

INFORME DE CALIDAD

AIRE

CUENCA | 2019



cuenca
ALCALDÍA

emov



cuencia
ALCALDÍA

INFORME DE CALIDAD
AIRE
CUENCA | 2019

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	15
ANTECEDENTES	16
CONTAMINANTES DEL AIRE Y SUS EFECTOS EN LA SALUD	17
Dióxido de nitrógeno. NO ₂	17
El material particulado	18
Dióxido de azufre (SO ₂)	19
Monóxido de carbono (CO)	19
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	20
Ozono troposférico (O ₃)	21
DESCRIPCIÓN DE LA RED DE MONITOREO	22
Objetivos	28
Representatividad de datos	28
Estaciones automáticas de calidad del aire	28
Subredes activas, pasiva y de depósito	29
Registros de Meteorología	30
LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA	31
Norma de Calidad del Aire Ambiente (NCAA)	34
ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL AÑO 2019	36
Registros de la subred de depósito. Partículas sedimentables (PS)	39
REGISTROS DE LA RED ACTIVA. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (MP₁₀)	41
Exposición a largo plazo	41
Exposición a corto plazo	42
REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2.5 MICRAS (MP_{2.5})	44
Exposición a corto plazo	41
Exposición a largo plazo	43
REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	44

ÍNDICE

REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)	45
Exposición a corto plazo	45
Exposición a largo plazo	46
REGISTROS DE LA SUBRED PASIVA. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)	47
REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)	49
Exposición a corto plazo	49
Exposición a largo plazo	50
REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA. OZONO (O₃)	52
REGISTROS DE LA SUBRED PASIVA. OZONO (O₃)	53
TENDENCIAS DE LAS CONCENTRACIONES MEDIAS ANUALES	55
CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA	60
CONCLUSIONES	64
FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS	66
REFERENCIAS	67
ANEXO A	71
ANEXO B	79
ANEXO C	92
ANEXO D	96
ANEXO E	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Código, dirección y contaminantes de las estaciones de monitoreo.	25
Tabla 2: Métodos de medición y sensores de la estación automática de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Cuenca. Año 2019.	27
Tabla 3: Métodos de medición y equipos que conforman las subredes pasiva, de depósito de partículas sedimentables y activa de material particulado. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Cuenca. Año 2019.	27
Tabla 4: Cobertura temporal de datos de las subredes activa, pasiva y de depósito, de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca. Año 2019.	29
Tabla 5: Número de vehículos que aprobaron la Revisión Técnica Vehicular en el cantón Cuenca durante el período 2008 – 2019.	33
Tabla 6: Resumen de la Norma de Calidad del Aire Ambiente vigente desde el 4 de abril de 2011. Contaminantes.	34
Tabla 7: Resumen de la Norma de Calidad del Aire Ambiente vigente desde el 4 de abril de 2011. Contaminantes no convencionales.	35
Tabla 8: Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente (NCAA) y Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2000), (OMS, 2006).	35
Tabla 9: Concentraciones medias anuales de material particulado (MP10) del periodo 2008 - 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	55
Tabla 10: Concentraciones medias anuales de material particulado (MP2.5) del periodo 2008 - 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). EstaciónMUN.	55
Tabla 11: Concentraciones medias anuales de partículas sedimentables (PS) del periodo 2008 - 2019 (mg/cm^2 durante 30 días).	56
Tabla 12: Concentraciones medias anuales de dióxido de nitrógeno (NO_2) del periodo 2008 - 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	57
Tabla 13: Concentraciones medias anuales de dióxido de azufre (SO_2) del periodo 2008 - 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	58
Tabla 14: Concentraciones medias anuales de ozono (O_3) del período 2008-2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización de las estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca. Año 2019.	24
Figura 2: Estación automática de calidad del aire y meteorología localizada en la estación MUN.	26
Figura 3: Dispositivos empleados en el muestreo pasivo de contaminantes gaseosos.	26
Figura 4: Detalle del dispositivo de muestreo pasivo.	26
Figura 5: Imágenes obtenidas durante el 11 de diciembre de 2019: (a) satélite Terra (10h30, hora local) y (b) satélite Aqua (13h30 hora local) (NASA, 2020)..	37
Figura 6: Fotografía de la ciudad de Cuenca, desde el mirador de Turi. Fecha: 11 de diciembre de 2019.	38
Figura 7: Partículas sedimentables. Promedio anual por estación (mg/cm^2 durante 30 días). Año 2019	39
Figura 8: Concentraciones medias mensuales de partículas sedimentables (mg/cm^2 durante 30 días). Año 2019.	40
Figura 9: Distribución espacial de la concentración media de partículas sedimentables para el año 2019 (mg/cm^2 durante 30 días).	40
Figura 10: Promedio anual de las concentraciones de MP_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.	41
Figura 11: Concentraciones medias mensuales de MP_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.	41
Figura 12: Promedio durante 24 horas de las concentraciones de $\text{MP}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019. Estación MUN.	42
Figura 13: Promedio durante 24 horas de las concentraciones de $\text{MP}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019. Estación CCA.	43
Figura 14: Promedio máximo horario de las concentraciones de CO (mg/m^3). Año 2019.	44
Figura 15: Promedio máximo octohorario de las concentraciones de CO (mg/m^3). Año 2019.	44
Figura 16: Promedio durante 10 min de las concentraciones de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Enero – junio de 2019.	
Figura 17: Promedio durante 10 min de las concentraciones de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Julio – diciembre de 2019.	45
Figura 18: Promedio durante 24 horas de las concentraciones de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.	45
Figura 19: Dióxido de azufre. Promedio anual por estación ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.	
Figura 20: Distribución espacial de la concentración media de SO_2 para el año 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	46
Figura 21: Distribución espacial de la concentración media de SO_2 para el año 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	47
	47
Figura 22: Promedio máximo horario de las concentraciones de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 23: Dióxido de nitrógeno. Promedio anual por estación ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.	49
Figura 24: Concentraciones medias mensuales de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.	50
Figura 25: Distribución espacial de la concentración media de NO_2 para el año 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	50
Figura 26: Promedio octohorario máximo por día de las concentraciones de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.	51
Figura 27: Ozono. Promedio anual por estación ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.	52
Figura 28: Concentraciones medias mensuales de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.	53
Figura 29: Distribución espacial de la concentración media de O_3 para el año 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	53
Figura 30: Concentración de CO (mg/m^3) y temperatura ($^\circ\text{C}$) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.	54
Figura 31: Concentración de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y temperatura ($^\circ\text{C}$) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.	60
Figura 32: Concentración de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y radiación solar global (W/m^2) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.	61
Figura 33: Concentración de $\text{MP}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y temperatura ($^\circ\text{C}$) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.	61
Figura 34: Temperatura ($^\circ\text{C}$) y radiación solar global (W/m^2) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.	62
Figura 35: Temperatura ($^\circ\text{C}$) y humedad relativa (%) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.	62
Figura 36: Concentración de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y radiación solar global (W/m^2) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.	63



¡Cuenca amigable con el medio ambiente!

Al asumir la administración de la Corporación Municipal nos planteamos diferentes metas, que, con una serie de logros, se van concretando en beneficio de las familias cuencanas.

Dos ejes transversales a nuestro plan de trabajo son: el cuidado del medio ambiente y la seguridad del cantón Cuenca. Aspectos que se cumplen desde cada dirección, fundación, empresa o entidad adscrita a la Alcaldía de Cuenca. Con la Empresa de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV EP) trabajamos para mantener y mejorar cada una de las acciones tomadas por sus departamentos, que contribuyen con lo más importante que

tenemos como seres humanos: nuestra salud.

En esta línea ejecutamos distintas labores como campañas de concienciación, fomentar la movilidad no motorizada, mejorar los procedimientos de la Revisión Técnica Vehicular (RTV) y el Monitoreo de la Calidad del Aire.

Sobre el monitoreo, todos nuestros esfuerzos han dado frutos y no hemos descuidado esta labor para tener seguridad en la calidad del aire que respiramos todos.

No hay duda que contar con un aire adecuado, bajo un monitoreo técnico que cumple con normativas nacionales e internacionales, nos brinda la confianza que aportamos apropiadamente a un buen estado de salud de los ciudadanos.

Ing. Pedro Palacios
ALCALDE DE CUENCA

Sin embargo, es indispensable que tomemos conciencia y asumamos con responsabilidad que esto también se relaciona con nuestro accionar.

Cuenca es un espejo de lo que somos y gracias al cuidado diario, sobresalimos en múltiples áreas, que nos ubican como un referente local y nos ha posicionado como un destino atractivo a nivel mundial.

Por todo esto y más, no debemos bajar los brazos, y seguiremos trabajando como un gran equipo, como una gran familia, entre empresas públicas y privadas, con el único objetivo de seguir haciendo que nuestra ciudad sea un ejemplo de buenas prácticas y amigable con el medio ambiente.





Estamos ante una nueva era en cuestión ambiental, donde el cuidado por el aire que respiramos es una necesidad para asegurar el futuro de las siguientes generaciones. Es nuestro deber cuidar del medio ambiente, y específicamente de la calidad del aire que para que nuestros hijos e hijas, los futuros ciudadanos de nuestro querido cantón, puedan disfrutar de su belleza y vivir en una ciudad con protocolos y procedimientos que permitan una habitabilidad sostenible y sustentable.

En este orden de ideas la EMOV EP cuenta con una Red de Monitoreo de Calidad del Aire, que posee 20 estaciones pasivas en diferentes sectores de Cuenca que entregan información sobre la calidad del aire del cantón. Además, cuenta con dos estaciones automáticas que entregan datos en tiempo real de contaminantes criterio y variables meteorológicas, con el objetivo de contar con información veraz y oportuna

para la toma de decisiones, con un alto compromiso de procurar un entorno favorable como un derecho a un medio ambiente sano, tenemos el alto compromiso con los ciudadanos y su entorno.

El trabajo realizado por el equipo de Monitoreo de Calidad del Aire se basa en las más exigentes guías y normas, tanto nacionales como internacionales para entregar a la ciudadanía datos claros y de calidad con respecto a la contaminación del aire. Es por esto que, nos enorgullecemos en presentar el Informe de Calidad del Aire del año 2019 a la ciudadanía.

Este trabajo comprometido, beneficia a toda la población que se moviliza con seguridad, porque sabe que su aire cumple con un monitoreo constante para precautelar la salud de los cuencanos y de quienes nos visitan.

El derecho a un medio ambiente

sano se encuentra tutelado en los instrumentos jurídicos, tanto nacional como universal, y de la misma manera no podemos olvidar que la responsabilidad y el deber que tenemos como sociedad y su enorme importancia radica en contribuir a la garantía de una vida con una mejor calidad del Aire a nuestras futuras generaciones.

Agradecemos la empresa ETAPA, quien nos facilita las instalaciones para el funcionamiento del laboratorio de la Red de Monitoreo, a la Universidad del Azuay por su apoyo permanente, a instituciones educativas como: Ignacio Escandón, Carlos Crespi, Héctor Sempértegui, Ignacio Andrade, Velasco Ibarra, Juan Montalvo, Herlinda Toral y Rafael Borja; a la Universidad de Cuenca con su Facultad de Odontología por todo el apoyo recibido durante este proceso y a la Red de Monitoreo Atmosférico de Quito de la Secretaría de Ambiente.

Eco. Fabián Moscoso Rosales
GERENTE GENERAL EMOV EP



INTRODUCCIÓN

El monitoreo es clave en la gestión de la calidad del aire. La emisión de contaminantes atmosféricos es inherente a la sociedad actual. El bienestar económico y nivel de vida, se basan en el consumo de combustibles. Cuando la calidad del aire se deteriora, afecta a la salud pública. De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2010), se estima que por esta causa en el Ecuador fallecen 500 personas cada año.

Es necesario conocer los niveles de contaminación atmosférica, a fin de evaluar sus efectos en la salud y para la adopción de políticas y acciones, a fin de mantener la calidad del aire en el mejor nivel posible.

El monitoreo de la calidad del aire fue asumido por el Municipio de Cuenca en el año 2008. Desde entonces, la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca genera información fiable, mediante métodos y

procedimientos reconocidos internacionalmente.

Desde junio de 2012 la Red de Monitoreo de Cuenca opera una estación automática instalada en el Centro Histórico. Esta infraestructura registra en tiempo real los niveles de contaminación atmosférica y los valores de los principales parámetros meteorológicos.

Desde junio de 2016, adicionalmente opera un sensor automático de material particulado fino (MP2.5, similar al sensor instalado en el Centro Histórico), localizado en la estación del Colegio Carlos Arízaga, que registra las concentraciones de este contaminante, en la zona de influencia del Parque Industrial de Cuenca.

La sensores automáticos, en complemento con las subredes operativas desde el año 2008; permiten a la Red de Monitoreo

cumplir con los requisitos que establece la Legislación Nacional. Para su implementación es clave el apoyo del Ministerio de Ambiente y la Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito.

Nos complace presentar el informe de la Calidad del Aire de la Ciudad de Cuenca del año 2019, como actividad de difusión pública y rendición de cuentas de las actividades de la Red de Monitoreo de la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV EP).



CONTAMINANTES DEL AIRE Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

DIÓXIDO DE NITRÓGENO. NO₂

ANTECEDENTES

La Red de Monitoreo de la Calidad del Aire opera desde el año 2008. Inicialmente formaba parte de la Corporación Para el Mejoramiento del Aire de Cuenca (Cuencaire); entidad que también se encargaba de la fiscalización del proceso de Revisión Técnica Vehicular (RTV) en el Cantón Cuenca.

CUENCAIRE fue liquidada a finales del año 2010. La operación de la Red de Monitoreo y la fiscalización de la RTV fueron transferidas a la EMOVEP.

El óxido nítrico (NO) es un gas incoloro que se genera por la combinación entre el nitrógeno (N₂) y el oxígeno (O₂) del aire, principalmente en los procesos de combustión; y en menor grado por la oxidación del nitrógeno de los combustibles. El dióxido de nitrógeno (NO₂), que se forma principalmente por la oxidación del NO, es un gas de color café rojizo, reactivo, irritante y tóxico en altas concentraciones. En elevadas concentraciones puede irritar los alvéolos e incrementar el riesgo de infecciones pulmonares. Se utiliza el término "óxidos de

nitrógeno" (NO_x) para denominar la suma de NO y NO₂. Los NO_x participan en la formación del ozono troposférico cuando reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles, en presencia de radiación solar. Las emisiones más importantes de NO_x provienen de los procesos de combustión, como los que ocurren en los motores de los vehículos, a más de las centrales térmicas e industrias. Los NO_x se hidratan en la atmósfera y forman ácido nítrico (HNO₃), compuesto que se arrastra con la lluvia o se deposita por acción

de la gravedad, formando parte de la lluvia o deposición ácida. Los NO_x promueven la formación de partículas secundarias en la atmósfera.

EL MATERIAL PARTICULADO

Comprende una mezcla de partículas sólidas y líquidas. El material particulado se emite directamente desde diversas fuentes (partículas primarias) o se forman por la condensación de contaminantes gaseosos (partículas secundarias). Una vez en el aire, las partículas pueden cambiar en concentración, de tamaño y forma; afectando el balance energético de la atmósfera. Las partículas secundarias se forman por condensación o licuefacción de sus precursores gaseosos; principalmente hidrocarburos, NOx y SO2. Algunas partículas grandes y oscuras pueden ser visibles (como las emisiones de humo o de hollín). Otras, por su tamaño, pueden ser detectables solamente por medio de un microscopio electrónico.

Las partículas más grandes no permanecen por mucho tiempo en la atmósfera y se depositan cerca de la fuente de emisión. A éstas se las denomina Partículas Sedimentables (PS). Las partículas más pequeñas pueden desplazarse largas distancias e

ingresan fácilmente al organismo mediante la respiración. Las PS causan irritación en los ojos, nariz y garganta. Las partículas más grandes (diámetro $\geq 10 \mu\text{m}$) pueden ingresar hasta la nariz y garganta, en tanto que las muy pequeñas pueden entrar hasta los pulmones y luego ser absorbidas al torrente sanguíneo. Estas partículas suelen tener un diámetro menor de $10 \mu\text{m}$ (MP10). Las emisiones de MP10 se generan principalmente por acción del tráfico en vías sin pavimento, por la erosión del viento en áreas secas (erosión eólica), por la quema de residuos de cosechas agrícolas y por actividades de construcción.

Se definen como partículas finas aquellas con diámetro menor $2.5 \mu\text{m}$ (MP2.5). Se emiten principalmente por los vehículos a diésel, la generación eléctrica en centrales térmicas, la combustión industrial y residencial. Pueden ingresar directamente hasta los alvéolos pulmonares. Se asocian con la reducción de la visibilidad, especialmente cuando su tamaño oscila entre 0.4 y $0.7 \mu\text{m}$, que corresponde al rango de longitud

de onda de la luz visible. El MP2.5 forma parte del MP10.

El MP10 puede llegar hasta las vías respiratorias bajas, en tanto que el MP2.5 puede penetrar hasta las zonas de intercambio de gases del pulmón. El MP2.5 es un contaminante cancerígeno.

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

El SO₂ es un gas incoloro, no inflamable y no explosivo que produce una sensación gustatoria a concentraciones entre 260 a 860 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se forma por la oxidación del azufre que contienen los combustibles fósiles. En concentraciones mayores es un gas irritante que provoca alteraciones en las mucosas oculares y vías respiratorias. Afecta las defensas del sistema respiratorio y agrava las enfermedades cardiovasculares. Los grupos más sensibles ante este contaminante son los niños,

las personas de edad avanzada; así como los individuos que sufren asma, problemas cardiovasculares o enfermedades crónicas del sistema respiratorio (bronquitis o enfisema).

En contacto con la humedad del aire forma ácido sulfúrico (H₂SO₄), compuesto que se arrastra con la lluvia o se deposita, provocando la acidificación de los suelos, lagunas y ríos; con efectos negativos en la fauna y vegetación, la corrosión de materiales, edificios y monumentos.

También promueve la formación de partículas secundarias, que además de ser perjudiciales para la salud; dispersan la luz y reducen la visibilidad.

MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Es un gas incoloro, inodoro y venenoso; que se forma cuando los combustibles no se oxidan completamente. Es uno de los principales contaminantes que se emiten por los tubos de escape de los vehículos a gasolina. En las zonas urbanas, un porcentaje alto de CO se debe normalmente al tráfico vehicular. Otra fuente

importante corresponde a los procesos de combustión en industrias.

Por medio de la respiración se inhala oxígeno de la atmósfera. El oxígeno se combina con la hemoglobina de la sangre y forma la oxihemoglobina, sustancia que se encarga de distribuir el oxígeno

hacia los órganos y tejidos. En comparación con el oxígeno, el CO tiene una afinidad mucho mayor con la hemoglobina, y forma la carboxihemoglobina. Si la cantidad de esta sustancia y el tiempo de exposición son suficientes, la privación de oxígeno puede producir efectos negativos en la salud, como alteraciones

del flujo sanguíneo y del ritmo cardíaco, perturbaciones visuales, dolores de cabeza, reducción de la capacidad laboral, reducción de la destreza manual, vómitos, desmayo, convulsiones, coma e inclusive la muerte.

La emisión de CO puede producir problemas de contaminación del aire críticos en espacios cerrados. En términos de muertes por asfixia, son mucho más críticas

las concentraciones al interior de viviendas y espacios cerrados, cuando hay emisiones de combustión de dispositivos con funcionamiento deficiente, y no hay condiciones adecuadas de dispersión.

La altura de Cuenca, aproximadamente 2550 msnm, implica en promedio un 23% de menor disponibilidad de oxígeno en relación a ciudades localizadas a nivel del mar. Por

ello los procesos de combustión (oxidación) de gasolina, diésel y otros combustibles; son menos eficientes y hay una mayor emisión de CO y otros contaminantes primarios.

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV)

Hay varias definiciones de compuestos orgánicos volátiles (COV). Una de las más utilizadas indica que los COV corresponden a cualquier compuesto de carbono que participan en la formación de ozono troposférico. Se excluyen el monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros compuestos.

Las principales fuentes antropogénicas corresponden a la combustión (fundamentalmente el tráfico y las industrias), la evaporación de combustibles, el suministro en gasolineras y el uso de disolventes. La principal fuente natural corresponde a ciertas especies vegetales.

Las fuentes naturales liberan cantidades importantes de COV (especialmente isopreno y monoterpenos), que se caracterizan por ser altamente reactivos y participar en la formación de ozono en la

troposfera (capa de la atmósfera en contacto con la superficie terrestre).

El uso de disolventes y de compuestos químicos (perfumes, sustancias para abrillantar muebles, gomas, pinturas, barnices, preservantes de la madera, pesticidas, sustancias para lavado en seco e insecticidas) es una fuente importante de COV.

Los COV producen irritación de los ojos, nariz y garganta. En casos severos de exposición provocan dolores de cabeza, pérdida de coordinación y náusea. En exposición crónica, algunos COV afectan el hígado, los riñones y el sistema nervioso central. Algunos COV se clasifican como tóxicos y peligrosos, por su capacidad probada o potencial de ser cancerígenos o de causar graves daños a la salud (benceno, 1,3 butadieno, cloroformo,

formaldehído, hexaclorobenceno, tetracloroetileno, tetracloruro de carbono).

El benceno es un contaminante cancerígeno (leucemia) que produce adicionalmente otros efectos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) no establece ningún nivel de exposición máximo al benceno que se pueda considerar completamente seguro.

OZONO TROPOSFÉRICO (O₃)

Es un gas oxidante y componente natural de la atmósfera. Un 90 % de su concentración se distribuye en la estratosfera (capa de la atmósfera que se localiza sobre la troposfera), y el restante 10% reside en la troposfera. El O₃ estratosférico absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta que proviene del sol y actúa como una capa protectora para los seres vivos y ecosistemas.

El O₃ troposférico es un fuerte irritante que promueve el envejecimiento prematuro y la rigidez de los tejidos pulmonares. Según la OMS, las concentraciones horarias de 200 µg/m³ pueden irritar los ojos, nariz y garganta. La población más sensible corresponde a las personas que sufren asma, bronquitis crónica y enfisema. El O₃ afecta el normal desarrollo y crecimiento de

plantas, y produce el deterioro de materiales como el caucho, colorantes textiles y pinturas.

El O₃ troposférico de origen antropogénico, es un contaminante secundario que se produce principalmente por las reacciones entre los NO_x y COV en presencia de radiación solar.

La distribución espacial y temporal del O₃ troposférico puede diferir marcadamente en relación con otros contaminantes del aire. Los impactos más importantes pueden ocurrir en sitios ubicados a varios kilómetros desde las fuentes de emisión de sus precursores. Los eventos más críticos de exposición pueden ocurrir en zonas suburbanas y rurales. Por su propia naturaleza, los procesos de formación y transporte del O₃ son complejos

. El O₃ reacciona con el óxido nítrico (NO). En el centro de las grandes ciudades, especialmente en las noches, puede haber menores concentraciones de O₃, en relación a zonas rurales circundantes; debido a su consumo por las emisiones de NO nocturno del tráfico vehicular.

DESCRIPCIÓN DE LA RED DE MONITOREO

La Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca cuenta actualmente con 20 puntos de vigilancia localizados en diferentes sitios de la ciudad (Figura 1) que cumplen con las recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA).

La Tabla 1 indica el código la ubicación de los contaminantes y la escala de la información de calidad del aire de cada estación; de acuerdo con las categorías establecidas por la USEPA.

La Red de Monitoreo incluye:

- Una estación automática localizada en la estación MUN (Figuras 1 y 2) que registra en tiempo real las concentraciones de CO, SO₂, NO₂, O₃ y MP_{2.5}. Adicionalmente registra los valores de los parámetros meteorológicos: precipitación, radiación solar global, velocidad y dirección del viento; temperatura y humedad relativa.

- Desde el 11 de junio de 2016, opera un sensor automático de MP_{2.5} (similar al sensor instalado en la estación MUN), localizado en la estación del Colegio Carlos Arízaga (CCA, Figura 1), que registra las concentraciones de este contaminante, en la zona de influencia del parque industrial de Cuenca.

- Una subred pasiva de muestreo de contaminantes gaseosos en las 19 estaciones (Figura 1). Mide las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) en muestras expuestas de 10 a 12 días consecutivos, dos veces por mes; de ozono (O₃) en muestras expuestas 10 a 12 días consecutivos, dos veces por mes; dióxido de azufre (SO₂), benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos; en muestras expuestas durante 30 días consecutivos, una vez por mes. La técnica pasiva se basa en el principio de difusión de los gases originada en un gradiente de concentración. Los dispositivos de muestreo (Figura 3) capturan selectivamente los contaminantes

en un sustrato químico. Los colectores pasivos se colocan en contenedores, con el propósito de minimizar la influencia del viento y otros agentes externos (Figura 4). En laboratorio se realiza la desorción del contaminante y se procede a su cuantificación. Con esta técnica se determina la concentración media de los contaminantes.

- Una subred de depósito de Partículas Sedimentables (PS), con 17 puntos de medición. Las concentraciones se determinan mediante el análisis gravimétrico de las muestras recogidas una vez por mes, luego de 30 días consecutivos de exposición, según el método establecido en la Norma de Calidad del Aire Ambiente (NCAA). La Tabla 1 indica las estaciones que registran el depósito de PS.

- Una subred activa de material particulado menor a 10 micras (MP₁₀), conformada por 3 equipos semiautomáticos de alto volumen para la obtención de muestras

durante 24 horas consecutivas de exposición; según lo establecido en la NCAA. El intervalo de la toma de muestras es de 6 días. La Tabla 1 indica las estaciones que cuentan con equipos de MP₁₀.

La Tabla 2 presenta los métodos de medición y sensores de la estación automática de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Cuenca.

La Tabla 3 presenta los métodos de medición y equipos que conforman las subredes pasivas de depósito de partículas sedimentables y activa de material particulado.

UBICACIÓN DEL CANTÓN CUENCA



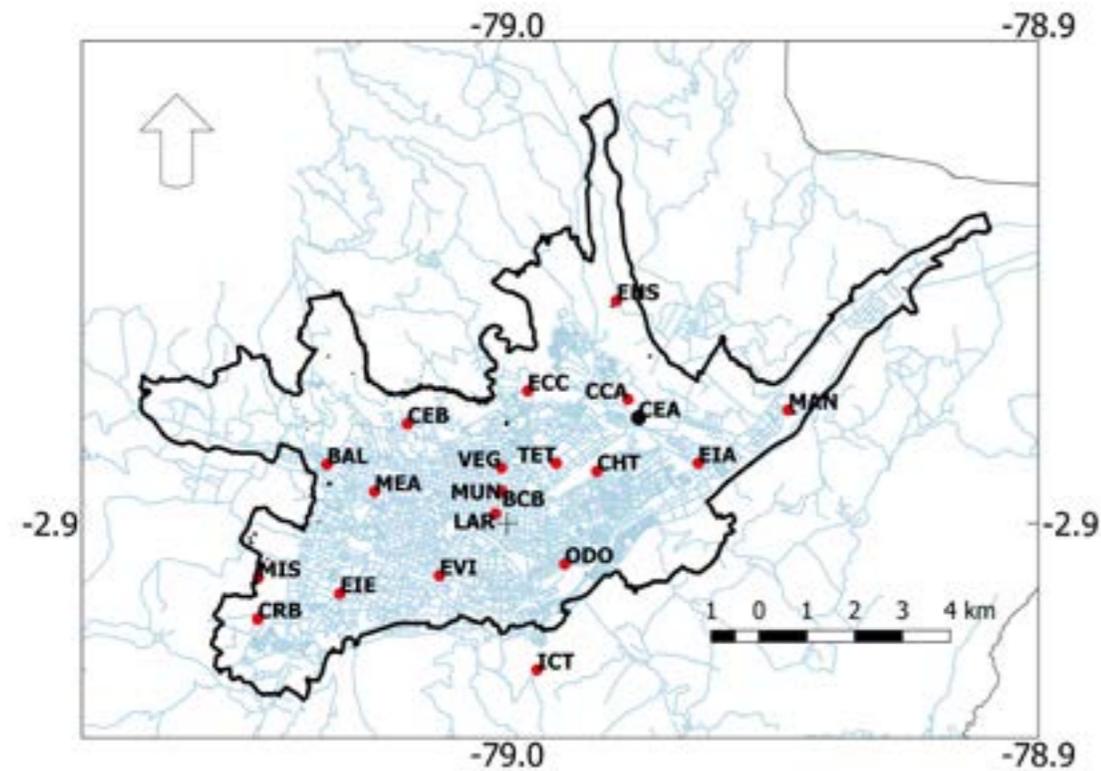
(a) Ubicación de Ecuador en Sudamérica



(b) Ubicación del cantón Cuenca en el Ecuador



(c) Ubicación de Cuenca en el cantón Cuenca



(d) Localización de las estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca

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 Avenida González Suárez	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
EHS	Escuela Héctor Sempértregui	Camino a Ochoa León	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
CHT	Colegio Herlinda Toral	Altar Urco y Avenida 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 - Universidad de Cuenca	Avenida Pasaje de Paraíso y Avenida 10 de Agosto	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
EVI	Escuela Velasco Ibarra	Avenida Felipe II y Avenida Isabel Católica	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
MEA	Mercado El Arenal	Avenida Remigio Crespo y Avenida de las Américas	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
BAL	Balzay CEA - Universidad de Cuenca	Avenida Ordóñez Laso y Avenida Cerezos	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
CRB	Colegio Rafael Borja	Vía a Baños	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX	Vecinal
VEG	Vega Muñoz	Vega Muñoz y Luis Cordero	NO ₂ , SO ₂ , BTEX	Microescala
CCA	Colegio Carlos Arizaga Vega	Calle J. Lavalle y Calle A. Ricaurte	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, MP ₁₀ , BTEX, MP _{2.5}	Urbana, 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 , 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 , 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 1: Código, dirección y contaminantes de las estaciones de monitoreo

Figura 1: (a) Sudamérica. (b) Ecuador. (c) Cantón Cuenca. (d) Localización de las estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca. Año 2019.



Figura 2: Estación automática de calidad del aire y meteorología localizada en la estación MUN



Figura 3: Dispositivos empleados en el muestreo pasivo de contaminantes gaseosos



Sitio de muestreo



Contenedor de tubos pasivos

Figura 3: Detalle del dispositivo de muestreo pasivo

CALIDAD DEL AIRE		
Contaminante	Método	Marca/modelo
Monóxido de carbono (CO)	Absorción de radiación infrarroja no dispersiva USEPA Método de referencia EQQA-0992-087	Teledyne. M300E
Dióxido de azufre (SO ₂)	Fluorescencia por radiación ultravioleta USEPA Método de referencia EQSA-0495-100	Teledyne. M100E
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Quimiluminiscencia USEPA Método de referencia EQQA-0992-087	Teledyne. M200E
Material particulado fino (MP _{2.5})	Atenuación de rayos beta USEPA Método equivalente EQPM-0308-170	Met One BAM-1020
Ozono (O ₃)	Absorción de radiación ultravioleta USEPA Método equivalente EQQA-0992-087	Teledyne. M400E
Meteorología, estación Vaisala		
Parámetro	Sensor	
Velocidad y dirección del viento	WMS302	
Temperatura del aire, humedad relativa	HMP155	
Radiación solar global	CMP3	
Precipitación	Young 52203	
Presión barométrica	K17474	

Tabla 2: Métodos de medición y sensores de la estación automática de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Cuenca. Año 2019

CONTAMINANTE	PUNTOS DE VIGILANCIA	MÉTODO	MARCA/MODELO
Dióxido de azufre (SO ₂)	19	Difusión pasiva; extracción y análisis por cromatografía iónica	Metrohm 861 Advanced Compact IC.
Ozono (O ₃)	17	Difusión pasiva; espectrofotometría UV visible (reacción de color MBTH. longitud de onda 442nm)	Thermo Scientific GENESIS 20
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	19	Difusión pasiva; espectrofotometría UV visible (longitud de onda 540nm)	Thermo Scientific GENESIS 20
Partículas sedimentables (PS)	17	Muestreo por el método Bergerhoff y análisis gravimétrico	Horno Memmert Balanza Analítica Adventurer Pro OHAUS
Material particulado (MP ₁₀)	3	Gravimétrico empleando muestreador de alto volumen (Referencia EPA 40CFR50. Apéndice J).	THERMO. HY-VOL MP10. Balanza Sartorius /LA 130S-F.
Benceno, tolueno, etilbenceno y xilinos (BTEX)	19	Difusión pasiva. extracción con solventes y análisis por cromatografía de gases	Shimadzu /GC 17 ^a

Tabla 3: Métodos de medición y equipos que conforman las subredes pasiva, de depósito de partículas sedimentables y activa de material particulado. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Cuenca. Año 2019.

OBJETIVOS

Los principales objetivos de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca son:

- Vigilar permanentemente la calidad del aire en relación al cumplimiento de la NCAA y de las guías de la OMS.
- Generar información para caracterizar la distribución espacial de la contaminación atmosférica, mediante la medición permanente de la calidad del aire en diferentes zonas de la ciudad.
- Generar información para la evaluación, mejora continua y optimización de la Red de Monitoreo.
- Contar con información confiable para la evaluación de las actividades y políticas de gestión de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca.
- Identificar potenciales fuentes de emisión.
- Analizar la tendencia y comportamiento de la contaminación a largo plazo.
- Generar información de acceso público, que pueda ser utilizada con fines de investigación para entender mejor el comportamiento de los contaminantes del aire en el Cantón Cuenca (e.g. Parra, 2017; Parra, 2018)
- Generar información para la calibración y posterior uso de un modelo de transporte químico, que complemente la información de la Red de Monitoreo, con una cobertura espacial y temporal de mayor alcance.

REPRESENTATIVIDAD DE DATOS

ESTACIÓN AUTOMÁTICA DE CALIDAD DEL AIRE

Los sensores de calidad del aire registran concentraciones cada minuto. Con estos datos se calculan las concentraciones en los periodos temporales establecidos en la NCAA. Para el año 2019 la cobertura temporal por contaminante de la estación MUN, fue la siguiente: CO (89.4%), SO₂ (86.9%), O₃ (92.9%), MP_{2.5} (91.5%) y NO₂ (96.4%). estaciones automáticas. El sensor automático de MP_{2.5} de la estación CCA tuvo una cobertura de 100.0%. El Anexo A incluye las concentraciones procesadas en base a los registros de las

SUBREDES ACTIVAS, PASIVA Y DE DEPÓSITO

Los criterios de cobertura para los contaminantes que registran las subredes activa, pasiva y de depósito; son los siguientes:

Material particulado MP₁₀; para el cálculo de las concentraciones medias diarias, se requiere al menos de 23 horas de muestreo. Para el cálculo de medias mensuales y anuales se necesita

por lo menos de 2/3 del total período, con registros válidos.

Ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y Partículas Sedimentables (PS); para los promedios mensuales y anuales se necesita por lo menos de 2/3 del total período, con registros válidos.

Para los registros de las subredes activa, pasiva y de depósito (Tabla 4), la cobertura en el monitoreo varió entre 91.2 y 100%.

El Anexo B incluye los registros de las subredes activa, pasiva y de depósito.

CONTAMINANTE	COBERTURA (%) *	NÚMERO DE MUESTRAS POR AÑO
Material particulado (MP ₁₀)	97.3	178
Dióxido de azufre (SO ₂)	100.0	204
Ozono (O ₃)	100.0	228
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	98.2	224
Partículas sedimentables (PS)	91.2	186

(*) La cobertura de la medición de la calidad del aire se basa en el número de muestras válidas en un determinado periodo de tiempo con respecto al máximo previsto, expresado como porcentaje.

Tabla 4: Cobertura temporal de datos de las subredes activa, pasiva y de depósito, de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca. Año 2019

La red pasiva también recolecta muestras para la cuantificación benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX). Los registros se indican en el Anexo B.



LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA

De acuerdo al último inventario de emisiones del Cantón Cuenca elaborado con año base 2014 (EMOV EP, 2016a), las fuentes más importantes de emisión por contaminante primario son las siguientes:

Monóxido de carbono (CO): tráfico vehicular 94.5%.

Óxidos de nitrógeno (NOx): tráfico vehicular 71.2%, térmicas 18.5%.

Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVNM): tráfico vehicular 39.6%, uso de disolventes 29.7%, vegetación 19.5%.

Dióxido de azufre (SO2): industrias 60.4%, térmicas 35.1%.

Material particulado fino (MP2.5): tráfico vehicular 42.5, ladrilleras artesanales 38.5%, térmicas 11.3%.

Material particulado (MP10): tráfico vehicular 55.6%, ladrilleras artesanales 24.6%.

REGISTROS DE METEOROLOGÍA

Durante noviembre de 2019, la cobertura de registros de las variables meteorológicas varió 99.0 y 99.9%. El Anexo C presenta el procesamiento de los registros de la meteorología de la estación MUN obtenidos durante 2019.

El Anexo D incluye el procesamiento de registros del año 2019 de temperatura, radiación solar, precipitación y

humedad relativa; de la estación meteorológica del Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca (Centro de Estudios Ambientales, 2019). La mencionada estación (código CEA) se localiza al NE de la zona urbana de Cuenca, en la zona del parque industrial (Figura 1).

Los rangos y tendencias de los valores medios mensuales de

los registros meteorológicos de las estaciones MUN y CEA, son consistentes.

En la zona urbana de Cuenca, el tráfico vehicular es la fuente más importante de emisión. Al noroccidente de la zona urbana, se destaca adicionalmente el aporte de las emisiones industriales.

La RTV (vigente en el Cantón Cuenca desde el año 2008) controla que las emisiones del parque vehicular cumplan con los límites que establece la Legislación Nacional. De acuerdo con los registros de la RTV en el primer año de aplicación

aprobaron 9261 vehículos (Tabla 5). En el año 2019, 84 560 vehículos se presentaron a la RTV. Esta cantidad es menor al número de vehículos que se presentaron en los años 2011 hasta 2018. Esta reducción se explicaría por la vigencia (desde el 26 de abril de 2016) del Decreto Ejecutivo 975, que reforma el Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. La mencionada reforma establece que los vehículos que prestan el

servicio de transporte público, comercial y por cuenta propia, están obligados a someterse a una revisión técnica vehicular una vez al año. Hasta el año 2015, estos vehículos debían aprobar la RTV dos veces al año.



AÑO	VEHÍCULOS
2008	9.261
2009	35.937
2010	83.706
2011	89.840
2012	95.337
2013	102.202
2014	106.085
2015	114.408
2016	94.918
2017	85.209
2018	85.235
2019	84.560

Tabla 5:
Número de vehículos que aprobaron la Revisión Técnica Vehicular en el cantón Cuenca durante el período 2008 – 2019

NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE (NCAA)

La NCAA fue actualizada mediante el acuerdo No. 050 del Ministerio de Ambiente. Las concentraciones límite (Tablas 6 y 7) están en vigencia desde el 4 de abril de 2011.

CONTAMINANTE	NORMA VIGENTE
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Promedio anual 40 µg/m ³ Promedio en 1 hora 200 µg/m ³
Dióxido de azufre (SO ₂)	Promedio en 24 horas 125 µg/m ³ Promedio anual 60 µg/m ³ Promedio en 10 minutos 500 µg/m ³
Partículas sedimentables (PS)	1 mg/cm ² durante 30 días
Material particulado con diámetros menor 10 µm (MP10)	Promedio anual 50 µg/m ³ Promedio en 24 horas: 100 µg/m ³
Material particulado con diámetros menor 2.5 µm (MP2.5)	Promedio anual 15 µg/m ³ Promedio en 24 horas: 50 µg/m ³
Monóxido de carbono (CO)	Promedio en 8 horas: 10 000 µg/m ³ Promedio en 1 hora: 30 000 µg/m ³
Ozono (O ₃)	Promedio en 8 horas: 100 µg/m ³

* Condiciones de referencia: temperatura de 25 °C y presión atmosférica de 760 mm de Hg.

Tabla 6: Resumen de la Norma de Calidad del Aire Ambiente vigente desde el 4 de abril de 2011. Contaminantes convencionales.

CONTAMINANTE	VALOR	UNIDAD	PROMEDIO DE MEDICIÓN
Benceno	5	µg/m ³	Anual
Cadmio	5x10 ⁻³	µg/m ³	Anual
Mercurio inorgánico (vapores)	1	µg/m ³	Anual

Tabla 7: Resumen de la Norma de Calidad del Aire Ambiente vigente desde el 4 de abril de 2011. Contaminantes no convencionales

Los valores guía de calidad de aire de la OMS constituyen una de las referencias más exigentes a nivel mundial, propuestos como resultado de un proceso

de sistematización y análisis de la última información científica disponible sobre los efectos de los contaminantes en la salud. La Tabla 8 presenta un resumen

comparativo de la NCAA y los valores guía de la OMS.

CONTAMINANTE	NCAA µg/m ³	OMS 2000 µg/m ³	OMS 2005 µg/m ³			
			IT- 1 ^a	IT- 2 ^a	IT- 3 ^a	Guía
MP _{2.5} (24 h)	50		75	50	37.5	25
MP _{2.5} (anual)	15		35	25	15	10
MP ₁₀ (24 h)	100		150	100	75	50
MP ₁₀ (anual)	50		70	50	30	20
SO ₂ (24 h)	125	125	125	50		20
SO ₂ (anual)	60	50				
CO (1 h)	30 000	30 000				30
CO (8 h)	10 000	10 000				10
O ₃ (8 h)	100	120				100
NO ₂ (1 h)	200					200
NO ₂ (anual)	40	40				40

^a Guía IT-1. IT-2. IT-3: objetivos de calidad del aire provisional progresivo, asociados con efectos sobre la salud.

Tabla 8: Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente (NCAA) y Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2000), (OMS, 2006)

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL AÑO 2019

LA EMISIÓN DE CENIZA DEL VOLCÁN SANGAY DEL 11 DE DICIEMBRE DE 2019.

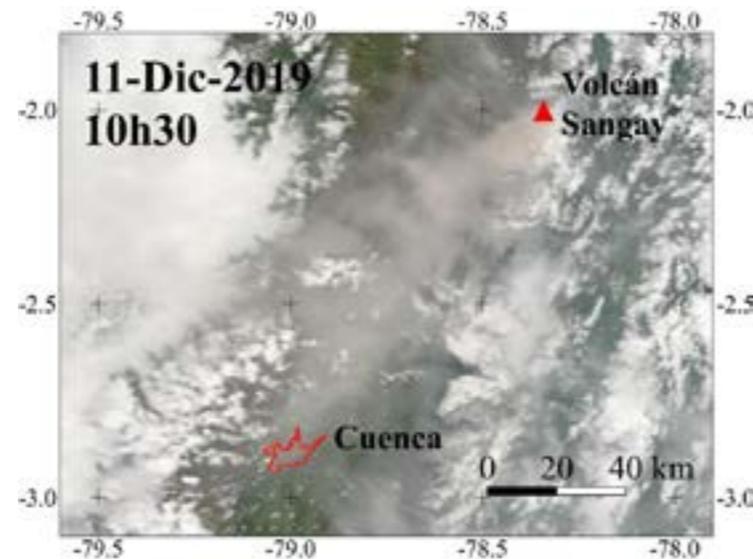
En el Ecuador hay 25 volcanes que presentan actividad eruptiva, o se clasifican como activos o potencialmente activos. En los últimos veinte años, cinco volcanes han generado erupciones explosivas (Pichincha 1999-2001; Sangay permanente; Tungurahua 1999-2015, Reventador 2002 hasta la fecha, Cotopaxi segundo semestre de 2015) con una emisión considerable de ceniza.

Los impactos producidos por la ceniza volcánica son variados: contaminación del aire y efectos en la salud, daño de infraestructuras, alteración del tráfico aéreo, riesgo de accidentes, daño en cultivos y riesgo para animales (Le Pennec et al., 2012).

El 11 de diciembre de 2019, el Volcanic Ash Advisory Center (VAAC) de Washington detectó la emisión de ceniza del volcán Sangay (VAAC, 2020). Se reportó una columna de emisión con una altura de 1.5 km sobre el nivel del cráter. La Figura 5 indica las imágenes proporcionadas por los satélites Terra y Aqua (NASA,

2020), en las que se observa que la nube de ceniza se desplazó hacia el suroeste. La ceniza volcánica afectó a la ciudad de Cuenca (Figura 6), y otras localidades de las provincias del Azuay y Cañar.

La Red de Monitoreo detectó en tiempo real, el efecto de la ceniza volcánica en la calidad del aire de Cuenca. La oportuna difusión de estos registros permitió a varias entidades públicas y privadas; así como a investigadores de varias universidades, conocer los niveles y la evolución de la contaminación del aire.



Al igual que lo ocurrido con las emisiones del volcán Tungurahua del 1º de febrero de 2014 (EMOV EP, 2015), el evento del 11 de diciembre de 2019 confirma que la ciudad de Cuenca está expuesta y puede volver a experimentar los efectos de la ceniza volcánica. Por ello es relevante mantener en tiempo real la difusión de los registros de las estaciones automáticas, como elemento clave de alerta temprana ante nuevas erupciones que puedan afectar la calidad del aire.

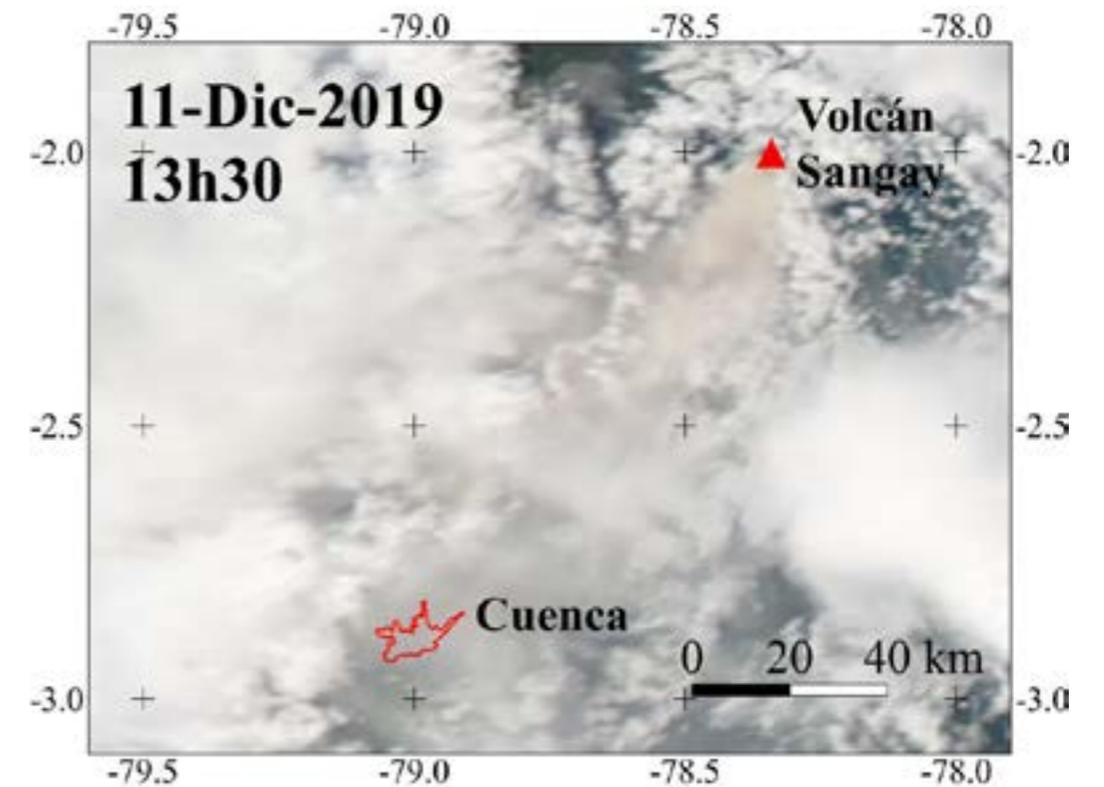


Figura 5: Imágenes obtenidas durante el 11 de diciembre de 2019: (a) satélite Terra (10h30, hora local) y (b) satélite Aqua (13h30 hora local) (NASA, 2020).



Figura 6: Fotografía de la ciudad de Cuenca, desde el mirador de Turi. Fecha: 11 de diciembre de 2019.

REGISTROS DE LA SUBRED DE DEPÓSITO. PARTÍCULAS SEDIMENTABLES (PS).

La Figura 7 presenta el promedio anual de la concentración de partículas sedimentables. Las concentraciones más altas corresponden a las estaciones del Colegio Carlos Arízaga (CCA, 0.36 mg/cm² durante 30 días) y Bomberos (BCB, 0.34 mg/cm² durante 30 días).

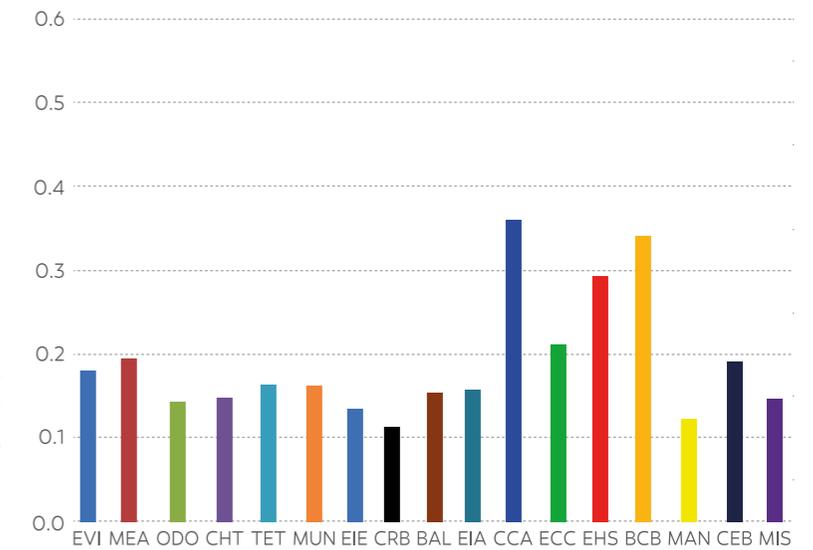


Figura 7: Partículas sedimentables. Promedio anual por estación (mg/cm² durante 30 días). Año 2019

La Figura 8 indica las concentraciones mensuales de partículas sedimentables. Todas las concentraciones fueron menores al valor establecido en la NCAA (1.0 mg/cm² durante 30 días).

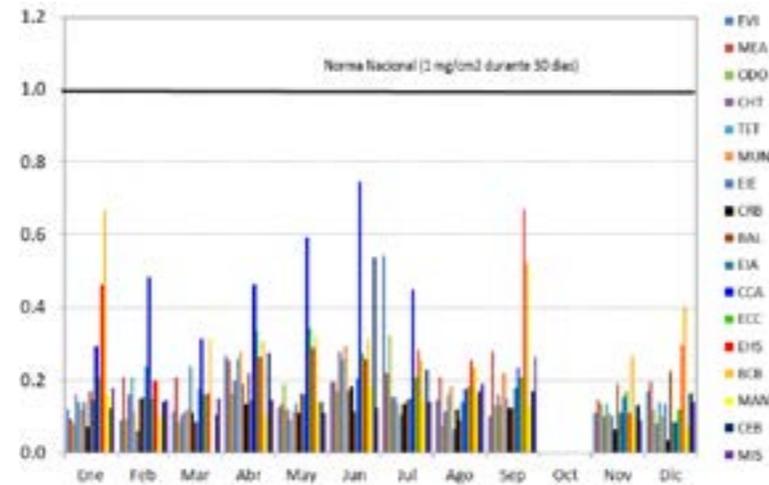


Figura 8: Concentraciones medias mensuales de partículas sedimentables (mg/cm² durante 30 días). Año 2019.

La Figura 9 presenta la distribución espacial de la concentración media anual de PS. Esta figura no se incluye el registro de la estación Bomberos (BCB) a fin de no considerar la influencia de información de micro escala, en un mapa que presenta la configuración general a escala urbana y vecinal.

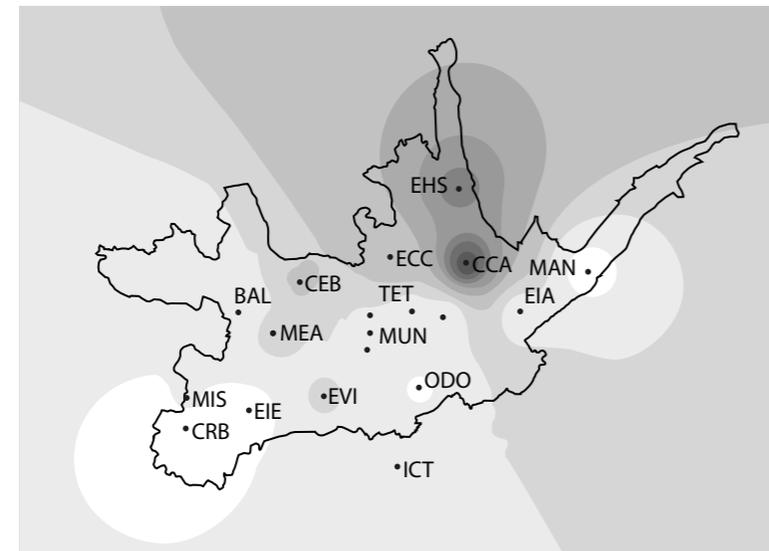
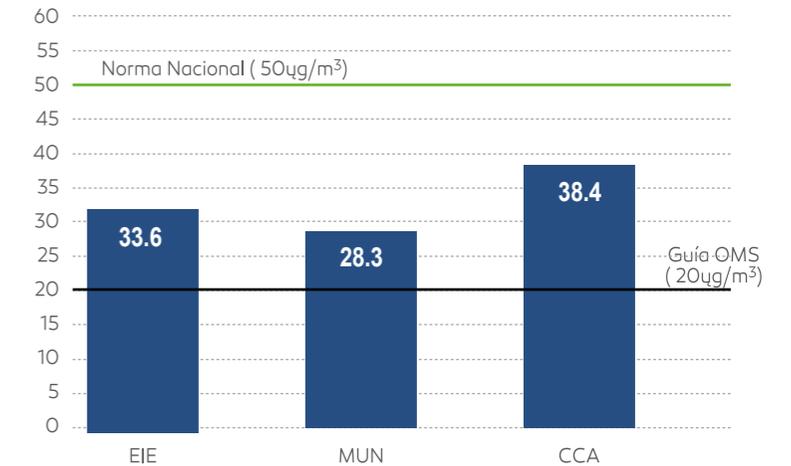


Figura 9: Distribución espacial de la concentración media de partículas sedimentables para el año 2019 (mg/cm² durante 30 días).

REGISTROS DE LA RED ACTIVA. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (MP₁₀)

La Figura 10 indica el promedio anual de MP₁₀. En la estación del Colegio Carlos Arízaga (CCA, ubicada al norte de la ciudad, a 300 m del parque industrial) se registró una concentración de 38.4 µg/m³. En las estaciones Municipio (MUN) y Escuela Ignacio Escandón (EIE) se registraron concentraciones de 28.3 y 33.6 µg/m³ respectivamente. En las tres estaciones, las concentraciones fueron menores al nivel de la NCAA (50 µg/m³); aunque se superó el valor guía de la OMS (20 µg/m³).

EXPOSICIÓN A LARGO PLAZO



La Figura 10 Promedio anual de las concentraciones de MP₁₀ (µg/m³). Año 2019.

La Figura 11 indica los promedios mensuales de MP₁₀. Las concentraciones variaron entre 26.8 y 39.7 µg/m³.

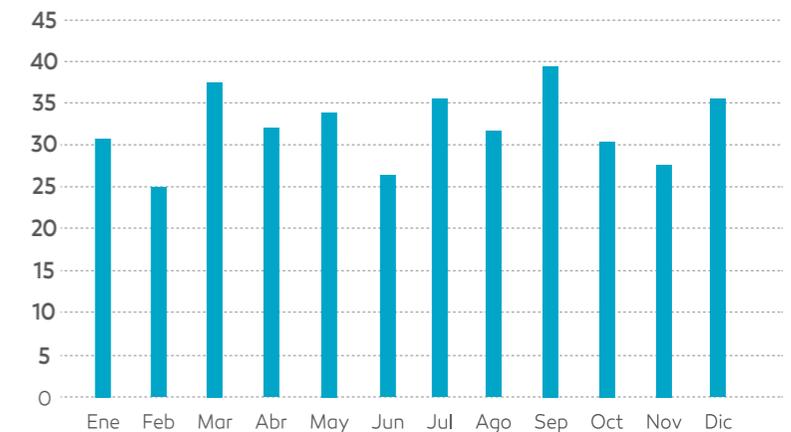


Figura 11: Concentraciones medias mensuales de MP₁₀ (µg/m³). Año 2019.

EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO

Durante el año 2019 se registraron 18 superaciones del valor guía de la OMS en 24 horas ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El 73%, 28% y 0% de estas superaciones se registraron en las estaciones CCA, EIE y MUN respectivamente. El mayor número de superaciones en la estación CCA se explica potencialmente por su cercanía al parque industrial, la influencia del tráfico y la ejecución de obras civiles. En ninguna de las 3 estaciones que registran MP_{10} , se superó la concentración de la NCAA establecida como promedio en 24 horas ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

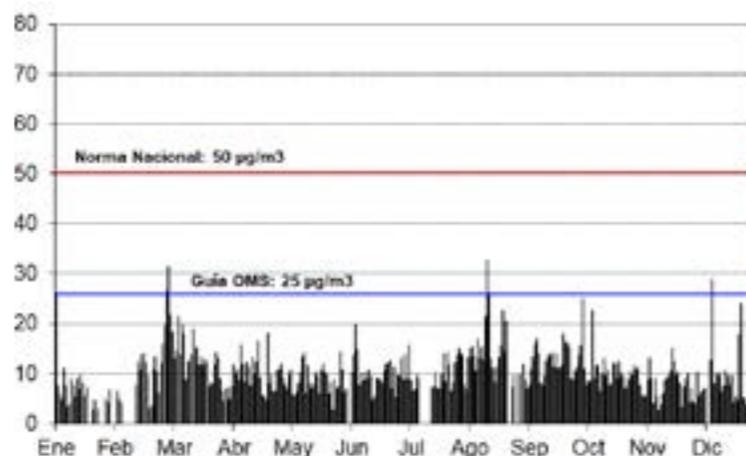


Figura 12: Promedio durante 24 horas de las concentraciones de $\text{MP}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019. Estación MUN.

Las Figuras 12 y 13 presentan las concentraciones en 24 horas de $\text{MP}_{2.5}$ en las estaciones MUN y CCA, respectivamente. Todos los registros fueron menores a la concentración que establece la NCAA ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

En la estación MUN, en su orden, las concentraciones que superaron el valor guía de la OMS ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fueron: $32.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (15 de agosto), $31.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3 de marzo), $29.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (11 de diciembre), $26.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2 de marzo), $26.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1º de enero) y $26.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (16 de agosto).

En la estación CCA, en su orden, las concentraciones que superaron el valor guía de la OMS ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fueron: $33.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (15 de agosto), $33.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (11 de diciembre), $28.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (16 de septiembre) y $27.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1º de enero).

Las concentraciones del 11 de diciembre corresponden al evento de contaminación producido por el arribo de la ceniza emitida por el volcán Sangay.

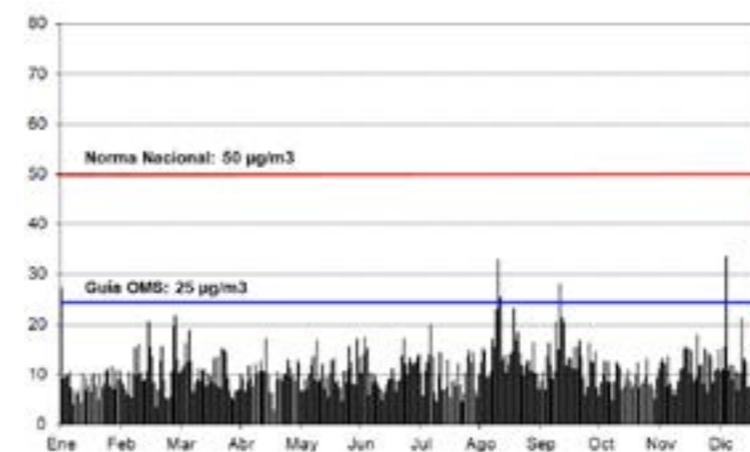


Figura 13: Promedio durante 24 horas de las concentraciones de $\text{MP}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019. Estación CCA.

Las concentraciones del 1º de enero corresponden al efecto de la quema de monigotes y de fuegos artificiales, durante la madrugada del primer día de año nuevo.

Para los demás días, las causas están menos definidas. Las concentraciones del 2 y 3 de marzo podrían corresponder a los festejos de Carnaval.

EXPOSICIÓN A LARGO PLAZO

El valor medio de todas las concentraciones horarias de la estación MUN asciende a $10.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Este valor es menor al promedio anual establecido por la NCAA ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), aunque mayor al valor guía de la OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

El valor medio de las concentraciones de la estación CCA asciende a $10.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta concentración es menor al promedio anual establecido por la

NCAA ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), y mayor al valor guía de la OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

En la estación MUN, la relación entre las concentraciones medias anuales de $\text{MP}_{2.5}$ ($10.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y de MP_{10} ($28.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fue 0.37. Este valor sugiere que en la zona de cobertura de la mencionada estación, hay una influencia importante de fuentes de emisión de la fracción gruesa de MP_{10} .

En la estación CCA, la relación entre las concentraciones medias anuales de $\text{MP}_{2.5}$ ($10.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y de MP_{10} ($38.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) es 0.28. De la misma forma, este valor sugiere que en la zona de la mencionada estación, hay influencia importante de fuentes de emisión de la fracción gruesa de MP_{10} .

REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

La Figura 14 presenta las concentraciones horarias de CO. Todos los registros fueron menores a la concentración que establece tanto la NCAA y el valor guía de la OMS (30 mg/m³).

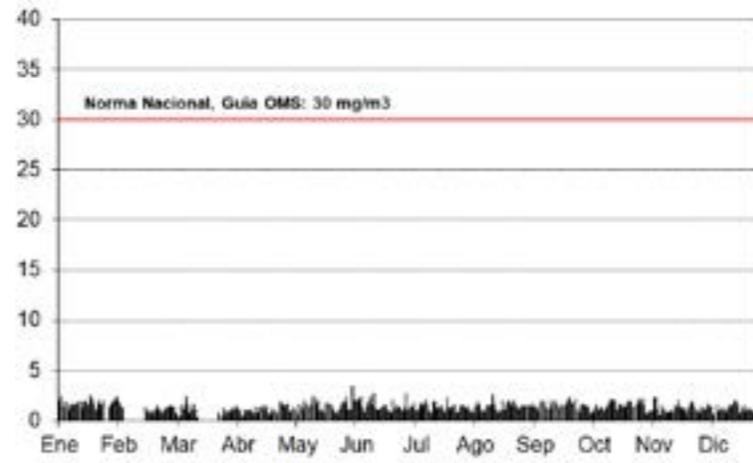
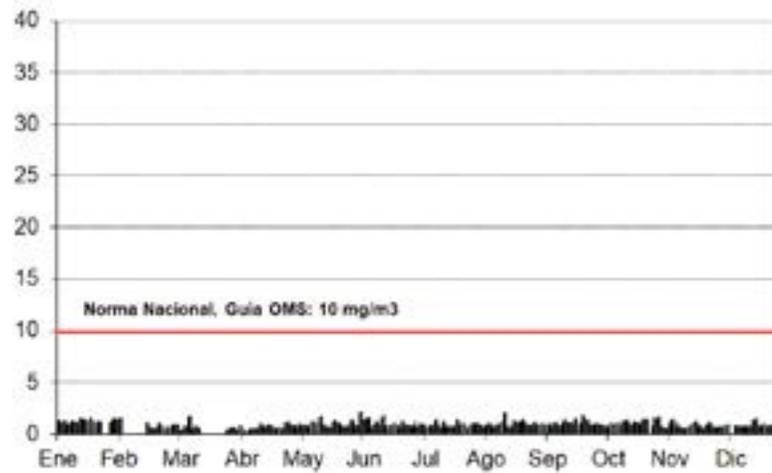


Figura 14: Promedio máximo horario de las concentraciones de CO (mg/m³). Año 2019.



La Figura 15 presenta las concentraciones octohorarias de CO. Todos los registros fueron menores a la concentración que establece tanto la NCAA y el valor guía de la OMS (10 mg/m³).

Estos registros indican que el CO no constituye un problema relevante en la calidad del aire ambiente en Cuenca.

Figura 15: Promedio máximo octohorario de las concentraciones de CO (mg/m³). Año 2019.

REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

Las Figuras 16 y 17 presentan las concentraciones en 10 min de SO₂ durante el año 2019. Todos los registros fueron menores a la concentración que establece tanto la NCAA y el valor guía de la OMS (500 µg/m³).

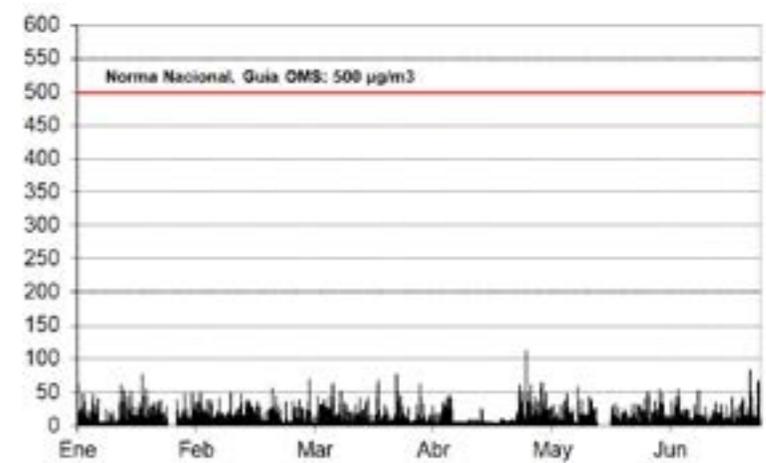


Figura 16: Promedio durante 10 min de las concentraciones de SO₂ (µg/m³). Enero – junio de 2019.

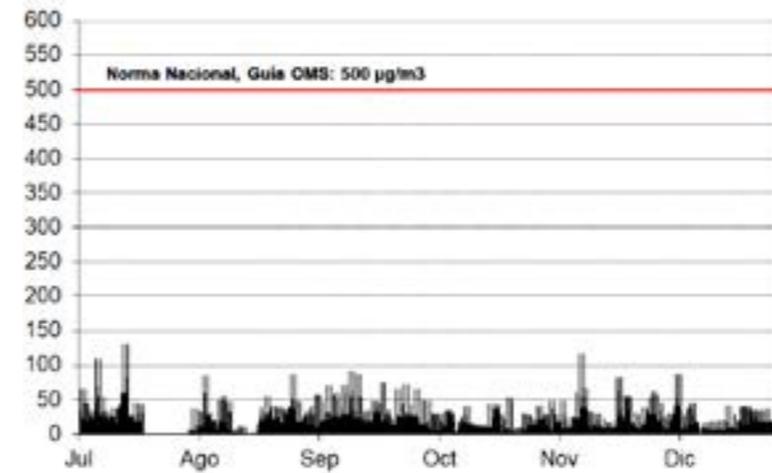


Figura 17: Promedio durante 10 min de las concentraciones de SO₂ (µg/m³). Julio – diciembre de 2019.

La Figura 18 presenta las concentraciones en 24 horas de SO₂. Todos los registros fueron menores a la concentración que establece la NCAA (125 µg/m³).

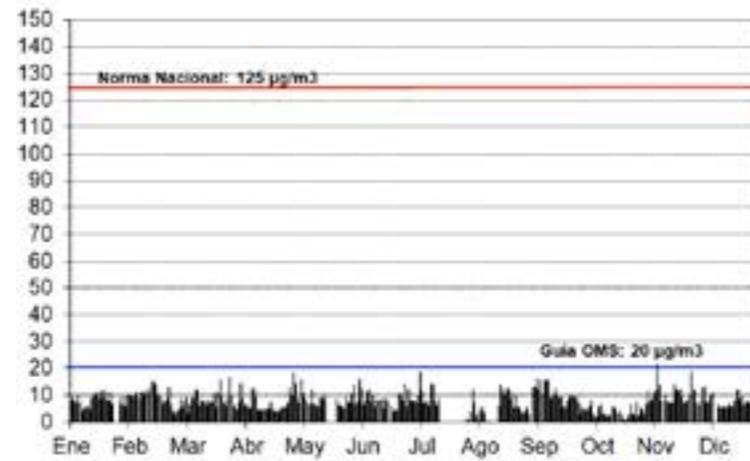


Figura 18: Promedio durante 24 horas de las concentraciones de SO₂ (µg/m³). Año 2019.

EXPOSICIÓN A LARGO PLAZO

El valor medio de todas las concentraciones horarias de SO₂ asciende a 7.9 µg/m³. Este valor es menor al promedio anual establecido por la NCAA (60 µg/m³).

REGISTROS DE LA SUBRED PASIVA. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

La Figura 19 presenta el promedio anual de SO₂. Las concentraciones fueron menores al valor que establece la NCAA (60 µg/m³). En ninguna estación se registró una concentración media anual mayor al valor guía del año 2000, sugerido por la OMS (50 µg/m³).

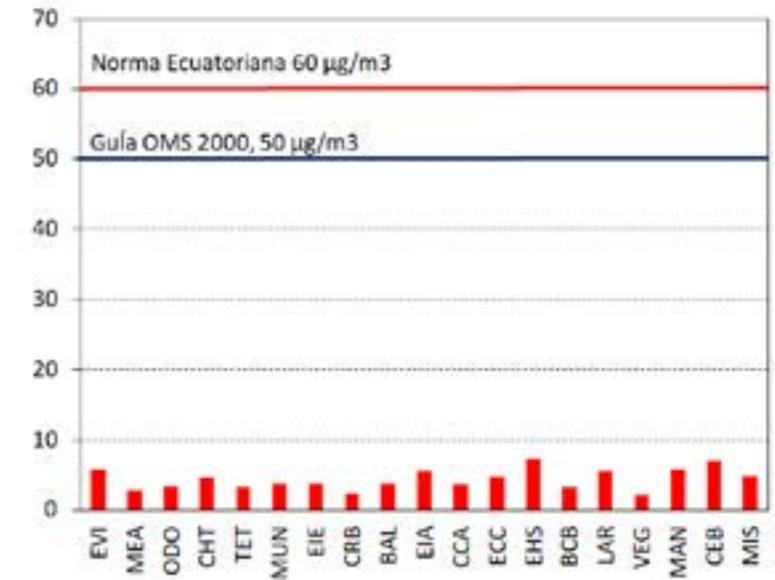
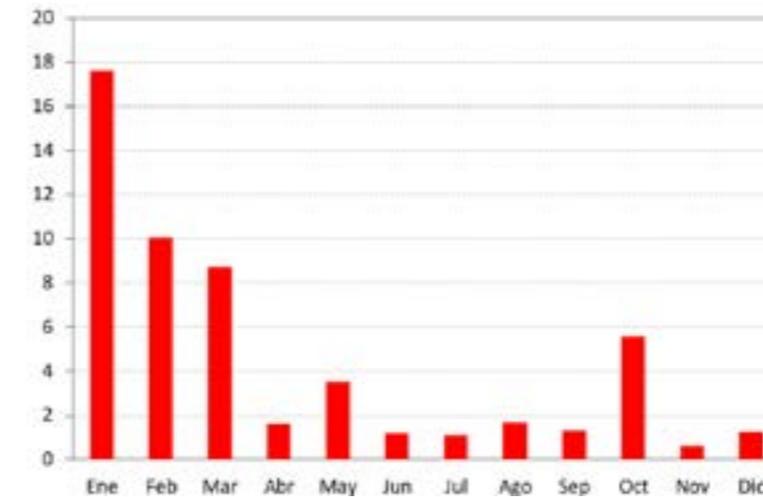


Figura 19: Dióxido de azufre. Promedio anual por estación (µg/m³). Año 2019.



La Figura 20 presenta las concentraciones mensuales de SO₂. La mayor concentración corresponde a enero (17.6 µg/m³). El promedio aritmético anual de todas las estaciones pasivas fue de 4.5 µg/m³.

Figura 20: Concentraciones medias mensuales de SO₂ (µg/m³). Año 2019.

La Figura 21 presenta la distribución espacial de la concentración media anual de SO₂, sin considerar las estaciones de los Bomberos (BCB), Calle Larga (LAR) y Calle Vega Muñoz (VEG); a fin de obtener una tendencia general de los registros a escalas urbana y vecinal, sin la influencia de condiciones a microescala.

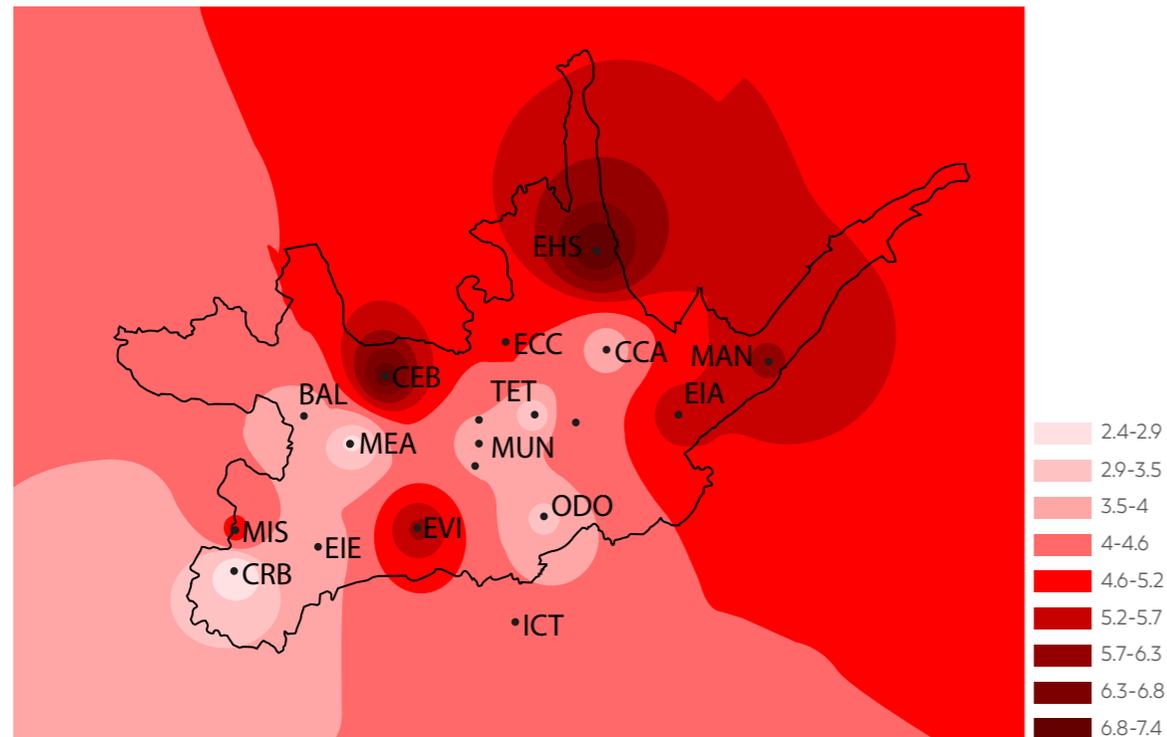


Figura 21: Distribución espacial de la concentración media de SO₂ para el año 2019 (µg/m³).

REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO

La Figura 22 presenta las máximas concentraciones horarias en 24 horas de NO₂. Todos los registros fueron menores a la concentración que establece tanto la NCAA y la guía de la OMS (200 µg/m³).

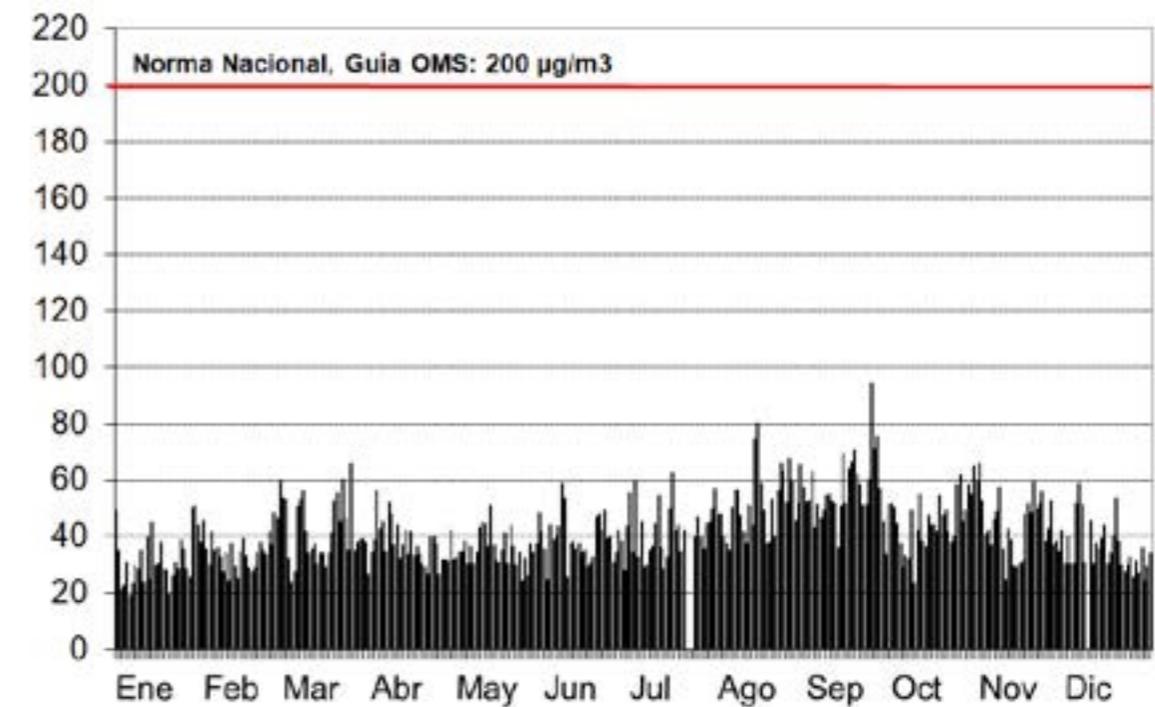


Figura 22: Promedio máximo horario de las concentraciones de NO₂ (µg/m³). Año 2019.

EXPOSICIÓN A LARGO PLAZO

La Figura 23 indica las concentraciones medias anuales de NO₂. Los mayores valores corresponden a las estaciones de micro escala en la Calle Vega Muñoz (VEG, 47.0 µg/m³) y Bomberos (BCB, 43.5 µg/m³). Estas concentraciones corresponden a las emisiones directas de tráfico vehicular, en vías urbanas con circulación importante de vehículos particulares y de transporte público. En estas dos estaciones, se superó la concentración media anual establecida por la NCAA y el valor guía de la OMS (40 µg/m³),

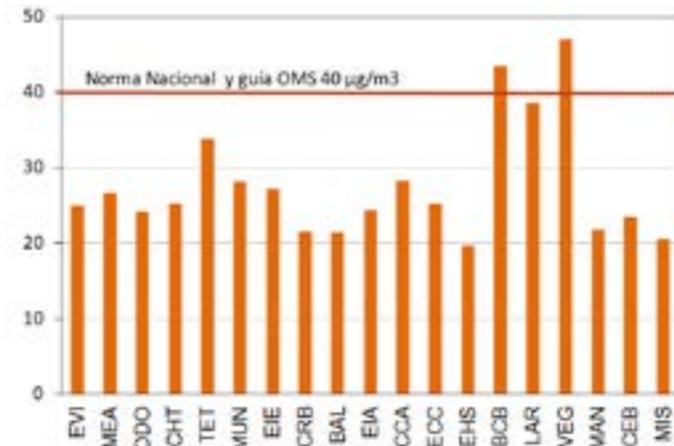


Figura 23: Dióxido de nitrógeno. Promedio anual por estación (µg/m³). Año 2019.



Figura 24: Concentraciones medias mensuales de NO₂ (µg/m³). Año 2019.

El valor medio de todas las concentraciones horarias de la estación MUN (28.0 µg/m³), con relación al valor medio anual del monitor pasivo (23.3 µg/m³) difiere en 20.2%. Un aspecto que puede influir en esta diferencia es la incertidumbre global del método pasivo en el monitoreo de las concentraciones medias anuales de NO₂, para valores menores de 40 µg/m³. Hangartner (2000) reporta diferencias de hasta el 14%.

La Figura 24 indica las concentraciones medias mensuales de NO₂. Las mayores concentraciones corresponden a mayo y septiembre.

La Figura 25 presenta la distribución espacial de la concentración media anual de NO₂. No se consideran los registros de las estaciones de la Calle Vega Muñoz (VEG), Bomberos (BCB) y Calle Larga (LAR); a fin de obtener una tendencia general de los registros a escalas urbana y vecinal, sin la influencia de condiciones a microescala. La estación del Terminal Terrestre (TET, 33.8 µg/m³) registran con claridad la influencia de las emisiones del tráfico vehicular de vehículos a diesel.

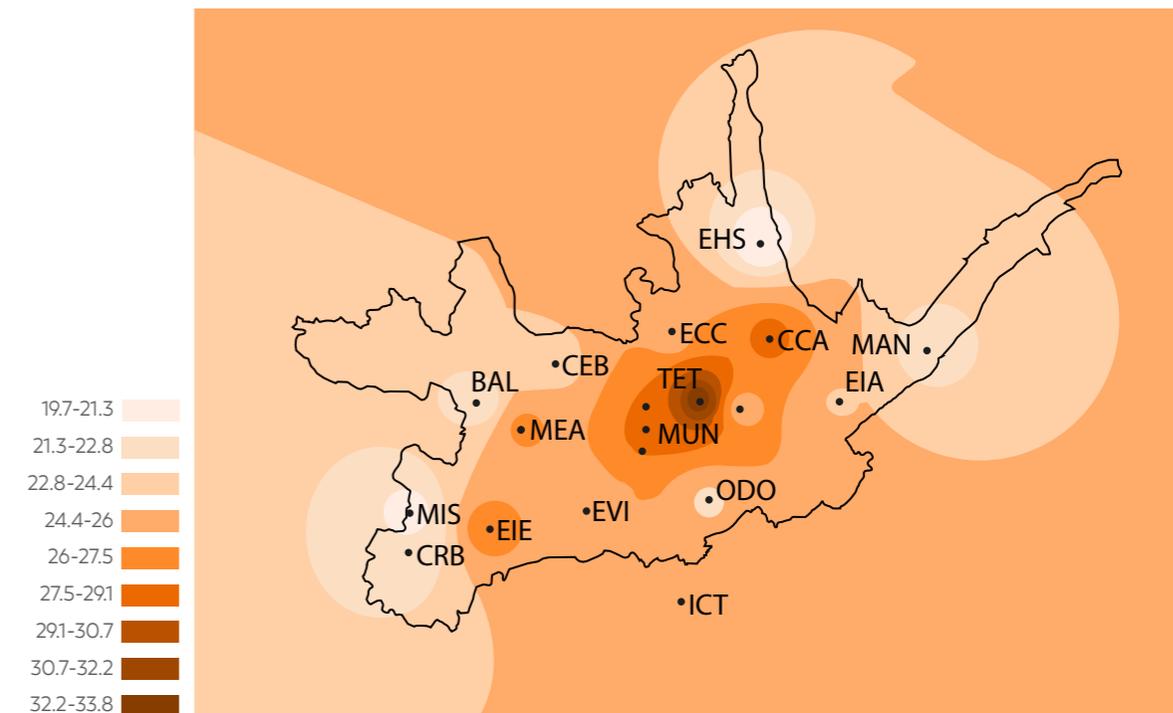


Figura 25: Distribución espacial de la concentración media de NO₂ para el año 2019 (µg/m³).

REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA. OZONO (O₃)

La Figura 26 presenta las concentraciones octohorarias por día de O₃. No se registra ninguna superación del valor establecido tanto por la NCAA (100 µg/m³) y la guía de la OMS (100 µg/m³). Las concentraciones han sido bajas durante todo el año. Las mayores concentraciones octohorarias, entre 60 y 85 µg/m³, se registraron en agosto, septiembre y octubre, principalmente.

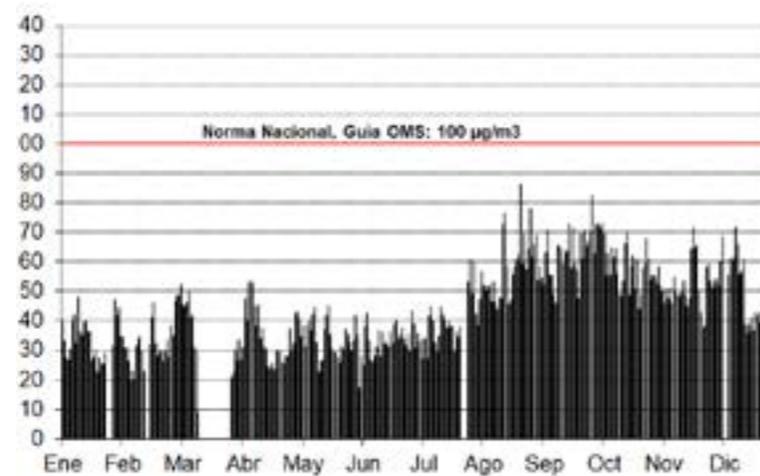


Figura 26: Promedio octohorario máximo por día de las concentraciones de O₃ (µg/m³). Año 2019.

REGISTROS DE LA SUBRED PASIVA. OZONO (O₃)

La Figura 27 indica la concentración media anual de O₃ por estación. El valor más alto se registró en la estación Ictocruz (ICT), con 55.5 µg/m³. En años anteriores, esta misma estación presentó el mayor promedio anual de O₃ (EMOV EP, 2019; EMOV EP, 2018; EMOV EP, 2017; EMOV EP, 2016b; EMOV EP, 2015; EMOV EP, 2014; EMOV EP, 2013; EMOV EP, 2012; EMOV EP, 2011)

La altura media de la ciudad es de 2550 msnm, corresponde aproximadamente a la cota de casi todas las estaciones que registran O₃. La altura de la estación ICT es de aproximadamente 2700 msnm. Al parecer la concentración a largo plazo de O₃ se incrementa con la elevación. Una situación similar se ha observado también en otros lugares como el Distrito Metropolitano de Quito (Parra and Díaz, 2007) y en los Pirineos catalanes (Ribas and Peñuelas, 2006).

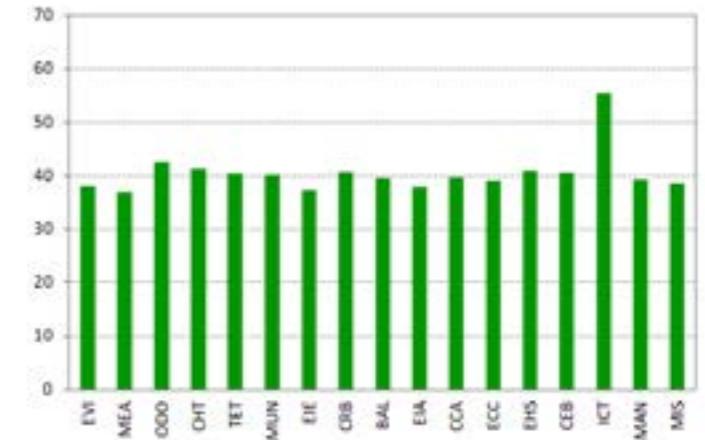


Figura 27: Ozono. Promedio anual por estación (µg/m³). Año 2019.



La Figura 28 indica que los sensores pasivos presentaron los mayores promedios mensuales en marzo (49.2 µg/m³), abril (47.2 µg/m³), septiembre (45.8 µg/m³) y enero (45.5 µg/m³).

Figura 28: Concentraciones medias mensuales de O₃ (µg/m³). Año 2019.

La Figura 29 presenta la distribución espacial de la concentración media anual de O₃, en donde se observa con claridad el valor más alto, registrado en la estación Ictocruz (ICT, 55.5 µg/m³).

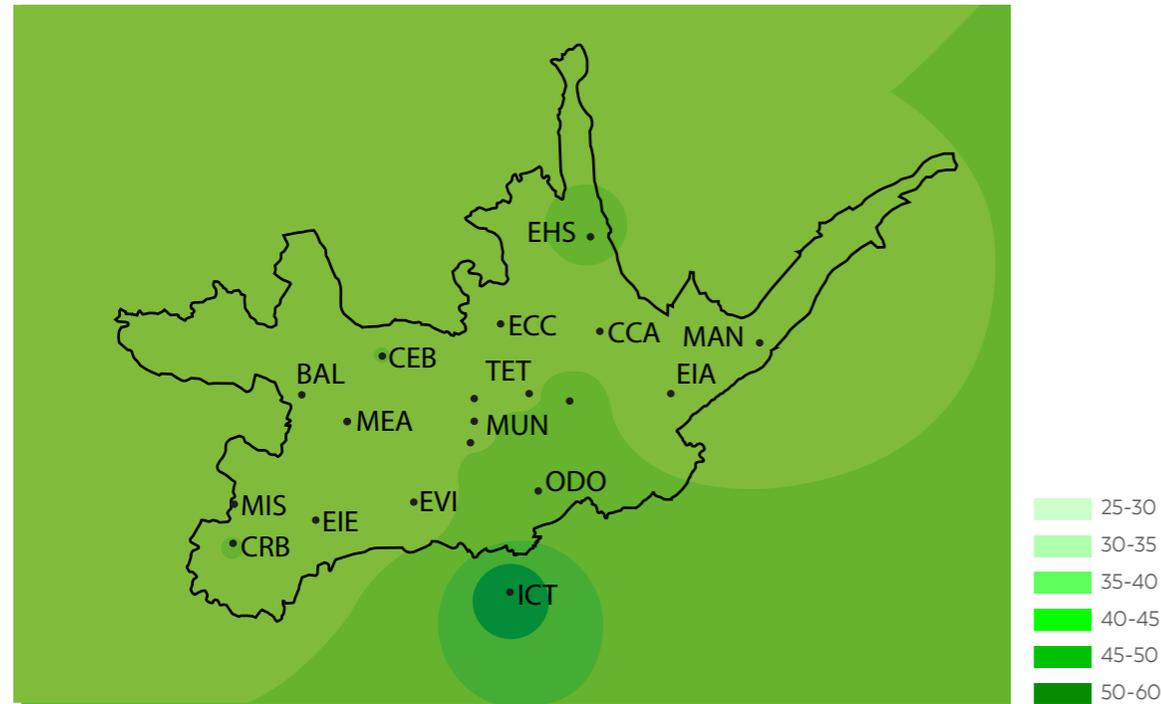


Figura 29: Distribución espacial de la concentración media de O₃ para el año 2019 (µg/m³).

TENDENCIAS DE LAS CONCENTRACIONES MEDIAS ANUALES

La Tabla 9 presenta la tendencia de las concentraciones medias anuales de MP₁₀, para el periodo 2008 – 2019. El promedio del año 2019 del MP₁₀ (33.4 µg/m³) fue menor a los promedios de los años 2015 hasta 2018.

Estación	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	NCAA	Guía OMS
MUN	35.0	35.1	39.1	29.6	33.5	26.6	25.3	31.6	44.8	33.6	30.1	28.3	50.0	20.0
EIE	42.0	40.7	48.2	32.3	34.0	33.8	35.4	39.1	40.3	36.5	36.5	33.6		
CCA	49.0	49.8	50.8	39.6	40.7	36.9	33.9	49.0	49.7	45.5	39.1	38.4		
Promedio	42.0	41.9	46.0	33.8	36.1	32.4	31.6	39.9	44.9	38.5	35.2	33.4		

Tabla 9: Concentraciones medias anuales de material particulado (MP₁₀) del periodo 2008 - 2019 (µg/m³).

La Tabla 10 presenta la tendencia de las concentraciones medias anuales de MP_{2.5}, para el periodo 2012 – 2019. El promedio del año 2019 del MP_{2.5} (10.5 µg/m³) fue menor a los promedios de los años 2016 y 2017, aunque mayor al promedio de 2018 (9.9 µg/m³).

Estación	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	NCAA	Guía OMS
MUN	10.3*	9.4**	6.1	7.6	10.3	10.8	9.9	10.5	15.0	10.0

*Promedio obtenido de registros que cubren el 23% del año. **Promedio obtenido de registros que cubren el 54.8% del año.

Tabla 10: Concentraciones medias anuales de material particulado (MP_{2.5}) del periodo 2008 - 2019 (µg/m³). Estación MUN.

La Tabla 11 presenta la tendencia de las concentraciones medias de partículas sedimentables, desde el año 2008 hasta el 2019. El promedio del año 2019 del PS (0.19 mg/cm² durante 30 días) es menor a los promedios de todos los años anteriores.

Estación	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	NCAA
EVI	0.68	0.13	0.22	0.27	0.15	0.22	0.36	0.28	0.22	0.17	0.16	0.18	1.00
MEA	0.19	0.14	0.23	0.22	0.32	0.29	0.42	0.35	0.27	0.19	0.18	0.19	
ODO	0.43	0.22	0.19	0.15	0.14	0.21	0.47	0.19	0.15	0.12	0.31	0.14	
CHT	0.19	0.13	0.18	0.21	0.32	0.19	0.35	0.24	0.23	0.20	0.14	0.15	
TET	0.19	0.14	0.20	0.34	0.22	0.20	0.35	0.28	0.22	0.17	0.14	0.16	
MUN	0.24	0.18	0.20	0.23	0.17	0.18	0.40	0.26	0.22	0.18	0.15	0.16	
EIE	0.31	0.17	0.31	0.25	0.17	0.25	0.36	0.30	0.23	0.15	0.15	0.13	
CRB	0.17	0.17	0.31	0.24	0.15	0.23	0.32	0.31	0.22	0.20	0.17	0.11	
BAL	0.19	0.12	0.16	0.18	0.16	0.19	0.25	0.60	0.67	0.46	0.40	0.15	
EIA	0.94	0.16	0.24	0.28	0.16	0.29	0.60	0.37	0.32	0.30	0.21	0.16	
CCA	0.29	0.22	0.25	0.31	0.22	0.26	0.48	0.39	0.40	0.23	0.24	0.36	
ECC	0.21	0.25	0.30	0.34	0.20	0.31	0.51	0.45	0.40	0.24	0.23	0.21	
EHS	0.48	0.18	0.28	0.28	0.17	0.33	0.38	0.28	0.25	0.30	0.24	0.30	
BCB	2.00	0.96	0.95	0.95	0.60	0.65	1.13	0.90	0.62	0.52	0.52	0.34	
MAN	0.20	0.14	0.20	0.23	0.13	0.25	0.54	0.25	0.23	0.12	0.11	0.13	
CEB	-	-	-	0.37	0.51	0.51	0.64	0.64	0.27	0.27	0.21	0.20	
MIS	-	-	-	-	-	-	0.26	0.29	0.20	0.16	0.19	0.15	
Promedio	0.45	0.22	0.28	0.30	0.24	0.29	0.46	0.38	0.30	0.23	0.22	0.19	

Tabla 11: Concentraciones medias anuales de partículas sedimentables (PS) del periodo 2008 - 2019 (mg/cm² durante 30 días).

El promedio del año 2019 de NO₂ (27.7 µg/m³) es mayor a los promedios de todos los años anteriores (Tabla 12).

Estación	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	NCAA	Guía OMS
EVI	15.70	12.70	16.20	13.25	13.87	17.38	20.12	20.58	20.19	21.17	23.18	24.93	40.00	40.00
MEA	21.40	19.10	21.10	17.28	15.81	22.19	25.90	24.90	23.00	22.09	27.33	26.67		
ODO	13.70	13.00	14.50	11.90	11.22	16.52	19.73	15.99	18.65	20.11	23.55	24.14		
CHT	16.70	12.90	14.50	13.13	10.51	16.46	21.84	17.95	18.89	21.55	23.25	25.26		
TET	26.50	22.80	25.20	22.10	20.46	23.36	27.01	25.58	26.28	26.66	31.32	33.78		
MUN	20.40	19.00	21.50	18.25	16.23	20.36	21.52	20.10	22.47	22.89	27.62	28.09		
EIE	16.00	16.10	16.70	13.15	13.48	17.83	20.79	22.04	22.23	21.90	26.22	27.23		
CRB	9.20	8.60	11.70	8.96	7.58	12.97	16.57	17.27	14.82	15.58	21.03	21.52		
BAL	10.00	9.30	12.30	8.18	9.13	13.46	15.69	15.89	16.79	18.19	21.02	21.49		
EIA	12.70	11.90	13.40	11.99	9.46	13.85	17.47	16.61	17.48	20.08	21.62	24.32		
CCA	19.20	16.10	18.20	14.54	15.76	18.82	22.65	22.35	21.22	24.27	27.23	28.25		
ECC	11.90	10.70	11.00	12.04	10.19	13.45	16.56	14.93	17.03	20.36	22.86	25.27		
EHS	6.60	7.90	11.50	9.52	6.75	12.84	10.68	9.58	12.86	15.09	18.35	19.66		
BCB	47.20	38.50	35.20	30.35	30.15	29.91	37.30	37.68	42.73	38.47	44.88	43.49		
LAR	31.30	27.60	32.40	27.81	25.77	26.50	30.59	30.28	32.28	30.27	36.66	38.58		
VEG	43.80	37.50	37.10	30.40	28.04	28.80	35.77	37.77	40.48	38.04	46.60	47.04		
MAN	5.50	10.40	12.20	9.27	8.22	13.78	15.49	13.63	14.62	17.09	19.88	21.73		
CEB	-	-	-	12.09	10.36	15.20	16.52	15.13	15.94	19.32	22.99	23.49		
MIS	-	-	-	-	-	-	14.23	14.34	14.07	15.32	19.18	20.52		
Promedio	19.28	17.30	19.10	15.79	14.61	18.54	21.39	20.68	21.68	22.55	26.57	27.66		

Tabla 12: Concentraciones medias anuales de dióxido de nitrógeno (NO₂) del periodo 2008 - 2019 (µg/m³).

El promedio del año 2019 del SO₂ (4.54 µg/m³) es menor a los promedios de los años anteriores, desde el 2008 hasta el 2018 (Tabla 13).

Estación	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	NCAA	Guía OMS
EVI	7.00	15.59	16.79	11.14	7.89	9.50	5.63	15.95	10.91	9.58	4.28	5.84	60.00	50.00
MEA	15.60	10.11	7.46	9.94	4.81	4.88	19.52	16.80	10.58	17.49	4.77	2.88		
ODO	10.40	19.42	13.59	5.36	9.64	4.84	7.42	11.77	11.42	13.67	4.30	3.42		
CHT	11.10	15.12	8.69	6.62	5.31	2.73	11.58	18.00	10.64	11.07	4.16	4.66		
TET	11.90	25.05	10.55	9.14	4.45	11.69	21.63	26.86	15.60	9.28	3.87	3.24		
MUN	11.10	16.69	7.79	7.12	8.82	7.83	13.47	15.55	19.49	11.66	3.27	3.78		
EIE	12.60	14.28	6.29	5.33	5.28	6.86	5.51	17.60	12.01	7.63	3.24	3.85		
CRB	6.30	11.54	4.91	7.81	6.98	5.71	5.46	15.58	10.21	15.53	7.25	2.36		
BAL	7.70	6.17	7.26	7.25	3.72	5.00	3.07	12.99	9.30	8.21	6.69	3.84		
EIA	12.40	9.12	7.61	8.12	6.66	4.30	6.06	14.75	8.07	9.09	4.30	5.55		
CCA	23.50	23.32	12.59	6.45	6.69	8.04	14.16	25.32	15.49	9.72	6.39	3.69		
ECC	6.90	19.58	11.59	9.02	4.52	3.39	4.52	10.97	7.75	11.35	7.57	4.81		
EHS	9.70	16.47	8.42	8.10	4.64	6.80	6.51	6.17	12.37	17.15	4.71	7.39		
BCB	11.20	9.94	6.12	5.67	5.61	8.78	11.92	41.83	13.90	10.49	5.21	3.27		
LAR	13.00	8.07	4.21	5.56	5.68	11.55	10.24	35.94	12.57	11.85	4.05	5.54		
VEG	10.80	13.12	6.88	9.25	4.66	17.22	11.90	32.16	22.87	7.33	3.99	2.12		
MAN	7.20	8.12	6.21	7.92	8.20	4.20	5.48	8.32	11.28	14.16	5.54	5.81		
CEB	-	-	-	6.14	10.40	4.10	8.13	10.60	11.51	12.58	5.16	7.11		
MIS	-	-	-	-	-	-	4.63	15.41	9.33	7.73	5.14	4.83		
Promedio	11.08	14.22	8.80	7.55	6.33	7.08	9.31	18.57	12.38	11.35	4.94	4.54		

* Guía de la OMS del año 2000.

Tabla 13: Concentraciones medias anuales de dióxido de azufre (SO₂) del periodo 2008 - 2019 (µg/m³).

El promedio del año 2019 del O₃ (44.5 µg/m³) es menor al promedio del año 2018, aunque igual al promedio de 2017 (Tabla 14).

Estación	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
EVI	35.70	39.90	31.30	26.63	31.37	37.10	44.91	46.5	40.68	41.77	43.69	38.16
MEA	33.70	33.10	28.00	30.03	32.22	35.50	26.77	41.8	41.68	39.18	41.53	36.99
ODO	35.30	37.10	28.50	25.74	34.28	42.10	42.24	46.0	39.48	40.95	44.08	42.54
CHT	33.60	35.90	26.70	27.13	32.89	33.60	46.92	48.3	46.26	47.31	46.52	41.40
TET	35.50	35.50	29.30	23.46	29.79	33.30	28.88	41.9	38.73	39.54	43.04	40.17
MUN	32.70	30.30	28.30	25.90	30.31	32.60	27.07	38.7	38.72	39.84	45.50	37.29
EIE	33.20	33.70	31.10	27.12	33.89	35.80	29.54	41.0	38.51	36.06	40.67	40.68
CRB	36.30	39.40	29.30	29.93	35.76	41.20	43.32	41.9	39.38	39.90	44.48	39.57
BAL	31.00	33.50	26.40	25.74	33.79	37.70	45.69	45.8	37.90	38.01	42.92	38.00
EIA	33.60	32.40	29.10	24.11	30.83	35.30	44.55	46.5	40.34	39.98	41.92	39.68
CCA	30.80	34.60	30.10	24.22	31.11	32.50	30.06	38.7	38.93	39.43	41.02	39.17
ECC	33.40	37.40	27.80	24.70	30.13	33.00	28.06	41.6	37.33	37.72	41.19	40.95
EHS	34.60	33.80	28.50	25.19	30.89	37.10	39.50	45.1	39.97	40.43	47.44	40.57
ICT	37.90	41.70	43.50	46.83	36.01	38.80	41.84	46.8	40.32	36.96	43.31	55.53
MAN	34.09	35.59	29.85	23.59	45.83	56.40	57.96	59.4	58.92	54.83	61.71	39.34
CEB	-	-	-	27.68	27.08	34.30	41.74	45.6	42.17	38.69	43.08	39.34
MIS	-	-	-	-	-	-	38.15	42.9	37.88	38.35	41.81	38.61
Promedio	35.70	39.90	31.30	27.40	32.89	37.30	38.70	44.61	41.01	40.53	44.35	40.53

Tabla 14: Concentraciones medias anuales de ozono (O₃) del periodo 2008-2019 (µg/m³)

CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA

El análisis de los registros horarios de la calidad del aire y de meteorología permite entender la influencia de la atmósfera en el comportamiento de los contaminantes. Con este propósito, y tomando en cuenta el efecto de la ceniza volcánica, se analizaron los registros de la estación MUN, de los días 11 (miércoles), 12 (jueves) y 13 (viernes) de diciembre de 2019.

La Figura 30 presenta las concentraciones horarias de CO y la temperatura. Durante las primeras horas del día, el CO presenta concentraciones del orden de 0.4 mg/m³, debido a las bajas emisiones de tráfico. Hacia las 08h00 se presentan concentraciones máximas entre 1.0 y 1.2 mg/m³. Estos máximos corresponden al primer pico de tráfico diario. Durante las primeras horas de la mañana, se presentaron temperaturas mínimas del orden de 9 y 13°C. En estas condiciones, la atmósfera

es estable e impide la dispersión vertical de contaminantes. La estabilidad atmosférica y las altas emisiones del primer pico de tráfico condicionan los máximos de CO hacia las 08h00.

En las siguientes horas, por acción de la radiación solar, la temperatura se incrementa hasta

aproximadamente 22 y 23°C; generando un incremento de la altura de dispersión, y como consecuencia, una reducción en las concentraciones de CO. Durante el inicio de la noche se presenta un nuevo máximo de CO, como respuesta al incremento de tráfico; así como por la reducción de la capa de mezcla.

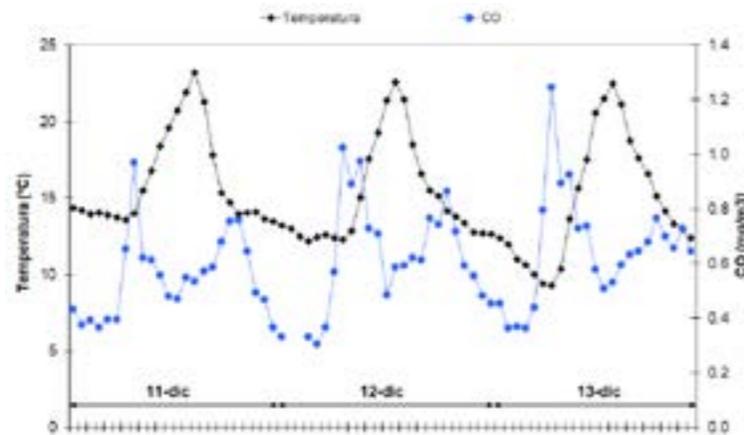


Figura 30: Concentración de CO (mg/m³) y temperatura (°C) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.

La Figura 31 presenta las concentraciones de NO₂ y la temperatura. El comportamiento de este contaminante es similar al indicado para el CO para los días 12 y 13 de diciembre. En estos dos días, a más de la influencia de la altura de la capa de mezcla, se observa que el NO₂ disminuye adicionalmente por acción de la radiación solar, y sus concentraciones disminuyen a medida que avanzan las horas de la mañana. Sin embargo, durante el 11 de diciembre, se observa un comportamiento particular del NO₂, posiblemente generado por la influencia de la ceniza volcánica, y un patrón de tráfico también particular, como respuesta a este evento de contaminación atmosférica.

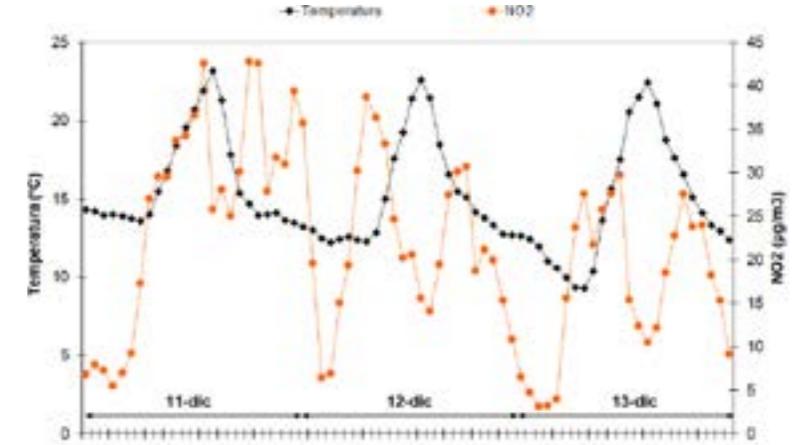
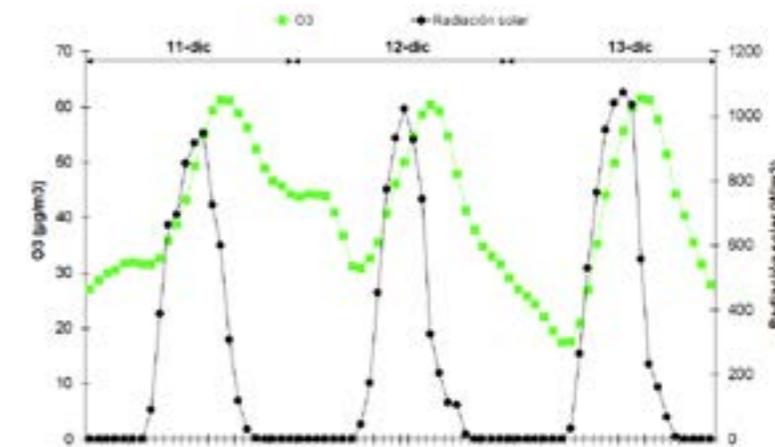
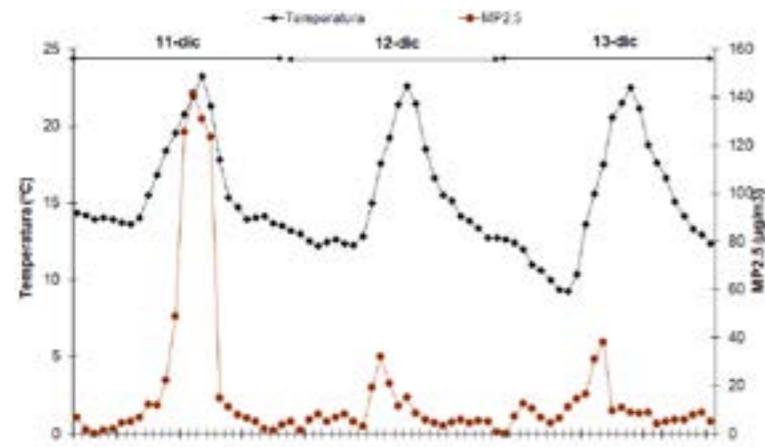


Figura 31: Concentración de NO₂ (µg/m³) y temperatura (°C) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.



La Figura 32 presenta los valores de O₃ y la radiación solar global. El comportamiento del O₃ difiere en relación a los contaminantes primarios. Sus máximas concentraciones típicamente se presentan al mediodía y primeras horas de la tarde, cuando los niveles de radiación solar son altos. La formación de O₃ se produce por la reacción de sus precursores (NO_x y COVNM) en presencia de radiación solar. Para los días indicados, las máximas concentraciones horarias alcanzaron 80 µg/m³.

Figura 32: Concentración de O₃ (µg/m³) y radiación solar global (W/m²) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.



La Figura 33 presenta las concentraciones de $MP_{2.5}$ y la temperatura. Durante el 11 de diciembre, se observa claramente una concentración elevada de $MP_{2.5}$ ($142 \mu\text{g}/\text{m}^3$), que se registró hacia las 14h00, debido a la presencia de ceniza volcánica. Para los días 12 y 13 de diciembre, la influencia del tráfico y de las condiciones atmosféricas es similar a lo indicado para el CO.

Figura 31: Concentración de $MP_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.

La Figura 34 presenta la temperatura y la radiación solar global. Las temperaturas máximas horarias típicamente se desplazan 1 o 2 horas, después de la intensidad máxima de radiación solar. Durante la mañana del 11 de diciembre, se observa valores menores de la radiación solar, en relación a los días 12 y 13 de diciembre. Este comportamiento posiblemente se debe a la influencia de la ceniza volcánica, que afectó la intensidad de la radiación solar durante el 11 de diciembre.

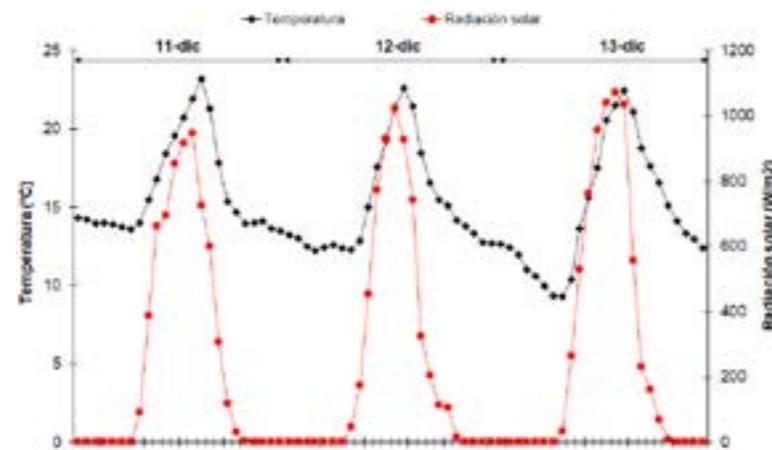


Figura 34: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y radiación solar global (W/m^2) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.

La Figura 35 presenta la temperatura y la humedad relativa. Los mayores porcentajes de humedad relativa ocurren durante las horas con menor temperatura. Por el contrario, los porcentajes de humedad relativa disminuyen la temperatura es máxima. Debido al incremento de la temperatura, la atmósfera aumenta su capacidad para almacenar vapor de agua, y como resultado se reduce la humedad relativa.

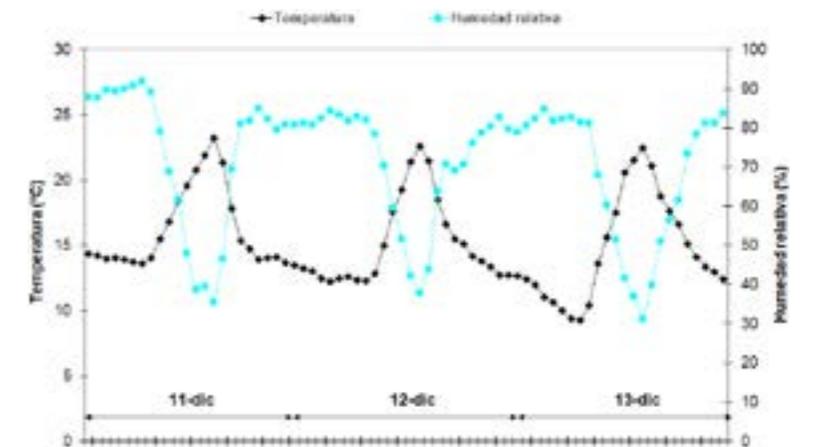
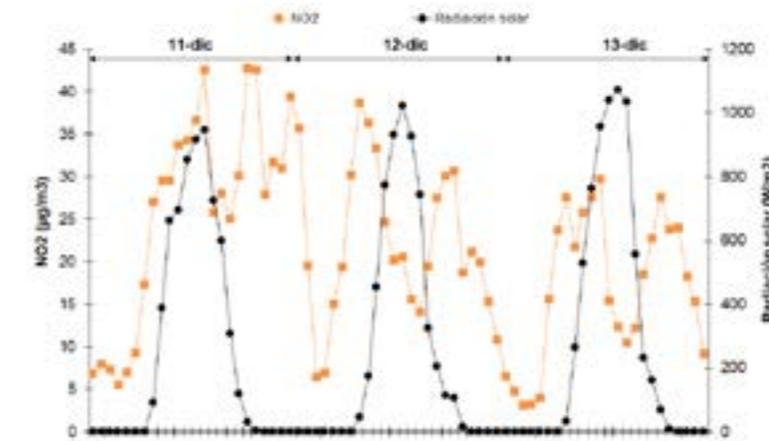


Figura 35: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (%) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.

La Figura 36 presenta las concentraciones de NO_2 y la radiación solar global. Durante el 12 y 13 de diciembre, se observa una reducción del NO_2 , debido a la acción de la radiación solar. Adicionalmente hay una reducción por el incremento de la capa de mezcla que crece 54 con las horas de la mañana. Durante el 11 de diciembre,



se observa un comportamiento particular del NO_2 , posiblemente generado por la influencia de la ceniza volcánica, y un patrón de tráfico también particular, como respuesta a este evento de contaminación atmosférica.

Del análisis de la calidad del aire y de su relación con la meteorología, se concluye que la estación automática MUN está registrando información coherente y consistente, que refleja la interacción entre las emisiones y las condiciones atmosféricas.

Figura 36: Concentración de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y radiación solar global (W/m^2) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.

CONCLUSIONES

MATERIAL PARTICULADO MP₁₀

El mayor promedio anual de MP₁₀ (38.4 µg/m³) se registró al noroeste de la ciudad, en la estación del Colegio Carlos Arízaga (CCA). Esta concentración es menor al valor establecido por la NCAA (50 µg/m³).

El promedio anual de las tres estaciones que registran el MP₁₀ (Colegio Carlos Arízaga, CCA; Municipio, MUN y Escuela Ignacio Escandón, EIE) fue de 33.4 µg/m³. Este valor es mayor al valor guía que recomienda la OMS (20 µg/m³).

Durante el año 2019 se registraron 18 superaciones del valor guía de la OMS en 24 horas (50 µg/m³). El 73%, 28% y 0% de estas superaciones se registraron en las estaciones CCA, EIE y MUN respectivamente. El mayor número de superaciones en la estación CCA se explica potencialmente por su cercanía al parque industrial, la influencia del tráfico y la ejecución de obras civiles.

En ninguna de las 3 estaciones que registran MP₁₀, se superó la concentración de la NCAA establecida como promedio en 24 horas (100 µg/m³).

MATERIAL PARTICULADO MP_{2.5}

El valor medio de todas las concentraciones horarias de la estación MUN asciende a 10.5 µg/m³. Este valor es menor al promedio anual establecido por la NCAA (15 µg/m³), aunque mayor al valor guía de la OMS (10 µg/m³).

El valor medio de las concentraciones de la estación CCA asciende a 10.8 µg/m³. Esta concentración es menor al promedio anual establecido por la NCAA (15 µg/m³), y mayor al valor guía de la OMS (10 µg/m³).

Todos los promedios en 24 horas de MP_{2.5} de las estaciones MUN y CCA fueron menores a la concentración que establece la NCAA (50 µg/m³).

PARTÍCULAS SEDIMENTABLES (PS)

Todas las concentraciones fueron menores al valor establecido en la NCAA (1.0 mg/cm² durante 30 días).

MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Todos los registros fueron menores a la concentración que establece tanto la NCAA y el valor guía de la OMS para los valores máximos horarios (30 mg/m³) y valores máximos en períodos de 8 horas (10 mg/m³).

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

La concentración media anual registrada por la estación automática MUN (7.9 µg/m³) y en todas las estaciones pasivas (4.54 µg/m³), fueron menores al valor que establece la NCAA (60 µg/m³) y al valor guía del año 2000 sugerido por la OMS (50 µg/m³).

Todos los registros de los promedios en periodos de 24 horas fueron menores a la concentración que establece la NCAA (125 µg/m³).

Todos los registros de las concentraciones medias en 10 min fueron menores a la concentración que establece tanto la NCAA y el valor guía de la OMS (500 µg/m³).

DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

La concentración media anual registrada por la estación automática MUN, fue menor a la concentración establecida en la NCAA (40 µg/m³) y al valor guía de la OMS (40 µg/m³).

De las estaciones pasivas, las mayores concentraciones medias anuales fueron registradas en las estaciones de micro escala en la Calle Vega Muñoz (VEG, 47.0 µg/m³) y Bomberos (BCB, 43.5 µg/m³). superando la concentración media anual establecida por la NCAA y el valor guía de la OMS (40 µg/m³),

Todas las concentraciones horarias registradas por la estación automática MUN, fueron menores a la concentración que establece tanto la NCAA como la guía de la OMS (200 µg/m³).

OZONO (O₃)

No se registra ninguna superación del valor establecido tanto por la NCAA (100 µg/m³) y la guía de la OMS (100 µg/m³) para la concentración máxima de O₃ durante 8 horas.

FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS

Del análisis de los datos de la calidad del aire y de su relación con los parámetros meteorológicos, se concluye que las estaciones automáticas MUN y CCA están registrando información coherente y valiosa.

Se resalta que durante el 11 de diciembre de 2019, las dos estaciones detectaron en tiempo real, el efecto de la ceniza volcánica en la calidad del aire de Cuenca.

La oportuna difusión de estos registros permitió a varias entidades públicas y privadas; así como a investigadores de varias universidades, conocer los niveles

y la evolución de la contaminación del aire.

Al igual que lo ocurrido con las emisiones del volcán Tungurahua del 1º de febrero de 2014, el evento del 11 de diciembre de 2019 confirma que la ciudad de Cuenca está expuesta y puede volver a experimentar los efectos de la ceniza volcánica.

Por ello es relevante mantener en tiempo real la difusión de los registros de las estaciones automáticas, como elemento clave de alerta temprana ante nuevas erupciones que puedan afectar la calidad del aire.

REFERENCIAS

Centro de Estudios Ambientales. 2019. Estación Meteorológica Parque Industrial-CEA Universidad de Cuenca. Clima y Atmósfera. Cuenca, Ecuador.

EMOV EP. 2019. Informe de calidad del aire Cuenca 2018. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador. 107 p.

EMOV EP. 2018. Informe de calidad del aire Cuenca 2017. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador. 121 p.

EMOV EP. 2017. Informe de calidad del aire Cuenca 2016. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador. 103 p.

EMOV EP. 2016a. Inventario de emisiones atmosféricas del Cantón Cuenca 2014. Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte, 86 p.

EMOV EP. 2016b. Informe de calidad del aire Cuenca 2015. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador. 120 p.

EMOV EP. 2015. Informe de calidad del aire Cuenca 2014. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador. 97 p.

EMOV EP. 2014. Informe de calidad del aire Cuenca 2013. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador. 100 p.

REFERENCIAS

EMOV EP. 2013. Informe de calidad del aire Cuenca 2012. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador. 129 p.

EMOV EP. 2012. Informe de calidad del aire Cuenca 2011. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador. 49 p.

EMOV EP. 2011. Informe de calidad del aire de Cuenca 2010. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador. 54 p. Hangartner M. 2000. Limits and advantages of diffusion sampling in ambient air pollution monitoring. 7th International Conference on Atmospheric Science and Applications to Air Quality. Taipei. Taiwan.

Le Pennec, J.L., Ruiz, G.A., Ramón, P., Palacios, E., Mothes, P., Yepes, H., 2012. Impact of tephra falls on the Andean communities: The influences of eruption size and weather conditions during the 1999-2001 activity of Tungurahua volcano, Ecuador. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 217-218: pp. 91-103. Doi: 10.1016/j.jvolgeores.2011.06.011.

NASA. 2020. Worldview. Available online: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

OMS. 2006. Guías de la calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización Mundial 2005. Resumen de evaluación de los riesgos. Organización Mundial de la Salud.

REFERENCIAS

OPS. 2010. Determinantes ambientales y sociales de la salud. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Editores: Galvao. Finkelman y Henao. Washington. 570 p.

Parra R, Diaz V. 2007. Preliminary comparison of ozone concentrations provided by the emission inventory/WRF-Chem model and the air quality monitoring network from the Distrito Metropolitano de Quito (Ecuador). In: 8th annual WRF User's Workshop. NCAR. Boulder. CO. USA.

Parra, R. 2017. Efecto Fin de Semana en la Calidad del Aire de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. Avances en Ciencias e Ingeniería. 9(15),104-111. DOI:<http://doi.org/10.18272/aci.v9i15.291>

Parra, R. 2018. Performance Studies of Planetary Boundary Layer Schemes in WRF-Chem for the Andean Region of Southern Ecuador. Atmospheric Pollution Research, 9, 411 – 428. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.11.011>.

Ribas A, Peñuelas J. 2006. Surface ozone mixing ratios increase with altitude in a transect in the Catalan Pyrenees. Atmospheric Environment. 40. 7308 – 7315.

VAAC. 2020. Current Volcanic Ash Advisories Washington VAAC. Available online: <https://www.ssd.noaa.gov/VAAC/messages.html>

WHO. 2000. Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. World Health Organization.

Anexo

A

REGISTROS
DE LA
ESTACIÓN
AUTOMÁTICA
MUN / CCA

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	26.32	nd	31.44	7.24	7.66	6.37	13.08	14.18	9.95	11.30	10.89	4.38
2	7.56	6.58	21.81	5.08	6.80	7.00	8.86	13.76	nd	13.73	11.30	3.97
3	5.80	4.99	18.40	7.46	9.67	nd	13.94	7.93	12.09	15.66	7.66	10.28
4	4.93	4.09	12.99	11.89	10.70	nd	9.07	6.76	8.84	25.12	5.89	5.52
5	11.24	nd	14.62	9.99	5.91	10.21	15.73	13.22	7.17	11.12	5.28	6.24
6	7.51	nd	21.58	10.96	5.75	13.93	8.64	15.05	7.75	7.74	5.60	6.98
7	3.52	nd	13.88	8.71	6.42	19.96	6.57	15.51	10.83	8.63	8.91	7.13
8	3.90	nd	19.75	15.79	8.28	14.84	6.73	13.41	13.41	8.57	13.10	nd
9	8.93	nd	17.98	11.95	10.19	7.70	9.81	10.58	15.89	22.74	8.95	nd
10	7.68	nd	8.82	8.43	13.47	10.08	9.23	16.99	17.02	9.13	4.02	12.77
11	5.32	nd	12.44	12.28	14.16	8.71	nd	13.12	14.11	11.67	9.22	29.02
12	8.94	7.66	12.46	11.52	6.22	10.20	nd	15.28	8.19	11.72	5.47	8.11
13	6.93	12.42	13.93	7.60	11.70	8.94	nd	12.83	7.54	6.65	2.65	10.30
14	9.61	10.73	19.09	13.35	8.23	10.69	nd	21.43	9.45	10.06	3.98	9.58
15	8.22	13.89	15.34	9.94	7.07	9.53	nd	32.67	12.66	13.16	5.93	10.29
16	5.47	14.13	15.18	12.25	7.91	4.90	nd	26.33	13.69	9.60	8.71	6.51
17	7.25	12.24	11.88	16.58	10.27	5.60	7.24	12.92	13.92	10.93	9.20	7.58
18	nd	9.67	13.24	9.36	9.54	9.16	7.42	11.17	14.25	7.51	9.57	10.67
19	nd	3.09	11.87	5.84	6.01	8.94	10.32	8.41	11.43	8.07	10.63	9.63
20	2.66	3.58	12.89	5.53	10.67	8.83	7.12	11.37	14.12	12.31	15.12	7.71
21	4.66	10.95	12.39	4.75	12.04	8.03	6.88	13.34	11.24	12.07	12.44	9.67
22	nd	13.44	7.39	18.21	10.19	10.54	9.72	15.69	11.25	9.18	9.83	4.27
23	3.18	10.46	8.52	8.07	9.72	12.08	14.04	22.83	11.83	12.54	10.48	5.44
24	nd	6.12	7.96	9.95	6.00	12.21	8.60	14.50	18.08	10.34	8.29	4.73
25	nd	12.14	11.79	6.41	8.30	12.68	14.25	20.53	16.45	9.45	3.32	17.82
26	nd	15.97	14.18	6.60	2.78	7.14	11.84	nd	16.17	7.05	7.35	24.12
27	5.06	19.64	12.94	10.76	8.90	11.44	6.63	nd	15.32	7.25	9.04	5.33
28	4.27	26.78	9.03	10.96	7.01	5.32	8.20	7.49	9.05	8.86	10.12	5.06
29	6.85		6.57	11.96	7.44	9.66	12.22	9.71	8.88	10.44	4.20	3.71
30	nd		4.60	9.13	14.37	9.61	13.70	nd	10.65	9.64	7.17	4.19
31	nd		6.89		10.86		15.19	nd		11.68		4.44
Año	10.48											

SD: Sin dato

Tabla A 1:
Concentración promedio en 24 horas de MP_{25} ($\mu g/m^3$). Año 2019.

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1.93	1.90	1.32	1.15	0.85	1.12	2.71	1.63	1.36	11.30	2.17	0.66
2	2.43	1.57	1.36	1.02	0.96	1.01	1.03	1.47	1.49	13.73	1.47	1.33
3	1.31	1.29	0.67	1.38	1.36	3.48	1.38	1.44	1.49	15.66	0.74	1.00
4	1.91	0.00	0.45	1.18	1.07	2.08	1.30	1.36	1.29	25.12	0.77	1.20
5	1.77	0.00	0.49	1.04	0.72	1.97	1.81	0.79	1.72	11.12	0.94	1.77
6	1.02	0.00	1.50	0.50	1.66	2.06	0.96	0.78	1.35	7.74	0.92	1.43
7	1.47	0.00	1.13	0.40	1.40	2.38	1.08	1.12	1.33	8.63	2.32	1.30
8	1.74	0.00	2.33	1.03	1.13	1.37	1.70	1.57	0.96	8.57	2.27	0.60
9	1.59	0.00	1.59	1.00	2.00	0.84	1.33	1.02	1.81	22.74	1.07	0.00
10	1.67	0.00	0.74	0.92	1.73	1.29	1.75	1.27	2.01	9.13	0.56	1.51
11	1.87	0.00	1.13	1.09	1.30	1.80	2.12	1.34	1.84	11.67	1.52	0.97
12	1.88	0.00	1.63	0.69	1.61	2.28	1.63	0.93	1.29	11.72	1.18	1.02
13	1.28	0.00	1.15	1.31	2.37	1.60	0.97	1.29	1.11	6.65	0.78	1.24
14	1.87	0.00	0.28	0.80	2.34	2.69	0.71	1.55	1.94	10.06	0.86	0.83
15	1.96	1.32	0.00	1.27	1.68	1.25	1.91	2.02	1.41	13.16	0.74	1.00
16	1.60	1.06	0.00	1.29	1.97	0.98	1.86	2.07	2.01	9.60	1.01	1.39
17	2.63	0.67	0.00	1.52	0.96	1.06	1.23	2.03	1.79	10.93	0.84	1.50
18	2.18	0.96	0.00	1.17	1.06	1.24	1.26	1.96	1.56	7.51	1.42	1.50
19	1.69	0.73	0.00	1.44	0.81	1.59	1.47	1.06	1.28	8.07	1.41	1.99
20	1.00	1.11	0.00	0.67	1.70	1.51	1.20	1.64	1.67	12.31	2.03	1.87
21	1.77	1.54	0.00	0.59	1.73	1.04	0.84	1.55	1.41	12.07	1.36	1.51
22	2.03	1.29	0.00	1.15	1.64	0.98	2.25	1.34	1.58	9.18	1.07	0.79
23	1.59	0.93	0.00	1.05	1.49	0.81	1.35	1.30	1.98	12.54	1.18	1.07
24	1.98	0.73	0.00	0.86	1.08	2.03	1.15	1.84	2.31	10.34	0.69	1.41
25	0.00	1.07	0.82	0.74	0.86	1.20	1.36	1.87	1.84	9.45	1.26	0.88
26	0.00	1.34	0.00	1.85	0.59	1.55	1.58	1.95	1.76	7.05	1.75	1.15
27	1.35	1.30	0.46	1.69	1.11	1.30	0.85	1.37	2.14	7.25	1.88	1.00
28	1.67	1.53	1.15	1.57	1.60	1.20	0.85	0.00	1.08	8.86	1.41	1.06
29	1.92		0.72	1.41	1.86	0.95	1.32	1.59	0.82	10.44	0.92	0.81
30	2.22		0.94	1.68	1.85	1.34	1.59	2.13	1.42	9.64	0.91	0.91
31	2.38		0.88		2.38		1.39	1.82		11.68		0.91
Año	1.29											

SD: Sin dato

Tabla A 2: Concentración máxima horaria de CO (mg/m³). Año 2019.

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1.36	1.52	0.92	0.53	0.85	0.86	1.24	1.04	0.88	1.06	1.59	0.65
2	1.37	1.54	0.94	0.39	0.73	0.89	0.73	0.99	0.94	0.95	1.66	0.71
3	1.04	nd	0.97	0.84	0.99	2.15	1.00	0.97	0.99	0.97	0.79	0.70
4	1.31	nd	0.39	0.80	0.96	2.11	0.90	0.81	0.99	0.93	0.66	0.67
5	1.30	nd	0.40	0.50	0.74	1.42	0.99	0.73	0.90	0.80	0.55	0.86
6	0.94	nd	0.79	0.28	0.94	1.40	0.83	0.90	0.93	0.73	0.71	0.94
7	1.06	nd	0.71	0.28	0.74	1.58	0.66	1.05	0.98	0.76	1.21	0.92
8	1.31	nd	1.65	0.51	0.75	1.61	0.94	0.98	0.74	1.06	1.41	nd
9	1.21	nd	1.74	0.44	1.20	0.65	0.81	0.74	1.03	1.04	1.40	nd
10	1.23	nd	0.49	0.53	1.28	0.90	0.85	0.81	1.08	0.96	0.67	0.88
11	1.06	nd	0.70	0.54	1.18	1.24	1.36	0.77	1.10	1.05	1.06	0.77
12	1.53	nd	0.81	0.54	1.06	1.21	1.41	1.01	0.81	1.07	0.69	0.75
13	1.47	nd	0.62	0.96	1.61	0.88	0.92	0.93	0.84	0.86	0.64	0.80
14	1.45	nd	0.45	1.00	1.74	1.60	0.62	1.23	1.26	1.27	0.56	0.68
15	1.41	1.08	nd	0.72	1.65	1.79	1.21	2.03	1.50	1.26	0.57	0.77
16	1.24	1.04	nd	0.73	0.95	0.78	1.25	2.06	1.14	1.30	0.68	0.78
17	1.48	0.64	nd	0.84	0.73	0.76	0.69	0.76	1.11	1.43	0.68	0.73
18	1.54	0.55	nd	0.96	0.71	0.82	0.77	0.63	1.10	1.04	0.92	0.75
19	1.37	0.56	nd	0.88	0.61	0.88	0.73	0.76	0.99	0.90	1.02	1.36
20	1.07	0.60	nd	0.68	1.21	1.04	0.71	1.30	1.50	1.17	1.28	1.47
21	1.21	1.01	nd	0.50	1.31	0.99	0.75	1.29	1.46	1.19	1.21	1.49
22	1.29	1.05	nd	0.65	1.35	0.75	1.39	1.04	0.93	1.00	0.79	0.91
23	1.17	0.89	nd	0.59	1.04	0.78	1.33	1.27	1.14	1.02	0.80	0.74
24	nd	0.49	nd	0.60	1.01	1.22	0.89	1.27	1.80	1.37	0.58	0.95
25	nd	0.72	nd	0.52	0.80	1.23	1.02	1.40	1.70	1.38	0.83	0.99
26	nd	0.62	nd	1.08	0.71	0.85	1.00	1.16	1.31	1.42	0.90	0.74
27	1.13	0.68	0.33	1.09	0.73	0.92	0.73	0.92	1.38	1.45	1.15	0.75
28	1.29	0.93	0.42	1.29	0.78	0.84	0.64	0.82	0.96	nd	1.12	0.88
29	1.60		0.52	0.92	1.29	0.81	0.92	0.96	0.94	0.81	0.67	0.90
30	1.51		0.63	0.90	1.44	0.78	1.00	1.10	0.86	1.54	0.66	0.70
31	1.45		0.60		1.27		1.05	1.16		1.47		0.71
Año	0.99											

SD: Sin dato

Tabla A 3: Concentración máxima octohoraria de CO (mg/m³). Año 2019.

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	7.85	10.18	5.26	14.46	8.80	6.68	7.84	3.87	2.79	4.66	2.96	8.19
2	9.48	10.18	7.86	8.45	7.18	8.41	7.57	12.02	nd	4.50	6.89	12.90
3	7.82	9.03	9.17	6.09	16.12	15.95	7.41	7.01	13.01	6.29	11.54	13.37
4	7.21	10.31	3.15	6.64	10.89	12.41	9.64	2.58	13.37	8.19	7.64	7.51
5	10.32	11.12	6.34	5.40	9.16	6.51	18.74	0.61	16.15	3.18	8.56	7.35
6	7.12	8.44	9.10	5.15	8.12	8.16	11.40	4.42	12.15	1.61	10.33	9.81
7	3.68	11.10	8.73	12.39	6.80	10.90	7.18	5.77	15.71	2.21	11.61	10.81
8	5.08	10.82	12.02	12.33	6.72	11.92	7.30	3.61	10.23	5.65	21.52	nd
9	5.43	10.29	11.82	9.34	12.18	7.72	8.31	0.12	15.88	6.65	13.55	nd
10	5.79	11.96	6.28	4.27	6.81	10.08	6.31	0.04	15.23	3.07	7.97	6.68
11	4.35	10.90	8.59	4.65	6.51	5.64	14.62	0.13	15.60	2.65	nd	5.22
12	8.84	13.04	7.52	4.36	5.58	8.15	14.02	0.19	9.19	2.28	10.04	5.32
13	10.52	15.14	7.78	4.47	8.71	7.92	7.89	0.00	8.59	2.06	7.80	5.79
14	10.40	15.04	6.46	4.89	8.71	8.15	6.29	0.03	10.43	2.57	6.99	4.93
15	10.96	13.86	8.37	4.82	10.61	8.44	8.50	0.00	12.29	5.48	6.94	5.72
16	8.54	10.48	7.51	5.04	8.81	5.02	nd	6.16	9.90	5.66	7.29	6.93
17	11.59	9.82	7.36	7.30	nd	8.52	nd	13.71	8.84	4.78	14.30	5.86
18	8.91	8.48	10.74	4.68	nd	7.53	nd	11.92	9.23	3.07	12.00	5.64
19	11.49	6.85	5.33	4.11	nd	nd	nd	10.49	5.54	4.10	11.35	8.16
20	8.38	8.06	10.99	3.86	nd	6.03	nd	12.62	5.37	2.55	12.02	11.89
21	8.07	8.45	15.68	3.87	nd	3.89	nd	12.20	7.93	0.99	9.39	11.98
22	10.92	13.12	9.63	5.04	8.42	4.36	nd	8.52	8.86	0.72	7.23	8.63
23	6.72	6.78	7.23	5.05	6.31	4.40	nd	11.35	10.07	1.03	8.17	9.96
24	nd	4.00	5.86	5.56	6.55	10.52	nd	5.42	9.76	2.70	7.81	6.52
25	nd	2.73	8.90	5.28	5.44	10.47	nd	10.18	9.18	6.77	9.75	8.05
26	nd	3.93	16.48	6.93	4.88	8.13	nd	5.71	9.59	3.12	18.52	7.50
27	8.77	4.68	9.84	13.00	9.03	14.17	nd	5.08	7.34	2.42	12.16	7.14
28	6.56	8.65	5.69	9.62	7.30	5.66	nd	3.56	2.93	7.37	11.50	7.31
29	9.41		6.67	18.51	7.16	12.12	nd	3.15	5.43	2.47	6.99	6.79
30	5.77		4.66	14.60	10.72	8.30	0.98	4.69	4.44	5.19	6.14	5.48
31	10.31		7.52		13.88		0.59	5.93		4.65		5.01
Año	7.92											

SD: Sin dato

Tabla A 3: Concentración promedio en 24 horas de SO₂ (µg/m³). Año 2019.

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	49.39	28.98	39.52	15.70	21.80	22.64	25.64	35.49	23.09	18.55	31.25	25.29
2	6.47	25.99	32.32	29.66	10.44	21.72	7.07	27.13	38.25	20.39	49.72	19.45
3	3.15	27.75	27.56	13.01	29.20	12.58	17.81	9.97	33.27	36.92	30.09	28.27
4	13.18	15.07	17.46	16.20	24.63	22.70	16.68	14.92	43.19	21.10	38.89	13.60
5	17.81	21.39	14.61	19.84	30.51	25.84	21.32	4.88	11.20	20.06	30.89	12.99
6	19.28	24.45	30.48	25.88	20.39	20.97	29.21	22.96	17.94	24.54	14.64	17.66
7	2.90	nd	10.74	24.15	18.52	22.57	12.65	33.43	45.65	10.95	24.95	37.90
8	nd	19.36	32.94	27.37	21.96	31.03	16.00	41.83	23.25	20.59	23.36	31.11
9	10.91	17.89	35.08	28.79	10.64	25.53	20.07	17.26	42.20	12.40	32.66	nd
10	2.22	24.00	26.38	8.81	21.41	17.91	32.61	12.78	32.06	21.81	24.89	18.21
11	5.75	12.09	24.15	16.07	24.42	24.44	31.56	9.88	43.16	24.29	6.80	14.46
12	26.73	6.18	20.85	16.21	13.04	13.82	25.85	40.41	36.36	30.99	35.73	7.42
13	22.54	17.87	19.05	20.04	12.22	22.45	25.27	19.55	9.27	36.80	6.52	18.98
14	24.41	6.17	26.93	23.63	15.58	9.25	24.02	26.74	15.83	27.99	6.48	24.08
15	29.89	20.13	12.10	19.79	20.36	17.94	24.47	59.95	46.09	27.14	8.91	34.26
16	6.06	24.30	22.56	20.97	22.92	28.33	22.48	53.45	38.67	27.48	16.97	20.04
17	7.44	26.48	20.98	16.27	16.36	25.25	29.32	39.33	33.64	26.38	22.94	12.46
18	5.97	19.71	18.91	15.41	27.87	5.28	11.53	29.75	24.41	42.75	30.52	14.85
19	22.91	5.09	23.41	24.27	11.28	5.69	27.24	5.14	21.31	32.25	20.25	29.14
20	4.84	9.82	31.39	11.18	16.61	21.09	20.92	18.09	24.31	26.45	37.91	23.80
21	10.55	24.27	25.04	21.38	18.39	37.03	19.52	36.23	33.85	21.35	23.01	21.16
22	17.20	23.20	21.97	13.01	15.23	17.26	23.62	17.63	20.05	20.53	25.37	23.33
23	nd	27.47	32.99	29.62	14.69	23.58	27.92	35.50	30.79	13.44	35.76	23.46
24	2.62	21.79	26.27	15.27	17.38	34.72	29.31	15.62	41.71	28.57	34.59	17.53
25	24.56	15.49	25.61	20.46	15.54	18.34	26.94	42.95	70.15	34.22	23.90	25.47
26	18.76	5.17	26.52	19.14	18.74	17.01	30.09	40.43	40.89	31.10	29.21	11.81
27	25.88	16.94	20.30	18.04	14.00	27.81	35.72	24.42	41.21	30.86	28.98	nd
28	10.30	28.90	14.12	13.92	16.28	10.75	28.05	7.92	31.73	29.41	19.94	18.36
29	34.05		25.37	16.52	13.03	27.92	25.10	24.28	29.99	26.18	11.57	24.49
30	22.81		24.27	15.89	17.09	25.66	33.84	42.39	7.91	42.12	21.85	6.93
31	25.32		20.23		25.46		39.18	48.34		28.28		7.22
Año	22.91											

SD: Sin dato

Tabla A4: Concentración máxima horaria de NO₂ (µg/m³). Año 2019.

REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA CCA

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	39.79	34.39	48.83	26.67	42.42	41.78	38.94	60.45	65.88	82.14	55.50	53.38
2	33.28	30.66	48.71	33.49	42.92	35.47	30.84	42.45	69.01	62.87	55.04	51.33
3	27.56	30.64	52.24	26.73	40.82	17.16	35.80	38.38	53.83	72.44	52.90	53.14
4	26.70	26.14	45.56	31.10	34.47	27.87	33.04	47.32	58.43	72.68	58.30	54.35
5	30.31	19.88	44.85	47.56	38.08	24.84	27.03	56.80	54.52	71.47	51.89	52.16
6	39.80	23.10	46.17	40.25	31.31	37.89	33.90	52.01	52.31	73.02	49.85	60.05
7	41.99	20.28	50.12	52.97	38.35	42.71	34.13	50.11	63.14	69.57	45.98	68.71
8	32.39	31.52	41.17	53.79	40.48	33.30	27.16	51.44	70.48	55.16	50.76	nd
9	47.85	33.63	42.31	52.71	36.70	26.69	41.52	51.69	55.50	62.91	47.59	nd
10	36.41	34.85	30.97	45.07	42.14	25.70	44.76	46.58	55.46	55.36	50.85	55.49
11	35.20	29.66	29.52	38.19	44.51	28.05	40.10	53.25	48.86	64.82	45.84	61.29
12	39.17	22.94	9.07	45.36	32.68	31.19	32.59	46.28	45.95	61.42	54.94	60.33
13	40.20	nd	nd	34.08	22.80	36.70	29.25	44.00	65.40	64.49	49.41	61.49
14	36.41	nd	nd	37.55	26.39	27.81	34.90	48.19	65.73	55.87	49.05	71.72
15	36.21	31.79	nd	31.05	26.82	36.05	44.73	47.66	64.56	49.15	48.10	65.83
16	26.57	41.33	nd	30.09	37.17	32.01	42.09	72.44	59.13	48.29	49.66	55.68
17	27.79	46.33	nd	24.30	41.78	32.75	40.36	76.37	63.11	53.49	53.43	56.61
18	30.03	32.48	nd	23.50	45.24	31.29	37.61	58.58	63.59	66.11	48.76	60.89
19	22.71	28.01	nd	25.46	35.29	36.23	39.87	45.72	72.75	70.28	44.88	38.76
20	27.52	29.85	nd	23.49	30.32	32.50	37.96	46.99	57.95	48.77	47.59	35.61
21	25.56	29.52	nd	29.69	29.11	38.75	38.20	55.73	71.36	58.55	64.26	38.61
22	25.49	26.20	nd	29.79	29.55	40.50	29.67	58.37	59.19	61.89	71.80	41.32
23	29.17	29.54	nd	29.68	27.71	33.89	36.20	60.74	57.16	50.63	64.80	36.86
24	nd	33.53	nd	26.09	25.72	35.23	34.30	62.53	47.48	60.65	65.71	42.50
25	nd	27.64	nd	25.53	31.25	37.58	37.81	86.17	69.42	43.94	49.84	41.68
26	nd	38.43	nd	27.81	30.24	33.89	nd	59.12	61.18	48.87	42.84	42.78
27	31.66	34.88	nd	28.03	37.11	31.64	nd	69.63	70.74	57.81	37.64	39.19
28	47.05	46.47	nd	37.48	35.42	35.42	nd	57.70	65.09	59.16	38.48	41.32
29	41.87		20.74	29.51	32.65	29.77	53.15	64.12	66.67	67.81	58.23	44.17
30	44.31		22.76	32.40	29.79	43.39	60.61	78.07	70.48	60.94	59.28	41.61
31	34.96		30.25		33.57		49.33	61.53		53.85		52.69
Año	44.29											

SD: Sin dato

Tabla A 5: Concentración máxima octohoraria de O₃ (µg/m³). Año 2019..

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	27.17	9.00	21.67	6.58	10.33	8.13	12.25	12.38	10.58	16.27	7.88	6.25
2	9.21	8.00	12.96	6.79	8.75	7.96	11.83	14.38	16.38	12.58	8.17	14.08
3	9.83	7.17	10.25	7.13	13.00	17.04	12.38	6.75	10.29	12.33	7.04	13.46
4	9.71	6.04	10.63	9.75	12.21	13.50	13.25	5.50	10.04	14.50	5.04	8.38
5	10.46	10.46	11.58	9.04	6.75	10.29	13.83	9.88	7.13	7.33	9.38	10.58
6	7.25	5.42	16.21	6.63	6.50	13.88	10.21	12.29	8.75	5.67	11.13	11.04
7	3.88	9.83	12.29	8.54	9.00	17.42	5.75	15.13	10.38	8.29	12.42	15.00
8	6.42	15.38	18.83	11.63	7.17	15.13	10.58	14.50	7.00	9.79	13.25	10.63
9	5.96	9.67	12.58	9.25	9.96	5.79	12.33	9.50	13.63	12.63	12.21	11.13
10	6.96	16.13	6.46	7.58	11.92	10.25	13.83	9.50	16.29	8.50	7.63	15.46
11	4.33	10.25	8.25	12.04	13.54	8.17	19.96	10.54	12.08	12.46	13.63	33.54
12	10.13	8.71	8.79	10.04	8.92	9.58	13.58	17.08	8.96	8.29	8.25	10.71
13	6.79	8.83	11.29	10.38	16.71	8.46	6.33	15.42	10.58	4.67	7.17	11.92
14	9.25	10.54	8.71	12.67	8.46	7.71	4.54	22.92	20.63	8.54	5.83	8.83
15	7.71	20.52	10.79	10.54	9.33	7.17	9.63	32.83	14.83	12.50	7.04	11.83
16	6.46	15.46	11.00	10.42	12.08	4.67	14.33	25.46	28.08	11.96	8.63	10.42
17	9.58	13.58	7.79	17.17	7.04	6.33	6.87	12.75	21.33	11.29	10.96	6.76
18	10.25	8.42	10.29	9.79	9.50	7.96	6.71	13.79	20.32	6.88	11.17	10.29
19	7.71	3.42	9.71	6.29	5.38	8.92	7.42	10.21	11.75	7.50	15.17	21.17
20	4.88	7.00	8.33	6.25	10.17	9.29	12.92	11.96	13.29	9.46	15.71	13.17
21	9.88	12.71	13.08	2.83	12.79	11.25	5.38	13.92	13.04	10.92	14.96	12.29
22	7.25	15.71	7.92	8.92	13.04	9.04	8.50	14.50	11.17	8.50	10.17	7.38
23	8.17	8.88	13.54	10.50	8.42	6.46	9.04	23.29	15.50	7.21	14.63	7.50
24	10.54	5.25	7.25	9.25	8.83	8.69	7.79	16.71	11.04	8.08	8.50	11.88
25	11.29	5.08	15.21	8.65	7.29	8.83	12.17	18.42	15.46	9.88	9.25	12.63
26	7.71	5.58	14.92	9.79	4.63	13.79	7.96	14.25	16.75	12.25	17.79	8.13
27	11.50	10.63	14.42	9.92	10.54	17.29	4.50	11.83	13.54	7.21	11.67	6.54
28	7.17	19.46	9.33	12.96	8.42	12.17	6.13	9.63	9.33	8.13	12.00	8.54
29	10.92		6.75	11.42	10.88	9.96	10.33	11.58	5.88	8.46	8.13	7.58
30	8.79		5.33	9.42	15.63	13.25	13.71	12.58	7.38	9.54	14.96	5.63
31	10.71		4.96		12.33		14.79	12.83		13.04		5.38
Año	10.77											

SD: Sin dato

Tabla A 6: Concentración promedio en 24 horas de MP_{2.5} (µg/m³). Año 2019.

Anexo

B

REGISTROS
DE LAS
SUBREDES
ACTIVA,
PASIVA Y DE
DEPÓSITO

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1			58.1									
2											25.8	29.8
3									35.9			
4								21.6				
5		43.8				34.8	40.9					
6	34.2			22.4	38.5							
7			52.7									
8											44.2	24.8
9									60.1			
10								31.7				
11		50.1				32.8	52.4					45.3
12	43.2			37.5	39.4							
13			55.9									
14											15.5	22.6
15									41.3	37.4		
16								56.0				
17		54.3				30.8	30.1					
18	56.2			40.6	39.4							
19			36.9									
20											39.2	46.9
21									42.2	28.3		
22								38.5				
23		34.0				15.8						
24	51.3			36.8	50.6							
25			47.1									
26											38.3	29.3
27									54.3	22.9		
28								27.9				
29						27.4	43.6					
30	29.0			32.2	59.6							
31			24.3									29.0
Media del año 2019												38.4

SD: Sin dato

Tabla B 1:
Material particulado menor a 10 micras (MP₁₀) del año 2019 (µg/m³). Estación Carlos Arizaga Vega (CCA).

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1			40.8							33.1		
2												
3								15.5	26.3			
4												
5		33.7				26.0	39.4					
6	24.8			26.1	25.2							
7			32.4									
8											36.4	22.5
9									33.6	45.4		
10								23.1				
11		18.3				17.9	46.0					43.4
12	23.5			25.8	24.7							
13			30.5									
14											10.7	36.2
15									34.5	32.6		
16								47.0				
17		27.0				24.4	19.3					
18	24.1			29.2	29.2							
19			21.2									
20											27.0	33.8
21									29.4	21.1		
22								25.3				
23		22.3				20.5	25.6					
24	23.6			30.9	30.3							
25			42.7									
26											22.3	17.4
27									20.7	21.5		
28								33.2				
29						26.9	23.7					
30	19.7			33.3	40.1							
31			25.8						33.1			26.9
Media del año 2019												28.3

SD: Sin dato

Tabla B 2: Material particulado menor a 10 micras (MP₁₀) del año 2019 (µg/m³). Estación Municipio (MUN).

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1				60.3								
2											39.9	35.5
3									35.0			
4								19.9				
5		25.8				39.7	39.7					
6	20.3			24.4	22.7							
7			31.7									
8											27.8	25.4
9									40.5			
10								28.3				
11		25.5					47.4					73.4
12	23.2			38.5	17.9							
13			29.1									
14											11.4	40.0
15									36.2	34.3		
16								52.0				
17		30.4				24.7	23.6					
18	34.3			32.8	25.9							
19			27.8									
20											27.0	55.5
21									34.5	32.6		
22								36.2				
23		35.2				19.7	31.4					
24	32.5			31.0	31.3							
25			42.8									
26												34.7
27									68.4	28.1		
28								22.5				
29						32.1	32.1					
30	26.3			46.8	39.0							
31			19.9									44.1
Media del año 2019												33.6

SD: Sin dato

Tabla B 3: Material particulado menor a 10 micras (MP₁₀) del año 2019 (µg/m³). Estación Escuela Ignacio Escandón (EIE).

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EVI	0.12	0.09	0.11	0.269	0.124	0.19	0.54	0.14	0.099	ND	0.11	0.17
MEA	0.09	0.21	0.21	0.254	0.134	0.19	0.22	0.21	0.279	ND	0.14	0.19
ODO	0.08	0.09	0.08	0.164	0.189	0.17	0.32	0.07	0.129	ND	0.13	0.12
CHT	0.16	0.16	0.10	0.199	0.119	0.28	0.15	0.11	0.159	ND	0.10	0.08
TET	0.14	0.21	0.11	0.259	0.090	0.26	0.15	0.16	0.129	ND	0.13	0.14
MUN	0.12	0.11	0.12	0.279	0.114	0.29	0.13	0.18	0.219	ND	0.11	0.10
EIE	0.14	0.06	0.24	0.189	0.134	0.17	0.10	0.06	0.149	ND	0.10	0.13
CRB	0.07	0.15	0.11	0.134	0.109	0.18	0.13	0.12	0.124	ND	0.06	0.03
BAL	0.17	0.15	0.08	0.219	0.164	0.11	0.14	0.09	0.124	ND	0.19	0.22
EIA	0.14	0.24	0.17	0.144	0.159	0.20	0.15	0.14	0.179	ND	0.11	0.08
CCA	0.29	0.48	0.31	0.463	0.592	0.75	0.45	0.17	0.234	ND	0.15	0.08
ECC	0.21	0.15	0.16	0.333	0.343	0.27	0.21	0.18	0.209	ND	0.17	0.12
EHS	0.46	0.20	0.16	0.264	0.288	0.26	0.28	0.25	0.671	ND	0.11	0.30
BCB	0.67	0.19	0.31	0.308	0.323	0.31	0.25	0.23	0.522	ND	0.27	0.40
MAN	0.16	0.10	N/D	0.104	0.139	0.18	0.14	0.16	0.129	ND	0.10	0.07
CEB	0.12	0.14	0.10	0.274	0.139	0.54	0.23	0.17	0.169	ND	0.13	0.16
MIS	0.18	0.14	0.15	0.144	0.109	0.12	0.14	0.19	0.264	ND	0.09	0.14

ND: No hay dato/registro

Tabla B 4: Partículas sedimentables (mg/cm² durante 30 días). Año 2019.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EVI	21.1	25.2	22.9	27.5	28.8	31.4	20.9	25.1	33.4	14.7	23.3	24.8
MEA	26.1	29.5	22.6	30.1	26.3	27.1	22.5	26.7	33.1	21.5	26.5	28.1
ODO	20.3	23.7	21.0	26.1	30.3	25.4	24.1	16.3	26.2	26.2	24.0	25.9
CHT	22.1	21.7	19.1	24.5	29.5	27.1	22.5	28.2	28.0	23.6	28.9	27.8
TET	34.4	30.9	26.4	34.5	39.5	35.0	33.5	37.5	38.2	34.8	31.7	29.0
MUN	28.9	27.2	22.1	29.4	29.7	29.9	30.7	24.8	28.0	28.0	31.2	27.2
EIE	23.1	27.1	23.3	28.0	31.4	31.8	21.5	34.6	33.7	21.2	26.5	24.6
CRB	16.9	21.2	16.3	23.2	22.6	25.1	24.0	25.1	27.3	12.8	24.8	18.9
BAL	20.6	20.0	17.3	25.0	21.4	23.1	22.3	22.8	24.7	16.0	21.0	23.5
EIA	20.1	23.1	20.3	24.5	28.8	23.6	21.4	27.8	24.7	24.0	25.8	27.7
CCA	32.6	23.1	20.2	24.1	33.8	28.7	29.1	30.5	33.8	28.2	25.1	29.9
ECC	26.3	24.8	22.8	27.2	27.8	23.4	22.5	25.7	27.9	24.3	24.7	25.7
EHS	25.2	18.8	14.6	21.9	21.8	17.6	18.9	19.9	22.7	20.8	8.1	25.7
BCB	43.3	40.8	39.7	50.0	50.1	35.2	40.0	44.9	49.5	53.8	23.0	51.7
LAR	46.0	36.3	25.1	37.4	46.6	40.5	34.3	37.8	39.5	43.4	38.6	37.5
VEG	50.3	46.4	39.8	48.9	52.1	41.4	44.3	53.9	49.2	45.2	43.8	49.3
MAN	20.2	18.0	16.3	23.0	25.2	21.3	23.1	22.1	25.9	21.1	22.2	22.4
CEB	20.7	23.1	20.7	24.9	24.9	25.3	23.6	25.2	28.2	14.3	24.6	26.1
MIS	18.4	21.8	18.6	22.3	23.7	21.7	20.7	21.9	23.9	12.7	22.4	18.1

Tabla B 5: Dióxido de nitrógeno NO₂ (µg/m³). Año 2019.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EVI	38.73	11.45	3.84	2.62	1.67	0.95	0.49	3.70	0.00	5.80	0.41	0.42
MEA	7.33	4.16	9.61	1.21	0.64	0.76	0.49	0.97	3.99	4.14	0.00	1.27
ODO	12.56	8.32	7.05	1.08	2.31	1.51	0.98	0.78	0.34	4.83	0.15	1.17
CHT	15.74	6.24	10.26	1.21	15.01	0.76	0.49	0.97	0.80	3.59	0.06	0.85
TET	8.37	5.20	10.26	0.47	0.64	1.13	1.46	0.78	0.57	5.38	S/D	1.38
MUN	14.66	6.24	8.33	4.64	1.41	0.57	0.24	1.75	0.57	6.49	0.23	0.21
EIE	17.80	9.37	4.48	0.47	1.28	0.95	1.22	1.56	1.48	6.21	0.32	1.06
CRB	ND	5.20	5.77	0.61	0.90	1.51	0.98	1.56	0.57	6.07	0.03	2.76
BAL	12.56	11.45	4.48	0.67	ND	0.95	2.20	2.14	1.14	4.83	0.49	1.27
EIA	17.79	9.36	15.39	0.61	0.64	4.73	1.71	2.73	6.62	6.63	0.35	0.00
CCA	14.65	6.24	8.33	0.47	1.80	1.51	0.98	2.92	0.68	5.12	0.78	0.74
ECC	13.61	8.32	15.38	0.87	9.75	0.76	0.73	0.97	0.68	5.25	0.44	0.95
EHS	7.33	42.66	3.85	2.29	17.45	0.57	0.73	1.56	0.57	7.32	0.38	4.03
BCB	9.42	8.32	9.62	0.94	0.64	1.32	0.98	1.56	0.91	3.86	1.10	0.53
LAR	24.08	14.56	12.18	0.87	0.77	1.32	3.17	2.73	0.46	5.11	0.32	0.96
VEG	ND	7.28	5.13	0.47	1.15	1.13	1.22	0.78	0.34	4.97	0.17	0.64
MAN	34.53	9.36	8.97	0.67	2.95	1.13	0.73	1.17	0.11	2.62	2.50	4.99
CEB	24.18	10.39	14.06	11.13	3.36	1.13	1.95	1.17	3.88	13.23	0.49	0.32
MIS	26.18	7.29	8.97	0.20	1.41	0.76	0.49	2.53	1.25	4.72	3.25	0.95

ND: No hay dato/registro

Tabla B 6:
Dióxido de azufre SO₂ (µg/m³). Año 2019.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EVI	39.6	43.5	43.0	48.3	30.6	25.7	33.0	35.4	40.0	40.5	37.4	40.7
MEA	46.3	39.7	42.9	42.9	33.1	23.4	32.0	39.8	39.1	27.7	35.0	41.9
ODO	49.2	43.8	55.5	49.6	41.1	26.5	43.3	36.5	45.2	37.6	40.4	41.9
CHT	45.1	36.8	54.9	46.0	38.2	28.8	36.1	46.3	48.1	35.8	39.1	41.6
TET	45.7	40.6	47.1	45.5	36.9	26.8	33.2	44.2	43.5	35.8	38.7	47.4
MUN	45.5	38.2	49.8	46.8	35.7	28.5	30.9	43.4	46.8	34.1	40.0	42.4
EIE	43.6	38.5	44.8	43.6	32.4	24.9	31.4	37.2	41.2	32.8	39.2	37.9
CRB	47.1	56.9	48.8	46.0	35.4	25.3	32.7	40.4	46.3	30.4	32.2	46.5
BAL	42.1	45.3	48.2	44.0	33.2	29.0	29.9	44.2	43.7	37.7	37.8	39.9
EIA	45.1	40.5	45.8	46.4	31.2	26.3	32.0	34.3	44.2	33.4	35.2	41.5
CCA	47.6	35.2	49.4	42.5	30.8	30.7	31.5	37.2	44.3	35.5	39.5	51.9
ECC	41.0	43.7	44.3	47.1	35.9	28.9	31.1	41.7	43.0	33.9	34.9	44.4
EHS	47.1	41.7	49.3	46.7	30.9	32.0	42.4	37.9	47.1	38.9	36.2	41.2
CEB	44.2	40.0	48.4	53.3	32.7	32.0	32.6	47.3	44.4	36.2	37.7	38.0
ICT	62.5	33.9	69.4	62.7	51.8	36.8	51.1	57.6	65.1	61.2	56.0	58.5
MAN	40.9	41.0	48.3	43.2	42.6	29.3	33.0	35.6	47.8	27.8	35.9	46.7
MIS	40.8	37.7	46.5	44.2	28.8	27.1	30.1	43.9	49.2	37.8	36.6	40.7

Tabla B 7:
Ozono (µg/m³). Año 2019.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EVI	LD	LD	0.66	LC	LD	LD	LD	LD	LD	3.53	LD	1.53
MEA	LD	5.43	1.47	3.35	LD		LD	LD	0.20	LD	0.23	0.68
ODO	LD	0.18	0.18	0.45	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.41
CHT	LD	LD	0.60	0.64	LD		LD	LD	LD	LD	LD	2.37
TET	LD	LD	2.68	0.68	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	1.12
MUN	LD	LD	3.08	LD		LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
EIE	LD	LD	3.76	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.33
CRB	LD	LD	3.59	0.39	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.68
BAL	LD	LD	3.80	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	2.95
EIA	LD	LD	3.50	0.61	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.40
CCA	LD	LD	3.69	LD			LD	LD	LD	LD	LD	2.11
ECC	LD	LD	0.52	1.77	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.32
EHS	LD	LD	2.54	1.97	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	1.38
BCB	LD	LD	4.27	1.58	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	2.43
LAR	LD	LD	4.23	0.27	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.69	3.14
VEG	LD	LD	3.53	0.58	0.63	LD	LD	LD	LD	LD		2.42
MAN	LD	LD	4.04	0.66	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LC
CEB	LD	178.23	8.34	1.65	LD	0.88	LD	LD	LD	LD	LD	LD
MIS	LD	LD	3.38	0.34	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.17

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EVI	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.57
MEA	LD	LD	0.62	LD	LD		LD	LD	LD	LD	0.34	LD
ODO	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
CHT	LD	LD	LD	LD	LD		LD	LD	LD	LD	LD	LD
TET	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
MUN	LD	LD	LD	LD		LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
EIE	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
CRB	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
BAL	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
EIA	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
CCA	LD	LD	LD	LD			LD	LD	LD	LD	LD	LD
ECC	LD	LD	LC	LD	0.42	LD						
EHS	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
BCB	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
LAR	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
VEG	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD		LD
MAN	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
CEB	LD	LD	0.33	LD	LD							
MIS	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD

Límite de detección LOD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 0.043. Límite de cuantificación LOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 0.13

Tabla B 9:
Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.

Límite de detección LOD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 0.039. Límite de cuantificación LOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 0.118

Tabla B 9:
Tolueno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EVI	0.15	0.14	0.31	0.13	0.13	0.15	0.13	0.13	LC	0.24	0.13	LD
MEA	0.14	0.15	0.14	1.13	0.51		0.50	0.57	0.44	0.24	0.13	LD
ODO	0.15	0.15	LD	0.34	0.13	0.15	0.13	0.13	LC	1.14	0.13	LD
CHT	0.14	0.15	0.51	0.13	0.13		0.13	0.13	0.22	0.24	0.13	0.73
TET	0.15	0.14	LD	0.25	0.13	0.15	0.13	0.13	LC	0.33	2.92	0.26
MUN	0.14	0.14	LD	0.13		0.15	0.13	0.13	LC	0.25	0.13	0.15
EIE	0.15	0.15	LD	0.13	0.14	0.15	0.13	0.13	LC	0.24	LC	0.33
CRB	0.15	0.15	LD	0.13	0.14	0.15	0.13	0.13	LC	0.24	0.12	0.82
BAL	0.15	0.14	LD	0.13	0.13	0.15	0.13	0.13	LC	0.24	0.13	LD
EIA	0.14	0.15	LD	0.13	0.14	0.15	0.13	0.13	LC	0.24	0.12	0.86
CCA	0.14	0.15	LD	0.40			0.13	0.13	LC	0.24	0.13	0.32
ECC	0.14	0.14	LD	0.13	0.78	4.02	0.13	0.13	0.36	1.03	0.82	0.28
EHS	0.15	0.15	0.60	0.13	0.13	0.52	0.13	0.13	LC	0.25	0.12	0.73
BCB	0.14	0.14	0.69	0.13	0.15	0.15	0.13	0.13	LC	0.24	0.63	LD
LAR	0.15	0.13	0.47	0.13	0.14	0.70	0.54	0.12	LC	0.60	0.13	LC
VEG	0.14	0.14	0.59	0.13	0.15	0.36	0.44	0.13	LC	0.25		0.28
MAN	0.14	0.15	0.67	0.13	0.13	0.15	0.12	0.32	LC	0.25	0.69	0.40
CEB	0.95	10.79	0.69	0.90	0.81	1.04	0.13	0.78	0.41	1.50	0.76	0.38
MIS	0.14	0.15	0.51	0.13	0.14	0.15	0.13	0.12	LC	0.24	0.12	0.38

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EVI	LD	LD	0.52	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LC
MEA	LD	LD	0.59	LD	0.31		0.31	0.32	0.16	LC	0.53	LD
ODO	LD	LD	0.42	LD	LD	LD	LD	LC	LD	0.34	LD	LD
CHT	LD	LD	0.55	LD	LD		LD	LD	LC	LD	LD	LD
TET	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
MUN	LD	LD	LD	LD		LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
EIE	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LD	LD
CRB	LD	LD	LC	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
BAL	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
EIA	LD	LD	LC	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LD
CCA	LD	LD	0.23	LD			0.17	LD	LD	LD	LC	LD
ECC	LD	LD	LD	LD	0.23	0.39	0.14	LC	LC	0.29	0.33	LD
EHS	LD	LD	0.53	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LC
BCB	LD	LD	0.57	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.27	LD
LAR	LD	LD	0.60	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LC	LD
VEG	LD	LD	0.52	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD		LD
MAN	LD	LD	0.50	LD	LD	LD	LD	LD	LD	0.35	LC	LD
CEB	LD	1.86	0.44	LD	LD	LD	LC	0.43	LC	0.42	0.28	LD
MIS	LD	LD	0.53	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD

Límite de detección LOD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 0.038. Límite de cuantificación LOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 0.115

Límite de detección LOD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 0.044. Límite de cuantificación LOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 0.134

Tabla B 10:
Etilbenceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.

Tabla B 11:
MP-Xilenos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.

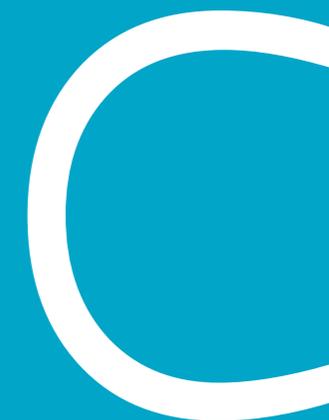
Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EVI	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
MEA	LOD	LOD	LOD	LD		LD	LD	LD	0.44	LD	LC	LOD
ODO	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
CHT	LOD	LOD	LOD	LD		LD	LC	LD	0.22	LD	LC	LOD
TET	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
MUN	LOD	LOD	LOD		LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
EIE	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
CRB	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
BAL	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
EIA	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
CCA	LOD	LOD	LOD			LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
ECC	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	0.36	LD	LD	LOD
EHS	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
BCB	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD
LAR	LOD	0.10	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LC	LOD
VEG	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC		LD	LOD
MAN	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LC	LOD
CEB	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	0.41	LD	LC	LOD
MIS	LOD	LOD	LOD	LD	LD	LD	LD	LD	LC	LD	LD	LOD

Límite de detección LOD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 0.071. Límite de cuantificación LOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 0.217

Tabla B 12:
O-Xilenos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Año 2019.

Anexo

REGISTROS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA MUN. AÑO 2019



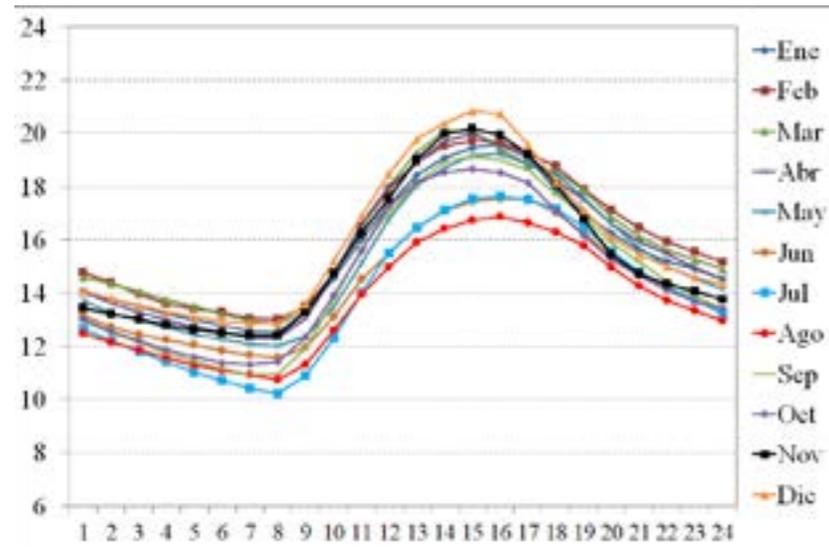


Figura C 1: Perfiles promedio diarios de la temperatura por mes (°C).

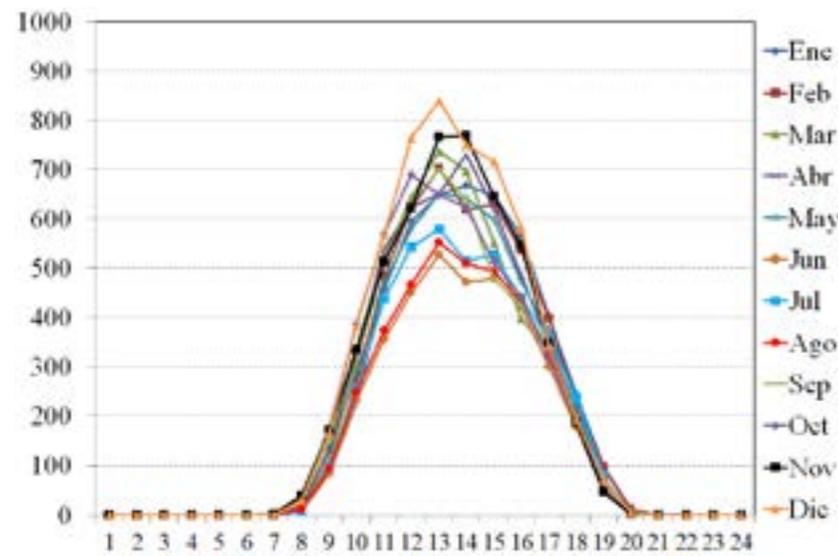
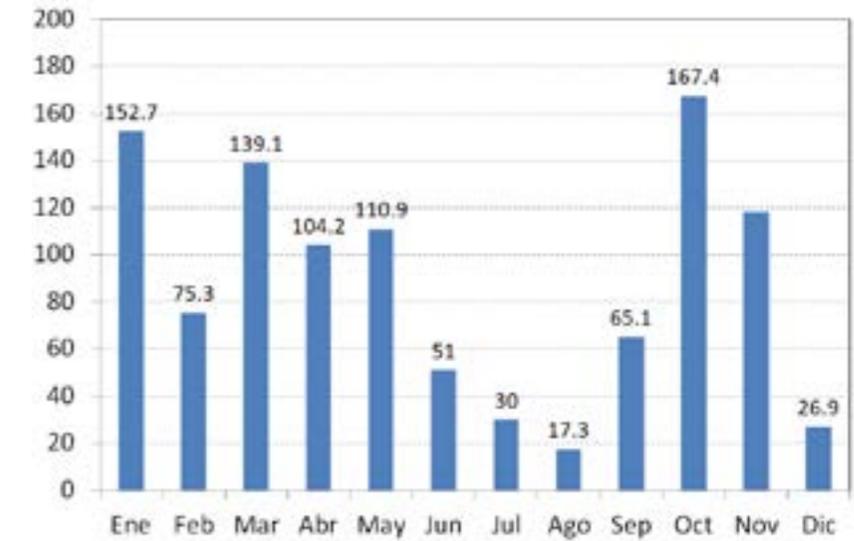


Figura C 2: Perfiles promedio diarios de la radiación solar global por mes ($W m^{-2}$)

Figura C 3: Precipitación mensual ($mm mes^{-1}$)



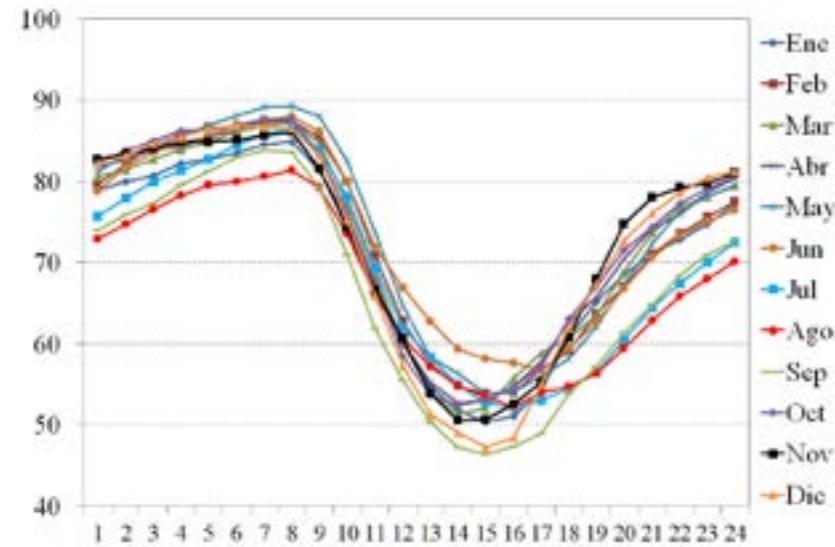


Figura C 4: Perfiles promedio diarios de la humedad relativa por mes (%).

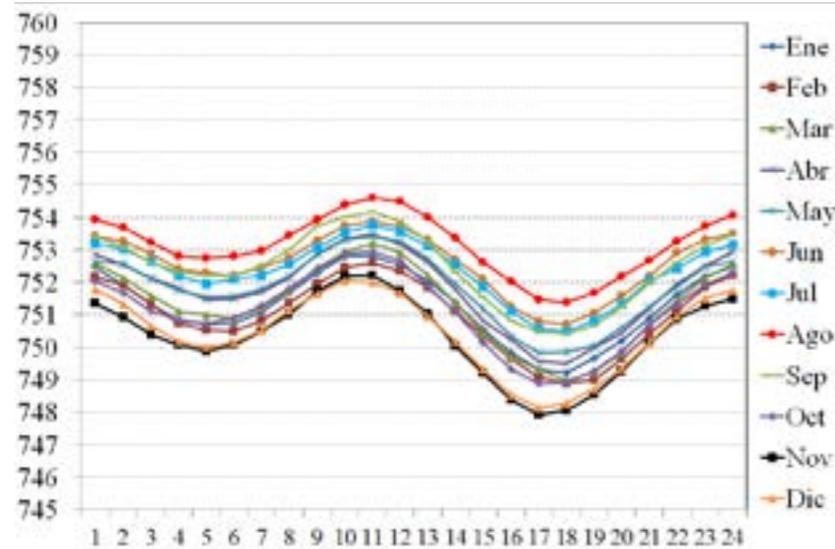


Figura C 5: Perfiles promedio diarios de la presión atmosférica por mes (mbar).

Anexo

REGISTROS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA CEA (UNIVERSIDAD DE CUENCA). AÑO 2019.



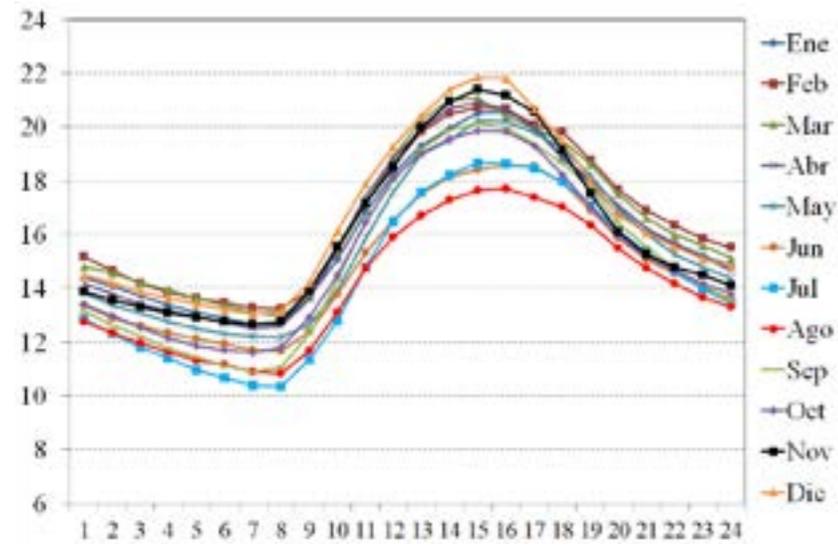


Figura D 1: Perfiles promedio diarios de la temperatura por mes (°C)

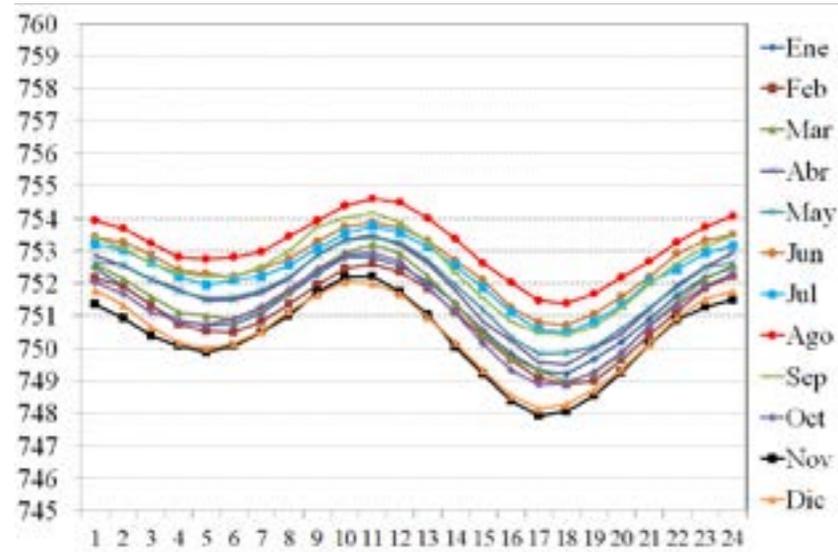
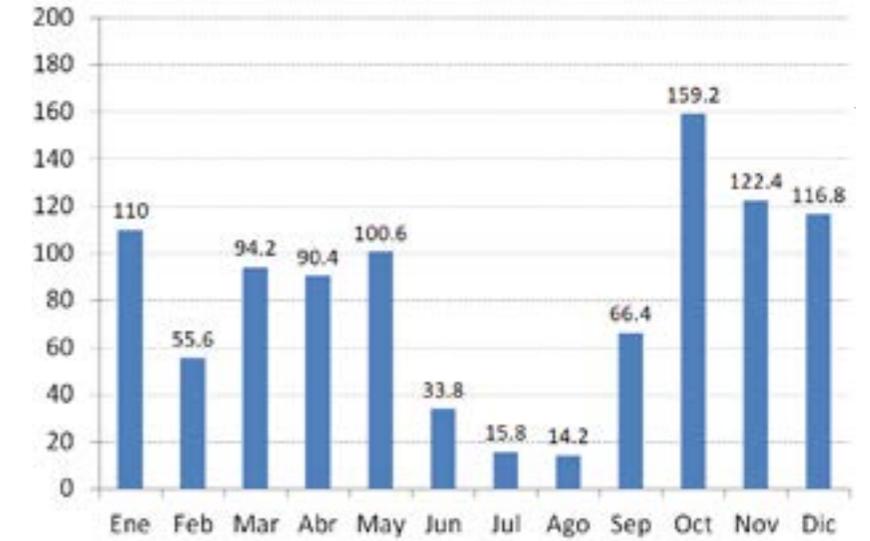


Figura D 2: Perfiles promedio diarios de la radiación solar global por mes (W m²)

Figura D 3: Precipitación mensual (mm mes⁻¹)



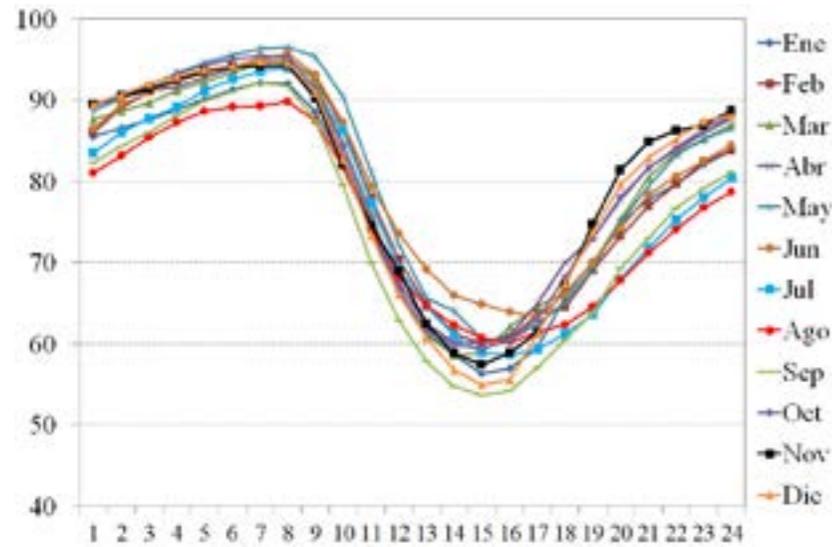


Figura D 4: Perfiles promedio diarios de la humedad relativa por mes (%).

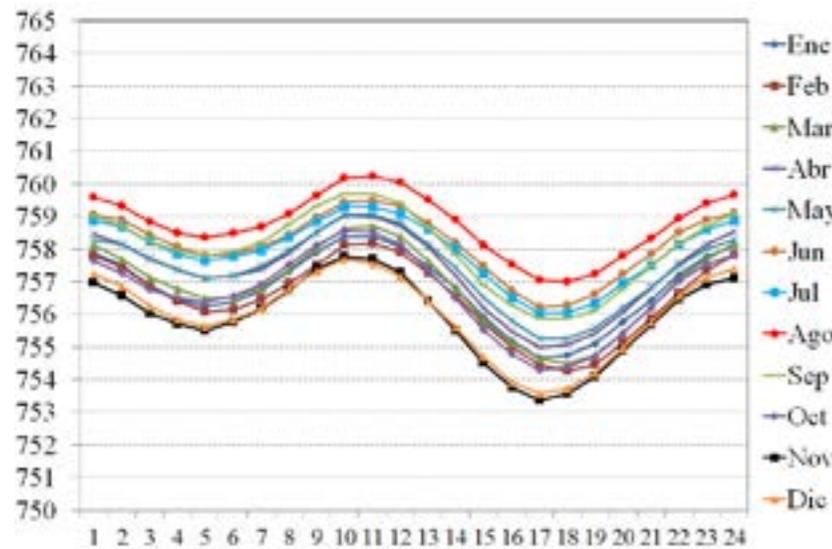
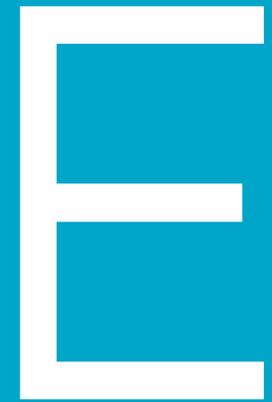


Figura D 5: Perfiles promedio diarios de la presión atmosférica por mes (mbar).

Anexo

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN METEOROLÓGICA PARA EL AÑO 2019 GENERADOS MEDIANTE EL MODELO WEATHER RESEARCH FORECASTING (WRF) VERSIÓN 3.7.1, PARA EL CANTÓN CUENCA.



El modelo WRF versión 3.7.1 fue aplicado para simular la meteorología del año 2019, del Cantón Cuenca, a fin de complementar los registros de la Red de Monitoreo de Cuenca, y proporcionar información complementaria para entender mejor el comportamiento de los contaminantes del aire.

Las simulaciones numéricas se desarrollaron por medio de un dominio maestro y dos subdominios anidados, con resoluciones espaciales de 27 x 27 km, 9 x 9 km y 3 x 3 km

respectivamente (Figura 1). El segundo dominio anidado circunscribe al Cantón Cuenca, y se conforma de una malla de 31 filas y 40 columnas, con celdas de 3 km de lado. Las condiciones iniciales y de contorno se generaron a partir de la base de datos de reanálisis meteorológicos globales (NCEP2) del National Center of Atmospheric Research (NCAR) e los Estados Unidos.

Las simulaciones se desarrollaron para los días 1 hasta 27 de cada mes. Se obtuvieron valores medios mensuales de parámetros

meteorológicos, mediante el promedio de todos los resultados horarios proporcionados por el modelo.

Este documento presenta los mapas mensuales obtenidos por simulación para los parámetros meteorológicos: temperatura en superficie, radiación solar global, dirección y velocidad del viento en superficie; así como de la altura de la capa de mezcla.

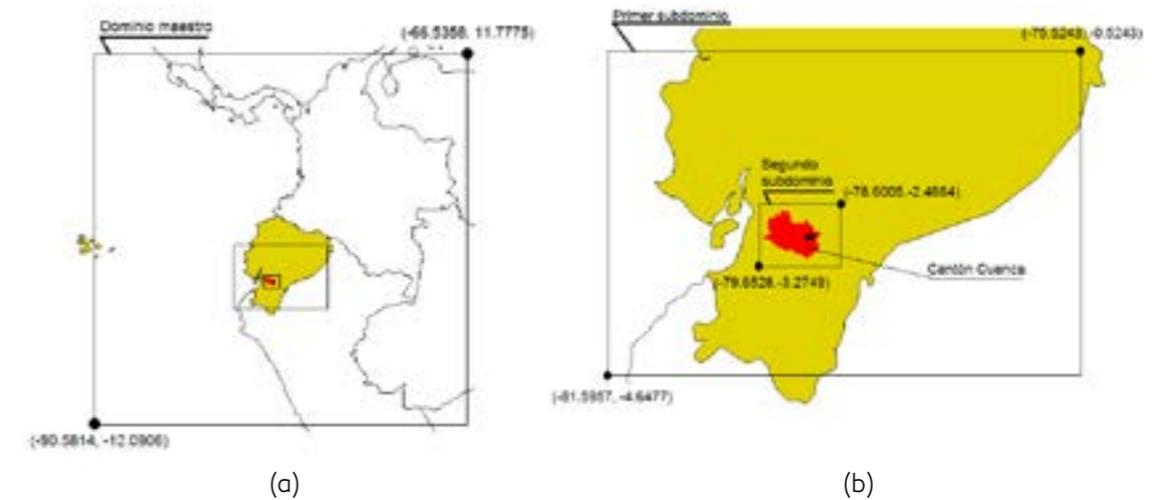


Figura E 1: Dominios de simulación para el Cantón Cuenca utilizando el modelo meteorológico Weather Research Forecasting (WRF) versión 3.7.1. (a) Dominio maestro (celdas de 27 km). (b) Subdominios anidados (celdas de 9 km para el primer subdominio, celdas de 3 km para el segundo subdominio)

Parámetro	Valores	Observaciones
Dominios (maestro. primer subdominio. segundo subdominio)		
e_we	100, 76, 40	Número de celdas horizontales
e_sn	100, 52, 31	Número de celdas verticales
e_vert	26, 26, 26	Número de niveles verticales
dx.	27 000, 9000, 3000	Dimensión horizontal de celda, m
dy	27 000, 9000, 3000	Dimensión vertical de celda, m
Parámetros físicos		
mp_physics	4	mp_physics
ra_lw_physics	4	ra_lw_physics
ra_sw_physics	4	ra_sw_physics
sf_sfclay_physics	91	sf_sfclay_physics
sf_surface_physics	1	sf_surface_physics
bl_pbl_physics	1	bl_pbl_physics
cu_physics	1	cu_physics

Tabla E 1: Parámetros de simulación meteorológica para el Cantón Cuenca.

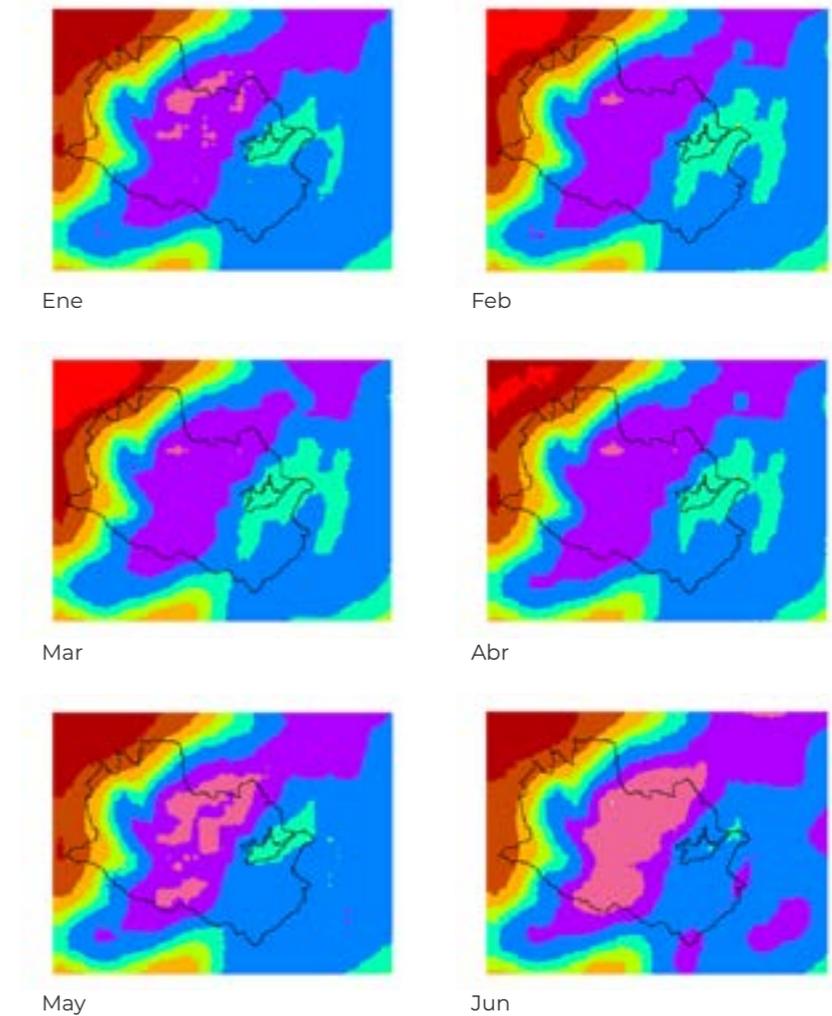
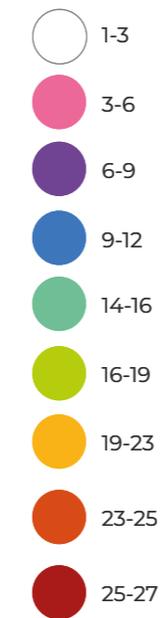


Figura E 2: Valor promedio de la temperatura en superficie (°C) . Enero – junio de 2019.

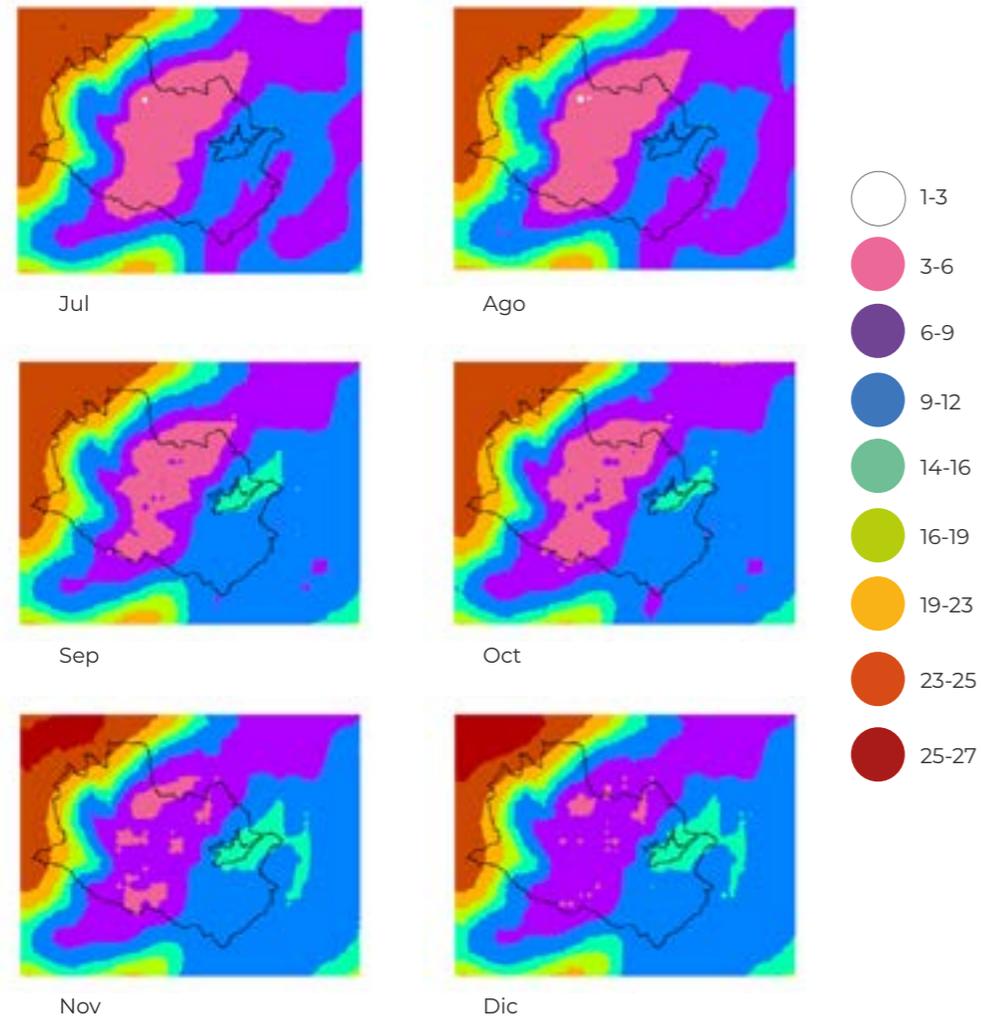


Tabla E 3: Valor promedio de la temperatura en superficie (°C). Julio – diciembre de 2019.

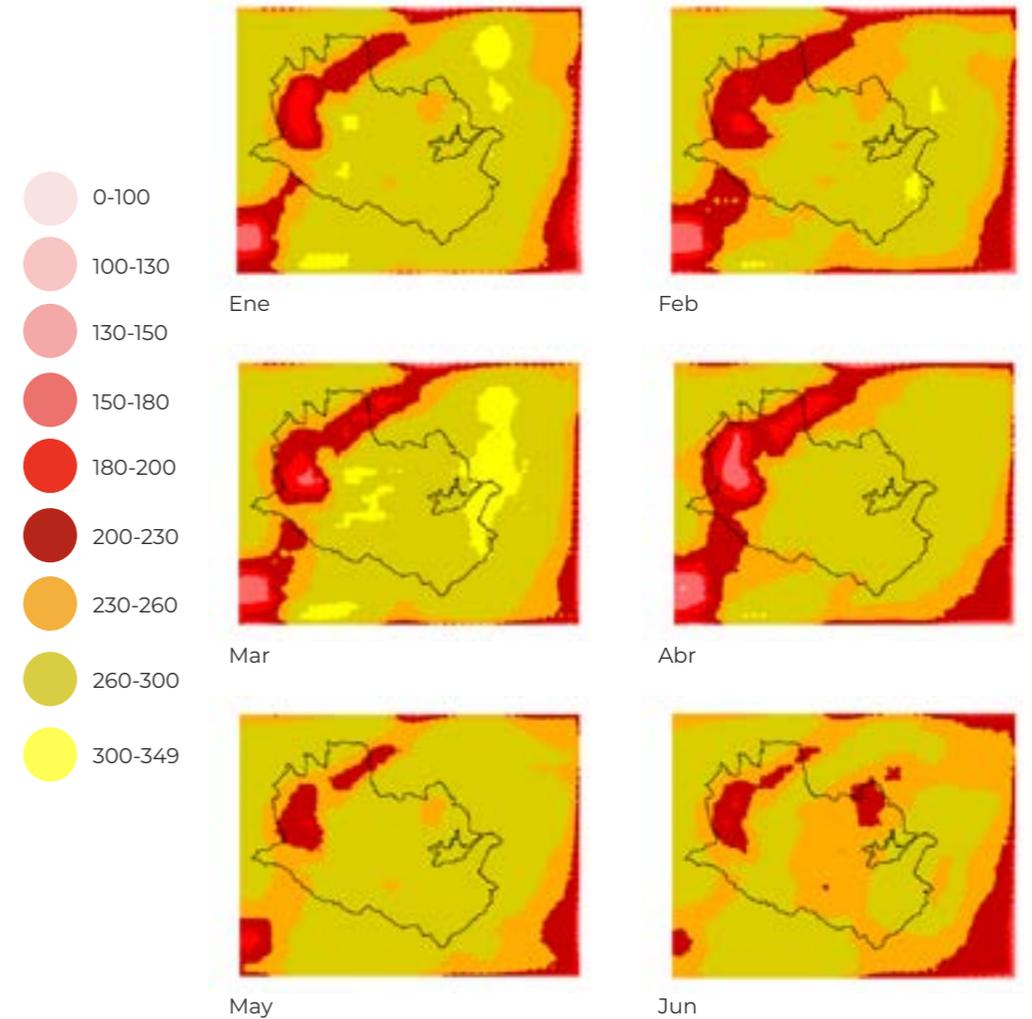


Figura E 4: Valor promedio de la radiación solar global en superficie (W/m²). Enero – junio de 2019.

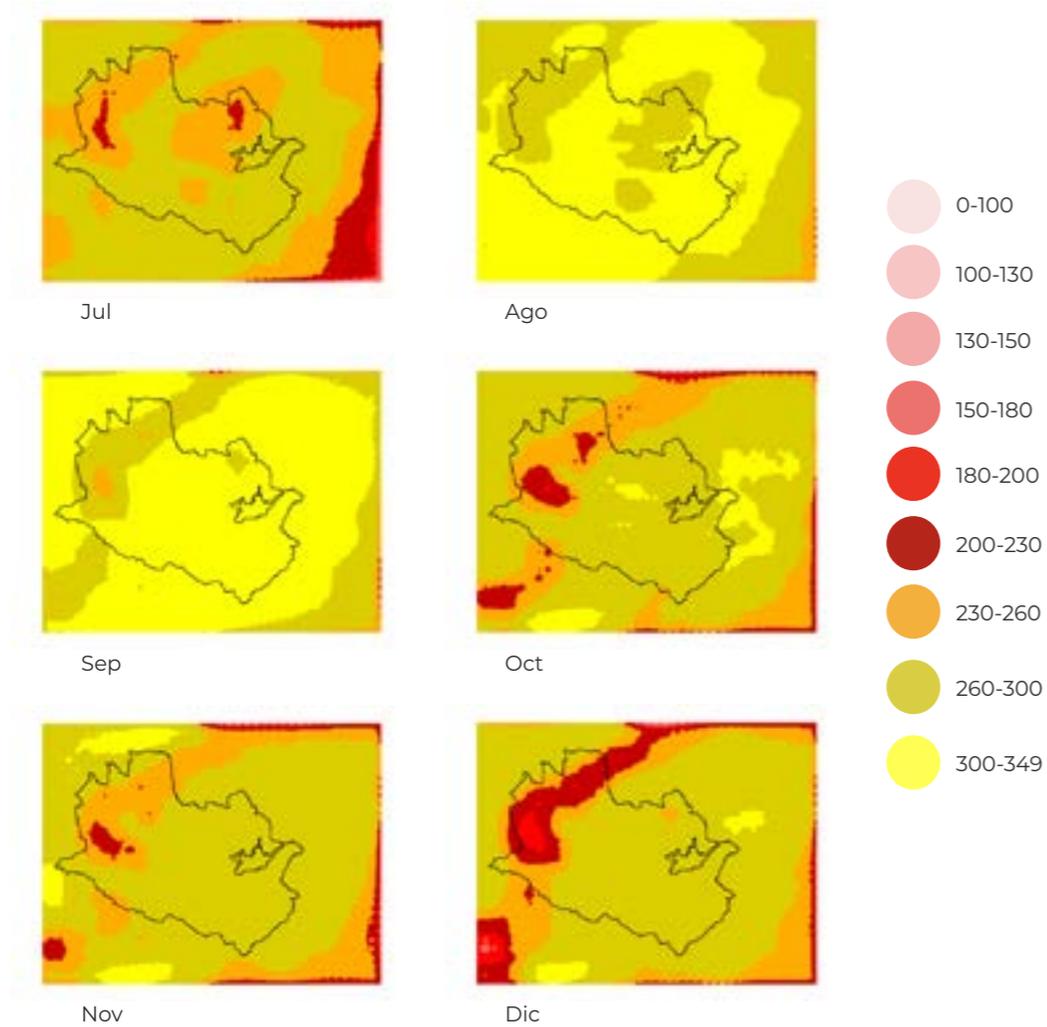


Tabla E 5: Valor promedio de la temperatura en superficie (°C). Julio – diciembre de 2019.

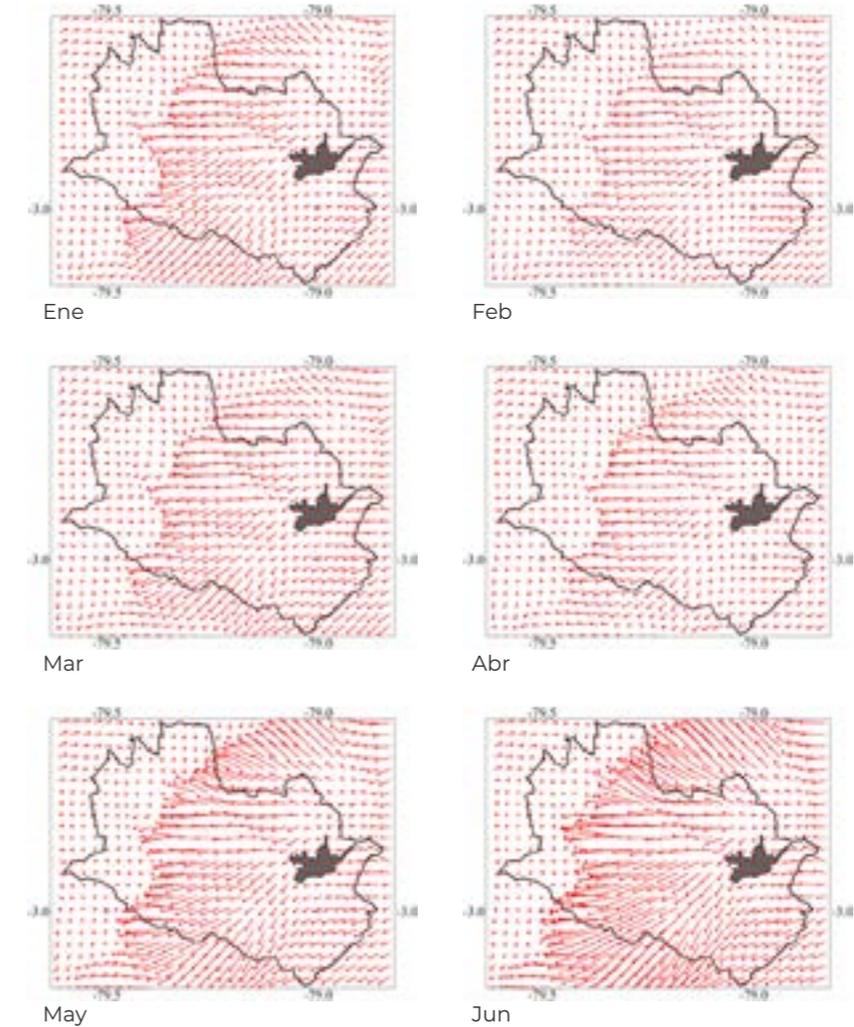


Figura E 6: Viento promedio en superficie (m/s). Enero – junio de 2019.

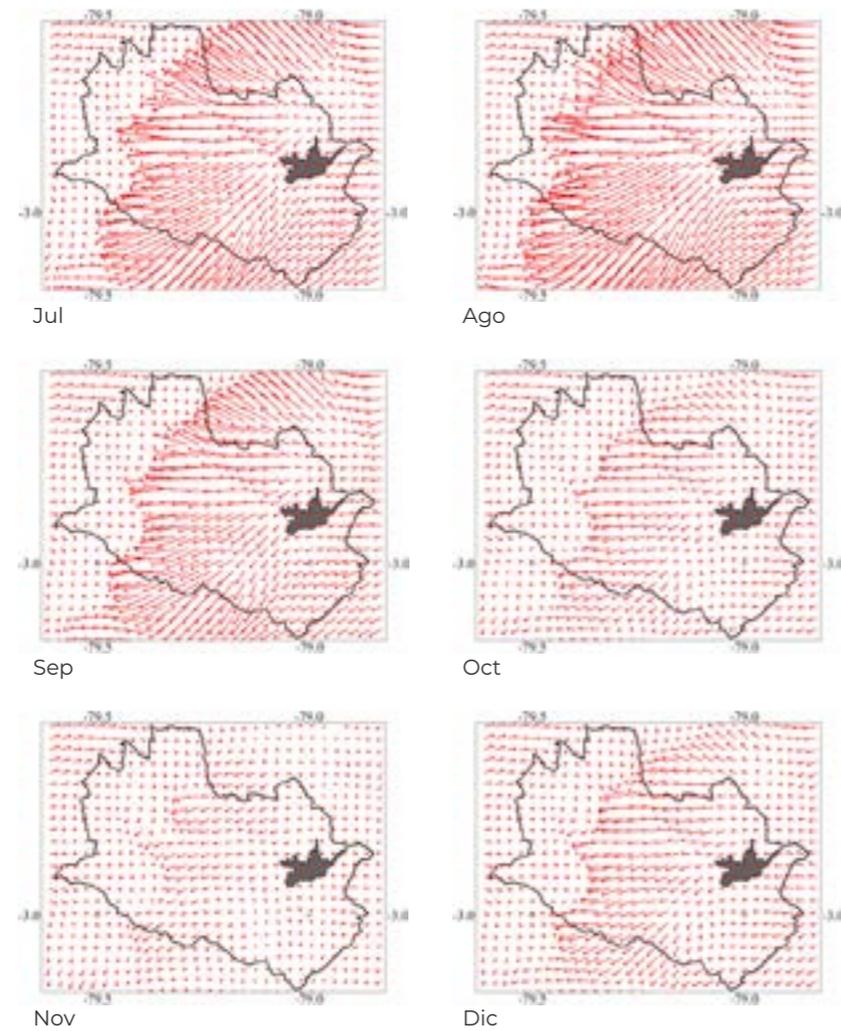


Figura E 7: Viento promedio en superficie (m/s). Julio – diciembre de 2019.

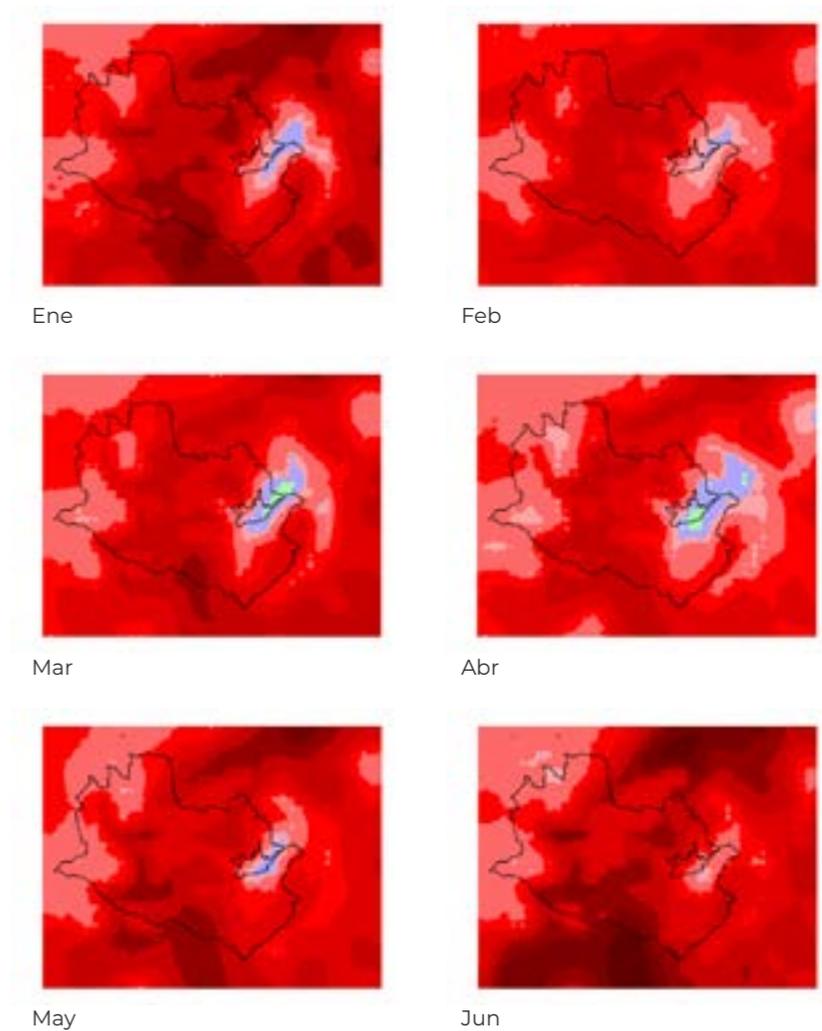
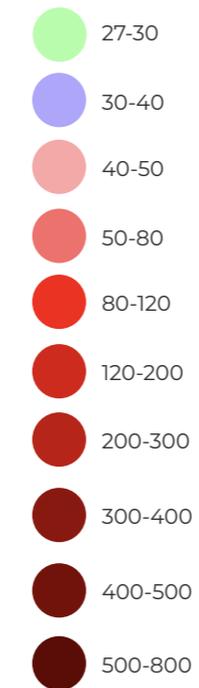


Figura E 4: Valor promedio de la altura de la capa de mezcla (m) para las 06h00. Enero – junio de 2019.

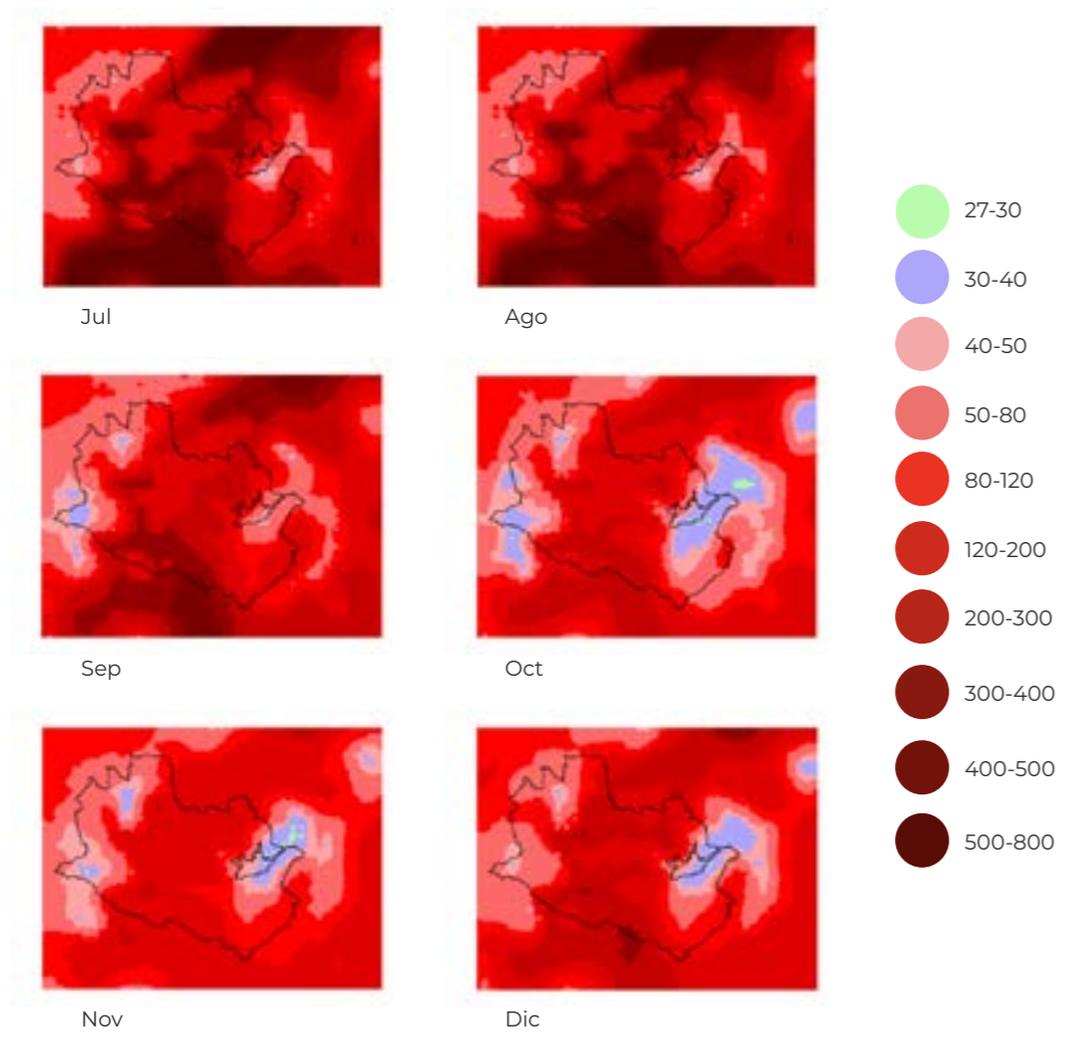


Tabla E 9: Valor promedio de la altura de la capa de mezcla (m) para las 06h00. Julio – diciembre de 2019.



