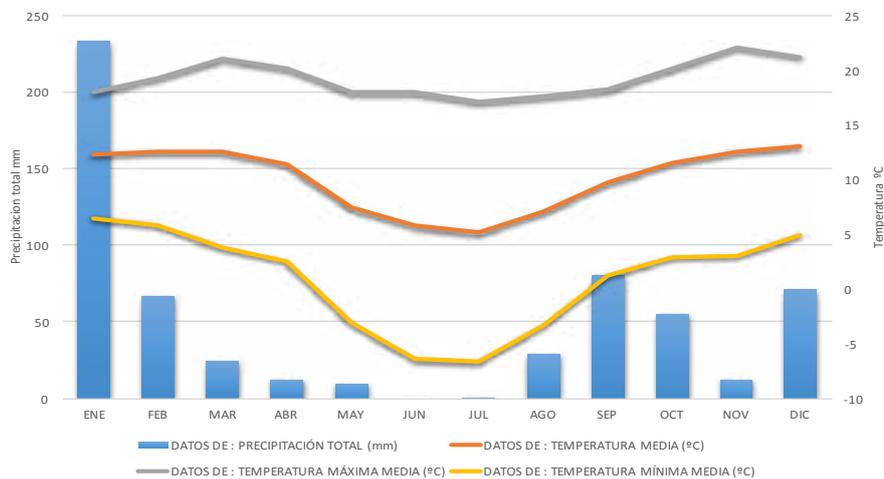
4.10.1. Información general

Tabla 21 - Información general del municipio, Oruro

Departamento	Oruro
Provincia	Cercado
Municipio	Oruro
Altitud media sobre el nivel del mar	3 720 m
Relieve	Altiplano
Población (censo 2012)	264 683 habitantes
Parque automotor	73 232 vehículos (2013)
78 914 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

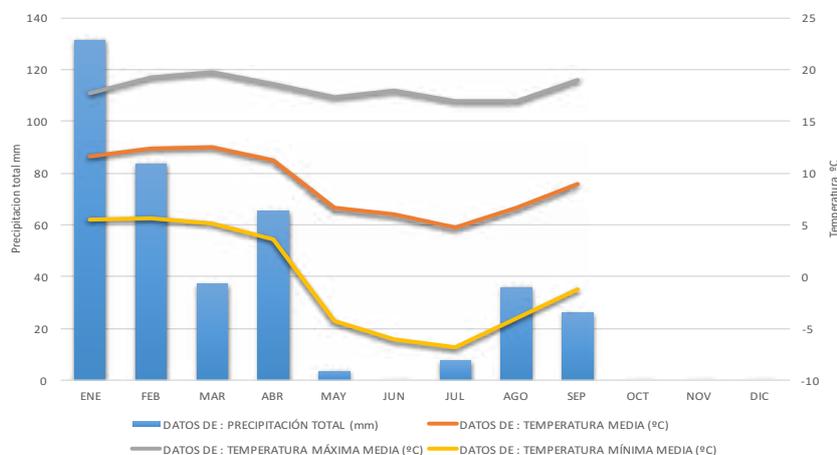
Fuente: INE

Figura 97 - Diagrama de precipitación y temperatura Oruro 2014



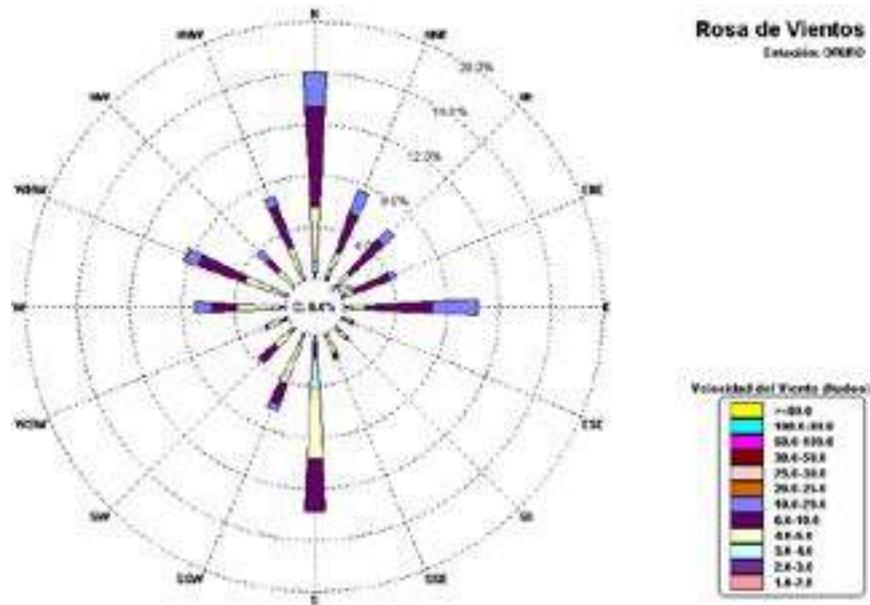
Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 98 - Diagrama de precipitación y temperatura Oruro 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 99 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Oruro



Fuente: Datos de SENAMHI

Tabla 22 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Oruro

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	Casa de la Cultura	CC	-17.965156°	-67.104080°	AT							

AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de Red MoniCA Oruro

Figura 100 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Oruro



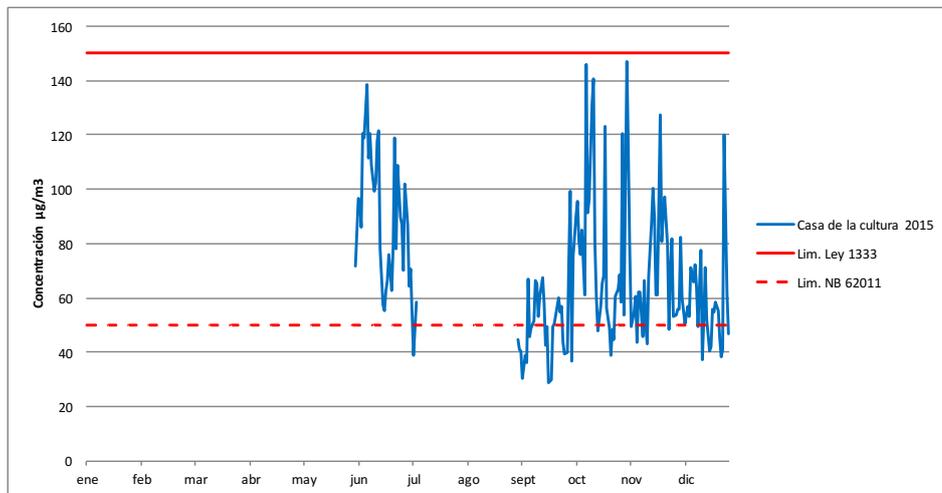
Fuente: Imagen de Google Earth

4.10.2. Partículas en suspensión

Debido a una reestructuración tanto de autoridades como de personal técnico del Gobierno Autónomo Municipal de Oruro, actualmente la Red MoniCA de esa ciudad no se encuentra en plena operación ni cuenta con datos de monitoreo de PM10 mediante método activo.

La medición de concentraciones de PM10 realizada en la estación automática de la Red MoniCA OR es parcial y muestra valores en promedio de 24 horas que están generalmente entre 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, de acuerdo a la Figura 101. Estas lecturas superan el límite máximo permisible de la NB 62011 pero no el límite establecido por la Ley 1333. Sin embargo la escasa cantidad de información generada no permite hacer un mayor análisis sobre tendencias de comportamiento en función de la época del año.

Figura 101 - Resultados de muestreo automático de PM10, 24 h, Oruro 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Oruro

4.10.3. Dióxido de nitrógeno

Por las razones indicadas anteriormente, la Red MoniCA de esa ciudad no se encuentra en plena operación ni cuenta con datos de monitoreo de NO₂.

4.10.4. Ozono superficial

De la misma forma que para el NO₂, actualmente la Red MoniCA de esa ciudad no se encuentra en plena operación ni cuenta con datos de monitoreo de O₃.



4.11. Cobija

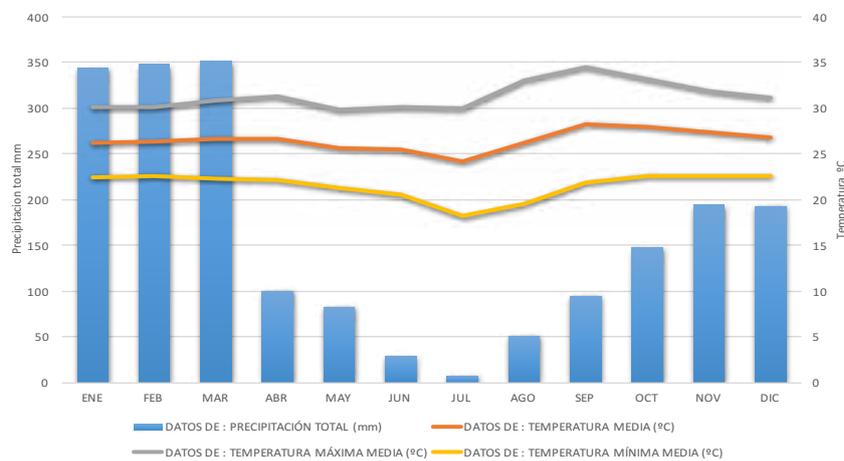
4.11.1. Información general

Tabla 23 - Información general del municipio, Cobija

Departamento	Pando
Provincia	Nicolas Suárez
Municipio	Cobija
Altitud media sobre el nivel del mar	225 m
Relieve	Ondulado
Población (censo 2012)	46 267 habitantes
Parque automotor	1 606 vehículos (2013)
2 490 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	No

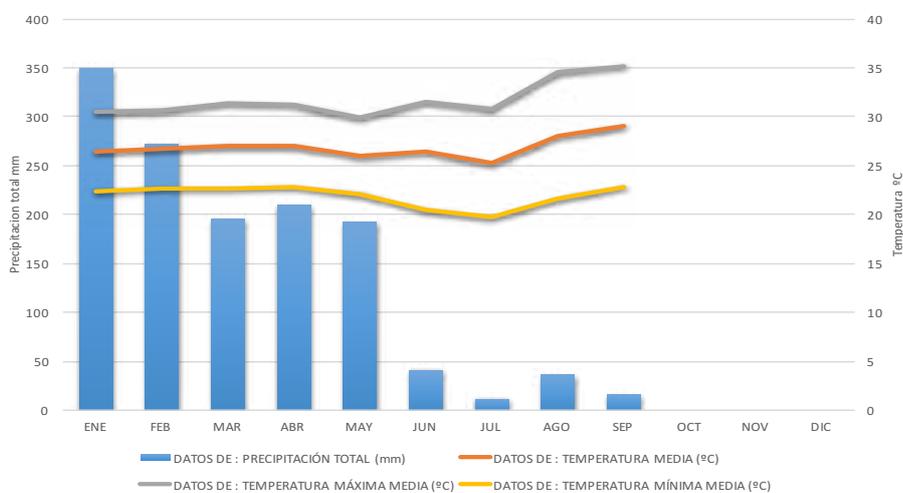
Fuente: INE

Figura 102 - Diagrama de precipitación y temperatura Cobija 2014



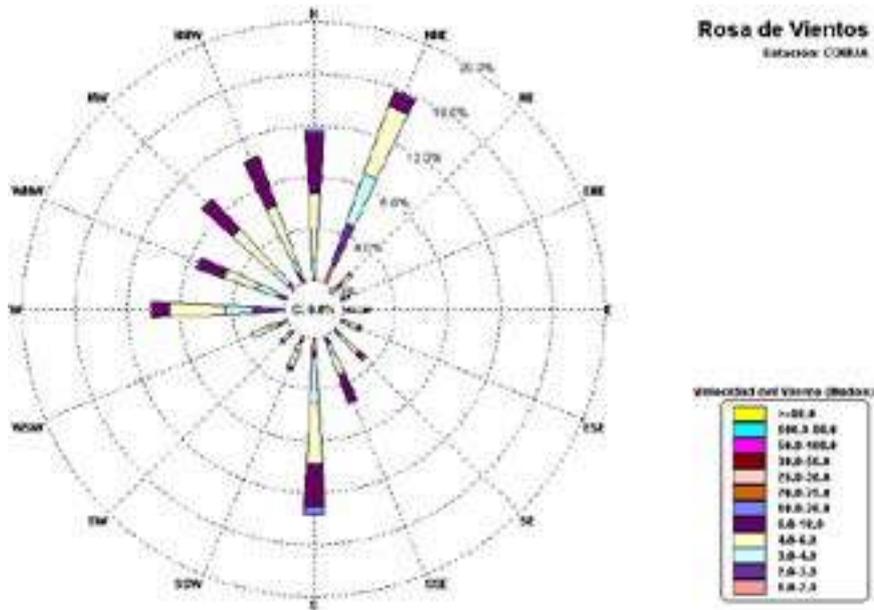
Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 103 - Diagrama de precipitación y temperatura Cobija 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 104 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Cobija



Fuente: Datos de SENAMHI

Tabla 24 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Cobija

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología		
			Latitud	Longitud	PM10	NO2	O3
1	Plaza Potosí	PP	-11.018195°	-68.754742°	AC	PV	PV
2	Clinica Burgos	CB	-11.028544°	-68.760975°	AC		
3	Avenida 27 de Mayo	RP	-11.029725°	-68.762773°		PV	PV
4	Kilómetro 3	RM	-11.044433°	-68.773432°		PV	PV

AC = Método Activo
 AT = Método Automático Continuo
 PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de monitoreo

Figura 105 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Cobija



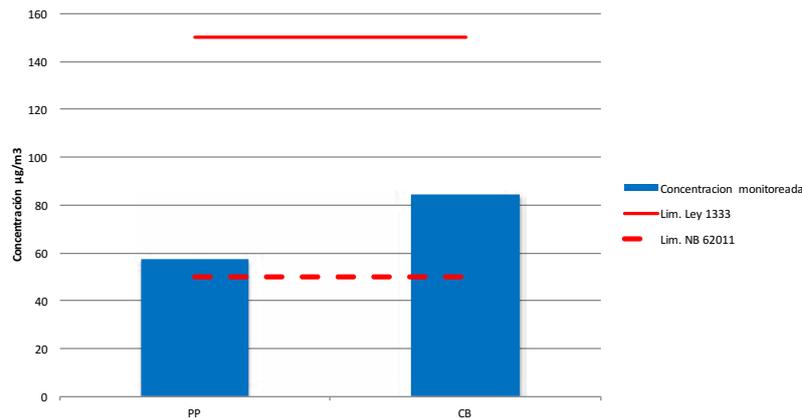
Fechas de realización de los monitoreos 13/11/2015 a 20/11/2015

Fuente: Imagen de Google Earth

4.11.2. Partículas en suspensión

De acuerdo a la medición de concentraciones de PM10 realizadas en la ciudad de Cobija, se encontró que en los puntos de Plaza Potosí (PP) y Clínica Burgos (CB) los valores superan solamente el límite máximo permisible para 24 h establecido en la Norma Boliviana NB 62011, pero no el límite máximo permisible establecido por la Ley 1333. Ambos puntos de monitoreo se encuentran en vías principales de alto tráfico con un elevado porcentaje de circulación de motocicletas. La estación de monitoreo de Clínica Burgos (CB) presenta valores de concentración de PM10 significativamente mayores que los encontrados en Plaza Potosí (PP).

Figura 106 - Resultados de muestreo activo de PM10, 24 h, Cobija 2015

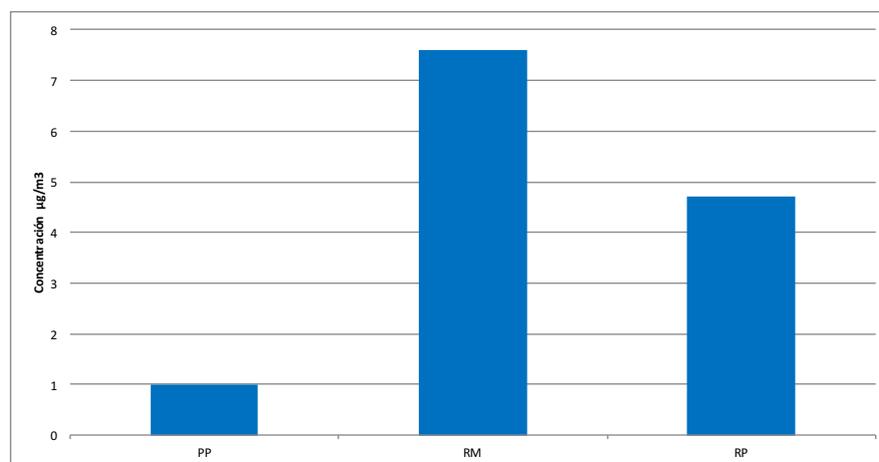


Fuente: Datos de monitoreo

4.11.3. Dióxido de nitrógeno

Las mediciones de NO2 realizadas en la ciudad de Cobija para una sola campaña de 7 días, proporcionaron resultados de concentración relativamente bajos siendo que todos los valores encontrados están por debajo de 8,0 µg/m³; el mayor valor se obtuvo en el punto de Kilometro 3 (RM), seguido del punto Rotonda 27 de Mayo (RP) y finalmente Plaza Potosí (PP). Las diferencias de concentración encontradas en los tres puntos de monitoreo son prácticamente despreciables.

Figura 107 - Muestreo pasivo de NO2, 7 d, Cobija 2015

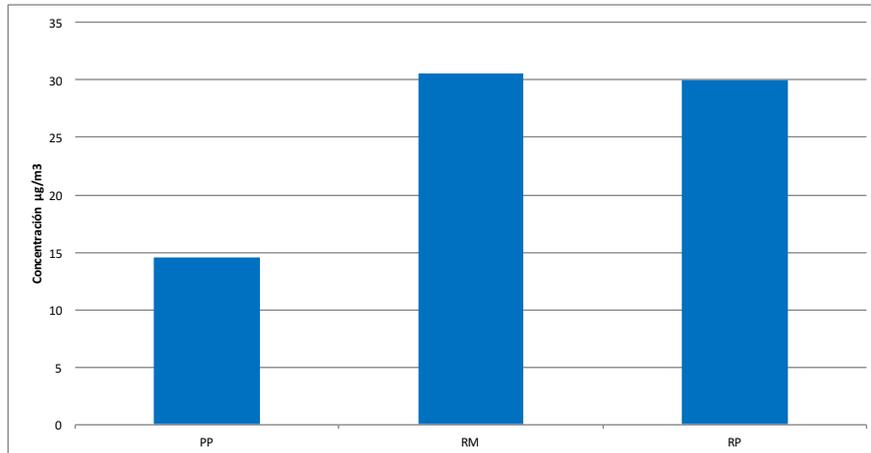


Fuente: Datos de monitoreo

4.11.4. Ozono superficial

En contraste con los bajos valores de NO₂, las mediciones de O₃ mostraron en general valores medios de concentración reportándose el mayor nivel en el punto de rotonda 27 de mayo (RP) con casi 31 µg/m³, seguido de 30 µg/m³ en Kilometro 3 (RM) y menos de 15 µg/m³ en Plaza Potosí (PP). Los valores de concentración encontrados en RM y RP de monitoreo son técnicamente iguales siendo menor el valor encontrado en el punto PP.

Figura 108 - Muestreo pasivo de O₃, 7 d, Cobija 2015



Fuente: Datos de monitoreo



4.12. Potosí

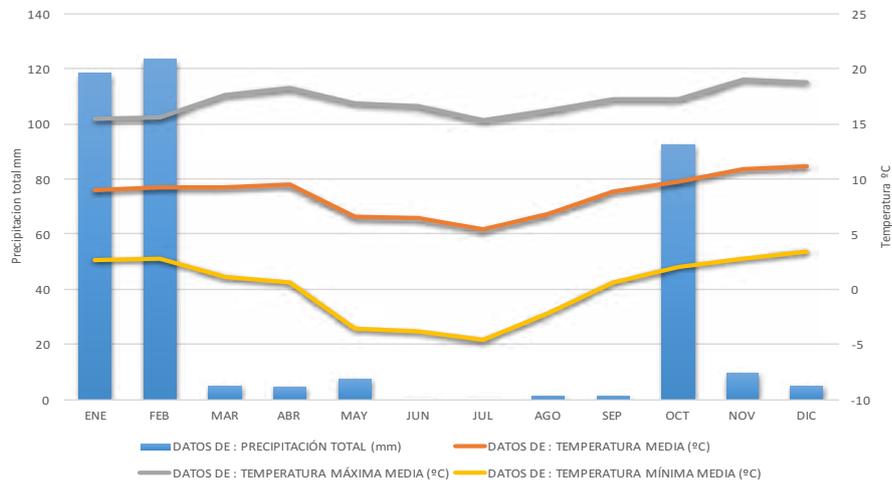
4.12.1. Información general

Tabla 25 - Información general del municipio, Potosí

Departamento	Potosí
Provincia	Tomás Frías
Municipio	Potosí
Altitud media sobre el nivel del mar	4 000 m
Relieve	Montañoso
Población (censo 2012)	189 652 habitantes
Parque automotor	40 449 vehículos (2013)
42 902 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

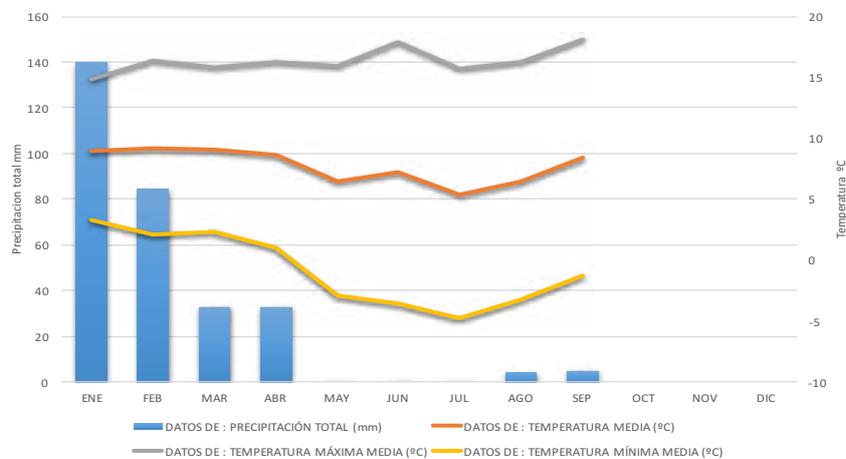
Fuente: INE

Figura 109 - Diagrama de precipitación y temperatura Potosí 2014



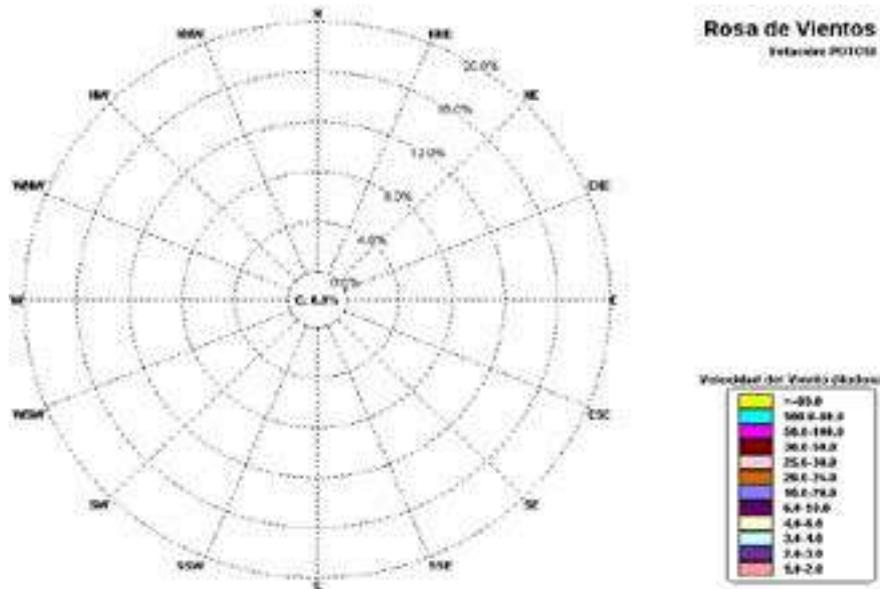
Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 110 - Diagrama de precipitación y temperatura Potosí 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 111 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Potosí ¹⁶



Fuente: Datos de SENAMHI

Nota: El SENAMHI no disponía de información de velocidad y dirección de los vientos para la ciudad de Potosí.

Tabla 26 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Potosí

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	Plaza San Bernardo	PSB	-19.586416°	-65.757124°	AC							
2	Normal E. Avaroa	NE	-19.572048°	-65.752136°	AC							
3	Plaza Tumusla	PT	-19.589989°	-65.751218°							PV	PV
4	Plaza San Pedro	PS	-19.594586°	-65.751318°							PV	PV
5	Teatro IV Centenario	TC	-19.585033°	-65.757630°							PV	PV
6	Av. Universitaria	AU	-19.579800°	-65.763447°							PV	PV
7	Plaza Amarilla	PA	-19.570832°	-65.767498°							PV	PV
8	Mercado Uyuni	MU	-19.578680°	-65.753387°							PV	PV
9	Zona Mineros	ZM	-19.565406°	-65.745543°							PV	PV
10	Estación Automática	EA	-19.558844°	-65.762154°	AT							

AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de monitoreo

Figura 112 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Potosí

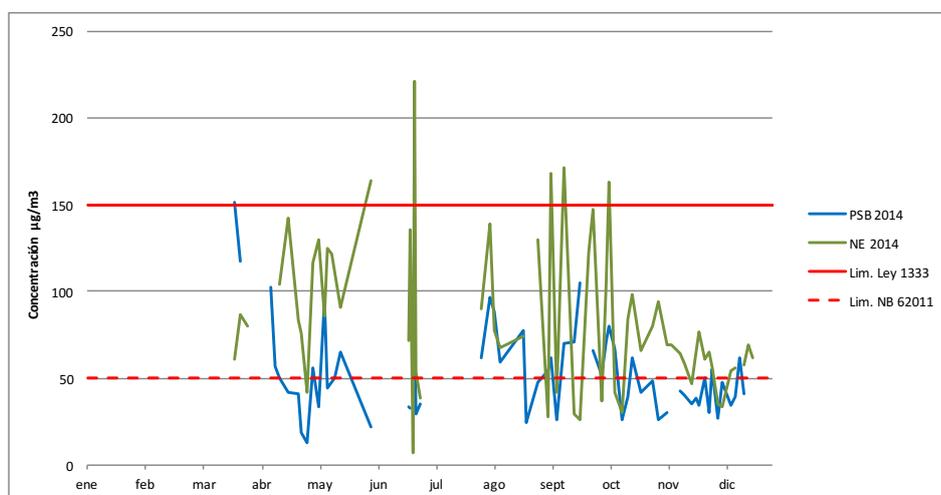


Fuente: Imagen de Google Earth

4.12.2. Partículas en suspensión

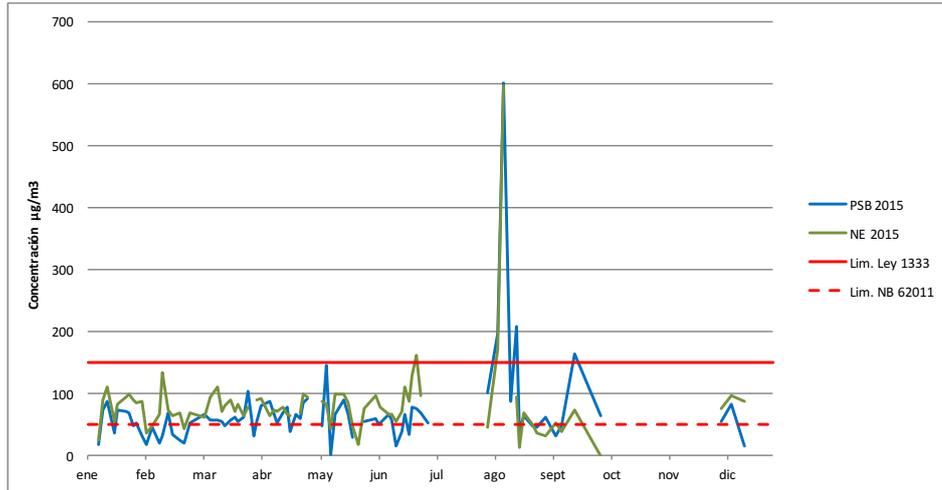
El análisis de los datos de PM10 generados a través de monitoreo activo por la red MoniCA PO muestra mayores niveles de concentración de PM10 en la estación de Normal Eduardo Abaroa (NE). En general en ambas estaciones se encuentran concentraciones que están entre 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con picos significativamente altos en algunas ocasiones que incluso llegan hasta 225 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las gestiones 2014 y 2015 respectivamente. Habiendo iniciado las actividades de monitoreo activo durante la gestión 2014, la serie temporal de datos de PM10 no muestra tendencias claras de comportamiento con respecto a la época del año. Se observan discontinuidades en las curvas de muestreo durante los meses de junio y julio para el año 2014 y en los meses de julio, octubre y noviembre para el 2015. Finalmente es notoria la diferencia de estabilidad de las curvas entre el 2014 y 2015, siendo que durante el 2015 se presentan datos más consistentes y estables en cuanto a las variaciones de concentración.

Figura 113 - Muestreo activo de PM10, Potosí 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

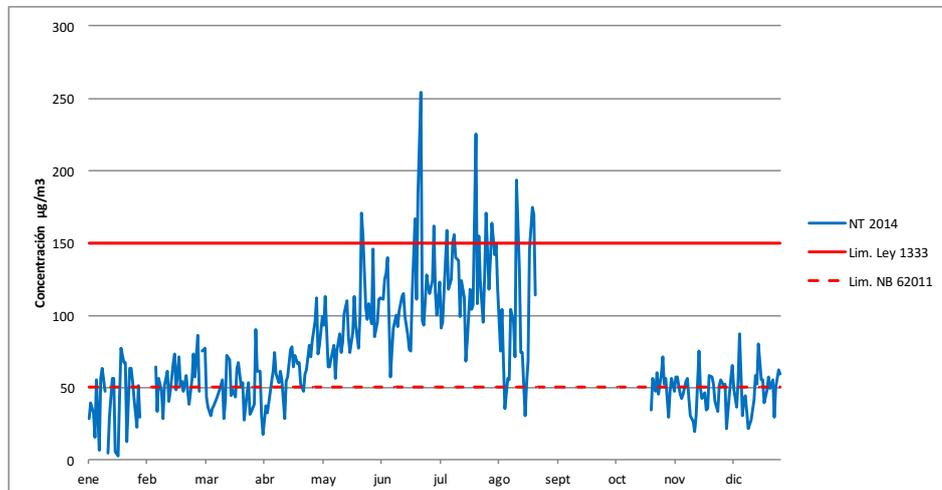
Figura 114 - Muestreo activo de PM10, Potosí 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

Los datos generados por la estación automática de monitoreo de PM10 de la Red MoniCA Po de acuerdo a la Figura 115 del 2014 y Figura 116 del 2015, muestran registros de valor muy variable cuyos niveles generalmente están entre 0 µg/m3 y 150 µg/m3, se observan algunos periodos con ausencia de información que se deben a interrupciones de energía eléctrica. Por otro lado, para el 2014 se verifica una tendencia estacional valores inferiores de de PM10 durante la época húmeda; meses de enero a abril y de septiembre a diciembre y concentraciones más altas durante la época seca en los meses de mayo a agosto, presentándose incluso concentraciones que superan los límites máximos permisibles establecidos tanto por la Ley 1333 como por la NB 62011.

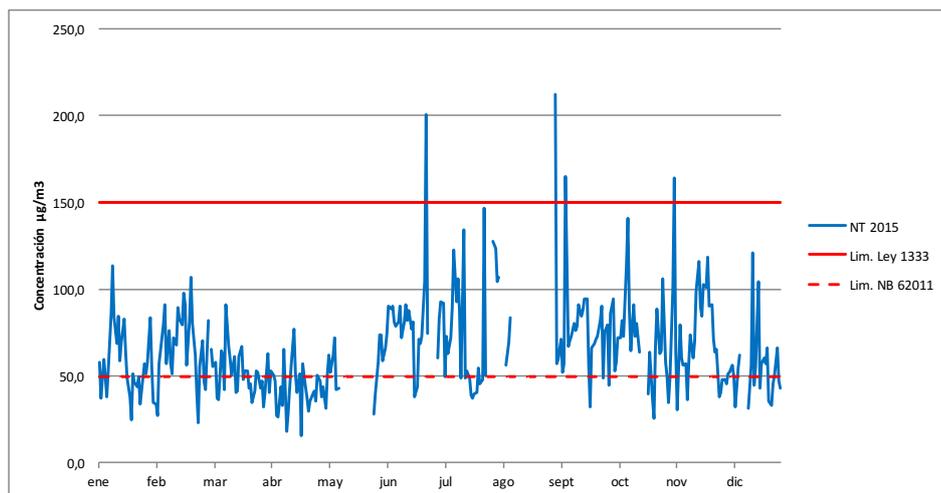
Figura 115 - Muestreo automático de PM10, Potosí 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí



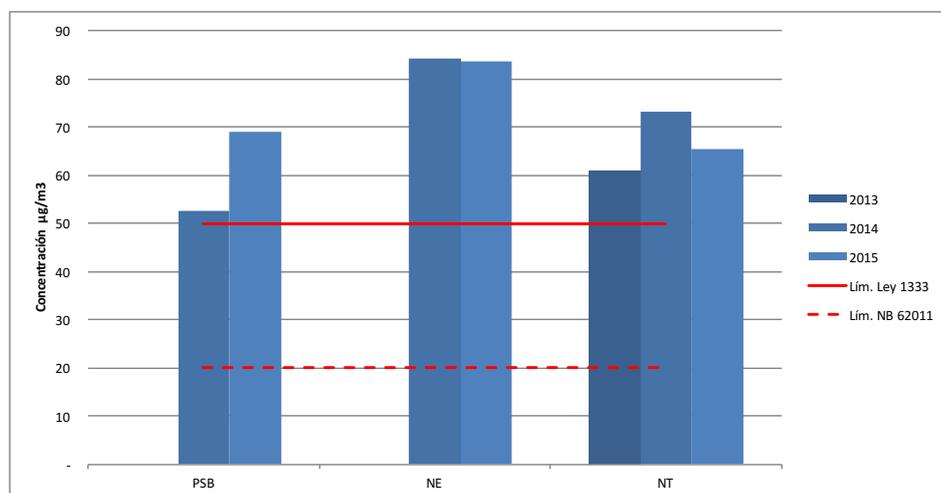
Figura 116 - Muestreo automático de PM10, Potosí 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

La comparación de promedios anuales de concentración por gestión y por estación de monitoreo expone valores que se encuentran entre 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo la estación de Plaza San Bernardo (PSB) la que muestra valores más bajos seguida de la estación de Nueva Terminal (NT) y finalmente la estación Normal Eduardo Abaroa (NE) con los promedios anuales más altos. Significativamente, todas las estaciones de monitoreo muestran concentraciones de promedio anual que superan tanto los límites de la NB 62011 como los de la Ley 1333. No se advierten tendencias claras con respecto al aumento o disminución de las concentraciones de este contaminante.

Figura 117 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Potosí



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

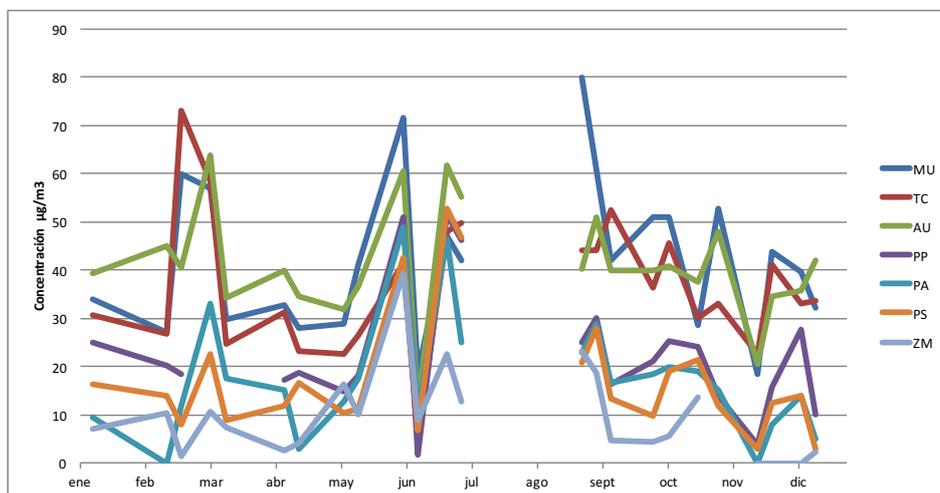
4.12.3. Dióxido de nitrógeno

Las mediciones de concentración de NO_2 realizadas por la Red MoniCA PO mediante método pasivo presentan oscilaciones en los valores reportados, con concentraciones que van en su mayoría desde valores cercanos a 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dependiendo del punto de monitoreo, y sin tendencias claras estacionales para los años 2014 y 2015.

Por otro lado en las Figuras 118 y 119, se puede observar que las estaciones con mayores niveles de concentración corresponden a Mercado Uyuni (MU), Avenida Universitaria (AU) y Teatro IV Centenario (TC) correspondientes a zonas de alto tráfico vehicular.

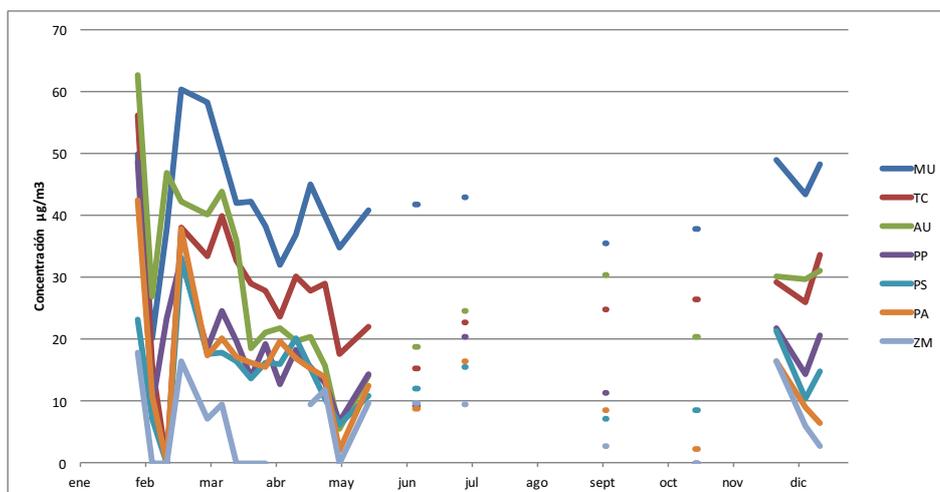
También se observan discontinuidades durante los meses de julio y agosto del 2014 y especialmente entre mayo y noviembre del año 2015.

Figura 118 - Muestreo pasivo de NO₂, Potosí 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

Figura 119 - Muestreo pasivo de NO₂, Potosí 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

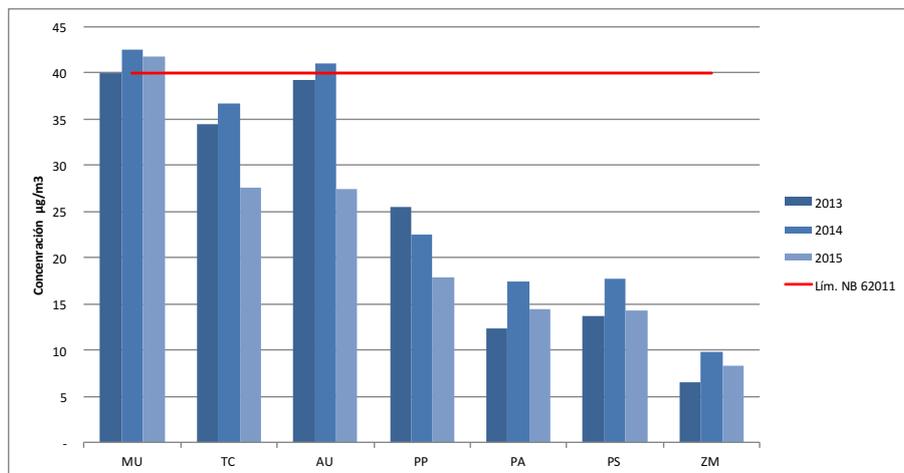
El análisis promedios anuales por estación y por gestión ¹⁷ ratifica la tendencia de las mediciones realizadas, al mostrar mayores concentraciones promedio en las estaciones de Mercado Uyuni (MU) Avenida Universitaria (AU) y Teatro IV Centenario (TC) con valores mayores a 30 µg/m³, las menores concentraciones de NO₂ se registraron en las estaciones de Plaza Amarilla (PA), Plaza San Pedro (PS) y Zona Mineros (ZM) con valores menores a 20 µg/m³.

Se observa mayores concentraciones de promedio anual durante la gestión 2014 comparadas con las concentraciones encontradas durante la gestión 2013 y 2015 prácticamente en todas las estaciones de monitoreo.

17 Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos (especialmente 2013 y 2015).

En cuanto a los límites máximos permitidos por la NB 62011, estos son superados en las estaciones de Mercado Uyuni (MU) y Avenida Universitaria (AU) durante las gestiones 2014 y 2015.

Figura 120 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Potosí



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

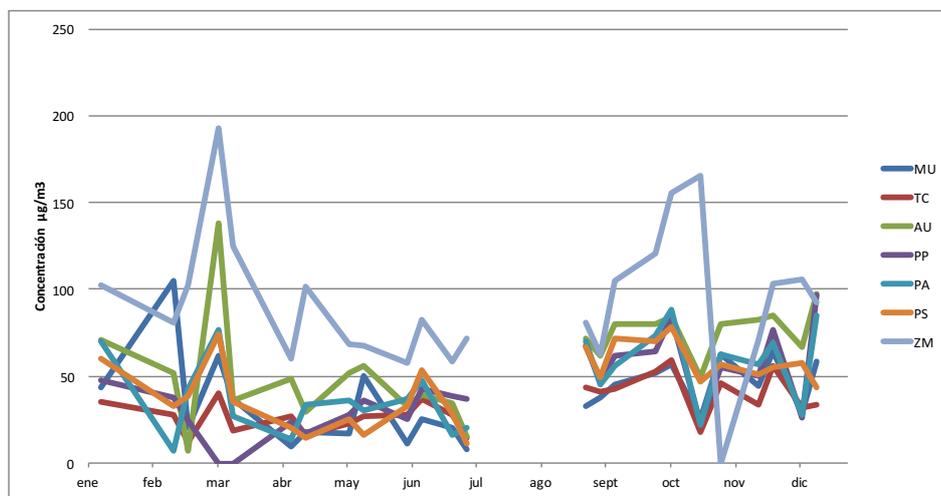
4.12.4. Ozono superficial

Los datos de concentración de O3 generados por la Red MoniCA PO muestran valores relativamente estables con pocas oscilaciones, se observa durante la gestión 2014 una tendencia al incremento de las concentraciones durante el primer y último trimestre del año, mientras que durante la gestión 2015 no se puede observar tendencias claras debido a la reducida información.

La mayor parte de los valores de concentración reportados en las Figuras 121 y 122 se encuentra entre valores muy cercanos a 0 µg/m3 y 100 µg/m3, siendo las estaciones de Zona Mineros (ZM) y Avenida Universitaria (AU) las que reportan las mayores concentraciones.

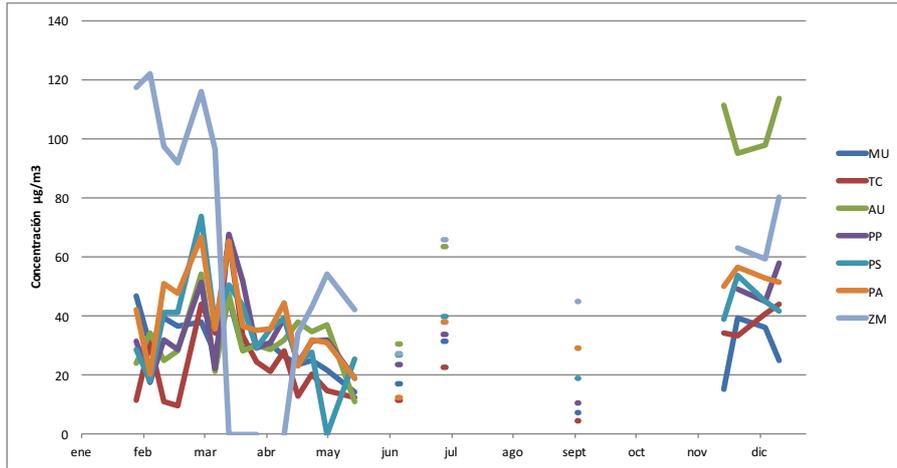
También se puede observar interrupciones importantes de las curvas de concentración durante los meses de julio y agosto de la gestión 2014 y de mayo a noviembre del año 2015.

Figura 121 - Muestreo pasivo de O3, Potosí 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

Figura 122 - Muestreo pasivo de O3, Potosí 2015

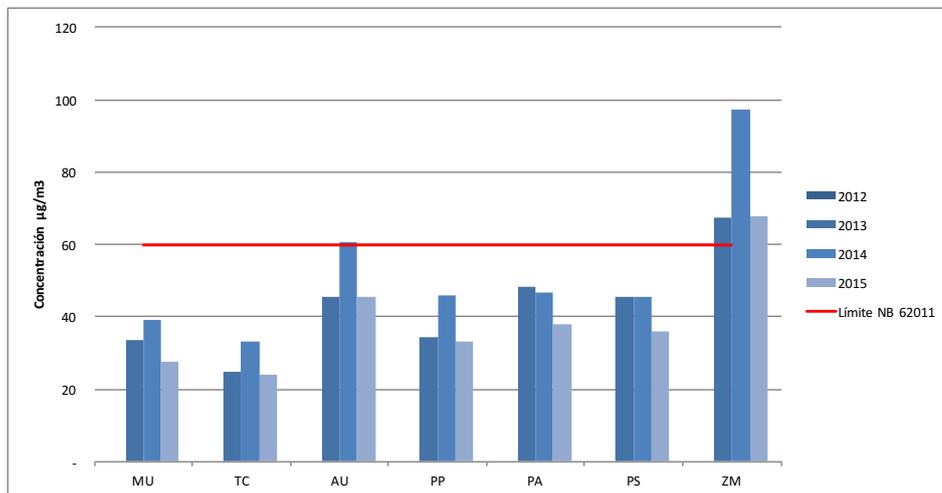


Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

En la Figura 123, el análisis de promedios anuales de O3 por estación y por gestión¹⁸, como en otros casos, tiene una relación inversamente proporcional entre los valores registrados para O3 y los encontrados para NO2. Todas las estaciones de monitoreo reportan promedios menores a 50 µg/m3, excepto la estación de Zona Mineros (ZM) que presenta valores promedio entre 60 µg/m3 y 100 µg/m3 y la estación de Avenida Universitaria (AU) que presenta un valor ligeramente superior a 60 µg/m3 durante la gestión 2014.

No existe una tendencia clara con respecto a la disminución o incremento de las concentraciones en las estaciones de la Red MoniCA PO ya que todas las estaciones presentan comportamientos diferentes entre los años 2013 y 2015.

Figura 123 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Potosí



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

¹⁸ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos (especialmente 2013 y 2015).

4.13. Montero

4.13.1. Información general

Tabla 27 - Información general del municipio, Montero

Departamento	Santa Cruz
Provincia	Obispo Santisteban
Municipio	Montero
Altitud media sobre el nivel del mar	300 m
Relieve	Llano
Población (censo 2012)	109 518 habitantes
Parque automotor	56 269 vehículos (2013)
67 694 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	No

Fuente: INE

Tabla 28 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Montero

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología		
			Latitud	Longitud	PM10	NO2	O3
1	Juan Manuel Parada	RP	-17.314739°	-63.264992°	AC	PV	PV
2	Mercado German Moreno	GM	-17.343623°	-63.249281°	AC	PV	PV
3	Plaza Principal	PP	-17.342655°	-63.255845°	AC	PV	PV
4	Hospital Obrero	HO	-17.334756°	-63.268848°		PV	PV

AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de monitoreo

Figura 124 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Montero



Fechas de realización de los monitoreos

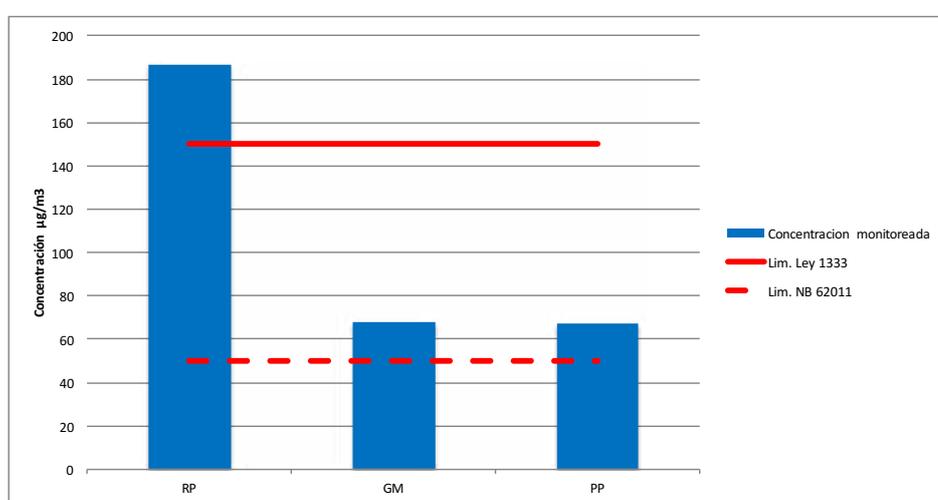
19/10/2015 al 26/10/2015

Fuente: Imagen de Google Earth

4.13.2. Partículas en suspensión

Las mediciones de concentración de PM10 realizadas en el municipio de Montero reportan valores relativamente elevados, entre 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los puntos de German Moreno (GM) y Plaza Principal (PP), los cuales superan el límite máximo permisible establecido en la NB 62011 de IBNORCA, pero no el Límite de la Ley 1333. Por otro lado de acuerdo a la Figura 125 para un monitoreo de 24 h, el punto de monitoreo de Juan Manuel Parada (RP) que se encuentra muy próxima a la industria Guabirá, presenta un valor mayor a 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que supera tanto el límite de la normativa de IBNORCA como el límite de la Ley 1333. Estos niveles de concentración de partículas pueden causar daños significantes sobre la salud de la población expuesta con exacerbación de síntomas de enfermedades respiratorias como el asma, alergias, irritación de las vías respiratorias, tos ronquera o mayor producción de mucosidades, especialmente en niños pequeños y adultos mayores.

Figura 125 - Resultados de muestreo activo de PM10, 24 h, Montero

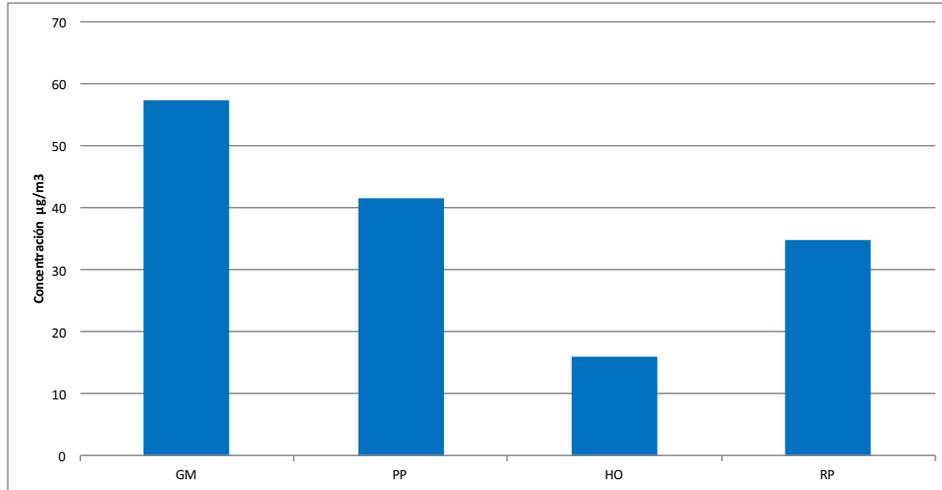


Fuente: Datos de monitoreo

4.13.3. Dióxido de nitrógeno

Respecto a la Figura 126, la concentración más alta de NO_2 medida en Montero para un monitoreo de 7 días se da en la estación del Mercado German Busch (GB), que registró un valor de más de 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondiendo al área más comercial de la ciudad y que presenta un alto nivel de tráfico vehicular. El segundo punto con mayores concentraciones de NO_2 es la Plaza Principal (PP) que corresponde también a un área comercial de alto tráfico vehicular habiéndose registrado más de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, posteriormente el punto de medición de Rotonda Juan Manuel Parada (RP) registro niveles ligeramente superiores a 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y finalmente el punto del Hospital Obrero que registro el menor nivel de concentración de NO_2 , correspondiendo a un área residencial de bajo tráfico vehicular.

Figura 126 - Muestreo pasivo de NO₂, 7 d, Montero

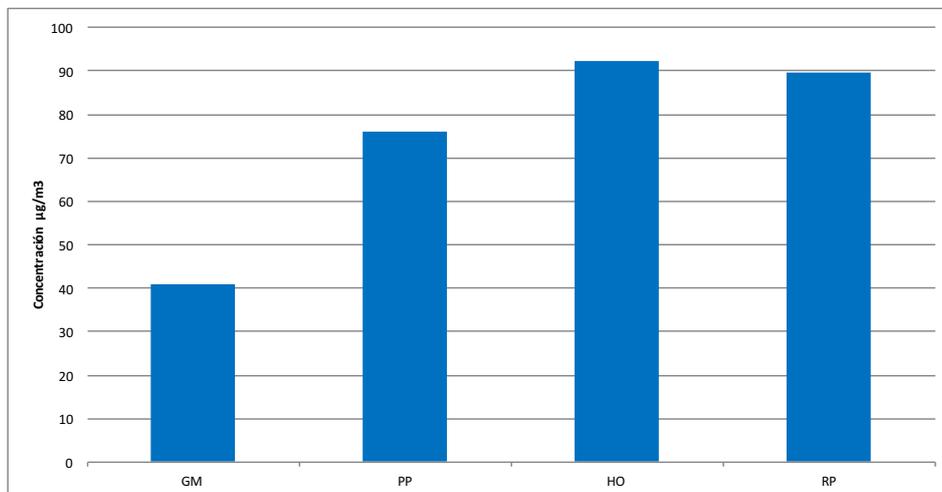


Fuente: Datos de monitoreo

4.13.4. Ozono superficial

La mediciones de concentración de O₃ para la Figura 127, muestran valores moderados a altos entre 40 µg/m³ y 95 µg/m³ registrándose los menores niveles en el Mercado Germán Moreno (GM), seguido de Plaza Principal (PP). Los mayores niveles de concentración de O₃ se registraron en los puntos de monitoreo de Rotonda Juan Manuel Parada (RP) y Hospital Obrero (HO).

Figura 127 - Muestreo pasivo de O₃, 7 d, Montero



Fuente: Datos de monitoreo



4.14. Santa Cruz de la Sierra

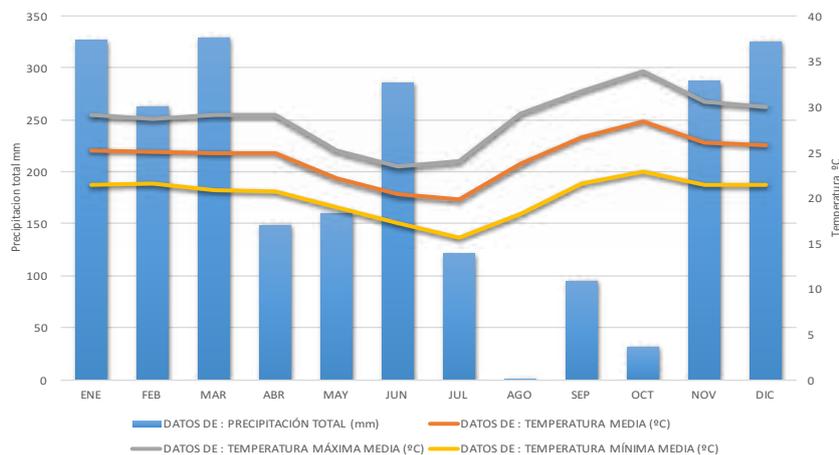
4.14.1. Información general

Tabla 29 - Información general del municipio, Santa Cruz

Departamento	Santa Cruz
Provincia	Andrés Ibáñez
Municipio	Santa Cruz de la Sierra
Altitud media sobre el nivel del mar	426 m
Relieve	Llano
Población (censo 2012)	1 453 549 habitantes
Parque automotor	260 947 vehículos (2013)
288 261 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

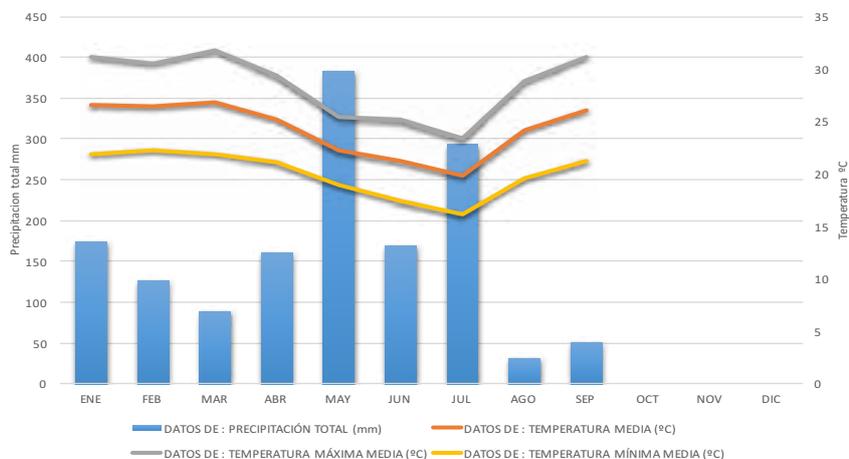
Fuente: INE

Figura 128 - Diagrama de precipitación y temperatura Santa Cruz 2014



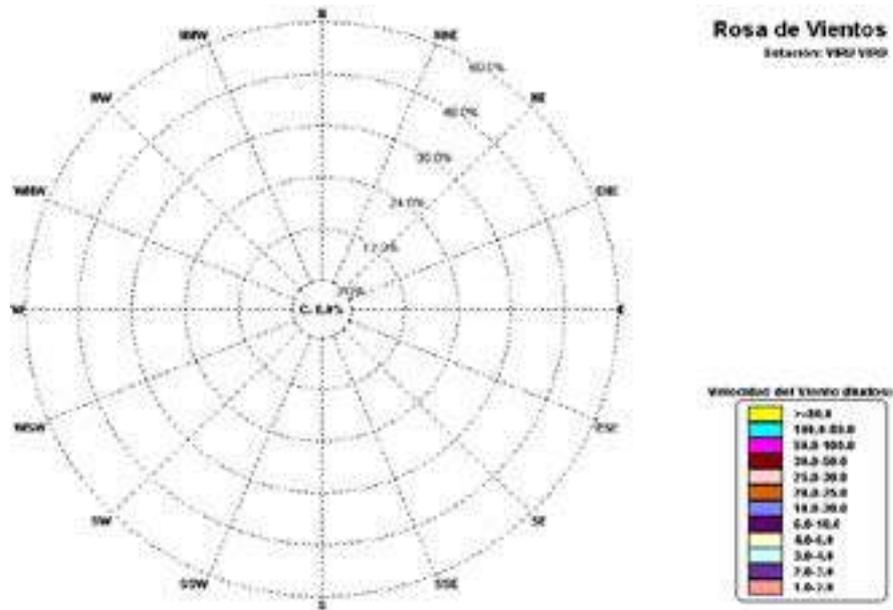
Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 129 - Diagrama de precipitación y temperatura Santa Cruz 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 130 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Santa Cruz ¹⁹



Fuente: Datos de SENAMHI

Nota: El SENAMHI no disponía de información de velocidad y dirección de los vientos para la ciudad de Santa Cruz.

Tabla 30 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Santa Cruz

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	UPSA	UP	-17.763256°	-63.147633°	AC						PV	PV
2	Parque Industrial	PI	-17.771068°	-63.142722°							PV	PV
3	Villa 1 de Mayo	PM	-17.794661°	-63.134838°							PV	PV
4	Las Palmeras	LP	-17.808065°	-63.161503°	AC						PV	PV
5	Plaza Cementerio	PC	-17.782101°	-63.172147°							PV	PV
6	Ex terminal	ET	-17.792862°	-63.186735°	AC/AT		AT	AT	AT		PV/AT	PV/AT
7	Alto San Pedro	SP	-17.811104°	-63.189151°							PV	PV
8	Las Palmás	PA	-17.805952°	-63.206207°							PV	PV
9	Colinas del Urubo	CU	-17.748195°	-63.216052°	AC						PV	PV

AC = Método Activo

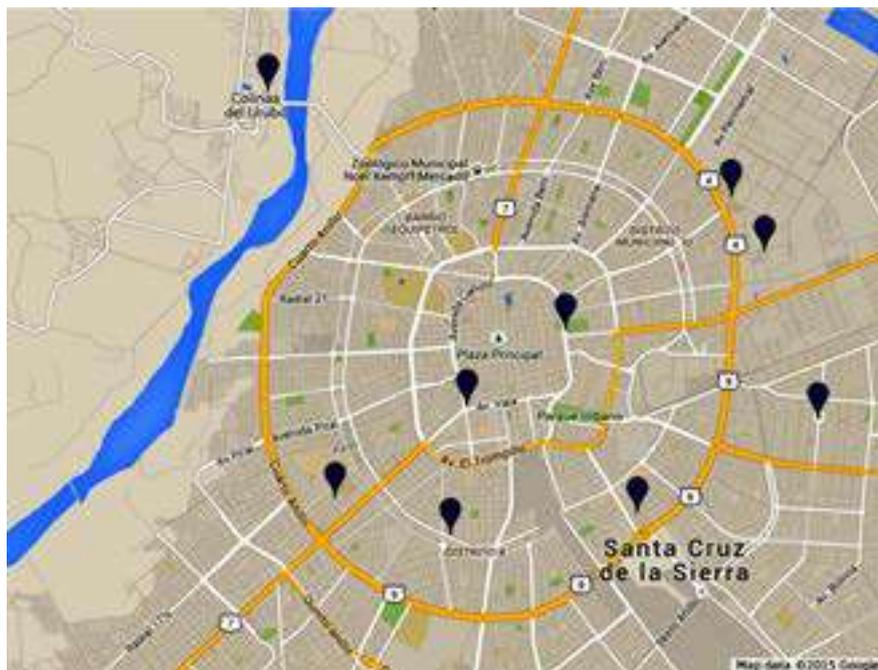
AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

¹⁹ Sin datos de velocidad y dirección de los vientos

Figura 131 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Santa Cruz



Fuente: Imagen de Google Earth

4.14.2. Partículas en suspensión

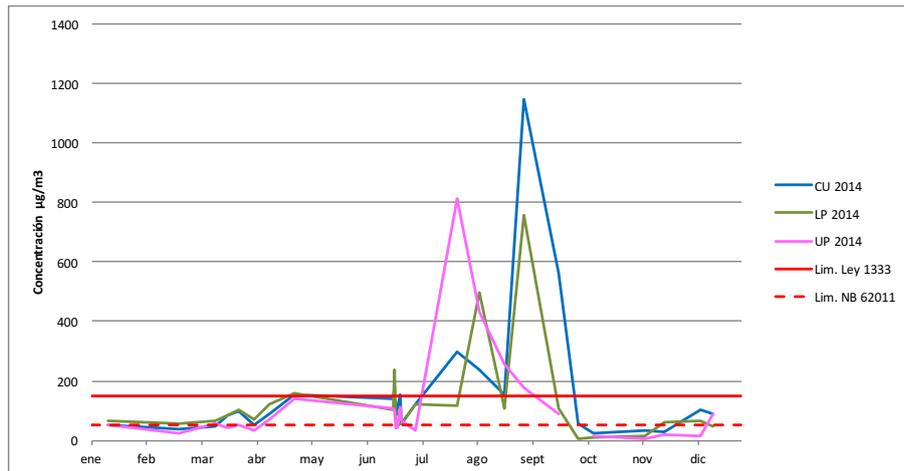
El análisis de los datos de PM₁₀ reportados por la Red MoniCA SC las Figuras 132 y 133 muestran niveles relativamente elevados en todas las estaciones especialmente durante la gestión 2014 mostrando valores que están generalmente entre 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y picos que llegan hasta más de 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 1150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los meses de julio y agosto de ese año, mientras que para el 2015 (Figura 133) se registran picos de 440 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ duran el mes de febrero y picos de alrededor de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los meses de julio y octubre.

La mayor parte de las mediciones superan el límite máximo permitido de la NB 62011 y solamente los picos identificados superan el límite máximo permitido por la Ley 1333.

Se observa frecuencias de muestreo irregulares con distanciamientos entre 6 hasta 22 días entre muestra. No se advierte un comportamiento del nivel de concentración de este contaminante en función de la época del año. Posiblemente los valores extremos de concentración se deban a eventos puntuales y específicos en los puntos de monitoreo.

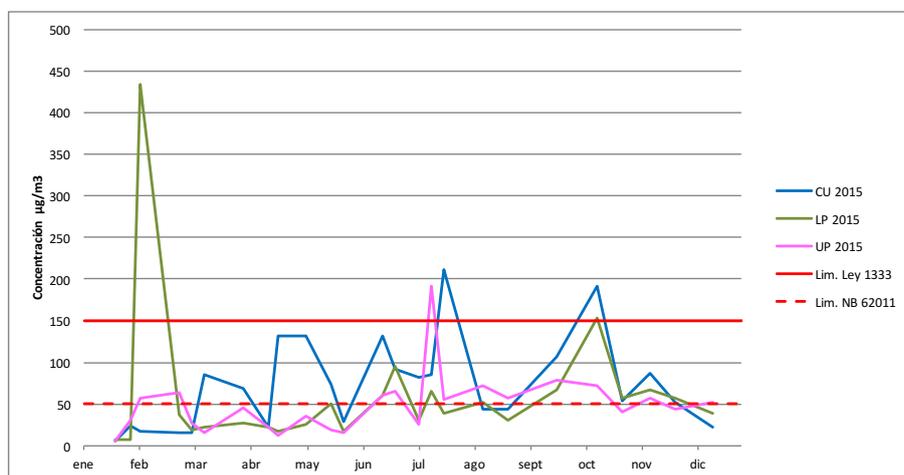


Figura 132 - Muestreo activo de PM10, Santa Cruz 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

Figura 133 - Muestreo activo de PM10, Santa Cruz 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

Los reportes de monitoreo automático de PM10 de la Red MoniCA SC se muestran escasos y con muchas interrupciones debido a constantes problemas con la conexión eléctrica de los predios en donde se encuentra instalada la estación automática de monitoreo (ex terminal de buses). Aun así, se ha reportado información generada durante los meses de agosto y septiembre del 2014 y de febrero a noviembre del 2015 de acuerdo a las Figuras 134 y 135. Para el año 2014, los datos prácticamente no superan ninguno de los límites máximos permitidos; la escasa información no permite efectuar un análisis de tendencias en función de la época del año. Para el año 2015 se registran concentraciones que oscilan significativamente y superan frecuentemente tanto el límite de la NB 62011 como el de la Ley 1333.

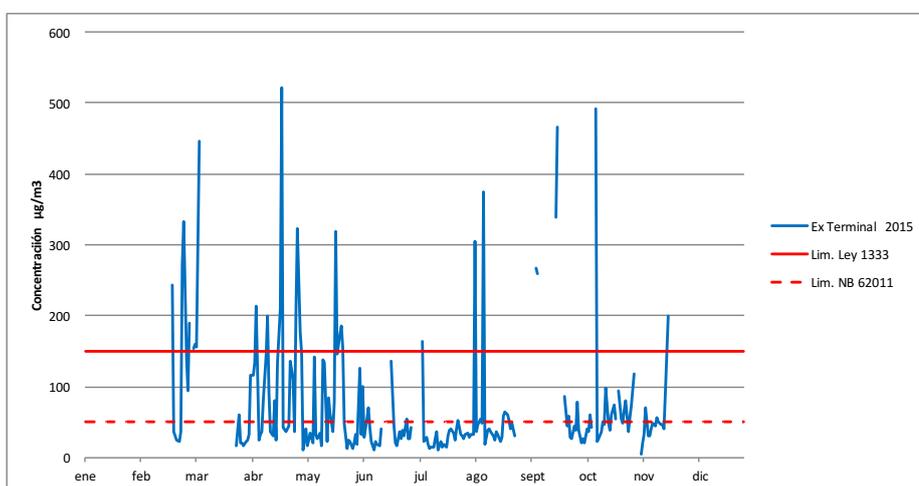
La red MoniCA SC no remitió datos históricos de promedios anuales desde el inicio de sus operaciones.

Figura 134 - Muestreo automático de PM10, Santa Cruz 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

Figura 135 - Muestreo automático de PM10, Santa Cruz 2015



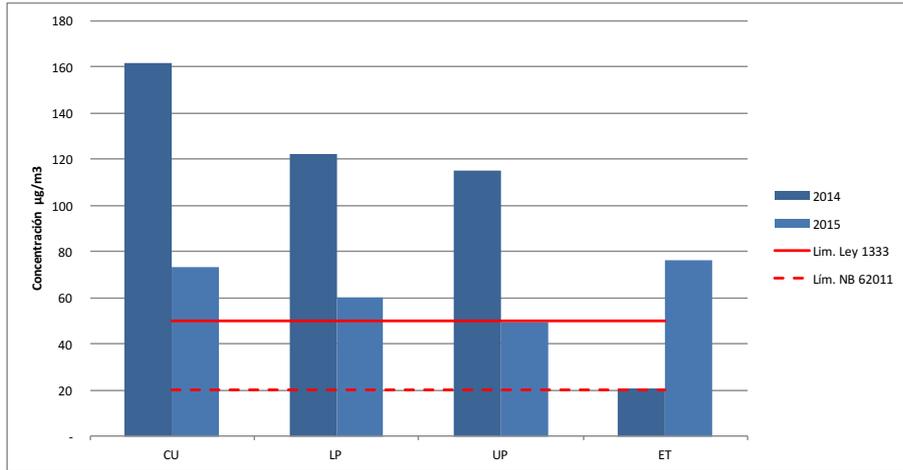
Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

Por otro lado, de acuerdo a la Figura 136, la comparación de promedios anuales de PM10 por estación y por gestión ²⁰ muestra concentraciones entre 20 µg/m³ y 160 µg/m³, siendo que las mayores concentraciones se registraron durante la gestión 2014 en la estación de Colinas del Urubó (CU), seguido de Las Palmeras (LP), Universidad Privada Santa Cruz (UP) y finalmente la estación de Ex terminal (ET). De acuerdo a los valores obtenidos en las tres estaciones (CU, LP y UP) se observan valores mucho más elevados (más del doble) durante la gestión 2014 con respecto a la gestión 2015 excepto en la estación ET que presente un comportamiento contrario con concentraciones más altas durante la gestión 2015.

Todos los valores de promedio anual, excepto el de la estación UPSA (UP) de la gestión 2015 y el de la estación Ex terminal (ET) de la gestión 2014, superan tanto el límite máximo permitido de la NB 62011 como el de la Ley 1333.

²⁰ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos.

Figura 136 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Santa Cruz



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

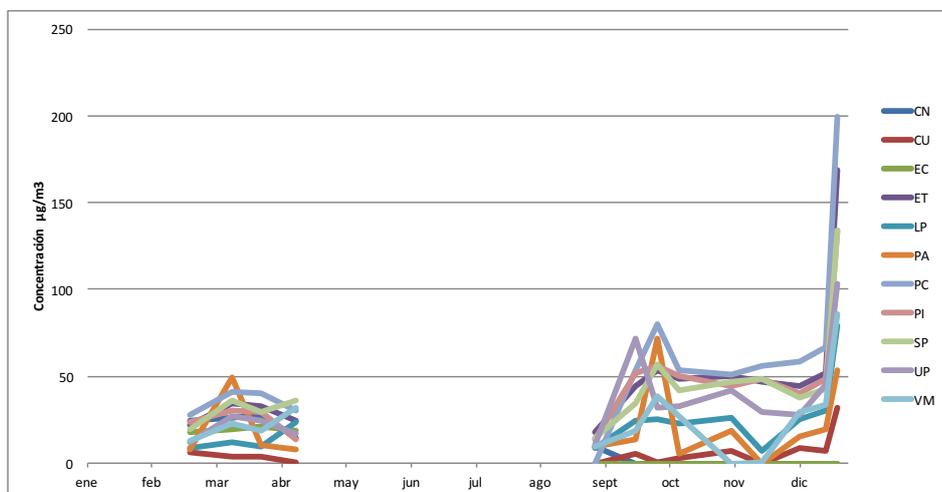
4.14.3. Dióxido de nitrógeno

Los datos de NO₂ en las Figuras 137 y 138 muestran valores relativamente estables durante la gestión 2014 pero con una discontinuidad importante desde el mes de abril hasta el mes de septiembre. Se observan menores valores de concentración para los datos que se generaron durante el primer semestre del año y mayores valores de concentración de NO₂ durante el segundo semestre de este año, manteniéndose la mayor parte de las mediciones por debajo de los 50 µg/m³, llegando a registrarse hasta 80 µg/m³. Para la Figura 138 respecto al 2015, como en otros casos, se muestran oscilaciones con picos importantes durante los meses de marzo, abril y julio con valores de hasta 95 µg/m³; del mismo modo que el 2014, se presenta un extenso periodo sin muestreos regulares entre julio y noviembre.

No se distingue un comportamiento claro de las concentraciones en función de la época del año.

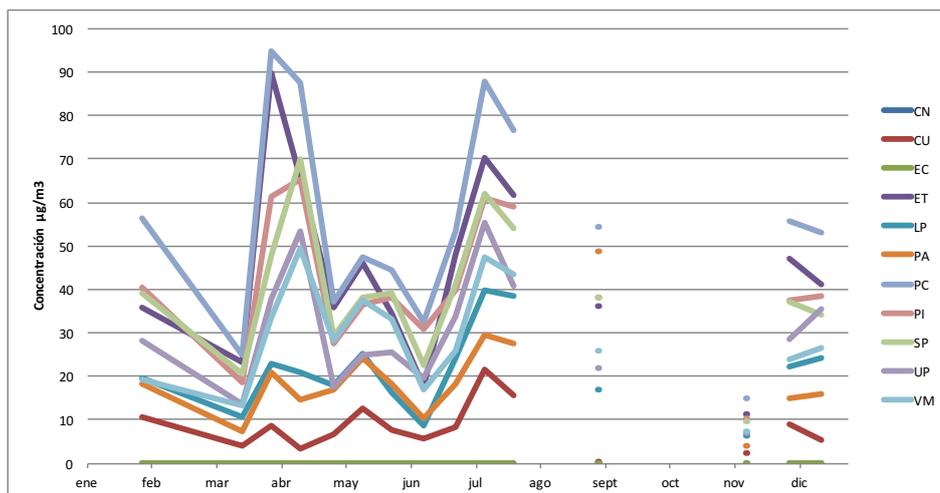
Según reportó la red MoniCA SC la ausencia de información en este periodo se debió a problemas con la disponibilidad de insumos de laboratorio y reactivos químicos difíciles de adquirir por ser sustancias controladas.

Figura 137 - Muestreo pasivo de NO2, Santa Cruz 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

Figura 138 - Muestreo pasivo de NO2, Santa Cruz 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

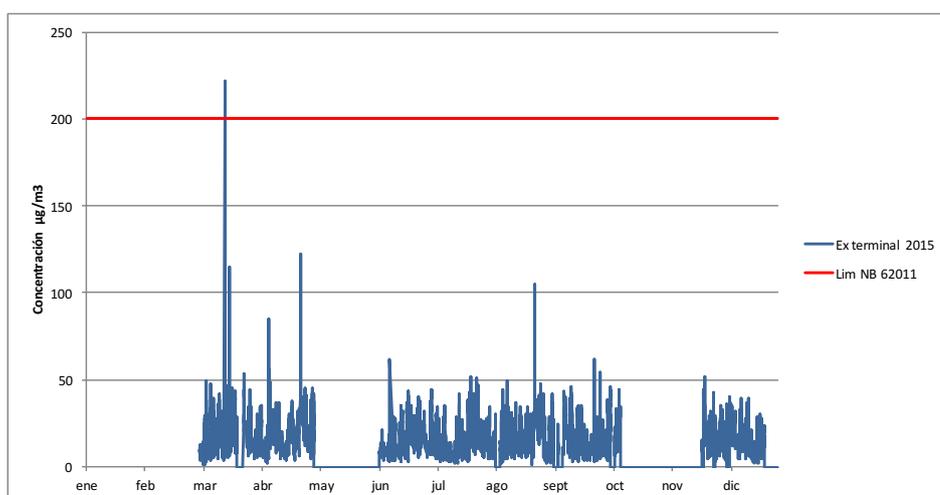
En la Figura 139 se muestra el análisis de los datos de NO2 generados por la tecnología automática en promedios de una hora muestra valores que en general están todo el año por debajo de 50 µg/m3 bastante por debajo de los límites de referencia de la NB 62011 (200 µg/m3) y de la Ley 1333 (400 µg/m3), sin embargo se registran algunos picos esporádicos que están alrededor de 100 µg/m3 y uno solo en el mes de marzo que supera el mencionado límite.

Los datos generados presentan periodos sin información (de enero, febrero, mayo, octubre y parte de noviembre) durante la gestión 2015, debido generalmente a desperfectos en el analizador de NO2 causados por el exceso de humedad o cortes de energía eléctrica.

No se observan tendencias en el aumento o disminución de las concentraciones en función de la época del año para promedios de 1 hora.

La red MoniCA SC no remitió para el presente informe datos de la gestión 2014 ni datos históricos de promedios anuales desde el inicio de sus operaciones.

Figura 139 - Muestreo automático de NO2 1 h, Santa Cruz 2015

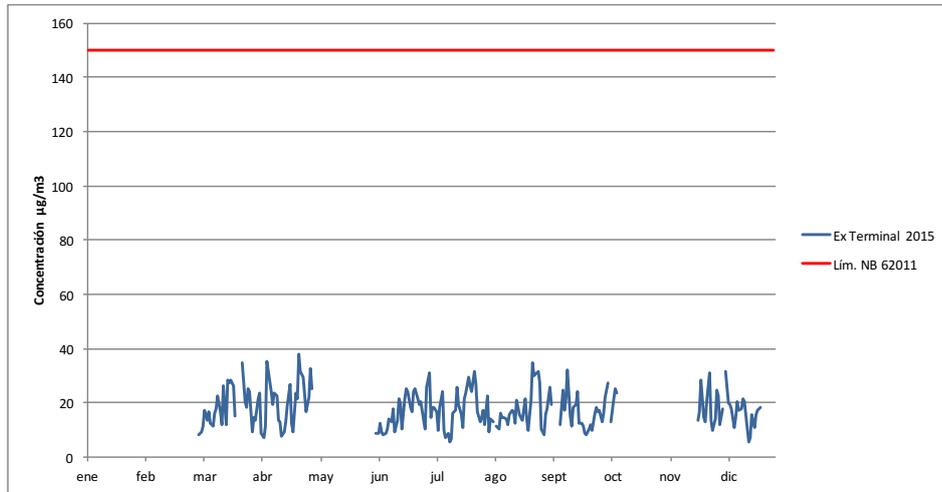


Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

Los datos de NO2 en promedios de 24 horas de la Figura 140, muestran valores que están todo el año por debajo de 40 µg/m3 y también por debajo de los límites de referencia de la NB 62011 y de la Ley 1333 (150 µg/m3 en ambos casos).

Se confirma la ausencia de variaciones estacionales.

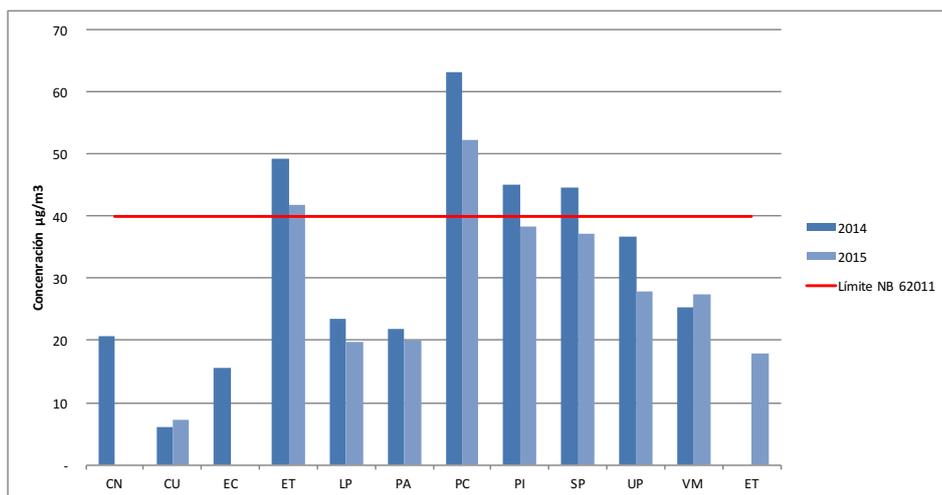
Figura 140 - Muestreo automático de NO2 24 h, Santa Cruz 2015



La comparación de promedios anuales de NO2 por estación y por gestión ²¹ en la Figura 141 identifica las áreas con mayores concentraciones de este contaminante que son Plaza Cementerio (PC), Ex Terminal (ET), Parque Industrial (PI) y Alto San Pedro (SP), las cuales corresponden a áreas comerciales y de alto tráfico vehicular, mientras que las áreas con menor concentración de este contaminante, son Colinas del Urubó (CU), Las Palmeras (LP) y Las Palmas (PA) que corresponden a áreas residenciales.

En general los registros de promedios anuales de concentración en cada estación muestran valores entre 10 µg/m³ y 50 µg/m³, encontrándose cuatro estaciones de monitoreo que reportaron valores superiores al límite máximo permitido de la NB 62011 de 60 µg/m³ para las gestiones 2014 y 2015.

Figura 141 - Promedios anuales de NO2 por estación y por gestión, Santa Cruz



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

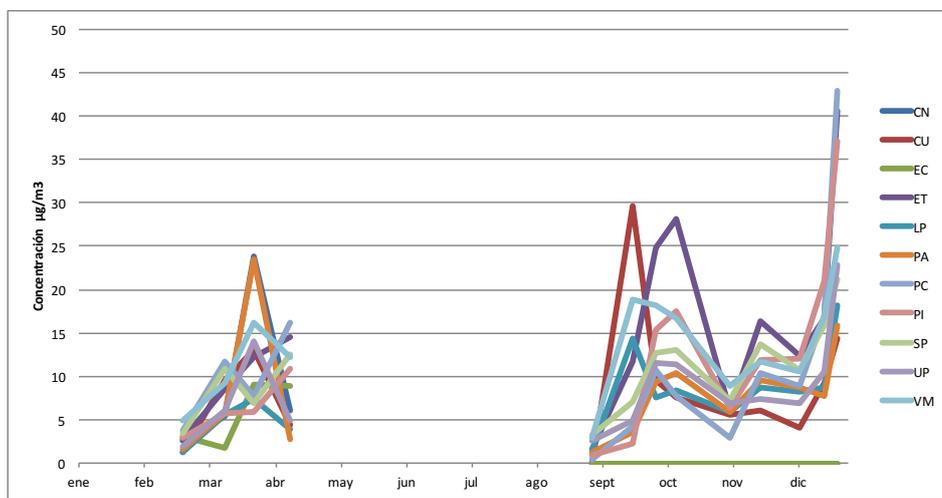
²¹ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos.

4.14.4. Ozono superficial

En los datos de O₃ generados por tecnología pasiva de las Figuras 142 y 143, se muestran valores oscilantes para ambas gestiones, así como se observó en las curvas de NO₂, para O₃ también se presenta una discontinuidad importante desde el mes de abril hasta el mes de septiembre del 2014, debido a problemas con la disponibilidad de insumos de laboratorio y reactivos químicos difíciles de adquirir por ser sustancias controladas. También se observan menores valores de concentración en el primer semestre del año respecto al segundo semestre, manteniéndose la mayor parte de las mediciones por debajo de los 20 µg/m³ hasta 45 µg/m inclusive.

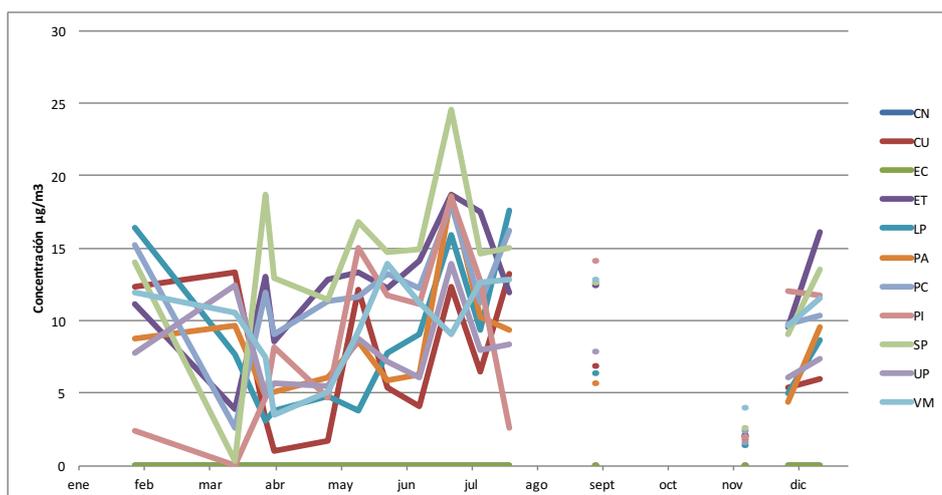
Durante la gestión 2015 en la Figura 143 se presentan curvas de concentración con oscilaciones más pronunciadas denotando valores elevados de concentración seguidos o precedidos por registros de valores más bajos. Así como en la gestión 2014, existe un extenso periodo sin datos desde julio hasta finales de noviembre.

Figura 142 - Muestreo pasivo de O₃, Santa Cruz 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

Figura 143 - Muestreo pasivo de O₃, Santa Cruz 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

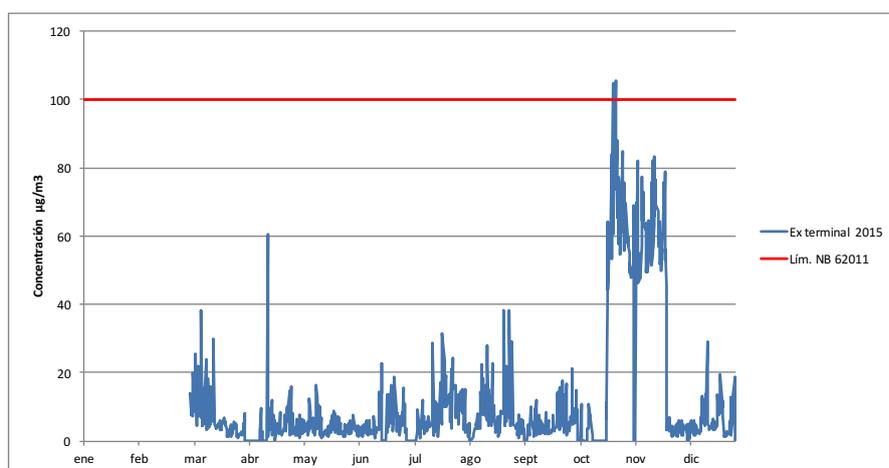
En la Figura 144, los datos de O₃ en promedios de ocho horas obtenidos mediante tecnología automática muestra valores que están en su mayoría por debajo de 20 µg/m³, y por debajo de los

límites de la NB 62011 (100 µg/m³). Se observan concentraciones muy singulares desde mediados del mes de octubre a mediados del mes de noviembre, presentándose valores de concentración alrededor de 60 µg/m³. Por las características de los datos en este periodo de tiempo se presume la presencia de algún problema con la calibración del analizador de O₃, el cual fue corregido a mediados de noviembre, La serie de datos de O₃ generada mediante esta tecnología no presenta interrupciones importantes durante la gestión 2015.

No se observan tendencias de comportamiento de las concentraciones en función de la época del año.

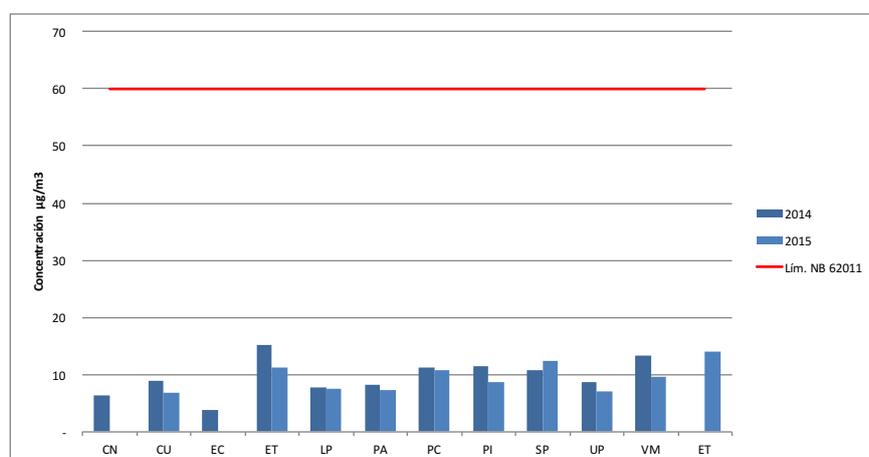
La red MoniCA SC no remitió información de concentraciones de O₃ generada por la estación automática durante la gestión 2014, ni datos históricos de promedios anuales desde el inicio de operaciones.

Figura 144 - Muestreo automático de O₃ 8 h, Santa Cruz 2015



De acuerdo al análisis de promedios anuales de O₃ por estación y por gestión ²² en la Figura 145, aquellas estaciones que presentan mayores niveles de este contaminante son Ex Terminal (ET), Alto San Pedro (SP) y Villa 1° de Mayo (VM), que no corresponden de acuerdo a lo esperado, con puntos alejados de la ciudad con bajos niveles de NO₂. En general todos los promedios anuales de O₃, registrados durante las gestiones 2014 y 2015 son relativamente bajos (menores a 15 µg/m³).

Figura 145 - Promedios anuales de O₃ por estación y por gestión, Santa Cruz



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

²² Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos.

4.15. Tarija

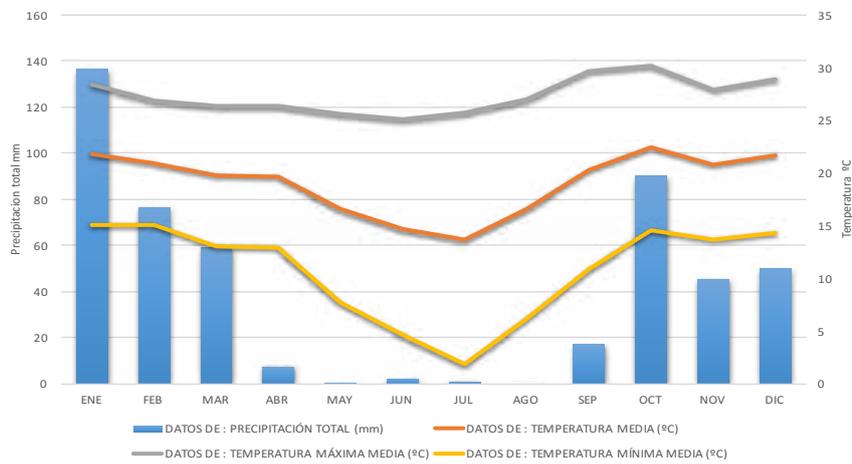
4.15.1. Información general

Tabla 31 - Información general del municipio, Tarija

Departamento	Tarija
Provincia	Cercado
Municipio	Tarija
Altitud media sobre el nivel del mar	1 879 m
Relieve	Valle ondulado
Población (censo 2012)	205 346 habitantes
Parque automotor	50 603 vehículos (2013)
55 672 vehículos (2014)	
Cuenta con Red MoniCA	Si

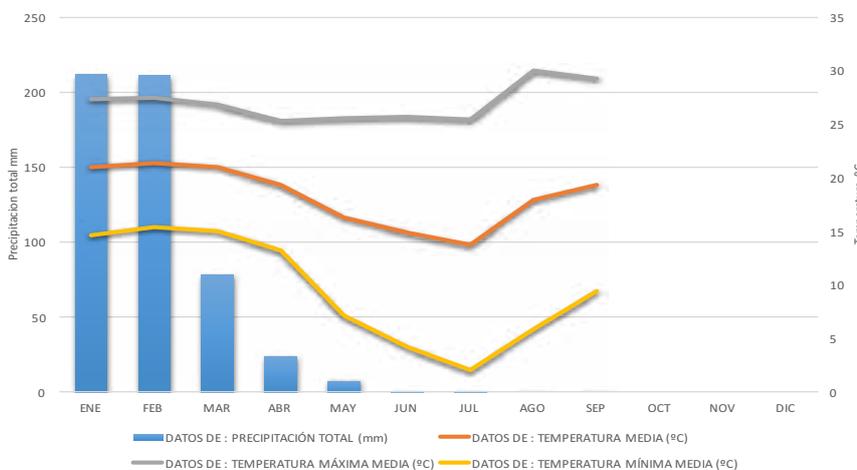
Fuente: INE

Figura 146 - Diagrama de precipitación y temperatura Tarija 2014



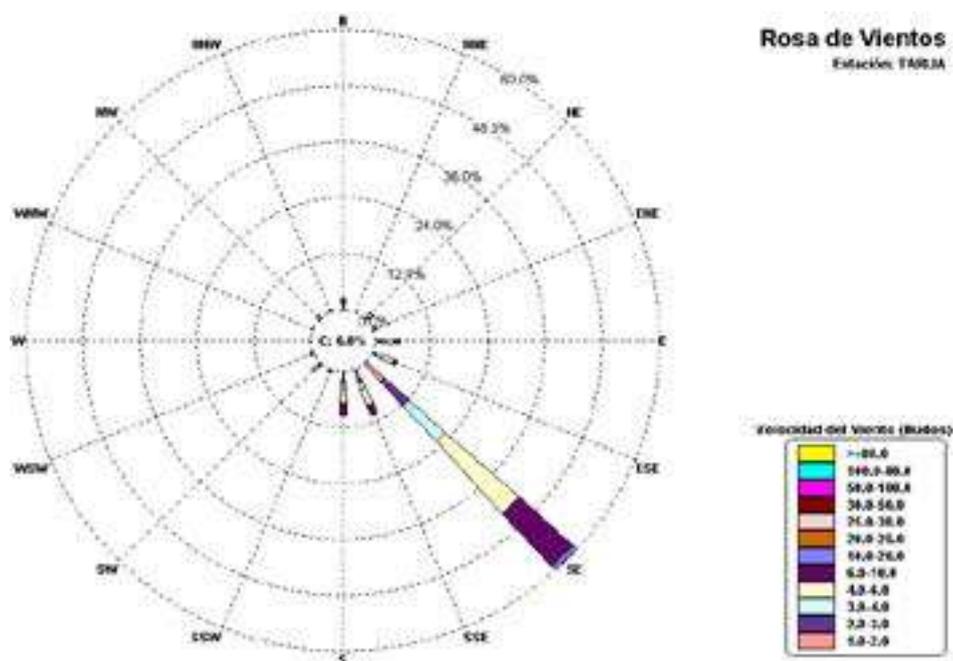
Fuente: Datos de ENAMHI

Figura 147 - Diagrama de precipitación y temperatura Tarija 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Figura 148 - Velocidad y dirección predominante de los vientos, Tarija 2014, 2015



Fuente: Datos de SENAMHI

Tabla 32 - Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Tarija

N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	Av. Circunvalación	AC	-21.513443°	-64.739303°	AT							
2	Parque Bolivar	PB	-21.534377°	-64.726186°	AC							
3	Plazuela Sucre	PS	-21.535744°	-64.732572°	AC							
4	Mercado Campesino	MC	-21.520122°	-64.741220°						PV	PV	
5	Domingo P. y Colón	DC	-21.531880°	-64.731279°						PV	PV	
6	Ciudadela Univ.	CIU	-21.541980°	-64.722380°						PV	PV	
7	C. de Cap. Bartolome	CCB	-21.535286°	-64.707935°						PV	PV	
8	Parque Bolivar	PB	-21.537605°	-64.723796°						PV	PV	
9	Prosalud SENAC	PRO	-21.538299°	-64.746366°						PV	PV	
10	Hotel Los Parrayes	HP	-21.522203°	-64.763917°						PV	PV	

AC = Método Activo

AT = Método Automático Continuo

PV = Método Pasivo

Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

Figura 149 - Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Tarija

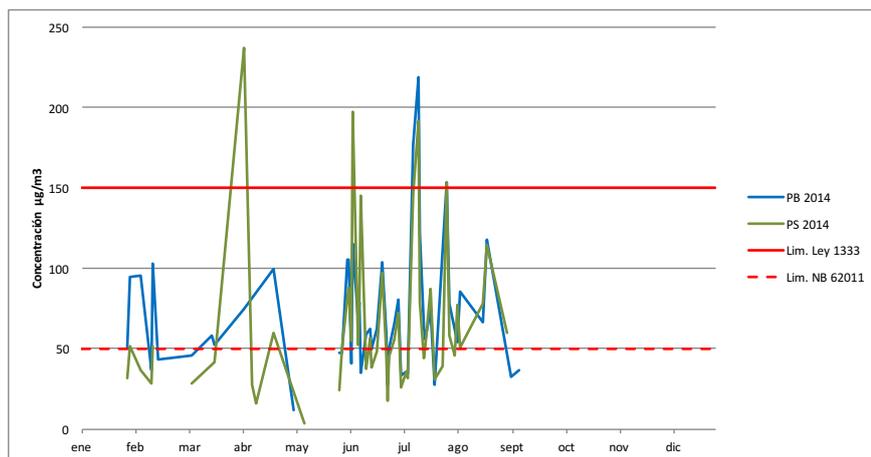


Fuente: Imagen de Google Earth

4.15.2. Partículas en suspensión

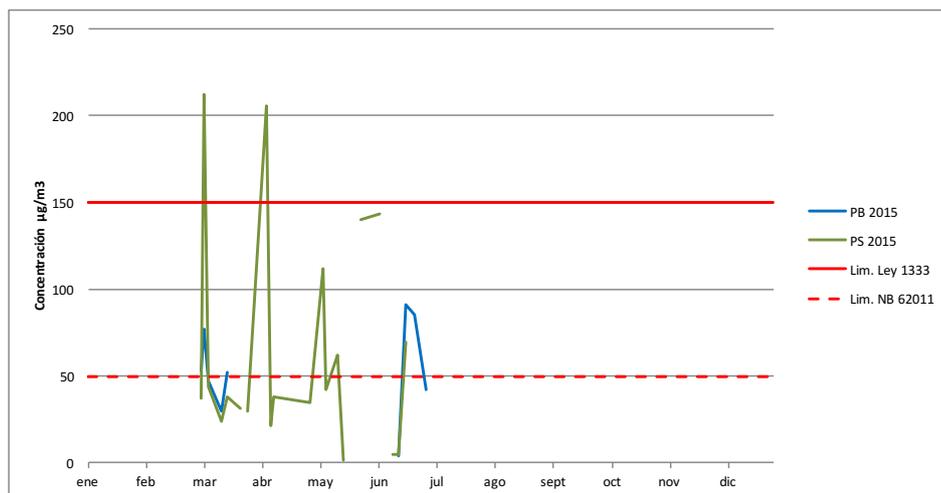
A partir de las Figuras 150 y 151, los datos de PM₁₀ generados por la Red MoniCA TJ mediante tecnología activa muestran grandes variaciones, con la mayor parte de los registros entre 40 µg/m³ y 150 µg/m³ y picos de concentración que en más de una ocasión superan los 200 µg/m³ especialmente durante el primer semestre tanto para el año 2014 como para el 2015. Los datos no muestran tendencias de comportamiento asociadas a la época del año. Así mismo se observan interrupciones en los ciclos de muestreo, especialmente durante la gestión 2015.

Figura 150 - Muestreo activo de PM₁₀, Tarija 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

Figura 151 - Muestreo activo de PM10, Tarija 2015

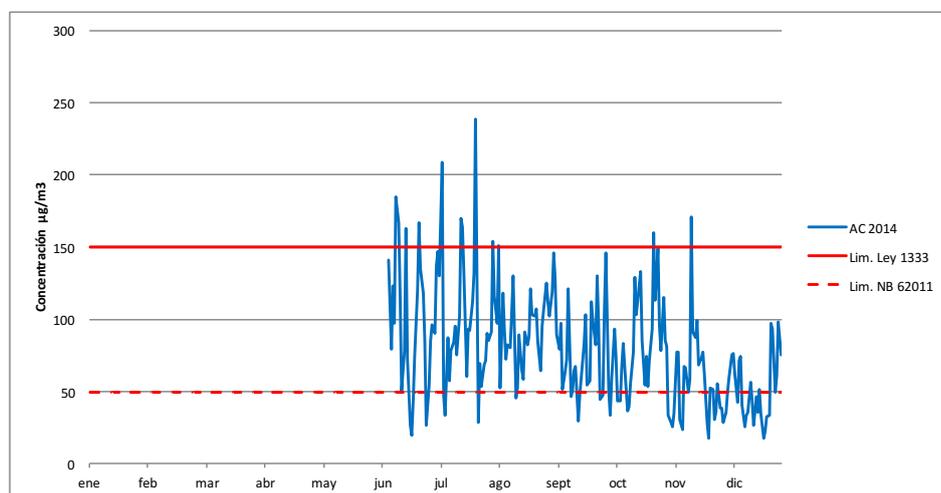


Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

Los datos en las Figuras 152 y 153, generados por la estación automática de monitoreo de PM10 de la Red MoniCA TJ registran valores que en general están entre 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con picos que no sobrepasan los 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las series temporales de concentraciones muestran variaciones en función de la época del año, con valores menores hacia el primer y último trimestre de cada año (época seca) y valores mayores en los meses mayo, junio, julio y agosto (época húmeda).

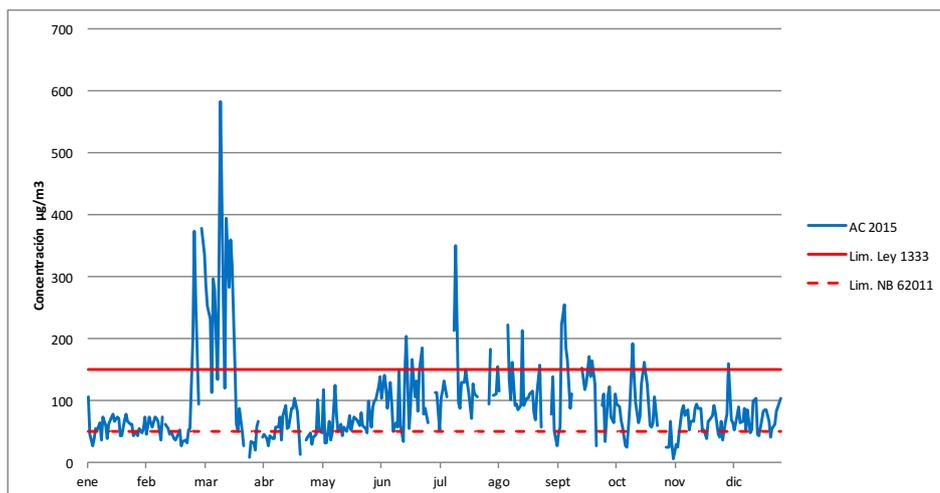
Se observa un comportamiento anormal durante el primer trimestre del año 2015 reportándose durante los meses de febrero y marzo valores notoriamente más elevados que los del resto del año. Este comportamiento posiblemente esté relacionado con calibración u operación del equipo automático.

Figura 152 - Muestreo automático de PM10, Tarija 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

Figura 153 - Muestreo automático de PM10, Tarija 2015



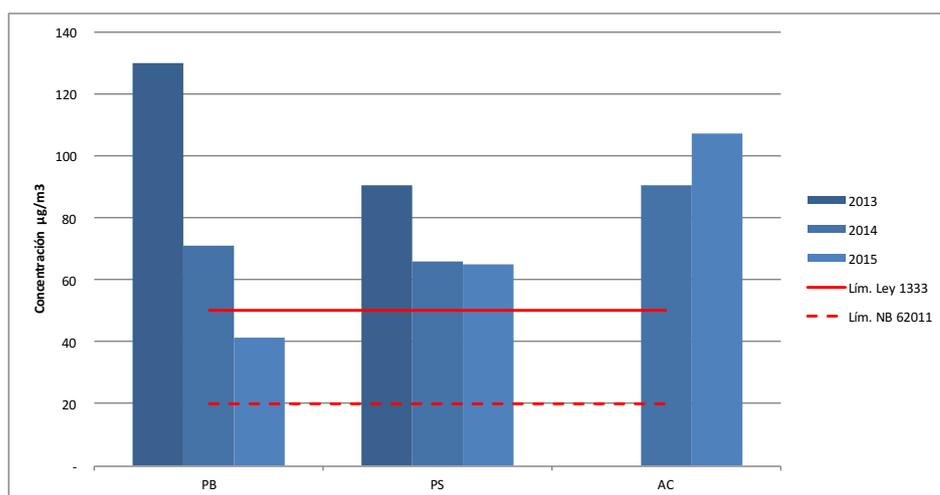
Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

La comparación de promedios anuales de PM10 por estación y por gestión ²³ de acuerdo a las Figuras 154 y 155, muestra concentraciones entre 40 µg/m³ y 130 µg/m³, siendo que los mayores valores se registraron durante la gestión 2013 en la estación de Parque Bolívar (PB).

De acuerdo a estos registros, las gestiones 2014 y 2015 denotan concentraciones promedio menores que la gestión 2013 en las estaciones de Parque Bolívar (PB) y Plaza Sucre (PS), lo que podría indicar una tendencia hacia la reducción de material particulado suspendido en el aire del centro de la ciudad de Tarija; sin embargo este comportamiento podría ser asociado a alguna medida de gestión implementada. Por el contrario, en la estación de la Avenida Circunvalación (AC) se observa un incremento de las concentraciones entre las gestiones 2014 y 2015.

Todos los registros de promedio anual de PM10, excepto el de la gestión 2015 para la estación de Parque Bolívar, superan tanto el límite máximo permitido por la NB 62011 como el de la Ley 1333.

Figura 154 - Promedios anuales de PM10 por estación y por gestión, Tarija



Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

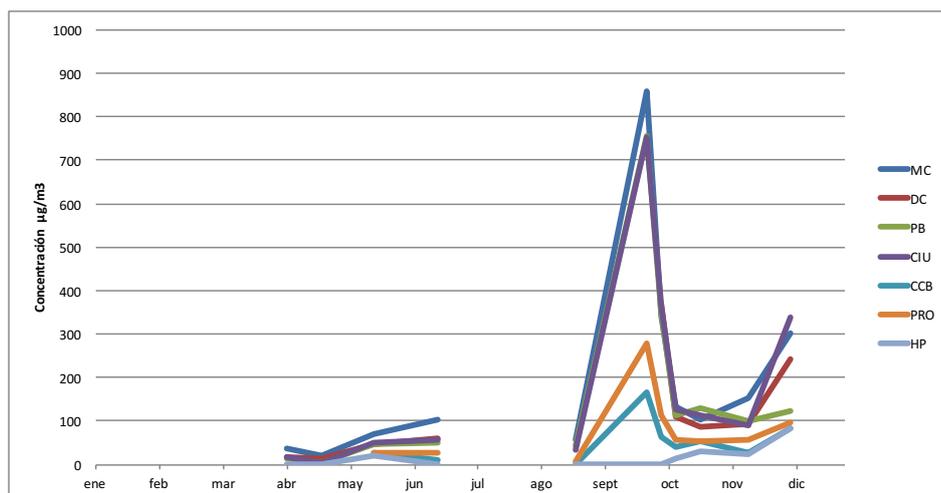
²³ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos.

4.15.3. Dióxido de nitrógeno

Pese a que la red MoniCA TJ inicio sus actividades durante el mes de abril de la gestión 2014, se han realizado pocas campañas de muestreo con diversas interrupciones lo cual impide efectuar un análisis de las tendencias de comportamiento de este contaminante.

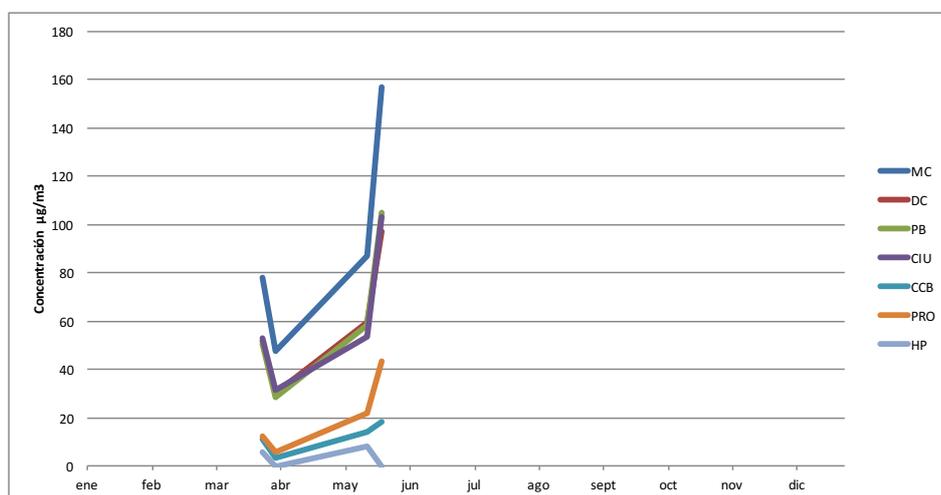
Por otro lado, se observan pronunciados picos de concentración (mayores a 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en medio de valores significativamente más bajos (menores a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) lo que puede asociarse a causas sistemáticas en el la preparación o análisis de los tubos ya que el efecto es el mismo en todas las estaciones.

Figura 155 - Muestreo pasivo de NO₂, Tarija 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

Figura 156 - Muestreo pasivo de NO₂, Tarija 2015



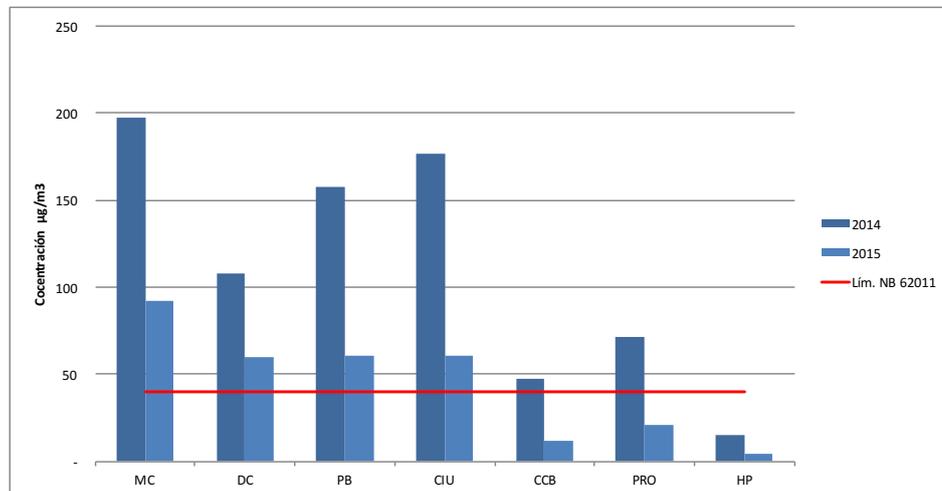
Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

En la Figura 157, la comparación de promedios anuales de NO₂ por estación y por gestión ²⁴identifica las áreas con mayores concentraciones de NO₂ correspondientes a Mercado Campesino (MC), Parque Bolivar (PB) y Ciudadela Universitaria (CIU), mientras que las áreas con menores concentraciones de este contaminante, corresponden a C. de Cap. Bartolome (CCB), Prosalud SENAC (PRO) y Hotel Los Parrales (HP).

²⁴ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos.

Los registros de promedios de concentración en cada estación muestran valores mayormente entre 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando casi siempre y por mucho el límite máximo permitido de la NB 62011, especialmente durante la gestión 2014. La disminución de promedios en todas las estaciones para el 2015 respecto a 2014 no es comparable dada la baja cantidad de datos de ambos periodos.

Figura 157 - Promedios anuales de NO₂ por estación y por gestión, Tarija



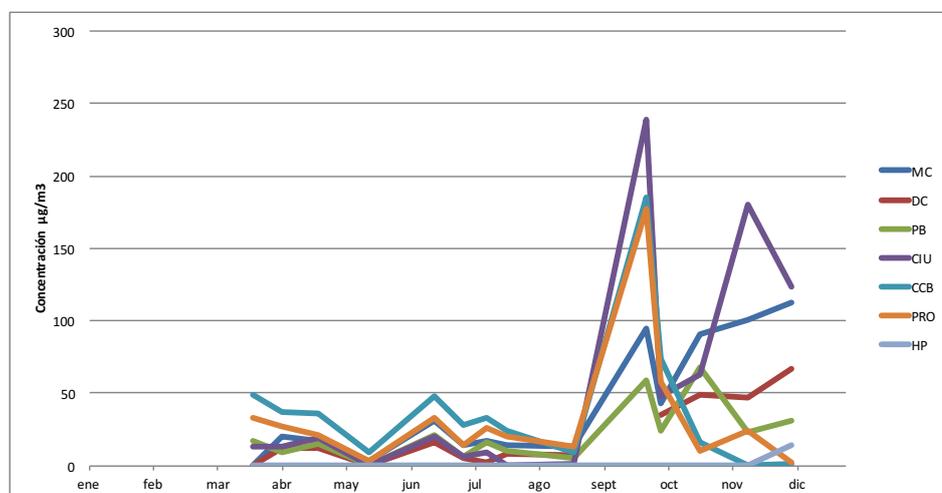
Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

4.15.4. Ozono superficial

Tal como sucede con los datos de NO₂ se han realizado pocas campañas de monitoreo de O₃, si bien en la Figura 158, hay mayor regularidad en el comportamiento de las curvas de concentración, durante los meses de marzo a agosto del 2014, a partir de este mes se observa picos pronunciados que rompen las tendencias de comportamiento posiblemente a influencias sistemáticas en exposición y análisis de los tubos. No se observa ningún comportamiento claro de incremento o reducción de concentraciones en función de la época del año.

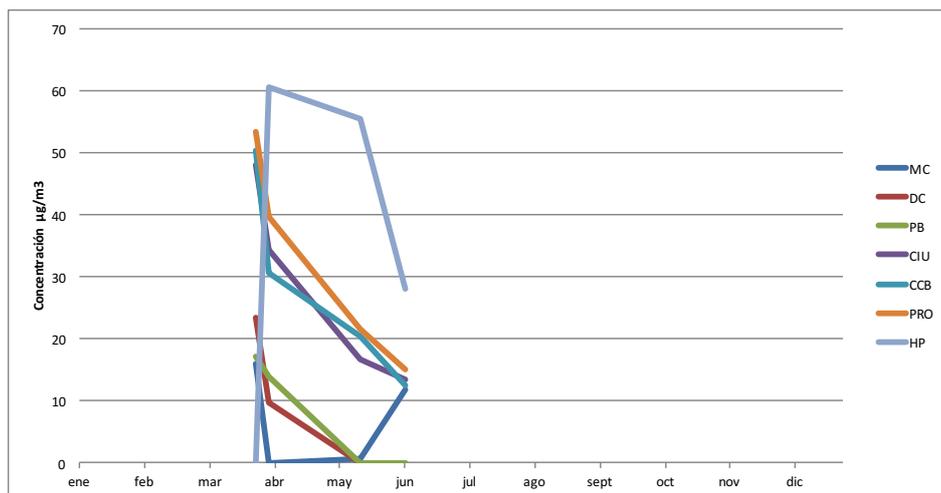
Con respecto a la información reportada durante el 2015 la base es aún más reducida por lo y no presenta consistencia por lo que no es posible emitir criterios o análisis adicionales.

Figura 158 - Muestreo pasivo de O₃, Tarija 2014



Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

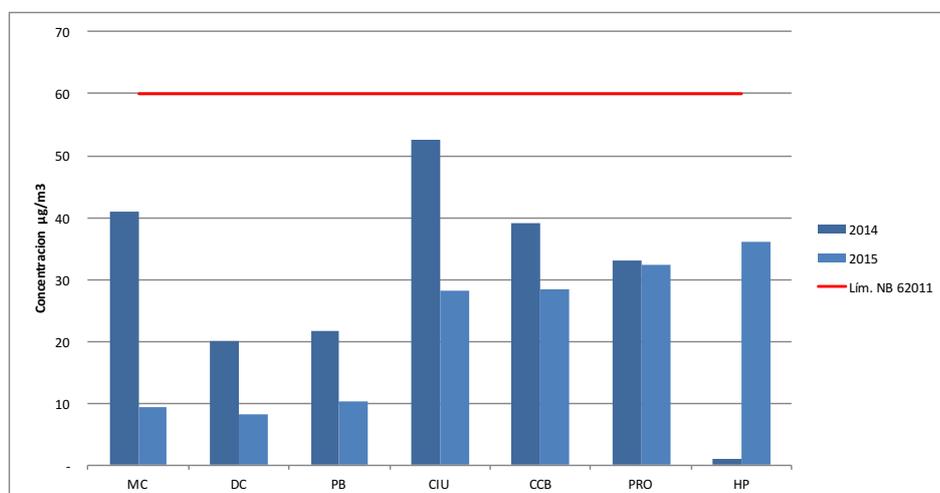
Figura 159 - Muestreo pasivo de O3, Tarija 2015



Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

De acuerdo al análisis de promedios de O3 por estación y por gestión ²⁵, las estaciones que presentan mayores niveles de este contaminante son Ciudadela Universitaria (CIU), C. de Cap. Bartolome (CCB), Hotel los Parrales (HP), Mercado Campesino (MC) y Prosalud SENAC (PRO), correspondiendo en general con ubicaciones alejadas del centro de la ciudad. También se observa niveles de concentración mucho mayores durante la gestión 2014, aun así ninguna de las estaciones presenta valores que superen el límite máximo permitido por la NB 62011.

Figura 160 - Promedios anuales de O3 por estación y por gestión, Tarija



Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija



²⁵ Los promedios de concentración para cada gestión no corresponden a los mismos periodos o épocas del año, ni a series de datos de años completos.

Episodios Importantes relacionados a la contaminación atmosférica 2014 - 2015 (datos recolectados de las Redes MoniCA existentes)

5.1. San Juan

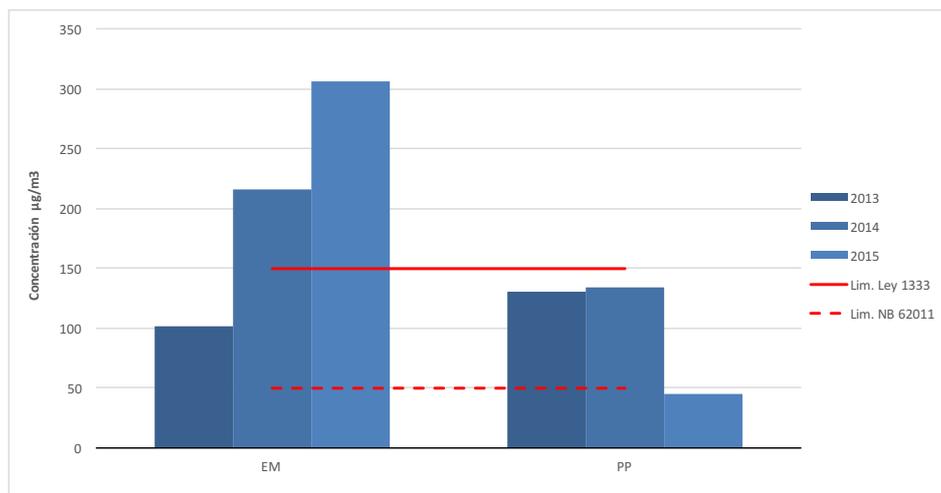
A continuación se presentan los resultados de los monitoreos de PM10 realizados durante la festividad de San Juan en cada ciudad que disponga y haya remitido la información correspondiente.

5.1.1. Trinidad

De acuerdo a la Figura 161, los datos generados por las dos estaciones activas de la red MoniCA TR durante la festividad de San Juan reportan para la gestión 2013 valores que superan los límites máximos permisibles establecidos por la NB 62011:2008. Para la gestión 2014 ambas estaciones también registran valores superiores a este límite y el valor obtenido en la estación de Edificio Municipal supera además el límite máximo permitido por la Ley 1333. Finalmente para la gestión 2015 se denota un valor muy elevado en la estación de Edificio Municipal llegando a superar tanto el límite establecido por la NB 62011 como el límite de la Ley 1333, mientras que en la estación de Plaza Pompeya el registro obtenido se encuentra por debajo de los dos límites anteriormente mencionados.

En la estación de Edificio Municipal se observa un incremento sostenido de las concentraciones entre la gestión 2013 y la gestión 2015, prácticamente triplicando las concentraciones de PM10 durante estos tres años. Mientras que en la estación de Plaza Pompeya se observa valores prácticamente iguales en las gestiones 2013 y 2014 y una disminución importante durante la gestión 2015.

Figura 161 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, Trinidad

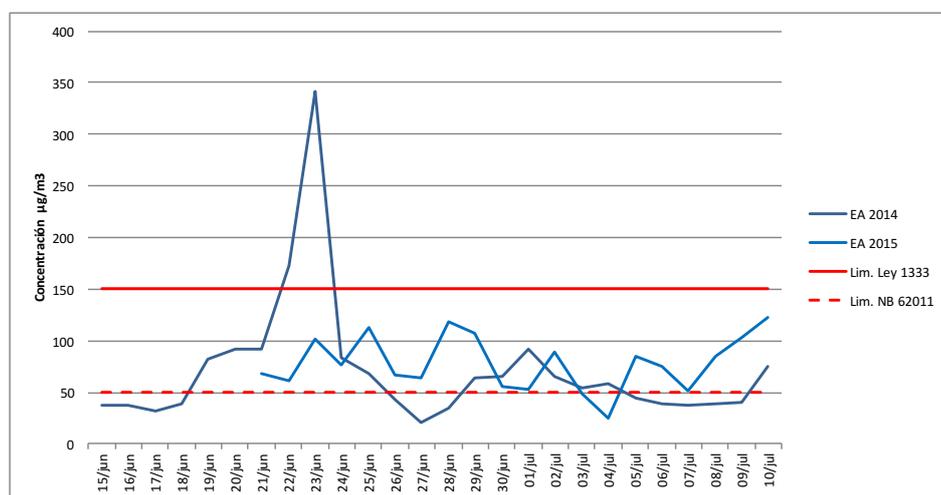


Fuente: Datos de Red MoniCA Trinidad

5.1.2. Sucre

La estación automática de la Red MoniCA SU registra un incremento muy claro de las concentraciones de PM10 durante la festividad de San Juan para el año 2014 de acuerdo a la Figura 162, siendo que desde el 15 de junio hasta el 10 de julio, los valores de concentración de PM10 se encuentran generalmente entre 30 µg/m3 y 100 µg/m3. Durante el 24 de Junio se observa un pico de concentración de casi 350 µg/m3, , más de tres veces el resto de los registros durante el periodo contemplado. Durante la gestión 2015 no se registran incrementos significativos de las concentraciones de PM10, observando valores que están en su mayoría entre 50 y 120 µg/m3. Estos valores pueden ser contrastados con medidas de control efectuadas en esas fechas.

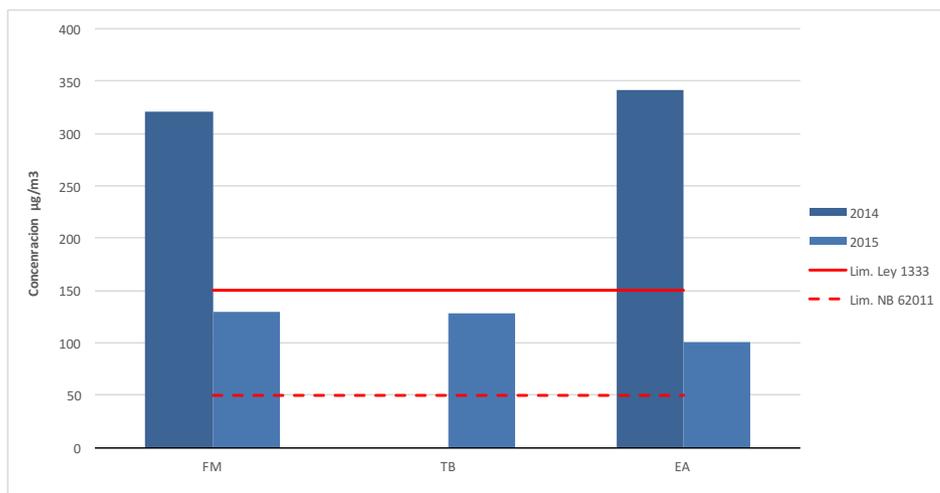
Figura 162 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, Sucre



Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

Los promedios de 24 horas generados por las estaciones activas (FM y TB) y automática (EA) de la red MoniCA SU reportan para la festividad de San Juan de la gestión 2014 valores que superan por mucho los límites máximos permisibles establecidos por la NB 62011:2008 y por la Ley 1333. Los reportes generados durante la gestión 2015 presentan disminuciones significativas de las concentraciones de PM10 en todas las estaciones con niveles que se encuentran siempre por debajo del límite de la Ley 1333 pero por encima del límite de la NB 62011.

Figura 163 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, Sucre



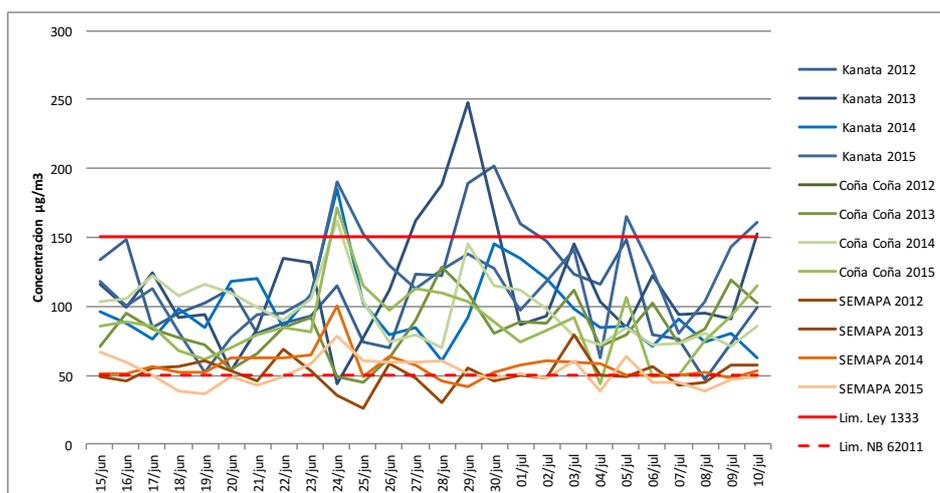
Fuente: Datos de Red MoniCA Sucre

5.1.3. Cochabamba

Las estaciones automáticas de la Red MoniCA CB de la Figura 164 registran incrementos evidentes de las concentraciones de PM10 (hasta casi 190 µg/m³) durante las gestiones 2014 y 2015 en las estaciones de Coña Coña y Parque Kanata. En la tercera estación (SEMAPA) y para el resto de las gestiones (2012 y 2013) no se registran incrementos considerables de las concentraciones de PM10 durante la festividad de San Juan (23-24 de junio) mostrando valores regulares para el periodo de tiempo analizado (15 de junio hasta el 10 de julio de 2014).

Sin embargo es notorio el incremento de las concentraciones de PM10 (hasta 200 µg/m³ y 250 µg/m³) durante los días del 28 de junio al 01 de julio de las gestiones 2012 y 2013 en la estación de Parque Kanata, superando significativamente los registros obtenidos durante la festividad de San Juan.

Figura 164 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, Cochabamba



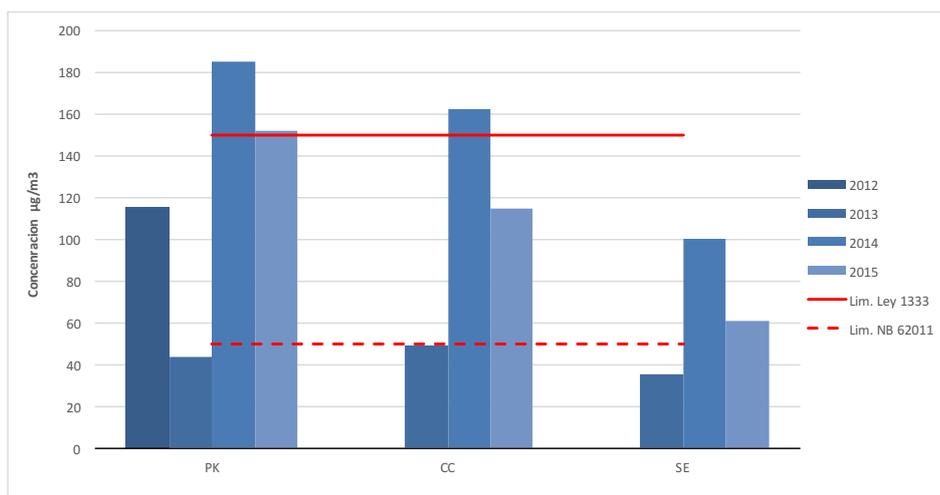
Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

En la Figura 165, los promedios de 24 horas generados por las estaciones automáticas de la red MoniCA CB, en general reportan para la festividad de San Juan valores relativamente bajos para la gestión 2013 (menores a 50 µg/m³), valores mucho más altos durante la gestión 2014 (entre

100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y valores intermedios durante la gestión 2015 (entre 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Existe una tendencia de disminución de las concentraciones de PM10 en el orden de estaciones representadas.

Las concentraciones de PM10 registradas en la estación de Parque Kanata son las más altas superando tanto los límites de la NB 62011 como los de la Ley 1333 durante las gestiones 2014 y 2015. Por su lado, los valores más bajos se presentan en la estación de SEMAPA en donde se superan solamente los límites de la NB 62011 durante las mismas gestiones. Finalmente en la estación de Coña Coña el año 2014 se superan ambos límites mientras que durante la gestión 2015 solo se supera el límite de la NB 62011.

Figura 165 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, Cochabamba

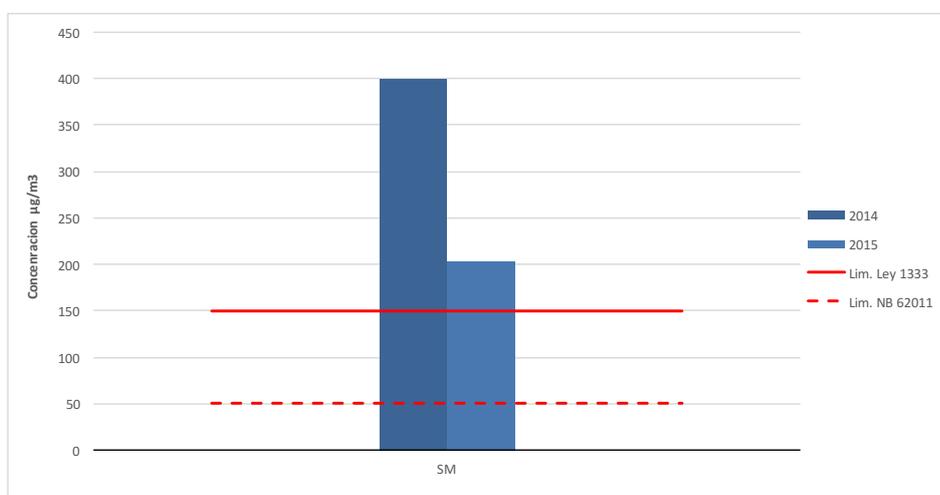


Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

5.1.4. Quillacollo

La información generada por la estación activa Red MoniCA QC en la Figura 166 reporta para la festividad de San Juan de las gestiones 2014 y 2015 valores que superan por mucho los límites máximos permisibles establecidos tanto por la NB 62011:2008 como por la Ley 1333. Aunque existe una notoria disminución de las concentraciones de PM10 desde 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta 287 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para la gestión 2015.

Figura 166 - Muestreo de PM10 en San Juan, Quillacollo

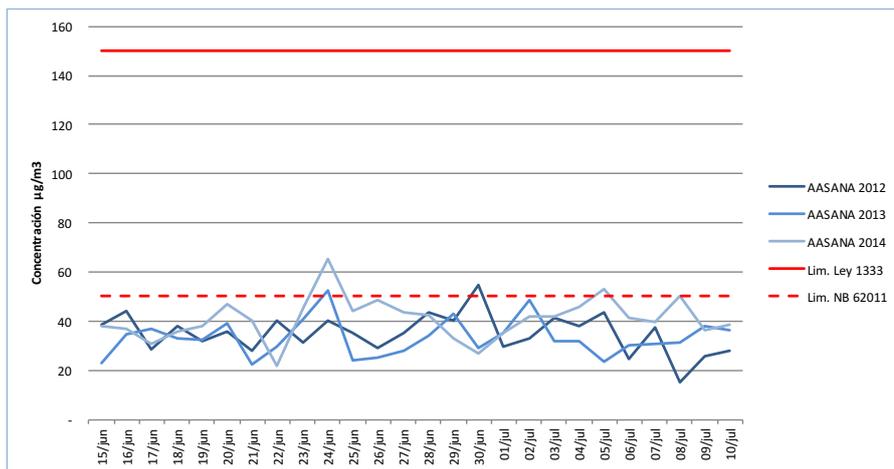


Fuente: Datos de Red MoniCA Quillacollo

5.1.5. El Alto

De acuerdo a la Figura 167, la estación automática de la Red MoniCA EA registra ligeros incrementos de las concentraciones de PM10 durante la festividad de San Juan, siendo que desde el 15 de junio hasta el 10 de julio de las gestiones 2012, 2013 y 2014, los valores de concentración de PM10 se encuentran generalmente entre 20 µg/m3 y 50 µg/m3, se observa picos de concentración de hasta 65 µg/m3 durante el 24 de junio de la gestión 2014 y un pico ligeramente superior a 50 µg/m3 para la gestión 2013.

Figura 167 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, El Alto

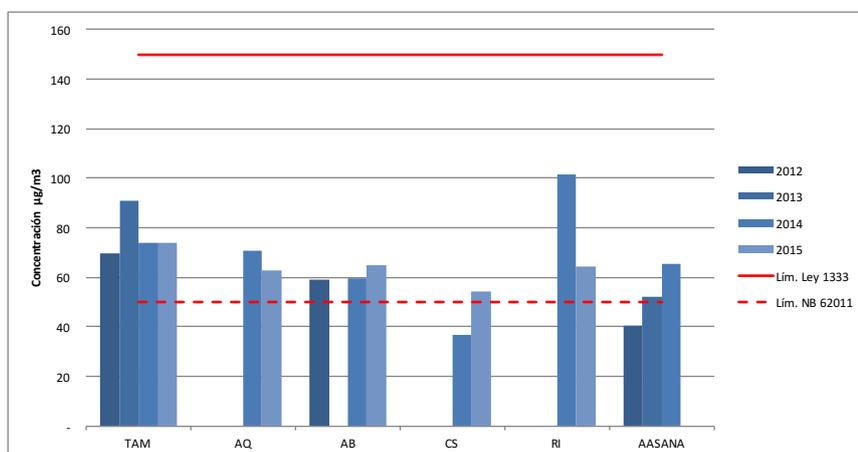


Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

Los datos generados por las dos estaciones activas (TAM, AQ, AB, CS y RI) y automática (AASANA) de la red MoniCA EA durante la festividad de San Juan reportan para la gestión 2012 valores que superan en su mayoría los límites máximos permisibles establecidos por la NB 62011:2008, excepto durante la gestión 2014 en la estación de Ciudad Satélite y para la gestión 2012 en la estación ASSANA. Ninguno de los valores reportados supera el límite máximo permitido de la Ley 1333.

Siendo la ciudad que cuenta con el mayor número de estaciones de monitoreo de PM10 en Bolivia, no se manifiestan tendencias claras con respecto al incremento o disminución de las concentraciones de PM10, excepto en la estación automática de ASSANA en la que se observa un constante crecimiento de los valores de concentración entre los años 2012 y 2014.

Figura 168 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, El Alto

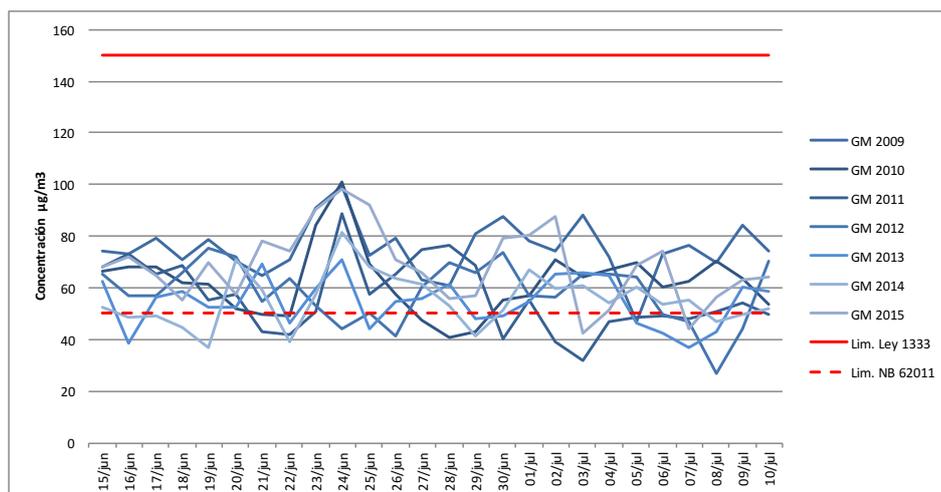


Fuente: Datos de Red MoniCA El Alto

5.1.6. La Paz

Respecto a la Figura 169, la estación automática de la Red MoniCA LP registra ligeros incrementos de las concentraciones de PM10 durante la festividad de San Juan, siendo que desde el 15 de junio hasta el 10 de julio de las gestiones 2009 a 2015, los valores de concentración de PM10 se encuentran generalmente entre 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se observan picos de concentración que van de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, según el año, siendo que algunos de estos picos presentan valores prácticamente iguales a los que se presentan en días regulares. De acuerdo a estos datos, no hay un efecto notorio de las emisiones en la noche de San Juan sobre el punto de monitoreo de la estación automática ubicada en una zona central de la ciudad.

Figura 169 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, La Paz

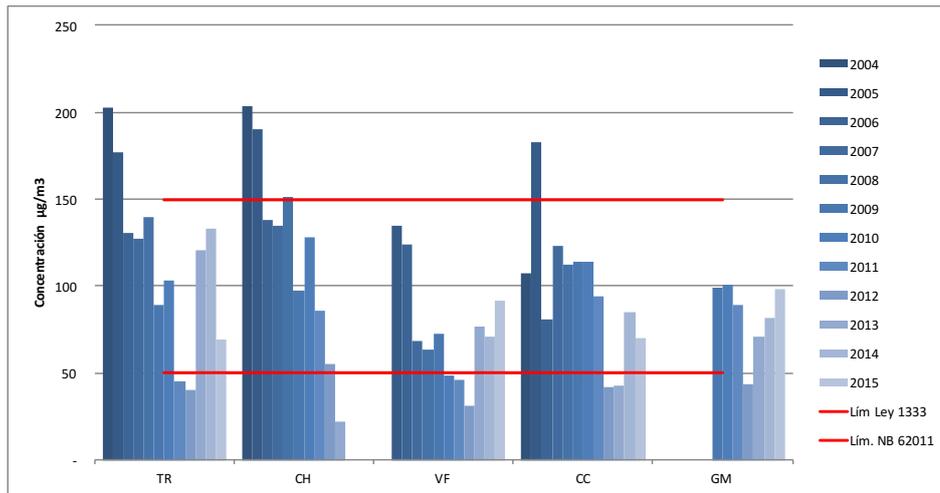


Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

Los datos históricos generados por las estaciones activas (TR, CH, VF y CC) y automática (GM) de la red MoniCA LP durante la festividad de San Juan en la Figura 170, reportan valores que durante los primeros años de evaluación (especialmente 2004 y 2005) superan los límites máximos permisibles establecidos tanto por la NB 62011:2008, como por la Ley 1333, reportándose más de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las estaciones de Transito y Cotahuma. Seguidamente se observan claros descensos de las concentraciones de PM10 hasta la gestión 2012 cuando se registran valores inferiores a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las cinco estaciones de monitoreo, para después registrarse nuevos incrementos entre los años 2013 y 2015.

La Mayor parte de los registros presentan valores que superan el límite de la NB 62011 pero no el límite de la Ley 1333. Por otro lado las concentraciones de PM10 presentan una tendencia general a la disminución entre los años 2004 y 2015.

Figura 170 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, La Paz

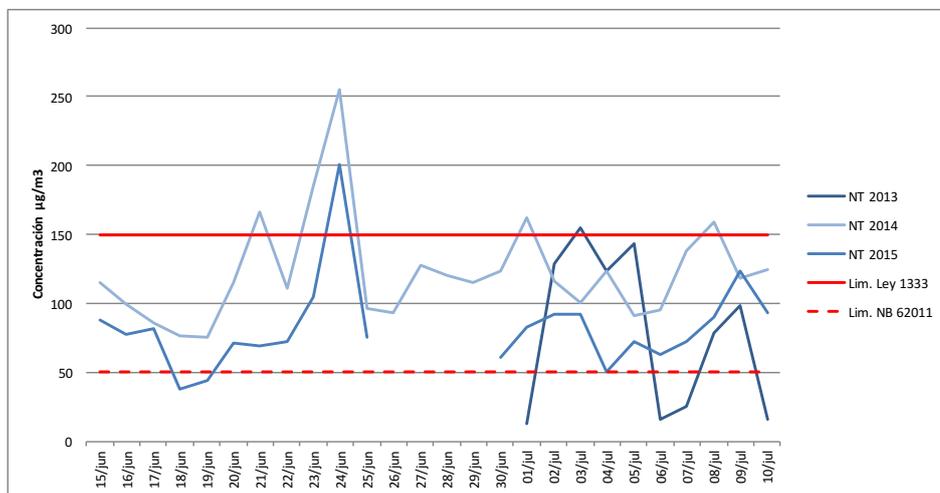


Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

5.1.7. Potosí

La estación automática de la Red MoniCA PO registra un claro incremento de las concentraciones de PM10 durante la festividad de San Juan de acuerdo a la Figura 171, siendo que desde el 15 de junio hasta el 10 de julio de las gestiones 2014 y 2015, los valores de concentración de PM10 oscilan generalmente entre 50 µg/m3 y 150 µg/m3. El 24 de junio se observa un pico de concentración de casi 250 µg/m3 , aproximadamente el doble del resto de los registros y un pico similar de 200 µg/m3 para esa misma fecha durante el 2015.

Figura 171 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, Potosí

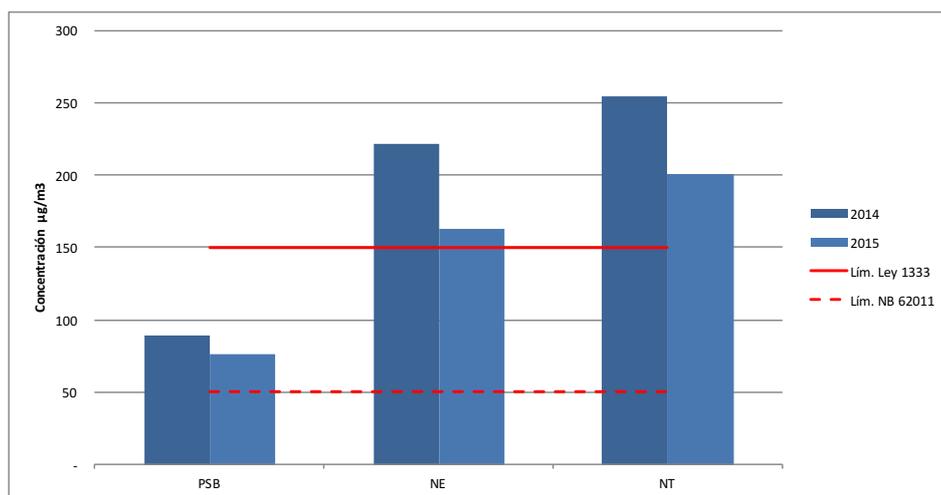


Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

Los datos generados por las dos estaciones activas (PSB y NE) y la estación automática (NT) de la red MoniCA PO durante la festividad de San Juan reportan para la gestión 2014 valores que superan los límites máximos permisibles establecidos por la NB 62011:2008 en todos los puntos de monitoreo y los valores registrados por las estaciones de automática de Nueva Terminal y Normal Eduardo Avaroa superan también el límite máximo permitido por la Ley 1333.

Si bien se observa valores de concentración muy diferentes en cada una de las estaciones, también se puede ver que los niveles de PM10 han disminuido entre el año 2014 y el año 2015 en todas las estaciones de monitoreo.

Figura 172 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, Potosí



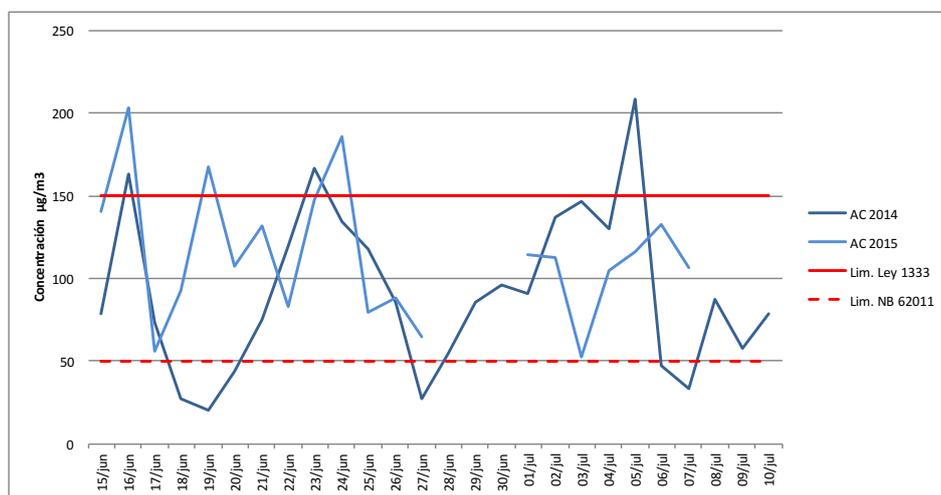
Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí

5.1.8. Tarija

De la Figura 173, los datos generados por la estación automática de la red MoniCA TJ durante la festividad de San Juan reportan valores que en su mayoría están entre 30 µg/m³ y 160 µg/m³, con oscilaciones importantes pero sin mostrar claramente en ninguna de las gestiones un incremento debido a la celebración de esta festividad.

Los límites máximos permisibles establecidos por la NB 62011:2008 son superados casi todo el tiempo mientras que los límites establecidos por la Ley 1333 son superados eventualmente en varias fechas, ambos años. Existen eventos máximos incluso en fechas diferentes al 24 de junio.

Figura 173 - Datos de muestreo automático de PM10 en San Juan, Tarija

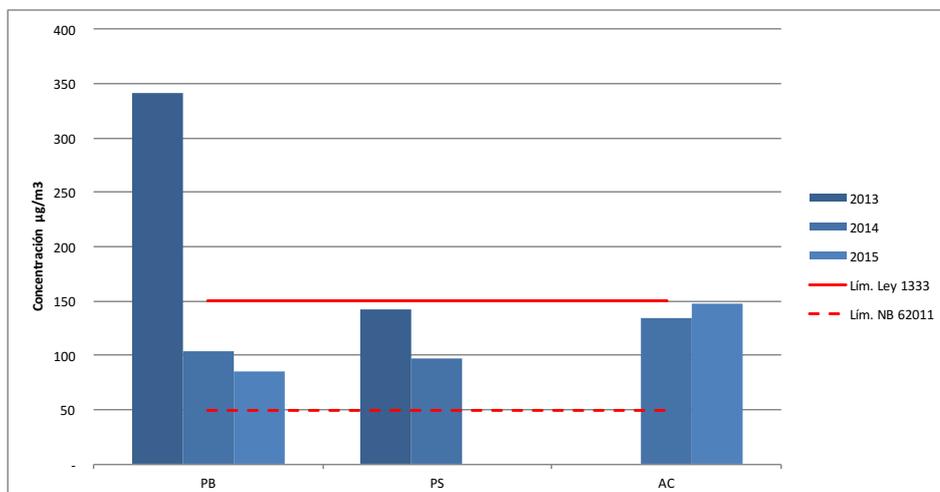


Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

Los promedios de 24 horas de la Figura 174 obtenidos por todas las estaciones de monitoreo de PM10 para el día 24 de junio muestran valores que superan los límites máximos permitidos de la Ley 1333 solamente para la gestión 2013 en el punto de monitoreo de Plaza Bolívar, el resto de los valores registrados superan el límite máximo permitido por la NB 62011.

Mientras en las estaciones de Plaza Bolívar y Plaza Sucre se observa una tendencia hacia la disminución de las concentraciones de PM10, la estación de Av. Circunvalación muestra una tendencia contraria hacia el incremento de las concentraciones de PM10.

Figura 174 - Datos de muestreo de PM10 en San Juan, Tarija



Fuente: Datos de Red MoniCA Tarija

5.2. Día Nacional del Peatón

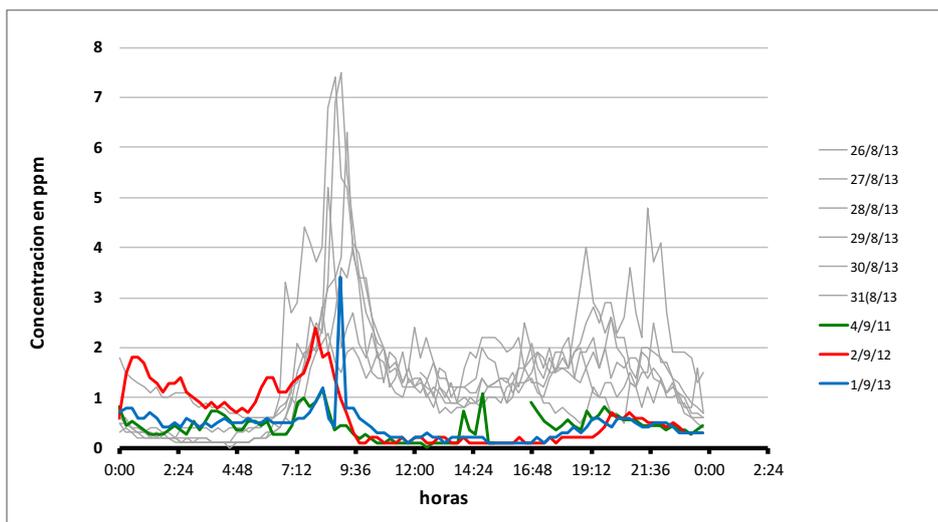
A continuación se presentan los resultados de los monitoreos de PM10 realizados durante el día nacional del peatón en cada ciudad que disponga y haya remitido la información correspondiente.

5.2.1. La Paz

El gráfico de la Figura 175 muestra una comparación de los niveles de concentración de CO medidos por la estación automática de la red MoniCA LP durante el día del peatón y durante días de actividad regular. Se observa en líneas de color gris (actividad regular de semana) el comportamiento típico de este contaminante de acuerdo a la hora del día, presentándose picos de concentración hasta de 7,5 ppm todos los días alrededor de las 08:00 hrs., picos de hasta 5 ppm todos los días alrededor de las 20:00 hrs. y concentraciones que generalmente van de 1 ppm a 2 ppm entre estos dos picos.

Durante el día del peatón el comportamiento de las concentraciones de este contaminante varía drásticamente, reduciéndose las concentraciones de CO hasta valores menores a 0,3 ppm entre las 9:00 hrs. y las 17:00 hrs. (horas en las que no se permite la circulación de vehículos automotores en toda la ciudad) este comportamiento se ha registrado recurrentemente durante varios años (2011 a 2013) durante este evento que se lleva a cabo el primer domingo del mes de septiembre.

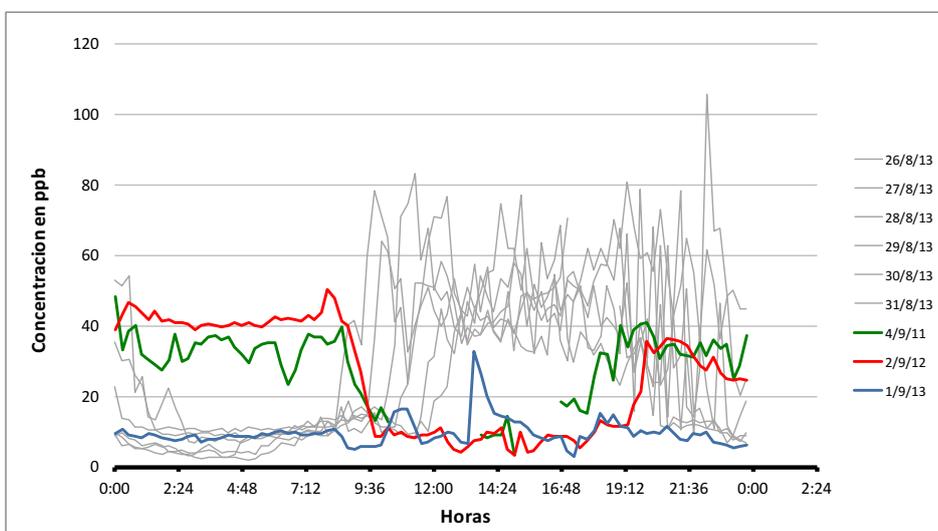
Figura 175 - Muestreo de CO en el día del peatón, La Paz



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

Bajo las condiciones expuestas anteriormente la Red MoniCA LP también realizó mediciones de NO₂ que se muestran en la Figura 176 obteniéndose un comportamiento similar al observado en las mediciones de CO, ya que el nivel de concentración obtenido normalmente es por lo general de 40 a 60 ppb, mientras que las concentraciones obtenidas durante el día del peatón descienden a menos de 10 ppb durante las horas en las que es restringido el tráfico vehicular. En este caso se dispone información de los años 2011, 2012 y 2013.

Figura 176 - Muestreo de NO₂ en el día del peatón, La Paz

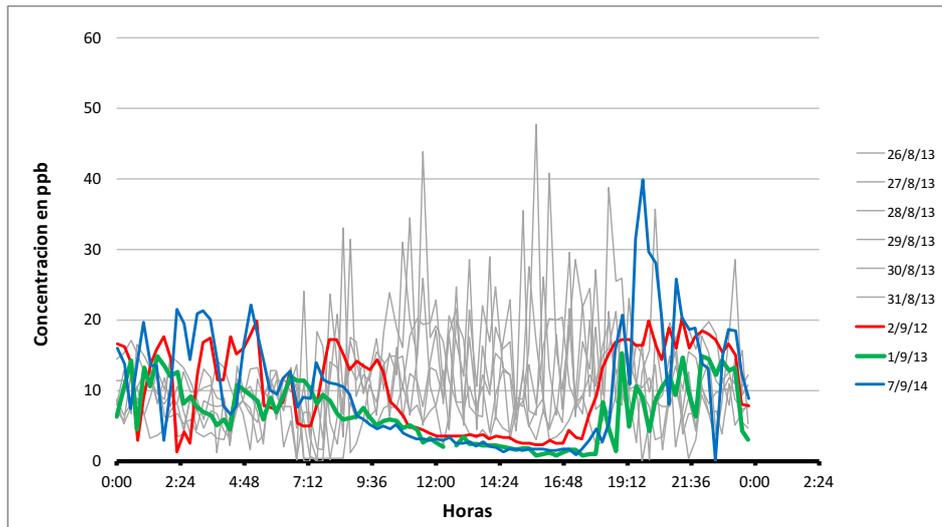


Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz

5.2.2. Cochabamba

La Red MoniCA CB también ha realizado monitoreo de NO₂ durante el día del peatón obteniendo resultados muy similares a los vistos en los monitoreos de la Red MoniCA LP, ya que, como se puede ver en la Figura 177, las mediciones de concentración de NO₂ en la estación de SEMAPA en días regulares reportan valores entre 5 ppb y 25 ppb mientras que durante el día del peatón estas concentraciones se reducen a menos de 5 ppb. La red MoniCA de Cochabamba ha reportado información de los años 2012 a 2014 para esta estación de monitoreo.

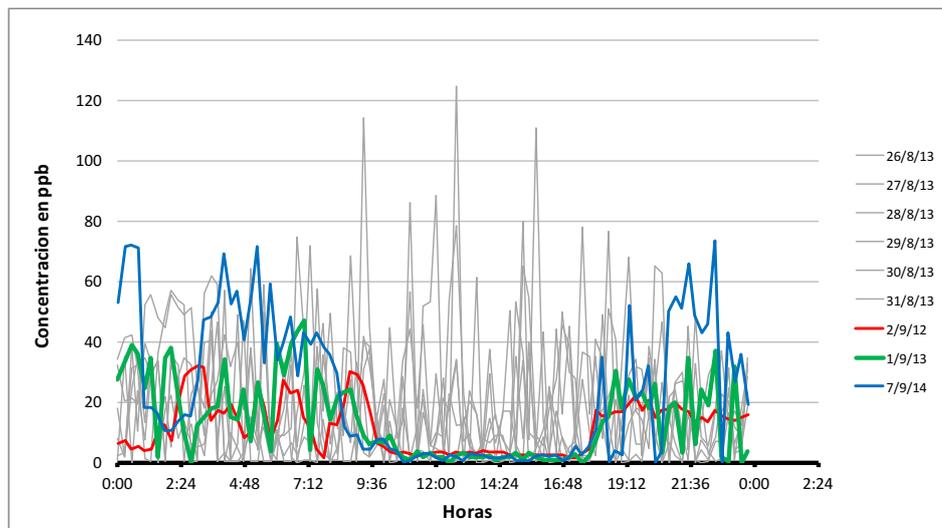
Figura 177 - Muestreo de NO2 en el día del peatón, Cochabamba SE



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

La misma situación se manifiesta en las mediciones de la Figura 178, realizadas en la estación de Parque Kanata de la Red MoniCA CB pero con una diferencia más drástica y marcada entre los valores medidos durante días regulares y las mediciones realizadas durante el día del peatón.

Figura 178 - Muestreo de NO2 en el día del peatón, Cochabamba PK



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba

Indices de contaminación atmosférica (ICA) por ciudades y por contaminante

Los índices de contaminación atmosférica mostrados en este acápite se calcularon de acuerdo a lo establecido en la Norma Boliviana NB 62018:2008 del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad IBNORCA, y en función de los límites máximos permisibles de PM10, NO2 y O3 establecidos en la NB 62011:2008 también de IBNORCA.

6.1. Material Particulado en suspensión PM10

El siguiente grupo de gráficos muestra los índices de contaminación atmosférica calculados en función de los promedios diarios de PM10 disponibles, obtenidas por las estaciones automáticas de monitoreo de las Redes MoniCA existentes durante los años 2014 y 2015.

Como se puede observar, en la mayor parte de las ciudades con información suficiente se presenta un claro comportamiento estacional en el que los índices de calidad del aire son más bajos durante el primer y último trimestre de cada año y más altos durante el segundo y tercer trimestre de cada año. Si bien las tendencias son similares para la mayor parte de las ciudades estudiadas, los niveles relativos varían significativamente.

En la ciudad de Potosí (Figura 179 a))se registraron valores de ICA que durante los meses de enero a abril y de octubre a diciembre están entre 50 y 150 (amarillo y rojo) con calificativos entre regular y malo de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo de bajo a moderado para la salud de la población durante estos meses. De mayo a septiembre se registraron valores de ICA que están generalmente entre 100 y 300 (rojo y café) con picos que llegan hasta 500 (negro ²⁶), con calificativos de malo muy malo y extremadamente malo según la NB 62018 y un riesgo moderado, alto y muy alto para la salud de la población expuesta.

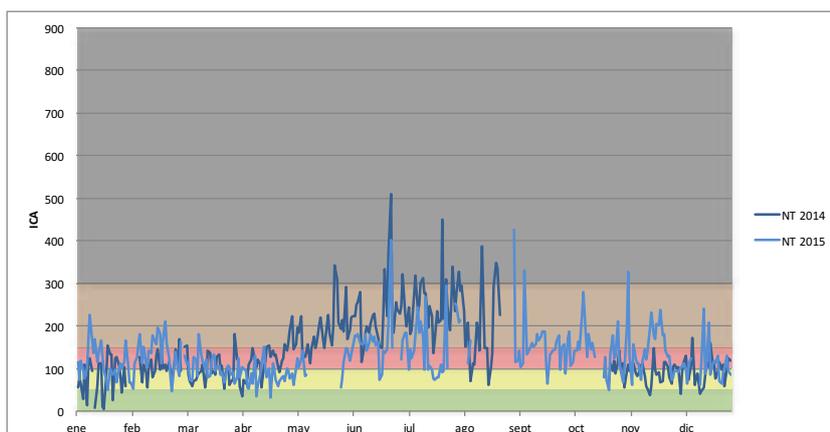
En la ciudad de Sucre (Figura xx, b))se registraron valores de ICA que durante los meses de enero a abril y de agosto a diciembre están entre 30 y 100 (verde y amarillo) con calificativos entre bueno y regular de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo de muy bajo a bajo para la salud de la población durante estos meses. En los meses de mayo a julio se registraron valores de ICA que están generalmente entre 100 y 200 (rojo y café) con un solo pico que llega casi hasta 700 (negro ²⁷), con calificativos de malo muy malo según la NB 62018 y un riesgo moderado y alto para la salud de la población expuesta.

26 Por motivos de impresión el color negro correspondiente a ICAs mayores a 300 se representó en color gris

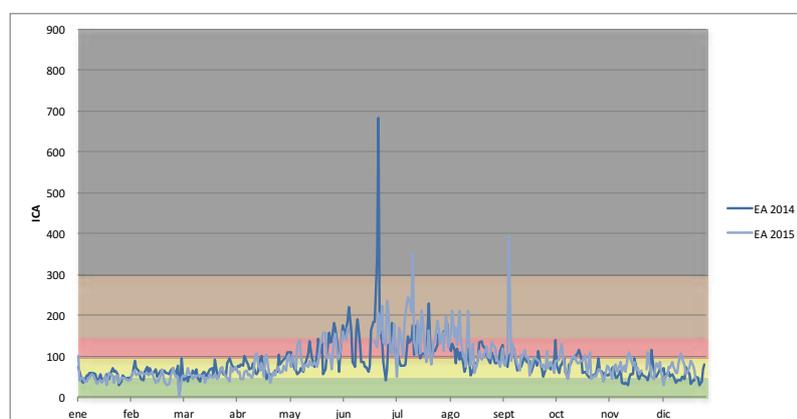
27 Por motivos de impresión el color negro correspondiente a ICAs mayores a 300 se representó en color gris

Figura 179 - Índices de contaminación atmosférica PM10 (diario), Redes MoniCA

a) Potosí PM10



b) Sucre PM10



Fuente: Datos de Red MoniCA Potosí y Red MoniCA Sucre

En la ciudad de Cochabamba (Figura 180, a)) se registraron valores de ICA que durante los meses de enero a marzo y de septiembre a diciembre están entre 50 y 150 (amarillo y rojo) con calificativos entre regular y malo de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo de bajo a moderado para la salud de la población durante estos meses. En los meses de abril a agosto se registraron valores de ICA que están generalmente entre 100 y 300 (rojo y café) con picos que llegan casi hasta 400 (negro²⁸), con calificativos de malo y muy malo según la NB 62018 y un riesgo moderado y alto para la salud de la población expuesta.

En la ciudad de Quillacollo (Figura 180, b)) se dispone una base de datos muy reducida durante los meses de junio a septiembre para los años 2014 y 2015, se registraron generalmente valores de ICA entre 150 y 400 (café y negro²⁹) con calificativos entre muy malo y extremadamente malo de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo de alto a muy alto para la salud de la población durante este periodo de tiempo, con picos que llegan a más de 1100 (negro³⁰).

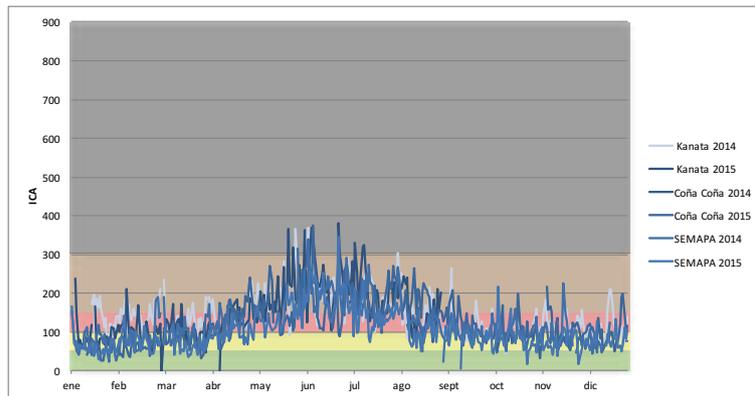
28 Por motivos de impresión el color negro correspondiente a ICAs mayores a 300 se representó en color gris

29 Por motivos de impresión el color negro correspondiente a ICAs mayores a 300 se representó en color gris

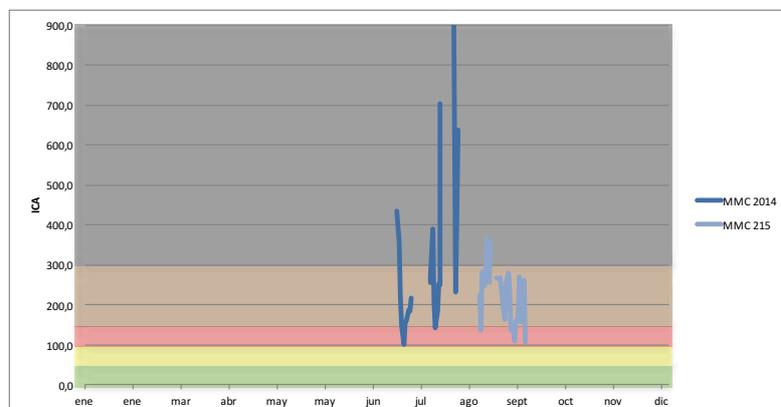
30 Por motivos de impresión el color negro correspondiente a ICAs mayores a 300 se representó en color gris

Figura 180 - Índices de contaminación atmosférica PM10 (diario), Redes MoniCA

a) Cochabamba PM10



b) Quillacollo PM10



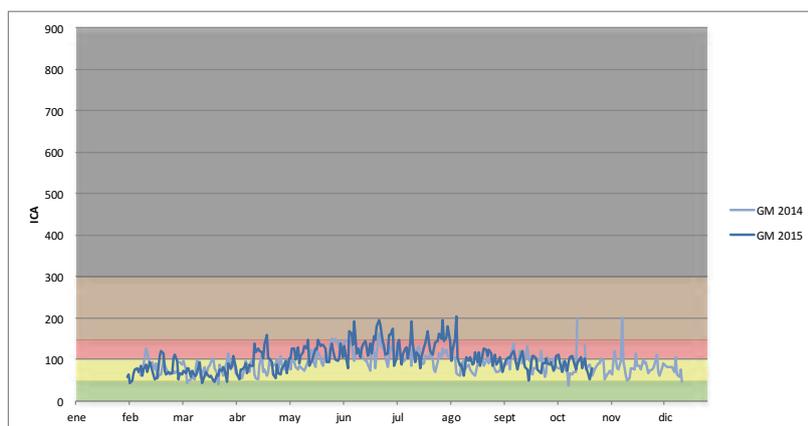
Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba y Red MoniCA Quillacollo

En la ciudad de La Paz (Figura 181, a)) se registraron valores de ICA que durante los meses de enero a abril y de agosto a diciembre están predominantemente entre 50 y 100 (amarillo) con un calificativo de regular, de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo bajo para la salud de la población durante estos meses. En los meses de mayo a julio se registraron valores de ICA que están generalmente entre 100 y 150 (rojo) con un calificativo de malo según la NB 62018 y un riesgo moderado para la salud de la población expuesta, con picos que llegan hasta 200 (café).

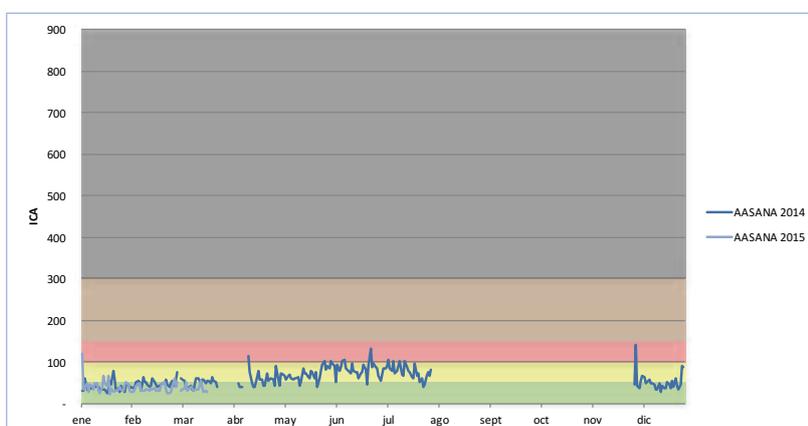
En la ciudad de El Alto (Figura 181 b)) se registraron valores de ICA que durante los meses de enero a marzo y diciembre están predominantemente alrededor de 50 (verde y amarillo) con un calificativo entre bueno y regular de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo muy bajo o bajo para la salud de la población durante este periodo. En los meses de abril a julio se registraron valores de ICA que están generalmente entre 50 y 100 (amarillo) con un calificativo de regular según la NB 62018 y un riesgo bajo para la salud de la población expuesta a estos niveles, con picos que llegan casi hasta 150 (rojo).

Figura 181 - Índices de contaminación atmosférica PM10 (diario), Redes MoniCA

a) La Paz PM10



b) El Alto PM10



Fuente: Datos de Red MoniCA La Paz y Red MoniCA El Alto

En la ciudad de Santa Cruz (Figura 182 a)) los valores son muy dispersos posiblemente a la calidad de los datos; se registraron valores de ICA que están predominantemente entre 50 y 400 (verde, amarillo, rojo café y negro ³¹) con calificativos desde bueno, pasando por regular, malo, muy malo y extremadamente malo de acuerdo a la NB 62018 con un riesgos que van desde bajo hasta muy alto para la salud de la población durante la mayor parte del año, con picos que llegan hasta más de 900 (negro ³²).

En la ciudad de Tarija (Figura 182 b)) se presentan eventos extremos en el mes de marzo; se registraron valores de ICA que durante los meses de enero a mayo están entre 50 y 150 (amarillo y rojo) con calificativos entre regular y malo con un riesgo de bajo a moderado para la salud de la población expuesta a esos niveles durante estos meses según la NB 62018 (no se considera los niveles registrados durante el mes de marzo debido a la posibilidad de haber errores en el procesamiento de esta información). De septiembre a diciembre los niveles de ICA están entre 50 y 300 (amarillo, rojo y café) con calificativos entre regular, malo y muy malo de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo entre bajo a moderado y alto para la salud de la población. En los meses de junio a agosto se registraron valores de ICA que están generalmente entre 100 y 400 (rojo, café

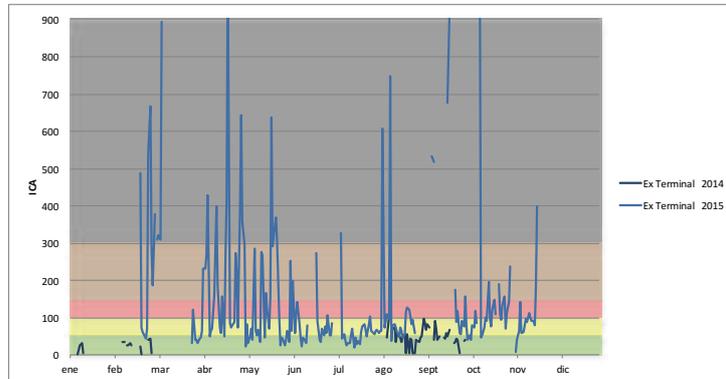
31 Por motivos de impresión el color negro correspondiente a ICAs mayores a 300 se representó en color gris

32 Por motivos de impresión el color negro correspondiente a ICAs mayores a 300 se representó en color gris

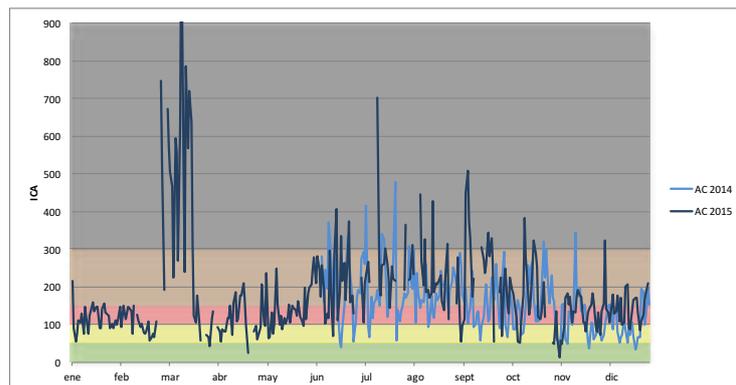
y negro ³³) con calificativos entre malo, muy malo y extremadamente malo de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo de moderado a alto y muy alto para la salud de la población, con picos que llegan hasta 700 (negro ³⁴), con un calificativo de extremadamente malo según la NB 62018 y un riesgo muy alto para la salud de la población expuesta.

Figura 182 - Índices de contaminación atmosférica PM10 (diario), Redes MoniCA

a) Santa Cruz PM10



b) Tarija PM10



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz y Red MoniCA Tarija

6.2. Dióxido de nitrógeno NO2

El siguiente grupo de gráficos muestra los índices de contaminación atmosférica calculados en función de los promedios diarios de NO2 disponibles, obtenidas por las estaciones automáticas de monitoreo de las Redes MoniCA existentes durante los años 2014 y 2015.

En la ciudad de Cochabamba (Figura 183 a)) se registraron valores de ICA que en ambas estaciones de monitoreo y durante las dos gestiones analizadas son siempre menores a 50 (verde) con un calificativo de bueno de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo muy bajo para la salud de la población.

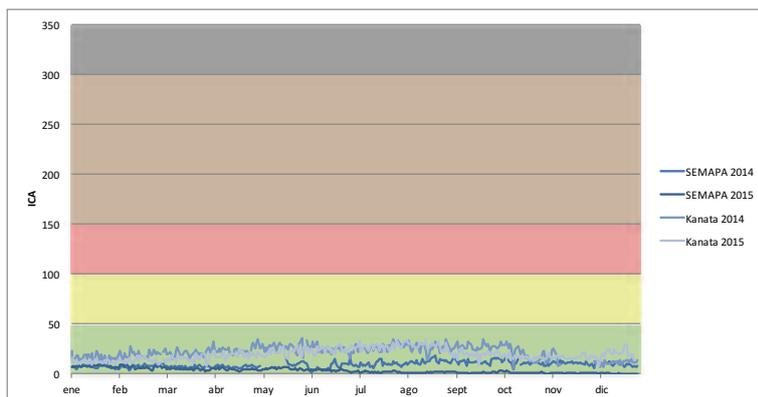
En la ciudad de La Paz (Figura 184 b)) se registraron valores de ICA que durante la gestión 2014 son siempre menores a 50 (verde) con un calificativo de bueno de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo muy bajo para la salud de la población (esta red no remito información de la gestión 2015).

33 Por motivos de impresión el color negro correspondiente a ICAs mayores a 300 se representó en color gris

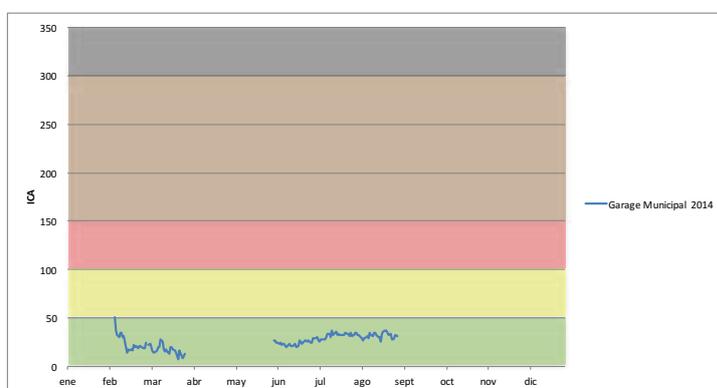
34 Por motivos de impresión el color negro correspondiente a ICAs mayores a 300 se representó en color gris

Figura 183 - Índices de contaminación atmosférica NO2 (diario), Redes MoniCA

a) Cochabamba NO2



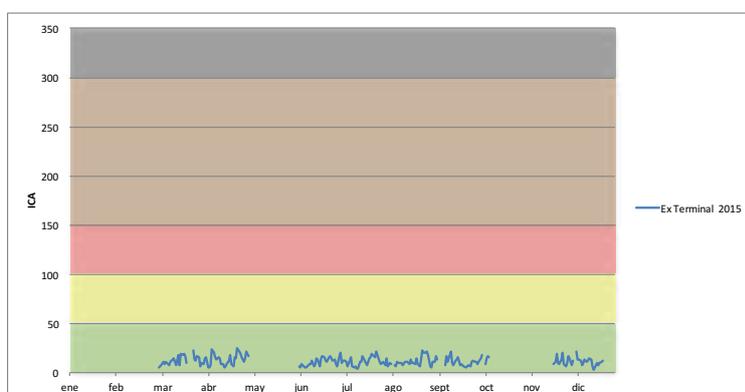
b) La Paz NO2



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba y Red MoniCA La Paz

En la ciudad de Santa Cruz en la Figura 184, se registraron valores de ICA intermitentes y que durante la gestión 2015 son siempre menores a 50 (verde) con un calificativo de bueno de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo muy bajo para la salud de la población (esta red no remito información de la gestión 2014).

Figura 184 - Índices de contaminación atmosférica NO2 (diario), Redes MoniCA Santa Cruz NO2



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

6.3. Ozono superficial O₃

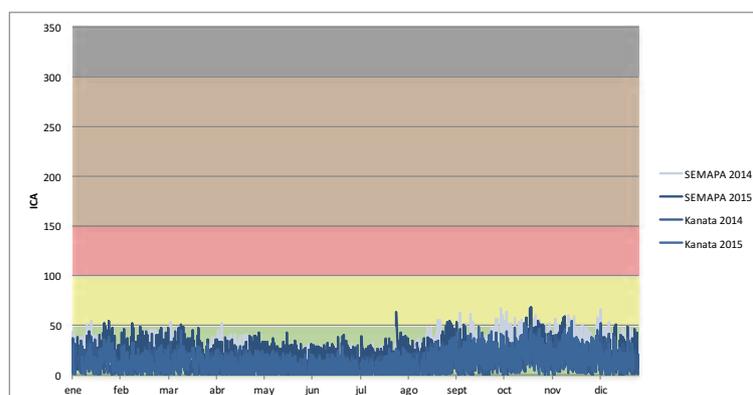
El siguiente grupo de gráficos muestra los índices de contaminación atmosférica calculados en función de los promedios de 8 horas de O₃ disponibles, obtenidas por las estaciones automáticas de monitoreo de las Redes MoniCA existentes durante los años 2014 y 2015.

En la ciudad de Cochabamba (Figura 185 a)) se registraron valores de ICA que en ambas estaciones de monitoreo y durante las dos gestiones analizadas son casi siempre menores a 50 (verde) con un calificativo de bueno de acuerdo a la NB 62018 con un riesgo muy bajo para la salud de la población y picos que llegan hasta 70 (amarillo), con un calificativo de regular según la NB 2018 y un riesgo bajo para la salud de la población expuesta.

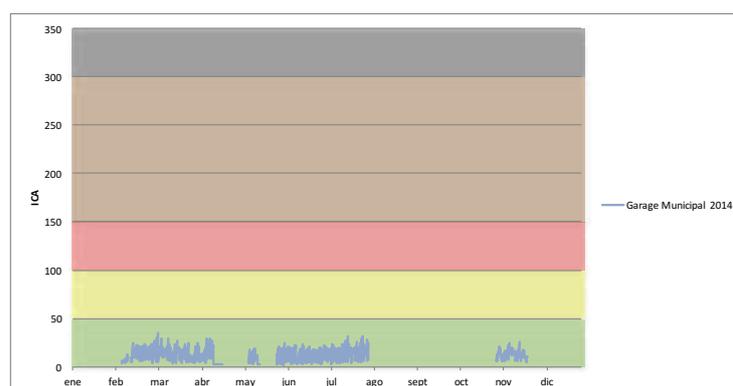
En la ciudad de La Paz (Figura 185, b)) se registraron valores de ICA intermitentes que durante la gestión 2014 son siempre menores a 50 (verde) con un calificativo de bueno de acuerdo a la NB 62018 y un riesgo muy bajo para la salud de la población (esta red no remite información de la gestión 2015).

Figura 185 - Índices de contaminación atmosférica O₃ (8 horas), Redes MoniCA

a) Cochabamba O₃



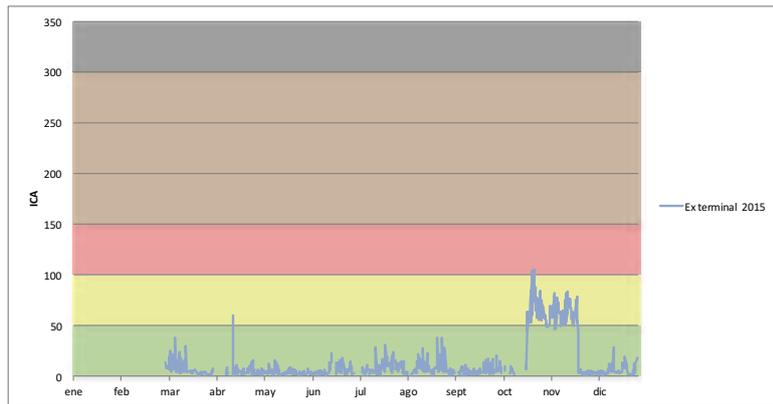
b) La Paz O₃



Fuente: Datos de Red MoniCA Cochabamba y Red MoniCA La Paz

En la ciudad de Santa Cruz (Figura 186) se registraron valores de ICA que durante la gestión 2015 son siempre menores a 50 (verde) con un calificativo de bueno de acuerdo a la NB 62018 (no se considera los niveles registrados durante los meses de octubre y noviembre debido a la posibilidad de haber errores en el procesamiento de esta información) con un riesgo muy bajo para la salud de la población (esta red no remite información de la gestión 2014).

Figura 186 - Índices de contaminación atmosférica O3 (8 horas), Red MoniCA Santa Cruz O3



Fuente: Datos de Red MoniCA Santa Cruz

Análisis de la Continuidad y Calidad del Monitoreo 2014 -2015

7.1. Trinidad

La Red MoniCA de Trinidad inició sus actividades durante el último cuatrimestre de la gestión 2013 con monitoreo de PM10 en dos estaciones de monitoreo activo, NO2 y O3 en seis estaciones de monitoreo pasivo y PM10 en una estación de monitoreo automático, actualmente esta configuración se ha mantenido. La secuencia de información generada los años 2014 y 2015 presenta buena continuidad en las labores de monitoreo de la calidad del aire presentando una frecuencia de dos o tres días para los monitoreos de PM10 con periodos de exposición de 24 horas y una frecuencia que casi siempre es de 7 días para monitoreos de NO2 y O3, con periodos de exposición de 7 u 8 días.

La estación automática de monitoreo continuo de PM10 no registró datos ya que los problemas que se presentaron en la operación del atenuador de rayos beta durante las primeras fases de operación de esta red por causa del exceso de humedad y las altas temperaturas impidieron el normal funcionamiento de este equipo, por lo que no se dispone información generada por el mismo. Sin embargo se ha informado recientemente que los problemas suscitados han sido resueltos a la Red MoniCA TR inició mediciones de PM10 por método automático durante el último bimestre del año 2015.

El laboratorio empleado por la red MoniCA TR fue construido exclusivamente para procesamiento de muestras de calidad de aire y de aguas por lo que presenta condiciones adecuadas de infraestructura para la realización de los correspondientes ensayos.

La información brindada por la red MoniCA TR para la realización del presente trabajo fue remitida dentro de los plazos establecidos en una solicitud efectuada vía correo electrónico, lo cual indica buena disponibilidad de la información generada.

7.2. Sucre

La Red MoniCA de Sucre inició sus actividades durante el último cuatrimestre de la gestión 2013 con monitoreo de PM10 en una estación automática, posteriormente a inicios de la gestión 2014 se generaron capacidades para monitoreo de PM10 en una estación activa y monitoreo pasivo de NO2 y O3 en siete estaciones. Actualmente esta red trabaja con dos estaciones de monitoreo

activo. La secuencia de información generada presenta continuidad regular en las labores de monitoreo de la calidad del aire presentando una frecuencia de dos o tres días para los monitoreos de PM10 con periodos de exposición de 24 horas y una frecuencia de siete días para monitoreos de NO2 y O3, ambas con variaciones esporádicas con periodos de exposición de 7 días.

La estación automática de monitoreo continuo de PM10 no presenta problemas de operación.

El laboratorio empleado por la red MoniCA SU opera en ambientes que pertenecen a la Universidad San Francisco Xavier, los cuales fueron otorgados a través de un convenio interinstitucional entre la mencionada universidad y el GAMS, el mencionado laboratorio cuenta con instalaciones óptimas para la realización de los correspondientes ensayos.

Para todos los parámetros estudiados (PM10, NO2 y O3) existe una notoria diferencia entre el comportamiento de los gráficos obtenidos durante 2014 y los obtenidos durante el 2015, ya que los correspondientes a la gestión 2015 muestran tendencias más claras de comportamiento en función de la época del año y mayor estabilidad, presentándose oscilaciones menos marcadas para mediciones subsecuentes. El origen de esta diferencia en la tendencia y estabilidad de los monitoreos puede atribuirse a las capacitaciones promovidas por Swisscontact para el personal técnico de las Redes MoniCA durante la gestión 2015.

La información brindada por la red MoniCA SU para la realización del presente trabajo fue remitida dentro los plazos establecidos, prácticamente de forma inmediata a la solicitud efectuada, lo cual indica excelente disponibilidad de la información generada.

7.3. Cochabamba

La Red MoniCA de Cochabamba inició sus actividades el año 2001 con monitoreo de PM10 en tres estaciones de monitoreo activo y NO2 y O3 en siete estaciones de monitoreo pasivo, posteriormente inicio con monitoreo automático de CO, SO2 y NO2 para finalmente implementar también monitoreo automático de PM10. Actualmente la Red MoniCA CB solamente cuenta con tres estaciones de Monitoreo automático de gases y de partículas.

La secuencia de información generada automáticamente presenta muy buena continuidad en las labores de monitoreo de la calidad del aire presentando datos cada 15 o 30 minutos según sea el caso. Se presentan pocas discontinuidades en la información durante periodos cortos de tiempo y de forma eventual, mayormente debido a desperfectos con los equipos, mantenimiento y/o reparación de los mismos.

Las tendencias de comportamiento de las concentraciones de los diferentes contaminantes medidos en la Red MoniCA Cochabamba , se encuentran dentro de lo esperado, presentando valores elevados de NO2 y PM10 durante la época seca, así como mayores valores de estos contaminantes en áreas del centro de la ciudad y de mayor tráfico vehicular con un comportamiento inversamente proporcional en las concentraciones de O3.

Al no contar con monitoreos activos y pasivos la red MoniCA CB no requiere de un laboratorio para análisis de muestras pasivas y/o activas.

La información brindada por la red MoniCA CB para la realización del presente trabajo fue remitida dentro los plazos establecidos previo envío de una solicitud en formato físico dirigida al Alcalde Municipal de Cochabamba, lo cual indica buena disponibilidad de la información generada después del cumplimiento de alguna formalidad.

7.4. Quillacollo

La Red MoniCA de Quillacollo inició sus actividades durante el primer bimestre de la gestión 2014 con monitoreo de PM10 en una estación de monitoreo activo, posteriormente a partir de junio de ese mismo año se implementó monitoreo de NO2 y O3 en seis estaciones de monitoreo pasivo y PM10 en una estación de monitoreo automático.

La secuencia de información generada presenta discontinuidades en las labores de monitoreo de la calidad del aire. La estación automática de monitoreo continuo de PM10 presenta datos intermitentes con extendidos periodos de tiempo sin operación debido a problemas técnicos asociados al adecuado funcionamiento del atenuador de rayos beta. En cuanto a los monitoreos de PM10 con tecnología activa se observa menos periodos con ausencia de información, mientras que los monitoreos de NO2 y O3 con tecnología pasiva existen importantes discontinuidades en la información, especialmente debido a factores como ausencia de logística de transporte para exposición y retiro de tubos pasivos o deficiencias en la provisión de reactivos de laboratorio.

Se observa una frecuencia de dos o tres días para los monitoreos de PM10 con periodos de exposición de 24 horas y una frecuencia de 7 días para monitoreos de NO2 y O3 con variaciones de hasta catorce días en este último caso y periodos de exposición también de 7 días.

El laboratorio empleado por la red MoniCA QC fue habilitado en ambientes del Mercado Martín Cárdenas, lugar en el que también se encuentran las oficinas de la Dirección de Medio Ambiente del Gobierno Municipal en este laboratorio se procesan de muestras de calidad de aire y de aguas, se advierte condiciones adecuadas para la realización de los correspondientes ensayos.

Se ha observado una mejora notoria con respecto a solución de errores en los procedimientos de muestreo, análisis, procesamiento de datos y orden en el manejo de la información, con respecto a lo observado en las primeras etapas de operación de la Red MoniCA QC. El origen de esta mejora puede atribuirse a las capacitaciones promovidas por Swisscontact para el personal técnico de las Redes MoniCA durante la gestión 2015.

La información brindada por la red MoniCA QC para la realización del presente trabajo fue remitida dentro los plazos establecidos, prácticamente de forma inmediata a la solicitud efectuada vía correo electrónico, lo cual indica excelente disponibilidad de la información generada.

7.5. Sacaba

La red de monitoreo de calidad del aire en esta ciudad es de formación reciente (segundo semestre del 2015) en cuanto su inclusión en la estructura organizacional del Gobierno Autónomo Municipal de Sacaba y su operación aún está en etapa de planificación, razón por la cual no es posible emitir criterios con respecto a la continuidad y calidad de sus mediciones.

7.6. Tiquipaya

Así como ocurre con la red de monitoreo de la ciudad de Sacaba, la red de monitoreo de calidad del aire Tiquipaya es de formación reciente (segundo semestre del 2015) y dispone de muy poca información obtenida solamente por la estación automática de monitoreo de PM10, razón por la cual no es posible emitir criterios con respecto a la continuidad y calidad de sus mediciones.

7.7. El Alto

La Red MoniCA de El Alto inició sus actividades el año 2001 con monitoreo de PM10 en tres estaciones de monitoreo activo y monitoreo de NO2 y O3 en siete estaciones de monitoreo pasivo, posteriormente inició con monitoreo automático de PM10. Actualmente la Red MoniCA EA cuenta con nueve estaciones de monitoreo pasivo de NO2 y O3, cinco estaciones de monitoreo activo de PM10 y una estación de monitoreo automático con diferentes parámetros.

La secuencia de datos analizada durante las gestiones 2014 y 2015 presenta discontinuidades en la información generada durante varios periodos de tiempo, principalmente debido a motivos de carácter administrativo para adquisición de insumos y consumibles así como la recontractación de personal técnico. Para los monitoreos de PM10 se presenta una frecuencia de dos o tres días con periodos de exposición de 24 horas. En cuanto a los monitoreos de NO2 y O3 se observa periodos de exposición de siete días.

El laboratorio empleado por la red MoniCA EA fue implementado en el edificio donde operan las oficinas de la Dirección de Calidad Ambiental del GAMEA, al no contar con ambientes específicamente diseñados para operación de un laboratorio la red MoniCA EA no cuenta con condiciones óptimas para la realización de los ensayos correspondientes.

Para los datos de PM10 se observa una notoria diferencia entre el comportamiento de los gráficos obtenidos durante 2014 y los obtenidos durante el 2015, ya que los correspondientes a la gestión 2015 muestran tendencias más claras de comportamiento mostrando mayor estabilidad con oscilaciones menos marcadas para mediciones subsecuentes. El origen de esta diferencia en la estabilidad de los monitoreos puede atribuirse a las capacitaciones promovidas por Swisscontact para el personal técnico de las Redes MoniCA durante la gestión 2015.

La información brindada por la red MoniCA EA para la realización del presente trabajo fue remitida con alguna demora con respecto a los plazos establecidos en una solicitud efectuada vía correo electrónico, lo cual indica regular disponibilidad de la información generada.

7.8. La Paz

La Red MoniCA de La Paz inició sus actividades el año 2004 con monitoreo de PM10 en tres estaciones de monitoreo activo y NO2 y O3 en nueve estaciones de monitoreo pasivo, posteriormente inició con monitoreo automático de CO, O3 y NO2 para finalmente implementar también monitoreo automático de PM10. Actualmente la Red MoniCA LP solamente cuenta con diez estaciones de monitoreo pasivo de NO2 y O3, cuatro estaciones de monitoreo activo de PM10 y una estación automática de monitoreo de NO2, CO, O3 y PM10.

La ciudad de La Paz presenta discontinuidades en la información generada durante periodos a veces cortos y a veces prolongados, mayormente debido a desperfectos con los equipos, mantenimiento y/o reparación de los mismos, así como dificultades con la adquisición de reactivos químicos adecuados y cambios de personal técnico. Se observa una frecuencia de 7 días para los monitoreos de PM10 con periodos de exposición de 24 horas y una frecuencia de catorce días para monitoreos de NO2 y O3 con periodos de exposición también de 14 días.

El laboratorio empleado por la red MoniCA LP fue implementado en ambientes del laboratorio municipal, exclusivamente para procesamiento de muestras de calidad de aire y de aguas por lo que presenta condiciones adecuadas para la realización de los correspondientes ensayos.

La información brindada por la red MoniCA LP para la realización del presente trabajo fue remitida con demora previo envío de una solicitud en formato físico dirigida a la Secretaría Municipal de

Gestión Ambiental, por otro lado, para el presente informe, no se recibió información obtenida por tecnología automática durante la gestión 2015, lo cual indica deficiencia en la operación de la estación automática de La Paz. Dado que esta ciudad es un centro urbano importante y de referencia a nivel regional, la operación de la estación automática debe ser asegurada.

7.9. Oruro

La Red MoniCA OR inició sus actividades aproximadamente desde el año 2010, realizando mediciones intermitentes en periodos críticos de contaminación atmosférica, siendo operada en sus inicios por personal de la universidad, para pasar luego a ser operada por el Gobierno Autónomo Municipal de esa ciudad, generándose capacidades para la medición de NO₂ y O₃ mediante tecnología pasiva y para la medición de PM₁₀ mediante tecnología activa y automática.

Durante la gestión 2014 el Gobierno Autónomo Municipal de Oruro ha reportado la existencia de siete estaciones de monitoreo pasivo de NO₂ y de O₃, dos estaciones activas para la medición de PM₁₀ y una estación para monitoreo automático de PM₁₀, sin embargo pese a la reiteradas solicitudes la Red MoniCA OR no ha reportado datos de mediciones que hayan podido realizarse durante las gestiones 2012, 2013 o 2014, para ninguna de las tecnologías mencionadas anteriormente. Tras visitas al laboratorio de esta red se detectó instrumentación tanto de campo como de laboratorio en malas condiciones de funcionamiento.

Actualmente, la Red MoniCA OR se encuentra en un periodo de reestructuración, dispone de muy poca información obtenida solamente por la estación automática de monitoreo de PM₁₀, razón por la cual no es posible emitir criterios específicos actualizados con respecto a la continuidad y calidad de sus mediciones.

7.10. Potosí

La Red MoniCA de Potosí inició sus actividades durante el segundo semestre de la gestión 2013 con monitoreo de PM₁₀ en dos estaciones activas y una estación automática, posteriormente durante el segundo trimestre de la gestión 2014 se generó capacidades para realización de monitoreo pasivo de NO₂ y O₃ en siete estaciones. La secuencia de información generada presenta continuidad regular en las labores de monitoreo de la calidad del aire presentando una frecuencia de 2 hasta 5 días para los monitoreos de PM₁₀ con periodos de exposición de 24 horas y una frecuencia variable entre siete, catorce y veintidós días para monitoreos de NO₂ y O₃, siempre variaciones no regulares y periodos de exposición siempre de 7 días.

La estación automática de monitoreo continuo de PM₁₀ no presenta problemas de operación, excepto por problemas eléctricos que ocasionan el apagado del equipo durante algunas temporadas.

Para los datos de PM₁₀ se observa una notoria diferencia entre el comportamiento de los gráficos obtenidos durante 2014 y los obtenidos durante el 2015, ya que los correspondientes a la gestión 2015 muestran tendencias más claras de comportamiento mostrando mayor estabilidad con oscilaciones menos marcadas para mediciones subsecuentes. El origen de esta diferencia en la estabilidad de los monitoreos puede atribuirse a las capacitaciones promovidas por Swisscontact para el personal técnico de las Redes MoniCA durante la gestión 2015.

El laboratorio empleado por la red MoniCA PO opera en ambientes que pertenecen a la Alcaldía, los cuales fueron otorgados en beneficio de la Red MoniCA, si bien dichos ambientes no fueron construidos o diseñados para esa finalidad, estos se adecuan a las necesidades operativas y se constituyen en ambientes exclusivos y adecuados para la realización de los ensayos de monitoreo de la calidad del aire.

La información brindada por la red MoniCA PO para la realización del presente trabajo fue remitida con demora respecto a los plazos establecidos en la solicitud, lo cual indica una baja disponibilidad de la información generada.

7.11. Santa Cruz de la Sierra

La Red MoniCA de Santa Cruz inició sus actividades el año 2004 con monitoreo de PM10 en cuatro estaciones de monitoreo activo y NO2 y O3 en nueve estaciones de monitoreo pasivo, posteriormente inicio con monitoreo automático de CO, O3 y NO2 para finalmente implementar también monitoreo automático de PM10. Actualmente la Red MoniCA SC opera de forma coordinada entre el Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz (GAMSC) y la Universidad Privada Santa Cruz (UPSA), siendo que la UPSA cumple funciones de operación y mantenimiento de monitoreo con tecnología activa (PM10) y pasiva (NO2 y O3), mientras el GAMSC cumple funciones de operación y mantenimiento de monitoreo con tecnología automática (NO2, O3, CO y PM10).

El monitoreo realizado mediante tecnología automática en la red MoniCA SC presenta una serie temporal de datos con altas discontinuidades, especialmente debido a problemas eléctricos en la estación de monitoreo al presentarse frecuentes cortes del servicio debido a la conexión antigua y en mal estado de los predios de la Ex terminal de buses, así mismo se presentaron problemas técnicos con algunos de los analizadores automáticos por exceso de humedad ambiental lo cual impidió la realización del monitoreo de O3 y CO. El GAMSC ha iniciado durante el segundo semestre de la gestión 2015 un proceso de fortalecimiento de la Red MoniCA a través de la adquisición de equipos de nueva tecnología, así como procesos de mantenimiento asistido de los analizadores automáticos de gases y de partículas con la finalidad de subsanar las deficiencias identificadas.

Por su lado la UPSA ha tenido evidentes dificultades con la provisión de insumos y reactivos químicos para la preparación y análisis de muestras de O3, especialmente en el caso de sustancias controladas como el ácido ortofosfórico, el diclorometano y el ácido acético. También se ha registrado problemas con los impactadores activos para muestreo de PM10 por deterioro de la bomba de aire.

El laboratorio empleado por la red MoniCA SC opera en ambientes de la UPSA por lo que cuenta con condiciones adecuadas para la realización de los correspondientes ensayos.

La información de concentraciones de PM10, NO2 y O3 obtenida mediante tecnología activa, pasiva y automática, brindada por la red MoniCA SC para la realización del presente trabajo fue remitida con bastante demora respecto a los plazos establecidos en la solicitud efectuada vía correo electrónico, lo cual indica altas deficiencias en la disponibilidad de la información generada.

7.12. Tarija

La Red MoniCA de Tarija inició sus actividades a finales del primer trimestre de la gestión 2014 con monitoreo de PM10 en dos estaciones de monitoreo activo, monitoreo de NO2 y O3 en siete estaciones de monitoreo pasivo y PM10 en una estación de monitoreo automático.

La secuencia de información generada presenta discontinuidades en las labores de monitoreo de la calidad del aire y se observa grandes oscilaciones en los valores de concentración obtenidas tanto para tecnología pasiva como para tecnología activa al presentarse valores de concentración relativamente bajos para algunas muestras y muy elevados para otras, lo cual podría indicar algunos problemas durante preparación y/o análisis en laboratorio.

Se observa una frecuencia de un día para los monitoreos de PM10 extendiéndose hasta 17 días en algunos casos con periodos de exposición de 24 horas y una frecuencia de siete a 30 días para monitoreos de NO2 y O3, con periodos exposición en general de 7 días pero también con variaciones en los periodos de exposición hasta más de 20 días

El laboratorio empleado por la red MoniCA TJ fue habilitado en ambientes del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija y fue acondicionado exclusivamente para la realización de ensayos de calidad del aire.

La información brindada por la red MoniCA TJ para la realización del presente trabajo fue remitida dentro los plazos establecidos, con respecto a la solicitud efectuada vía correo electrónico, lo cual indica buena disponibilidad de la información generada solamente para algunos parámetros.

7.13. Comentarios y observaciones generales

Las capacitaciones efectuadas durante la gestión 2015 tanto en muestreo mediante tecnología pasiva como en muestreo mediante tecnología activa y automática, así como capacitaciones en el procesamiento de datos promovidos por Swisscontact, han repercutido de forma positiva en el trabajo realizado por los técnicos de cada ciudad, aunque no en todas ellas se advierte esta mejora de capacidades de forma evidente en los resultados de monitoreo de calidad del aire emitidos.

Prácticamente en todas las redes se han detectado constantes dificultades para realización de las tareas de monitoreo causadas por deficiencias asociadas a temas logísticos, como el transporte para inspección de las estaciones de monitoreo, exposición de tubos pasivos y exposición de filtros para muestreo de material particulado, así como deficiencias en la provisión de repuestos y consumibles de equipos, calibración con trazabilidad, provisión de soporte técnico adecuado para los equipos actualmente empleados, provisión de reactivos químicos e insumos de laboratorio.

Especialmente las redes de calidad del aire implementadas en la parte oriental del país atraviesan grandes dificultades técnicas en cuanto a la operación de sus equipos por causa del exceso de humedad ambiental que se condensa en la líneas neumáticas de muestreo, adicionalmente los frecuentes cortes eléctricos impiden la generación de información estable, influyendo sobre la calibración de los analizadores automáticos, deteriorando significativamente estos equipos, así como muchos de sus componentes. Estos factores repercuten directamente sobre la calidad de la información que se genera en las diferentes ciudades que cuentan con redes de monitoreo de la calidad del aire.

Finalmente, la Tabla 33, muestra el porcentaje de datos obtenidos en cada Red MoniCA por año, por parámetro y por tecnología, sobre el total de datos posible de obtener en cada caso. El cálculo del total de datos posibles de obtener de obtuvo considerando de forma diferenciada la frecuencia de muestreo empleada en cada una de las redes para cada parámetro y la tecnología empleada para su determinación, sin evaluar la calidad de los mencionados datos.

Se observa tres categorías diferenciadas por el color de las casillas:

- En color rojo, el porcentaje de datos obtenidos esta entre 0 y 39
- En color blanco, el porcentaje de datos obtenidos esta entre 40 y 69
- En color verde, el porcentaje de los datos obtenidos esta entre 70 y 100

Un alto porcentaje de obtención de datos puede ser un indicador de un trabajo sostenido de monitoreo de la calidad del aire, con acciones rápidas para la corrección de errores, reparación fallas en los equipos o agilidad para gestionar soluciones causadas por deficiencias en el área

técnica o administrativa, etc. Por el contrario un bajo porcentaje de obtención de datos puede ser un indicador de diversos problemas, como ausencia de recursos técnicos para mantenimiento de las actividades, fallas en equipos de campo o de laboratorio, cambios de personal técnico, problemas logísticos para operación de las redes, pobre capacidad de respuesta ante desperfectos o deficiencias, etc.

La comparativa de estos porcentajes entre diferentes años para una misma red de monitoreo también puede utilizarse como un indicador de implementación de mejoras o de presencia de factores perjudiciales para las actividades de monitoreo de la calidad del aire.

Así mismo la Tabla 33 nos permite determinar que redes cuentan con mejores condiciones generales para su operación o que redes pueden estar atravesando problemas operativos, que tecnología es la que se emplea con mayor efectividad o por el contrario en que áreas se requiere de la implementación de programas de apoyo, reforzamiento o capacitación.

Tabla 33 - Porcentaje de datos obtenidos por año, por parámetro y por tecnología

Red MoniCA	Año	NO2 O3 - PV	PM10 - AC	PM10 - AT	NO - AT	O3 - AT
Trinidad	2014	75	93	---	---	---
	2015	58	88	---	---	---
Sucre	2014	51	93	100	---	---
	2015	63	80	94	---	---
Cochabamba	2014	---	---	43	98	92
	2015	---	---	95	100	88
Quillcollo	2014	81	63	6	---	---
	2015	69	98	7	---	---
El Alto	2014	80	71	62	---	---
	2015	88	93	21	---	---
La Paz	2014	63	100	85	39	46
	2015	66	100	74	0	0
Oruro	2014	---	---	---	---	---
	2015	---	---	43	---	---
Potosi	2014	44	51	81	---	---
	2015	39	63	84	---	---
Santa Cruz	2014	42	49	18	0	0
	2015	53	48	61	59	74
Tarija	2014	24	61	57	---	---
	2015	7	20	91	---	---

Fuente: Datos de Redes MoniCA

Capítulo 8

Conclusiones

En el presente trabajo, durante el análisis de la información obtenida, se ha ratificado contundentemente todos los hallazgos encontrados durante el “Informe Nacional de la calidad del aire de Bolivia 2012-2014”, siendo que se observaron similares tendencias de comportamiento en la concentración de los contaminantes considerados especialmente para las redes de calidad del aire más antiguas. Por otro lado, también se ha observado notoriamente el efecto positivo de los programas de capacitación, actualización y seguimiento al trabajo realizado por los técnicos de cada una de las redes, manifestándose la relevancia de estas actividades, que se constituyen en una importante herramienta para la detección y solución de problemas, errores, deficiencias, fortalezas, avances y capacidades desarrolladas en cada laboratorio.

A través de la Red MoniCA Bolivia y las mediciones realizadas en quince Municipios capitales y secundarios de los nueve departamentos de Bolivia se puede observar que se presentan niveles de contaminación diversos, según la ciudad y según las estaciones de monitoreo en cada una de ellas.

De acuerdo a los datos recolectados desde la Red MoniCA Bolivia (todos los municipios que cuentan con una red de monitoreo) los niveles de contaminación más críticos con respecto a los límites máximos permitidos son registrados para PM₁₀, siendo que las concentraciones de este contaminante superan frecuentemente, en muchas de las estaciones de monitoreo, los mencionados límites tanto en periodos de exposición aguda (evaluaciones de 24 horas) como en periodos de exposición crónica (evaluaciones anuales). Así mismo se observa que si bien los límites máximos permitidos son superados frecuentemente en periodos de exposición aguda, los valores registrados en periodos de exposición crónica son más críticos y por lo tanto de mayor riesgo para la población, en general en periodos de tiempo extendidos.

De acuerdo a los datos recolectados desde la Red MoniCA Bolivia (todos los municipios que cuentan con una red de monitoreo) los niveles de concentraciones de NO₂ son moderadas siendo que en periodos de exposición agudos (evaluaciones de 1 hora y 24 horas) los límites máximos permitidos no son superados en ninguna de las estaciones de monitoreo en ninguna ocasión. Por otro lado en periodos crónicos de exposición (evaluaciones anuales), los límites máximos permitidos son superados en algunas de las estaciones de monitoreo de NO₂, especialmente en las ciudades de Quillacollo, El Alto, La Paz, Potosí, Santa Cruz y Tarija.

En el caso de O₃ los datos recolectados desde la Red MoniCA Bolivia (todos los municipios que cuentan con una red de monitoreo) los niveles de concentraciones de este contaminante son aún más bajos sienten que así como se describió para los periodos de exposición aguda de NO₂, las exposiciones agudas de O₃ (evaluaciones de 8 horas) los límites máximos permitidos no son superados en ninguna de las estaciones de monitoreo en ninguna ocasión. Sin embargo se observa que en periodos crónicos de exposición (evaluaciones anuales) los límites máximos permitidos son superados solamente en una estación de la ciudad de Potosí.

El cálculo de los índices de calidad del aire calculados en función de las concentraciones de PM₁₀ (ICAPM₁₀) para periodos de exposición agudos (24 hr) durante las gestiones 2014 y 2015, reporta en general valores más elevados durante los meses de invierno (mayo a agosto) para todas las ciudades, en esta temporada se registran ICAPM₁₀ superiores a 300 (calidad del aire extremadamente mala, riesgo muy alto) en diversas ocasiones en las ciudades de Potosí, Cochabamba, Quillacollo y Tarija (en Sucre se registra un valor de ICAPM₁₀ superior a 300 en una sola ocasión), en estas ciudades el resto del año se registren ICAPM₁₀ que oscilan entre 50 y 200 (calidad del aire regular a muy malo, riesgo bajo a alto). Mientras que en las ciudades de La Paz, El Alto y Santa Cruz la mayor parte de los valores de ICAPM₁₀ están entre 50 y 150 (calidad del aire regular a malo, riesgo bajo a moderado).

El cálculo de los índices de calidad del aire obtenidos en función de las concentraciones de NO₂ (ICANO₂) para periodos de exposición agudos (24 hr) durante las gestiones 2014 y 2015, reportan valores que en las ciudades de Cochabamba y La Paz siempre están por debajo de 50 (calidad del aire buena, riesgo muy bajo), el resto de las ciudades no dispone de analizadores automáticos de NO₂, por lo que no es posible realizar el cálculo de ICANO₂ para periodos de exposición aguda.

El cálculo de los índices de calidad del aire obtenidos en función de las concentraciones de O₃ (ICAO₃) para periodos de exposición agudos (8 hr) durante las gestiones 2014 y 2015, reportan valores que en las ciudades de Cochabamba y La Paz también están casi siempre por debajo de 50 (calidad del aire buena, riesgo muy bajo), el resto de las ciudades no dispone de analizadores automáticos de O₃, por lo que no es posible realizar el cálculo de ICAO₃ para periodos de exposición aguda.

En función de los ICAs calculados se pueden esperar riesgos muy altos para la salud de la población de algunas ciudades durante la época de invierno. Las recomendaciones sugeridas en la NB 62018:2008 son: evitar ambientes abiertos, bajo riesgo de sufrir efectos adversos a sobre la salud en la población, en particular los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma, hasta efectos sobre la salud de la población en general con complicaciones graves en los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma. El resto del año se estima riesgo bajo o moderado en la mayoría de las ciudades, debiendo asumir medidas preventivas solamente el grupo de población más sensible.

En cuanto los episodios importantes relacionados a la contaminación atmosférica casi todas las ciudades reportan niveles elevados de concentración de PM₁₀ durante la festividad de San Juan, obtenidos tanto por tecnología activa como por tecnología automática, las ciudades que cuentan con redes de monitoreo de la calidad del aire antiguas (Cochabamba, El Alto, La Paz y Santa Cruz) han trabajado insistentemente en campañas de educación y sensibilización para reducir los niveles de concentración de PM₁₀ durante esta festividad, obteniendo en ciertos casos resultados positivos notables en periodos de mediano plazo.

Por otro lado se observa logros importantes plasmados en los reportes de concentración de NO₂ y CO realizados en las ciudades de Cochabamba y La Paz durante el día del peatón demostrándose que las concentraciones de los dos contaminantes mencionados prácticamente se reducen a cero durante las horas en las que se restringe la circulación de vehículos automotores.

De acuerdo a las campañas de medición de contaminantes realizadas en los municipios que no cuentan con Red MoniCA, se encontró los mayores niveles de PM10 y NO2 en las ciudades de Sacaba y Montero y los mayores niveles de O3 en las ciudades de Achocalla y Montero.

En cuanto al desarrollo y continuidad de actividades de monitoreo de contaminantes, ensayos de laboratorio y análisis de muestras en la Red MoniCA Bolivia, se advierte discontinuidades en el trabajo de todas las redes por dificultades en la disponibilidad de transporte para inspección de las estaciones de monitoreo, exposición y retiro de tubos pasivos y filtros de tecnología activa, también se advierten serias deficiencias en la provisión de repuestos y consumibles de equipos, calibración con trazabilidad, provisión de soporte técnico adecuado, provisión de reactivos químicos (especialmente sustancias controladas), insumos de laboratorio y factores medio ambientales como el exceso de humedad. En el caso de redes antiguas también se observaron conflictos que radican especialmente en el cambio o rotación de personal.

El estudio de la información remitida por cada una de las redes de monitoreo pone de manifiesto que no necesariamente en todas las redes se están cumpliendo los protocolos de procesamiento de información, ni se están adoptando las metodologías implementadas durante los programas de capacitación, lo cual repercute significativamente en la calidad de sus resultados.

Por otro lado también se ha advertido en varias redes de monitoreo que los problemas identificadas durante las gestiones 2013 y 2014 asociados a dificultades en la operación de algún instrumental de laboratorio, falta experiencia en manipulación de muestras, procesamiento de datos, planificación y organización de campañas de monitoreo, etc., se ha ido subsanando a medida que los técnicos nuevos se familiarizaron con el trabajo en general y adoptaron y cumplieron con los sistemas otorgados durante las capacitaciones recibidas.

Se observa en general condiciones adecuadas o por lo menos suficientes de infraestructura tanto en instalaciones de campo como en instalaciones de los laboratorios en cada una de las redes de monitoreo. Salvo en casos como el de las redes de Santa Cruz y Potosí que sufren constantes cortes eléctricos en sus estaciones automáticos de monitoreo.

Se advierte ausencia de equipamiento que permita a los municipios realizar gestiones de control interno o local de los resultados, lo cual dificulta o impide realizar acciones de mejora continua y detección de errores en los procedimientos de muestreo y estado de los reactivos, insumos o equipos en los métodos de análisis automático, activo y pasivo.

Debido a que varias ciudades del país ya tienen bastante avance en la temática de gestión de

Recomendaciones

la calidad del aire, se insiste en plantear objetivos más ambiciosos y de mayor alcance, con visión más integral asociada a un enfoque global de la problemática de la calidad del aire, como la determinación de los niveles de contaminación atmosférica a los que se halla expuesta la población, el establecimiento a mediano plazo de criterios científicos que respalden acciones de reducción de la contaminación, generación de políticas nacionales para el control y la reducción de la contaminación del aire, determinación de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población, la evaluación de la efectividad de futuras medidas contra la generación y el control de la contaminación atmosférica, mantener informada a la población, generar sistemas de alerta por contaminación atmosférica, etc.

En cuanto a la operación de las redes de calidad del aire en las ciudades de Bolivia se recomienda establecer y mantener programas de capacitación y actualización, en el empleo de tecnología y métodos de evaluación de la calidad del aire para personal técnico y capacitación en sistemas de gestión para tomadores de decisiones, complementando la medición de concentración de contaminantes con actividades dirigidas a disminuir la concentración de los contaminantes a través de campañas de educación y sensibilización, respaldadas en estudios de procedencia y generación de estos contaminantes (inventarios de emisiones), además de su comportamiento en la atmósfera (dinámica y movimiento de masas de aire), mejorando con todo esto, la calidad de vida de la población en general.

Con respecto a los valores de los límites máximos permitidos en el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (1995) de la Ley de Medio Ambiente 1333 y los límites máximos permisibles sugeridos por la Norma Boliviana NB 62011:2008 del Instituto Nacional de Normalización y Calidad (concordantes con los valores guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud), se encuentran diferencias dramáticas en los valores de concentración considerados como seguros para la salud de la población. Dada la antigüedad de los valores establecidos en la Ley 1333 y en vista de los avances e investigaciones sobre los potenciales efectos sobre la salud por exposición a los diferentes contaminantes atmosféricos, se recomienda gestionar la revisión y actualización de los valores establecidos en el Anexo 1 del reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica así como algunos conceptos fundamentales del cuerpo del mencionado reglamento.

En cuanto a los límites máximos permisibles establecidos por la NB 62011:2008 y la metodología de cálculo de los índices de contaminación atmosférica establecida en la NB 62018:2011, se

recomienda promover la revisión y complementación de las dos normas anteriormente mencionadas, ya que las tecnologías comúnmente empleadas en las redes MoniCA para determinación de concentraciones especialmente de NO₂ y O₃, no son compatibles con los periodos de evaluación de niveles de contaminación atmosférica planteados en estas dos normas, causando confusión, incertidumbre o imposibilidad de efectuar los cálculos para reportes de ICA.

Se recomienda gestionar programas continuos de seguimiento, fiscalización y control de calidad de resultados en todas las tecnologías, implementando también sistemas paralelos de monitoreo que dependan en menor grado de procesos manuales, en este contexto la utilización de equipos de monitoreo automático se constituye en una herramienta muy útil al brindar datos de mejor resolución temporal, mayor precisión, mayor exactitud, mayor confiabilidad, disponibilidad inmediata y mediciones referencia. Esta información puede ser utilizada ampliamente para realizar controles internos de la calidad de los resultados al compararlos con los resultados obtenidos a través de otros métodos de monitoreo y así detectar fuentes de generación de errores durante el procesamiento y análisis manual de muestras en los laboratorios.

Con respecto a las fuertes dificultades de carácter logístico que se han identificado en prácticamente todas las redes de monitoreo, en especial el transporte para las actividades de inspección de estaciones de monitoreo, exposición y retiro de tubos y filtros de partículas, se recomienda gestionar ante los diferentes gobiernos municipales la posibilidad de poner a disposición de las correspondientes unidades encargadas de la operación de las Redes MoniCA transporte garantizado y permanente que facilite a los técnicos el cumplimiento de sus labores correspondientes.

En consideración de poder obtener información totalmente garantizada a partir de las mediciones de calidad del aire efectuadas por la Red MoniCA Bolivia, ajustada y regida por parámetros internacionales de confiabilidad, se recomienda gestionar capacidades para que una institución idónea pueda realizar oficialmente a nivel nacional calibraciones con trazabilidad en los instrumentos empleados por Red MoniCA Bolivia y pueda garantizar la calidad de los procesos de análisis de laboratorio efectuados para la determinación de los niveles de concentración de contaminantes, mediante acreditación bajo normas internacionales como la ISO 17025 en la que se establecen los requisitos generales relativos a la competencia técnica que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración.

Finalmente en vista de que todas las acciones asociadas a la gestión de la calidad del aire tienen como finalidad precautelar la salud de la población, es imprescindible la realización de estudios amplios y prolongados de efectos sobre la salud para lo cual se debería contar con la participación activa y comprometida de Ministerio de Salud.

Capítulo 10

Bibliografía

- Ley 1333 de Medio Ambiente, 1992
- Reglamento en materia de contaminación atmosférica de la Ley de Medio Ambiente N° 1333, 1995
- Introducción al monitoreo atmosférico, Martines & Romieu, 1997
- Norma Boliviana NB 62011:2008 Calidad del aire - Contaminantes criterio exterior - Límites máximos permisibles
- Norma Boliviana NB 62012:2008 Calidad del aire - Determinación de dióxido de nitrógeno - Muestreo pasivo - Método espectrofotométrico visible
- Norma Boliviana NB 62013:2008 Calidad de aire - Determinación de ozono troposférico - Muestreo pasivo - Método espectrofotométrico visible
- Norma Boliviana NB 62014:2008 Calidad del aire - Determinación de material particulado en suspensión con un diámetro aerodinámico equivalente menor a 10 micrómetros (PM10) - Muestreo activo - Método gravimétrico
- Norma Boliviana NB 62015:2008 Calidad del aire - Determinación de monóxido de carbono - Muestreo activo - Método espectrofotométrico no dispersivo en el rango infrarrojo
- Norma Boliviana NB 62016:2008 Calidad del aire - Determinación de dióxido de nitrógeno - Muestreo activo - Método de quimioluminiscencia
- Norma Boliviana NB 62017:2008 Calidad del aire - Determinación de ozono troposférico - Muestreo activo - Método fotométrico ultravioleta
- Norma Boliviana NB 62018:2008 Calidad del aire - Índice de la contaminación atmosférica
- Informe Nacional de la calidad del aire Bolivia 2008 2009
- Informe Nacional de la calidad del aire Bolivia 2009 2010
- Informe Nacional de la calidad del aire Bolivia 2010 2011
- Informe Nacional de la calidad del aire Bolivia 2012 2014

- Diseño, implementación y operación de redes de monitoreo de calidad del aire para ciudades de Bolivia, 2012
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
- Instituto Nacional de Estadística INE
- Bases de datos y reportes de calidad del aire de la Red MoniCA Bolivia (Cochabamba, El Alto, La Paz, Oruro, Potosí, Quillacollo, Santa Cruz, Sucre, Tarija, Trinidad, Sacaba y Tiquipaya)

Con el apoyo de:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza
en Bolivia

Ejecutado por:



swisscontact

Proyecto Aire Limpio