



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero Ambiental**

*“Monitoreo y Análisis de la Calidad del Aire en la Vía
CUENCA – SAYAUSÍ - EL CAJAS”*

AUTOR:

JUAN GABRIEL CORRAL CORRAL

TUTOR:

ING. RUBÉN JERVES COBO

CUENCA, 2017

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Juan Gabriel Corral Corral** con cédula de identidad N° **0103916045**, autor del trabajo de titulación: “Monitoreo y Análisis de la Calidad del Aire en la Vía CUENCA - SAYAUSÍ - EL CAJAS”, certifico que el contenido total de este Trabajo Experimental es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.



.....

Juan Gabriel Corral Corral

C.I. 0103916045

Cuenca, Enero del 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Juan Gabriel Corral Corral con cédula de identidad N° 0103916045, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: “Monitoreo y Análisis de la Calidad del Aire en la Vía CUENCA – SAYAUSÍ - EL CAJAS”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Juan Gabriel Corral Corral
C.I. 0103916045
Cuenca, Enero del 2017

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Monitoreo y Análisis de la Calidad del Aire en la Vía CUENCA – SAYAUSÍ - EL CAJAS”, realizado por **Juan Gabriel Corral Corral**, obteniendo el Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como Ingeniero Ambiental.



.....

Ing. Rubén Jerves Cobo
C.I. 0102017027
Cuenca, Enero del 2017

RESUMEN

El presente trabajo busca analizar los índices de calidad de aire en la Vía Cuenca-Sayausí-El Cajas, pues en los últimos años ha existido un aumento en el tránsito vehicular de dicho sector, generando una problemática de alto riesgo al atravesar la vía en mención Parque Nacional El Cajas, el cual es la principal fuente de recursos hídricos de la ciudad de Cuenca. El proyecto analiza la información de calidad de aire obtenida por parte de la Empresa Pública Municipal de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca EMOV EP, misma que ha sido comparada con los indicadores establecidos por la Normativa Ambiental Nacional para determinar patrones y tendencias de contaminación en dicha zona. El trabajo abarca dentro de su marco teórico, normativa y conceptos claves sobre contaminación ambiental y sus efectos.

Palabras claves: Calidad de aire, límites permisibles, emisiones atmosféricas.

ABSTRACT

This project assesses the air quality on the road “Cuenca-Sayausí-El Cajas”, since in the last decade has been an increase in the vehicular circulation, producing a possible affection to the “Cajas National Park”, which is the main source of drinking water of Cuenca City. The project analyzes the air quality information obtained by the Municipal Public Transit, Transport and Mobility Company EMOV EP. The information was compared with the thresholds established by the National Environmental Regulations, in order to determine pollution patterns and trends in this area. It includes theoretical framework, regulations and key concepts on environmental pollution and its effects.

Key words: Air quality, permissible limits, atmospheric emissions.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CALIDAD AMBIENTAL

GRUPO DE INVESTIGACIÓN:
BIOTECNOLOGÍA-AMBIENTE

TIPO DE INVESTIGACIÓN:
APLICADA

DURACIÓN DEL PROYECTO:
400 HORAS

INFORMACIÓN DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL-ESTUDIANTE:

Nombres:	Juan Gabriel	Apellidos:	Corral Corral
Dirección:	Av. 10 de Agosto y Av. Loja, Urb. Colinas del Arco		
Nacionalidad: Ecuatoriana	C.I: 0103916045	Fecha de Nacimiento: 16/12/1983	
Teléfono:	0998167867	Email:	jgcorralc@gmail.com

INDICE GENERAL

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	III
CERTIFICACIÓN	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ORIGEN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. DELIMITACION.....	5
1.3. HIPÓTESIS	6
1.4. OBJETIVOS.....	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	6
1.5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
1.5.1. Contaminación Ambiental	7
1.5.2. Contaminación del Aire	9
1.5.3. Métodos de Medición de Contaminantes Atmosféricos	17
1.5.4. Estándares de Calidad de Aire y Normativa	18
1.2.7. Transporte y dispersión de los contaminantes en el aire.....	22
1.2.8. Gestión y manejo de áreas protegidas	24

2.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.2.	DISEÑO	25
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	26
2.4.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	26
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1.	OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN	27
3.2.	PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN	27
3.2.1.	OZONO (O ₃).....	28
3.2.2.	DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂)	38
3.2.3.	DIOXIDO DE AZUFRE (SO ₂).....	47
3.2.4.	MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE (PM).....	57
3.3.	ANÁLISIS DE METERELOGIA EN EL AÑO 2015 EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	68
3.4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	83
3.4.1.	Ozono (O ₃)	83
3.4.2.	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂).....	88
3.4.3.	Dióxido de Azufre (SO ₂).....	92
3.4.4.	Material Particulado (PM).....	97
3.4.5.	Análisis Meteorológico	101
4.	CONCLUSIONES	106
5.	RECOMENDACIONES	108
6.	BIBLIOGRAFÍA	109
7.	ANEXOS	113

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Detalle de localización de los puntos de monitoreo de calidad de aire en Cuenca.....	13
Tabla N° 5 Valores registrados de Ozono durante los años 2011 - 2015	28
Tabla N° 6: Comparación Valores de Índices de Calidad de Aire con Normativa Vigente-Ozono	87
Tabla N° 7: Comparación Valores de Índices de Calidad de Aire con Normativa Vigente-NO2.....	92
Tabla N° 8: Comparación Valores de Índices de Calidad de Aire con Normativa Vigente-SO2 1	96
Tabla N° 9: Comparación Valores de Índices de Calidad de Aire con Normativa Vigente-PM 1.....	101

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración N° 1: Ubicación geográfica de estaciones de monitoreo	5
Ilustración N° 2: Puntos de monitoreo Calidad de Aire en Cuenca.....	12

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Variación anual de emisiones de Ozono en El Cajas	28
Gráfico N° 2: Concentración Ozono Estación: Tres cruces	29
Gráfico N° 3: Concentración Ozono Estación: Toreadora.....	29
Gráfico N° 4: Concentración Ozono Estación: Quinoas.....	29
Gráfico N° 5: Concentración Ozono Estación: Llaviuco.....	30
Gráfico N° 6: Concentración Ozono Estación: Burines	30
Gráfico N° 7: Concentración Ozono Estación: Mazán	30
Gráfico N° 8: Comparación de los valores promedios por año Ozono	32
Gráfico N° 9: Concentración Ozono 2011-2015.....	32

Gráfico N° 10: Valores promedio mensuales de Ozono en el CAJAS	33
Gráfico N° 11: Variaciones Mensuales Ozono año 2011	34
Gráfico N° 12: Variaciones Mensuales Ozono año 2012	34
Gráfico N° 13: Variaciones Mensuales Ozono año 2013	35
Gráfico N° 14: Variaciones Mensuales Ozono año 2014	35
Gráfico N° 15: Variaciones Mensuales Ozono año 2015	35
Gráfico N° 16: Variación Mensual Ozono	36
Gráfico N° 17: Variación mensual ozono promedio 2011-2015	36
Gráfico N° 18: Variación mensual Ozono año 2013 Estación Burines	37
Gráfico N° 19: NO2: Valores durante los años 2011 al 2015.....	38
Gráfico N° 20: Variación anual de emisiones de NO2 en El Cajas.....	38
Gráfico N° 21: Concentración NO2 Estación: Tres cruces.....	39
Gráfico N° 22: Concentración NO2 Estación: Toreadora	39
Gráfico N° 23: Concentración NO2 Estación: Quinoas.....	39
Gráfico N° 24: Concentración NO2 Estación: Llaviuco.....	40
Gráfico N° 25: Concentración NO2 Estación: Burines	40
Gráfico N° 26: Concentración NO2 Estación: Mazán	40
Gráfico N° 27: Comparación de los valores promedios por año NO2	42
Gráfico N° 28: Concentración NO2 2011-2015	42
Gráfico N° 29: Valores promedio mensuales de NO2 en el CAJAS	43
Gráfico N° 30: Valores máximos y mínimos de NO2 registrados De 2011-2015.....	43
Gráfico N° 31: Variaciones Mensuales NO2 año 2011	44
Gráfico N° 32: Variaciones Mensuales NO2 año 2012	44
Gráfico N° 33: Variaciones Mensuales NO2 año 2013	44
Gráfico N° 34: Variaciones Mensuales NO2 año 2014	45
Gráfico N° 35: Variaciones Mensuales NO2 año 2015	45
Gráfico N° 36: Variación mensual NO2	45
Gráfico N° 37: Variación mensual NO2 promedio 2011-2015	46
Gráfico N° 38: Variación mensual NO2 año 2014 Estación Burines	47
Gráfico N° 39: Valores SO2 durante los años 2011 al 2015	47

Gráfico N° 40: Variación anual de emisiones de SO ₂ en El Cajas.....	48
Gráfico N° 41: Concentración SO ₂ Tres Cruces	48
Gráfico N° 42: Concentración SO ₂ Toreadora	49
Gráfico N° 43: Concentración SO ₂ Quinoas	49
Gráfico N° 44: Concentración SO ₂ Llaviuco	49
Gráfico N° 45: Concentración SO ₂ Burines	50
Gráfico N° 46: Concentración SO ₂ Mazán	50
Gráfico N° 47: Comparación de los valores promedios por año SO ₂	51
Gráfico N° 48: Concentración SO ₂ 2011-2015	52
Gráfico N° 49: Valores promedio mensuales de SO ₂ en el CAJAS.....	52
Gráfico N° 50: Valores máximos y mínimos de SO ₂ registrados De 2011-2015	53
Gráfico N° 51: Variaciones Mensuales SO ₂ año 2011.....	53
Gráfico N° 52: Variaciones Mensuales SO ₂ año 2012.....	54
Gráfico N° 53: Variaciones Mensuales SO ₂ año 2013	54
Gráfico N° 54: Variaciones Mensuales SO ₂ año 2014.....	54
Gráfico N° 55: Variaciones Mensuales SO ₂ año 2015.....	55
Gráfico N° 56: Variación mensual SO ₂	55
Gráfico N° 57: Variación mensual SO ₂ promedio 2011-2015	56
Gráfico N° 58: Variación mensual SO ₂ año 2013 Burines	57
Gráfico N° 59: Valores durante los años 2011 al 2015.....	57
Gráfico N° 60: Variación anual de emisiones de PM en El Cajas	58
Gráfico N° 61: Concentración PM Tres Cruces	58
Gráfico N° 62: Concentración PM Toreadora	59
Gráfico N° 63: Concentración PM Quinoas	59
Gráfico N° 64: Concentración PM Llaviuco	59
Gráfico N° 65: Concentración PM Burines	60
Gráfico N° 66: Concentración PM Mazán	60
Gráfico N° 67: Comparación de los valores promedios por año PM.....	61
Gráfico N° 68: Concentración PM 2011-2015	62
Gráfico N° 69: Valores promedio mensuales de PM en el CAJAS	62

Gráfico N° 70: Valores máximos y mínimos de PM registrados de 2011-2015.....	62
Gráfico N° 71: Variaciones Mensuales PM año 2011	63
Gráfico N° 72: Variaciones Mensuales PM año 2012	63
Gráfico N° 73: Variaciones Mensuales PM año 2013	64
Gráfico N° 74: Variaciones Mensuales PM año 2014	64
Gráfico N° 75: Variaciones Mensuales PM año 2015	64
Gráfico N° 76: Variación mensual PM.....	65
Gráfico N° 77: Variación mensual PM promedio 2011-2015	65
Gráfico N° 78: Variación mensual PM año 2014 Mazán	66
Gráfico N° 79: Variación anual contaminantes analizados del 2011-2015	66
Gráfico N° 80: Variación mensual promedio contaminantes analizado 2011-2015.....	67
Gráfico N° 81: Velocidad promedio mensual año 2015	68
Gráfico N° 82: Precipitación promedio mensual año 2015	69
Gráfico N° 83: Humedad promedio mensual año 2015.....	69
Gráfico N° 84: Temperatura promedio mensual año 2015	70
Gráfico N° 85: Relación meteorología y ozono año 2015	102
Gráfico N° 86: Relación meteorología y NO2 Año 2015.....	103
Gráfico N° 87: Relación meteorología y SO2 Año 2015.....	104
Gráfico N° 88: Relación meteorología y PM Año 2015.....	105

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: PRESUPUESTO.....	114
Anexo N° 2: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	115
Anexo N° 3: REGISTROS MENSUALES EN CADA ESTACIÓN SEGÚN CONTAMINANTE PERÍODO 2011-2015.....	116

“Monitoreo y Análisis de la Calidad del Aire en la Vía CUENCA – SAYAUSÍ - EL CAJAS”

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ORIGEN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Al hablar de contaminación ambiental hacemos referencia a *“la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona “* (Lilia, 1997). La principal causa de contaminación son las actividades productivas del hombre. En las últimas décadas se ha convertido en uno de los principales problemas dentro de las sociedades convirtiéndose en una actividad esencial el monitoreo de la calidad de aire ambiente, pues por la tendencia al desarrollo urbano y consumo de combustibles fósiles los índices de contaminación atmosférica han incrementado notablemente. El monitoreo se realiza para garantizar que se cumplan no sólo los límites establecidos por parte de la autoridad ambiental, sino también que se eviten afecciones a la salud de la población, al medio ambiente en general y al deterioro del patrimonio urbanístico de la ciudad.

Como contaminantes de aire exterior que afectan la calidad de aire se han reconocido seis: Ozono (O₃), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado menor a 10 micras (PM₁₀) y Material Particulado menos a 2.5 micras (PM_{2.5}) (Espinoza, 2014). Las causas y efectos de cada uno de ellos serán detalladas dentro del marco teórico del presente trabajo. El cambio climático, afecciones en la capa de ozono, lluvias ácidas, entre otros son efectos de la contaminación atmosférica que afectan la calidad de vida de los seres humanos generado afecciones muertes anuales de más de 4.3 millones de personas por enfermedades tales

como asma, cefalea, cáncer de pulmón, irritación ocular (Organización Mundial de la Salud-Representación en Ecuador, 2001).

En América Latina y el Caribe la iniciativa para gestión de la calidad de aire inicio con el apoyo de la Organización Mundial de la Salud (OMS) a finales de 1950 cuando se establecieron las primeras redes de monitoreo de calidad del aire. A partir de 1999 desde que se aprueba la Ley de Gestión Ambiental, inicia en el país, el fomento de procedimientos que buscan la efectiva gestión ambiental y manejo de recursos orientados al desarrollo sustentable y sostenible. En el Ecuador en el año 1986 dentro del Programa Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire (Red Panaire) segunda fase, se instaló estaciones de muestreo en Cuenca (Organización Mundial de la Salud-Representación en Ecuador, 2001).

En Cuenca a través de la Comisión de Gestión Ambiental y el Ministerio del Ambiente se ha buscado implementar un sistema de vigilancia y control de la contaminación atmosférica. A partir del año 2007 la ciudad cuenta con una red de monitoreo pasivo a cargo del Municipio de Cuenca y desde el año 2012 se cuenta con una estación de monitoreo automática que mide CO, O₃, NO₂, SO₂ y partículas PM_{2.5} a cargo de la Empresa Pública Municipal de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca- EMOV EP (Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca, 2016).

Siendo la contaminación ambiental un problema en las sociedades actuales, es fundamental el rol activo no sólo de las instituciones públicas sino de otros actores claves como las universidades. Las instituciones educativas deben desempeñar roles fundamentales fomentado el desarrollo de proyectos de control, seguimiento, mejora y mitigación en el ámbito ambiental cuyo objetivo sea garantizar mejores condiciones de vida a los ciudadanos. Dentro de los pilares institucionales de la academia se debe considerar la promulgación de proyectos y planes de responsabilidad social, a favor del desarrollo sostenible y sustentable. Considerando que las actividades de las universidades tienen impactos organizacionales, educativos, cognitivos y sociales es

imperante un compromiso integral a favor de corregir en caso de ser posible los efectos de la contaminación ambiental, así como generar alternativas para evitar el continuo deterioro de la calidad de aire.

Considerando que analizar los datos de medición de calidad de aire de la ciudad de Cuenca y zonas circundantes sería muy extenso, se ha limitado presente investigación a la Vía Cuenca-Sayausí-El Cajas donde se encuentra el Parque Nacional Cajas, principal fuente de recursos hídricos de Cuenca y donde ha existido un incremento de tráfico vehicular considerable.

Mediante resolución N°. 057, del 5 de noviembre de 1996, el Parque Nacional Cajas es considerado Patrimonio Natural del Estado, actualmente posee una superficie de 28.544 Ha. con alturas que van desde los 3.152 m.s.n.m. y 4.445 m.s.n.m., está formado por un conjunto de ecosistemas que contribuyen a mantener el equilibrio del ambiente. Su administración está a cargo de la Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, y Saneamiento de Cuenca ETAPA EP, que principalmente se encarga de la protección ambiental así como el mantenimiento de cantidad y calidad de los recursos hídricos (Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Saneamiento de Cuenca- ETAPA EP, 2016).

Con este antecedente el presente trabajo de índole descriptivo y explicativo se enfoca en la medición de contaminantes en la vía Cuenca –Sayausí- El Cajas, mediante un análisis estadístico de las inmisiones registradas por la Empresa Pública Municipal de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca EMOV EP en el Parque Nacional El Cajas y contrastarlos con la normativa nacional vigente, con el fin de verificar la calidad del aire en la zona de estudio.

Para el análisis de la información se hace referencia a la Normativa Ambiental Ecuatoriana del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) donde se establecen los límites máximos permisibles de contaminación

atmosférica. Se considera lo dispuesto por el Ministerio del Ambiente en el Acuerdo N° 0050 sobre la Norma de Calidad del Aire Ambiente (NCAA) donde se detalla los límites máximos permisibles de los niveles de concentraciones de contaminantes atmosféricos en el aire ambiente (inmisión). Complementariamente, la norma INEN establece niveles de opacidad aceptables de: 50% en vehículos del año 2000 y posteriores, y de 60% en vehículos del año 1999 y anteriores. En Cuenca el 75% del total de contaminación atmosférica es representado por el tráfico vehicular (Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca, 2016).

En el desarrollo de este proyecto como beneficiarios directos están los habitantes de la ciudad de Cuenca, pues a través de la medición de la calidad de aire en una zona tan importante como el Parque Nacional El Cajas se pueden tomar acciones correctivas o fomentar la conservación de dicho ecosistema que representa la principal fuente de recursos hídricos del cantón. El presente proyecto tiene impacto de índole académico, tecnológico y ambiental.

Se ha optado por este tema para trabajo de titulación considerando que es fundamental garantizar una buena calidad de aire en zonas protegidas, especialmente en el Parque Nacional Cajas pues representa la principal fuente de recursos hídricos del cantón Cuenca. Es interesante analizar el impacto de actividades antropogénicas como el incremento del tráfico vehicular contrastado con meteorología y su impacto en la calidad del aire ambiente en el área de estudio. El presente trabajo de titulación podría ser útil para posteriores análisis de calidad de aire y manejo y conservación del Parque Nacional Cajas.

1.2.DELIMITACION

Para el desarrollo del presente trabajo se ha delimitado el análisis de la calidad de aire en el Parque Nacional el Cajas, perteneciente a las parroquias Sayausí, San Joaquín, Chaucha y Molleturo del cantón Cuenca, provincia del Azuay, mediante estaciones de monitoreo de la EMOV EP que registraron las emisiones de gases contaminantes en un período de 5 años (2011 - 2015), la ubicación de las estaciones se presentan en la siguiente ilustración:



Ilustración N° 1: Ubicación geográfica de estaciones de monitoreo
Fuente: (Google Earth, 2015)

ESTACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM WGS_84	
	X	Y
Tres Cruces	695568	9692853
Toreadora	697594	9692196
Quinoas	700529	9691871
Llaviuco	705963	9685629
Burines	692552	9692921
Mazán	706420	9688568

Tabla N° 1. Coordenadas Geográficas de las estaciones de monitoreo
Fuente: (Google Earth, 2015)

1.3.HIPÓTESIS

- ✓ *¿Los índices de calidad de aire en la vía Cuenca-Sayausí-El Cajas aún están dentro de los rangos permisibles?*

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad del aire ambiente en la vía Cuenca – Sayausí – El Cajas debido al incremento del tráfico vehicular para evitar daños y afecciones al ecosistema del Parque Nacional Cajas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la calidad de aire en la vía Cuenca-Sayausí –El Cajas considerando que en los últimos años ha existido un incremento vehicular
- Obtener información histórica y generar tendencias de comportamiento en las emisiones de contaminantes
- Verificar que no existan afectaciones en la calidad de aire ambiente en la zona del Parque Nacional El Cajas a través de un informe de medición y comparación de contaminantes

1.5.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.5.1. Contaminación Ambiental

1.5.1.1. Definiciones

La contaminación ambiental se determina por la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones que puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, para la vida vegetal o animal, o que impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos (Contaminación Ambiental, 2012). Mientras aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y se generan nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. El comportamiento del hombre es determinante pues adapta y modifica ese medio según sus necesidades.

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan al mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza (Cunningham, 1997). Existen muchas definiciones de contaminación pero básicamente se puede considerar que es la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o espacios a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos espacios, por un tiempo suficiente y bajo condiciones tales, que estas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona (Lilia, 1997). En otras palabras, es una alteración del estado natural de un medio a través de la entrada de un agente dañino y extraño que impide el normal funcionamiento y afecta el equilibrio que tenía.

1.5.1.2. Principales Causas y Efectos de la Contaminación

Antonio BrackEgg, ecologista peruano sostiene que el aumento continuo de la población, su concentración progresiva en grandes centros urbanos y el desarrollo industrial ocasionan, día a día, más problemas al medio ambiente. La Tierra está expuesta a numerosos contaminantes que perjudican al bienestar y a la salud de los seres vivos que habitan en ella. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) destaca como culpables de la contaminación a las ciudades porque “ellas ocupan el 2% del territorio mundial y producen el 70% de los gases contaminantes”. Esta organización advierte que la situación podría empeorar porque muchos países están teniendo un crecimiento muy acelerado, como Brasil. China e India, y a su vez están emitiendo gases contaminantes (Brack Egg, 2000).

La contaminación se puede clasificar como:

- **Natural.** Cuando se origina por causas naturales: erupciones volcánicas, marea roja, lirio acuático, bacterias, hongos, polen, etc.
- **Artificial.** Cuando los contaminantes son producidos por alguna forma de actividad humana: basura, aguas negras, humos y residuos industriales, exceso de fertilizantes o plaguicidas, radiactividad, etc. (Loyola, 2003).

Se considera contaminante a todo elemento: materia, sustancia, energía, organismo vivo o sus derivados, incapaz de ingresar a los ciclos naturales de un ecosistema ya sea a corto o largo plazo y que genera problemas a las características naturales del medio o perjudica la salud de seres vivos. “Los contaminantes son sustancias, químicas o biológicas, en forma de energía térmica, radiaciones o ruido que se adhieren o entran en contacto con el aire, el suelo o el agua afectando a su composición y causando daños en el medio en que habitan animales, vegetales y el hombre” (Lilia, 1997). Como principales causas de la contaminación se podrían mencionar al tráfico vehicular: los

autos y camiones contaminan a causa de la combustión de los hidrocarburos que utilizan para moverse; actividades de construcciones y demoliciones que desprenden polvos y gases que dañan el aire de la zona en que se desarrollan; los combustibles fósiles; los altos índices de crecimiento poblacional; la deforestación; entre otros (Mujica & Figueroa, 1996).

Los principales agentes contaminantes provienen de la acción productiva del ser humano. Se generan en industrias, hogares, hoteles, automotores, entre otros, y son los desechos sólidos domésticos, industriales, el exceso de fertilizante y productos químicos, la tala y quema, la basura, la emisión de gases contaminantes proveniente de los vehículos, los desagües de aguas negras los que causan alteraciones en los ecosistemas provocando la generación y propagación de enfermedades en los seres vivos, muerte masiva y, en casos extremos, la desaparición de especies animales y vegetales; inhibición de sistemas productivos y, en general, degradación de la calidad de vida (Brack Egg, 2000).

1.5.2. Contaminación del Aire

Se entiende por contaminación del aire la presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente (Norma de Calidad del Aire Ambiente TULSMA, 2006). La contaminación del aire consiste en una elevada concentración de gases y partículas que flotan en el ambiente reduciendo la calidad del aire. Graves son los trastornos que puede provocar tanto en la salud de los seres vivos cuanto en el ambiente mismo. La contaminación del aire proviene de diversas fuentes, sin embargo el sector del transporte es uno de los grandes emisores, sobre todo de material particulado, compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NOX) (Centro Mario Molina, 2014).

Uno de los factores que contribuyen al aumento de los índices de contaminación atmosférica en grandes conglomerados urbanos es el crecimiento continuo del número de vehículos motorizados. En São Paulo, entre 1990 y 1996, la población creció en un 3.4% y la flota de vehículos en 36.5%. El mismo fenómeno ocurre en casi toda América Latina. En efecto, México, D.F., supera ampliamente los 4 000 000 de vehículos y Santiago de Chile expande su parque automotor al punto de duplicarlo cada cinco años. El uso de vehículos motorizados, en gran parte de uso privado, constituye uno de los elementos más contaminantes en las ciudades. Esta alta tasa de motorización no causaría necesariamente graves problemas de congestión si los vehículos no fueran usados diariamente por sus propietarios, para llegar a su lugar de trabajo, implicando su circulación por vías ya muy congestionadas. Este comportamiento es propiciado por un transporte público deficiente, así como por la gran extensión y segregación funcional de las ciudades, factores que contribuyen al incremento de las emisiones de fuentes móviles e influyen directamente en los niveles de contaminación atmosférica. (Organización de las Naciones Unidas, 2003).

Como se mencionó previamente los contaminantes pueden ser de tipo natural o artificial. Los artificiales que se generan a causa de actividades humanas tienen fuentes fijas y móviles. Las fuentes fijas se refieren a instalaciones en un solo lugar que cumplen con el desarrollo de un proceso: comercial, de servicios, industrial; mientras que las fuentes móviles son los vehículos automotores. Los diferentes tipos de vehículos para su funcionamiento emiten gases, hidrocarburos y partículas suspendidas que se constituyen en los principales contaminantes (Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial, 2004). Entre estos podemos citar: “el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), clorofluorocarbonos (CFC), hidrocarburos poli cíclicos aromáticos (HAP), plomo (Pb), el óxido de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃), amoníaco (NH₃), dióxido de azufre (SO₂), partículas de residuos sólidos, gases y vapores, compuestos orgánicos volátiles (gasolina, benceno, tolueno, etc.)” (Fonfría & Ribas, 1989).

Las emisiones y concentraciones en el ambiente de contaminantes tienen efectos generalizados en la salud de la población, general degradación de ecosistemas, bruma urbana y regional, cambio del clima regional y transporte contaminante global. Existen valores de calidad de aire recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y acordados por varios países para proteger la salud humana pues los efectos de la contaminación del aire varían de acuerdo a la duración e intensidad de la exposición así como según el estado y edad del individuo afectado. Podrían aplicarse diferentes medidas de control para evitar la propagación de emisiones de contaminantes del aire, clasificadas en las siguientes categorías: 1) regulaciones obligatorias basadas en tecnología sobre procesos y tratamiento de emisiones, 2) instrumentos económicos como incentivos, impuestos por emisión; y 3) implementación de políticas como la planeación del uso de suelo, manejo de transporte y desarrollo de infraestructura (Molina & Molina, 2004).

1.5.2.1. Efectos de la contaminación del aire en el Ecuador

Existen graves afecciones a los estándares de salud así como efectos sobre la economía y desarrollo de las naciones. En el caso del Ecuador, un estudio realizado por la Fundación Natura e el 2003 determinó que el costo de la contaminación atmosférica con respecto a la salud para el período 1991-2000 en la ciudad de Quito ascendió a más de USD \$34 millones de dólares. En Quito el mayor problema de contaminación atmosférica se atribuye a las emisiones de material particulado $PM_{2.5}$. En Cuenca, un estudio en el Centro Histórico ha confirmado que los niveles de COV, NO y SO_2 sobrepasan los límites permisibles en la normativa ecuatoriana. En Esmeraldas, la central termo eléctrica, que representa la mayor fuente de producción de combustibles y derivados del petróleo a nivel nacional, ha generado efectos nocivos por los contaminantes gaseosos emitidos por sus chimeneas. En la costa Ecuatoriana existen afecciones por las fumigaciones áreas en las plantaciones de banano incrementando la mortalidad de la zona y afectando a flora y fauna. Dentro de los efectos económicos que genera la contaminación atmosférica se evidencia en que aún existen lugares de trabajo

donde no se considera los impactos que tienen sus actividades frente al ambiente, la falta de una cultura ambiental afecta directamente a los indicadores económicos del país (Ministerio del Ambiente, 2010).

En la ciudad de Cuenca, el GAD Municipal, para vigilar la calidad del aire ambiente que respira la ciudadanía, ha constituido una Red de monitoreo de 19 puntos de vigilancia que incluye estaciones de monitoreo de calidad del aire. De igual forma con la finalidad de controlar la mayor fuente de emisión de gases, ha implementado dos centros de revisión técnica vehicular para de proteger la salud y las condiciones del ambiente de la ciudad. Una de las principales estaciones es la ubicada en el centro de la urbe, misma que monitorea de forma automática y constante (24 horas al día) la calidad del aire ambiente, y es el único equipo que se puede considerar como referencia para la parametrización de otras estaciones del mismo fin. Se detalla a continuación la ubicación de los diferentes puntos de monitoreo:

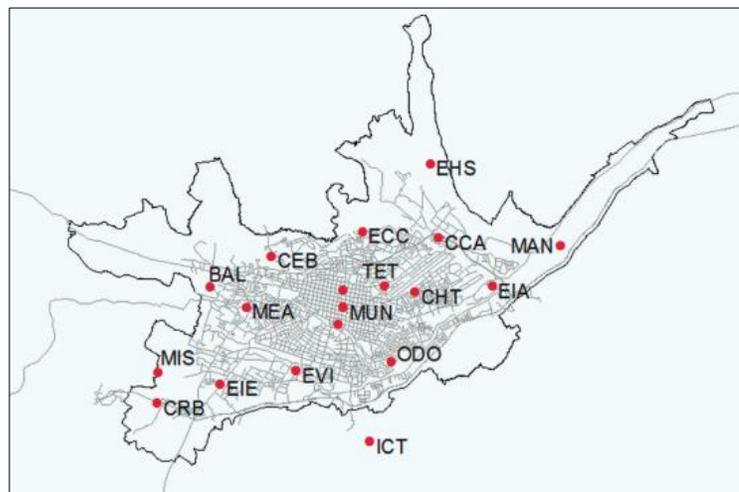


Ilustración N° 2: Puntos de monitoreo Calidad de Aire en Cuenca
Fuente: (Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca, 2016)

Código	Nombre	Ubicación	Contaminantes	Escala
MAN	Machángara	Jardines del Río y Calle Londres	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
EIA	Escuela Ignacio Andrade	Reino de Quito y Av. González Suárez	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
EHS	Escuela Héctor Sempértegui	Camino a Ochoa León	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
CHT	Colegio Herlinda Toral	Altar Urco y Av. Paseo de los Cañaris	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
TET	Terminal Terrestre	Avenidas Madrid y España	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
ECC	Escuela Carlos Crespi II	Calle De la Bandolia y Calle Del Arpa	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
ODO	Facultad de Odontología	Av. Pasaje de Paraíso y Av. 10 de Agosto	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
	*Universidad de Cuenca			Vecinal
EVI	Escuela Velasco Ibarra	Av. Felipe II y Av. Isabel Católica	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
BAL	Balzay CEA-Universidad de Cuenca	Av. Ordoñez Laso y Av. Cerezos	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
VEG	Vega Muñoz	Vega Muñoz y Luis Cordero	NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Microescala
CCA	Colegio Carlos Arizaga Vega	Calle J. Lavalle y Calle A. Ricaurte	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, MP ₁₀ , BTEX	Vecinal
MUN	Municipio	Calle Simón Bolívar y Calle Presidente Borrero	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , CO, MP _{2.5} , MP ₁₀ , PS, BTEX	Urbana, vecinal
EIE	Escuela Ignacio Escandón	Avenida Loja y Calle Ignacio de Rocha	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , CO, PS, MP ₁₀ , BTEX	Urbana, vecinal
BCB	Estación de bomberos	Calle Presidente Córdova y Luis Cordero	NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Microescala
LAR	Calle larga	Calle Larga y Borrero	NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Microescala
ICT	Antenas de Ictocruz	Camino a Ictocruz	O ₃	Regional
CEB	Cebollar	Calle del Cebollar	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
MIS	Misicata	Calle Carmela Malo	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal

Tabla N° 2: Detalle de localización de los puntos de monitoreo de calidad de aire en Cuenca

Fuente: (Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca, 2016)

1.5.2.2. Dióxido de Azufre (SO₂)

Se trata de un gas incoloro no inflamable, que presenta un intenso y característico olor, pudiendo resultar irritante a elevadas concentraciones. Considerado uno de los principales responsables de la lluvia ácida, este gas se origina en la combustión de carburantes con un determinado porcentaje de azufre, como gasóleos, fuel o carbón, procedentes de procesos industriales de centrales térmicas, calefacciones o del tráfico pesado. (Meteogalicia, 2016)

Gas incoloro e irritante formado principalmente por la combustión de combustibles fósiles.

- Reacciona en la superficie de las partículas.
- Es un gas incoloro, no inflamable y no explosivo

- En contacto con la humedad del aire forma ácido sulfúrico (H_2SO_4) compuesto que provoca acidificación de suelos, lagunas y ríos, afecciones en fauna y vegetación (Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca, 2016)
- Es fácilmente soluble en agua.
- Es fácilmente oxidable cuando hay presencia de partículas sólidas húmedas.
- Su nivel natural en la atmosfera es de $5 \mu g/m^3$ (Jerves).

Efecto en la salud de SO_2

Los efectos derivados de la exposición al dióxido de azufre varían según su concentración y duración. Afecta sobre todo a las mucosidades y los pulmones, provocando ataques de tos. Si bien éste es absorbido principalmente por el sistema nasal, debido a su elevada solubilidad, la exposición a elevadas concentraciones durante cortos períodos de tiempo (exposición aguda) puede causar irritación del tracto respiratorio, bronquitis y congestión de los conductos bronquiales, especialmente en personas asmáticas. Además, diversos estudios han demostrado que la exposición crónica a este contaminante induce efectos adversos sobre la mortalidad, la morbilidad y la función pulmonar. (Fundación Centro de Recursos Ambientales de Navarra, 2016)

- En concentraciones mayores provoca alteraciones en las mucosas oculares y vías respiratorias.
- Afecta las defensas del sistema respiratorio y agrava enfermedades cardiovasculares
- Afecta principalmente a niños y personas de edad avanzada así como a personas que sufren de asma, problemas cardiovasculares o enfermedades crónicas del sistema respiratorio
- General formación de partículas secundarias que dispersan la luz y reducen la visibilidad (Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca, 2016).

1.5.2.3. *Dióxido de Nitrógeno (NO₂)*

Gas de color pardo rojizo, altamente tóxico, que se forma debido a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas.

- Es salubre en el agua.
- Es un oxidante fuerte.
- Se utiliza el término “óxidos de nitrógeno” para denominar principalmente la suma de NO y NO₂. Los NO_x participan en la formación de ozono troposférico cuando reacción con compuestos orgánicos volátiles en presencia de radiación solar.
- Los NO_x se hidratan en la atmosfera y forman ácido nítrico (HNO₃) compuesto que se deposita por acción de la gravedad, formando parte de la lluvia o deposición ácida (Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca, 2016).
- Las concentraciones medidas en áreas urbanas están en el orden de 20-90 ug/m³.
- Las concentraciones máximas diarias y horarias en las áreas urbanas pueden llegar al orden de 400-1.000 ug/m³ (Jerves).

Efectos en la salud de NO₂

- Puede irritar los alvéolos e incrementar el riesgo de infecciones pulmonares (Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca, 2016).

1.5.2.6. Oxidantes Fotoquímicos

Se producen a partir de las reacciones que se dan entre COV_s (ROG_s) y los NO_x , con la presencia de luz solar y alta temperatura ambiente.

Los oxidantes fotoquímicos más importantes son el Ozono (O_3) y el Nitrato Peroxiacetilo (P.A.N) así como diversos aldehídos. Éstos oxidantes producen las masas grisáceas presentes en las grandes urbes (smog fotoquímico) (Jerves).

- Es un gas oxidante y componente natural de la atmósfera
- Absorbe virtualmente toda la radiación ultravioleta que proviene del sol y actúa como una capa protectora para los seres vivos y ecosistemas
- Es un contaminante secundario que se produce por las reacciones entre los NO_x y COV en presencia de radiación solar (Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca, 2016).

Efectos en la salud del Ozono

- Promueve el envejecimiento prematuro y la rigidez de los tejidos pulmonares
- Genera irritación en los ojos, nariz y garganta, dolor pectoral, tos y dolor de cabeza
- Los más afectados son personas con asma, bronquitis crónica y enfisema (Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca, 2016).

Todos los contaminantes mencionados previamente indicados propagan el esparcimiento de efectos negativos como el smog industrial, smog fotoquímico, destrucción a la capa de ozono, inversión térmica, lluvia ácida, efecto invernadero, cambio climático. Además de tener un efecto directo en la salud, también puede

fomentar la contaminación de agua potable, alimentos, y la absorción de tóxicos a través de la piel (Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial, 2004).

1.5.3. Métodos de Medición de Contaminantes Atmosféricos

Los equipos, métodos y procedimientos que se utilizan para determinar la concentración de los contaminantes, varían según el contaminante presente en la atmósfera. A continuación se presentan los métodos aprobados por la Autoridad Ambiental de una manera general (Norma de Calidad del Aire Ambiente TULSMA, 2006).

CONTAMINANTE	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO
SO ₂	Método de la Pararosanilina: el dióxido de azufre es absorbido en una solución de potasio o de tetracloromercurato de sodio (TCM). La concentración final se determina mediante colorímetro.
CO	El principio de medición consiste en determinar la concentración de monóxido de carbono mediante el cambio en absorción de energía infrarroja en diferentes longitudes de onda.
O ₃	El principio de medición, para equipos con quimiluminiscencia, es la mezcla de aire con etileno, produciendo la reacción del ozono. Ésta reacción libera luz, la cual es medida en un tubo fotomultiplicador. Para el caso de

CONTAMINANTE	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO
	equipos con fotómetro ultravioleta, el principio de medición consiste en determinar la cantidad de luz absorbida a una longitud de onda de 254 nanómetros.
NO ₂	El dióxido de nitrógeno es convertido en óxido de nitrógeno, el cual reacciona con ozono introducido expresamente, produciendo luz en la reacción. El instrumento permite la presentación de resultados para concentraciones tanto de NO ₂ como de NO.

Tabla 1. Métodos para determinación de concentraciones de los Contaminantes
Elaborado por: Juan Gabriel Corral

1.5.4. Estándares de Calidad de Aire y Normativa

Los estándares de calidad de aire definen niveles de contaminantes que no deben ser excedidos para garantizar la protección de la salud pública. Estos valores generalmente están plasmados en una normativa donde se detalla información relevante no sólo de límites permisibles sino también de frecuencias de muestreo, métodos y sitios de muestreo, entre otros (Molina & Molina, 2004). La Organización Mundial de la Salud (OMS) fue la pionera en definir guías sobre la calidad del aire y varios países en base a dichos estándares han establecido su propia normativa (Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial, 2004).

La norma técnica de calidad de aire en el Ecuador está amparada en la Ley de Gestión Ambiental y su reglamento, determina los objetivos de calidad del aire ambiente, así

como establece el límite máximo permisible de concentración, a nivel del suelo, de un contaminante del aire durante un tiempo promedio de muestreo determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente. Los límites permisibles se aplican para aquellas concentraciones de contaminantes que se determinen fuera de los límites del predio de los sujetos de control o regulados. Al igual que establece los métodos y procedimientos para la determinación de los contaminantes en el aire ambiente. Su objetivo principal es el de preservar la salud de las personas, la calidad de aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general (Ministerio del Ambiente, 2011).

1.5.4.6. Norma de Emisión

Es el valor que señala la descarga máxima permisible de los contaminantes del aire definidos. El Ministerio del Ambiente rige estos valores en el Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA) Libro VI Anexo 4:

4.1.1.1 Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes comunes del aire ambiente a los siguientes:

- *Partículas Sedimentables.*
- *Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 (diez) micrones. Se abrevia PM*
- *Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 (dos enteros cinco décimos) micrones. Se abrevia PM 10*
- *Óxidos de Nitrógeno: NO y NO₂, y expresados como NO₂*
- *Dióxido de Azufre SO₂*
- *Monóxido de Carbono*
- *Oxidantes Fotoquímicos, expresados como Ozono.*

4.1.1.2 La Entidad Ambiental de Control verificará, mediante sus respectivos programas de monitoreo, que las concentraciones a nivel de suelo en el aire ambiente de los contaminantes comunes no excedan los valores estipulados en esta norma. Dicha Entidad quedará facultada para establecer las acciones necesarias para, de ser el caso de que se excedan las concentraciones de contaminantes comunes del aire, hacer cumplir con la presente norma de calidad de aire. Caso contrario, las acciones estarán dirigidas a prevenir el deterioro a futuro de la calidad del aire.

4.1.1.3 La responsabilidad de la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente recaerá en la Entidad Ambiental de Control. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse en la determinación de la concentración de contaminantes, tendrán como referencia a aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations, Anexos 40 CFR 50).

4.1.1.4 La Entidad Ambiental de Control deberá demostrar, ante el Ministerio del Ambiente, que sus equipos, métodos y procedimientos responden a los requerimientos descritos en esta norma. De existir alguna desviación con respecto a la norma, se deberá efectuar la debida justificación técnica a fin de establecer la validez, en uso oficial, de los resultados a obtenerse en la medición de concentraciones de contaminantes en el aire ambiente. La información que se recabe, como resultado de los programas públicos de medición de concentraciones de contaminantes comunes del aire, serán de carácter público.

4.1.1.5 La Entidad Ambiental de Control establecerá sus procedimientos internos de control de calidad y aseguramiento de calidad del sistema de monitoreo de calidad del aire ambiente en la región bajo su autoridad. Así mismo, la Entidad Ambiental de Control deberá definir la frecuencia y alcance de los trabajos, tanto de auditoría interna como externa, para su respectivo sistema de monitoreo de calidad de aire ambiente.

4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes comunes en el aire ambiente

4.1.2.1 Para los contaminantes comunes del aire, definidos en 4.1.1, se establecen las siguientes concentraciones máximas permitidas. El Ministerio del Ambiente establecerá la frecuencia de revisión de los valores descritos en la presente norma de calidad de aire ambiente. La Entidad Ambiental de Control utilizará los valores de concentraciones máximas de contaminantes del aire ambiente aquí definidos, para fines de elaborar su respectiva ordenanza o norma sectorial. La Entidad Ambiental de Control podrá establecer normas de calidad de aire ambiente de mayor exigencia que los valores descritos en esta norma nacional, esto si los resultados de las evaluaciones de calidad de aire que efectúe dicha Autoridad indicaren esta necesidad.

*Partículas sedimentables.- La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de **un miligramo por centímetro cuadrado (1 mg/cm² x 30 d)**.*

*Material particulado menor a 10 micrones (PM₁₀).- El promedio aritmético de la de todas las muestras en un año no deberá exceder de **cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m concentración de PM₁₀)**. La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder **ciento cincuenta microgramos por metro cúbico (150 µg/m³)**, valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.*

*Material particulado menor a 2,5 micrones (PM_{2,5}).- Se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de PM de todas las muestras en un año no deberá exceder de **quince microgramos por metro cúbico (15 µg/m³)**. La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder **sesenta y cinco microgramos por metro cúbico (65 µg/m³)**, valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.*

Dióxido de azufre (SO₂).- El promedio aritmético de la concentración de SO determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de **ochenta microgramos por metro cúbico (80 µg/m³)**. La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder **trescientos cincuenta microgramos por metro cúbico (350 µg/m³)**, más de una vez en un año.

Oxidantes fotoquímicos, expresados como ozono.- La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de una hora, no deberá exceder de **ciento sesenta microgramos por metro cúbico (160 µg/m³)**, más de una vez en un año. La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de ocho horas, no deberá exceder de **ciento veinte microgramos por metro cúbico (120 µg/m³)**, más de una vez en un año.

Óxidos de nitrógeno, expresados como NO₂.- El promedio aritmético de la concentración de óxidos de nitrógeno, expresada como NO₂, y determinada en todas las muestras en un año, no deberá exceder de **cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m³)**. La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder **ciento cincuenta microgramos por metro cúbico (150 µg/m³)** más de dos (2) veces en un año.

1.2.7. Transporte y dispersión de los contaminantes en el aire

La dispersión de los contaminantes del aire está influenciada por variaciones climáticas y condiciones topográficas. Las variaciones del clima influyen sobre el movimiento de los contaminantes. Los factores que influyen en la dispersión son:

- **Viento:** Su velocidad puede afectar la concentración de contaminantes en el área. Mientras mayor sea la velocidad del viento menor será la concentración de contaminantes pues fomenta a que se diluyan y dispersen rápidamente los contaminantes (Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial, 2004).

- **Estabilidad atmosférica:** Conocido también como movimiento vertical. Existen condiciones atmosféricas inestables, cuando el aire cerca de la superficie de la tierra es más caliente debido a la absorción de la energía solar, este aire sube y se mezcla con aire más frío y pesado de la atmósfera superior. Esta inestabilidad dispersa los contaminantes en el aire. Generalmente cuando hay una ligera mezcla entre el aire caliente y frío tienden a aparecer concentraciones mayores (Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial, 2004).

- **Radiación solar:** Influye en la formación de ozono porque permite la reacción de vapores orgánicos con óxidos de nitrógeno.

- **Precipitación:** A diferencia de los otros factores, la precipitación permite un efecto positivo pues lava las partículas contaminantes del aire (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2007).

- **Topografía:** ciudades ubicadas en zonas de topografía compleja como valles o cadenas montañosas generalmente experimentan altas concentraciones de contaminantes de aire (Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial, 2004).

- **Humedad Relativa:** éste factor disminuye cuando los valores de temperatura son altos, debido al incremento de la temperatura, la atmósfera aumenta su capacidad para almacenar vapor de agua y como resultado, se reduce la humedad relativa. (Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca, 2016)

1.2.8. Gestión y manejo de áreas protegidas

En el Ecuador el manejo y gestión de conservación de áreas protegidas es atribución del Ministerio del Ambiente a través del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Toda área protegida se rige en un Plan de Manejo integral, el mismo que tiene como objetivos los siguientes:

- Investigación científica
- Protección de zonas silvestres
- Preservación de las especies y la diversidad genética
- Mantenimiento de los servicios ambientales
- Protección de características naturales y culturales específicas
- Turismo y recreación
- Educación
- Mantenimiento de los atributos culturales y tradicionales
- Utilización sostenible de recursos derivados de ecosistemas naturales

(Universidad Nacional de Loja, 2014)

Se crea un área protegida con el propósito de mantener, conservar y aprovechar la biodiversidad: ecosistemas, especies, genes, tradiciones/cultura y los procesos ecológicos inherentes que de no estar protegidos se perderían debido a los continuos procesos de degradación, erosión genética y cultural, etc (Universidad Nacional de Loja, 2014).

Ecuador es el séptimo país con mayor porcentaje de superficie dedicada a la conservación de áreas protegidas en América Latina y el segundo en Suramérica, actualmente el país cuenta con 48 áreas protegidas, que representan el 19 % del territorio nacional. En el periodo 2010-2013, las Áreas Protegidas continentales reportaron 1.984.697 visitantes nacionales y extranjeros con enfoque turístico (Universidad Nacional de Loja, 2014).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.DISEÑO

Para el desarrollo del presente trabajo de titulación se ha considerado como fundamental el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) además de la información de emisiones atmosféricas registradas por la EMOV EP en el Parque Nacional El Cajas.

La metodología aplicada consistió en:

-La recopilación y análisis de información secundaria relevante que permita establecer de manera clara y concreta la fundamentación teórica sobre la calidad de aire.

-Obtención de datos de calidad de aire generado por la Empresa EMOV EP durante el período 2011-2015.

- Elaboración de información primaria a través de métodos estadísticos como base para comparación e interpretación de valores de emisiones registradas en los últimos años.

-Comparación de información primaria obtenida con normativa nacional vigente.

-Determinación de resultados, cumplimiento de objetivos, comprobación de hipótesis.

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Si bien en este tipo de investigaciones donde se utilizan datos de períodos específicos es difícil definir población y muestra, se podría decir que como población se considera toda la información histórica obtenida por los diferentes actores y sus herramientas sobre calidad de aire de la ciudad de Cuenca, mientras que la muestra del presente proyecto se limita a la información de calidad de aire obtenida por la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca-EMOV EP específicamente en el Parque Nacional El Cajas, en un período comprendido entre los años 2011 y 2015.

2.4. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente trabajo de titulación da cumplimiento a los siguientes principios éticos:

- ✓ Documenta el uso de información real y actualizada
- ✓ Está amparado en la ética profesional y busca fomentar actividades que impulsen al desarrollo sostenible y sustentable
- ✓ Fomenta la cooperación entre instituciones y actores interesados en garantizar la calidad de aire ambiente en la ciudad de Cuenca

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la realización del presente trabajo y dar cumplimiento al objetivo general que busca el análisis de la calidad de aire de la Vía Cuenca-Sayausí- El Cajas, se coordinó realizar un análisis estadístico de las emisiones registradas por la EMOV EP en el Parque Nacional El Cajas.

3.1. OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de este acápite se obtuvo información de la calidad de aire en el Parque Nacional el Cajas por el período del 2011 al 2015 mediante un análisis estadístico de las emisiones registradas en el sector por las estaciones pasivas de Tres Cruces, Toreadora, Quinoas, Llaviuco, Burines y Mazán; la información fue analizada históricamente de forma anual y su variación mensual por períodos anuales.

3.2. PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

A continuación se presentan los análisis realizados sobre la información registrada en el Parque Nacional El Cajas por las estaciones pasivas de monitoreo.

3.2.1. OZONO (O₃)

Estación	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio anual
Tres Cruces	41.86	50.77	56.72	53.40	51.87	50.93
Toreadora	42.07	48.36	62.69	53.85	60.11	53.42
Quinoas	31.78	39.13	45.68	42.30	48.32	41.44
Llaviuco	27.68	29.62	31.74	26.81	32.32	29.63
Burines	58.24	49.23	59.00	59.82	n/r	56.57
Mazán	n/r	33.06	n/r	n/r	n/r	33.06
Promedio Cajas	40.32	41.70	51.17	47.23	48.16	45.46

Tabla N° 3 Valores registrados de Ozono durante los años 2011 - 2015
 Fuente: EMOV EP 2015

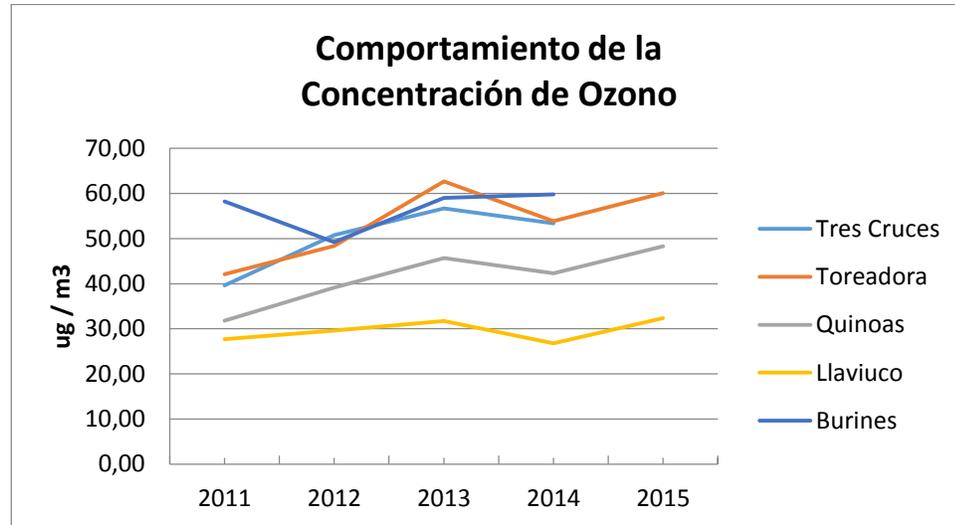


Gráfico N° 1 Variación anual de emisiones de Ozono en El Cajas
 Fuente: EMOV EP 2015

Comportamiento de Ozono en cada una de las estaciones del Cajas

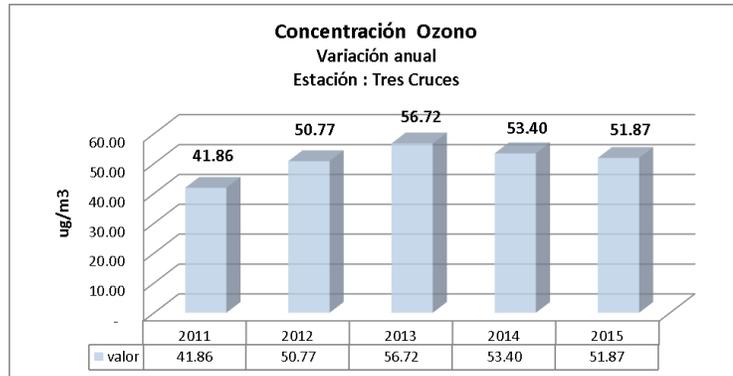


Gráfico N° 2: Concentración Ozono Estación: Tres cruces
 Fuente: EMOV EP 2015



Gráfico N° 3: Concentración Ozono Estación: Toreadora
 Fuente: EMOV EP 2015



Gráfico N° 4: Concentración Ozono Estación: Quinoas
 Fuente: EMOV EP 2015



Gráfico N° 5: Concentración Ozono Estación: Llaviuco
 Fuente: EMOV EP 2015



Gráfico N° 6: Concentración Ozono Estación: Burines
 Fuente: EMOV EP 2015

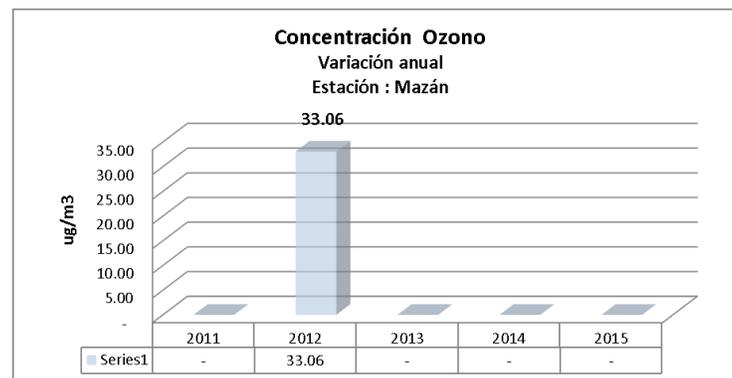


Gráfico N° 7: Concentración Ozono Estación: Mazán
 Fuente: EMOV EP 2015

Valores máximos y mínimos para cada año

Los valores máximos y mínimos de todos los registros, son:

El menor valor es de 26.81 ug/m³ y se registró en el año 2014 en la estación Llaviuco. El mayor valor es de 62.69 ug/m³ y se registró en el año 2013 en la estación Toreadora

Revisando los datos para cada uno de los años:

- Año 2011:
 - Mínima: 27.68 ug/m³, Estación Llaviuco
 - Máxima: 58.24 ug/m³, Estación Burines
- Año 2012:
 - Mínima: 29.62 ug/m³, Estación Llaviuco
 - Máxima: 50.77 ug/m³, Estación Tres cruces
- Año 2013:
 - Mínima: 31.74 ug/m³, Estación Llaviuco
 - Máxima: 62.69 ug/m³, Estación Toreadora
- Año 2014:
 - Mínima: 26.81 ug/m³, Estación Llaviuco
 - Máxima: 59.82 ug/m³, Estación Burines
- Año 2015:
 - Mínima: 32.32 ug/m³, Estación Llaviuco
 - Máxima: 60.11 ug/m³, Estación Burines

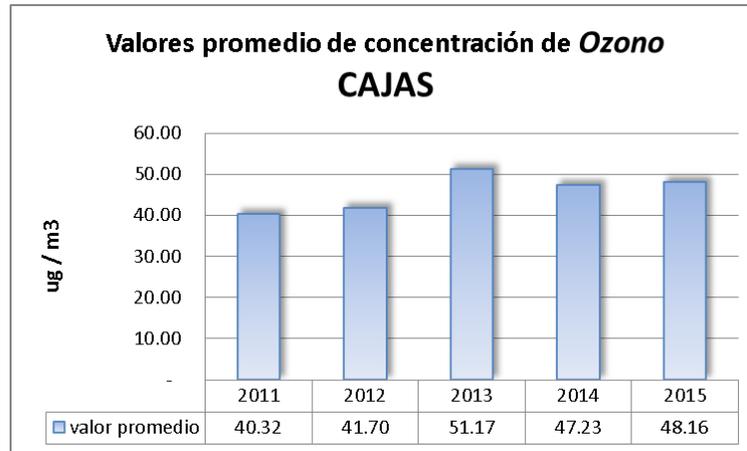


Gráfico N° 8: Comparación de los valores promedios por año Ozono
 Fuente: EMOV EP 2015

Se puede apreciar que los valores han crecido en estos años.

El menor valor promedio anual 40.32 ug/m³ se produjo en el año 2011

El mayor (pico) valor promedio anual en el año 2013 con un valor de 51.17 ug/m³

La mediana es 47.23 ug/m³, los años 2013 y 2015 registran valores que están por encima de la mediana.



Gráfico N° 9: Concentración Ozono 2011-2015
 Fuente: EMOV EP 2015

La concentración de ozono en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2015 tiene un crecimiento del 19% sobre el valor del 2011.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
2011	28.9	33.3	30.5	31.8	40.1	25.2	24.5	54.7	42.9	51.8	46.7	29.8	39.8
2012	38.2	31.0	21.8	19.5	25.8	34.4	31.8	52.8	75.0	66.0	58.6	45.3	41.7
2013	47.7	34.0	51.0	38.1	46.2	36.4	36.3	38.4	75.2	68.1	49.6	67.8	49.1
2014	48.6	51.6	43.0	30.5	23.4	45.6	47.7	60.2	62.0	59.7	36.2	44.3	46.1
2015	37.3	38.7	32.4	21.6	23.7	41.4	41.4	53.0	92.1	66.0	61.3	69.0	48.2
Prom	41.2	38.0	36.4	28.5	31.8	37.1	36.9	51.5	69.1	62.6	50.1	50.7	45.0

Gráfico N° 10: Valores promedio mensuales de Ozono en el CAJAS

Fuente: EMOV EP 2015

Los registros mínimos y máximos en cada uno de los años fueron:

- Año 2011
 - Registro mínimo: $24.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de julio
 - Registro Máximo: $54.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de septiembre
 - Mediana: $32.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- Año 2012
 - Registro mínimo: $19.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de abril
 - Registro Máximo: $75.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de octubre
 - Mediana: $36.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- Año 2013
 - Registro mínimo: $34.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de febrero
 - Registro Máximo: $75.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de octubre
 - Mediana: $47.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- Año 2014
 - Registro mínimo: $23.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de mayo
 - Registro Máximo: $62.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de septiembre
 - Mediana: $46.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- Año 2015
 - Registro mínimo: 21.6 ug/ m³, en el mes de abril
 - Registro Máximo: 92.1 ug/ m³, en el mes de octubre
 - Mediana: 41.4 ug/ m³

- Los valores mínimos se producen entre los meses de febrero a julio
- Los valores máximos se producen en los meses de septiembre y octubre
- En el año 2015, la mediana de los registros promedios anuales ha sufrido un incremento del 27% respecto a la mediana del año 2011.

En las siguientes figuras podemos apreciar el comportamiento de los registros mensuales promedios durante los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015

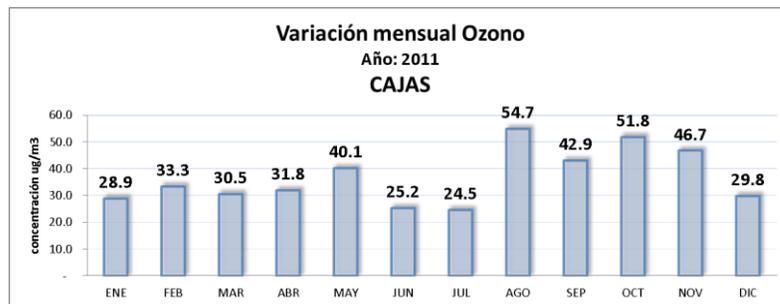


Gráfico N° 11: Variaciones Mensuales Ozono año 2011
Fuente: EMOV EP 2015

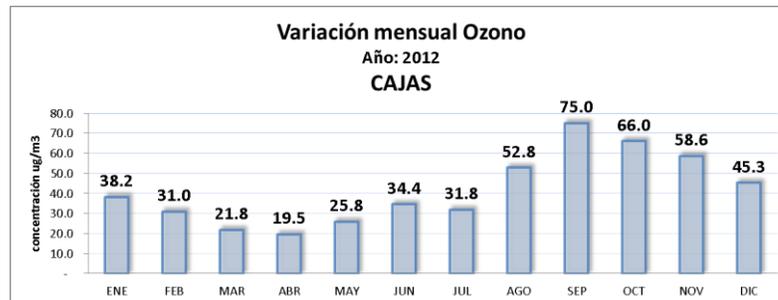


Gráfico N° 12: Variaciones Mensuales Ozono año 2012
Fuente: EMOV EP 2015

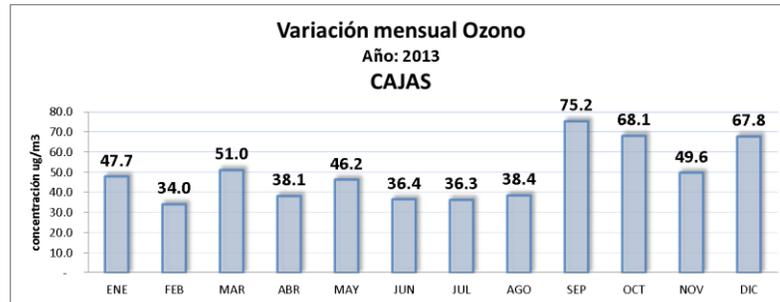


Gráfico N° 13: Variaciones Mensuales Ozono año 2013
Fuente: EMOV EP 2015

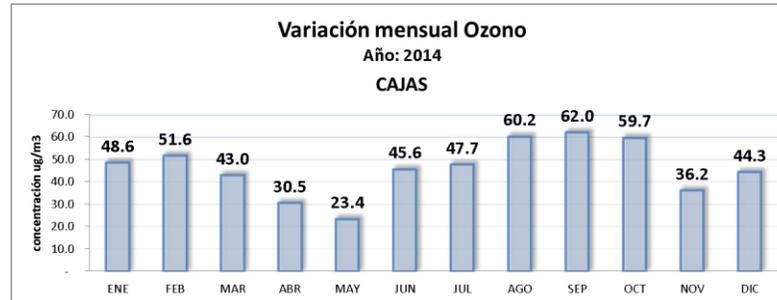


Gráfico N° 14: Variaciones Mensuales Ozono año 2014
Fuente: EMOV EP 2015

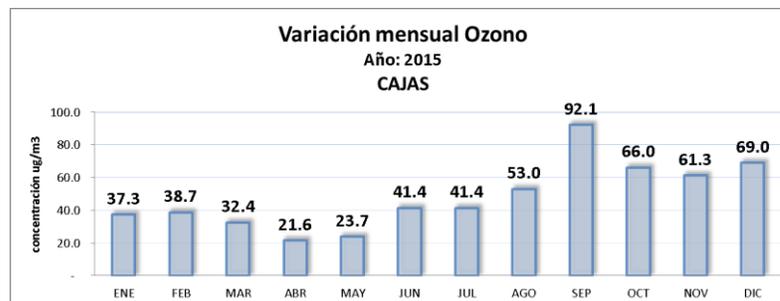


Gráfico N° 15: Variaciones Mensuales Ozono año 2015
Fuente: EMOV EP 2015

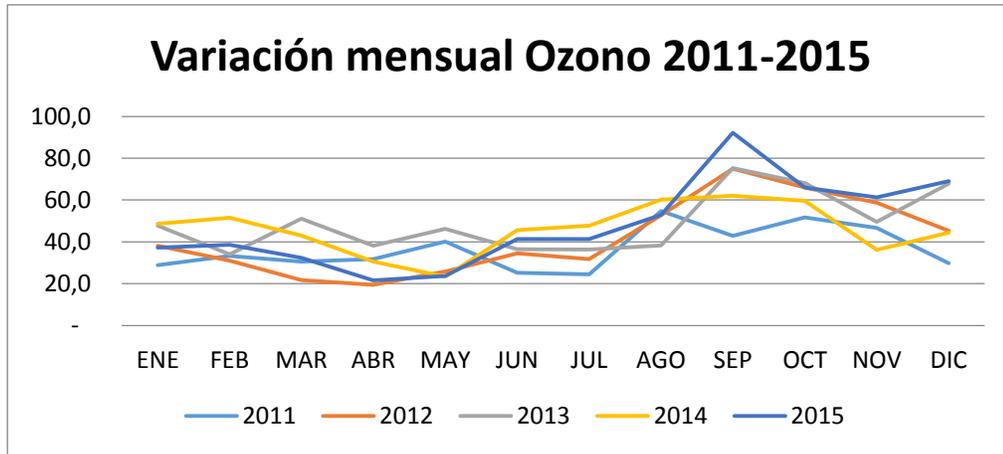


Gráfico N° 16: Variación Mensual Ozono
 Fuente: EMOV EP 2015

De los promedios mensuales entre los años 2011 al 2015, podemos observar en la siguiente figura:

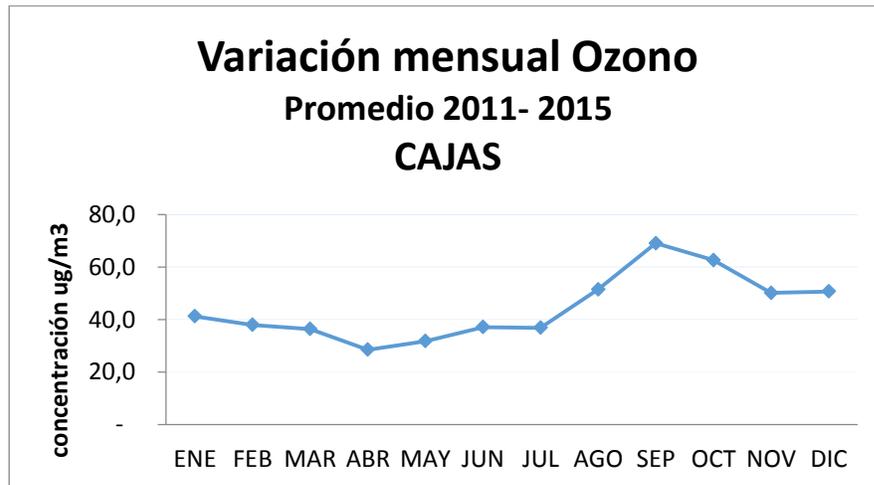


Gráfico N° 17: Variación mensual ozono promedio 2011-2015
 Fuente: EMOV EP 2015

Los promedios mensuales presentan mucha variación, por lo que no se puede establecer una tendencia.

- El valor mínimo se produce en el mes de abril (28.5) y el valor máximo en el mes de septiembre (69.1).

En la siguiente figura, se presenta, como ejemplo la variación mensual de los registros de la estación Burines en el año 2013.

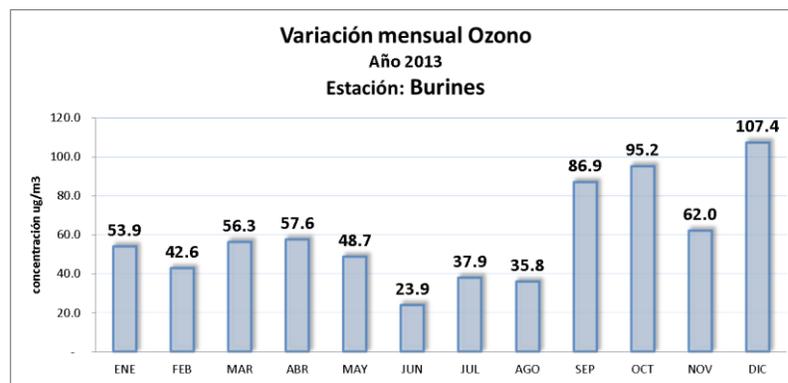


Gráfico N° 18: Variación mensual Ozono año 2013 Estación Burines
Fuente: EMOV EP 2015

Nota: Las variaciones mensuales para los años 2011 al 2015, de cada una de las estaciones se incluyen en el anexo 3.

3.2.2. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

Estación	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio anual
Tres Cruces	6.30	4.84	5.85	5.94	4.49	5.48
Toreadora	5.39	3.33	4.63	4.53	2.64	4.10
Quinoas	10.96	8.49	12.08	12.17	10.68	10.88
Llaviuco	4.80	2.50	3.39	3.90	1.25	3.17
Burines	2.25	2.00	3.27	2.14	n/r	2.41
Mazán	1.91	1.89	3.34	3.21	n/r	2.59
Promedio Cajas	5.27	3.84	5.43	5.32	4.77	4.93

* n/r: no existe registro de información

Gráfico N° 19: NO₂: Valores durante los años 2011 al 2015
 Fuente: EMOV EP 2015

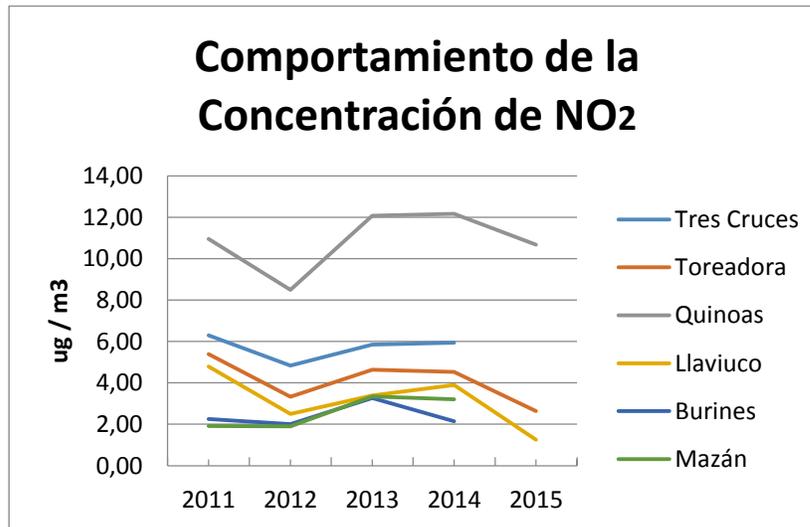
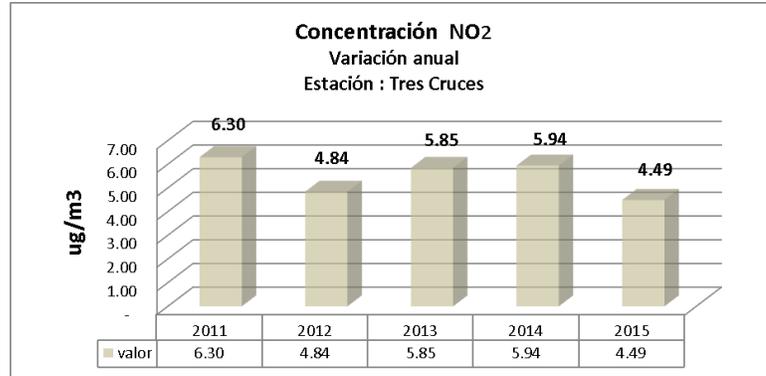
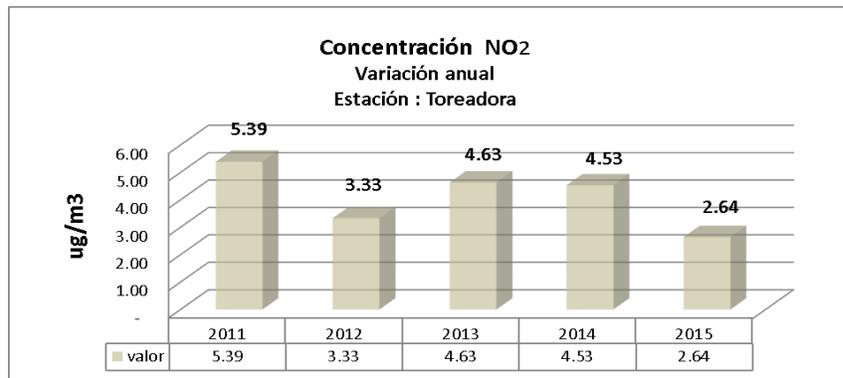


Gráfico N° 20: Variación anual de emisiones de NO₂ en El Cajas
 Fuente: EMOV EP 2015

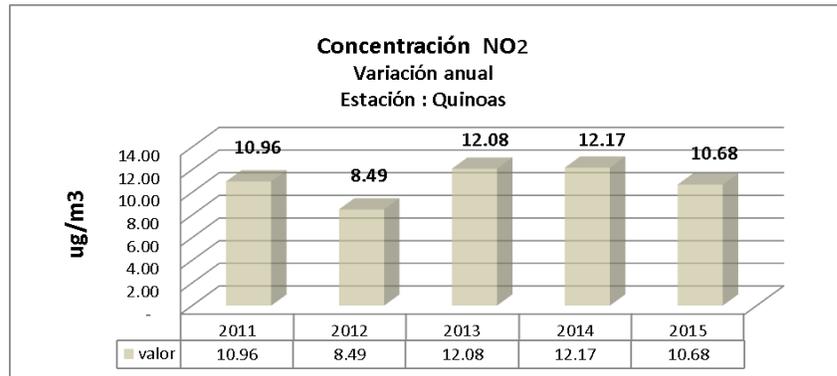
Comportamiento de NO₂ en cada una de las estaciones del Cajas



**Gráfico N° 21: Concentración NO₂ Estación: Tres cruces
 Fuente: EMOV EP 2015**



**Gráfico N° 22: Concentración NO₂ Estación: Toreadora
 Fuente: EMOV EP 2015**



**Gráfico N° 23: Concentración NO₂ Estación: Quinoas
 Fuente: EMOV EP 2015**

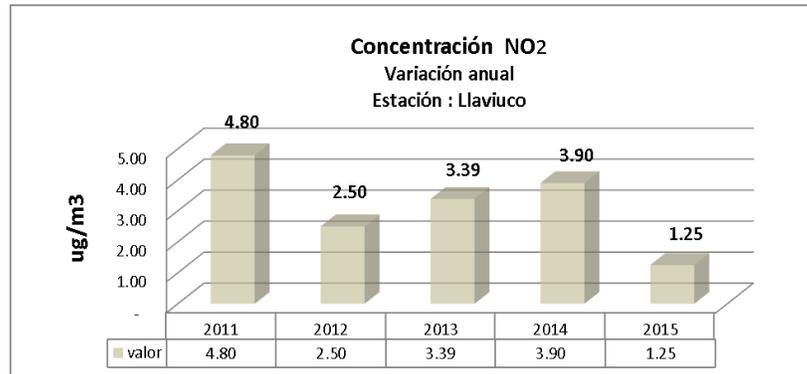


Gráfico N° 24: Concentración NO₂ Estación: Llaviuco
 Fuente: EMOV EP 2015

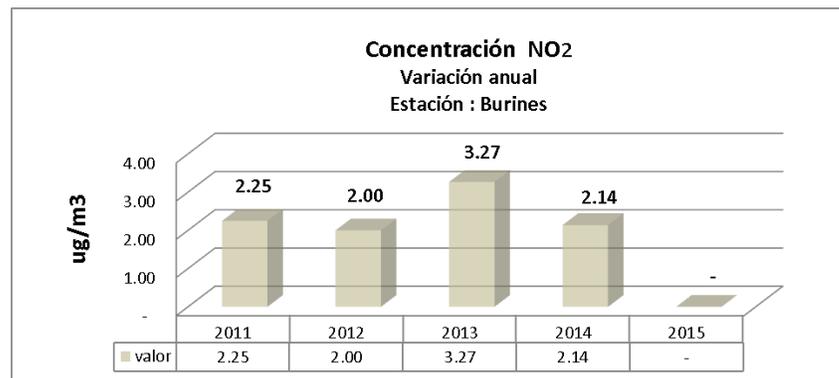


Gráfico N° 25: Concentración NO₂ Estación: Burines
 Fuente: EMOV EP 2015



Gráfico N° 26: Concentración NO₂ Estación: Mazán
 Fuente: EMOV EP 2015

Valores máximos y mínimos para cada año

Los valores máximos y mínimos de todos los registros, son:

El menor valor es de 1.25 ug/m^3 y se registró en el año 2015 en la estación Llaviuco

El mayor valor es de 12.17 ug/m^3 y se registró en el año 2014 en la estación Quinoas

Revisando los datos para cada uno de los años:

- Año 2011:
 - Mínima: 1.91 ug/m^3 , Estación Mazán
 - Máxima: 10.96 ug/m^3 , Estación Quinoas
- Año 2012:
 - Mínima: 1.89 ug/m^3 , Estación Mazán
 - Máxima: 8.49 ug/m^3 , Estación Quinoas
- Año 2013:
 - Mínima: 3.27 ug/m^3 , Estación Burines
 - Máxima: 12.08 ug/m^3 , Estación Quinoas
- Año 2014:
 - Mínima: 2.14 ug/m^3 , Estación Burines
 - Máxima: 12.17 ug/m^3 , Estación Quinoas
- Año 2015:
 - Mínima: 1.25 ug/m^3 , Estación Llaviuco
 - Máxima: 10.68 ug/m^3 , Estación Quinoas

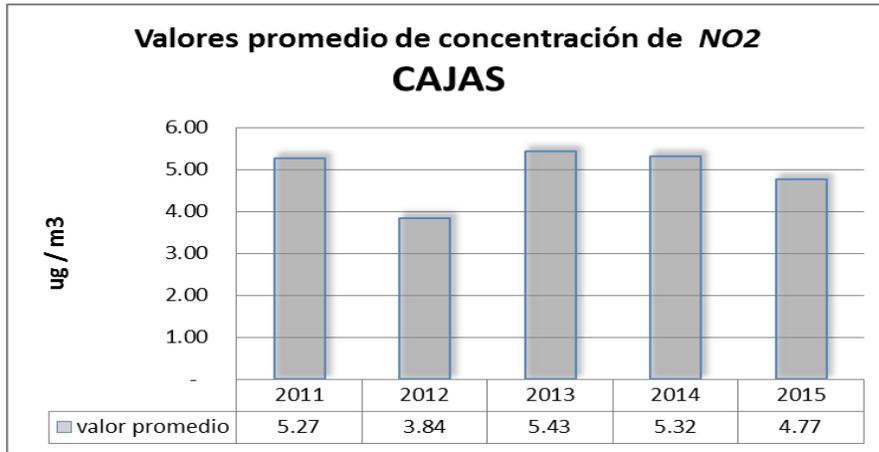


Gráfico N° 27: Comparación de los valores promedios por año NO₂
 Fuente: EMOV EP 2015

Se puede apreciar que los valores se mantienen cercano a 5, excepto en el año 2012.

El menor valor promedio anual 3.84ug/m³ se produjo en el año 2012

El mayor valor promedio anual en el año 2013 con un valor de 5.43 ug/m³

La mediana es 5.27 ug/m³, los años 2012 y 2015 registran valores que están por debajo la mediana.

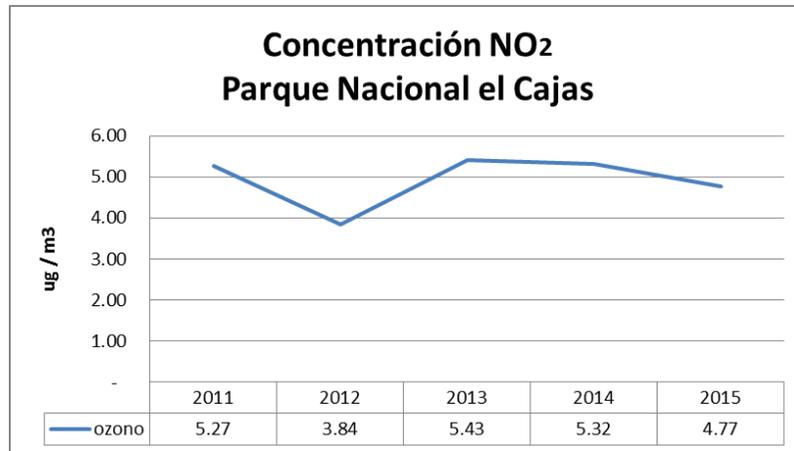


Gráfico N° 28: Concentración NO₂ 2011-2015
 Fuente: EMOV EP 2015

La concentración de NO₂ en ug/m³ en el año 2015 tiene un decrecimiento del 9% sobre el valor del 2011.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
2011	13.2	12.1	8.6	6.6	6.5	3.4	3.0	3.0	5.4	5.9	5.5	3.1	5.3
2012	5.2	2.5	4.1	4.3	3.7	1.9	4.7	5.5	3.0	3.8	4.3	3.2	3.8
2013	5.4	4.4	5.1	5.3	5.6	3.4	10.1	4.3	5.4	4.9	5.2	6.0	5.4
2014	8.0	5.9	3.9	5.0	5.3	3.5	4.5	4.5	7.6	6.4	3.9	5.5	5.3
2015	3.0	4.2	3.6	6.3	4.2	2.8	3.2	5.8	4.9	6.5	8.0	5.1	4.8
Prom	6.8	5.5	4.9	5.4	5.0	3.0	5.4	4.6	5.3	5.4	5.2	4.5	5.1

Gráfico N° 29: Valores promedio mensuales de NO₂ en el CAJAS
Fuente: EMOV EP 2015

Los registros mínimos y máximos en cada uno de los años, se presentan en la siguiente tabla.

Año	min	mes	max	mes	mediana
2011	3.0	JUL- AGO	13.2	ENE	5.7
2012	1.9	JUN	5.5	AGO	3.9
2013	3.4	JUN	10.1	JUL	5.2
2014	3.5	JUN	8.0	ENE	5.1
2015	2.8	JUN	8.0	NOV	4.5
Prom	3.0	JUN	6.8	ENE	5.2

Gráfico N° 30: Valores máximos y mínimos de NO₂ registrados
De 2011-2015
Fuente: EMOV EP 2015

Los valores mínimos se producen entre los meses de junio, excepto en el año 2011 que se presentaron en julio y agosto.

- Los valores máximos se producen en diferentes meses.
- En el año 2015, la mediana de los registros promedios anuales ha sufrido un decremento del 21.05%, respecto a la mediana del año 2011

En las siguientes figuras podemos apreciar el comportamiento de los registros anuales promedios durante los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015.

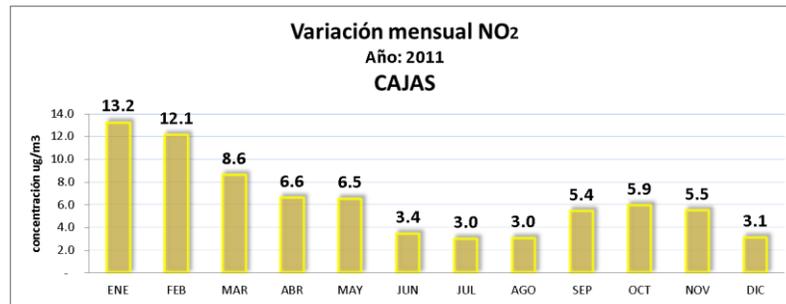


Gráfico N° 31: Variaciones Mensuales NO₂ año 2011
Fuente: EMOV EP 2015

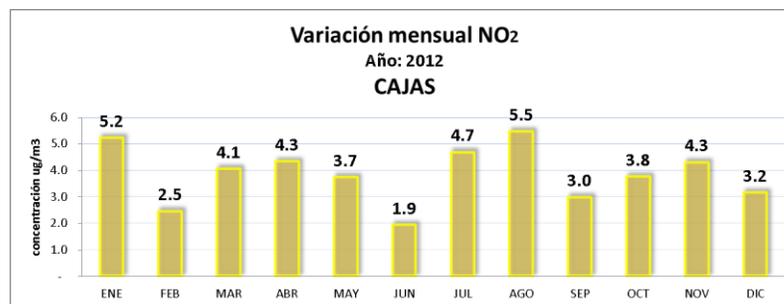


Gráfico N° 32: Variaciones Mensuales NO₂ año 2012
Fuente: EMOV EP 2015

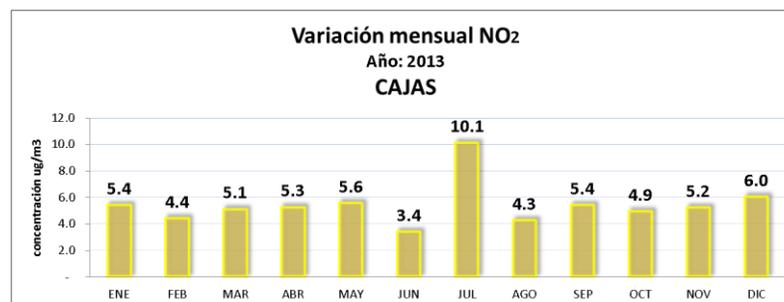


Gráfico N° 33: Variaciones Mensuales NO₂ año 2013
Fuente: EMOV EP 2015

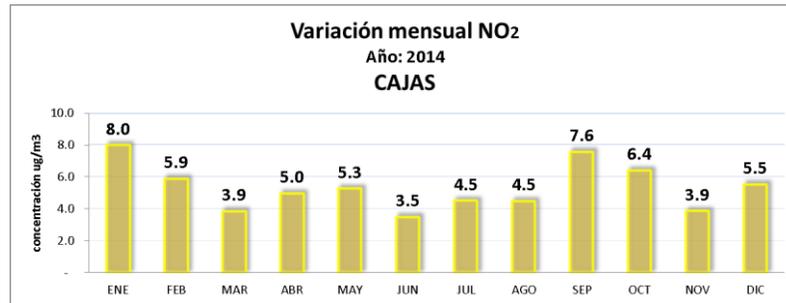


Gráfico N° 34: Variaciones Mensuales NO₂ año 2014
 Fuente: EMOV EP 2015

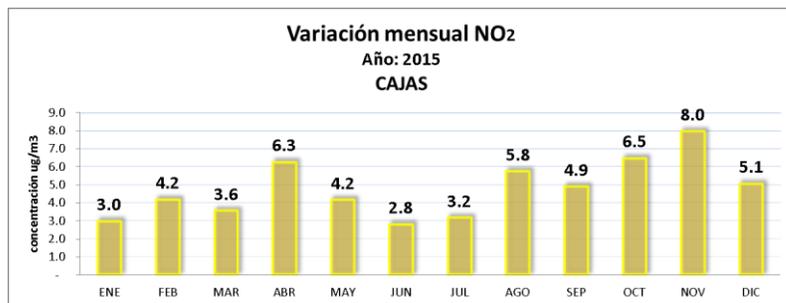


Gráfico N° 35: Variaciones Mensuales NO₂ año 2015
 Fuente: EMOV EP 2015

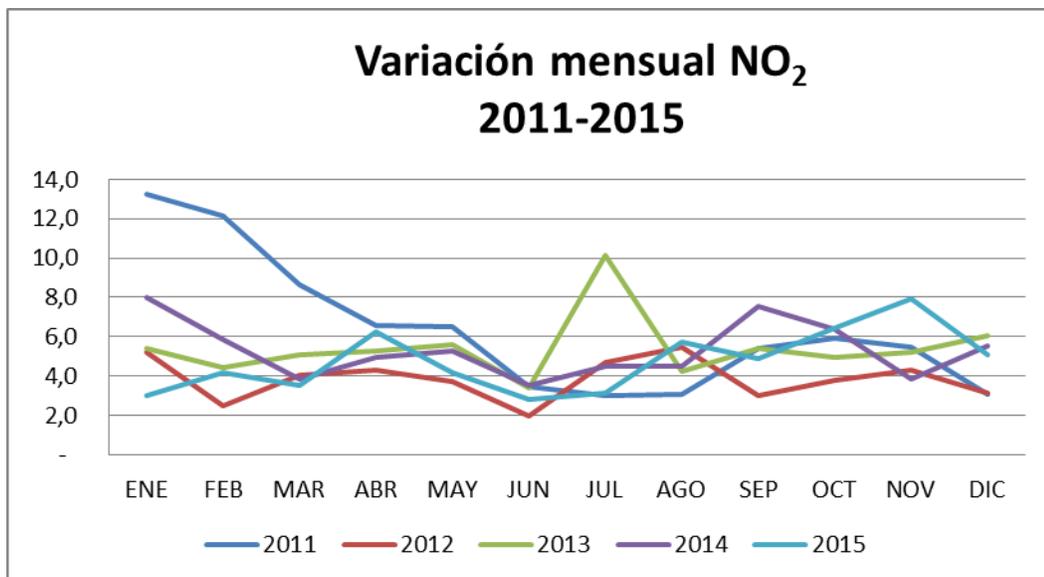


Gráfico N° 36: Variación mensual NO₂
 Fuente: EMOV EP 2015

De los promedios mensuales entre los años 2011 al 2015, podemos observar en la siguiente figura:

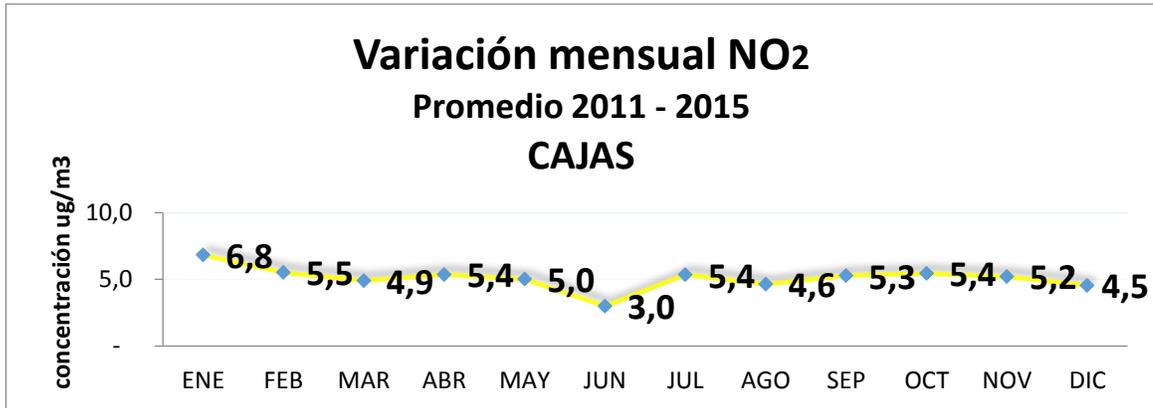


Gráfico N° 37: Variación mensual NO₂ promedio 2011-2015

Fuente: EMOV EP 2015

Los promedios mensuales presentan mucha variación, por lo que no se puede establecer una tendencia.

- El valor mínimo se produce en el mes de junio (3.0) y el valor máximo en el mes de enero (6.8).

En la siguiente figura, se presenta, como ejemplo la variación mensual de los registros de la estación Burines en el año 2014.

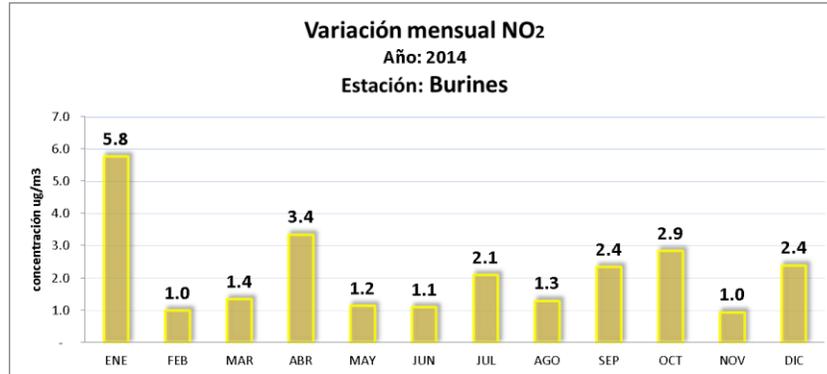


Gráfico N° 38: Variación mensual NO₂ año 2014 Estación Burines
 Fuente: EMOV EP 2015

Nota: Las variaciones mensuales para los años 2011 al 2015, de cada una de las estaciones se incluyen en el anexo 3.

3.2.3. DIOXIDO DE AZUFRE (SO₂)

Estación	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio anual
Tres Cruces	9.80	4.30	3.01	6.07	7.41	6.12
Toreadora	4.40	4.25	3.58	5.20	5.06	4.50
Quinoas	5.90	4.39	5.32	8.16	14.17	7.59
Llaviuco	5.50	4.27	3.11	4.65	4.18	4.34
Burines	n/r	2.94	3.30	3.97	n/r	3.40
Mazán	n/r	3.10	2.93	4.44	n/r	3.49
Promedio Cajas	6.40	3.87	3.54	5.42	7.70	5.13

* n/r: no existe registro de información

Gráfico N° 39: Valores SO₂ durante los años 2011 al 2015
 Fuente: EMOV EP 2015

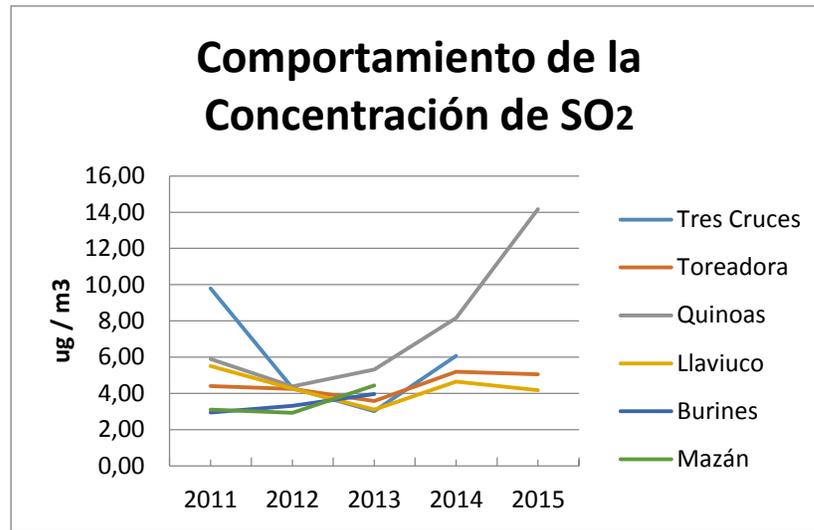


Gráfico N° 40: Variación anual de emisiones de SO₂ en El Cajas
 Fuente: EMOV EP 2015

Comportamiento de SO₂ en cada una de las estaciones del Cajas

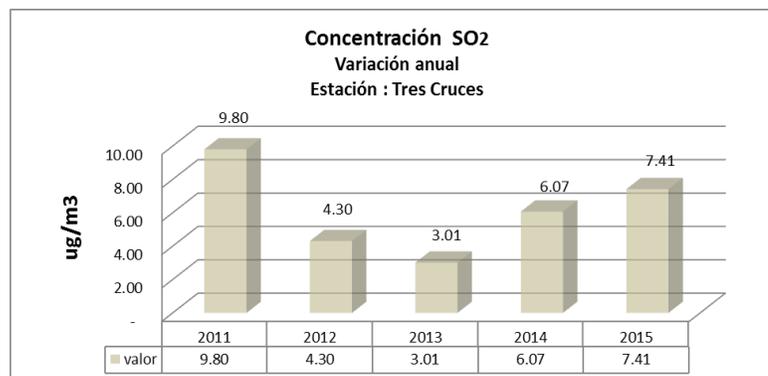


Gráfico N° 41: Concentración SO₂ Tres Cruces
 Fuente: EMOV EP 2015

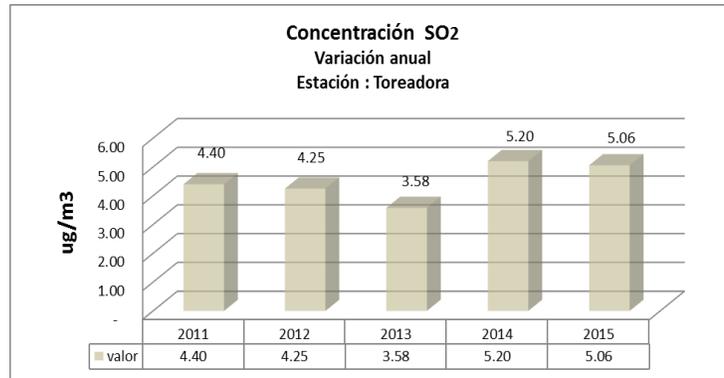


Gráfico N° 42: Concentración SO₂ Toreadora
 Fuente: EMOV EP 2015

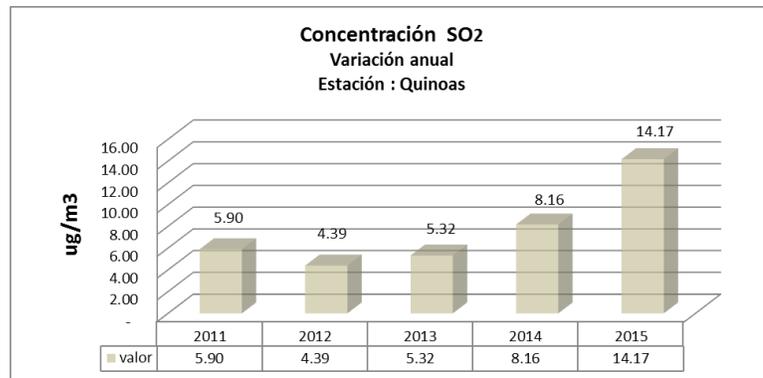


Gráfico N° 43: Concentración SO₂ Quinoas
 Fuente: EMOV EP 2015

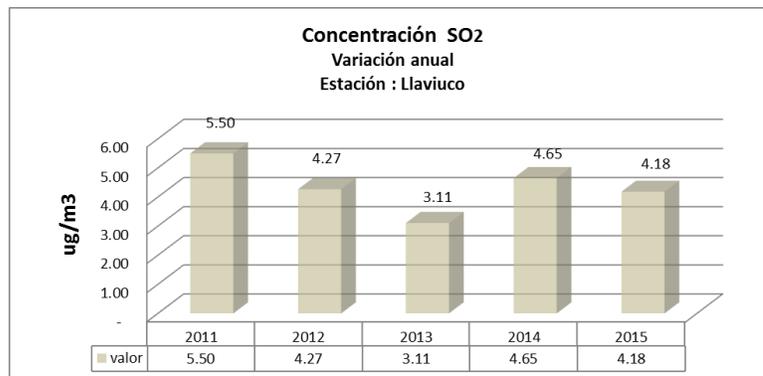


Gráfico N° 44: Concentración SO₂ Llaviuco
 Fuente: EMOV EP 2015

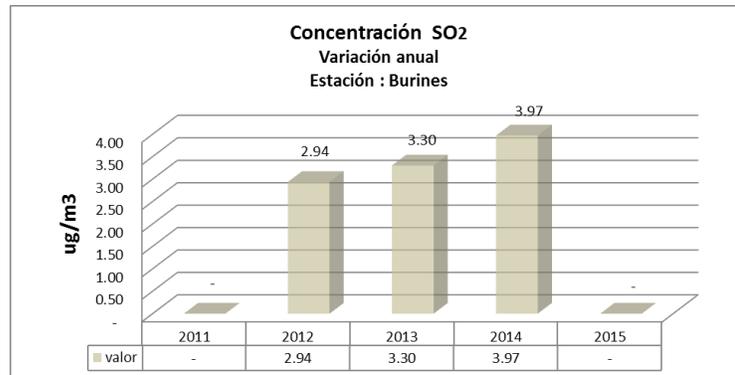


Gráfico N° 45: Concentración SO₂ Burines
Fuente: EMOV EP 2015



Gráfico N° 46: Concentración SO₂ Mazán
Fuente: EMOV EP 2015

Valores máximos y mínimos para cada año

Los valores máximos y mínimos de todos los registros, son:

El menor valor es de 2.93 ug/m³ y se registró en el año 2013 en la estación Mazán

El mayor valor es de 14.17 ug/m³ y se registró en el año 2015 en la estación Quinoas

Revisando los datos para cada uno de los años:

- Año 2011:
 - Mínima: 4.40 ug/m³, Estación Toreadora
 - Máxima: 9.80 ug/m³, Estación Tres Cruces
- Año 2012:
 - Mínima: 2.94 ug/m³, Estación Burines
 - Máxima: 4.39 ug/m³, Estación Quinoas
- Año 2013:
 - Mínima: 2.93 ug/m³, Estación Mazán
 - Máxima: 5.32 ug/m³, Estación Quinoas
- Año 2014:
 - Mínima: 3.97 ug/m³, Estación Burines
 - Máxima: 8.16 ug/m³, Estación Quinoas
- Año 2015:
 - Mínima: 4.18 ug/m³, Estación Llaviuco
 - Máxima: 14.17 ug/m³, Estación Quinoas

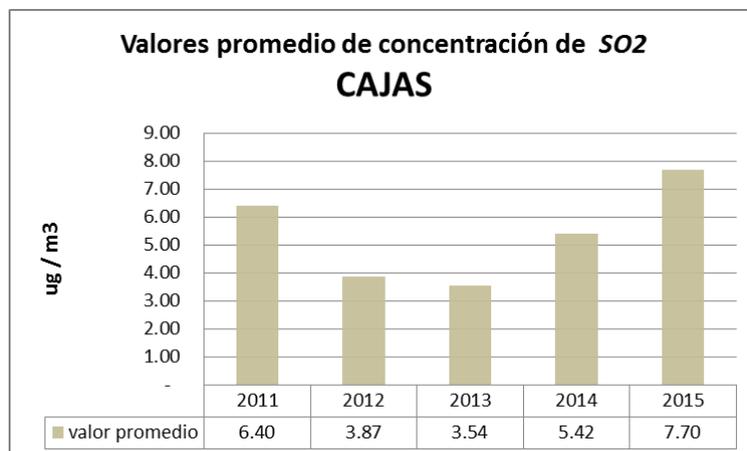


Gráfico N° 47: Comparación de los valores promedios por año SO₂
Fuente: EMOV EP 2015

- Se puede apreciar que los valores han crecido en estos años.
- El menor valor promedio anual 3.54 ug/m^3 se produjo en el año 2013
- El mayor valor promedio anual en el año 2015 con un valor de 7.70 ug/m^3
- La mediana es 5.42 ug/m^3 , los años 2012 y 2013 registran valores que están por debajo de la mediana.

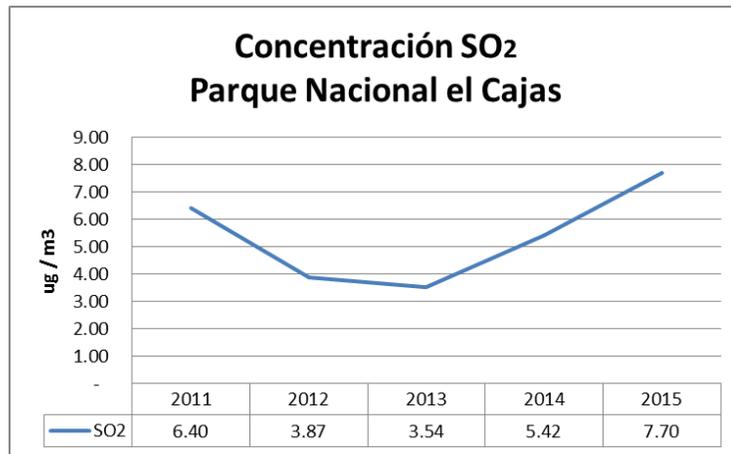


Gráfico N° 48: Concentración SO₂ 2011-2015
Fuente: EMOV EP 2015

La concentración de SO₂ en ug/m^3 en el año 2015 tiene un crecimiento del 20% sobre el valor del 2011.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
2011	5.8	4.5	5.8	3.7	12.3	11.4	5.2	4.5	6.1	5.6	6.0	2.3	6.4
2012	3.0	3.4	4.6	3.8	4.5	4.4	4.2	4.1	4.5	1.1	4.3	4.9	3.9
2013	2.2	5.6	5.9	2.4	3.2	4.1	2.9	4.8	2.9	2.0	4.3	2.1	3.5
2014	2.8	n/r	2.7	3.1	3.7	1.6	15.0	3.4	3.1	9.8	n/r	4.9	5.4
2015	3.9	7.8	4.1	3.7	5.1	5.6	10.1	11.3	10.4	17.4	7.1	n/r	7.7
Prom	3.4	4.0	4.7	3.2	5.4	5.1	7.4	5.3	5.0	5.6	3.9	3.6	5.1

Gráfico N° 49: Valores promedio mensuales de SO₂ en el CAJAS
Fuente: EMOV EP 2015

Año	min	mes	max	mes	mediana
2011	2.3	DIC	12.3	MAY	5.7
2012	1.1	OCT	4.9	DIC	4.3
2013	2.0	OCT	5.9	MAR	3.1
2014	1.6	JUN	15.0	JUL	3.2
2015	3.7	ABR	17.4	OCT	7.1
Prom	3.2	JUN	7.4	ENE	4.9

Gráfico N° 50: Valores máximos y mínimos de SO₂ registrados De 2011-2015

Fuente: EMOV EP 2015

- Los valores mínimos se producen en diferentes meses del año.
- Los valores máximos se producen en diferentes meses.
- En el año 2015, la mediana de los registros promedios anuales ha sufrido un incremento del 24.56%, respecto a la mediana del año 2011

En las siguientes figuras podemos apreciar el comportamiento de los registros anuales promedios durante los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015.

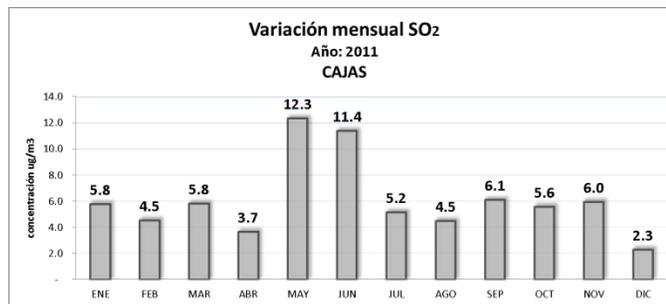


Gráfico N° 51: Variaciones Mensuales SO₂ año 2011

Fuente: EMOV EP 2015

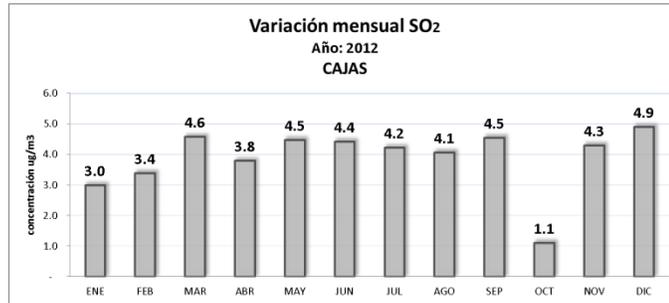


Gráfico N° 52: Variaciones Mensuales SO₂ año 2012
Fuente: EMOV EP 2015

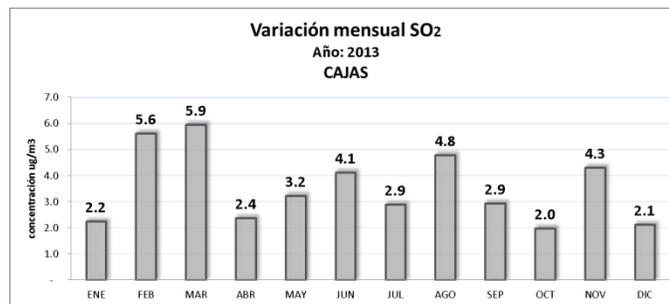


Gráfico N° 53: Variaciones Mensuales SO₂ año 2013
Fuente: EMOV EP 2015

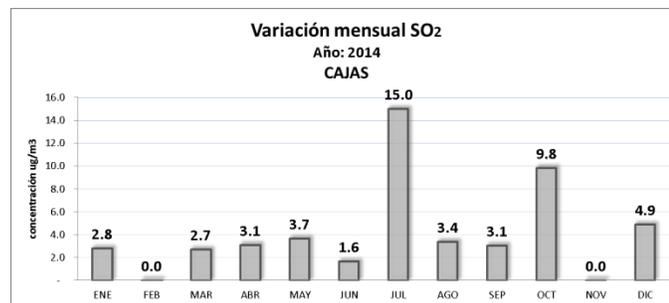


Gráfico N° 54: Variaciones Mensuales SO₂ año 2014
Fuente: EMOV EP 2015

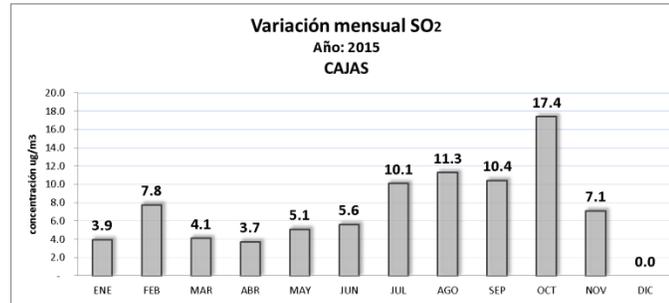


Gráfico N° 55: Variaciones Mensuales SO₂ año 2015
Fuente: EMOV EP 2015

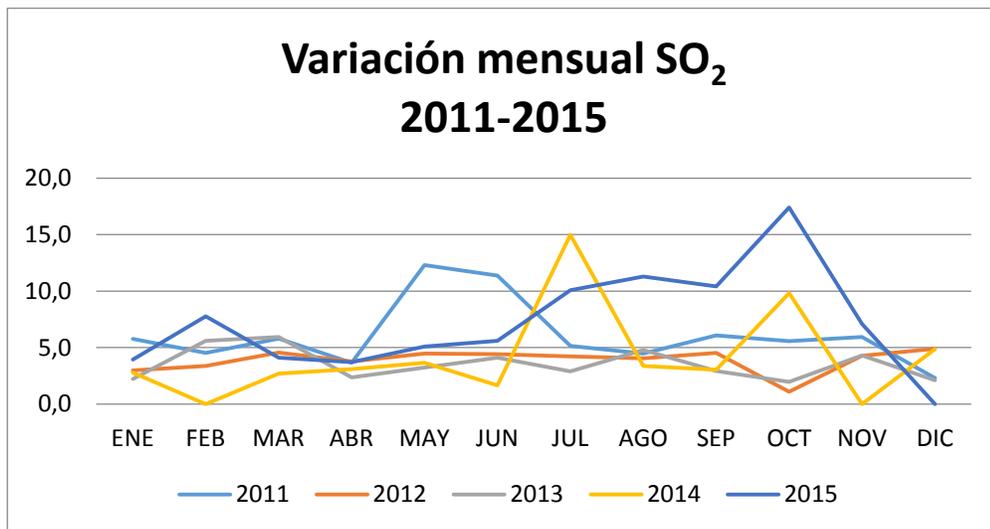


Gráfico N° 56: Variación mensual SO₂
Fuente: EMOV EP 2015

De los promedios mensuales entre los años 2011 al 2015, podemos observar en la siguiente figura:

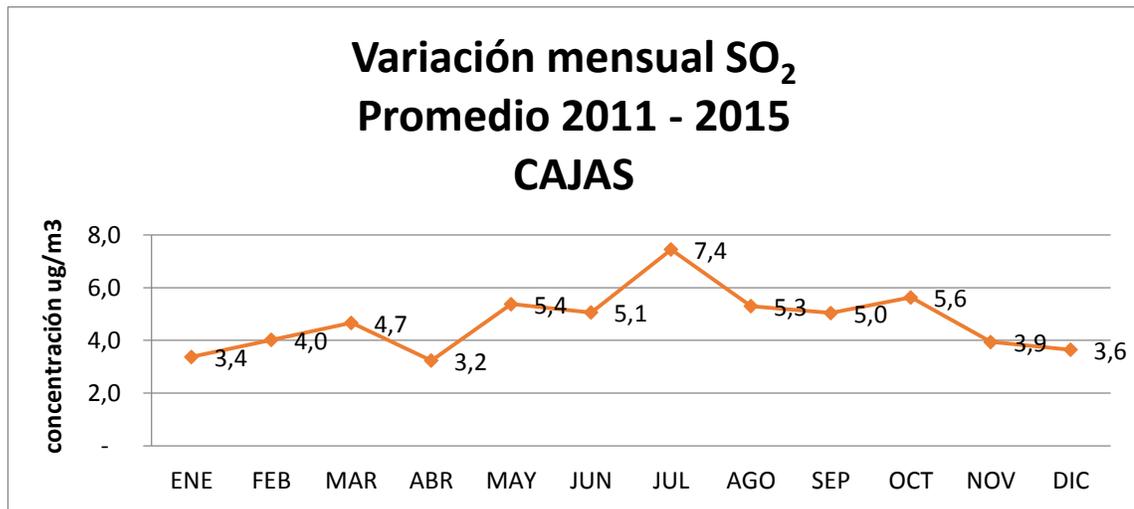


Gráfico N° 57: Variación mensual SO₂ promedio 2011-2015
Fuente: EMOV EP 2015

Los promedios mensuales presentan mucha variación, por lo que no se puede establecer una tendencia.

- El valor mínimo se produce en el mes de abril (3.2) y el valor máximo en el mes de julio (7.4).

En la siguiente figura, se presenta, como ejemplo la variación mensual de los registros de la estación Burines en el año 2013.

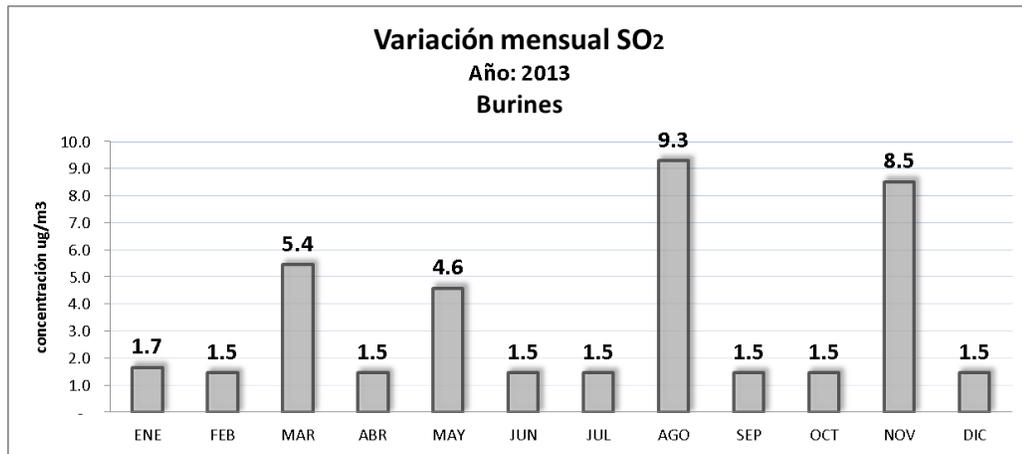


Gráfico N° 58: Variación mensual SO₂ año 2013 Burines
 Fuente: EMOV EP 2015

Nota: Las variaciones mensuales para los años 2011 al 2015, de cada una de las estaciones se incluyen en el anexo 3.

3.2.4. MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE (PM)

Estación	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio anual
Tres Cruces	0.12	0.15	0.18	0.10	0.13	0.14
Toreadora	0.11	0.12	0.09	0.07	0.10	0.10
Quinoas	0.20	0.19	0.21	0.21	0.27	0.22
Llaviuco	0.10	0.14	0.11	0.09	0.13	0.12
Burines	0.09	0.15	0.13	0.07	n/r	0.11
Mazán	0.08	0.11	0.10	0.14	n/r	0.11
Promedio Cajas	0.12	0.14	0.14	0.11	0.16	0.13

* n/r: no existe registro de información

Gráfico N° 59: Valores durante los años 2011 al 2015
 Fuente: EMOV EP 2015

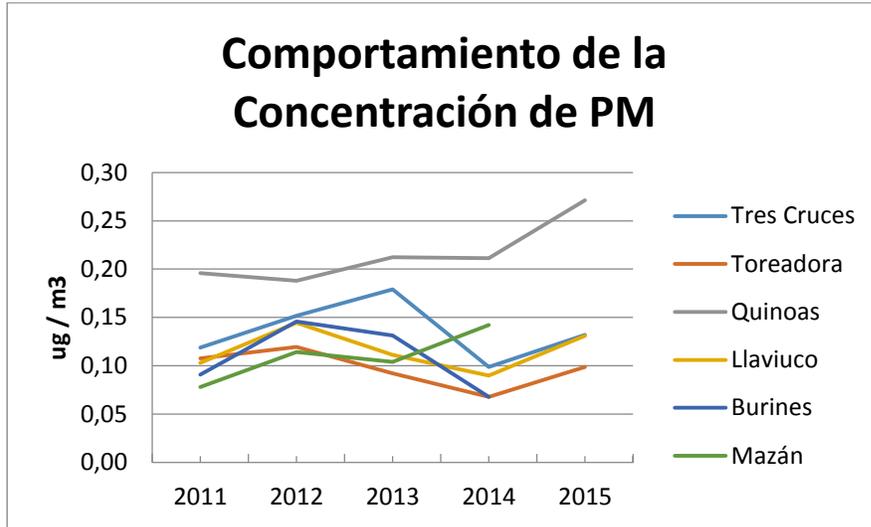


Gráfico N° 60: Variación anual de emisiones de PM en El Cajas
 Fuente: EMOV EP 2015

Comportamiento de PM en cada una de las estaciones del Cajas

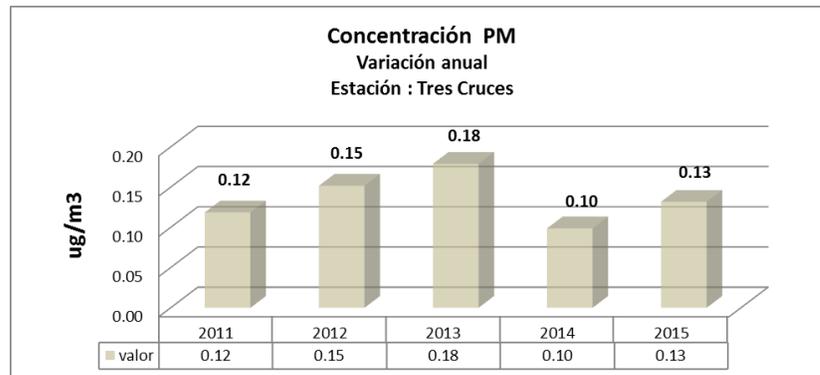


Gráfico N° 61: Concentración PM Tres Cruces
 Fuente: EMOV EP 2015

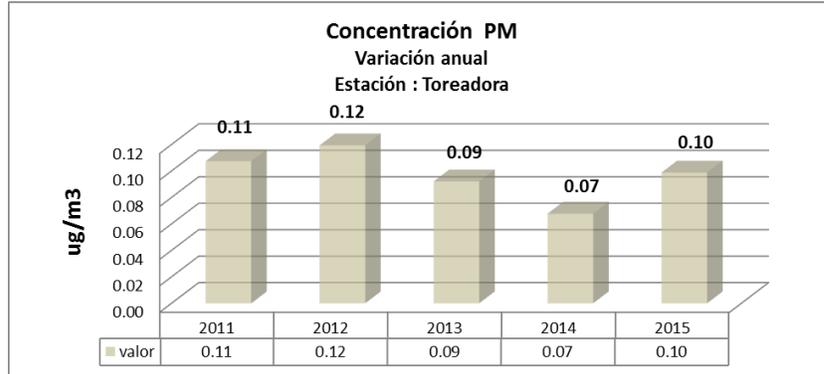


Gráfico N° 62: Concentración PM Toreadora
 Fuente: EMOV EP 2015

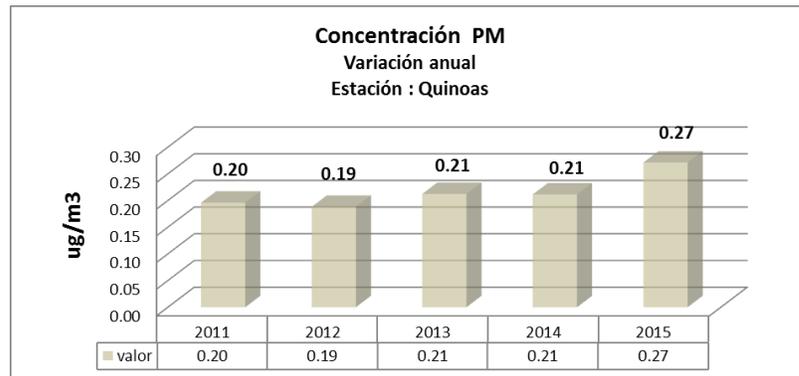


Gráfico N° 63: Concentración PM Quinoas
 Fuente: EMOV EP 2015

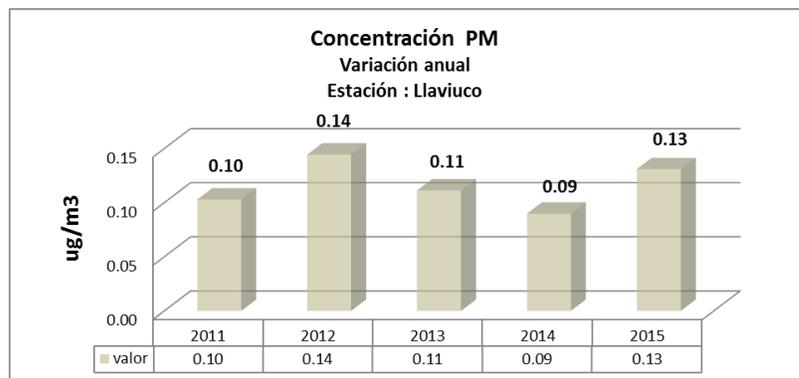


Gráfico N° 64: Concentración PM Llaviuco
 Fuente: EMOV EP 2015

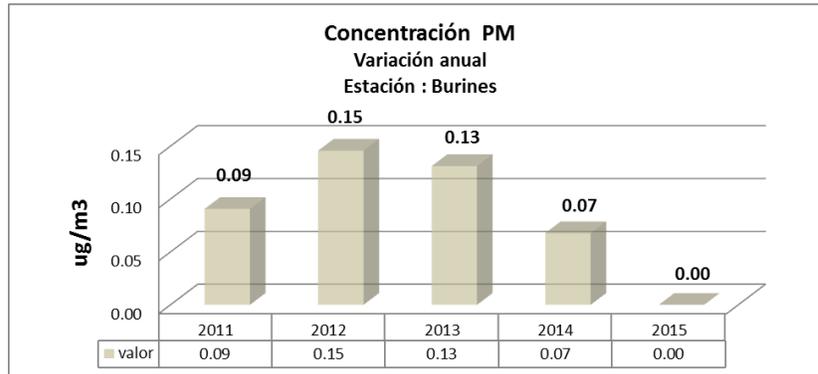


Gráfico N° 65: Concentración PM Burines
Fuente: EMOV EP 2015

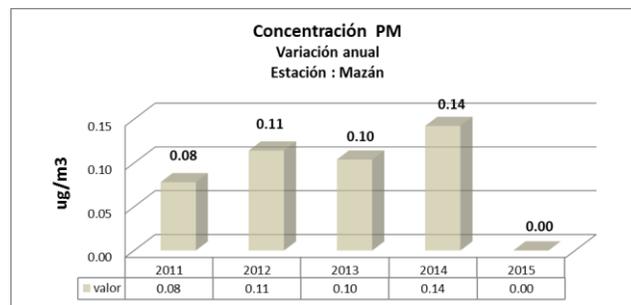


Gráfico N° 66: Concentración PM Mazán
Fuente: EMOV EP 2015

Valores máximos y mínimos para cada año

Los valores máximos y mínimos de todos los registros, son:

El menor valor es de 0.07 ug/m^3 y se registró en el año 2014 en la estación Toreadora

El mayor valor es de 0.27 ug/m^3 y se registró en el año 2015 en la estación Quinoas

Revisando los datos para cada uno de los años:

- Año 2011:
 - Mínima: 0.08 ug/m^3 , Estación Mazán
 - Máxima: 0.20 ug/m^3 , Estación Quinoas

- Año 2012:
 - Mínima: 0.11 ug/m^3 , Estación Mazán
 - Máxima: 0.19 ug/m^3 , Estación Quinoas
- Año 2013:
 - Mínima: 0.09 ug/m^3 , Estación Toreadora
 - Máxima: 0.21 ug/m^3 , Estación Quinoas
- Año 2014:
 - Mínima: 0.07 ug/m^3 , Estación Toreadora
 - Máxima: 0.21 ug/m^3 , Estación Quinoas
- Año 2015:
 - Mínima: 0.10 ug/m^3 , Estación Toreadora
 - Máxima: 0.27 ug/m^3 , Estación Quinoas

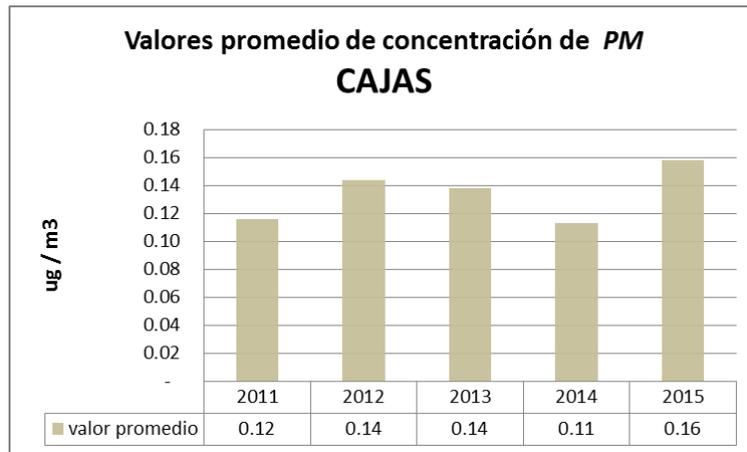


Gráfico N° 67: Comparación de los valores promedios por año PM
Fuente: EMOV EP 2015

El menor valor promedio anual 0.11 ug/m^3 se produjo en el año 2014

El mayor valor promedio anual en el año 2015 con un valor de 0.16 ug/m^3

La mediana es 0.14 ug/m^3 , los años 2011 y 2014 registran valores que están por debajo de esta.

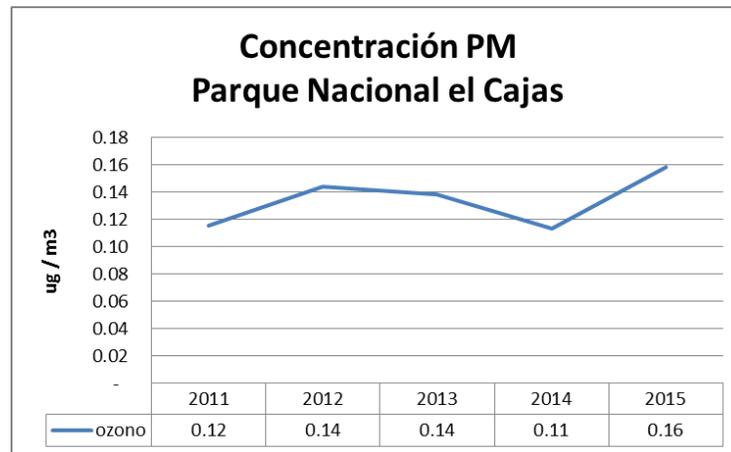


Gráfico N° 68: Concentración PM 2011-2015
Fuente: EMOV EP 2015

La concentración de PM en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2015 tiene un decrecimiento del 37% sobre el valor del 2011.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
2011	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2012	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2013	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1
2014	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
2015	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
Prom	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1

Gráfico N° 69: Valores promedio mensuales de PM en el CAJAS
Fuente: EMOV EP 2015

Año	min	mes	max	mes	mediana
2011	0.1	ABR	0.3	JUN	0.10
2012	0.1	FEB	0.3	MAR	0.13
2013	0.1	JUN	0.3	OCT	0.14
2014	0.0	JUL	0.2	ENE	0.10
2015	0.1	SEP	0.3	JUN	0.13
Prom	0.1	ABR	0.2	MAR	0.14

Gráfico N° 70: Valores máximos y mínimos de PM registrados de 2011-2015
Fuente: EMOV EP 2015

- Los valores mínimos se producen en diferentes meses del año.
- Los valores máximos se producen en diferentes meses.
- En el año 2015, la mediana de los registros promedios anuales ha sufrido un incremento del 35.52%, respecto a la mediana del año 2011

En las siguientes figuras podemos apreciar el comportamiento de los registros anuales promedios durante los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015.

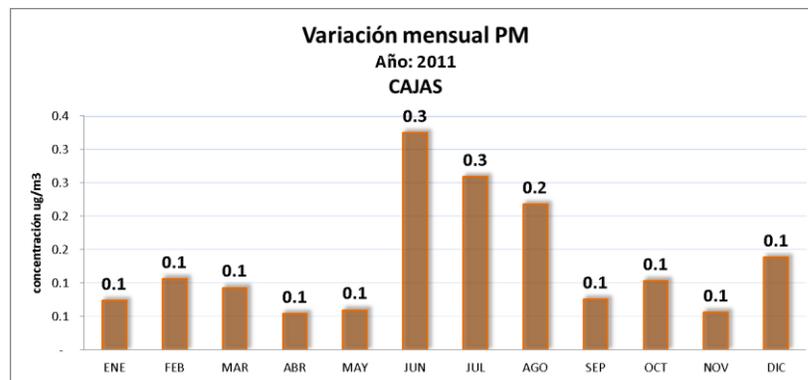


Gráfico N° 71: Variaciones Mensuales PM año 2011
Fuente: EMOV EP 2015

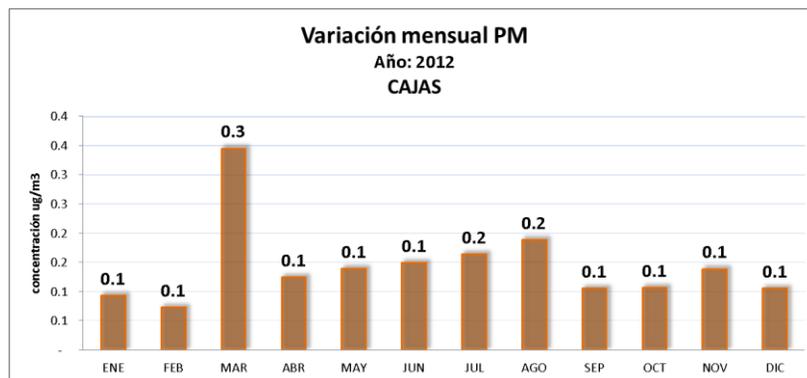


Gráfico N° 72: Variaciones Mensuales PM año 2012
Fuente: EMOV EP 2015

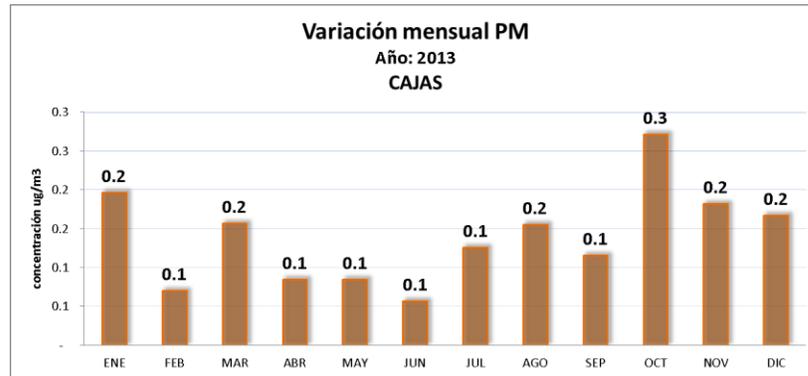


Gráfico N° 73: Variaciones Mensuales PM año 2013
Fuente: EMOV EP 2015

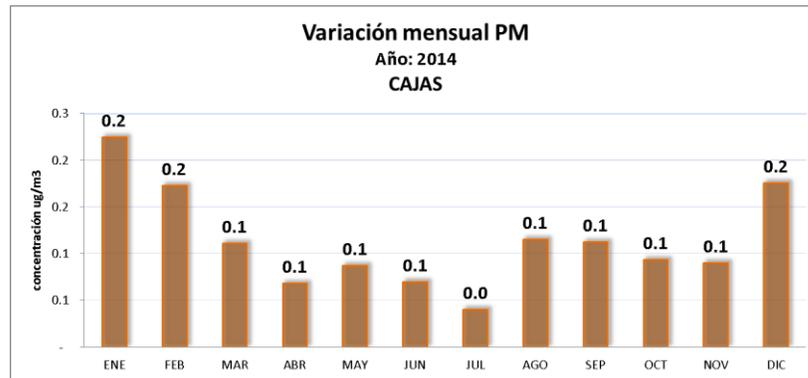


Gráfico N° 74: Variaciones Mensuales PM año 2014
Fuente: EMOV EP 2015

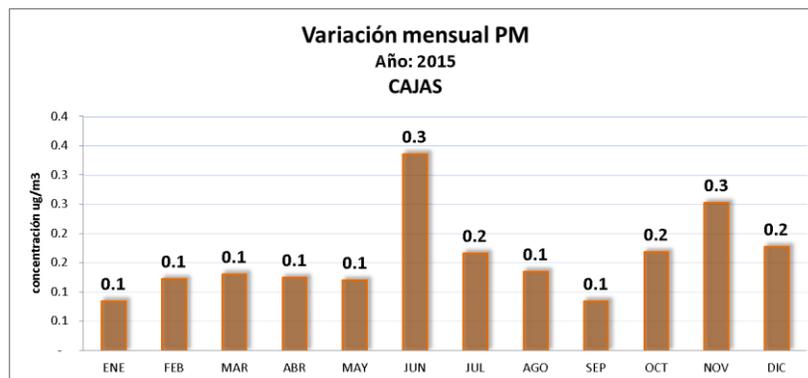


Gráfico N° 75: Variaciones Mensuales PM año 2015
Fuente: EMOV EP 2015

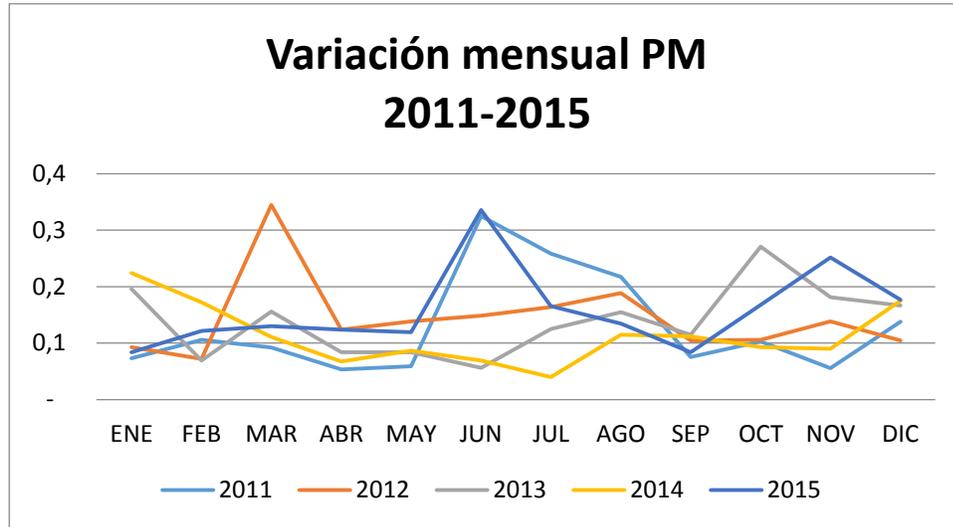


Gráfico N° 76: Variación mensual PM
Fuente: EMOV EP 2015

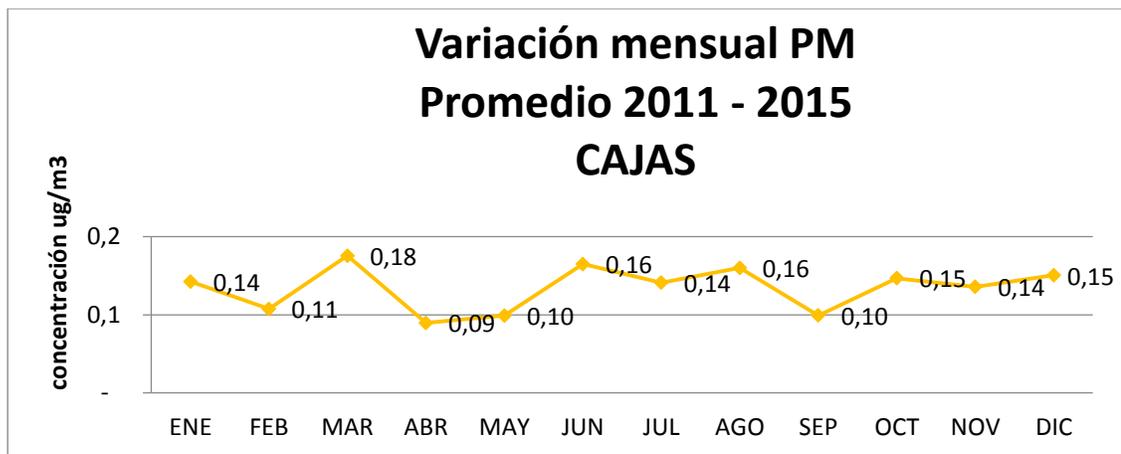


Gráfico N° 77: Variación mensual PM promedio 2011-2015
Fuente: EMOV EP 2015

Los promedios mensuales presentan mucha variación, por lo que no se puede establecer una tendencia.

- El valor mínimo se produce en el mes de abril (0.09) y el valor máximo en el mes de marzo (0.18).

En la siguiente figura, se presenta, como ejemplo la variación mensual de los registros de la estación Mazán en el año 2014.

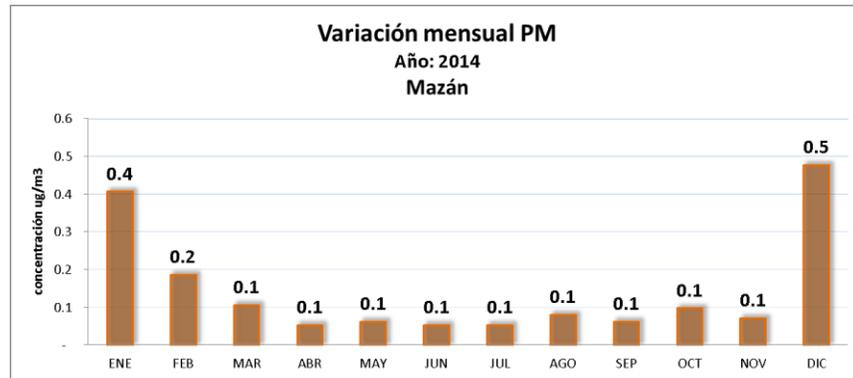


Gráfico N° 78: Variación mensual PM año 2014 Mazán
Fuente: EMOV EP 2015

Nota: Las variaciones mensuales para los años 2011 al 2015, de cada una de las estaciones se incluyen en el anexo 3.

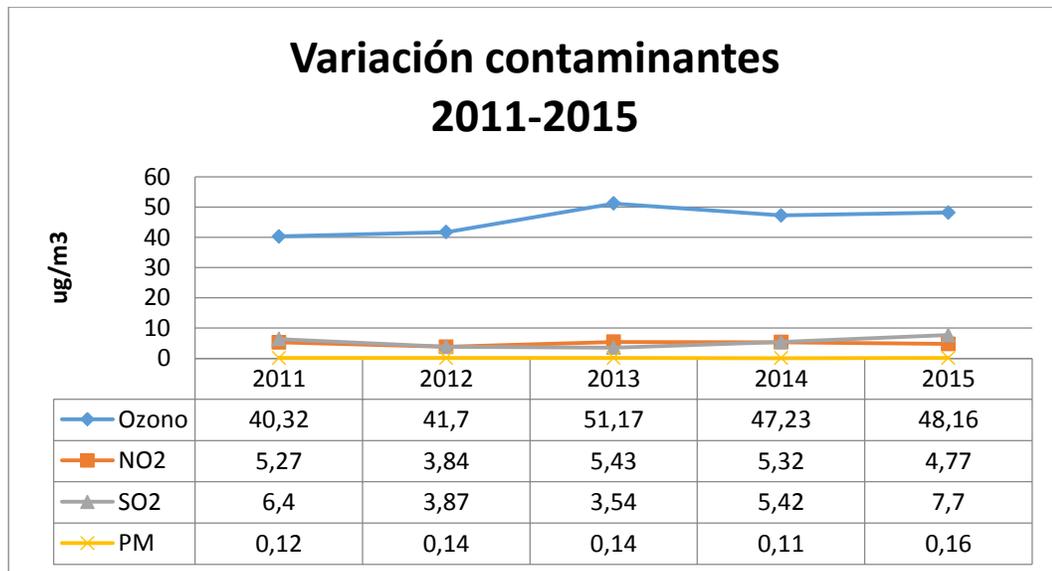


Gráfico N° 79: Variación anual contaminantes analizados del 2011-2015
Fuente: EMOV EP 2015

- Como se puede observar en el gráfico N° 79 el ozono es el contaminante que mayor incremento de concentración tuvo en el período de estudio. Tanto este

contaminante como SO_2 y PM tienen una tendencia a aumentar para el 2015 en relación al año 2011. El registro de NO_2 es el único que presenta disminución en el 2015 relación al 2011.

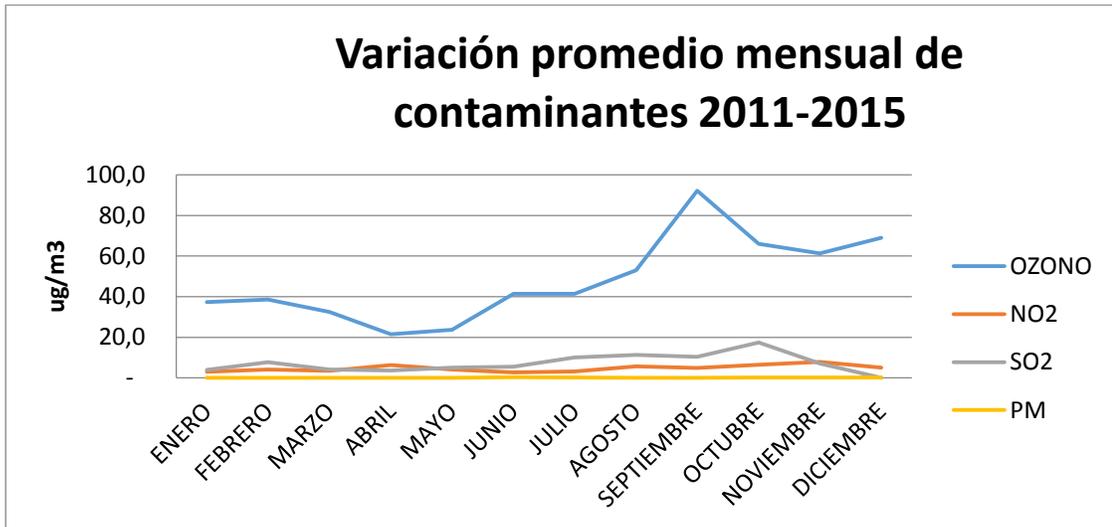


Gráfico N° 80: Variación mensual promedio contaminantes analizado 2011-2015
Fuente: EMOV EP 2015

- Se puede observar que según los valores promedios mensuales de los contaminantes en análisis del 2011 al 2015, para el ozono la máxima concentración es en el mes de septiembre y la mínima en abril. En cuanto el NO_2 la concentración más alta se registra en enero y la más baja en junio. Para el SO_2 la máxima concentración mensual es en julio y la mínima es en abril. En cuanto al PM la más baja es en abril y la más alta en el mes de marzo.

3.3. ANALISIS DE METEREOLOGIA EN EL AÑO 2015 EN LA ZONA DE ESTUDIO

Es fundamental considerar el impacto que tienen los componentes meteorológicos como: dirección y velocidad del viento, pluviosidad, humedad y temperatura en el comportamiento de los contaminantes analizados. Si bien el presente trabajo analiza los valores de concentración de ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado sedimentado desde el año 2011 hasta el 2015, para el análisis de la meteorología se ha tomado como referencia únicamente los valores del año 2015. Esto se ha realizado considerando que la información histórica para dicha zona registrada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) tiene vacíos temporales y poca precisión por interpolaciones muy forzadas (Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Saneamiento de Cuenca, 2015). La información mensual del año 2015 de los componentes meteorológicos se obtuvo de la estación de monitoreo de la Universidad Politécnica Salesiana ubicada cerca de la zona de Tres Cruces.

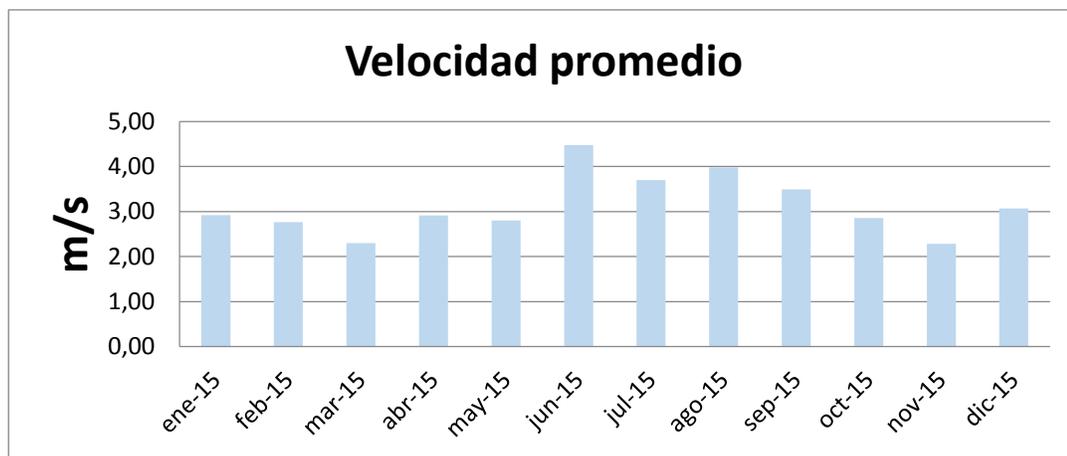


Gráfico N° 81: Velocidad promedio mensual año 2015
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

- Valor máximo en el mes de junio 4.47 m/s, valor mínimo en el mes de noviembre 2.28 m/s.

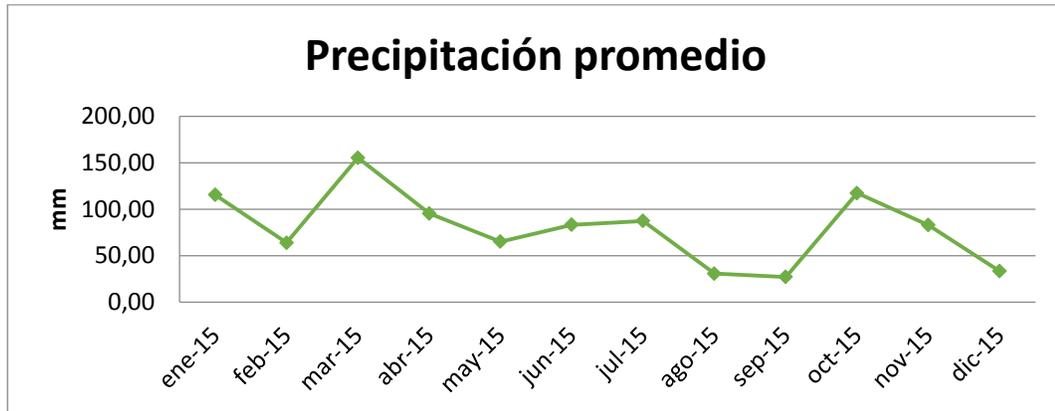


Gráfico N° 82: Precipitación promedio mensual año 2015

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

- Valor máximo mensual: marzo (155.2 mm/m²), valor mínimo mensual: septiembre (27 mm/m²).

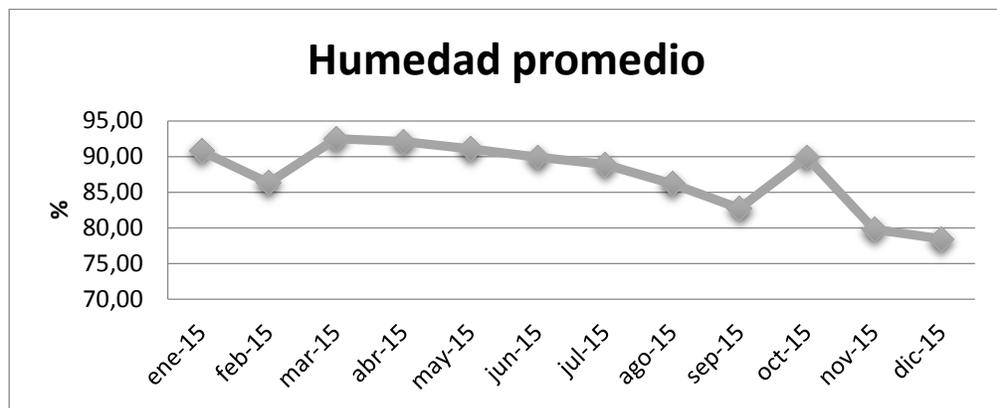


Gráfico N° 83: Humedad promedio mensual año 2015

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

- Valor máximo en el mes de marzo 92.52 %, valor mínimo en el mes de diciembre 78.47%.

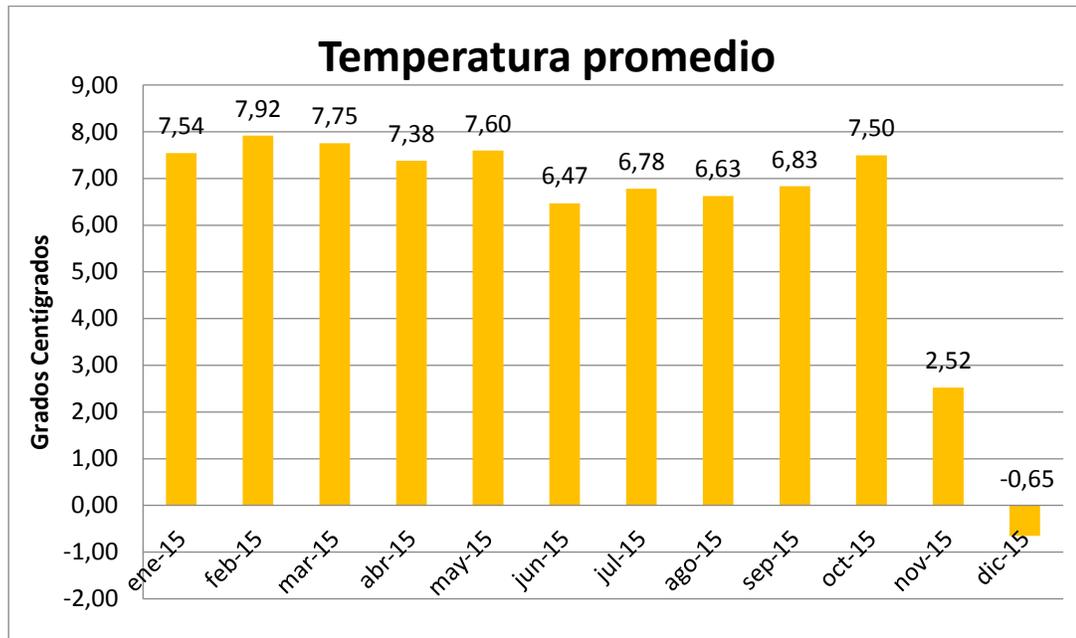


Gráfico N° 84: Temperatura promedio mensual año 2015
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

- Valor máximo mensual: febrero (7.92C°), valor mínimo mensual: diciembre (-0.65°).

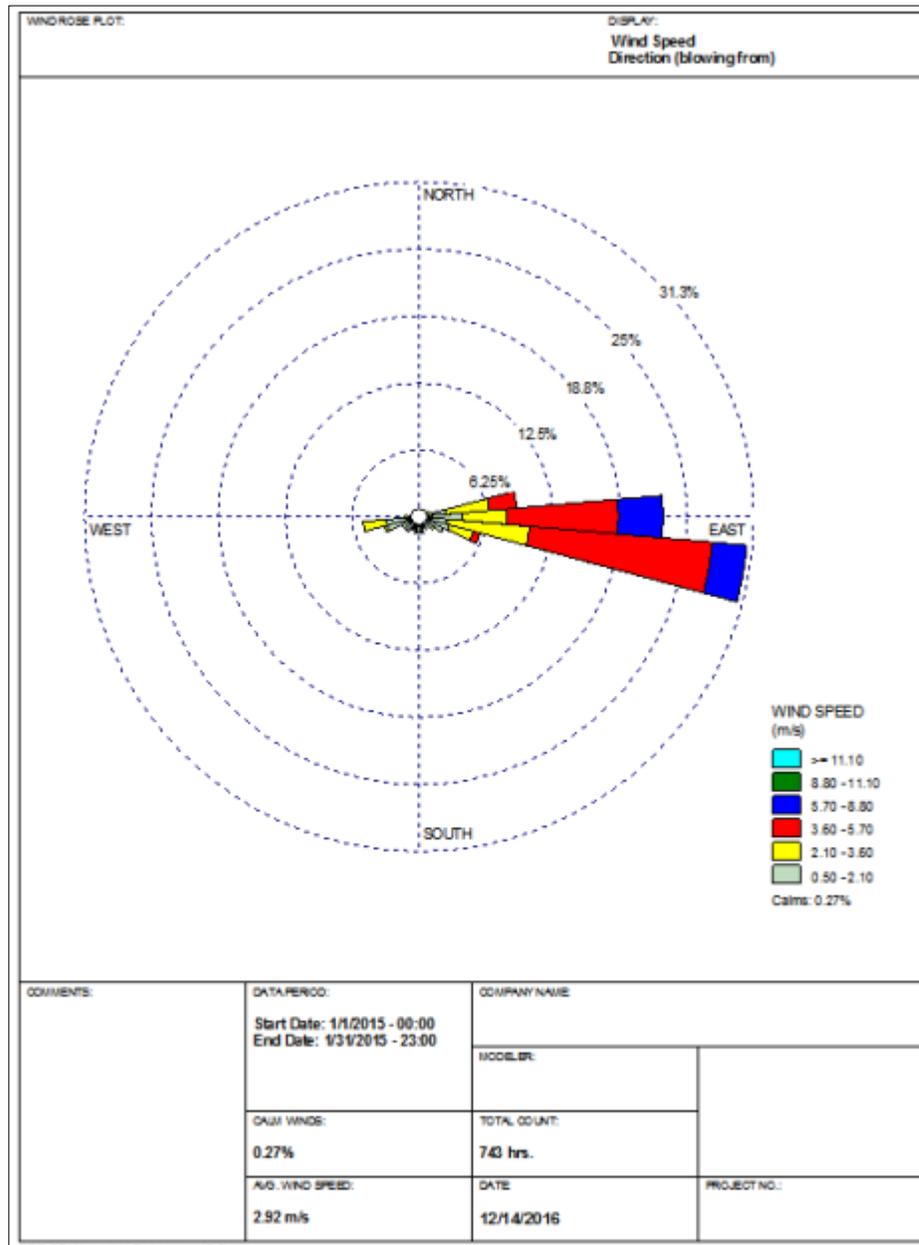


Gráfico N° 85: Dirección del viento Enero
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

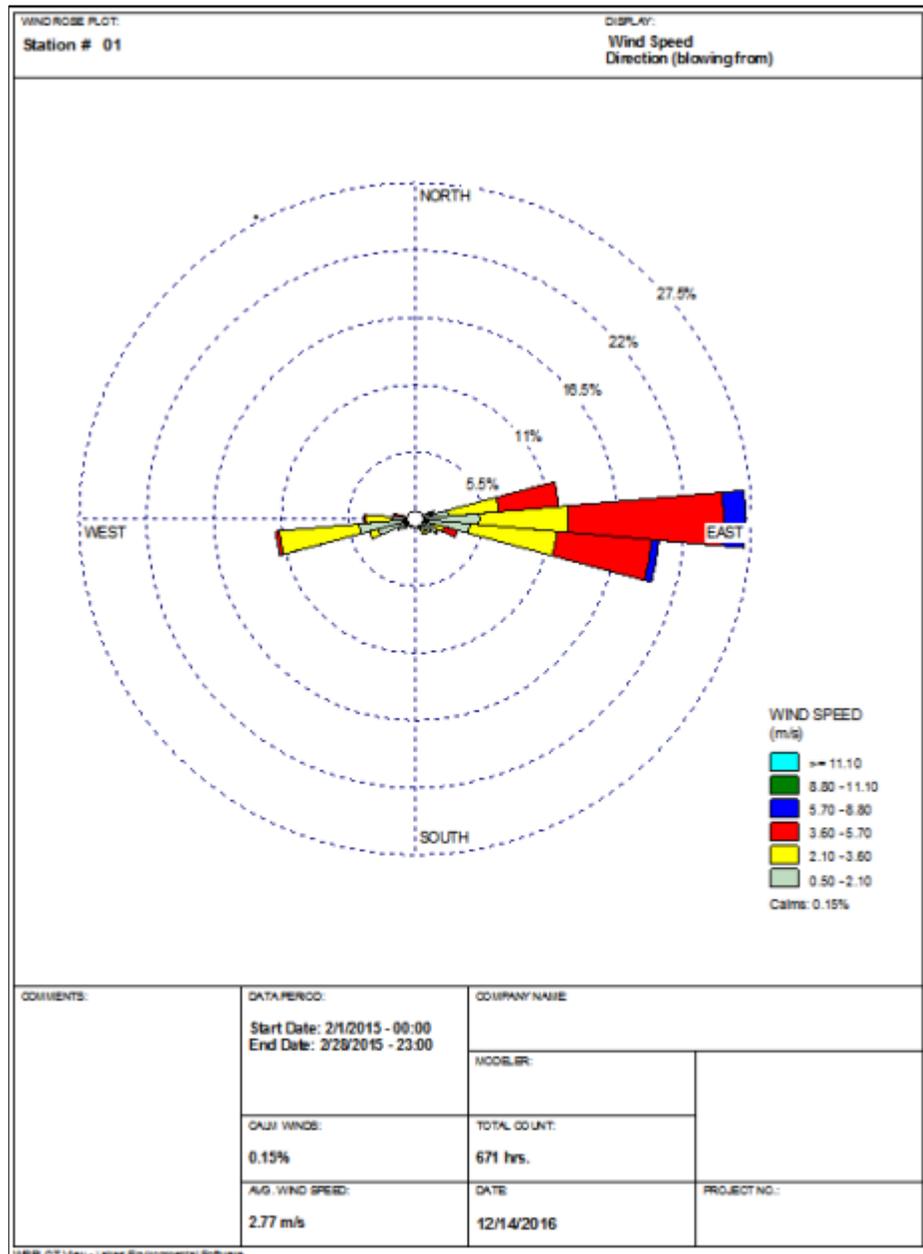


Gráfico N° 86: Dirección del viento Febrero
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

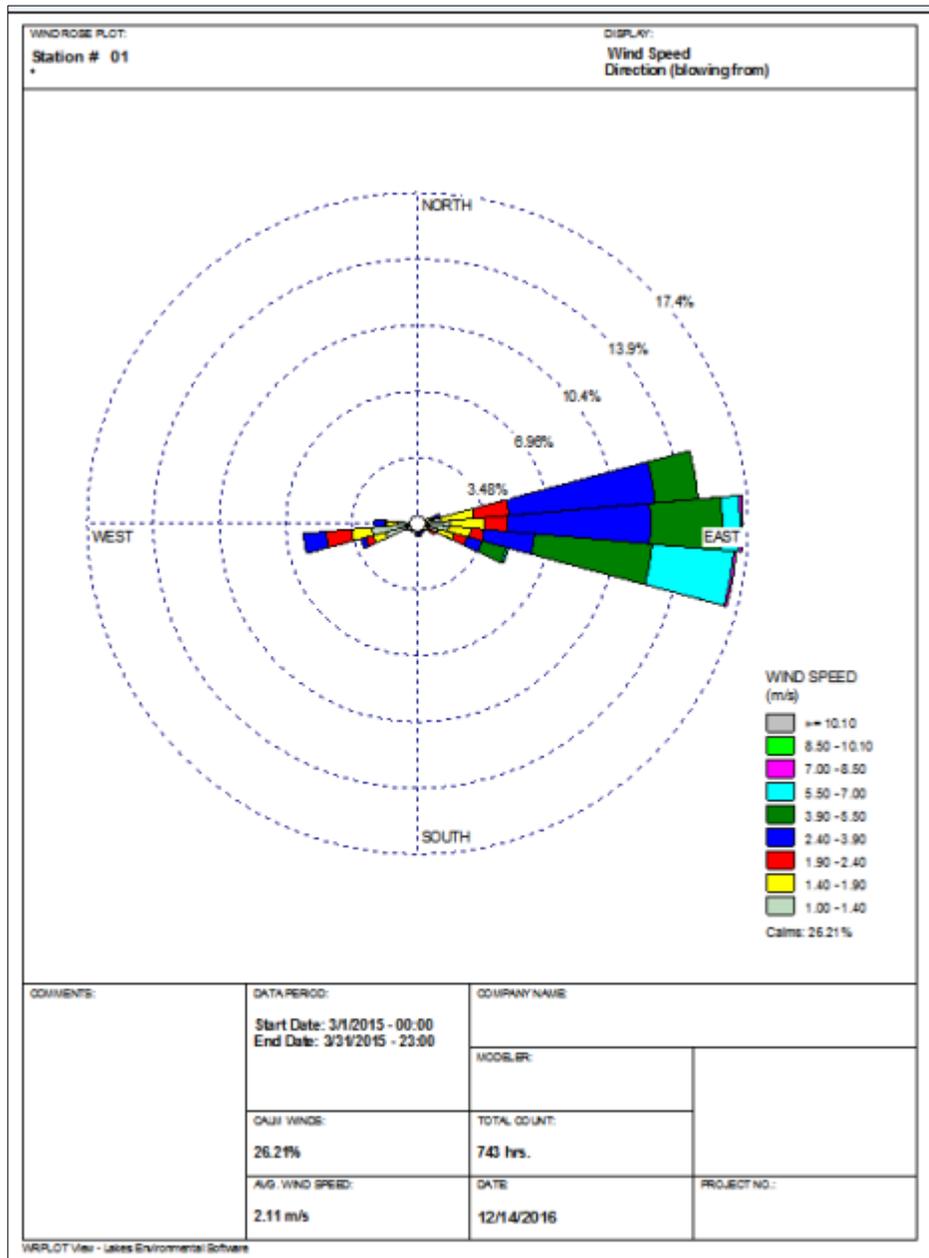


Gráfico N° 87: Dirección del viento Marzo
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

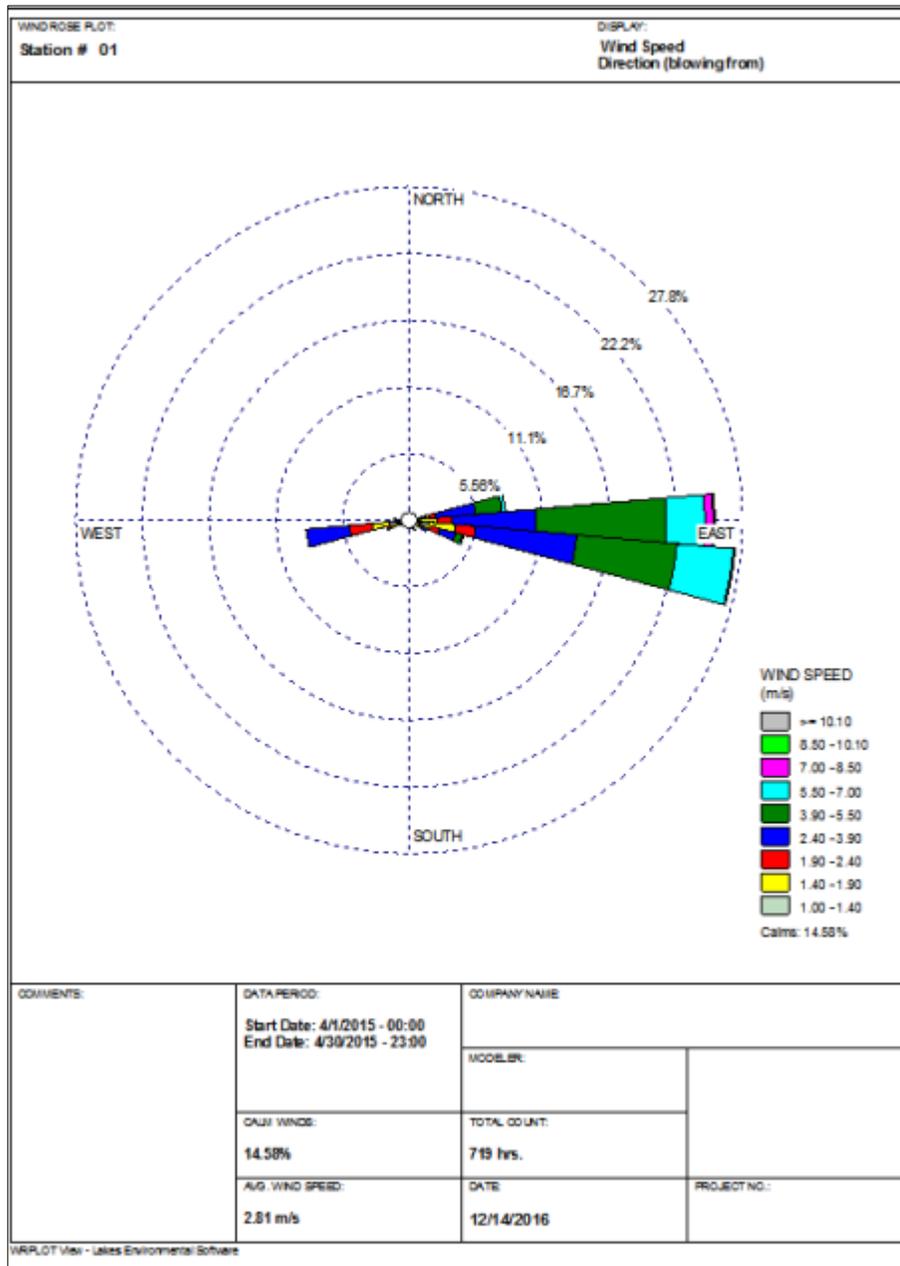


Gráfico N° 88: Dirección del viento Abril
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

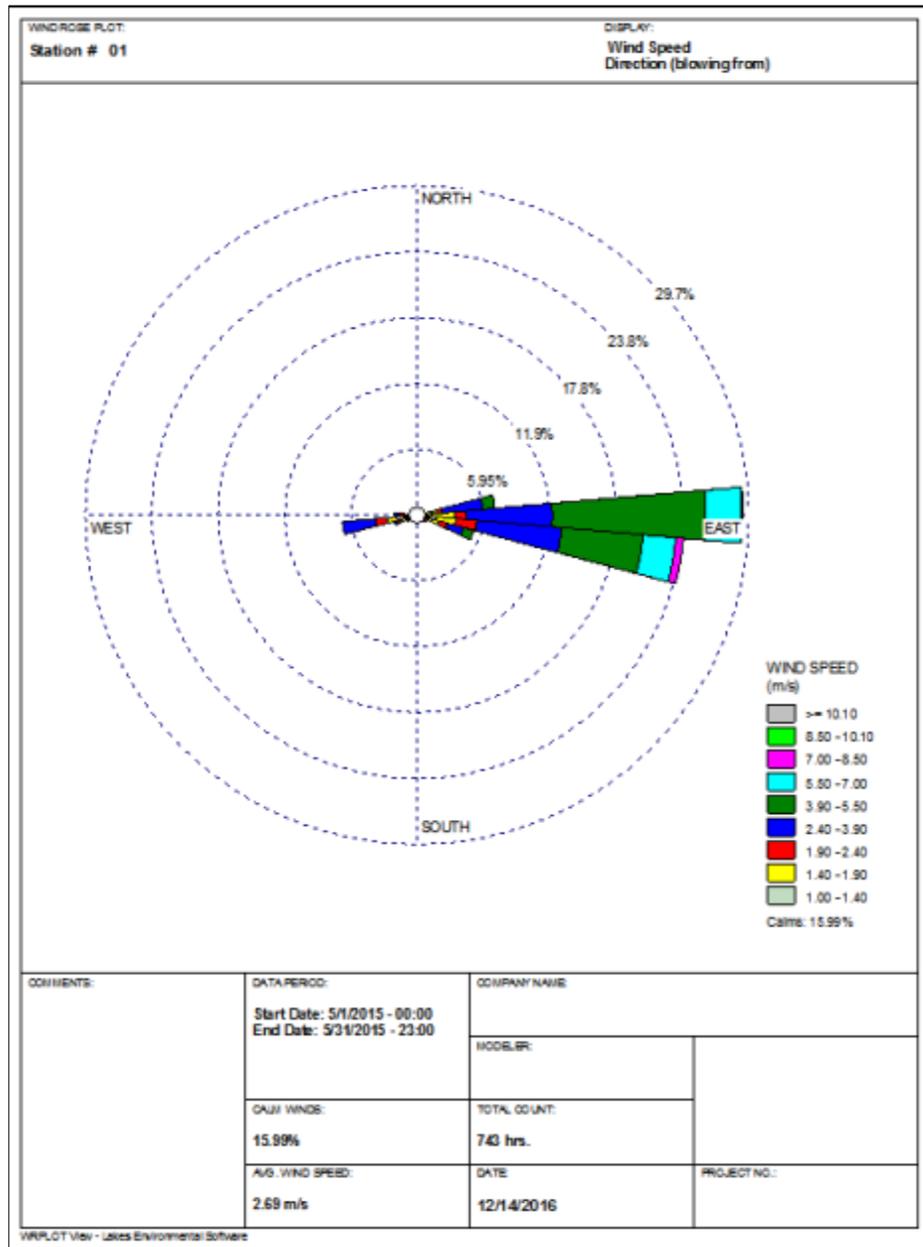


Gráfico N° 89: Dirección del viento Mayo
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

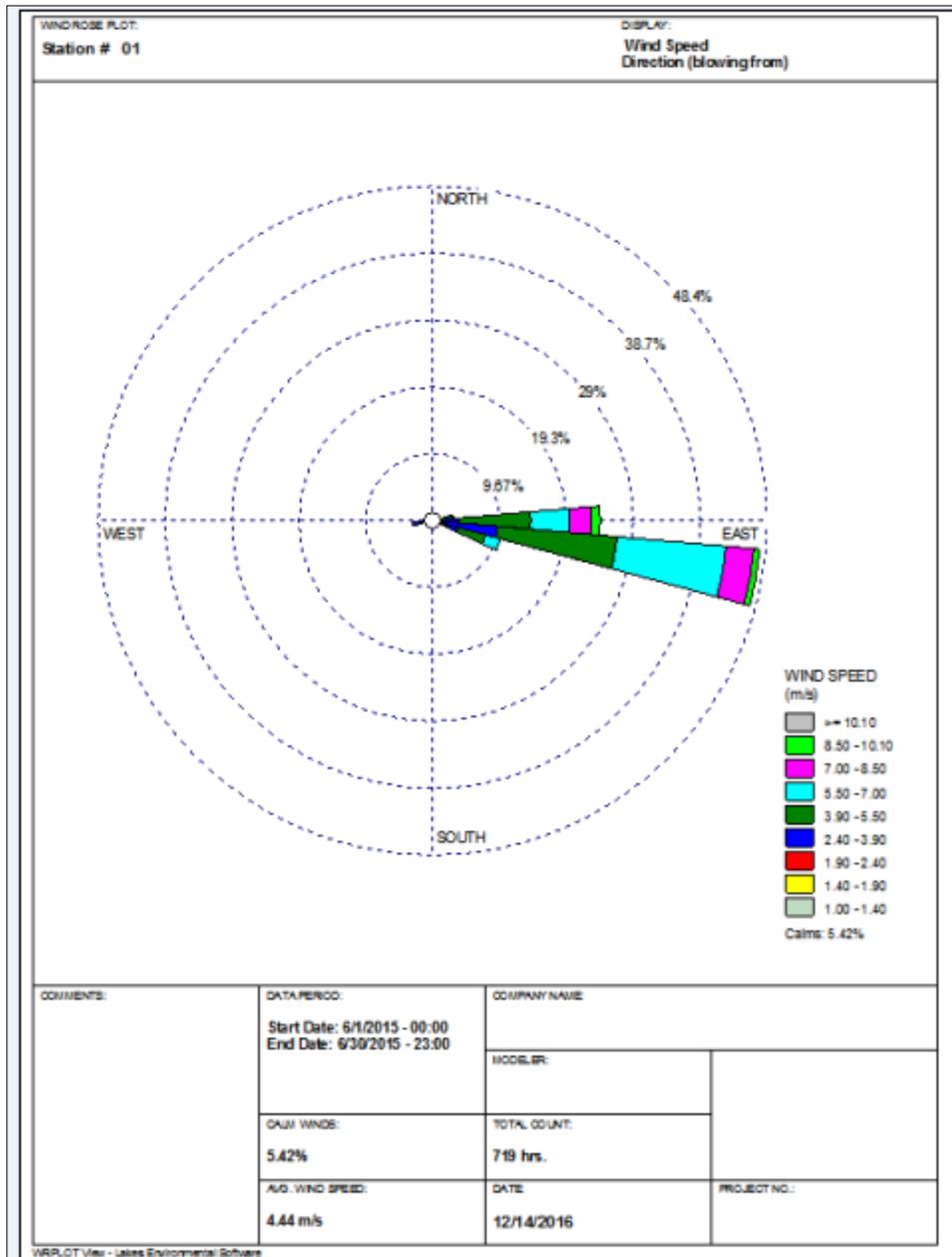


Gráfico N° 90: Dirección del viento Junio
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

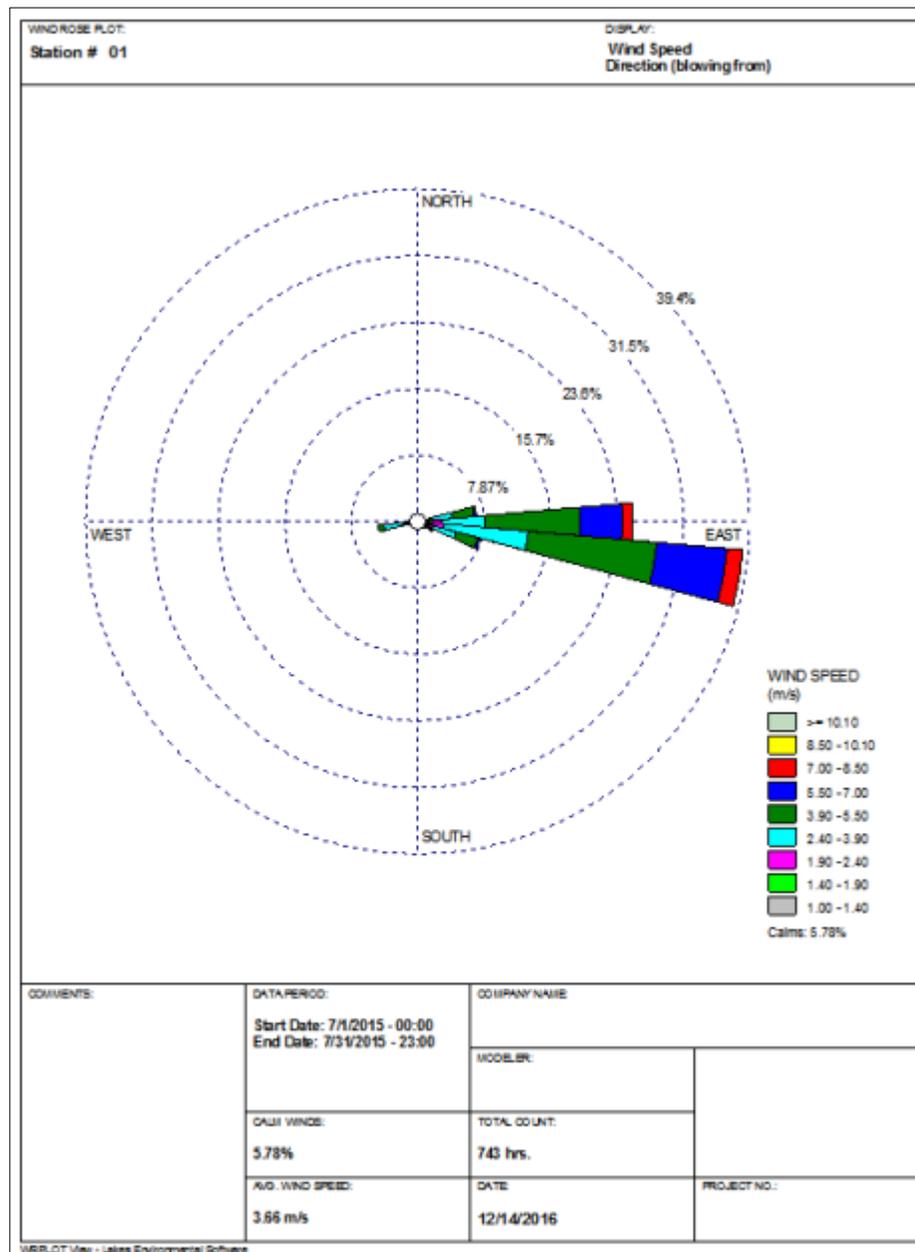


Gráfico N° 91: Dirección del viento Julio
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

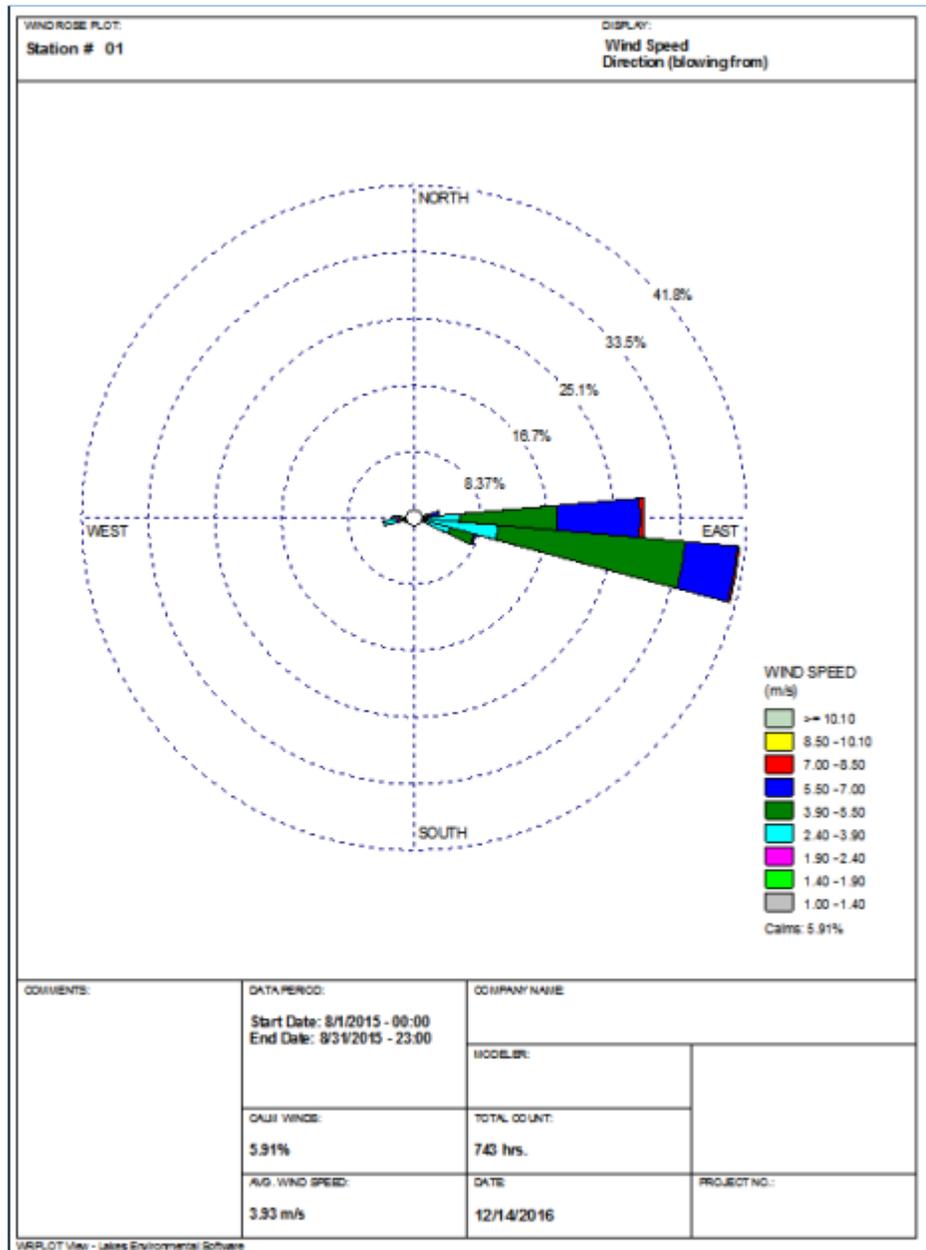


Gráfico N° 92: Dirección del viento Agosto
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

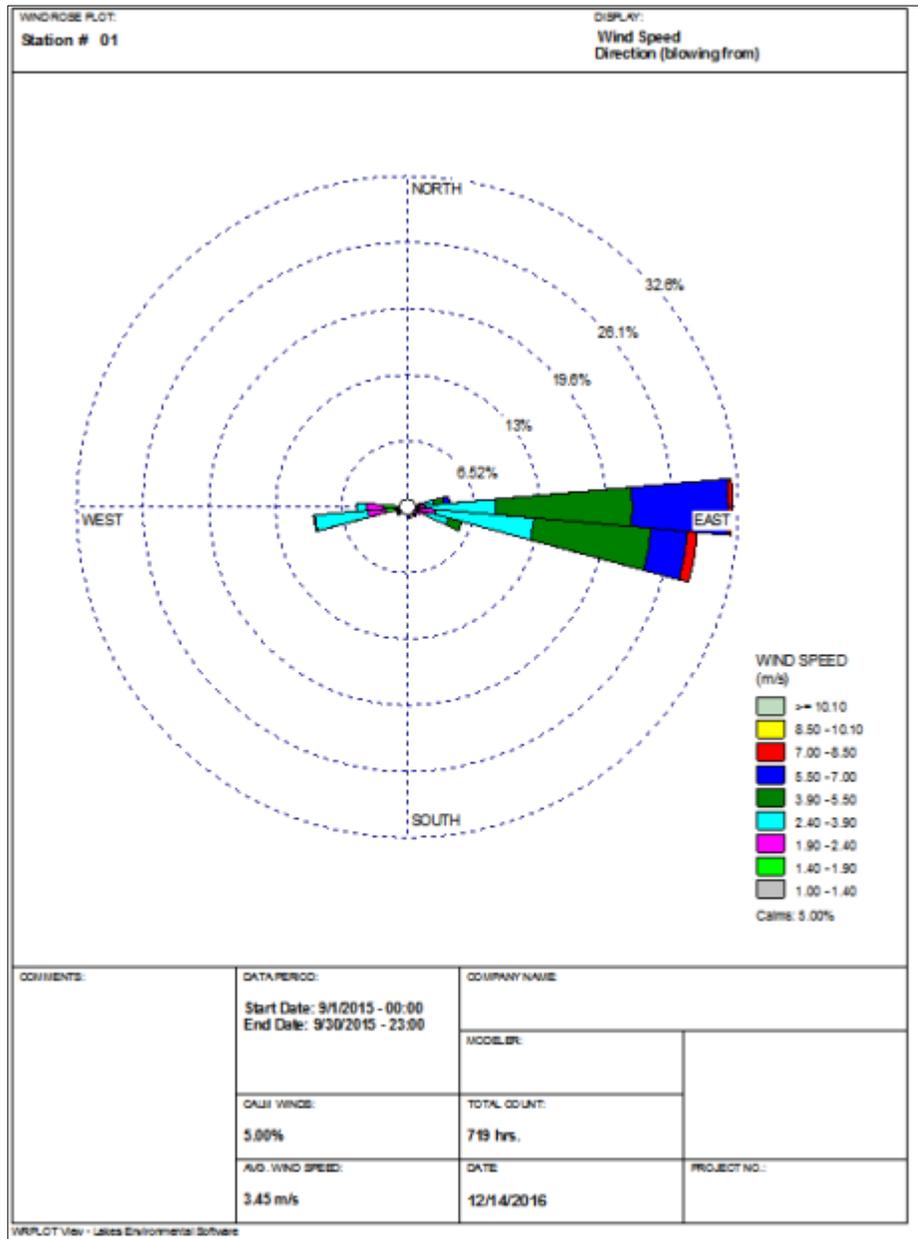


Gráfico N° 93: Dirección del viento Septiembre
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

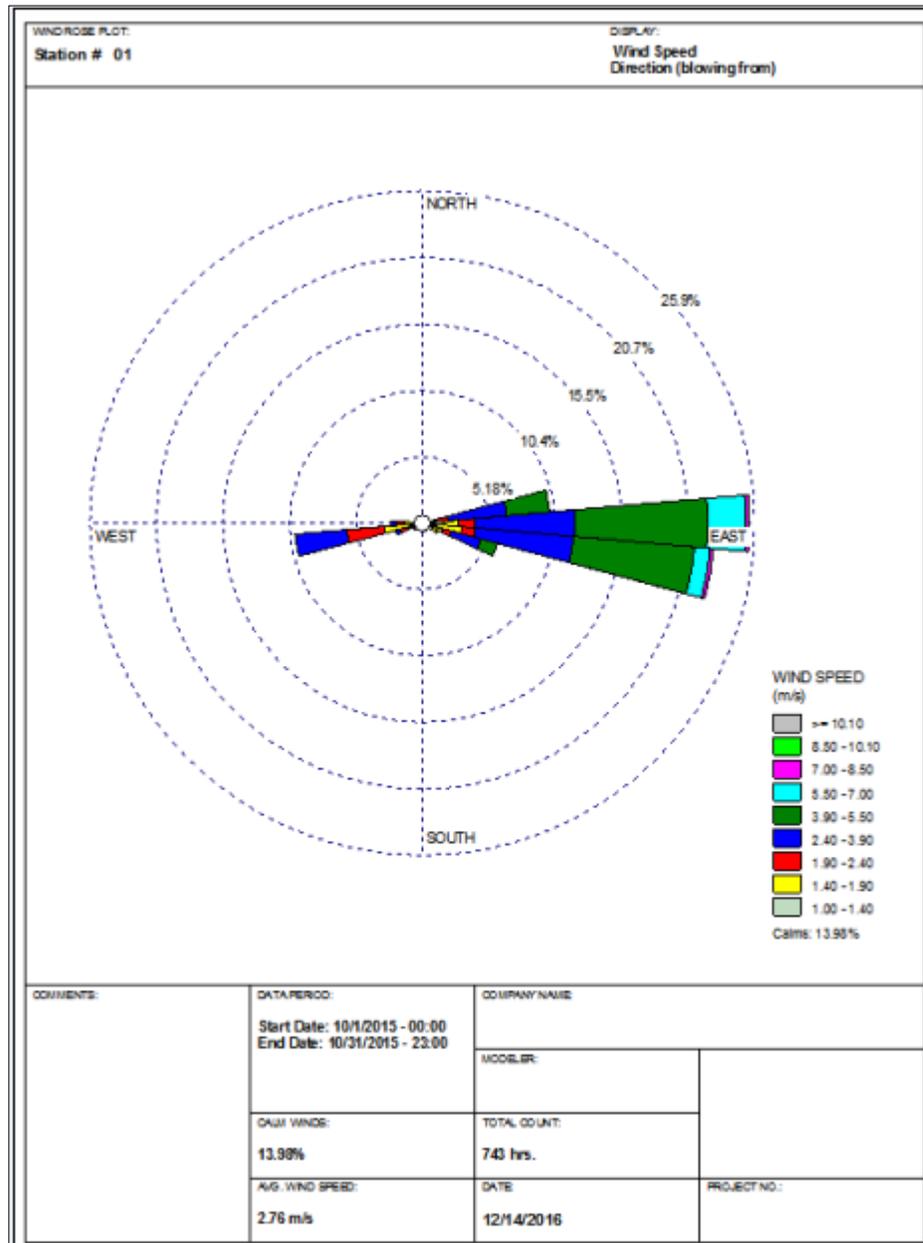


Gráfico N° 94: Dirección del viento Octubre
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

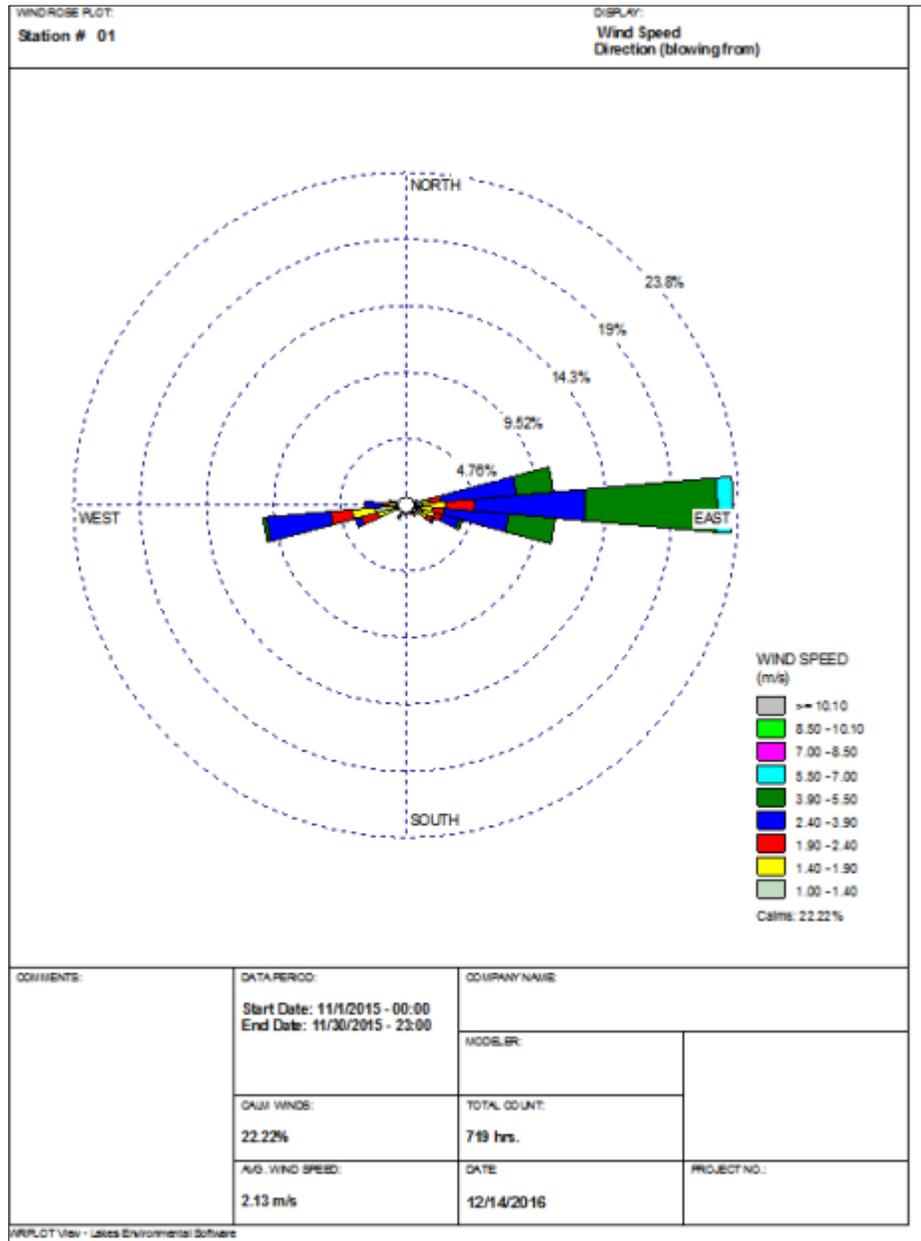


Gráfico N° 95: Dirección del viento Noviembre
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

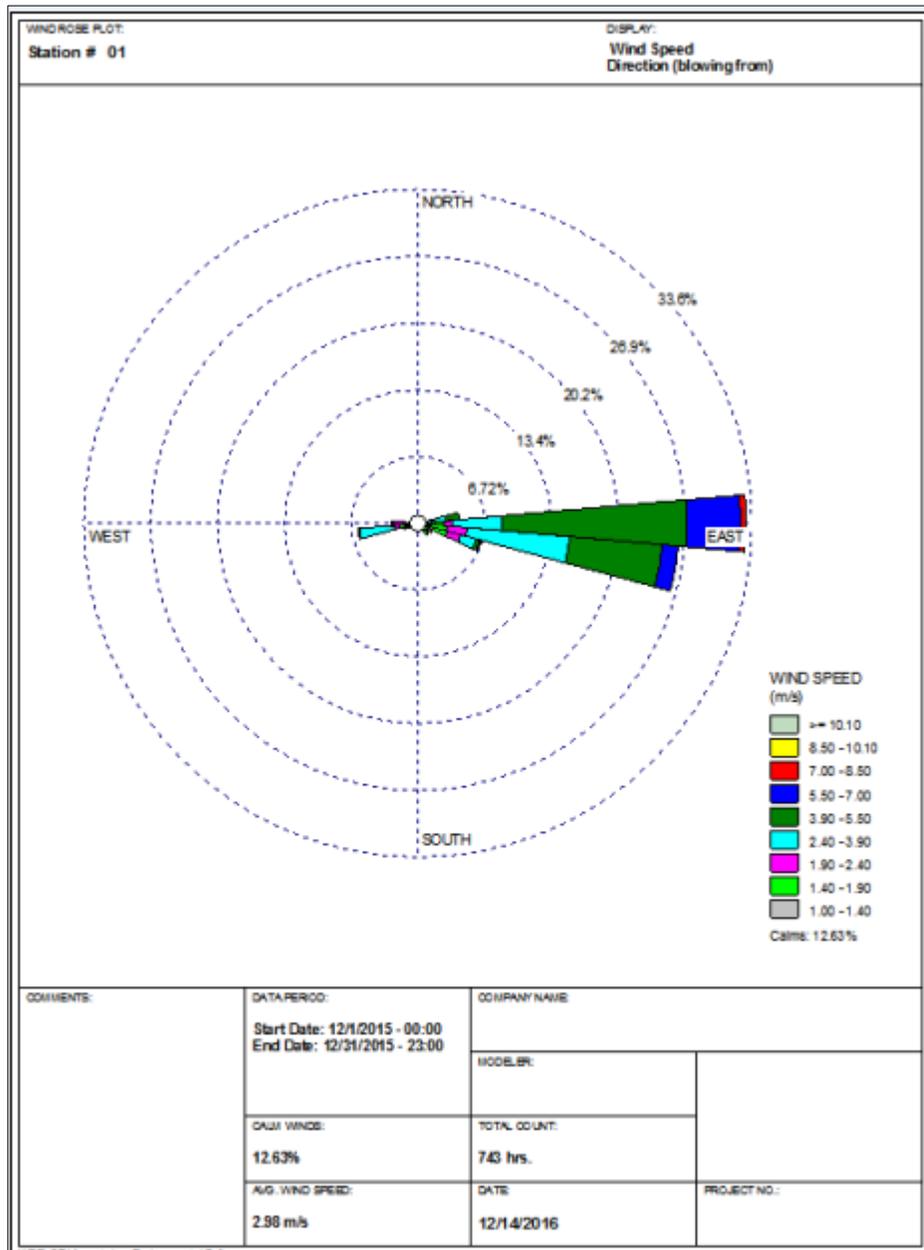


Gráfico N° 96: Dirección del viento Diciembre
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

3.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la información presentada en el acápite anterior, a continuación se presenta el análisis de cada contaminante: su comportamiento anual, mensual, variaciones a lo largo del período de estudio y sobre todo se realiza la comparación con la normativa vigente con el fin de determinar si las emisiones registradas se encuentran dentro de los rangos establecidos.

3.4.1. Ozono (O₃)

3.4.1.1. Valores por estación, promedios mensuales y promedios anuales del período

Estación Tres Cruces

Los valores obtenidos representados en los gráficos anteriores, nos muestran el comportamiento del contaminante a lo largo del período 2011 – 2015, se observa que los valores máximos, fueron registrados en el año 2013 con un valor promedio de 56.72 ug/m³, mientras que el mínimo fue en el año 2012 con una concentración de 41.86 ug/m³. Cabe mencionar que a partir del año 2013 existe una tendencia a la disminución de los valores anuales. Del valor registrado para el 2014, se evidencia una reducción de 3.32 ug/m³. Si bien en el siguiente período aún se refleja una disminución de los valores, el valor obtenido en último año de análisis es aproximadamente 5 ug/m³ menos que el valor máximo del período de estudio.

En el mes de septiembre del año 2013, se registra el máximo valor de contaminación (103.5 ug/m³) a lo largo de todo el período de estudio, en el año 2012 en el mes de abril, se presenta la mínima concentración con un valor de 21.7 ug/m³. El mes de septiembre registra los valores más altos de concentraciones durante el período analizado.

Estación Toreadora

La estación registra en el año 2011 un valor de concentración de 42.07 ug/m^3 , siendo el valor mínimo del período de estudio. Conforme pasan los años, se puede observar que las concentraciones de ozono incrementan su valor considerablemente hasta el año 2013, donde se tiene 62.69 ug/m^3 como máximo valor registrado. Para el año 2014, los valores decrecen en 8.84 ug/m^3 , mientras que en el año 2015 el registro de emisiones vuelve a aumentar hasta llegar a un promedio de 60.11 ug/m^3 .

Los valores mínimos de contaminación registrados para ésta estación, se presentan en el mes de mayo en el año 2015 (24.5 ug/m^3), mientras que los máximos se registran en el mes de septiembre del mismo año con un valor de 124.1 ug/m^3 . Se pudo determinar que los valores de concentración de ozono más elevados, se registran en el mes de septiembre para todos los años estudiados.

Estación Quinoas

Para el caso de la presente estación, el valor máximo se registra en el año 2015 con una concentración de 48.32 ug/m^3 , el mínimo en el año 2011 con un valor de 31.78 ug/m^3 . Se evidencia una disminución de 3.38 ug/m^3 en la concentración entre los años 2013 y 2014.

En el mes de abril del año 2012, se presenta la mínima concentración con un valor de 18.2 ug/m^3 , mientras que en el año 2015 con un valor de 91.0 ug/m^3 , se registra la máxima contaminación en el mes de septiembre.

Estación Llaviuco

Los valores obtenidos de la estación, nos muestran un incremento en la concentración de ozono desde el año 2011 hasta el 2013, en el año 2014 la concentración disminuye 4.93 ug/m^3 mientras que en el año 2015, los registros promedios de concentración se elevan hasta llegar a los 32.32 ug/m^3 como máximo valor del período de estudio. El valor mínimo se presenta en el año 2014 con 26.81 ug/m^3 .

El mínimo valor de concentración de ozono (9.4 ug/m^3), se presenta en el mes de junio del 2012, en el mes de septiembre de 2015 con un valor de 62.3 ug/m^3 , se registra la máxima concentración del contaminante. Durante el período de estudio, se puede determinar que los valores de concentraciones mínimas se registran en el mes de abril con excepción del año 2012.

Estación Burines

En esta estación el menor valor se registra en el año 2012 llegando a 49.23 ug/m^3 , mientras que el valor máximo es en el año 2014 con 59.82 ug/m^3 . Si bien del año 2011 al 2012 hay una reducción de casi 9 ug/m^3 . Para los siguientes años hay una tendencia al incremento en el registro de este contaminante. Del 2012 al 2013 es donde se observa el mayor incremento de registro pasando de 49.23 a 59 ug/m^3 . Para el año 2014 si bien aún hay un incremento es en una escala inferior a la registrada en años anteriores, pues se da un incremento de 0.82 ug/m^3 en relación al 2013. En esta estación no se reflejan datos para el año 2015.

Con respecto a las variaciones mensuales, se observa que en el mes de mayo del 2012, se registra la mínima concentración (22.6 ug/m^3), mientras que en el mes de diciembre de 2013, se presenta el máximo valor de contaminación (107.4 ug/m^3). Debido a que los

datos presentan una alta variabilidad, no es posible establecer una tendencia en el período de estudio.

Estación Mazán

Durante el período en estudio, la estación de Mazán registra únicamente valores de ozono para el año 2012, obteniéndose un promedio anual de 33.06 ug/m^3 . El máximo valor se registró en los meses de marzo y abril con una concentración de 18.5 ug/m^3 . En el mes de septiembre con un valor de 51.3 ug/m^3 se presenta la máxima concentración de ozono.

Promedio del 2011 al 2015

Si se analiza los valores de ozono obtenidos en cada estación en cada uno de los años del período de estudio (2011-2015) se puede concluir que en el año 2011 el registro de menor valor se da en la Estación Llaviuco con un total de 27.68 ug/m^3 mientras que el más alto es en la estación Burines con un total de 58.24 ug/m^3 . En promedio para ese año se registra un total de 33.61 ug/m^3 . En el año 2012 nuevamente la Estación Llaviuco refleja el valor más bajo con un total de 29.62 ug/m^3 mientras que el más alto con 50.77 ug/m^3 es en la Estación Tres Cruces. El promedio anual de registro es de 41.70 ug/m^3 . Para el 2013 hay un incremento en los valores de registro de cada estación en relación a los períodos anteriores. El valor más alto se registra en la Estación Toreadora con 62.69 ug/m^3 y el menor es de 31.74 ug/m^3 en la estación Llaviuco. En el año 2014 hay una reducción de los valores registrados en cada estación en relación al 2013, menos en la estación Burines donde se registra el valor más alto, con un total de 59.82 ug/m^3 es decir 0.82 ug/m^3 más que en el año 2013. El valor más bajo se observa en la estación Llaviuco que registra 26.81 ug/m^3 , 33.01 ug/m^3 menos que el valor más alto del año. El promedio de registro todas las estaciones para ese año es de 39.36 ug/m^3 . En el año 2015 no se registran datos de ozono en las Estaciones Tres Cruces, Burines ni Mazán, en ese

período el máximo valor se registra en la Estación Toreadora que refleja 60.11 ug/m^3 y el mínimo en la Estación Llaviuco con 32.32 ug/m^3 .

Si se considera las variaciones promedio del período reflejadas en forma mensual se puede decir que en el año 2011 la mediana de registro es 32.6 ug/m^3 . En el año 2012 la mediana incrementa a 36.3 ug/m^3 , pero el valor más alto de mediana se registra en el año 2013 con un total de 47.0 ug/m^3 .

Para el 2014 hay una pequeña disminución en los valores de mediana en relación al año anterior registrando 46.6 ug/m^3 . Finalmente el año 2015 ilustra una reducción de 5.2 ug/m^3 en relación al 2014, registrando una mediana de 41.4 ug/m^3 . En la variación mensual promedio de ozono durante el período en estudio se observa que el registro más bajo se da en el mes de abril (28.5 ug/m^3) mientras que el más alto en el mes de septiembre (69.1 ug/m^3).

De los valores promedios de concentración de ozono en el Cajas se refleja que la mediana del período es 47.23 ug/m^3 . Los valores más altos se registran en los años 2013 y 2015 con un total de 51.17 ug/m^3 y 48.16 ug/m^3 respectivamente. En general se puede decir que la concentración de ozono ha tendido a incrementarse en el período de estudio. El valor registrado en el año 2015 representa un incremento del 19% en relación al del año 2011. Tomando como referencia estos valores en relación a la normativa vigente se puede determinar que:

OZONO (O ₃)			
Año	Valor Promedio Anual Registrado (ug/m ³)	Límites Máximos Permisibles (normativa ug/m ³)	Cumplimiento
2011	40.32	100	Cumple
2012	41.70	100	Cumple
2013	51.17	100	Cumple
2014	47.23	100	Cumple
2015	48.16	100	Cumple

Tabla N° 4: Comparación Valores de Índices de Calidad de Aire con Normativa Vigente-Ozono
 Fuente: TULSMA Libro VI

Se observa que durante todo el período de estudio los valores registrados están dentro de los límites permitidos. Sin embargo ha existido una tendencia al incremento en las concentraciones anuales. Desde el 2011 al 2015 ha existido un incremento de 7.84 ug/m³. Si bien el valor registrado en el 2015 es 51.84 ug/m³ inferior al límite permisible se tendría que analizar las razones por las que anualmente incrementa esta concentración y buscar alternativas para reducir dicho crecimiento.

3.4.2. Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

3.4.2.1. Valores por estación, promedios mensuales y promedios anuales del período

Estación Tres Cruces

En esta estación se evidencia una reducción de 1.81 ug/m³ en el período de estudio, pues en el 2011 cuando se registró un total de 6.30 ug/m³ y para el 2015 se obtiene 4.49 ug/m³. De todo el período el valor del año 2015 es el más bajo mientras que el más alto se registra en el 2011.

En el mes de enero del año 2011, se registra el máximo valor de contaminación (13.9 ug/m³) a lo largo de todo el período de estudio, en el año 2013 en el mes de junio, se presenta la mínima concentración con un valor de 1.8 ug/m³. El mes de junio registra los valores más bajos de concentraciones durante el período analizado.

Estación Toreadora

Los valores obtenidos en esta estación tienen una tendencia a la baja durante el período de estudio. El valor mínimo se registra en el año 2015 con un total de 2.64 ug/m³ mientras que el más alto es en el año 2011 con 5.39 ug/m³. En la mayoría del período

hay una disminución en los valores registrados en relación al período anterior, únicamente del año 2012 al 2013 se registra un incremento de 1.30 ug/m^3 .

Los valores mínimos de contaminación registrados para ésta estación, se presentan en el mes de junio en el año 2011 (0.8 ug/m^3), mientras que los máximos se registran en el mes de septiembre del año 2014, con un valor de 124.1 ug/m^3 .

Estación Quinoas

En esta estación los valores registrados anualmente son más altos que los de las otras estaciones. El valor más alto se registra en el año 2013 con un total de 12.08 ug/m^3 mientras que el más bajo es 8.49 ug/m^3 para el año 2012. La disminución más significativa en esta estación se da del año 2011 al 2012, reduciéndose en 2.47 ug/m^3 . Sin embargo para el año 2013 hay un incremento de 3.59 ug/m^3 en relación al período anterior.

En el mes de junio del año 2014, se presenta la mínima concentración con un valor de 4.3 ug/m^3 , mientras que en el año 2011 con un valor de 19.1 ug/m^3 , se registra la máxima contaminación en el mes de febrero.

Estación Llaviuco

Los valores en esta estación son cambiantes para un período hay disminución pero el siguiente período vuelven a registrar incremento. En general desde el 2011 al 2015 hay una reducción de 3.55 ug/m^3 . El valor más bajo se registra en el año 2012 con un total de 2.50 ug/m^3 mientras que el más alto es en el año 2011. Del 2014 al 2015 se refleja la mayor disminución de 3.90 a 1.125 ug/m^3 .

El mínimo valor de concentración de NO_2 (0.4 ug/m^3), se presenta en el mes de diciembre del 2015, en el mes de julio de 2013 con un valor de 11.6 ug/m^3 , se registra la máxima concentración del contaminante.

Estación Burines

Esta estación no registra valores para el año 2015. Sin embargo desde el 2011 al 2014 hay un reducción de 0.11 ug/m^3 . El valor mínimo se registra en el año 2012 y el máximo en el año 2013. Del 2012 al 2013 los valores registrados incrementan de 2.00 a 3.27 ug/m^3 . Sin embargo en relación a los valores registrados en otras estaciones, Burines tiene valores bajos de registro.

Con respecto a las variaciones mensuales, se observa que en el mes de junio del 2012, se registra la mínima concentración (0.5 ug/m^3), mientras que en el mes de marzo de 2013, se presenta el máximo valor de contaminación (7.3 ug/m^3). Debido a que los datos presentan una alta variabilidad, no es posible establecer una tendencia en el período de estudio.

Estación Mazán

En Mazán hay una tendencia al incremento en los valores de registros de NO_2 . El valor más bajo es en el año 2012 (1.89) mientras que el más alto es en el año 2013 (3.34). En general durante el período del 2011 al 2014 hay un incremento de 1.3 ug/m^3 . Para el año 2015 no se registran valores.

El mes en el que se registran los valores mínimos de concentración es diciembre del 2011 con 0.8 ug/m^3 , en el 2014 en el mes de enero, se observa el máximo valor de contaminante con 8.0 ug/m^3 .

Promedio del 2011 al 2015

Si se consideran los valores promedio de cada estación la que menor valor registra es la Estación Burines con 2.41 ug/m^3 , mientras que la más alta es la Estación Quinoas con 10.88 ug/m^3 . Para el año 2011 la estación que registra la concentración más alta de NO_2 es la Estación Quinoas mientras que la más baja es la Estación Mazán. El promedio de concentración de este contaminante para el año 2011 en el Cajas es de 4.84 ug/m^3 . En el año 2012 el patrón es similar pues el valor mínimo es en Mazán y el máximo en Quinoas. En general en relación al año 2011 hay una disminución en los registros de concentración de NO_2 de todas las estaciones. Sin embargo en el año 2013 la tendencia es al incremento en los valores de registro en las estaciones, el valor máximo es 12.08 ug/m^3 registrado en la Estación Quinoas, que refleja 3.59 ug/m^3 más que el máximo del 2012. El valor mínimo se refleja en la Estación Burines con un total de 3.27 ug/m^3 . En el siguiente año (2014) la tendencia es similar el registro más alto (12.17) en la Estación Quinoas es 0.09 ug/m^3 mayor que el máximo del período anterior. El valor mínimo se registra en la Estación Burines, en este caso se evidencia que el mínimo registrado en el 2014 es 1.13 ug/m^3 menor que el valor mínimo de concentración del año 2013. Para el año 2015 no hay información de las Estaciones Llaviuco, Mazán ni Burines. Sin embargo, el valor más alto se refleja en la Estación Quinoas (10.68) y el más bajo en la Estación Toreadora (2.64). Los promedios mensuales presentan mucha variación de registro por lo que no es posible determinar una tendencia.

Este contaminante registra una tendencia de decrecimiento en los valores registrados, tiene un 9% de reducción en el año 2015 sobre el valor del 2011. En promedio, los valores mínimos de este contaminante durante el período en estudio se registran en el mes de junio mientras que los máximos en el mes de enero. La mediana es 5.27 ug/m^3 registrándose en el 2012 y en el 2015 valores debajo de dicho valor.

DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

Año	Valor Promedio Anual Registrado (ug/m ³)	Límites Máximos Permisibles (normativa ug/m ³)	Cumplimiento
2011	5.27	40	Cumple
2012	3.84	40	Cumple
2013	5.43	40	Cumple
2014	5.32	40	Cumple
2015	4.77	40	Cumple

Tabla N° 5: Comparación Valores de Índices de Calidad de Aire con Normativa Vigente-NO₂
Fuente: TULSMA Libro VI

Se evidencia que los valores de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) están dentro de los límites permisibles en El Cajas. Del 2011 hasta el 2015 ha existido una reducción de 0.5 ug/m³. El valor registrado en el último año está 35.23 ug/m³ por debajo del límite permisible. Históricamente los valores de concentración de este contaminante llegan a menos 15% del valor total permisible.

3.4.3. Dióxido de Azufre (SO₂)

3.4.3.1. *Valores por estación, promedios mensuales y promedios anuales del período*

Estación Tres Cruces

En esta estación el valor mínimo registrado durante el período de análisis es en el año 2013, con un total de 3.01 ug/m³, mientras que el más alto es de 9.80 ug/m³ en el año 2011. Existe una disminución de 2.39 ug/m³ del 2011 al 2015. Del 2011 al 2012 hay una disminución considerable de 5.5 ug/m³. Del 2012 al 2013 se mantiene la tendencia a la baja reduciéndose la concentración de este contaminante en 1.29 ug/m³. Sin embargo en

los siguientes años la tendencia es al alza de los valores registrados. En el 2014 se registra 3.06 ug/m^3 más que el período anterior y en el 2015 1.34 ug/m^3 más que el 2014.

En el mes de mayo del año 2011, se registra el máximo valor de contaminación (30.8 ug/m^3) a lo largo de todo el período de estudio, en el año 2012 en el mes de octubre, se presenta la mínima concentración con un valor de 1.3 ug/m^3 .

Estación Toreadora

Los valores en esta estación tienden a incrementar durante el período en análisis. Del 2011 al 2015 la concentración de SO_2 subió en 0.66 ug/m^3 . El valor más alto se registra en el año 2014, un total de 5.20 ug/m^3 mientras que el más bajo es en el año 2013 con 3.58 ug/m^3 . Si bien ha incrementado en los últimos años el valor de incremento no ha sido significativo.

Los valores mínimos de contaminación registrados para ésta estación, se presentan en el mes de febrero en el año 2011 (0.4 ug/m^3), mientras que los máximos se registran en el mes de julio del año 2014, con un valor de 21.1 ug/m^3 .

Estación Quinoas

Esta estación registra valores más altos que otras estaciones. Siendo el valor máximo el del año 2015 con un total de 14.17 ug/m^3 , este valor es el más alto registrado para dicho año en todas las estaciones. Desde el 2011 al 2015 se dio un aumento de 8.27 ug/m^3 . En Quinoas el único año dentro del período de estudio que existió una reducción de los valores fue en el 2012, con una disminución de 1.51 ug/m^3 en relación al período anterior. Sin embargo para el año 2013 y 2014 se registran incrementos de 0.93 ug/m^3 y 2.84 ug/m^3 respectivamente.

En el mes de octubre del año 2012, se presenta la mínima concentración con un valor de 0.9 ug/m^3 , mientras que en el año 2015 con un valor de 26.3 ug/m^3 , se registra la máxima contaminación en el mes de agosto.

Estación Llaviuco

Para el período en estudio el valor más bajo se registra en el año 2013 con un total de 3.11 ug/m^3 mientras que el más alto es en el 2011 con 5.50 ug/m^3 . Del 2011 al 2015 hay un disminución en los valores de este contaminante de 1.32 ug/m^3 . La tendencia general del período es a una leve disminución, sólo en el año 2014 se registra un incremento de 1.54 ug/m^3 .

El mínimo valor de concentración de SO_2 (0.5 ug/m^3), se presenta en el mes de mayo del 2015, en el mes de diciembre de 2014 con un valor de 16.1 ug/m^3 , se registra la máxima concentración del contaminante.

Estación Burines

No se encontraron registros para los años 2011 ni 2015. En el resto del período se evidencia que existe una tendencia al incremento de las concentraciones anuales. Desde el 2012 al 2014 hay un aumento de 1.03 ug/m^3 .

Con respecto a las variaciones mensuales, se observa que en el mes de diciembre del 2012, se registra la mínima concentración (1.3 ug/m^3), mientras que en el mes de agosto de 2013, se presenta el máximo valor de contaminación (9.3 ug/m^3). Debido a que los datos presentan una alta variabilidad, no es posible establecer una tendencia en el período de estudio.

Estación Mazán

La concentración de SO₂ en esta estación se registra en los años 2012, 2013 y 2015. No se determinan valores para el 2011 ni para el 2015. El valor más alto es el registrado en el 2014 con un total de 4.44 ug/m³ mientras que el más bajo es el del año 2013 con un 2.93 ug/m³. Del 2012 al 2013 hay una disminución de 0.17 ug/m³ mientras que del 2013 al 2014 se presenta un crecimiento de 1.51 ug/m³.

El mes en el que se registran los valores mínimos de concentración es mayo del 2012 con 1.0 ug/m³, en el 2014 en el mes de julio, se observa el máximo valor de contaminante con 12.9 ug/m³.

Promedio del 2011 al 2015

Revisando los datos del período se establece que casi en todos los años los valores máximos registrados son en la Estación Quinoas, a excepción del 2011 donde el valor más alto es el de la Estación Tres Cruces. En cuanto a los valores mínimos, en el 2011 se registra 4.40 ug/m³ en la Estación Toreadores, en el 2012 2.94 ug/m³ en la Estación Burines, en el 2013 2.93 ug/m³ en la Estación Mazán, en el 2014 3.97 ug/m³ en la Estación Burines y finalmente en 2015 4.18 ug/m³ en la Estación Llaviuco. Según los valores registrados en el 2015 existe un incremento de 1.30 ug/m³ en relación a lo registrado en el año 2011. La disminución más representativa se registra del 2011 al 2012, con un valor de 2.53 ug/m³, mientras que el incremento más representativo es del 2014 al 2015 con un valor de 2.28 ug/m³. Según los promedios obtenidos de cada estación, la que menor concentración de SO₂ registra es la Estación Burines con un promedio anual de 3.49 ug/m³, seguida de la Estación Mazán con un promedio anual de 3.49 ug/m³. Sin embargo hay que recalcar que estas dos estaciones no registran valores completos para el total del período, no detallan información para los años 2011 ni 2015. Por lo que tomando como referencia solo los años en los que se cuenta con información

completa la de menor concentración anual es la Estación Toreadora con 4.50 ug/m^3 . La Estación Quinoas como se había mencionado previamente es la que mayor valor de promedio anual registra con un total de 7.59 ug/m^3 . La mediana de concentración anual es 5.42 ug/m^3 , cabe señalar que los valores registrados para los años 2012 y 2013 están debajo de éste valor. En cuanto a los promedios mensuales presentados se observa que existe mucha variación por lo que no se puede establecer una tendencia. El valor mínimo en el promedio del período 2011-2015 se registra en el mes de abril con un total de 3.2 ug/m^3 mientras que el máximo en el mes de julio con un total de 7.4 ug/m^3 .

De acuerdo a lo señalado anteriormente, en la siguiente tabla se evidencia los valores promedios de concentración de SO_2 en El Cajas, valores que comparados con la normativa vigente, se encuentran bajo los límites permisibles. El valor del año 2015 está 52.30 ug/m^3 más bajo que el máximo permitido. En general si bien los valores de concentración de este contaminante han tendido a disminuir, en relación al 2011, en el 2015 hay un incremento de 1.30 ug/m^3 . Habría que analizar los causantes del incremento de registro de concentraciones desde el 2012 al 2015.

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2)			
Año	Valor Promedio Anual Registrado (ug/m^3)	Límites Máximos Permisibles (normativa ug/m^3)	Cumplimiento
2011	6.40	60	Cumple
2012	3.87	60	Cumple
2013	3.54	60	Cumple
2014	5.42	60	Cumple
2015	7.70	60	Cumple

Tabla N° 6: Comparación Valores de Índices de Calidad de Aire con Normativa Vigente- SO_2

Fuente: TULSMA Libro VI

3.4.4. Material Particulado (PM)

3.4.4.1. Valores por estación, promedios mensuales y promedios anuales del período

Estación Tres Cruces

Para esta estación se registra un valor mínimo de 0.10 ug/m^3 en el año 2014 y un máximo de 0.18 ug/m^3 en el 2013. Del 2011 al 2015 el incremento ha sido apenas de 0.01 ug/m^3 . Si bien la tendencia de este contaminante es de incremento anual en sus concentraciones, para el 2014 hay una disminución de 0.08 en relación al período anterior.

El máximo valor registrado se presenta en el año 2013 con 0.7 ug/m^3 en el mes de octubre, existe un mínimo valor que se registra en varios meses en diferentes años (0.1 ug/m^3).

Estación Toreadora

Los datos registrados para el período de estudio presentan una tendencia de reducción en los valores anuales registrados. En el año 2012 se obtiene un valor de 0.12 ug/m^3 como el máximo. El valor promedio del año 2014 con un total de 0.07 ug/m^3 representa el mínimo de concentración en esta estación. El aumento más significativo se da del año 2014 al 2015 con un aumento de 0.03 ug/m^3 .

Los valores mínimos de contaminación registrados para ésta estación, se presentan en varios meses en el año 2013 (0.1 ug/m^3), mientras que los máximos se registran en el mes de marzo del año 2012, con un valor de 0.4 ug/m^3 .

Estación Quinoas

Según la información previamente detallada se ilustra que en esta estación se registran los valores anuales de concentración más altos en la zona de El Cajas. El valor mínimo registrado es en el año 2012 con un total de 0.19 ug/m^3 mientras que el más alto es de 0.27 ug/m^3 en el año 2015. En general la tendencia ha sido de incremento en los valores, en relación al 2011, en el 2015 hay un incremento de concentración de 0.07 ug/m^3 . Es importante señalar que tanto en el año 2012 y 2013 el registro promedio es de 0.21 ug/m^3 que evidencia que no existieron alteraciones en las emisiones de este contaminante.

Se registra en varios meses en los diferentes años de estudio valores mínimos de concentración de 0.1 ug/m^3 , en el año 2015 en el mes de junio se presenta el máximo valor de contaminación en el período analizado (0.5 ug/m^3).

Estación Llaviuco

La estación presenta registros de emisiones que fluctúan a lo largo del período. Del 2011 al 2012 existe un aumento de 0.04 ug/m^3 , mientras que a partir de ese año los valores decrecen, registrando en el año 2014 el valor mínimo con un total de 0.09 ug/m^3 , es decir 0.05 ug/m^3 menos que lo registrado en el año 2012. Para el último año de estudio (2015) las concentraciones ascienden a 0.13 ug/m^3 siendo este valor el segundo más alto en el período de análisis. La mayor variación que se da en el período de estudio es de 0.04 que se presenta tanto del año 2011 al 2012 y del 2014 al 2015.

El máximo valor registrado se presenta en el año 2015 con 0.4 ug/m^3 en el mes de junio, existe un mínimo valor que se registra en varios meses en diferentes años (0.1 ug/m^3).

Estación Burines

En esta estación no se presentan registros de emisiones para el año 2015. El valor más alto del período de análisis es en el año 2012, con un total de 0.15 ug/m^3 . Para los años siguientes existe una reducción, registrando menos 0.08 ug/m^3 para el año 2014, donde se obtiene el valor mínimo del período (0.07 ug/m^3). En cuanto a los incrementos registrados, se puede señalar que del año 2011 al 2012 hay un aumento de 0.06 ug/m^3 .

El máximo valor registrado se presenta en el año 2012 con 0.4 ug/m^3 en el mes de noviembre, existe un mínimo valor que se registra en varios meses en diferentes años (0.1 ug/m^3).

Estación Mazán

Los valores registrados en esta estación presentan una tendencia de incremento en la concentración de material particulado. En el año 2011 se obtiene el mínimo valor promedio, con un total de 0.08 ug/m^3 . Para el año 2012 existe un incremento de 0.03 ug/m^3 . En el año 2013 se da una leve disminución, registrando un valor de 0.10 ug/m^3 , es decir 0.01 ug/m^3 menos que el período anterior. Para el año 2014 se considera el valor máximo de concentración registrado con un total de 0.14 ug/m^3 . No existen registros para el año 2015.

El máximo valor registrado se presenta en el año 2014 con 0.5 ug/m^3 en el mes de diciembre, existe un mínimo valor que se registra en varios meses en diferentes años (0.1 ug/m^3).

Promedio del 2011 al 2015

De acuerdo a la información de cada uno de los años de estudio se puede determinar que los valores mínimos de material particulado se registran principalmente en las Estaciones Toreadora y Mazán, mientras que los valores máximos de todo el período se observan en la Estación Quinoas. En el año 2014 es donde registran los valores más bajos de concentraciones de material particulado a excepción de lo registrado en la Estación de Mazán donde está el valor más alto registrado en dicho lugar para todo el período de estudio. Los valores promedios anuales registrados en El Cajas del 2011 al 2015 son 0.12 ug/m^3 , 0.14 ug/m^3 , 0.14 ug/m^3 , 0.11 ug/m^3 , 0.16 ug/m^3 y 0.13 ug/m^3 respectivamente. La mediana de los registros promedios anuales es de 0.14 ug/m^3 y los valores de los años 2011 y 2014 se encuentran por debajo de la misma. En cuanto a las variaciones mensuales promedio se puede determinar que los valores mínimos y máximos se producen en diferentes meses del año, es decir que no se puede establecer una tendencia. En promedio el mes donde se registran la mayoría de valores mínimos es abril, mientras que en marzo se registran los más altos valores de concentraciones de PM. En la mayoría de años la máxima variación mensual registrada es de 0.10 ug/m^3 y 0.20 ug/m^3 .

Según los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental, los registros de concentraciones de material particulado en El Cajas durante el 2011 al 2015 están dentro de los valores aceptados. El valor máximo registrado en el año 2015 con un total de 0.16 ug/m^3 representa apenas el 1.06 % del valor total permitido. A continuación se ilustra lo señalado:

MATERIAL PARTICULADO (PM)			
Año	Valor Promedio Anual Registrado (ug/m³)	Límites Máximos Permisibles (normativa ug/m³)	Cumplimiento
2011	0.12	15	Cumple
2012	0.14	15	Cumple
2013	0.14	15	Cumple
2014	0.11	15	Cumple
2015	0.16	15	Cumple

Tabla N° 7: Comparación Valores de Índices de Calidad de Aire con Normativa Vigente-PM
Fuente: TULSMA Libro VI

3.4.5. Análisis Meteorológico

La dirección predominante del viento durante todos los meses del año 2015 es hacia el sureste (28%), con una velocidad promedio de 3.04 m/s.

En el mes de enero se registra un porcentaje máximo de predominancia hacia el sureste de 31% del viento, con una calma de 0.27%. En el mes de febrero si bien se refleja un cambio de dirección del viento hacia el este, el porcentaje de predominancia es menor al mes anterior con un registro de 27%.

Con respecto al mes de marzo, se observa, que la dirección del viento es hacia el este con una predominancia del 17%, en éste mes se registra el mayor porcentaje de calma (26.21%) con respecto al resto de meses del año. Para los meses de abril y mayo, la predominancia del viento varía hacia el sureste con un valor de 27.8% y 29.7% respectivamente.

Sobre los meses de junio, julio y agosto se tiene que la dirección predominante es la misma y se es hacia el sureste, con los porcentajes más altos en el período de estudio. En el mes de junio con un valor de 48%, se observa el porcentaje máximo con respecto al resto de meses analizados, las velocidades máximas alcanzan los 10.10 m/s. Algo

similar ocurre para los meses de septiembre y octubre donde se observa la misma predominancia pero para éste período la dirección varía hacia el este con porcentajes registrados de 32% y 25% respectivamente. La dirección del viento en el mes de noviembre es hacia el este con un porcentaje predominante de 23.8%, cabe mencionar que el porcentaje de calma en éste mes es de 22.22% siendo el segundo valor más alto en el período de estudio. En el mes de diciembre la dirección que predomina es sureste con un porcentaje de 25.9% y con una velocidad promedio de 2.76 m/s.

Ozono:

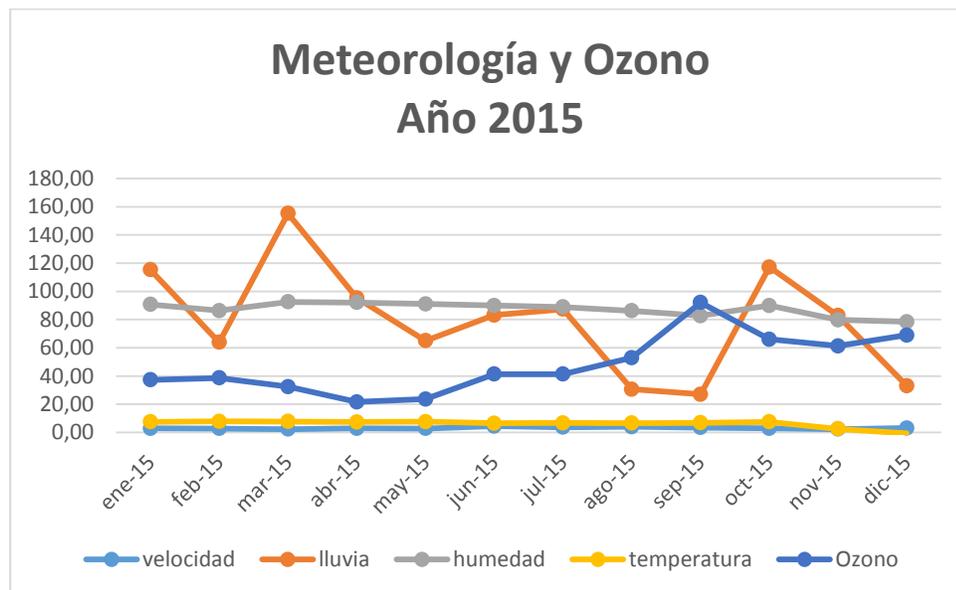


Gráfico N° 97: Relación meteorología y Ozono año 2015

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

Como se puede observar en el gráfico anterior, el comportamiento de concentración de O₃, tiende a incrementarse a lo largo de los meses. Generalmente se asocia que a mayor temperatura, los valores de concentración aumentan y viceversa; entonces se puede observar que de octubre a noviembre, existe disminución en los valores de temperatura y también una reducción en la concentración de ozono, registrando en noviembre 4.7 ug/m³. En cuanto a la influencia de la humedad relativa con el contaminante, se observa que cuando se registra disminución en el porcentaje de humedad, existe un aumento en

las concentraciones de ozono, como se refleja en los meses de agosto a septiembre, y de noviembre a diciembre, con un incremento de 39.2 ug/m₃ y 7.7 ug/m₃ respectivamente. La precipitación influye en los valores de concentración, pues a mayor pluviosidad se espera disminución en los registros de concentración de O₃, es así que en el mes de marzo se alcanza el mayor valor de pluviosidad (155.2 mm/m²) y se presenta una disminución en la concentración del contaminante. En relación al mes de febrero, para marzo el nivel de O₃ disminuye en 6.3 ug/m₃.

Es importante señalar que a mayor elevación, existe una mayor concentración del ozono por lo que al haber realizado el análisis en el Parque Nacional El Cajas se hace válida esta condición.

NO₂:

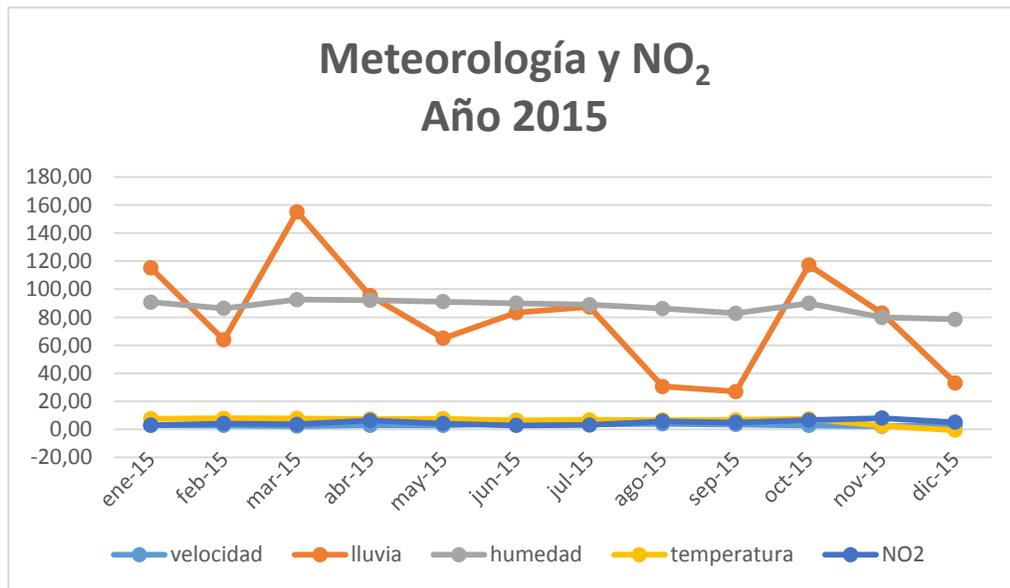


Gráfico N° 98: Relación meteorología y NO₂ Año 2015

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

Como se ilustra en el gráfico presentado, cuando existe un aumento en la velocidad del viento, debe presentarse una disminución en los valores de concentración de NO₂, para el mes de junio, se registra la máxima velocidad de viento y a su vez el valor mínimo de

concentración del contaminante (2.8 ug/m^3). En el mes de febrero se registra la máxima temperatura del año mientras que el valor de concentración, presenta en febrero, una disminución en relación al mes anterior ($- 1.3 \text{ ug/m}^3$). En cuanto a la pluviosidad, el patrón de comportamiento es similar, pues en el mes de marzo donde se registra el mayor valor de precipitación, hay una disminución de 0.6 ug/m^3 en la concentración de NO_2 .

SO₂:

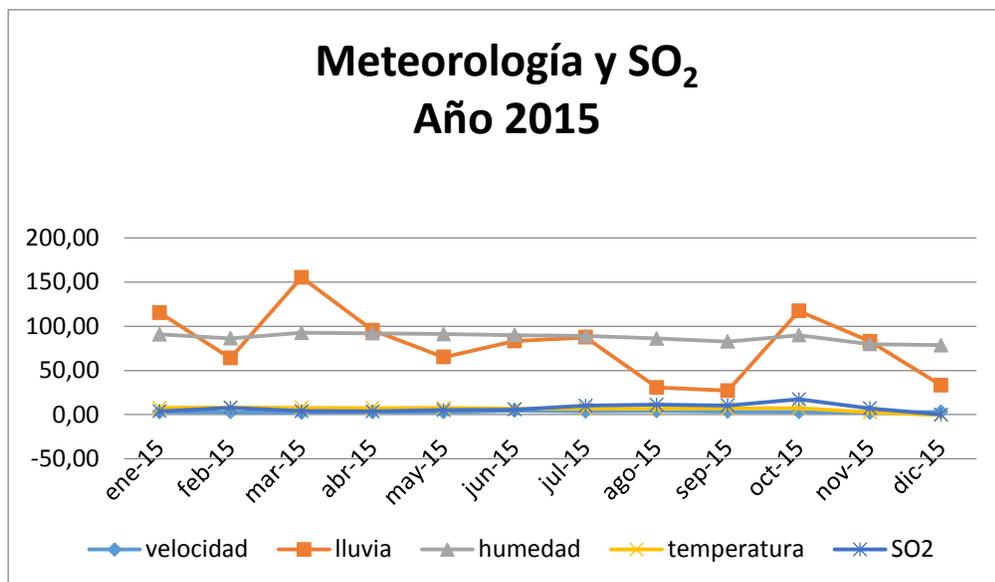


Gráfico N° 99: Relación meteorología y SO₂ Año 2015
 Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

Mientras exista mayor porcentaje de humedad relativa, los valores de concentraciones registradas para éste contaminante incrementarán, se puede observar que en el mes de abril donde se presenta una disminución en la concentración de 0.4 ug/m^3 , existe una disminución en el porcentaje de humedad relativa registrada.

La relación entre la temperatura y la humedad relativa es inversamente proporcional, es decir, a mayor temperatura, existe una menor humedad, esto se refleja en el mes de marzo donde se registra el máximo valor de humedad y la temperatura sufre una

disminución de 0.17 °C. En el mes de julio, existe un incremento en la concentración de SO₂ de 4.5 ug/m³, esto se debe a que con relación al mes anterior, existió una reducción en la velocidad del viento (0.78 m/s). Con respecto a la precipitación se tiene que el valor máximo de pluviosidad se registra en el mes de marzo provocando una disminución considerable en la concentración del contaminante (3.7 ug/m³).

PM:

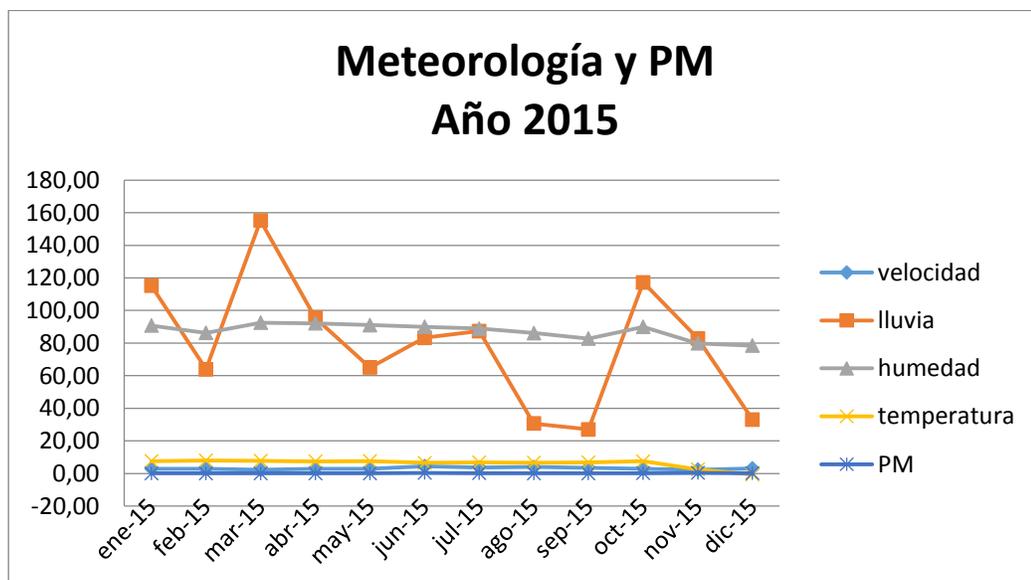


Gráfico N° 100: Relación meteorología y PM Año 2015
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

La relación entre la precipitación y la concentración de los contaminantes es inversamente proporcional por lo que en los meses con mayor pluviosidad, las concentraciones tienden a ser las más bajas como se muestra en el mes de marzo. Cabe señalar que durante 7 de los 12 meses del año, los valores de concentración de PM sedimentable se mantienen en 0.10 ug/m³.

4. CONCLUSIONES

Después de la realización del presente trabajo investigativo, se puede concluir lo siguiente:

- Los valores de medición de contaminantes de calidad de aire en la Vía Cuenca-Sayausí-El Cajas, particularmente en la zona donde se encuentra el Parque Nacional El Cajas registran promedios anuales de concentraciones de ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y material particulado sedimentable, mismos que se encuentran dentro de los límites permisibles estipulados en la Normativa Nacional vigente.
- De acuerdo a la información obtenida, los registros promedios anuales de ozono y dióxido de nitrógeno, representan los valores más altos registrados, valores que siempre estuvieron por debajo de la normativa. Por lo que las entidades responsables, deben dar prioridad de investigación a dichos contaminantes, con la finalidad de conocer más la relación de dichos contaminantes y de esa manera evitar afecciones a los ecosistemas del Parque Nacional el Cajas, principal fuente de recursos hídricos para el cantón Cuenca.
- Del estudio realizado se puede determinar que la Estación Quinoas registra los valores con mayor tendencia al incremento de concentraciones de todos los contaminantes analizados en el período establecido; la razón podría ser, la ubicación de la estación pasiva, ya que se encuentra próxima a la vía Cuenca-Molleturo-Naranjal (25 m.)
- La influencia que tiene la meteorología sobre la concentración de los contaminantes atmosféricos es de importante consideración ya que facilita la interpretación del comportamiento de los valores registrados de concentraciones. El Ozono, a mayor temperatura, presentan mayor concentración, debido a que la

acción de la radiación solar incrementa la producción de este contaminante secundario. Por otra parte, mientras existan valores altos con respecto a la velocidad del viento y a la precipitación, el impacto será menor, ya que existirá una disminución en los valores de concentración.

- El Plan de Manejo para el Parque Nacional El Cajas, administrado por la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca- ETAPA EP, si bien determina las acciones para garantizar la conservación del ecosistema, así como fomentar la educación ambiental, la investigación y en general un manejo sustentable de los recursos naturales de esta área, se basa en los límites permisibles por la normativa nacional vigente para determinar los niveles de concentración de contaminantes como Ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, y material particulado sedimentable.

5. RECOMENDACIONES

- La contaminación ambiental es el principal problema de las sociedades actuales y seguirá así hasta que no exista un cambio radical en los patrones de desarrollo. Mientras primen las actividades de consumismo desmesurado y el mal uso de recursos naturales; incrementarán continuamente las afecciones medio ambientales y las repercusiones sobre la calidad de vida de los seres humanos.
- Las Universidades como actores con impacto social, educativo, cognoscitivo e organizacional deben ser activos en sus políticas y planes a favor del desarrollo sostenible y sustentable. Deben incluirse dentro de sus valores organizacionales, la concientización a como futuros profesionales buscar minimizar los impactos de las actividades humanas en el medio ambiente y garantizar la preservación de los limitados recursos naturales.
- Se recomienda realizar investigaciones en ambientes controlados en laboratorio que simulen las condiciones de climáticas y de vegetación, para conocer las concentraciones de los contaminantes (Ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, y material particulado sedimentable) que pudieran afectar a la vegetación del Parque Nacional.
- Al ser El Cajas una zona protegida sería recomendable que se consideren otro rango de valores permisibles. Se debería determinar límites permisibles inferiores a los de la normativa nacional considerando que se debe tener mucho más cuidado y control en zonas de reservas naturales.
- Se recomienda realizar un modelo de proyección que permita determinar la concentración de los contaminantes, debido al constante incremento de tráfico vehicular de un período de 10 a 15 años.

6. BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Protección Ambiental EPA. (2016). *Agencia de Protección Ambiental EPA*.
Obtenido de <http://www.epa.gov/earlink1/espanol/sobreepa/index.html>

Brack Egg, A. (2000). *El medio ambiente en el Perú*. Lima, Perú: USAID Perú.

Centro Mario Molina. (2014). *Políticas integrales para mejorar la calidad el aire en la ZMVM*. México D.F: Programa Hoy No Circula.

Contaminación Ambiental. (17 de Noviembre de 2012). *Contaminación Ambiental Blogspot*. Obtenido de www.contaminacion-ambiente.blogspot.com/

Cunninghan, W. (1997). *Environmental Science: A global concern*. USA Times Mirror.

Diario el HOY. (06 de Mayo de 2013). *Diario El HOY*. Obtenido de Fundación Natura "Qué es contaminación".

Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca. (2016). *EMOV EP*.
Obtenido de Monitoreo de calidad de aire:
<http://www.emov.gob.ec/?q=content/monitoreo-permanente-de-la-calidad-de-aire>

Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca. (2016). *Informe de Calidad de Aire Cuenca año 2015*. Cuenca: EMOV EP.

Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca. (2016).
Memorando EMOV EP-MCA-2016-060-MEM. Cuenca.

Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Saneamiento de Cuenca. (2015). *Subgerencia de Gestión Ambiental: Instalación de Radar CAXX*. Cuenca: ETAPA.

Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Saneamiento de Cuenca- ETAPA EP. (2016). *Gestión Ambiental*. Cuenca: ETAPA.

Espinoza, C. (2014). *Contaminación del Aire Exterior: Cuenca-Ecuador 2009-2013 posibles efectos en la salud*. Cuenca: Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la U de Cuenca.

Fonfría, R., & Ribas, J. (1989). *Ingeniería Ambiental: Contaminación y tratamiento, 1era edición*. Barcelona: Editorial Marcombo.

Fundación Centro de Recursos Ambientales de Navarra. (6 de Diciembre de 2016). *Fundación Centro de Recursos Ambientales de Navarra*. Obtenido de Dióxido de Azufre: http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion_3/diaxido-azufre-so2

GAD Municipal Cuenca. (2006). *Ilustre Municipalidad de Cuenca*. Obtenido de ODIFICACIÓN A LA ORDENANZA QUE NORMA EL ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR DE CUENCA Y LA DELEGACIÓN DE COMPETENCIAS A CUENCAIRE, CORPORACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL AIRE DE CUENCA.: <http://www.cuenca.gob.ec/?q=node/8941>

Google Earth. (2015). Google Earth.

Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial. (2004). *Gestión de la Calidad de Aire: causas, efectos, soluciones*. Lima: UNMSN.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2001). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204:2002*. Quito.

Jerves, R. (s.f.). *Catedra Calidad de Aire*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Lilia, A. (1997). *Introducción a la toxicología*. México D.F: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud.

Loyola, M. (2003). *Ecología y medio ambiente*. México D.F: Progreso.

Meteogalicia. (6 de Diciembre de 2016). Obtenido de Dióxido de Azufre:
http://www.meteogalicia.gal/Caire/so2Caire.action?request_locale=es

Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan Nacional de la Calidad de Aire*. Quito: Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación COSUDE.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/>

Ministerio del Ambiente. (2011). *Acuerdo N° 0050*. Quito: Acuerdo Ministerial MAE.

Molina, M., & Molina, L. (2004). *Megaciudades y contaminación atmosférica*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Mujica, V., & Figueroa, J. (1996). *Contaminación Ambiental: causas y control, 1era edición*. México D.F: Universidad Autónoma Metropolitana.

Norma de Calidad del Aire Ambiente TULSMA. (2006). *Libro VI. Anexo 4*. Quito: Decreto Ejecutivo No. 1589.

Organización de las Naciones Unidas. (2003). *Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Organización Mundial de la Salud-Representación en Ecuador. (2001). *Diagnóstico del sistema de monitoreo de la calidad del aire en la Ciudad de Cuenca*. Quito: ETAPA- OPS-OMS- CEPIS.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO4 medio ambiente para el desarrollo*. Randers: PNUMA.

Servicio Ecuatoriano de Normalización . (2016). *INEN*. Obtenido de Normas Técnicas en Gestión Ambiental del aire: <http://www.normalizacion.gob.ec/>.

Universidad Nacional de Loja. (2014). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Loja: Universidad Nacional de Loja.

7. ANEXOS

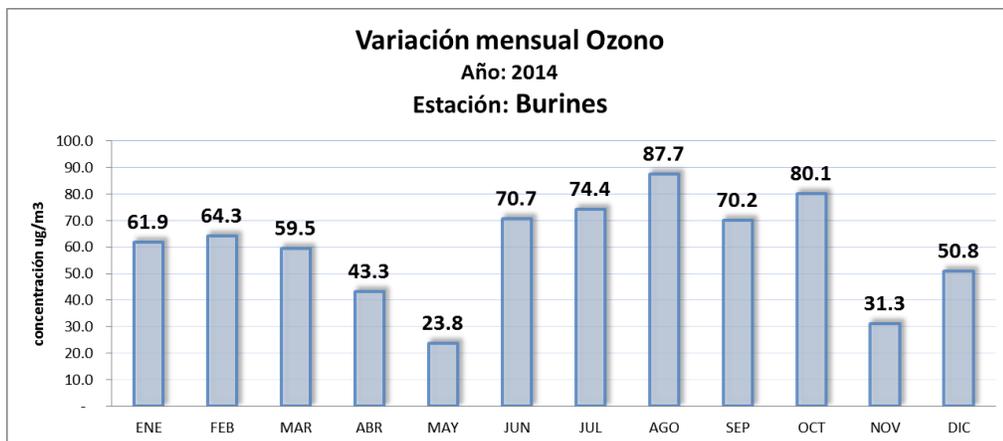
Anexo N° 1: PRESUPUESTO

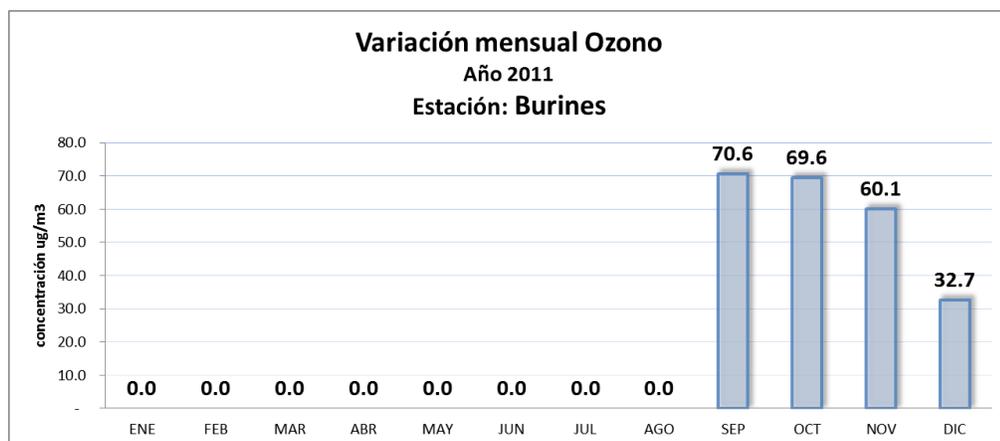
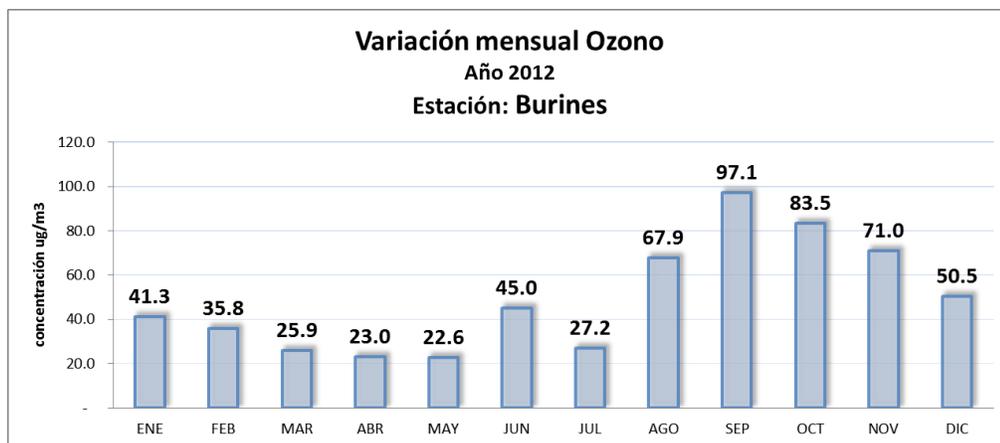
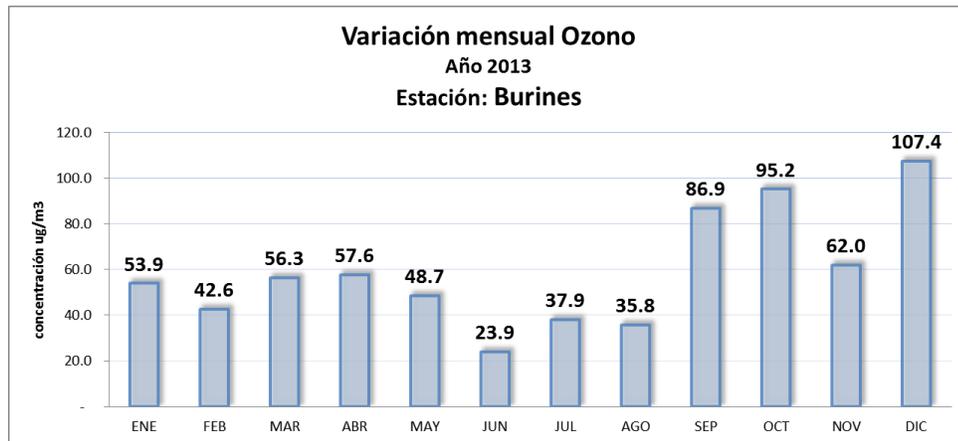
PRESUPUESTO DE TRABAJO DE TITULACIÓN		
Rubro	Costo	Justificación
Papelería e impresiones	\$ 60.00	Se toman en cuenta las impresiones de oficios, solicitudes, así como el informe final, más hojas, esferos y otros materiales que se necesitan en el desarrollo del proyecto
Transporte	\$ 100.00	Se consideran gastos de gasolina y transporte público para acudir a las diferentes instituciones
Equipos informáticos	\$ 80.00	Se necesitará licencias de office, adquirir memorias USD, etc
Comunicación	\$ 80.00	Indispensable contar con saldo disponible en teléfonos celulares así como conexión a internet para desarrollo de la
Trámites Universitarios	\$ 100.00	certificaciones, derechos, etc
Misceláneos	\$ 50.00	Otros gastos que se dan en el proceso
TOTAL	\$ 470.00	

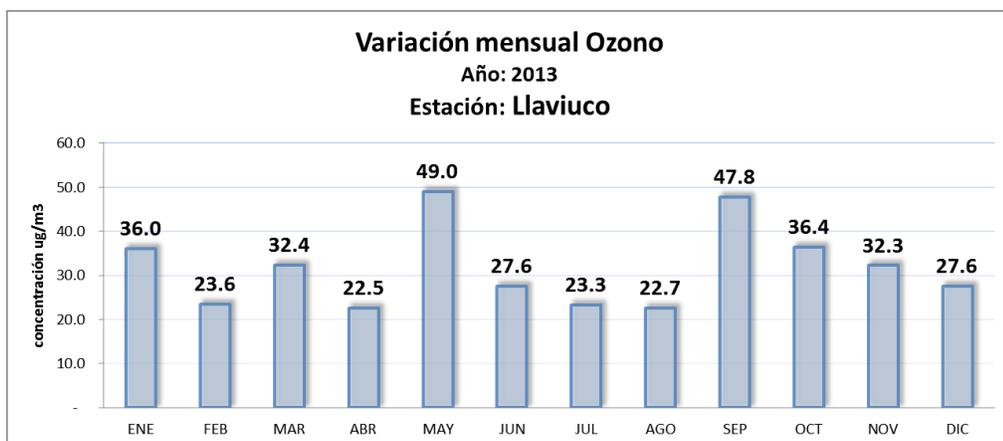
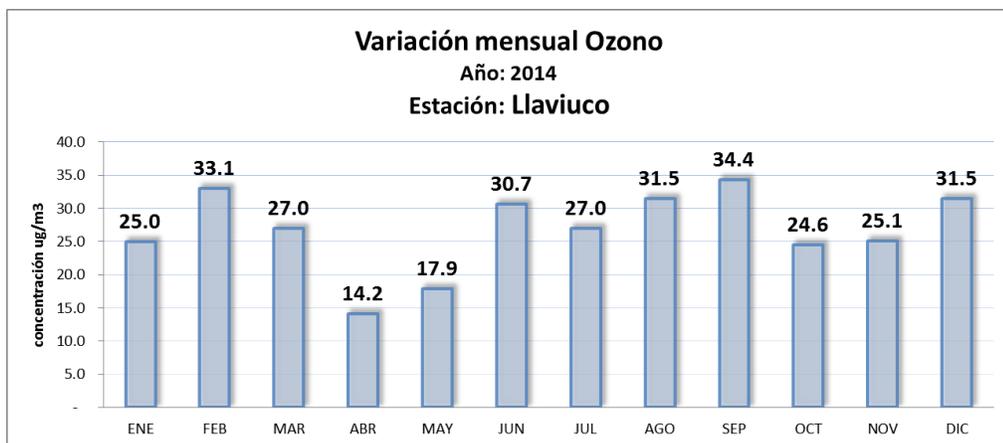
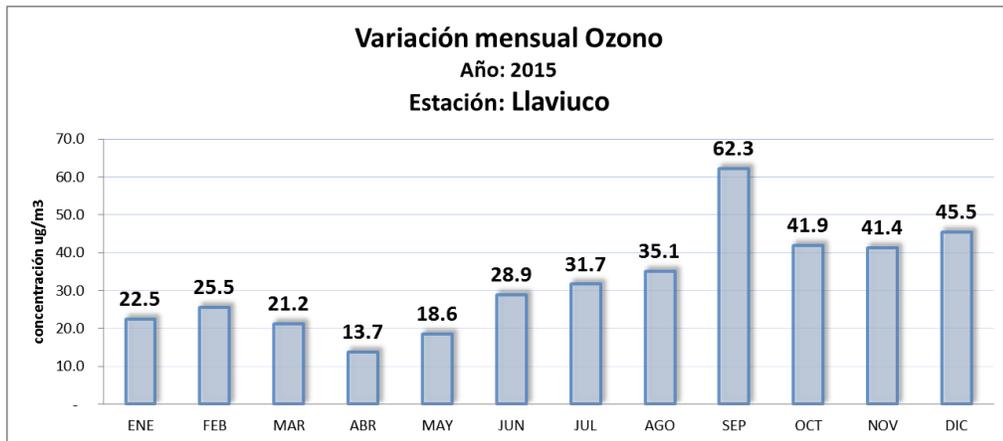
Anexo N° 3: REGISTROS MENSUALES EN CADA ESTACIÓN SEGÚN CONTAMINANTE PERÍODO 2011-2015

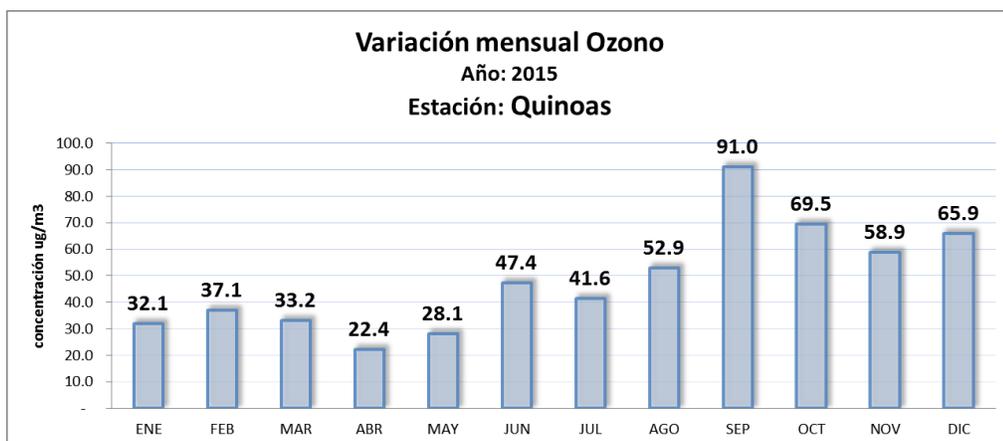
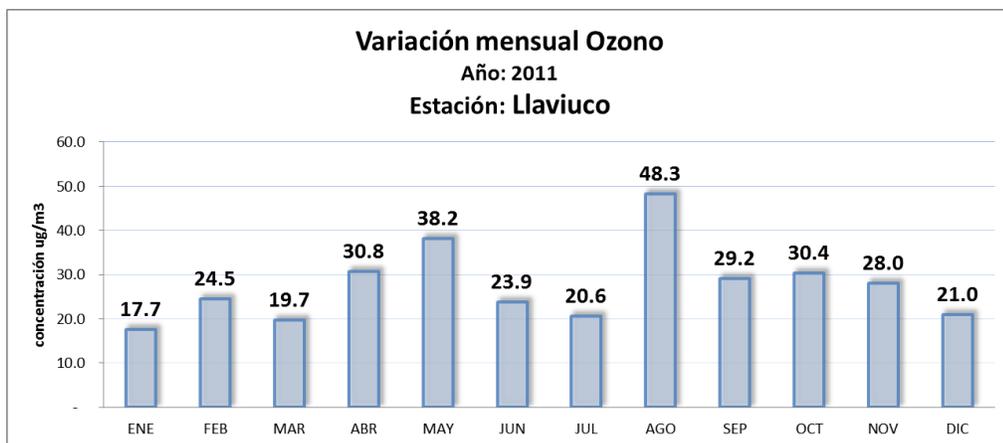
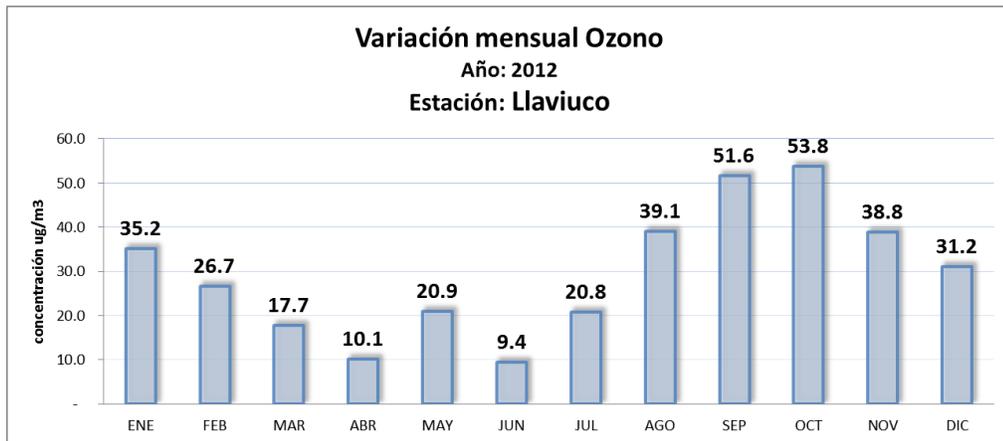
VARIACIÓN MENSUAL OZONO

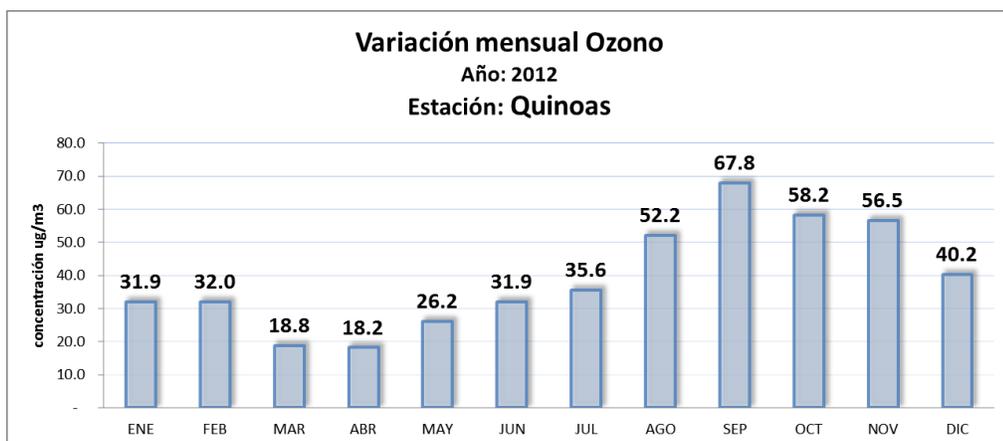
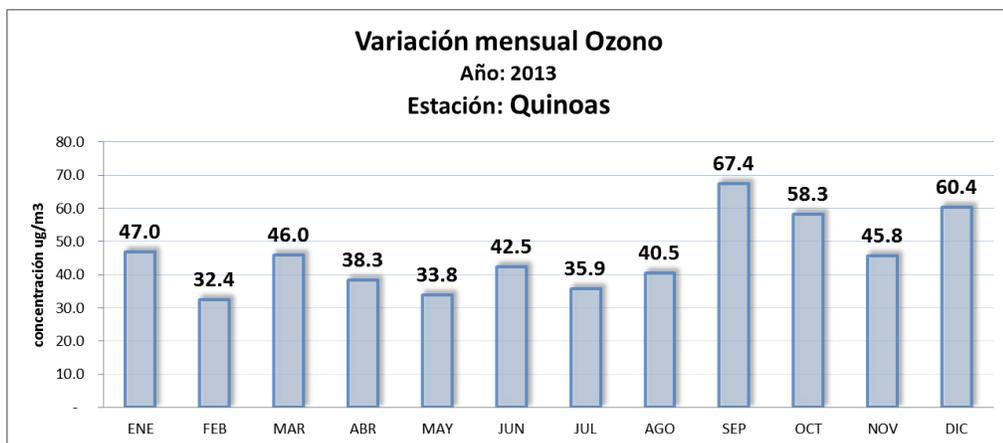
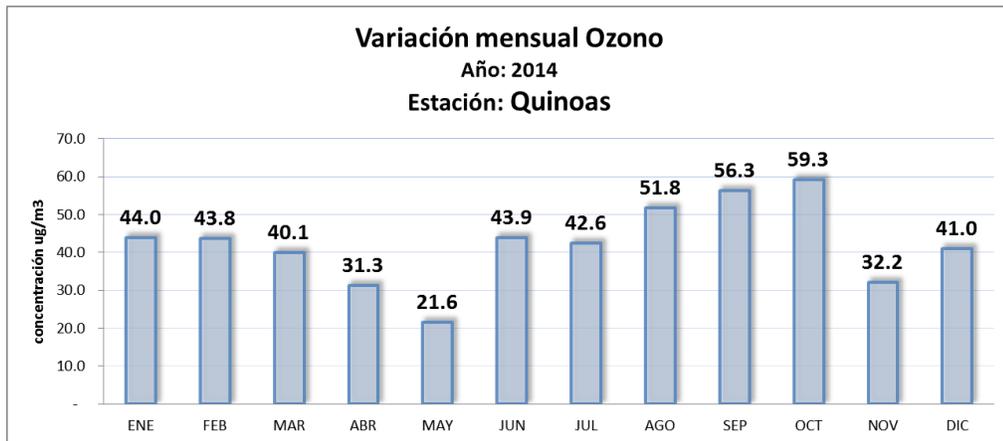
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
Burines	2011	n/r	70.6	69.6	60.1	32.7	58.2							
	2012	41.3	35.8	25.9	23.0	22.6	45.0	27.2	67.9	97.1	83.5	71.0	50.5	49.2
	2013	53.9	42.6	56.3	57.6	48.7	23.9	37.9	35.8	86.9	95.2	62.0	107.4	59.0
	2014	61.9	64.3	59.5	43.3	23.8	70.7	74.4	87.7	70.2	80.1	31.3	50.8	59.8
	2015	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r								
Llaviuco	2011	17.7	24.5	19.7	30.8	38.2	23.9	20.6	48.3	29.2	30.4	28.0	21.0	27.7
	2012	35.2	26.7	17.7	10.1	20.9	9.4	20.8	39.1	51.6	53.8	38.8	31.2	29.6
	2013	36.0	23.6	32.4	22.5	49.0	27.6	23.3	22.7	47.8	36.4	32.3	27.6	31.7
	2014	25.0	33.1	27.0	14.2	17.9	30.7	27.0	31.5	34.4	24.6	25.1	31.5	26.8
	2015	22.5	25.5	21.2	13.7	18.6	28.9	31.7	35.1	62.3	41.9	41.4	45.5	32.3
Quinoas	2011	30.3	24.4	29.4	24.9	37.5	20.9	24.9	42.8	37.5	44.1	37.9	26.7	31.8
	2012	31.9	32.0	18.8	18.2	26.2	31.9	35.6	52.2	67.8	58.2	56.5	40.2	39.1
	2013	47.0	32.4	46.0	38.3	33.8	42.5	35.9	40.5	67.4	58.3	45.8	60.4	45.7
	2014	44.0	43.8	40.1	31.3	21.6	43.9	42.6	51.8	56.3	59.3	32.2	41.0	42.3
	2015	32.1	37.1	33.2	22.4	28.1	47.4	41.6	52.9	91.0	69.5	58.9	65.9	48.3
Toreadora	2011	37.0	41.7	39.4	29.5	42.2	28.4	25.6	66.6	38.1	65.3	56.4	34.5	42.1
	2012	31.3	33.1	26.1	25.5	35.1	47.5	46.2	54.0	88.4	64.8	68.9	59.4	48.4
	2013	71.4	42.7	71.6	38.7	60.7	52.7	47.9	51.1	97.0	81.6	57.8	79.4	62.7
	2014	60.4	62.1	52.9	30.8	28.0	44.5	49.9	70.1	84.1	63.9	51.3	48.4	53.8
	2015	48.1	49.2	40.1	27.0	24.5	47.3	50.3	63.0	124.0	85.7	75.0	87.3	60.1

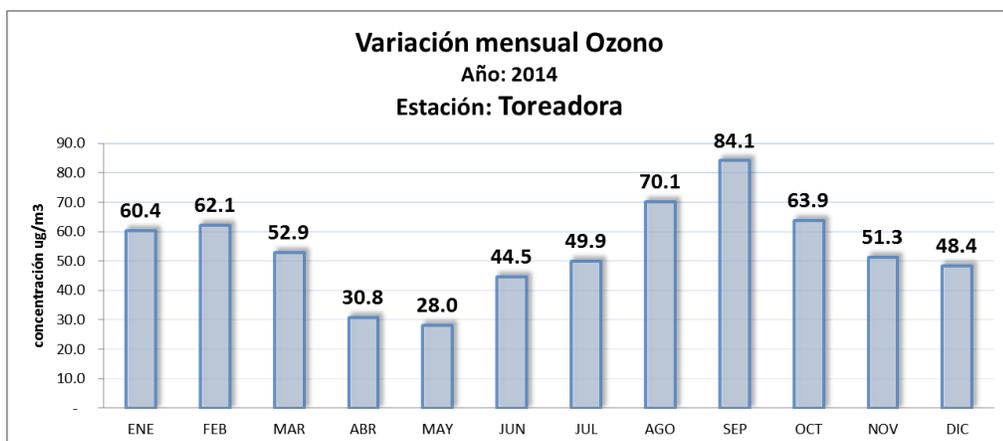
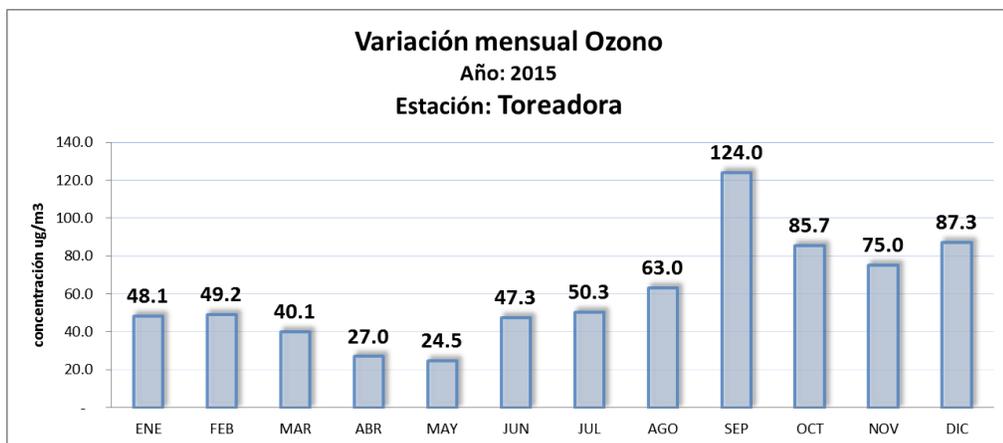
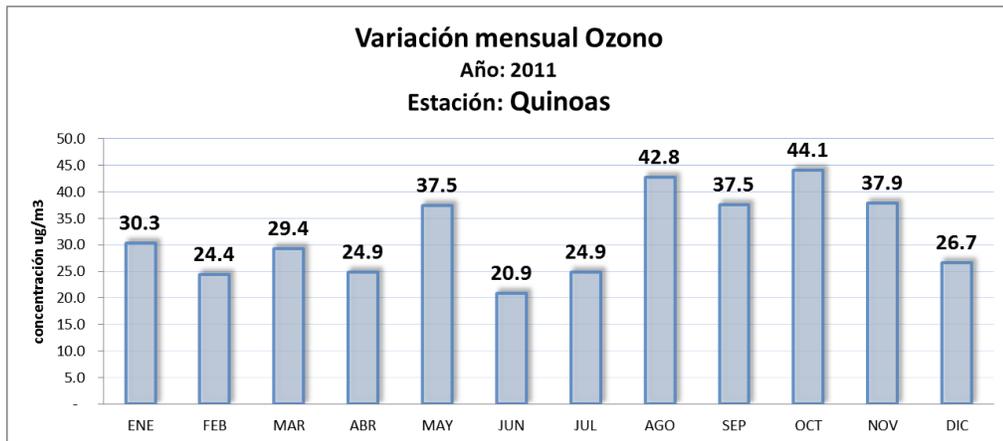


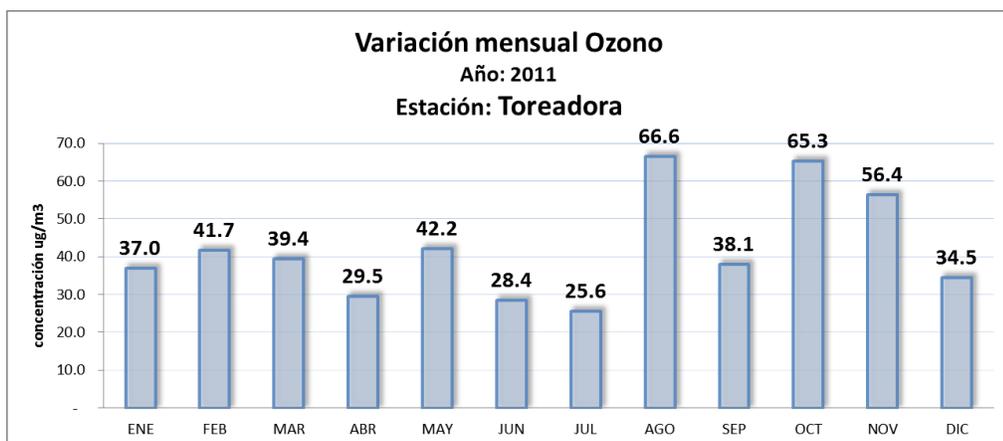
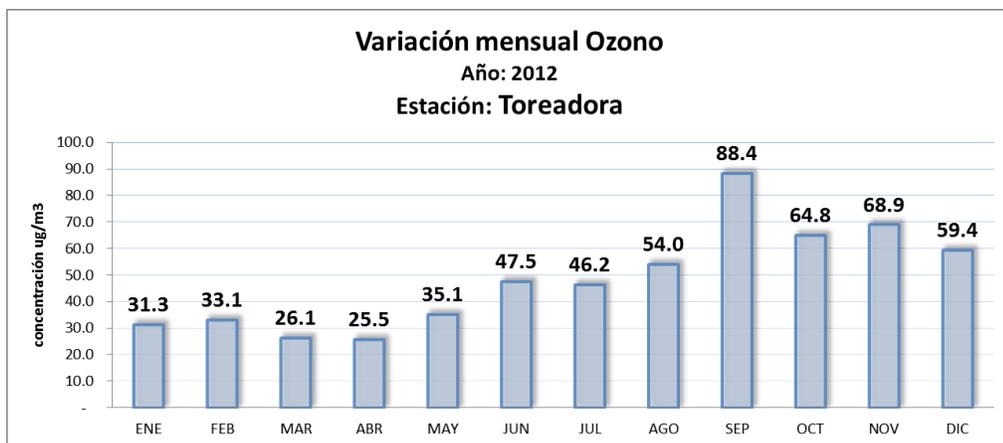
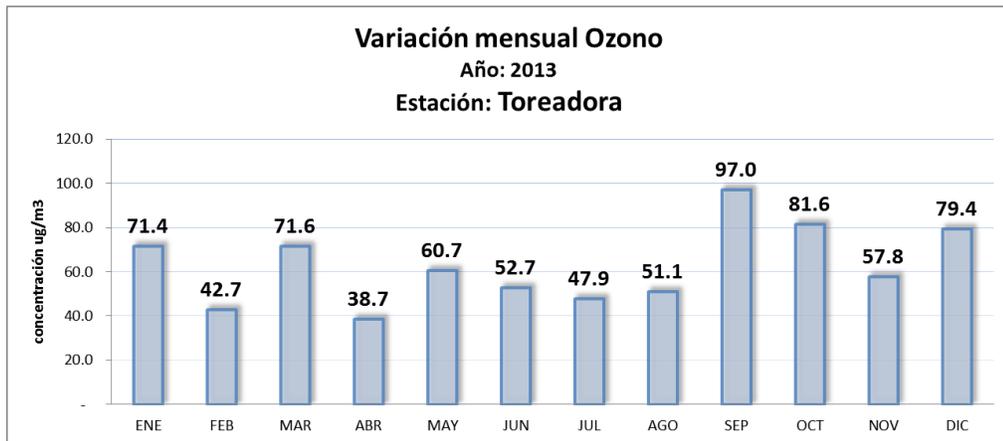


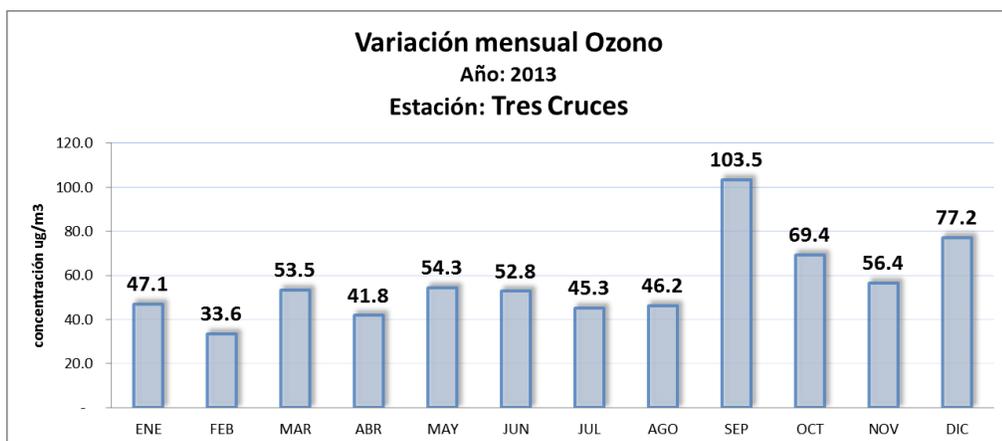
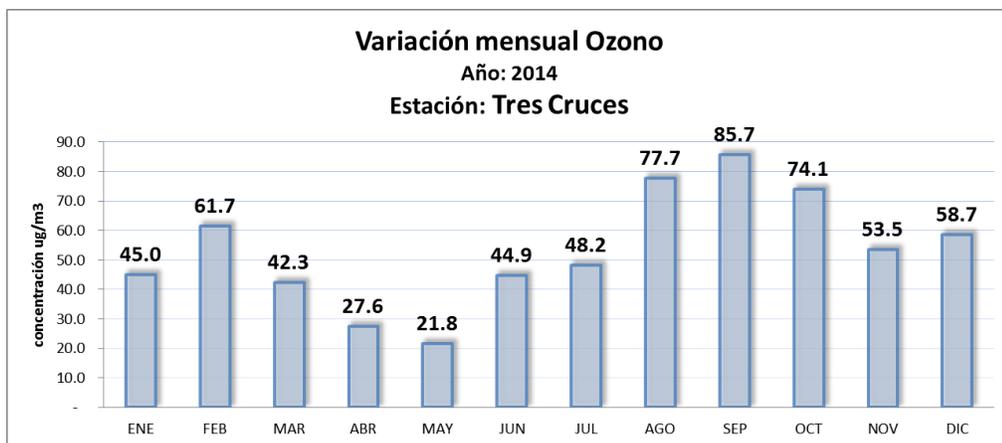
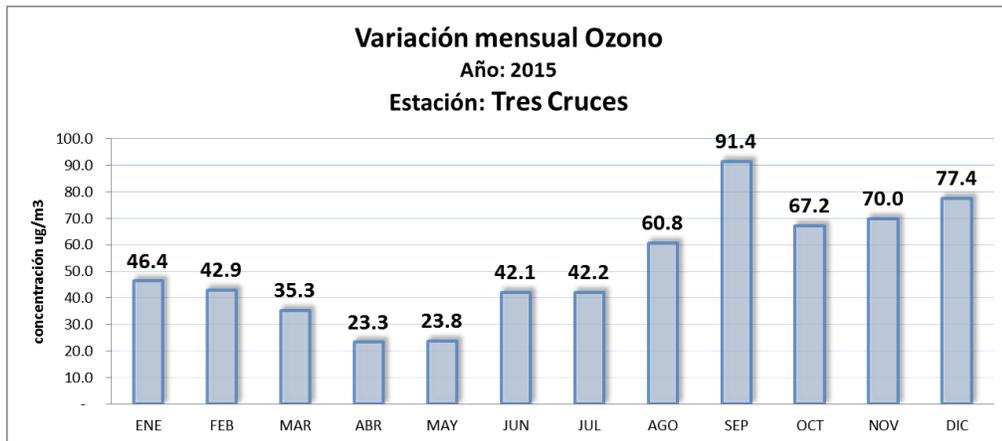


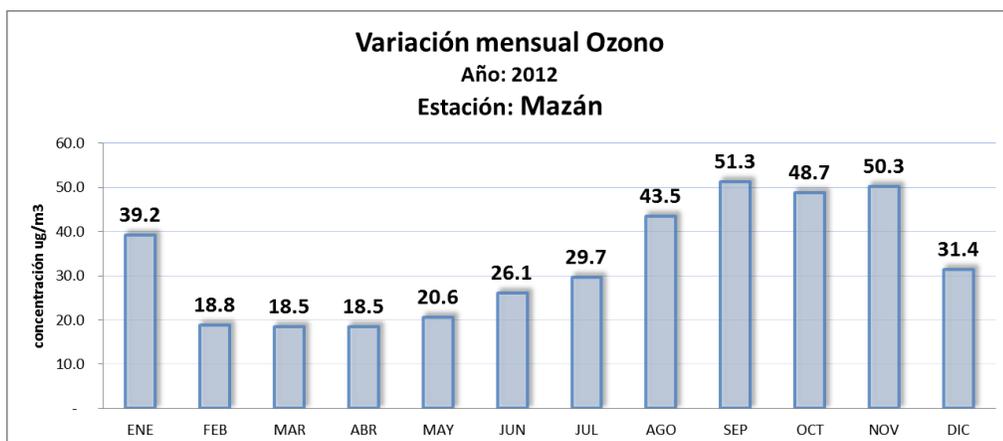
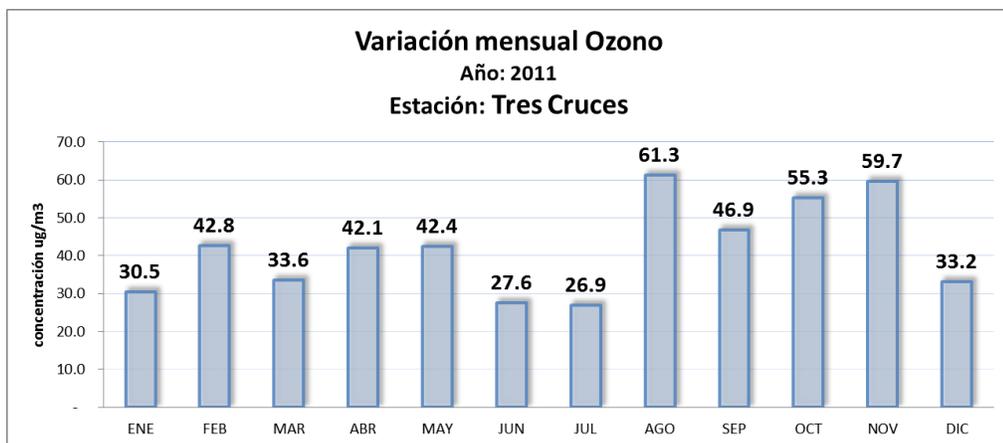
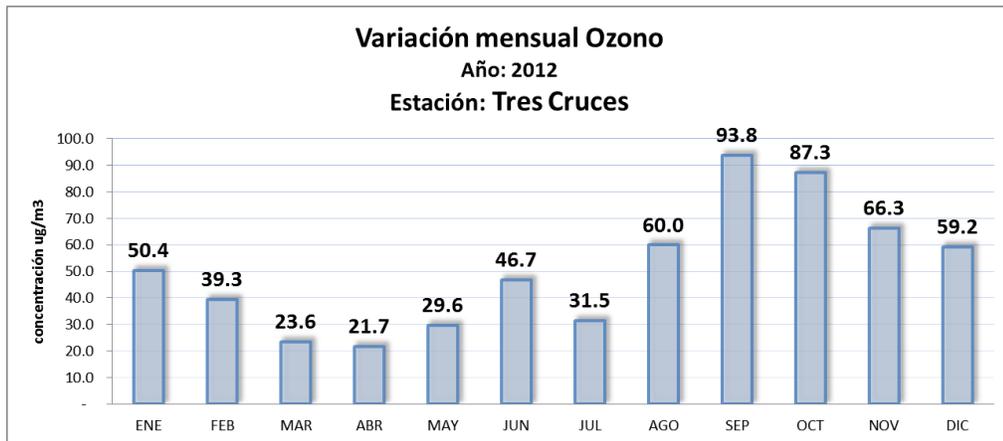






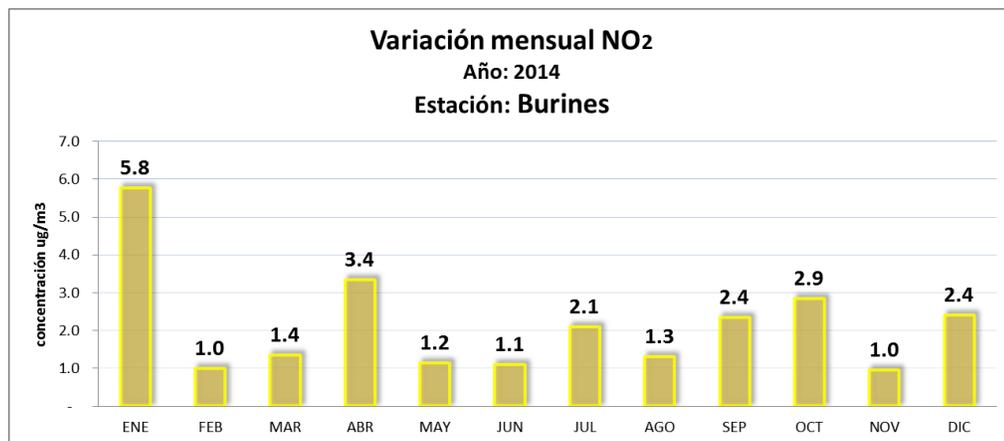


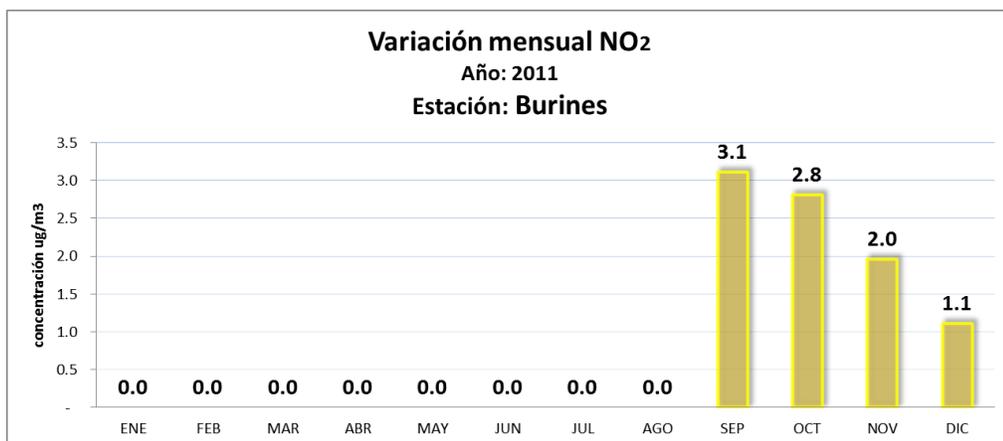
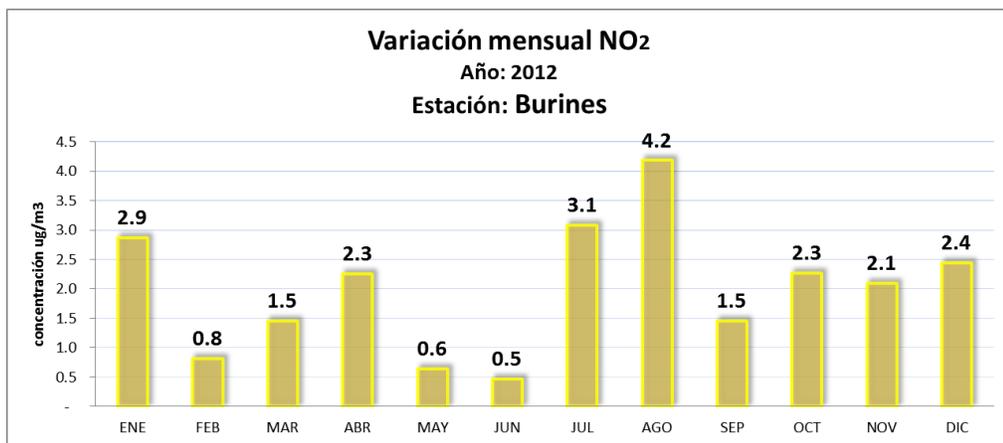
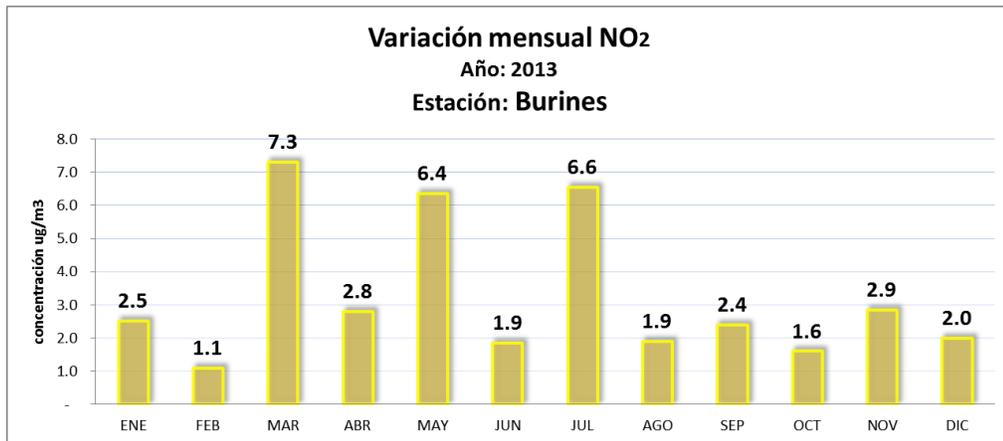


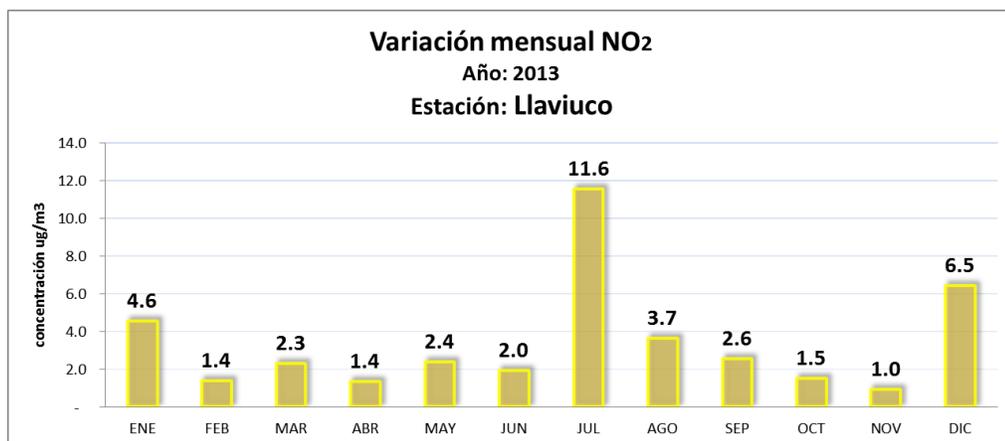
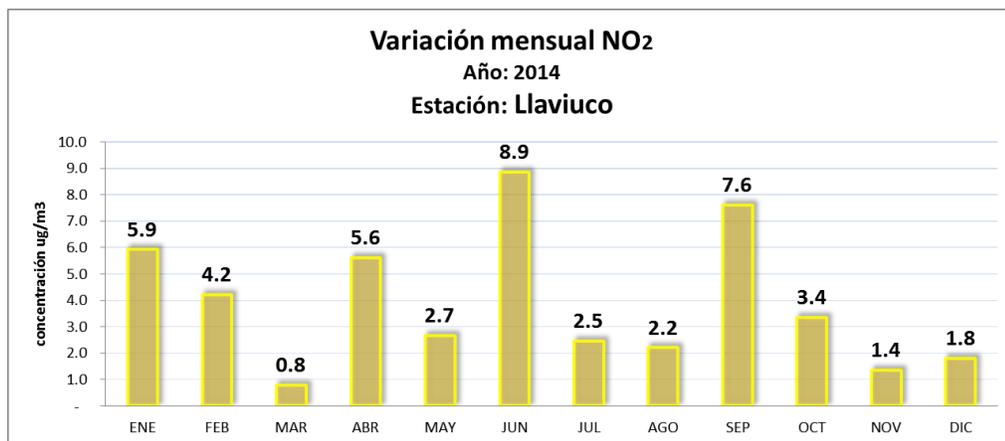
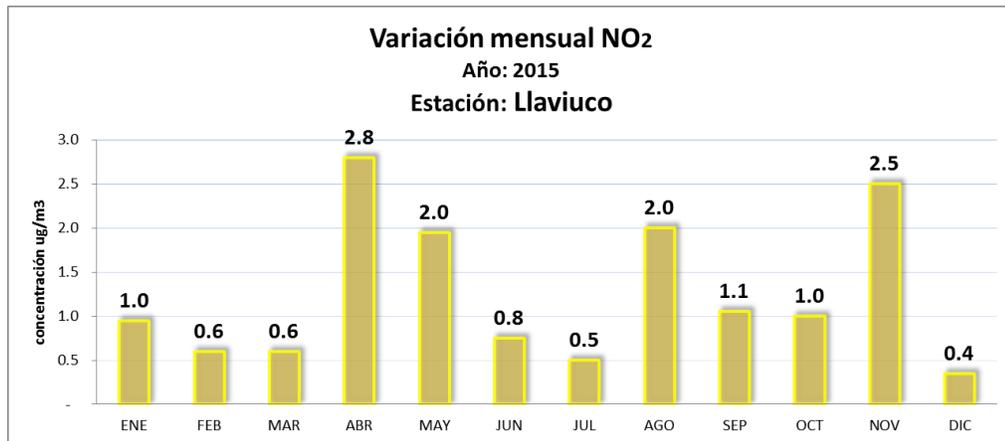


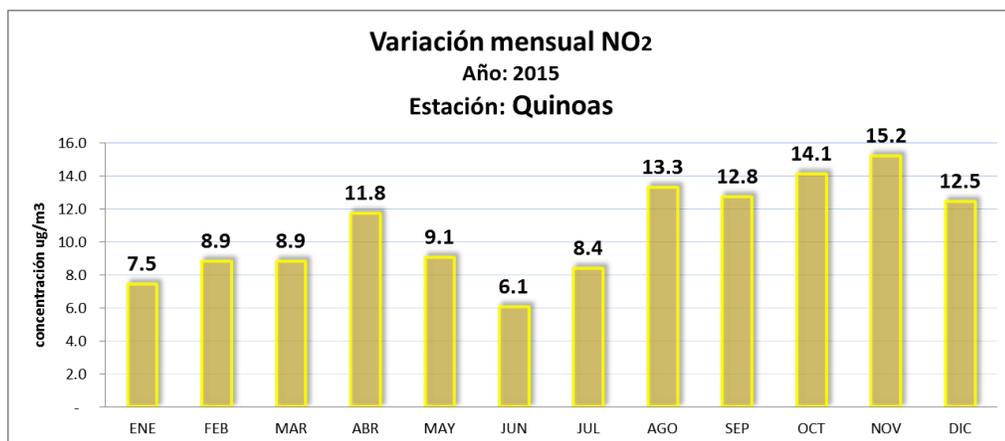
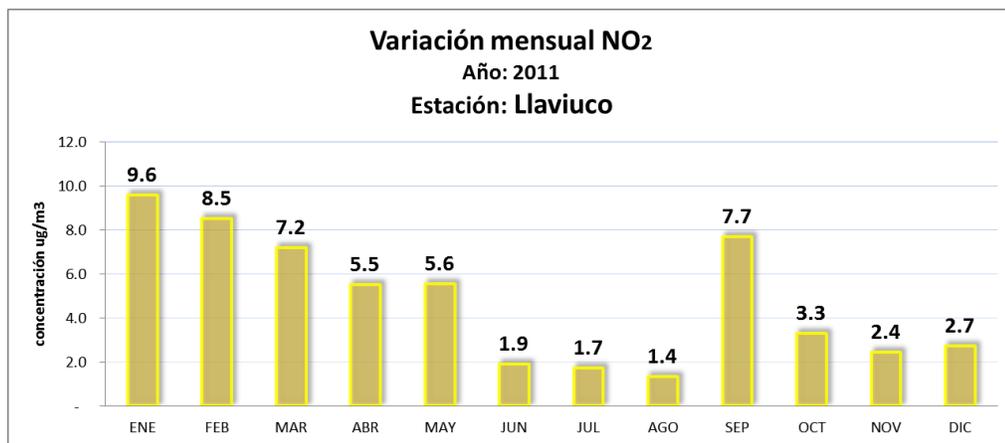
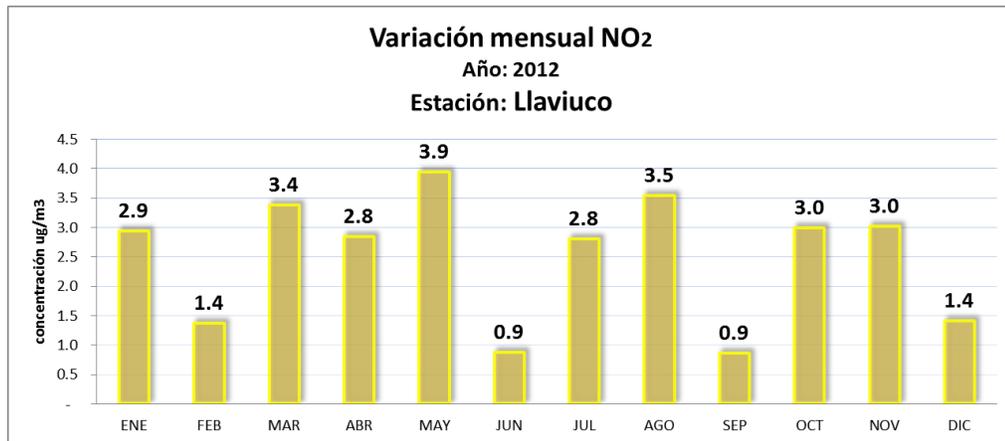
VARIACIÓN MENSUAL NO₂

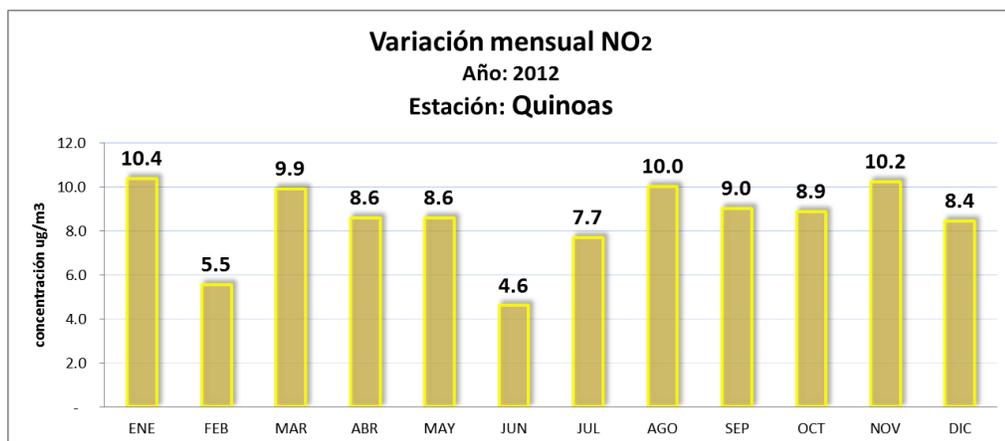
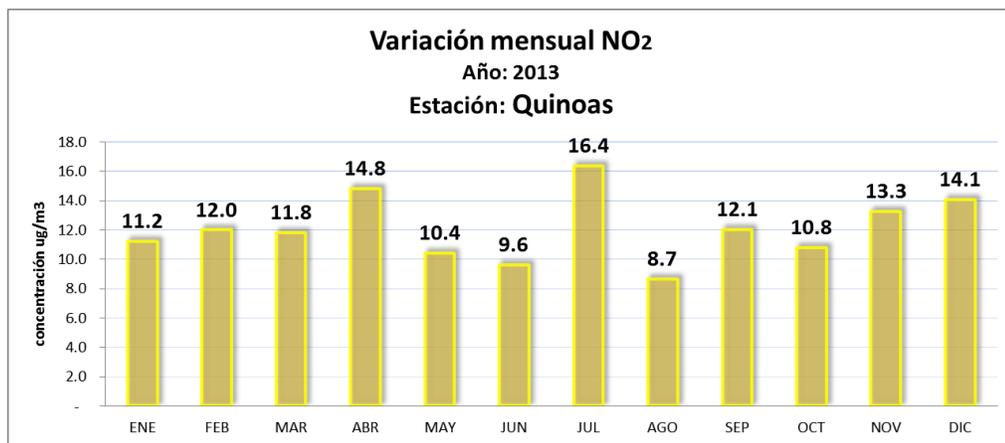
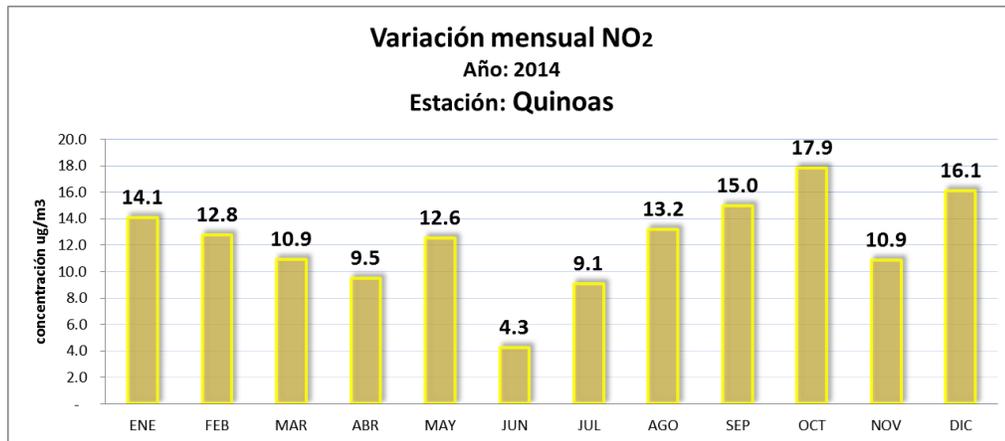
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
Burines	2011	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	3.1	2.8	2.0	1.1	2.2
	2012	2.9	0.8	1.5	2.3	0.6	0.5	3.1	4.2	1.5	2.3	2.1	2.4	2.0
	2013	2.5	1.1	7.3	2.8	6.4	1.9	6.6	1.9	2.4	1.6	2.9	2.0	3.3
	2014	5.8	1.0	1.4	3.4	1.2	1.1	2.1	1.3	2.4	2.9	1.0	2.4	2.1
Quinoas	2011	19.0	19.1	12.2	10.6	10.4	8.0	6.5	7.4	6.6	12.6	13.0	6.0	11.0
	2012	10.4	5.5	9.9	8.6	8.6	4.6	7.7	10.0	9.0	8.9	10.2	8.4	8.5
	2013	11.2	12.0	11.8	14.8	10.4	9.6	16.4	8.7	12.1	10.8	13.3	14.1	12.1
	2014	14.1	12.8	10.9	9.5	12.6	4.3	9.1	13.2	15.0	17.9	10.9	16.1	12.2
	2015	7.5	8.9	8.9	11.8	9.1	6.1	8.4	13.3	12.8	14.1	15.2	12.5	10.7
Toreadora	2011	10.4	9.7	7.2	4.5	4.3	0.8	1.0	1.4	10.3	7.4	5.0	2.7	5.4
	2012	4.8	3.0	3.9	4.0	3.7	1.6	4.4	4.6	1.7	3.5	2.8	1.9	3.3
	2013	5.2	3.4	3.2	4.8	4.0	2.5	7.7	2.9	6.8	5.3	4.1	5.8	4.6
	2014	7.5	6.4	2.9	2.5	5.8	3.0	2.9	2.4	10.6	4.1	2.4	4.0	4.5
	2015	0.9	2.3	1.4	4.1	2.2	2.2	1.3	3.3	1.5	4.6	5.9	2.4	2.6
Tres Cruces	2011	13.9	11.3	7.9	5.8	5.7	3.0	2.7	1.9	3.8	7.4	6.8	5.3	6.3
	2012	8.1	2.6	4.2	5.9	4.4	2.2	8.9	5.7	3.5	3.4	5.9	3.3	4.8
	2013	4.3	6.3	5.0	5.5	6.4	1.8	12.1	4.7	6.5	6.5	5.8	5.4	5.8
	2014	6.6	8.4	5.1	5.1	6.7	1.9	6.5	5.5	6.5	6.6	6.0	6.7	5.9
	2015	2.7	5.0	3.4	6.4	3.5	2.3	2.5	4.4	4.4	6.2	8.3	5.1	4.5
Mazán	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1	2.1	3.7	0.8	1.9
	2012	2.3	1.4	1.4	2.4	1.1	1.8	1.3	4.8	1.4	1.5	1.7	1.4	1.9
	2013	4.6	2.3	1.0	2.3	3.9	2.7	6.5	3.8	2.2	3.9	4.5	2.6	3.3
	2014	8.0	2.7	2.1	3.8	2.8	1.9	4.1	2.3	3.4	3.8	1.7	2.3	3.2
	2015	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r

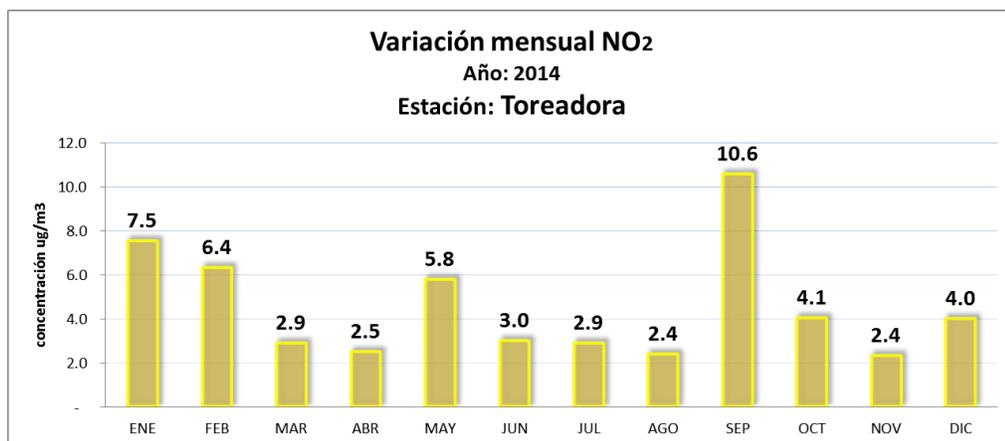
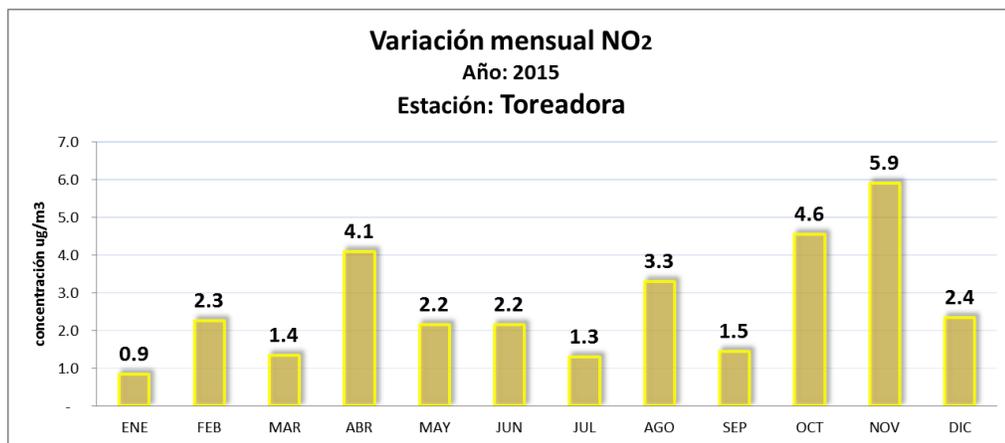
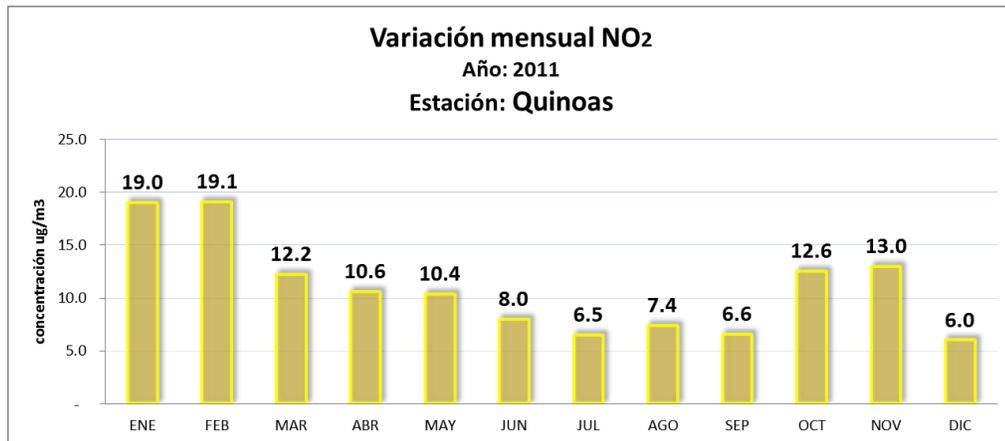


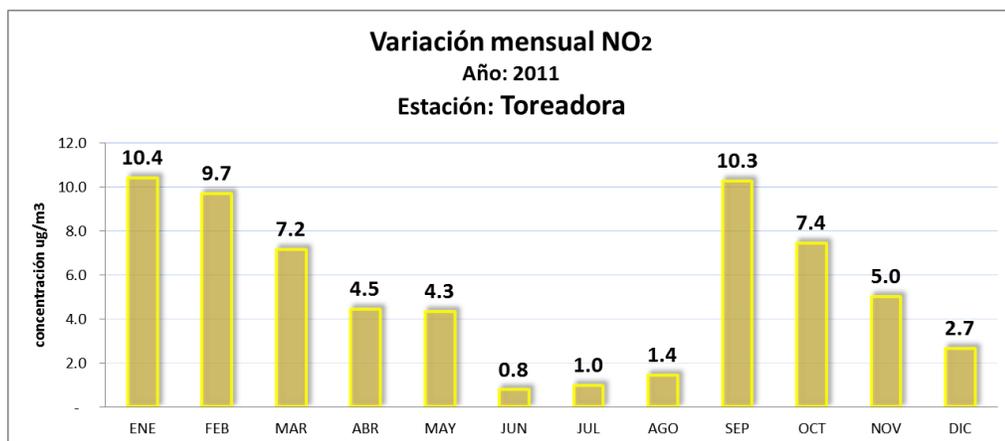
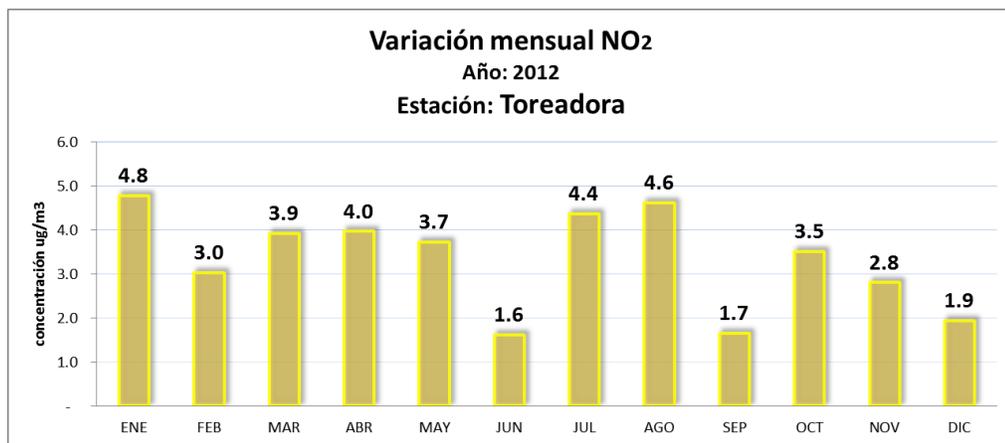
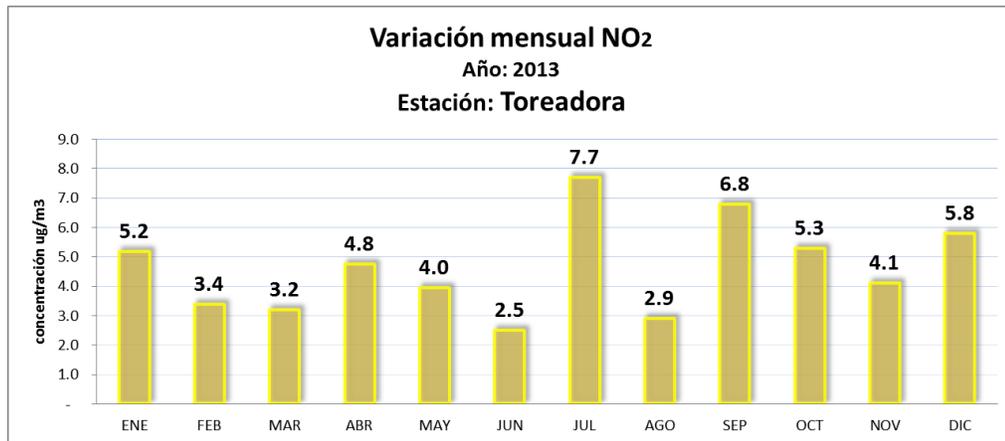


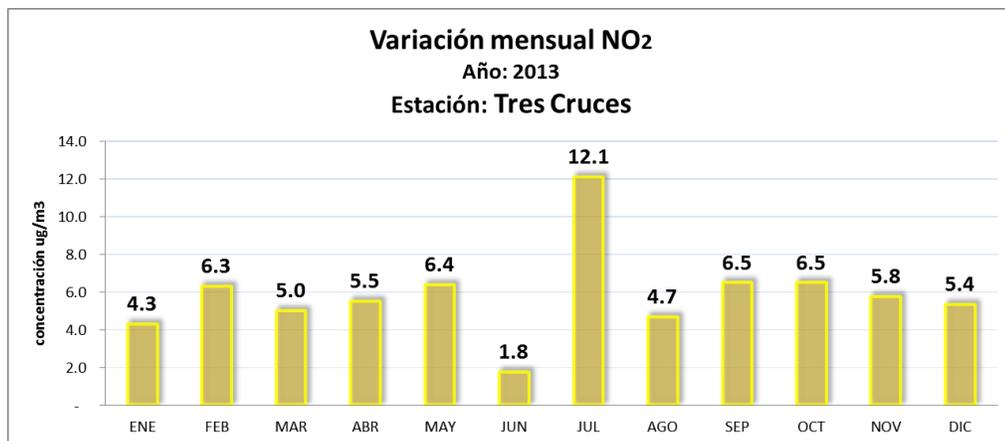
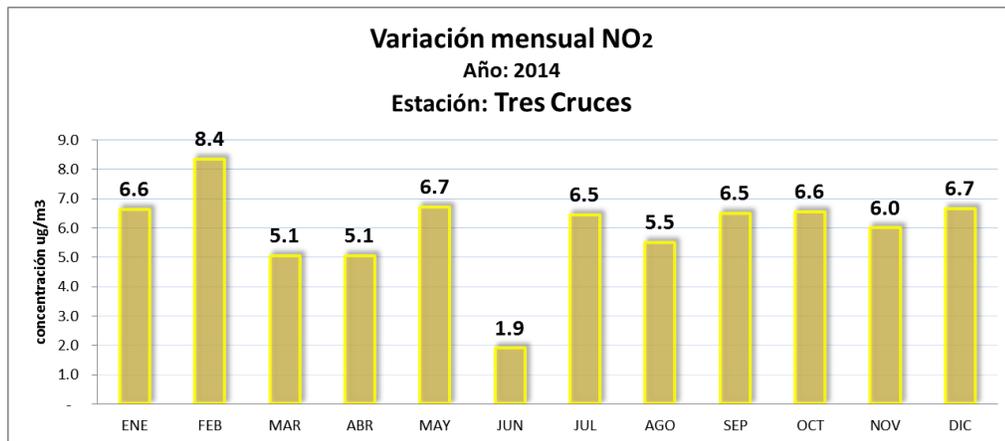
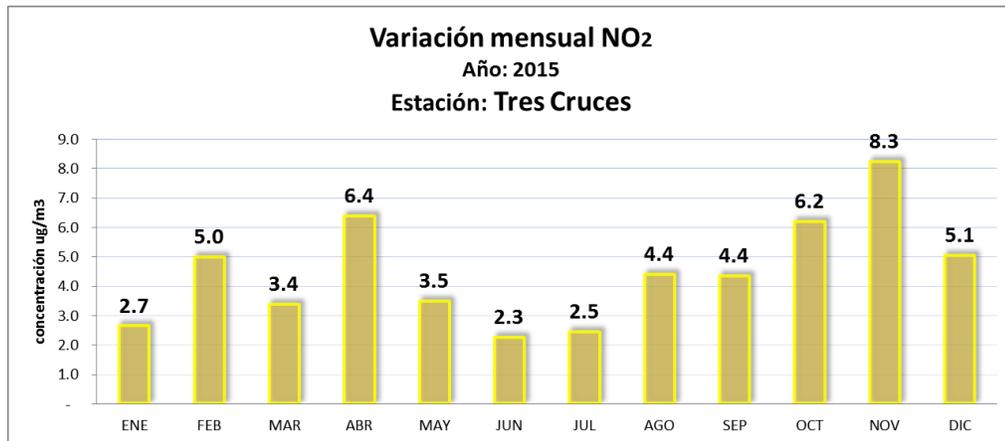


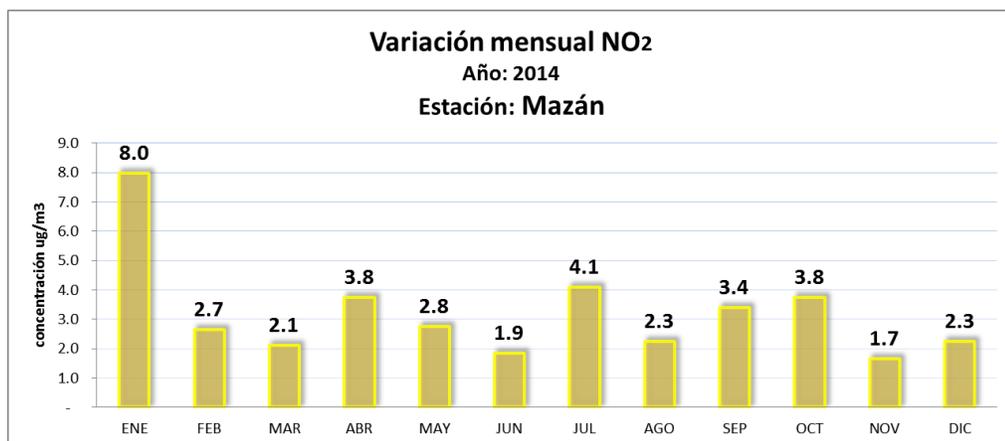
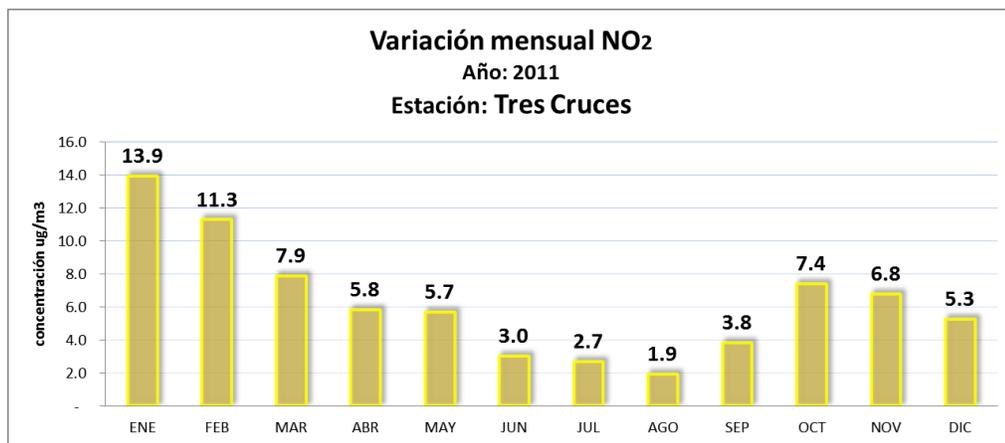
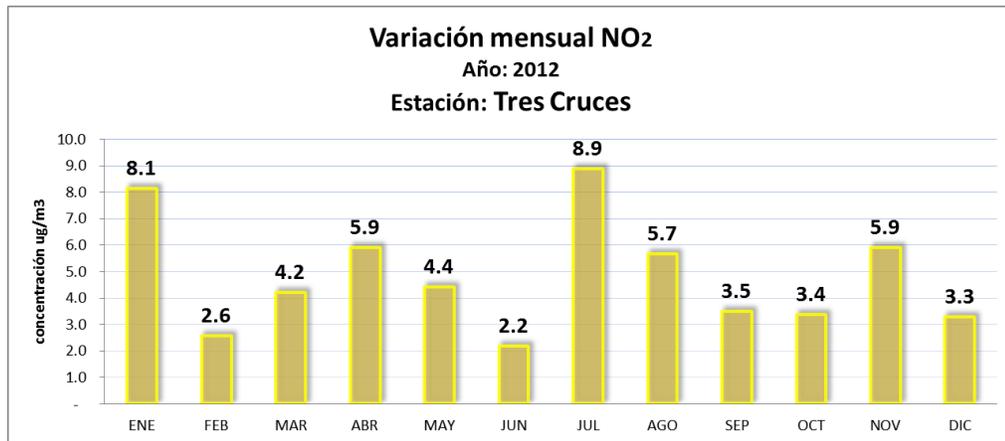


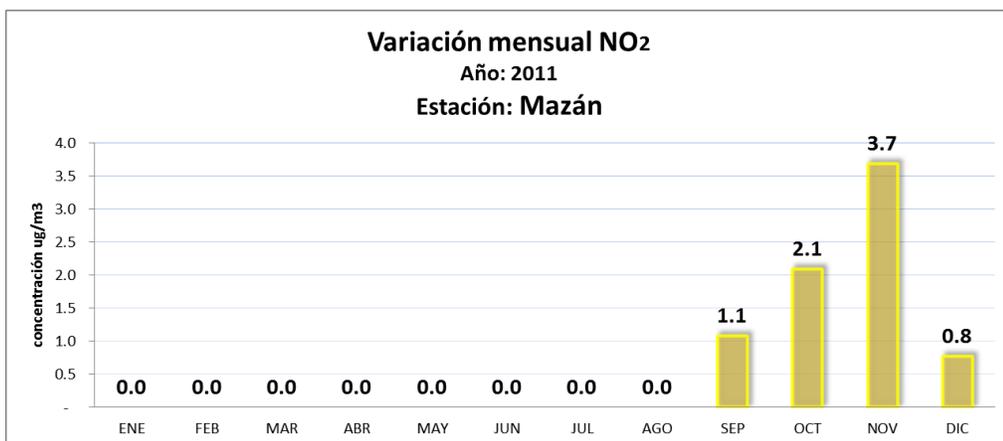
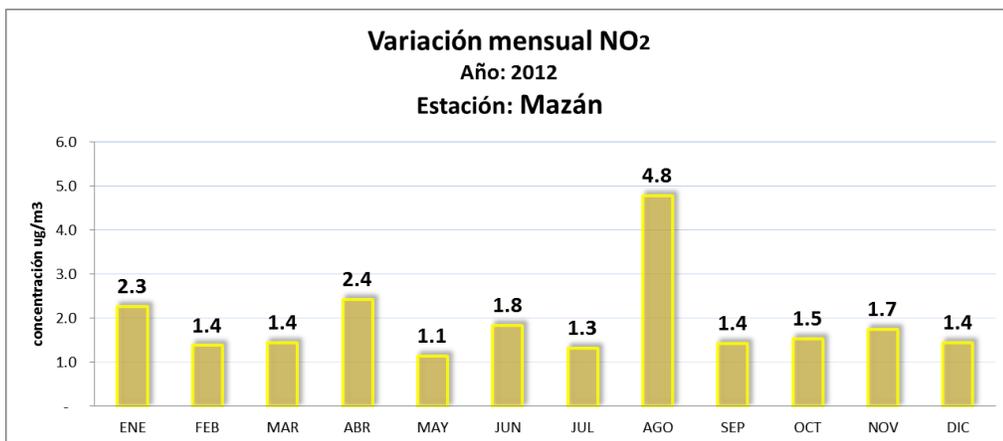
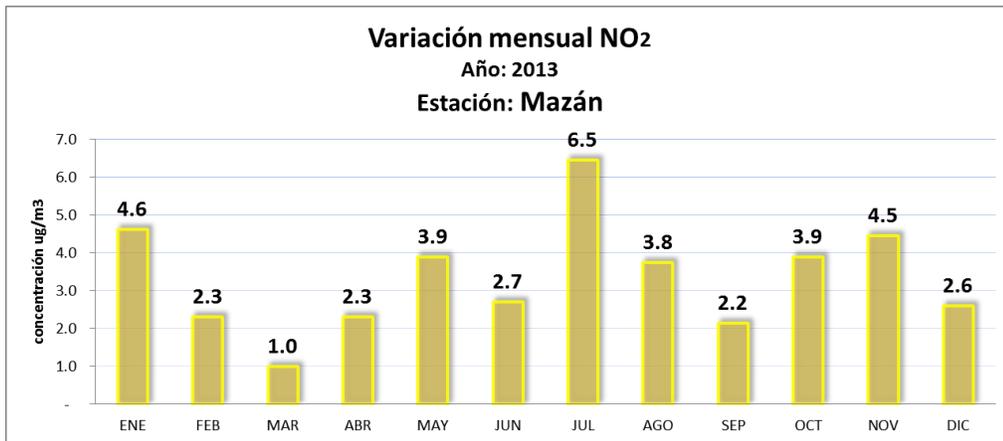






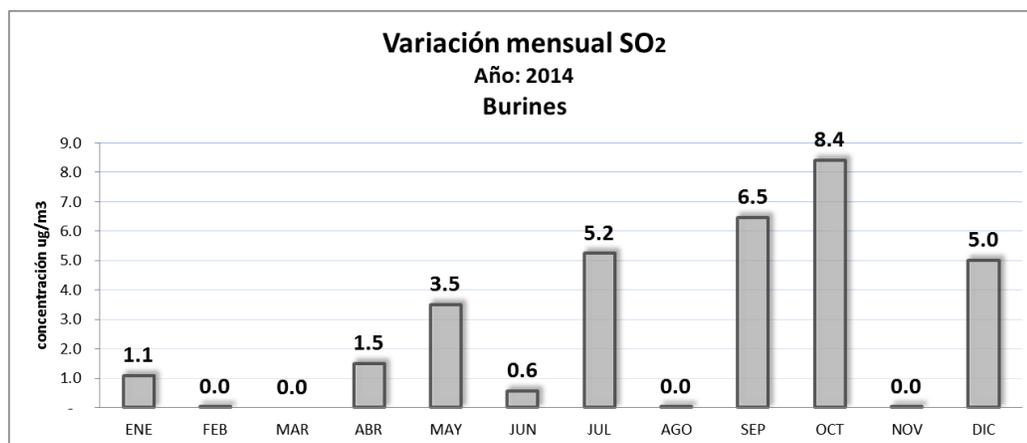


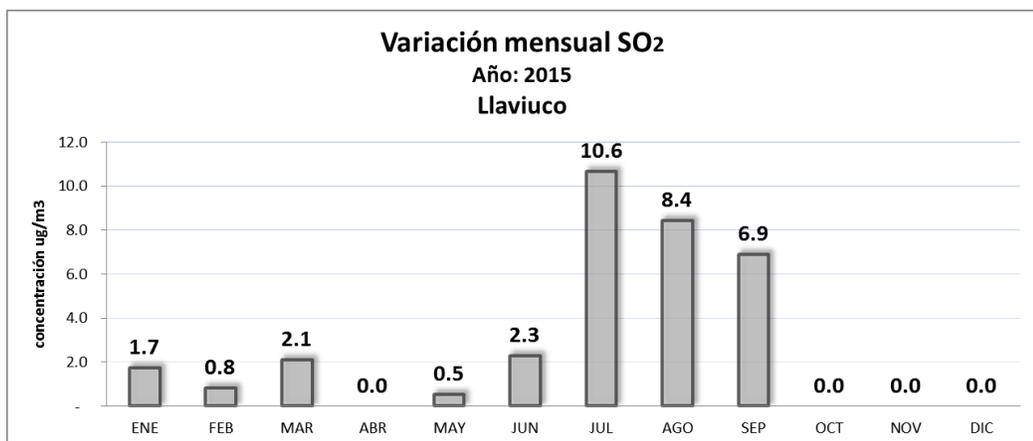
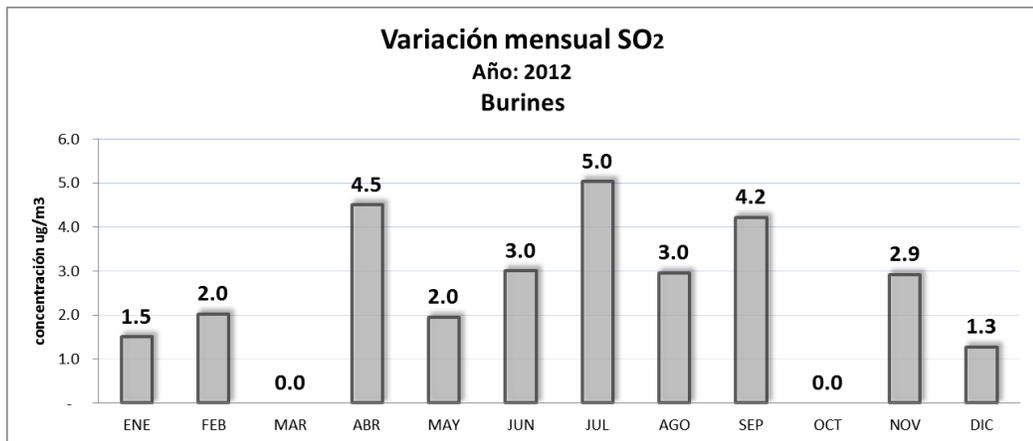
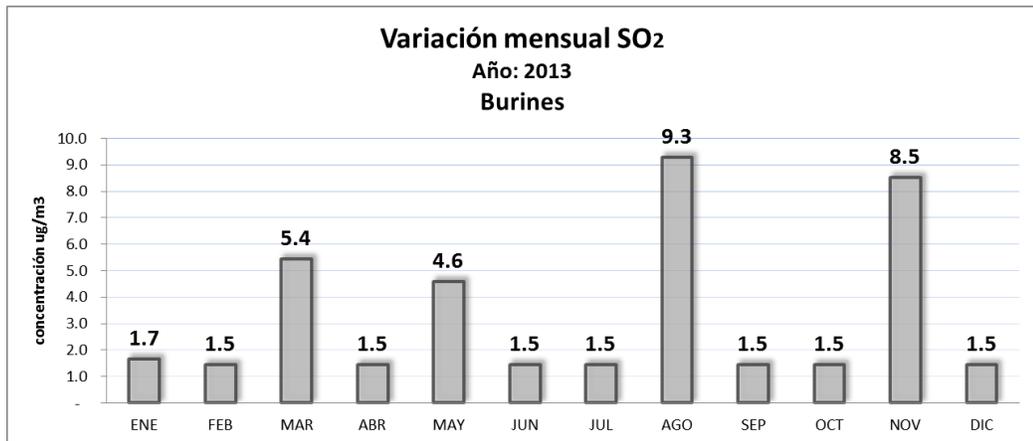


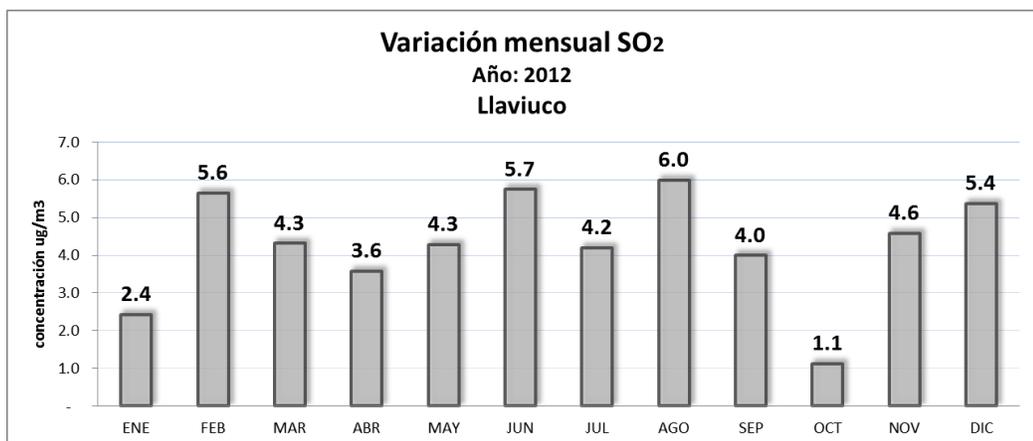
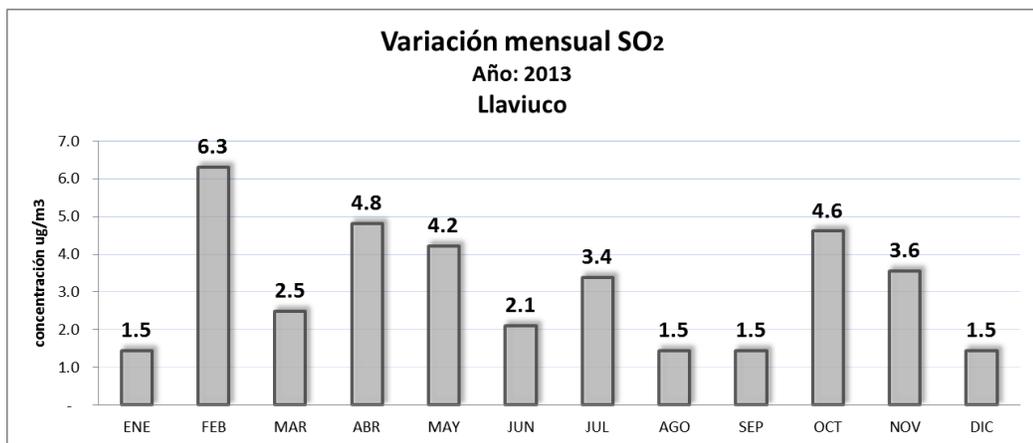
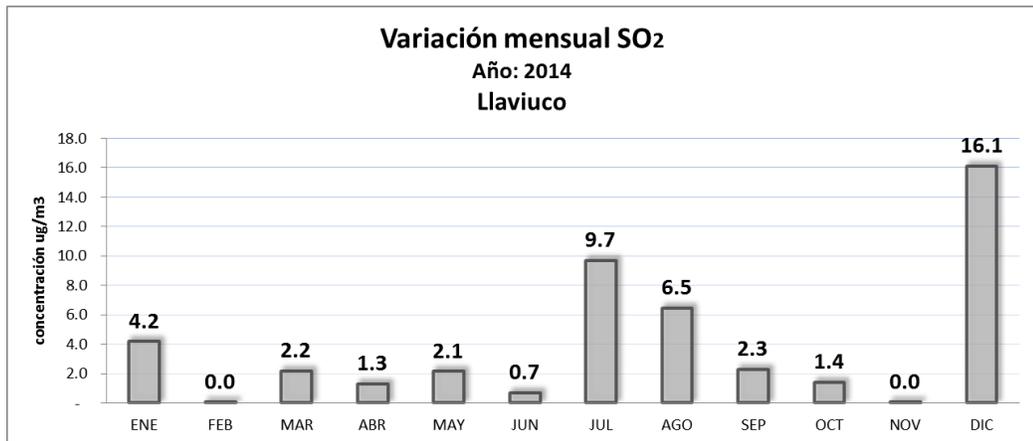


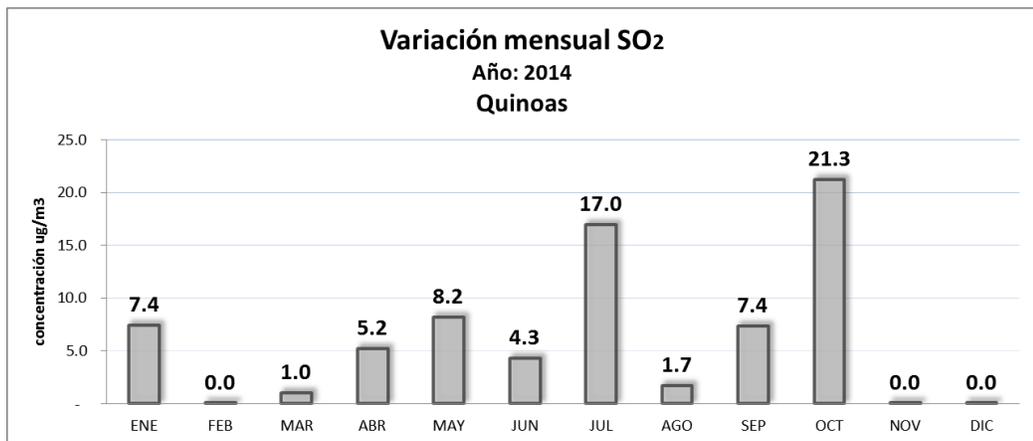
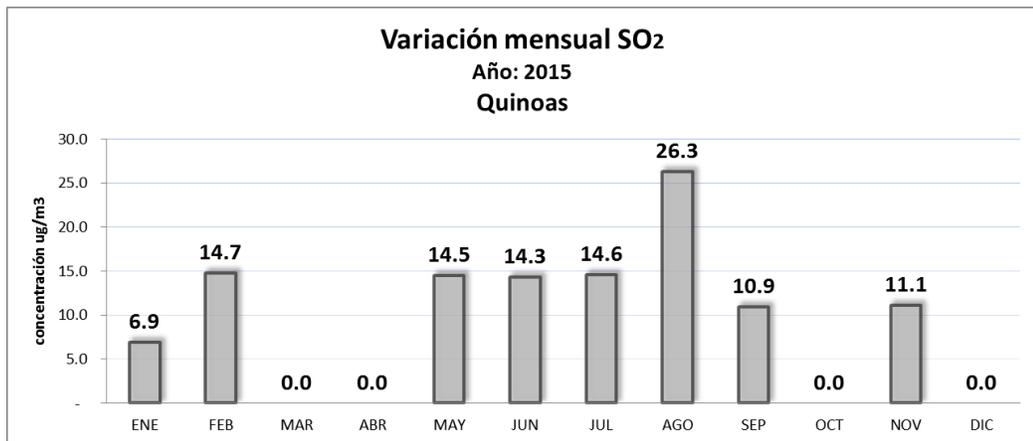
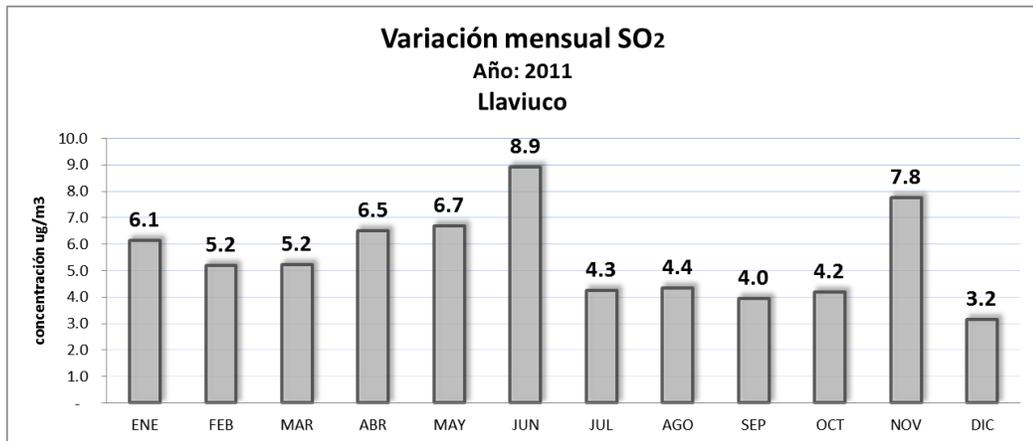
VARIACIÓN MENSUAL SO₂

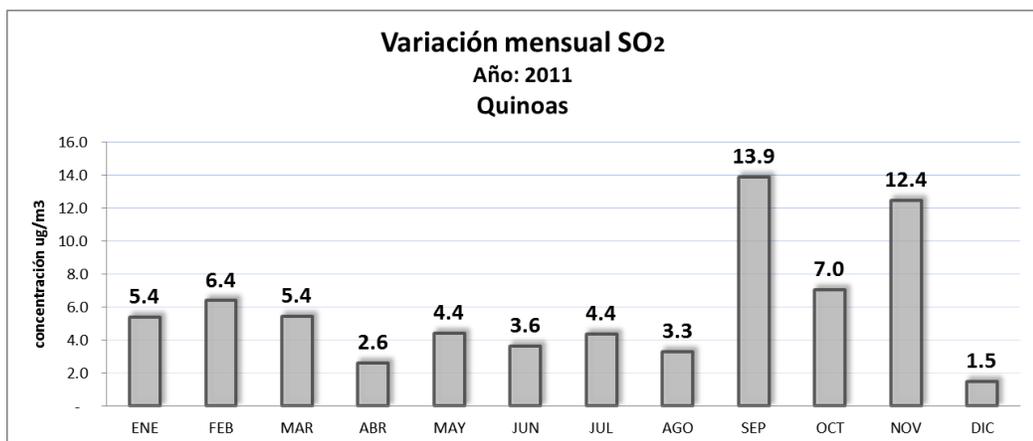
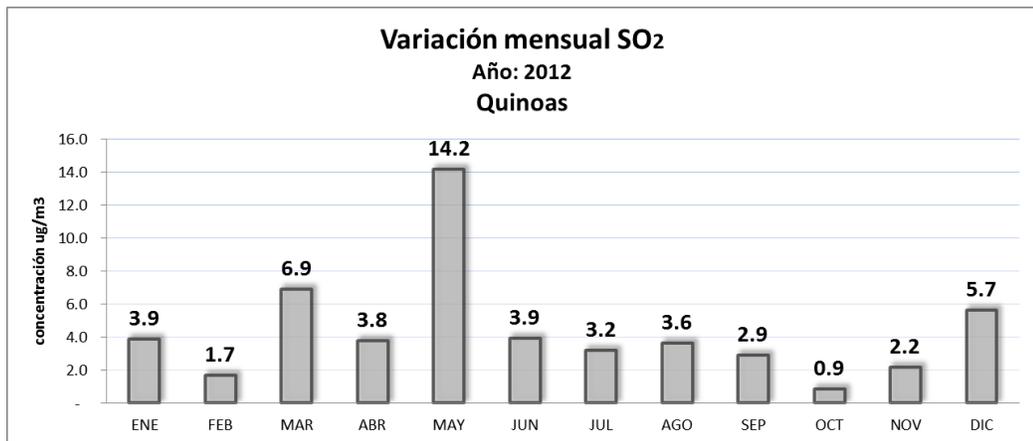
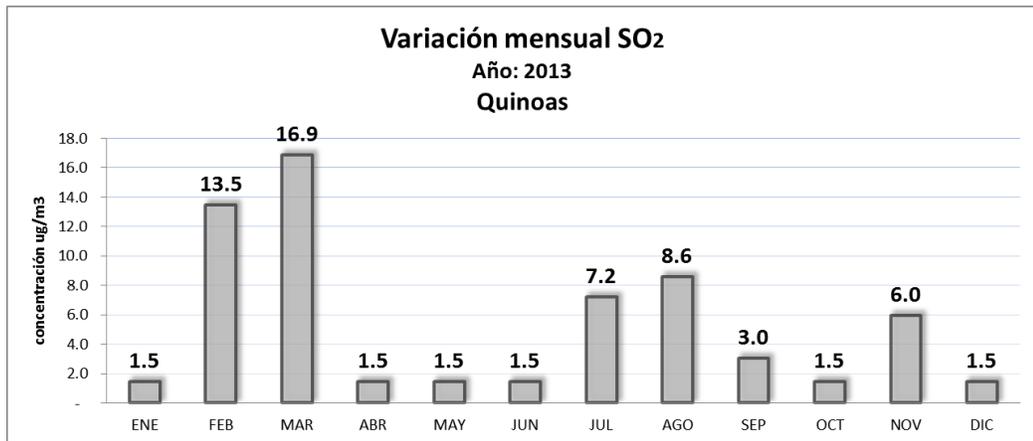
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom	
Burines	2012	1.5	2.0	N/D	4.5	2.0	3.0	5.0	3.0	4.2	S/D	2.9	1.3	2.9	
	2013	1.7	1.5	5.4	1.5	4.6	1.5	1.5	9.3	1.5	1.5	8.5	1.5	3.3	
	2014	1.1	0.0	N/D	1.5	3.5	0.6	5.2	0.0	6.5	8.4	S/D	5.0	4.0	
	2015	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	
Llaviuco	2011	6.1	5.2	5.2	6.5	6.7	8.9	4.3	4.4	4.0	4.2	7.8	3.2	5.5	
	2012	2.4	5.6	4.3	3.6	4.3	5.7	4.2	6.0	4.0	1.1	4.6	5.4	4.3	
	2013	1.5	6.3	2.5	4.8	4.2	2.1	3.4	1.5	1.5	4.6	3.6	1.5	3.1	
	2014	4.2	0.0	2.2	1.3	2.1	0.7	9.7	6.5	2.3	1.4	0.0	16.1	4.7	
	2015	1.7	0.8	2.1	<0,01	0.5	2.3	10.6	8.4	6.9	<0,01	<0,01	<0,01	4.2	
Quinoas	2011	5.4	6.4	5.4	2.6	4.4	3.6	4.4	3.3	13.9	7.0	12.4	1.5	5.9	
	2012	3.9	1.7	6.9	3.8	14.2	3.9	3.2	3.6	2.9	0.9	2.2	5.7	4.4	
	2013	1.5	13.5	16.9	1.5	1.5	1.5	7.2	8.6	3.0	1.5	6.0	1.5	5.3	
	2014	7.4	0.0	1.0	5.2	8.2	4.3	17.0	1.7	7.4	21.3	0.0	0.0	8.2	
	2015	6.9	14.7	-	<0,01	14.5	14.3	14.6	26.3	10.9	<0,01	11.1	<0,01	14.2	
Toreadora	2011	5.3	0.4	7.2	2.7	7.3	6.1	4.3	4.5	5.0	6.6	1.5	1.5	4.4	
	2012	3.2	3.9	3.4	3.2	1.5	S/D	2.8	4.1	7.2	0.9	5.4	11.1	4.3	
	2013	2.3	1.5	4.9	3.4	1.6	10.1	2.1	2.5	5.2	1.5	4.0	4.1	3.6	
	2014	2.5	0.0	4.9	2.5	3.1	0.5	21.1	4.3	0.9	7.2	0.0	0.0	5.2	
	2015	2.9	8.6	5.1	3.7	0.8	4.0	3.2	6.1	12.0	<0,01	4.3	<0,01	5.1	
Tres Cruces	2011	6.2	6.3	5.3	2.8	30.8	26.8	7.7	5.9	1.5	4.5	2.1	3.1	9.8	
	2012	3.4	3.2	3.7	3.5	4.0	7.2	4.3	5.3	5.3	1.3	5.8	4.8	4.3	
	2013	3.0	6.9	2.5	1.5	3.3	4.3	1.8	5.3	1.7	1.5	1.5	2.8	3.0	
	2014	0.0	0.0	3.4	6.5	2.2	2.6	24.0	2.4	0.4	8.8	0.0	4.4	6.1	
	2015	4.2	6.9	5.1	<0,01	4.6	1.8	12.0	4.3	11.9	17.4	5.8	<0,01	7.4	
Mazán	2012	3.6	3.9	N/D	4.2	1.0	2.2	5.7	2.4	3.7	1.3	4.9	1.2	3.1	
	2013	3.6	4.0	3.5	1.7	4.2	5.3	1.4	1.5	4.8	1.5	2.3	1.5	2.9	
	2014	1.6	0.0	2.0	1.7	3.0	1.3	12.9	5.4	0.9	12.0	0.0	3.7	4.4	
	2015	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	n/r	

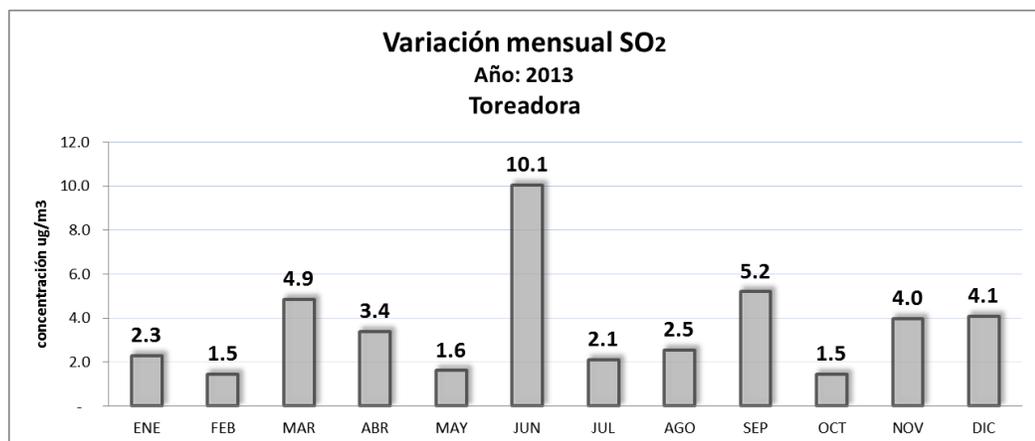
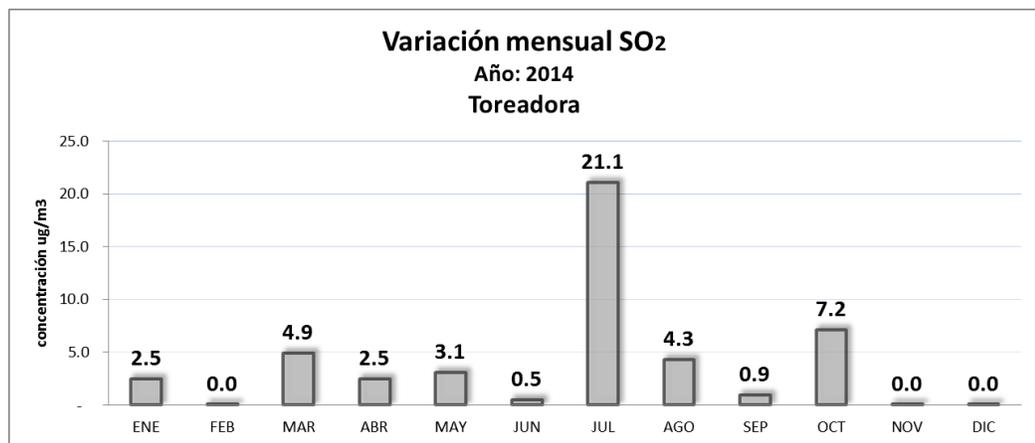
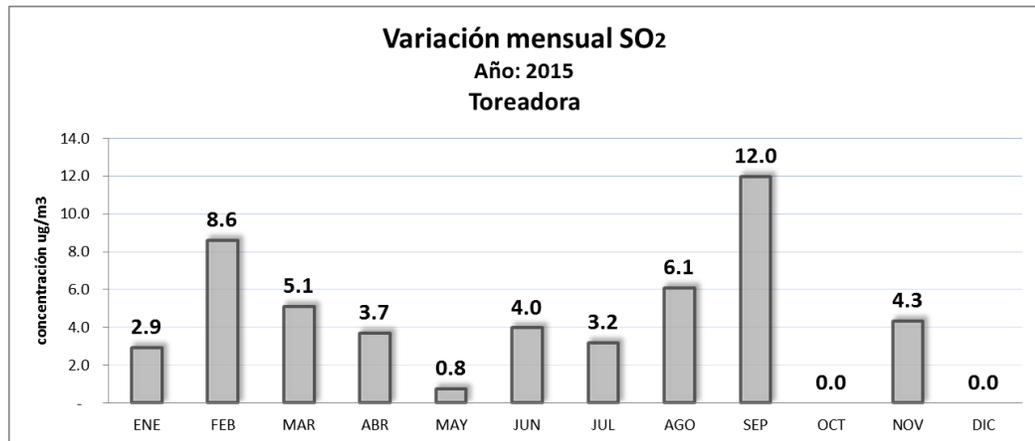


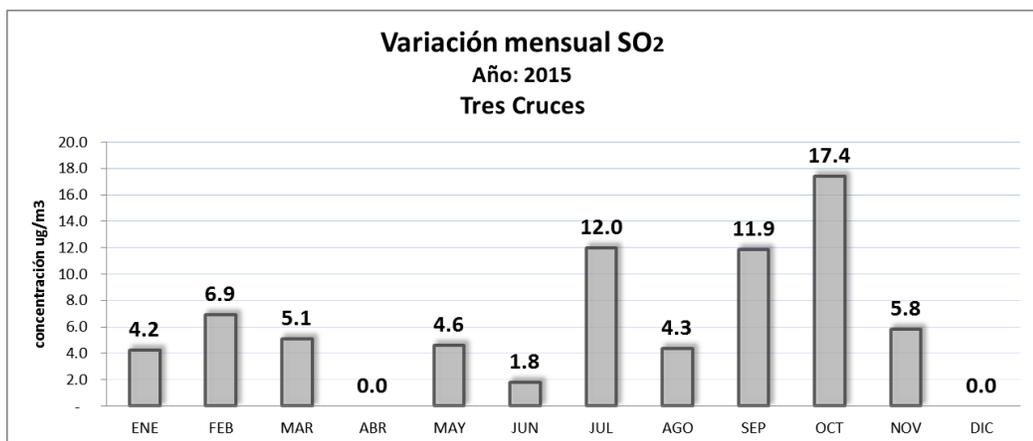
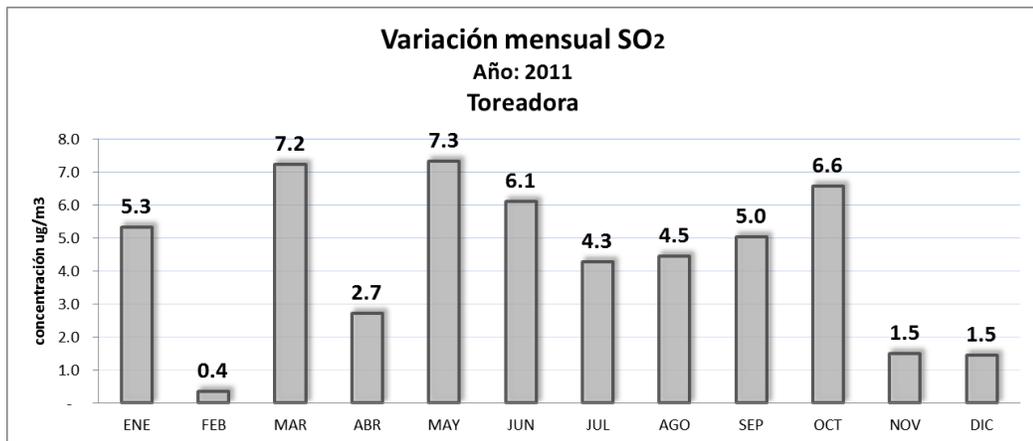
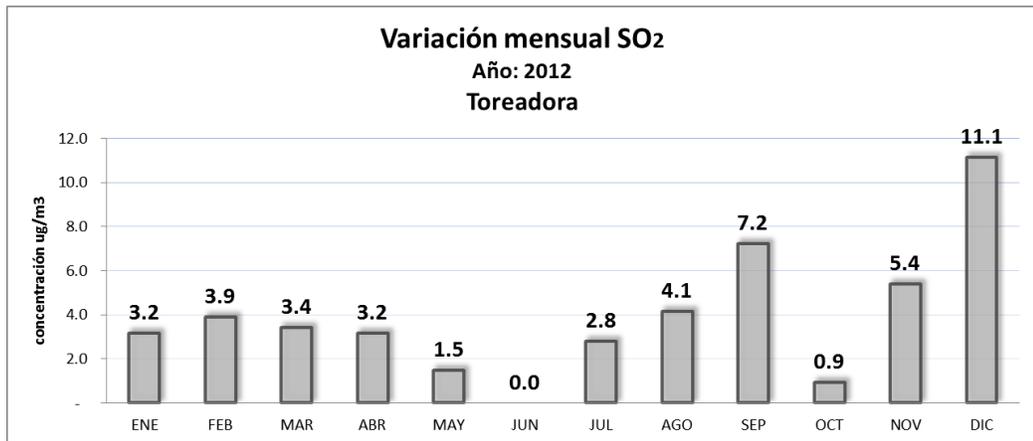


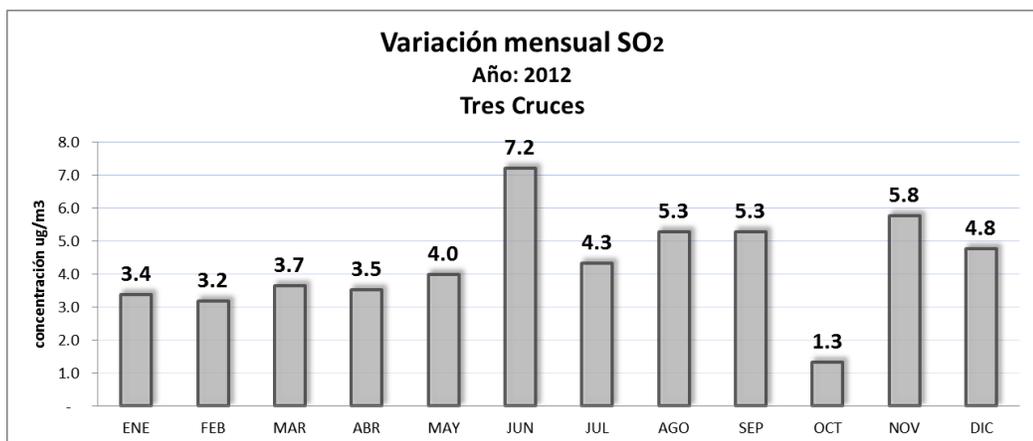
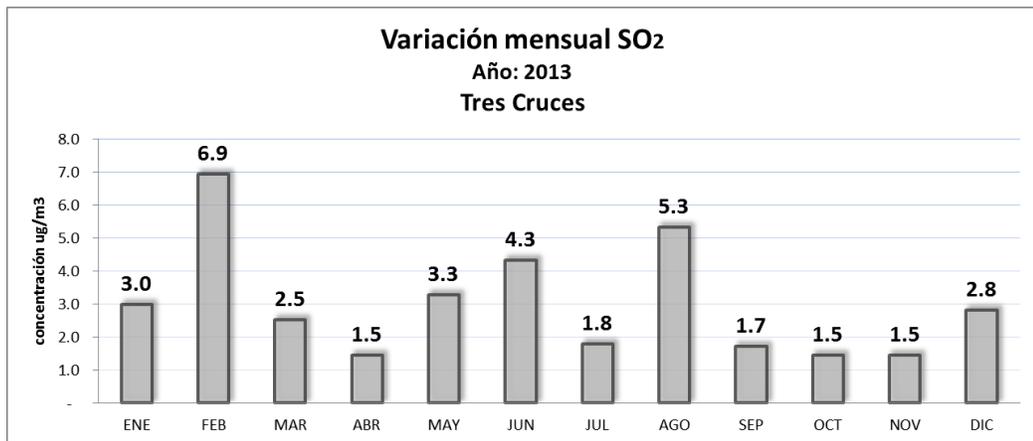
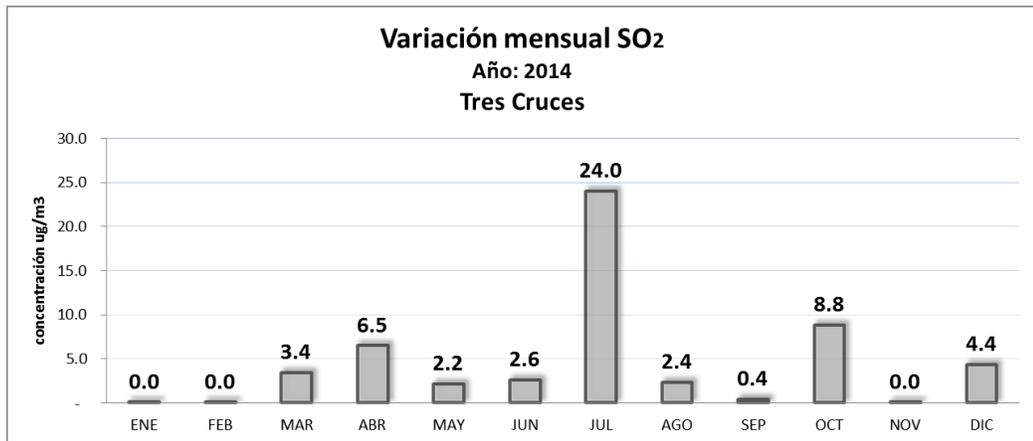


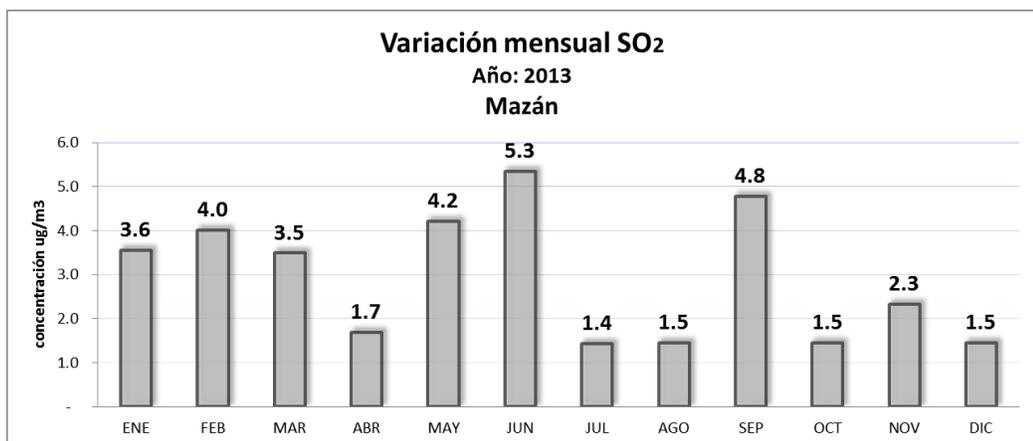
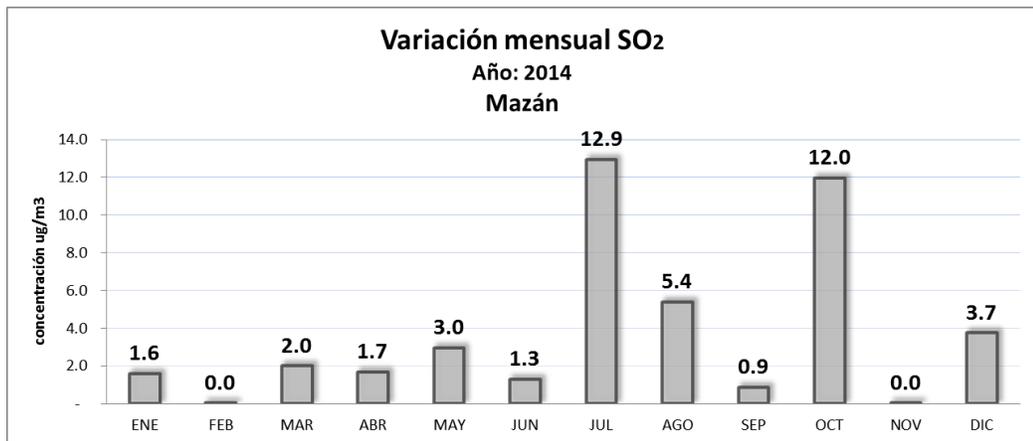
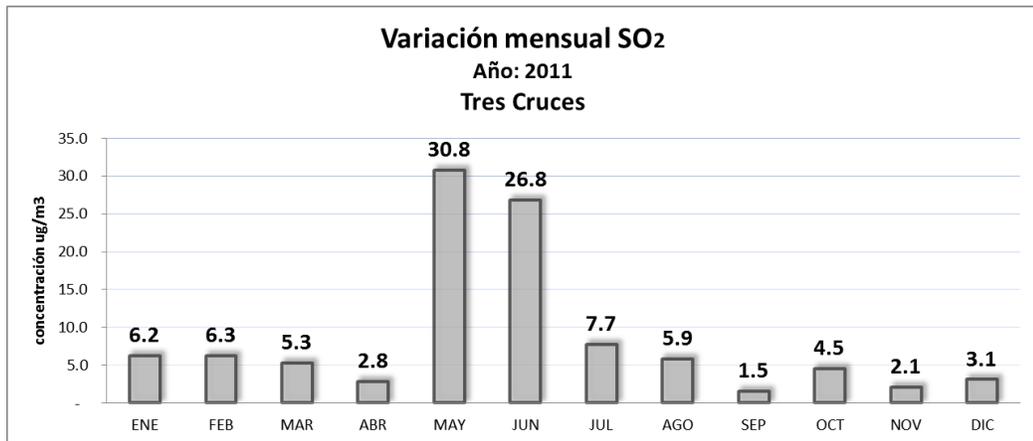


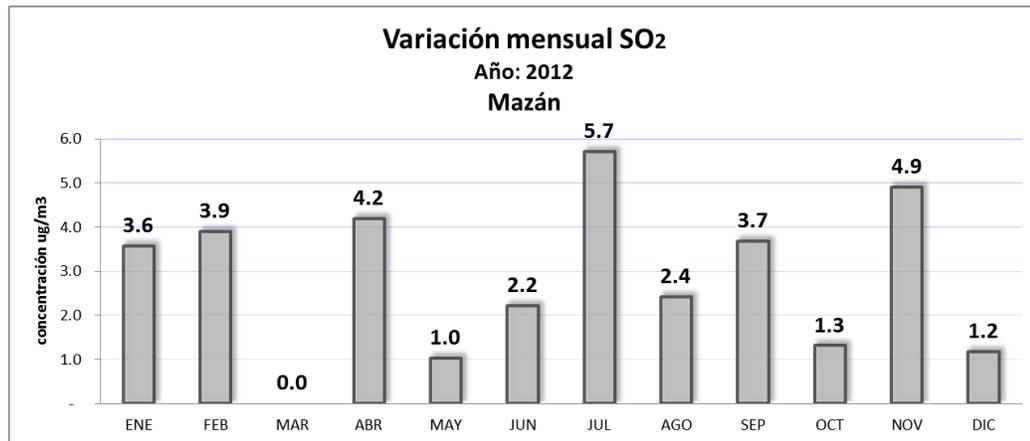












VARIACIÓN MENSUAL PM

Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
Burines	2011	n/r	0.05	0.09	0.06	0.16	0.09							
	2012	0.05	0.04	0.29	0.10	0.18	0.15	0.24	0.11	0.10	0.04	0.40	0.05	0.15
	2013	0.18	0.05	0.32	0.07	0.05	0.08	0.23	0.12	0.09	0.14	0.17	0.07	0.13
	2014	0.13	0.09	0.12	0.04	0.04	0.06	0.05	0.09	0.08	0.05	0.04	0.03	0.07
	2015	n/r												
Llaviuco	2011	0.05	0.06	0.02	0.04	0.04	0.32	0.24	0.22	0.05	0.07	0.04	0.07	0.10
	2012	0.17	0.08	0.34	0.12	0.12	0.17	0.07	0.28	0.14	0.13	0.03	0.09	0.14
	2013	0.20	0.05	0.15	0.04	0.09	0.04	0.15	0.10	0.10	0.12	0.12	0.16	0.11
	2014	0.13	0.17	0.08	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.11	0.11	0.11	0.12	0.09
	2015	0.10	0.10	0.09	0.07	0.09	0.37	0.16	0.04	0.08	0.14	0.14	0.20	0.13
Quinoas	2011	0.21	0.18	0.18	0.09	0.09	0.28	0.32	0.28	0.15	0.25	0.08	0.24	0.20
	2012	0.08	0.12	0.36	0.12	0.20	0.15	0.13	0.41	0.07	0.19	0.22	0.19	0.19
	2013	0.34	0.15	0.20	0.22	0.14	0.08	0.12	0.24	0.25	0.27	0.27	0.26	0.21
	2014	0.32	0.32	0.25	0.16	0.25	0.20	0.04	0.14	0.24	0.22	0.21	0.20	0.21
	2015	0.13	0.20	0.31	0.23	0.23	0.48	0.39	0.35	0.11	0.31	0.41	0.12	0.27
Toreadora	2011	0.01	0.11	0.05	0.07	0.02	0.31	0.23	0.23	0.04	0.04	0.06	0.14	0.11
	2012	0.11	0.08	0.41	0.11	0.12	0.08	0.04	0.09	0.12	0.12	0.04	0.11	0.12
	2013	0.12	0.05	0.09	0.05	0.09	0.07	0.11	0.10	0.10	0.15	0.08	0.10	0.09
	2014	0.12	0.12	0.05	0.04	0.09	0.01	0.02	0.10	0.09	0.02	0.01	0.15	0.07
	2015	0.06	0.08	0.08	0.07	0.03	0.23	0.07	0.04	0.04	0.14	0.16	0.18	0.10
Tres Cruces	2011	0.02	0.08	0.12	0.01	0.07	0.39	0.25	0.14	0.08	0.11	0.04	0.11	0.12
	2012	0.08	0.04	0.36	0.22	0.08	0.20	0.26	0.15	0.11	0.10	0.09	0.13	0.15
	2013	0.16	0.06	0.07	0.06	0.06	0.04	0.06	0.30	0.10	0.74	0.25	0.25	0.18
	2014	0.23	0.16	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.22	0.10	0.06	0.11	0.08	0.10
	2015	0.04	0.12	0.04	n/r	0.13	0.27	0.04	0.10	0.11	0.08	0.30	0.22	0.13
Mazán	2011	n/r	0.08	0.06	0.07	0.11	0.08							
	2012	0.06	0.07	0.31	0.07	0.14	0.14	0.24	0.10	0.08	0.05	0.05	0.05	0.11
	2013	0.18	0.04	0.11	0.05	0.07	0.03	0.08	0.07	0.06	0.19	0.19	0.17	0.10
	2014	0.41	0.19	0.11	0.05	0.06	0.05	0.05	0.08	0.06	0.10	0.07	0.48	0.14
	2015	n/r												

