

INFORME DE CALIDAD

# AIRE

CUENCA | 2020



**cuenca**  
ALCALDÍA

**emov**



**cuenca**  
ALCALDÍA

INFORME DE CALIDAD  
**AIRE**  
CUENCA | 2020

# ÍNDICE

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                                                                        | 15 |
| <b>ANTECEDENTES</b>                                                                                        | 16 |
| <b>CONTAMINANTES DEL AIRE Y SUS EFECTOS EN LA SALUD</b>                                                    | 17 |
| Dióxido de nitrógeno. NO <sub>2</sub>                                                                      | 17 |
| El material particulado                                                                                    | 18 |
| Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )                                                                       | 19 |
| Monóxido de carbono (CO)                                                                                   | 19 |
| Compuestos orgánicos volátiles (COV)                                                                       | 20 |
| Ozono troposférico (O <sub>3</sub> )                                                                       | 21 |
| <b>DESCRIPCIÓN DE LA RED DE MONITOREO</b>                                                                  | 22 |
| Objetivos                                                                                                  | 29 |
| Representatividad de datos                                                                                 | 29 |
| Estaciones automáticas de calidad del aire                                                                 | 29 |
| Subredes activas, pasiva y de depósito                                                                     | 30 |
| Registros de Meteorología                                                                                  | 31 |
| <b>LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA</b>                                                          | 32 |
| Norma de Calidad del Aire Ambiente (NCAA)                                                                  | 35 |
| <b>ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL AÑO 2020</b>                                                        | 37 |
| Registros de la subred de depósito. Partículas sedimentables (PS)                                          | 39 |
| <b>REGISTROS DE LA RED ACTIVA. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (MP<sub>10</sub>)</b>                | 40 |
| Exposición a largo plazo                                                                                   | 40 |
| Exposición a corto plazo                                                                                   | 40 |
| <b>REGISTROS DE LOS SENSORES AUTOMÁTICOS DE MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2.5 MICRAS (MP<sub>2.5</sub>)</b> | 41 |
| Exposición a corto plazo                                                                                   | 41 |
| Exposición a largo plazo                                                                                   | 42 |
| <b>REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA MONÓXIDO DE CARBONO (CO)</b>                                        | 43 |



# ÍNDICE

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)</b>    | <b>44</b>  |
| Exposición a corto plazo                                                         | 44         |
| Exposición a largo plazo                                                         | 45         |
| <b>REGISTROS DE LA SUBRED PASIVA. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)</b>         | <b>46</b>  |
| <b>REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>)</b> | <b>48</b>  |
| Exposición a corto plazo                                                         | 48         |
| Exposición a largo plazo                                                         | 49         |
| <b>REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA. OZONO (O<sub>3</sub>)</b>                | <b>51</b>  |
| <b>REGISTROS DE LA SUBRED PASIVA. OZONO (O<sub>3</sub>)</b>                      | <b>52</b>  |
| <b>TENDENCIAS DE LAS CONCENTRACIONES MEDIAS ANUALES</b>                          | <b>54</b>  |
| <b>INFLUENCIA DE LA RESTRICCIÓN COVID-19 EN LA CALIDAD DEL AIRE DE CUENCA</b>    | <b>59</b>  |
| <b>CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA</b>                                           | <b>65</b>  |
| <b>CONCLUSIONES</b>                                                              | <b>69</b>  |
| <b>FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS</b>                              | <b>71</b>  |
| <b>REFERENCIAS</b>                                                               | <b>72</b>  |
| <b>ANEXO A</b>                                                                   | <b>74</b>  |
| <b>ANEXO B</b>                                                                   | <b>83</b>  |
| <b>ANEXO C</b>                                                                   | <b>96</b>  |
| <b>ANEXO D</b>                                                                   | <b>100</b> |
| <b>ANEXO E</b>                                                                   | <b>102</b> |
| <b>ANEXO F</b>                                                                   | <b>106</b> |

# ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1:</b> Código, dirección y contaminantes de las estaciones de monitoreo.                                                                                                                         | 25 |
| <b>Tabla 2:</b> Métodos de medición y sensores de la estación automática MUN.                                                                                                                             | 27 |
| <b>Tabla 3:</b> Métodos de medición y sensor de la estación automática CCA.                                                                                                                               | 27 |
| <b>Tabla 4:</b> Métodos de medición y sensores de la estación automática EIE.                                                                                                                             | 28 |
| <b>Tabla 5:</b> 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 | 28 |
| <b>Tabla 6:</b> 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 2020.                                              | 30 |
| <b>Tabla 7:</b> Número de vehículos que aprobaron la Revisión Técnica Vehicular en el cantón Cuenca durante el periodo 2008 – 2020.                                                                       | 34 |
| <b>Tabla 8:</b> Resumen de la Norma de Calidad del Aire Ambiente vigente desde el 4 de abril de 2011. Contaminantes no convencionales.                                                                    | 35 |
| <b>Tabla 9:</b> Resumen de la Norma de Calidad del Aire Ambiente vigente desde el 4 de abril de 2011. Contaminantes no convencionales                                                                     | 36 |
| <b>Tabla 10:</b> Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente (NCAA) y Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2000), (OMS, 2006).                                                     | 36 |
| <b>Tabla 11:</b> Concentraciones medias anuales de material particulado ( $MP_{10}$ ) del periodo 2008 - 2020 ( $\mu g/m^3$ ).                                                                            | 54 |
| <b>Tabla 12:</b> Concentraciones medias anuales de material particulado ( $MP_{2.5}$ ) del periodo 2008 - 2020 ( $\mu g/m^3$ ). EstaciónMUN.                                                              | 54 |
| <b>Tabla 13:</b> Concentraciones medias anuales de partículas sedimentables (PS) del periodo 2008 - 2020 ( $mg/cm^2$ durante 30 días).                                                                    | 55 |
| <b>Tabla 14:</b> Concentraciones medias anuales de dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) del periodo 2008 - 2020 ( $\mu g/m^3$ ).                                                                               | 56 |
| <b>Tabla 15:</b> Concentraciones medias anuales de dióxido de azufre ( $SO_2$ ) del periodo 2008 - 2020 ( $\mu g/m^3$ ).                                                                                  | 57 |
| <b>Tabla 16:</b> Concentraciones medias anuales de ozono ( $O_3$ ) del periodo 2008-2020 ( $\mu g/m^3$ ).                                                                                                 | 58 |

# ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> (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 2020 | 24 |
| <b>Figura 2:</b> Estación automática de calidad del aire y meteorología localizada en la estación MUN.                                                                | 26 |
| <b>Figura 3:</b> Dispositivos empleados en el muestreo pasivo de contaminantes gaseosos.                                                                              | 26 |
| <b>Figura 4:</b> Detalle del dispositivo de muestreo pasivo.                                                                                                          | 26 |
| <b>Figura 5:</b> Partículas sedimentables. Promedio anual por estación (mg/cm <sup>2</sup> durante 30 días). Año 2020                                                 | 37 |
| <b>Figura 6:</b> Concentraciones medias mensuales de partículas sedimentables (mg/cm <sup>2</sup> durante 30 días). Año 2020.                                         | 38 |
| <b>Figura 7:</b> Distribución espacial de la concentración media de partículas sedimentables para el año 2020 (mg/cm <sup>2</sup> durante 30 días).                   | 39 |
| <b>Figura 8:</b> Promedio anual de las concentraciones de MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020.                                                            | 40 |
| <b>Figura 9:</b> Concentraciones medias mensuales de MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020.                                                                 | 40 |
| <b>Figura 10:</b> Promedio durante 24 horas de las concentraciones de MP <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020. Estación MUN.                                 | 41 |
| <b>Figura 11:</b> Promedio durante 24 horas de las concentraciones de MP <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020. Estación CCA.                                 | 41 |
| <b>Figura 12:</b> Promedio durante 24 horas de las concentraciones de MP <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020. Estación EIE                                  | 42 |
| <b>Figura 13:</b> Promedio máximo horario de las concentraciones de CO (mg/m <sup>3</sup> ). Año 2020.                                                                | 43 |
| <b>Figura 14:</b> Promedio máximo octohorario de las concentraciones de CO (mg/m <sup>3</sup> ). Año 2020.                                                            | 43 |
| <b>Figura 15:</b> Promedio durante 10 min de las concentraciones de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Enero – junio de 2020.                                      | 44 |
| <b>Figura 16:</b> Promedio durante 10 min de las concentraciones de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Julio – diciembre de 2020.                                  | 44 |
| <b>Figura 17:</b> Promedio durante 24 horas de las concentraciones de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020.                                                 | 45 |
| <b>Figura 18:</b> Dióxido de azufre. Promedio anual por estación (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020.                                                                      | 46 |
| <b>Figura 19:</b> Concentraciones medias mensuales de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020                                                                  | 46 |
| <b>Figura 20:</b> Distribución espacial de la concentración media de SO <sub>2</sub> para el año 2020 (µg/m <sup>3</sup> ).                                           | 47 |
| <b>Figura 21:</b> Promedio máximo horario de las concentraciones de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020.                                                   | 48 |
| <b>Figura 22:</b> Dióxido de nitrógeno. Promedio anual por estación (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020.                                                                   | 49 |
| <b>Figura 23:</b> Concentraciones medias mensuales de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020.                                                                 | 49 |
| <b>Figura 24:</b> Distribución espacial de la concentración media de NO <sub>2</sub> para el año 2020 (µg/m <sup>3</sup> ).                                           | 50 |
| <b>Figura 25:</b> Promedio octohorario máximo por día de las concentraciones de O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ). Año 2020.                                        | 51 |

# ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 26:</b> Ozono. Promedio anual por estación ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Año 2020.                                                                                                                                                                                                                        | 52 |
| <b>Figura 27:</b> Concentraciones medias mensuales de $\text{O}_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Año 2020.                                                                                                                                                                                                          | 52 |
| <b>Figura 28:</b> Distribución espacial de la concentración media de $\text{O}_3$ para el año 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).                                                                                                                                                                                    | 53 |
| <b>Figura 29:</b> Calidad del aire en Cuenca (estación MUN) entre el 1 de enero y 16 de mayo de 2020: (a) CO (Promedio máximo horario), (b) $\text{NO}_2$ (Promedio máximo horario), (c) $\text{MP}_{2.5}$ (Promedio diario) y (d) $\text{O}_3$ (Promedio máximo octohorario)                                       | 60 |
| <b>Figura 30:</b> Concentración diaria de $\text{O}_3$ (promedio máximo octohorario) desde 2015 hasta 2020                                                                                                                                                                                                          | 61 |
| <b>Figura 31:</b> Estadística de la calidad del aire en Cuenca (estación MUN) entre el 17 de marzo y 16 de mayo, desde 2015 hasta 2020: (a) CO (Promedio máximo octohorario), (b) $\text{NO}_2$ (Promedio máximo horario), (c) $\text{MP}_{2.5}$ (Promedio diario) y (d) $\text{O}_3$ (Promedio máximo octohorario) | 62 |
| <b>Figura 32:</b> Concentración de $\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.                                                                                                            | 62 |
| <b>Figura 33:</b> Concentración de $\text{O}_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y radiación solar global ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.                                                                                               | 63 |
| <b>Figura 34:</b> Concentración de $\text{MP}_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.                                                                                                        | 65 |
| <b>Figura 35:</b> Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y radiación solar global ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) horarias para los días.                                                                                                                                                                                     | 66 |
| <b>Figura 36:</b> Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y humedad relativa (%) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.                                                                                                    | 67 |
| <b>Figura 37:</b> Concentración de $\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y radiación solar global ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.                                                                                              | 67 |
| <b>Figura 38:</b> Concentración de radiación solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) y velocidad del viento ( $\text{m}/\text{s}$ ) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.                                                                                                   | 68 |





Uno de los ejes fundamentales de trabajo durante esta Administración Municipal, es el cuidado del medio ambiente, para lo cual la articulación entre direcciones, empresas y entidades adscritas a la Alcaldía de Cuenca, es fundamental para el cumplimiento de parámetros adecuados en los índices de la calidad de aire que respiramos los cuencanos.

A través de la EMOV EP realizamos importantes esfuerzos para mantener y mejorar cada una de las acciones implementadas para salvaguardar la salud quienes habitamos en este cantón.

En esta línea y en el contexto de la pandemia COVID-19, se ejecutó acciones estratégicas con la

finalidad de mitigar el riesgo de contagio, cumpliendo con las ordenanzas locales y resoluciones del COE Cantonal, disminuyendo de esta manera la exposición de la ciudadanía a este virus que forjó cambios trascendentales en Cuenca y el mundo.

Pese de todos los imprevistos suscitados durante el 2020, priorizando la salud de los cuencanos, ejecutamos todas las actividades encaminadas al Monitoreo de la Calidad del Aire.

El Monitoreo de la Calidad del Aire que respiramos juega un papel importante para obtener información sobre el comportamiento del tráfico vehicular durante los diferentes estados de excepción,

confinamientos y restricciones de movilidad en la pandemia, observando que durante estos periodos la contaminación del aire disminuyó considerablemente.

Este tiempo de pandemia ha sido difícil para todos. La pérdida de seres queridos, las limitaciones de movilidad, la crisis económica y social que hemos vivido nos lleva a meditar sobre las acciones que perjudican al medio ambiente y a tomar medidas eficientes, inmediatas para garantizar la calidad del aire que respiramos.

Saldremos adelante, Cuenca Unida ante las adversidades.

Ing. Pedro Palacios  
**ALCALDE DE CUENCA**







El 2020 fue un año atípico, marcado por el cuidado de la salud de nuestros seres queridos y de las personas vulnerables. Nuestros esfuerzos se han enmarcado en la seguridad vial de la ciudad, cumpliendo con todas las resoluciones locales y nacionales para el efecto. Hemos realizado operativos constantes para controlar la movilidad y disminuir el riesgo de contagio desde nuestras competencias dentro del cantón.

Las restricciones vehiculares durante la pandemia fueron medidas que trajeron consecuencias tanto positivas como negativas, pero nos permitieron comprender la verdadera implicación que tiene el tráfico vehicular en la contaminación del aire ambiente. Así, la Red de Monitoreo de Calidad del Aire realiza las mediciones respectivas para conocer el estado de la contaminación del aire que respiramos, sin descanso en sus labores, trabajando

durante el confinamiento con el fin de asegurar la calidad de la información entregada y cumplir con todas las medidas de bioseguridad para sus colaboradores.

La EMOV EP cuenta con una Red de Monitoreo de Calidad del Aire que posee 20 estaciones pasivas en diferentes sectores de Cuenca, las cuales entregan información sobre la calidad del aire del cantón. Además, cuenta con tres estaciones automáticas que entregan datos en tiempo real de contaminantes criterio y variables meteorológicas, con el objetivo de dar 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.

Como EMOV EP nos enorgullecemos en presentar el Informe de Calidad del Aire del año 2020 a la ciudadanía.

Agradecemos a 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.

Juan Aguirre Benalcázar  
**GERENTE GENERAL EMOV EP**







# INTRODUCCIÓN

El monitoreo atmosférico es clave en la gestión de la calidad del aire, cuyo deterioro afecta a la salud pública. La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2010), estimó que por esta causa en el Ecuador fallecen 500 personas cada año.

En sintonía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2021), 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, que permitan 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 opera una estación automática instalada en el Centro Histórico. Esta infraestructura registra en tiempo real los niveles de contaminación atmosférica y los principales parámetros meteorológicos.

Desde junio de 2016, la Red de Monitoreo opera un sensor automático de material particulado fino ( $MP_{2.5}$ ), 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.

Desde julio de 2020, la Red de Monitoreo opera un sensor automático de  $MP_{2.5}$ , localizado en la estación de la Escuela Ignacio Escandón, que registra las concentraciones de este contaminante, al suroeste del Centro Histórico de Cuenca.

Los 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. En su implementación y funcionamiento, ha sido clave el apoyo del Ministerio de Ambiente y de 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 2020, 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).



# ANTECEDENTES

La Red de Monitoreo de la Calidad del Aire opera desde el año 2008. 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 EMOV-EP.

# CONTAMINANTES DEL AIRE Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

## DIÓXIDO DE NITRÓGENO. $\text{NO}_2$

El óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) es un gas incoloro que se genera por la combinación entre el nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) del aire, principalmente en los procesos de combustión; y en menor grado por la oxidación del nitrógeno de los combustibles. El dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), que se forma principalmente por la oxidación del  $\text{NO}$ , 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” ( $\text{NO}_x$ ) para denominar la suma de  $\text{NO}$  y  $\text{NO}_2$ . Los  $\text{NO}_x$  participan en la formación del ozono troposférico cuando reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles, en presencia de radiación solar. Las emisiones más importantes de  $\text{NO}_x$  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  $\text{NO}_x$  se hidratan en la atmósfera y forman ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), compuesto que se arrastra

con la lluvia o se deposita por acción de la gravedad, formando parte de la lluvia o deposición ácida. Los  $\text{NO}_x$  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,  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_2$ . 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  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{10}$ ). Las emisiones de  $\text{MP}_{10}$  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. Las erupciones volcánicas generan también emisiones de ceniza, con contribuciones importantes de  $\text{MP}_{10}$ .

Se definen como partículas finas aquellas con diámetro menor  $2.5 \mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{2.5}$ ). Éstas 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  $\text{MP}_{2.5}$  forma parte del  $\text{MP}_{10}$ . El  $\text{MP}_{10}$  puede llegar hasta las vías respiratorias bajas, en tanto que el  $\text{MP}_{2.5}$  puede penetrar hasta las zonas de intercambio de gases del pulmón. El  $\text{MP}_{2.5}$  es un contaminante cancerígeno.

Aunque se consideraba que la contaminación del aire afectaba principalmente a los pulmones y sistema cardiovascular, la literatura reciente indica daños en el cerebro, promoviendo la enfermedad de Alzheimer y efectos en el desempeño cognitivo, conductual y académico (Cacciottolo et al., 2017; Calderón et al., 2018; Astin et al., 2019). En términos de efectos cerebrales, El material particulado es el componente de la contaminación del aire que parece ser el más preocupante (Peeples, 2020).

## DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)

El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro, no inflamable y no explosivo que produce una sensación gustatoria a concentraciones entre 260 a 860 µg/m<sup>3</sup>. 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 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 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 concentración 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 (O<sub>3</sub>)

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 O<sub>3</sub> 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 O<sub>3</sub> 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/m<sup>3</sup> pueden irritar los ojos, nariz y garganta. La población más sensible corresponde a las personas que sufren asma, bronquitis crónica y enfisema. El O<sub>3</sub> afecta el normal desarrollo y crecimiento de

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

V  
El O<sub>3</sub> troposférico de origen antropogénico, es un contaminante secundario que se produce principalmente por las reacciones entre los NO<sub>x</sub> y COV en presencia de radiación solar.

La distribución espacial y temporal del O<sub>3</sub> 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 O<sub>3</sub> son complejos.

El O<sub>3</sub> reacciona con el óxido nitroso (NO). En el centro de las grandes ciudades, especialmente en las noches, puede haber menores concentraciones de O<sub>3</sub>, 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, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y MP<sub>2.5</sub>. 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<sub>2.5</sub> (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.

- Desde el 9 de julio de 2020, opera un sensor automático de MP<sub>2.5</sub> en la estación de la Escuela Ignacio Escandón (EIE, Figura 1). Adicionalmente registra los valores de la velocidad y dirección del viento.

- Una subred pasiva de muestreo de contaminantes gaseosos en las 19 estaciones (Figura 1). Mide las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en muestras expuestas de 10 a 12 días consecutivos, dos veces por mes; de ozono (O<sub>3</sub>) en muestras expuestas 10 a 12 días consecutivos, dos veces por mes; dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), 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 ( $MP_{10}$ ), 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  $MP_{10}$ .

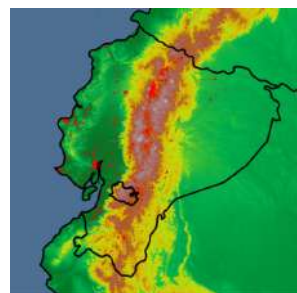
La Tabla 2 presenta los métodos de medición y sensores de la estación automática de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Cuenca.

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.

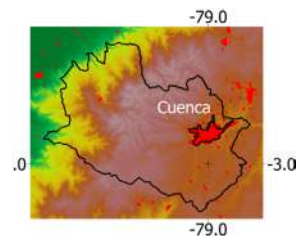
## UBICACIÓN DEL CANTÓN CUENCA



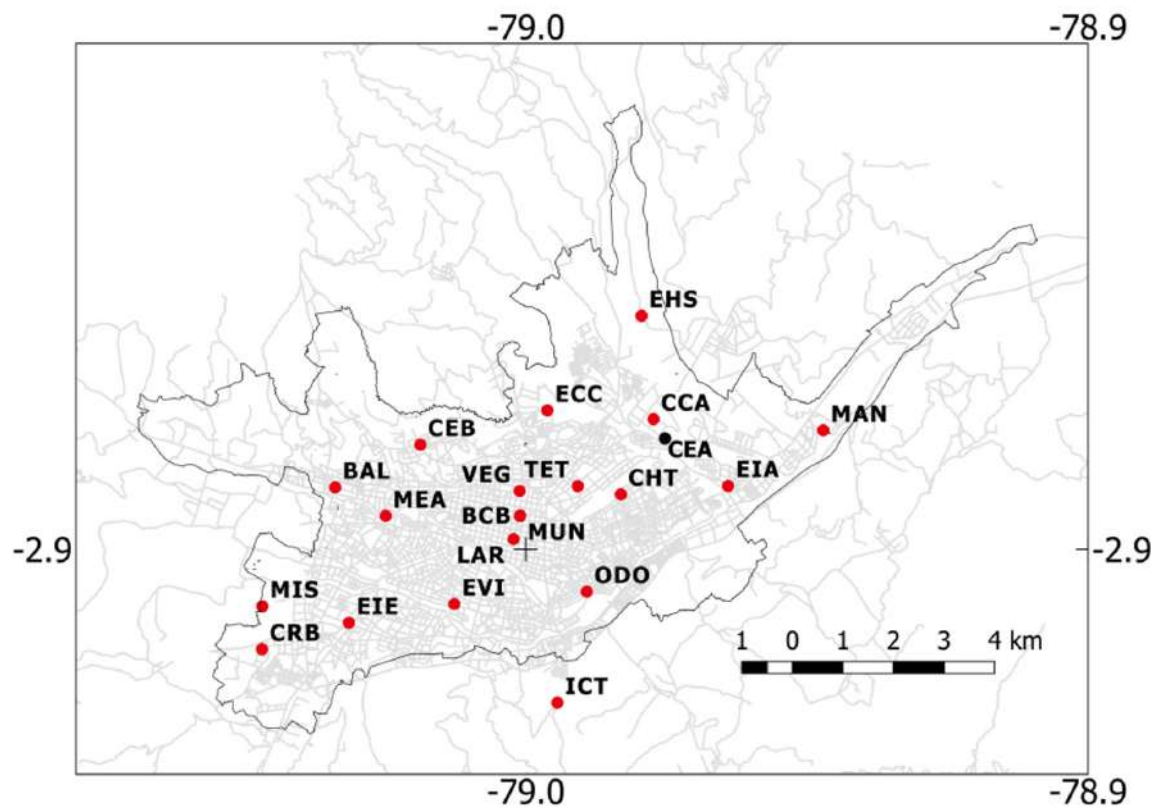
(a) Ubicación de Ecuador en Sudamérica



(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

**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 2020

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

**Tabla 1:**  
Código, dirección y contaminantes de las estaciones de monitoreo





**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 4:**  
Detalle del dispositivo de muestreo pasivo

| CALIDAD DEL AIRE                              |                                                                                             |                  |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Contaminante                                  | Método                                                                                      | Marca/modelo     |
| Monóxido de carbono (CO)                      | Absorción de radiación infrarroja no dispersiva<br>USEPA Método de referencia EQOA-0992-087 | Teledyne. M300E  |
| óxido de azufre (SO <sub>2</sub> )            | Fluorescencia por radiación ultravioleta<br>USEPA Método de referencia EQSA-0495-100        | Teledyne. M100E  |
| óxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )         | Quimiluminiscencia<br>USEPA Método de referencia EQOA-0992-087                              | Teledyne. M200E  |
| aterial particulado fino (MP <sub>2.5</sub> ) | Atenuación de rayos beta USEPA Método equivalente EQPM-0308-170                             | Met One BAM-1020 |
| Ozono (O <sub>3</sub> )                       | Absorción de radiación ultravioleta<br>USEPA Método equivalente EQOA-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 MUN.  
Cuenca. Año 2020

| CALIDAD DEL AIRE                               |                                                                 |                  |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|
| Contaminante                                   | Método                                                          | Marca/modelo     |
| Material particulado fino (MP <sub>2.5</sub> ) | Atenuación de rayos beta USEPA Método equivalente EQPM-0308-170 | Met One BAM-1020 |

**Tabla3:**  
Métodos de medición y sensor de la estación automática CCA.  
Cuenca. Año 2020

| CALIDAD DEL AIRE                               |                           |              |
|------------------------------------------------|---------------------------|--------------|
| Contaminante                                   | Método                    | Marca/modelo |
| Material particulado fino (MP <sub>2.5</sub> ) | Método estándar ISO 10473 | Envea        |
| Meteorología                                   |                           |              |
| Parámetro                                      | Sensor                    |              |
| Velocidad y dirección del viento               | Met One 034B              |              |

Tabla4:  
Métodos de medición y sensores de la estación automática EIE.  
Cuenca. Año 2020

| CONTAMINANTE                                   | PUNTOS DE VIGILANCIA | MÉTODO                                                                                          | MARCA/MODELO                                         |
|------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )           | 19                   | Difusión pasiva; extracción y análisis por cromatografía iónica                                 | Metrohm 861 Advanced Compact IC.                     |
| Ozono (O <sub>3</sub> )                        | 17                   | Difusión pasiva;es pectrofotometríaU Vv isible (reacciónde c olor MBTH. longitud de onda 442nm) | Thermo Scientific GENESIS 20                         |
| Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )        | 19                   | Difusión pasiva;es pectrofotometríaU Vv isible (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 <sub>10</sub> )       | 3                    | Gravimétrico empleando muestreador de alto volumen (Referencia EPA 40CFR50. Apéndice J).        | THERMO. HY-VOL MPI0. Balanza Sartorius /LA 130S-F.   |
| Benceno, tolueno, etilbenceno y xilinos (BTEX) | 19                   | Difusión pasiva.ex tracción ns olventesya nálisis por cromatografía de gases                    | Shimatzu /GC 17ª                                     |

Tabla 5:  
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 2020

## 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 (por ejemplo Parra, 2017-2018; Parra and Espinoza, 2020).
- 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 2020 la cobertura temporal por contaminante de la estación MUN, fue la siguiente:

CO (97.8%), SO<sub>2</sub> (91.5%), O<sub>3</sub> (98.6%), MP<sub>2.5</sub> (94.0%) y NO<sub>2</sub> (97.8%).

El sensor automático de MP<sub>2.5</sub> de la estación CCA tuvo una cobertura de 94.3%.

El sensor automático de MP<sub>2.5</sub> de la estación EIE tuvo una cobertura de 48.1%.

El Anexo A incluye las concentraciones procesadas en base a los registros de las estaciones automáticas.

## 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 (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y Partículas Sedimentables (PS); para los promedios mensuales y anuales se necesita por lo menos de 2/3 del total período, con registros válidos.

La restricción vehicular para combatir la propagación del COVID-19, entre el 17 de marzo hasta el 16 de mayo de 2021 (Parra and Espinoza, 2020), afectó

principalmente el monitoreo de las subredes activa, pasiva y de depósito, cuya cobertura varió entre 66 y 91% (Tabla 6).

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

| CONTAMINANTE                             | COBERTURA (%) * | NÚMERO DE MUESTRAS POR AÑO |
|------------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Material particulado (MP <sub>10</sub> ) | 89.6            | 184                        |
| Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )     | 82.4            | 168                        |
| Ozono (O <sub>3</sub> )                  | 90.8            | 207                        |
| Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )  | 65.8            | 228                        |
| Partículas sedimentables (PS)            | 81.9            | 167                        |

(\*) 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 6:**  
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 2020

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





## REGISTROS DE METEOROLOGÍA

La cobertura de registros de las variables meteorológicas en la estación MUN varió 95.2 y 100%. El Anexo C presenta el procesamiento de los registros meteorológicos obtenidos durante 2020.

La estación EIE registra desde el 9 de julio de 2020, la dirección y velocidad del viento. La cobertura de registros del año 2020 fue del

48.1%. El Anexo D presenta el procesamiento de los registros de velocidad del viento.

El Anexo E incluye el procesamiento de registros del año 2020 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, 2020). 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. EIE y CEA, son consistentes.

# 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 (NO<sub>x</sub>):** 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 (SO<sub>2</sub>):** industrias 60.4%, térmicas 35.1%.

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

**Material particulado (MP<sub>10</sub>):** tráfico vehicular 55.6%, ladrilleras artesanales 24.6%.

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. En el año 2020, 82 351 vehículos se presentaron a la RTV. Esta cantidad es menor al número

de vehículos que se presentaron en los años 2010 hasta 2019 (Tabla 7). 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. Adicionalmente, es probable que la restricción vehicular para controlar el contagio del COVID-19 haya incidido en una menor cantidad de vehículos revisados durante el año 2020, en comparación con el año 2019.





| 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    |
| 2020 | 82.351    |

**Tabla 7:**  
Número de vehículos que aprobaron la Revisión Técnica Vehicular en el cantón Cuenca durante el período  
2008 – 2020

## NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE (NCAA)

La NCAA fue actualizada mediante el acuerdo No. 050 del Ministerio de Ambiente. Las concentraciones límite (Tablas 8 y 9) están en vigencia desde el 4 de abril de 2011.

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

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

**Tabla 8:**  
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 <sup>3</sup> | Anual                |
| Cadmio                        | 5x10 <sup>-3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | Anual                |
| Mercurio inorgánico (vapores) | 1                  | µg/m <sup>3</sup> | Anual                |

Tabla 9:

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<br>µg/m <sup>3</sup> | OMS 2000<br>µg/m <sup>3</sup> | OMS 2005 µg/m <sup>3</sup> |                    |                    |      |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|------|
|                           |                           |                               | IT- 1 <sup>a</sup>         | IT- 2 <sup>a</sup> | IT- 3 <sup>a</sup> | Guía |
| MP <sub>2.5</sub> (24 h)  | 50                        |                               | 75                         | 50                 | 37.5               | 25   |
| MP <sub>2.5</sub> (anual) | 15                        |                               | 35                         | 25                 | 15                 | 10   |
| MP <sub>10</sub> (24 h)   | 100                       |                               | 150                        | 100                | 75                 | 50   |
| MP <sub>10</sub> (anual)  | 50                        |                               | 70                         | 50                 | 30                 | 20   |
| SO <sub>2</sub> (24 h)    | 125                       | 125                           | 125                        | 50                 |                    | 20   |
| SO <sub>2</sub> (anual)   | 60                        | 50                            |                            |                    |                    |      |
| CO (1 h)                  | 30 000                    | 30 000                        |                            |                    |                    | 30   |
| CO (8 h)                  | 10 000                    | 10 000                        |                            |                    |                    | 10   |
| O <sub>3</sub> (8 h)      | 100                       | 120                           |                            |                    |                    | 100  |
| NO <sub>2</sub> (1 h)     | 200                       |                               |                            |                    |                    | 200  |
| NO <sub>2</sub> (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.

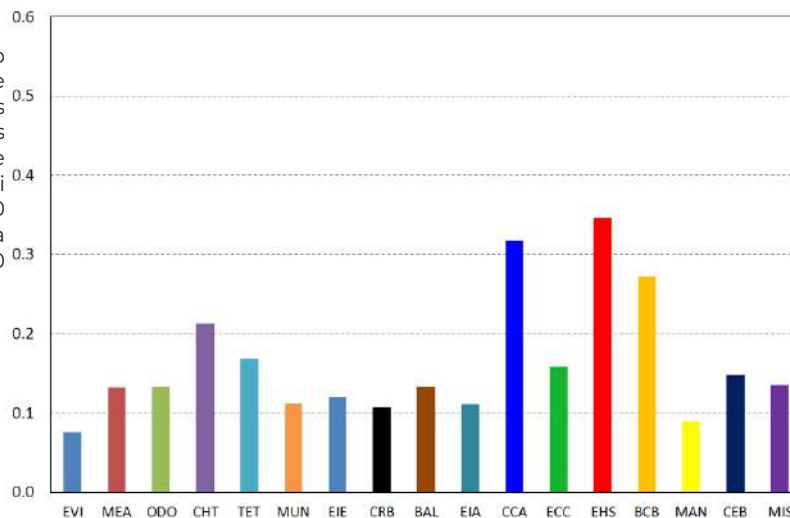
Tabla 10:

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 2020

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

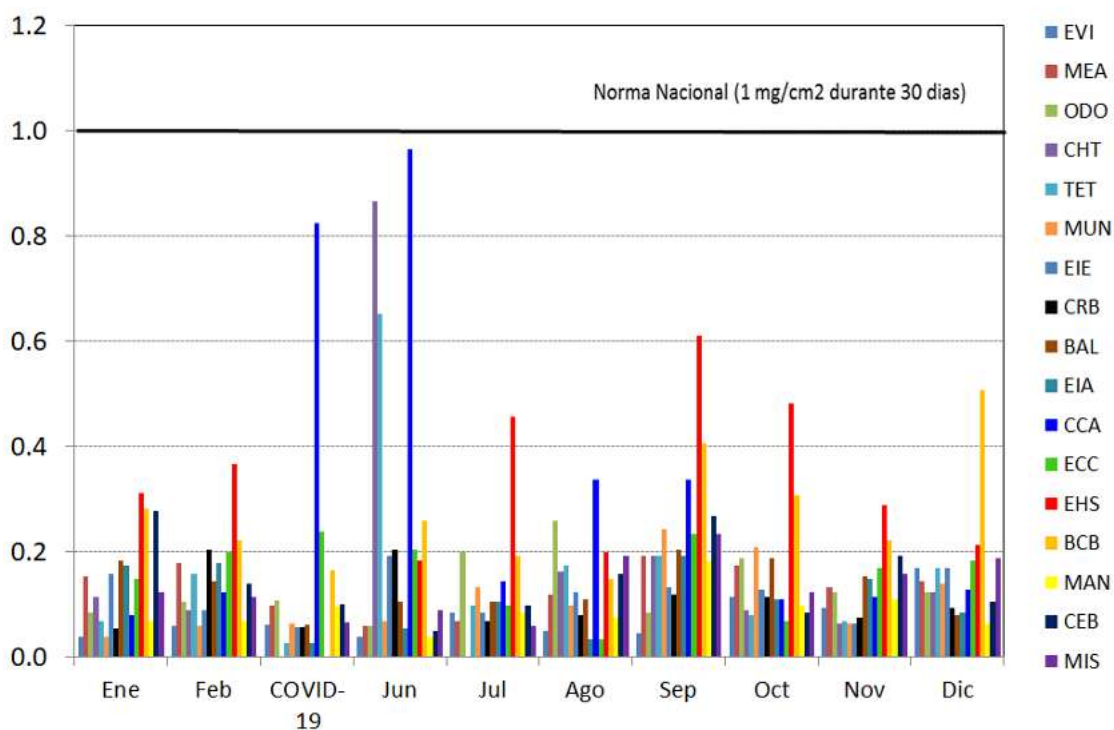
La Figura 5 presenta el promedio anual de la concentración de partículas sedimentables. Las concentraciones más altas corresponden a las estaciones de la Escuela Hernán Sempertegui (CCA, 0.35 mg/cm<sup>2</sup> durante 30 días) y Colegio Carlos Arízaga (CCA, 0.32 mg/cm<sup>2</sup> durante 30 días).



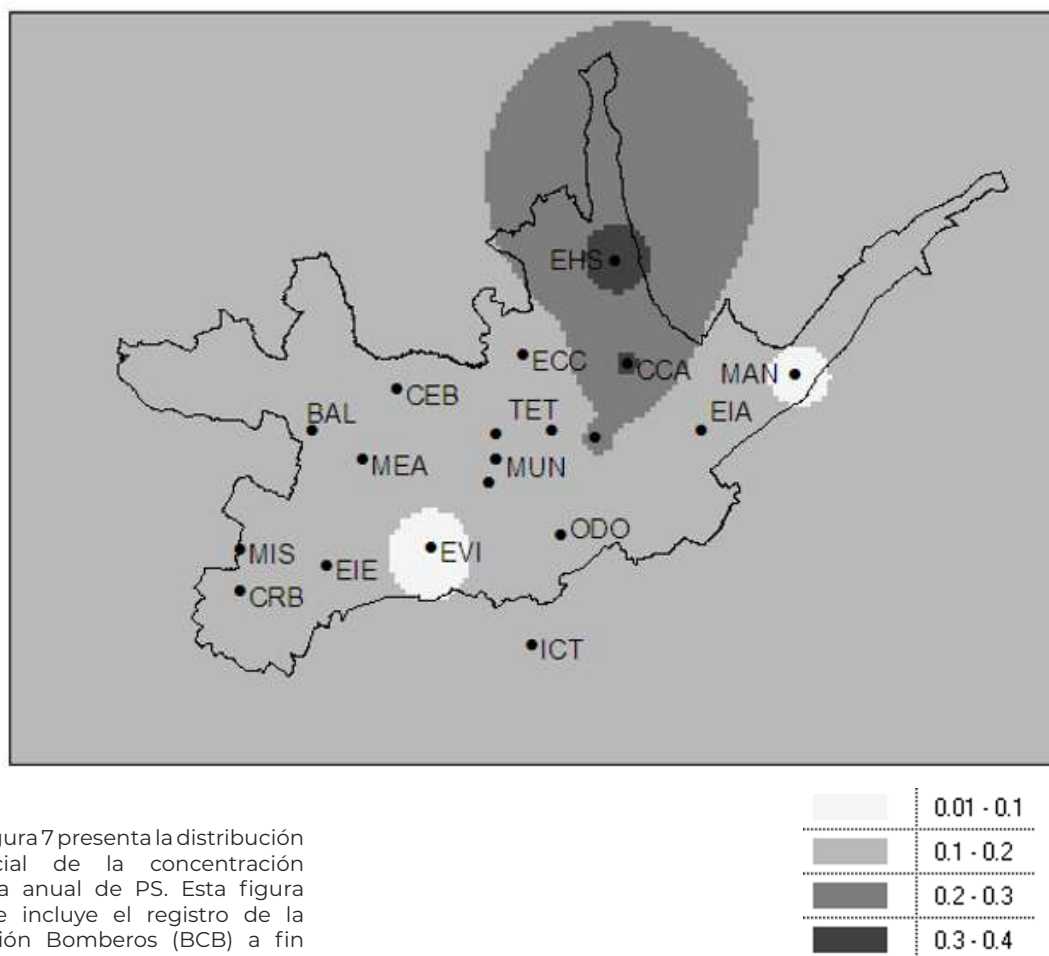
**Figura 5:**

Partículas sedimentables. Promedio anual por estación (mg/cm<sup>2</sup> durante 30 días). Año 2020.

La Figura 6 indica las concentraciones mensuales de partículas sedimentables. Los valores del periodo COVID-19, presenta valores escalados para 30 días, en función de los registros de marzo, abril y mayo. Todas las concentraciones fueron menores al valor establecido en la NCAA (1.0 mg/cm<sup>2</sup> durante 30 días).



**Figura 6:**  
Concentraciones medias mensuales de partículas sedimentables (mg/cm<sup>2</sup> durante 30 días). Año 2020.



La Figura 7 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 7:**

Distribución espacial de la concentración media de partículas sedimentables para el año 2020 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$  durante 30 días).

## REGISTROS DE LA RED ACTIVA. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (MP<sub>10</sub>)

### EXPOSICIÓN A LARGO PLAZO

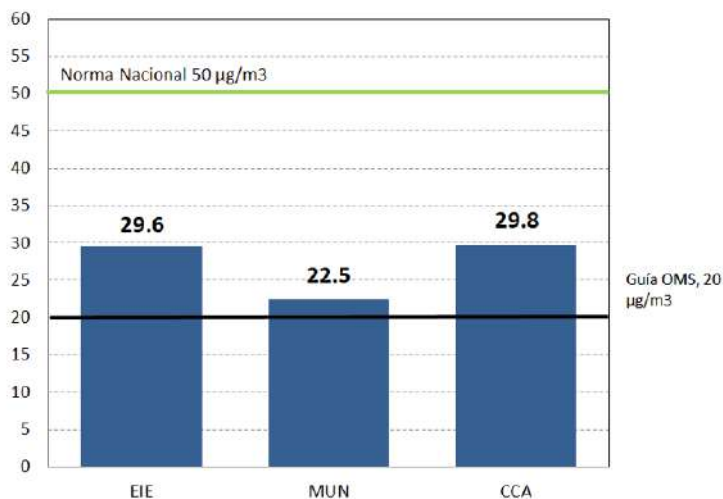
La Figura 8 indica el promedio anual de MP<sub>10</sub>. En la estación del Colegio Carlos Arízaga (CCA, ubicada al norte de la ciudad, a 300 m del parque industrial) se registró una concentración de 29.8 µg/m<sup>3</sup>. En las estaciones Municipio (MUN) y Escuela Ignacio Escandón (EIE) se registraron concentraciones de 22.5 y 29.6 µg/m<sup>3</sup> respectivamente. En las tres estaciones, las concentraciones fueron menores al nivel de la NCAA (50 µg/m<sup>3</sup>); aunque se superó el valor guía de la OMS (20 µg/m<sup>3</sup>).

La Figura 9 indica los promedios mensuales de MP<sub>10</sub>. Las concentraciones variaron entre 16.9 y 37.1 µg/m<sup>3</sup>.

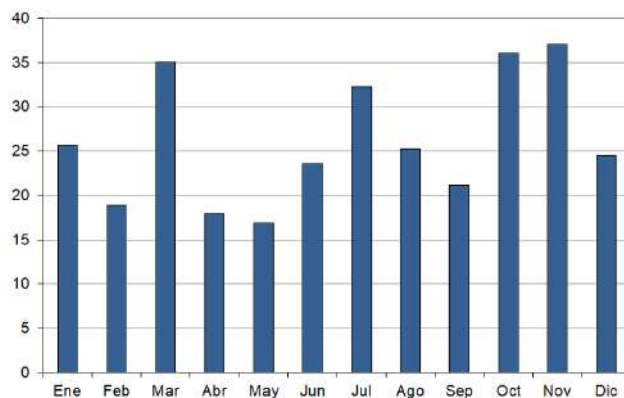
### EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO

Durante el año 2020 se registraron 4 superaciones del valor guía de la OMS en 24 horas (50 µg/m<sup>3</sup>). El 50%, 50% y 0% de estas superaciones se registraron en las estaciones CCA, EIE y MUN respectivamente.

En ninguna de las 3 estaciones que registran MP<sub>10</sub>, se superó la concentración de la NCAA establecida como promedio en 24 horas (100 µg/m<sup>3</sup>).



**La Figura 8**  
Promedio anual de las concentraciones de MP<sub>10</sub> (µg/m³). Año 2020.



**Figura 9:**  
Concentraciones medias mensuales de MP<sub>10</sub> (µg/m³). Año 2020.



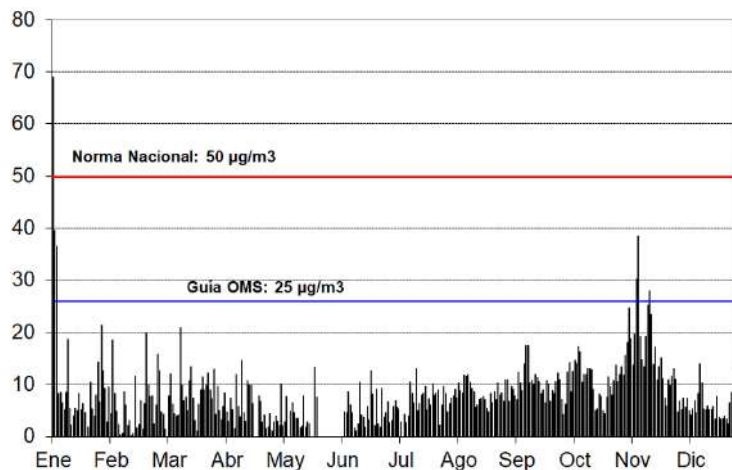
## REGISTROS DE LOS SENSORES AUTOMÁTICOS DE MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2.5 MICRAS (MP<sub>2.5</sub>).

### EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO

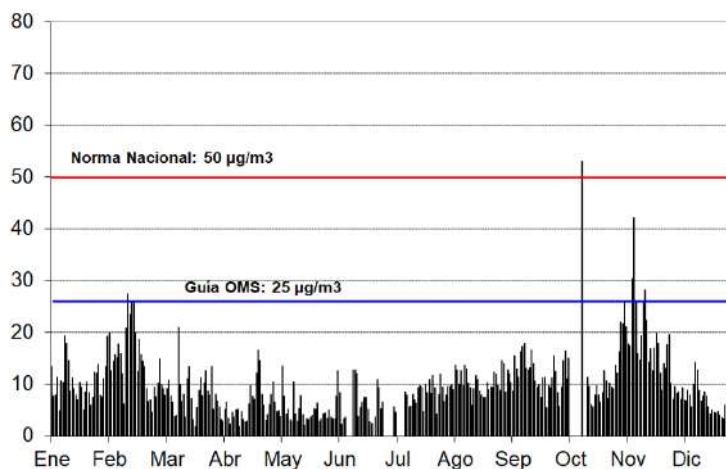
Las Figuras 10, 11 y 12 presentan las concentraciones en 24 horas de MP<sub>2.5</sub> en las estaciones MUN, CCA y EIE, respectivamente. En la estación MUN durante el primero de enero, se superó (69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) la concentración que establece la NCAA (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En la estación CCA, durante el 12 de octubre (53  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) también se superó la concentración de la NCAA. La estación EIE empezó a registrar las concentraciones de MP<sub>2.5</sub> desde el 9 de julio de 2020.

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).

**Figura 11:**  
Promedio durante 24 horas de las concentraciones de MP2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Año 2020. Estación CCA.

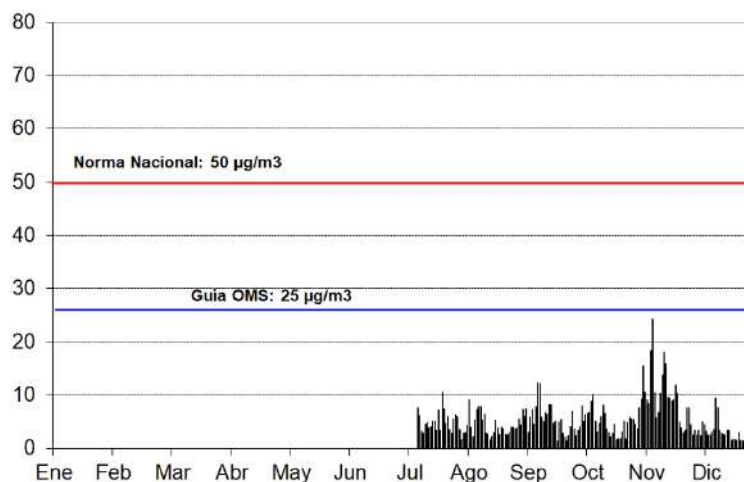


**Figura 10:**  
Promedio durante 24 horas de las concentraciones de MP2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Año 2020. Estación MUN.



Adicionalmente, en la estaciones CCA y MUN, se superó el valor guía de la OMS ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en 9 y 5 días respectivamente.

La superación de primero de enero corresponde al efecto de la quema de monigotes y de fuegos artificiales, durante la madrugada del primer día de año nuevo.



**La Figura 12**  
Promedio durante 24 horas de las concentraciones de MP2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Año 2020. Estación EIE.

### EXPOSICIÓN A LARGO PLAZO

El valor medio de todas las concentraciones horarias de la estación MUN asciende a  $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este valor es menor al promedio anual establecido por la NCAA ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y 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  $10.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esta concentración es menor al promedio anual establecido por la NCAA ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), e igual al valor guía de la OMS ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Aunque la cobertura de registros de la estación EIE es de 48%, a manera orientativa se menciona que el promedio de todos los registros disponibles es de  $5.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

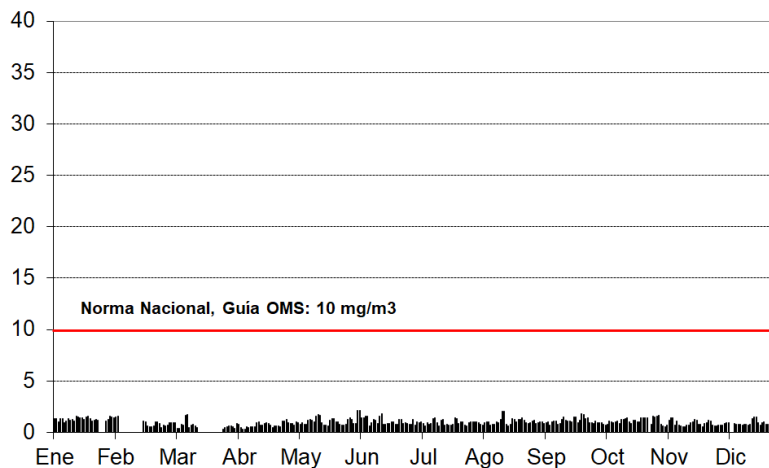
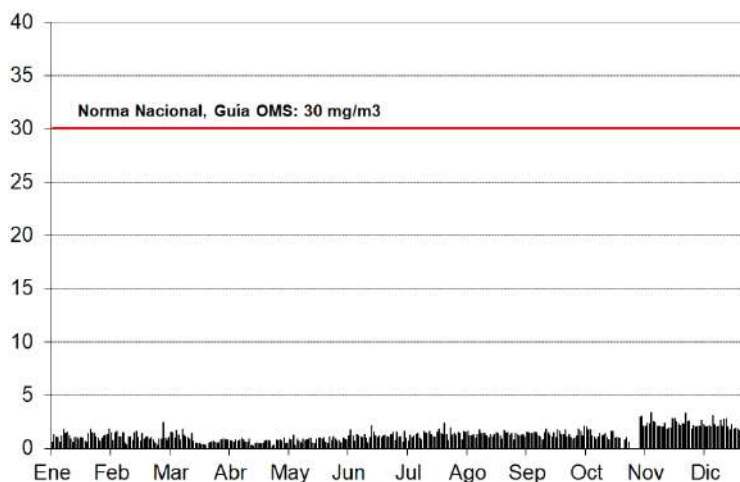
En la estación MUN, la relación entre las concentraciones medias anuales de  $\text{MP}_{2.5}$  ( $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y de  $\text{MP}_{10}$  ( $22.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fue 0.37. Este valor sugiere que en la zona de cobertura de la mencionada estación, hay una influencia importante de fuentes de emisión de la fracción gruesa de  $\text{MP}_{10}$ .

En la estación CCA, la relación entre las concentraciones medias anuales de  $\text{MP}_{2.5}$  ( $10.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y de  $\text{MP}_{10}$  ( $29.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) es 0.34. 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  $\text{MP}_{10}$ .

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

La Figura 13 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/m<sup>3</sup>).

**Figura 13:**  
Promedio máximo horario de las concentraciones de CO (mg/m<sup>3</sup>).  
Año 2020.



La Figura 14 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/m<sup>3</sup>).

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

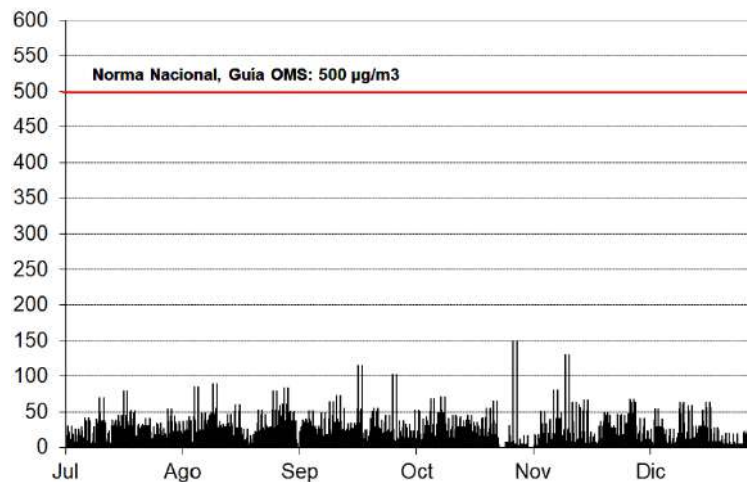
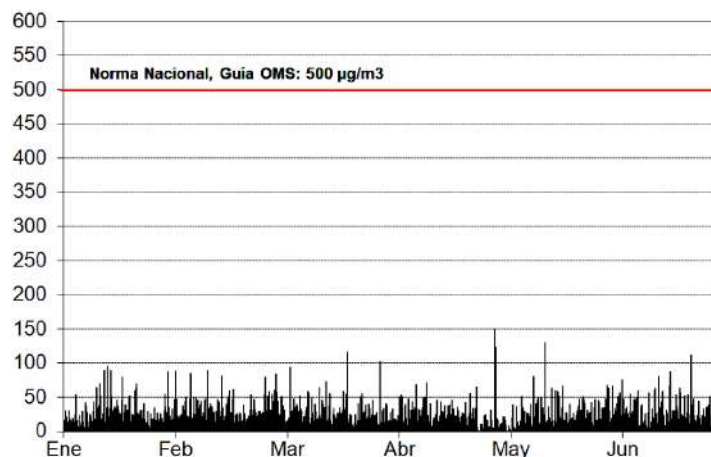
**Figura 14:**  
Promedio máximo octohorario de las concentraciones de CO (mg/m<sup>3</sup>). Año 2020.

## REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)

### EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO

Las Figuras 16 y 17 presentan las concentraciones en 10 min de SO<sub>2</sub> durante el año 2020. Todos los registros fueron menores a la concentración que establece tanto la NCAA y el valor guía de la OMS (500 µg/m<sup>3</sup>).

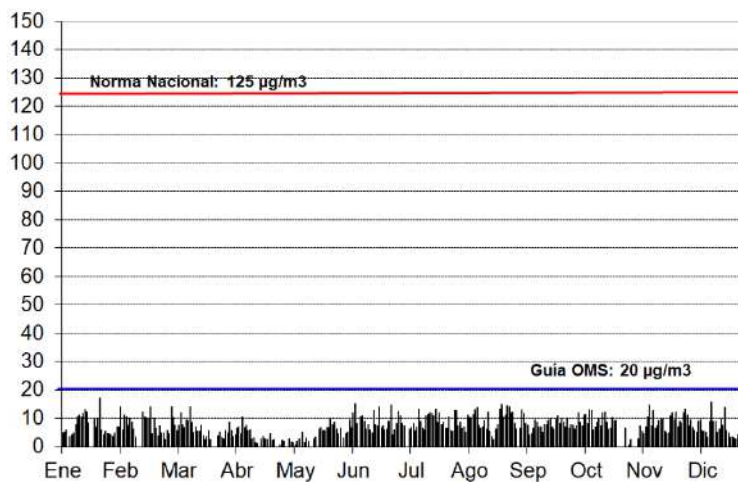
**Figura 15:**  
Promedio durante 10 min de las concentraciones de SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>).  
Enero – junio de 2020.



**Figura 16:**  
Promedio durante 10 min de las concentraciones de SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>).  
Julio – diciembre de 2020.

La Figura 17 presenta las concentraciones en 24 horas de  $\text{SO}_2$ . Todos los registros fueron menores a la concentración que establece la NCAA ( $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y al valor guía de la OMS ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Figura 17:**  
Promedio durante 24 horas de las concentraciones de  $\text{SO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).  
Año 2020.



### EXPOSICIÓN A LARGO PLAZO

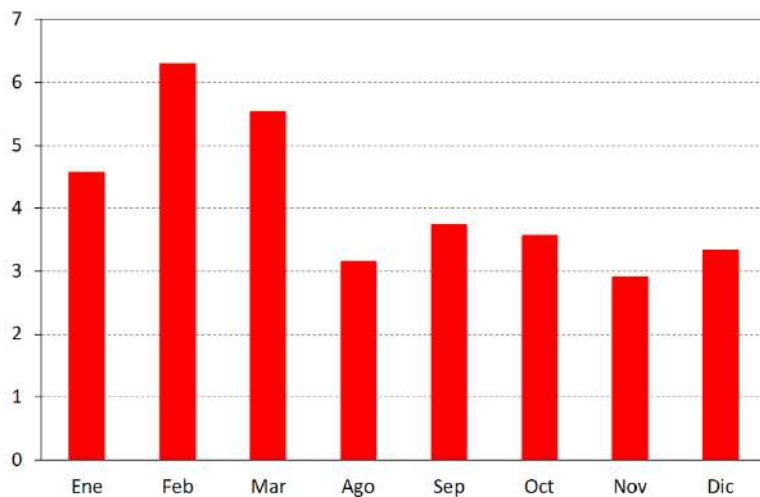
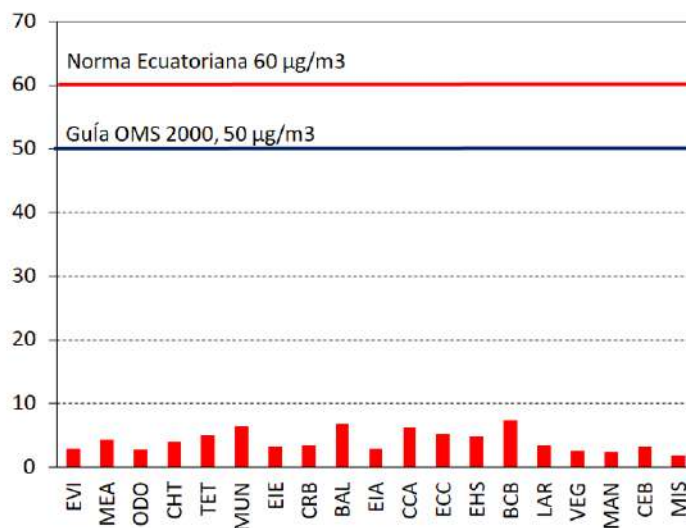
El valor medio de todas las concentraciones horarias de  $\text{SO}_2$  asciende a  $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este valor es menor al promedio anual establecido por la NCAA ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



## REGISTROS DE LA SUBRED PASIVA. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)

La Figura 18 presenta el promedio anual de SO<sub>2</sub>. Las concentraciones fueron menores al valor que establece la NCAA (60 µg/m<sup>3</sup>). En ninguna estación se registró una concentración media anual mayor al valor guía del año 2000, sugerido por la OMS (50 µg/m<sup>3</sup>).

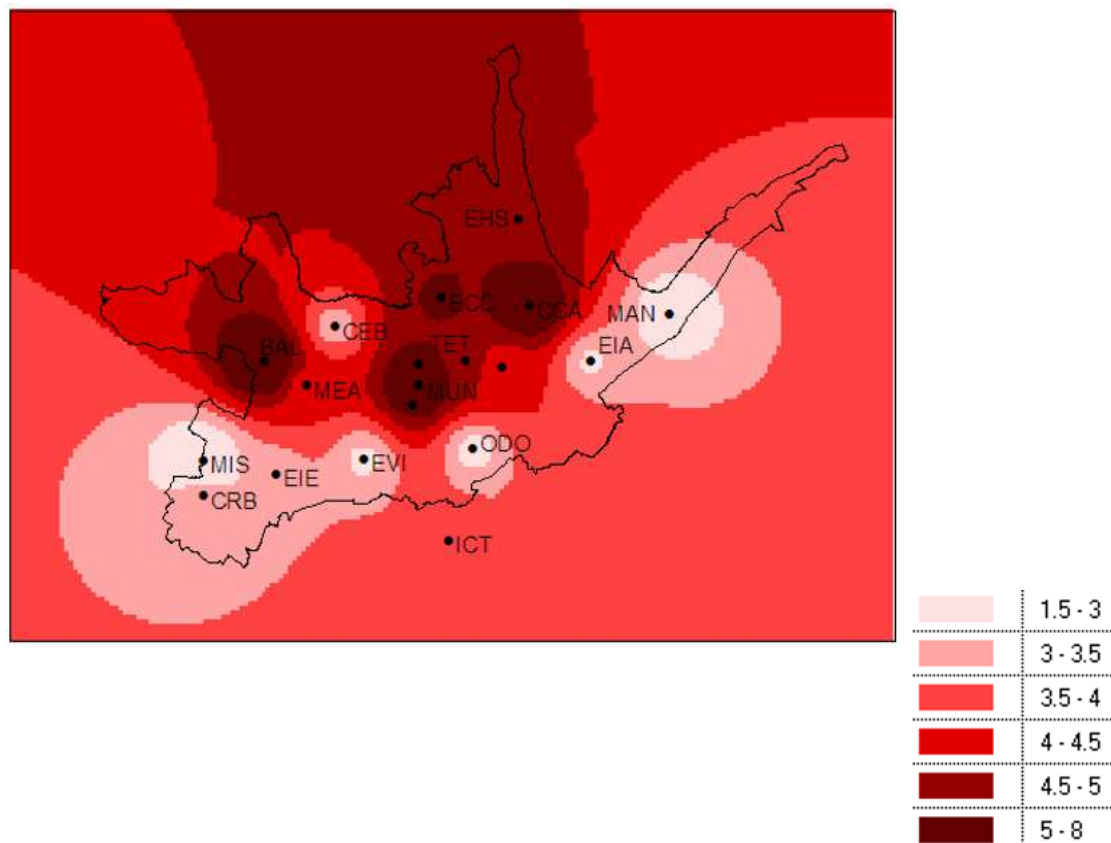
**Figura 18:**  
Dióxido de azufre. Promedio anual por estación (µg/m<sup>3</sup>). Año 2020.



La Figura 19 presenta las concentraciones mensuales de SO<sub>2</sub>. La mayor concentración corresponde a febrero (6.3 µg/m<sup>3</sup>). No fue posible tomar muestras válidas entre abril y julio. El promedio aritmético anual de todas las estaciones pasivas fue de 4.2 µg/m<sup>3</sup>.

**Figura 19:**  
Concentraciones medias mensuales de SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Año 2020.

La Figura 20 presenta la distribución espacial de la concentración media anual de  $\text{SO}_2$ , 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.

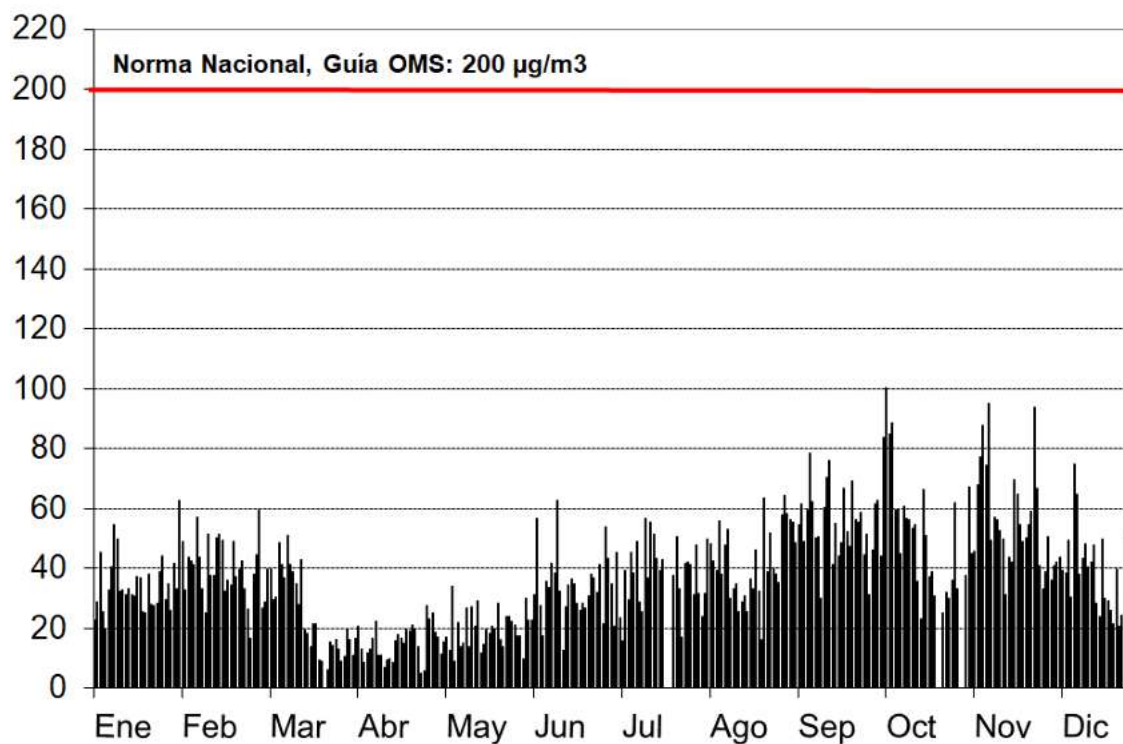


**Figura 20:**  
Distribución espacial de la concentración media de  $\text{SO}_2$  para el año 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>)

### EXPOSICIÓN A CORTO PLAZO

La Figura 21 presenta las máximas concentraciones horarias en 24 horas de NO<sub>2</sub>. Todos los registros fueron menores a la concentración que establece tanto la NCAA y la guía de la OMS (200 µg/m<sup>3</sup>).

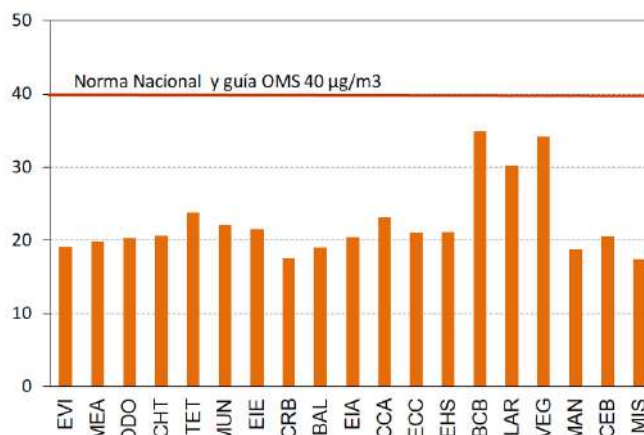


**Figura 21:**  
Promedio máximo horario de las concentraciones de NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Año 2020.

## EXPOSICIÓN A LARGO PLAZO

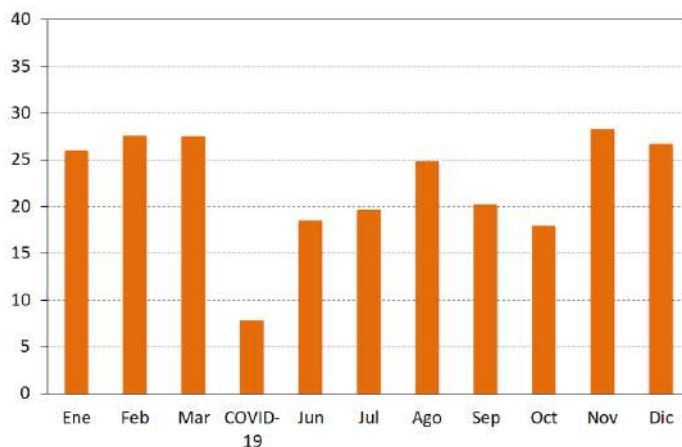
El valor medio de todas las concentraciones horarias asciende a  $19.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este valor es menor al promedio anual establecido por la NCAA ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y por el valor guía de la OMS ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La Figura 22 indica las concentraciones medias anuales de  $\text{NO}_2$ . Los mayores valores corresponden a las estaciones de micro escala en la Calle Vega Muñoz (VEG,  $34.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Bomberos (BCB,  $34.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Estas concentraciones corresponden a las emisiones directas de tráfico vehicular, en vías urbanas con circulación importante de vehículos particulares y de transporte público. En ninguna de las estaciones, se superó



**Figura 22:** Dióxido de nitrógeno. Promedio anual por estación ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Año 2020.

la concentración media anual establecida por la NCAA y el valor guía de la OMS ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

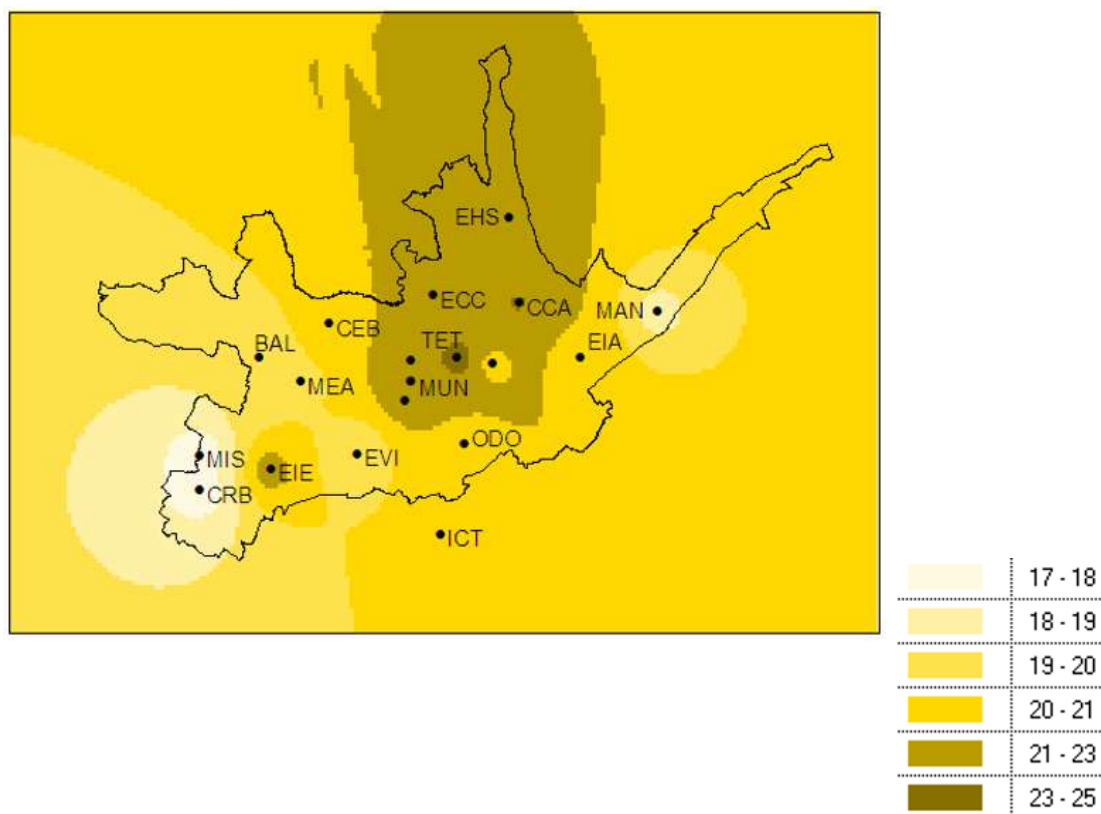


**Figura 23:** Concentraciones medias mensuales de  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Año 2020.

El valor medio de todas las concentraciones horarias de la estación MUN ( $19.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), con relación al valor medio anual del monitor pasivo ( $22.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) difiere en 12.5%, valor que se encuentra dentro del rango de diferencias (hasta del 14%) para valores menores de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , entre sensores automáticos y sensores pasivos de  $\text{NO}_2$  (Hangartner, 2000).

La Figura 23 indica las concentraciones medias mensuales de  $\text{NO}_2$ . El valor más bajo corresponde al período COVID-19 ( $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Los valores de los otros meses variaron entre 18 y  $28.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La Figura 24 presenta la distribución espacial de la concentración media anual de  $\text{NO}_2$ . 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,  $23.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) registran con claridad la influencia de las emisiones del tráfico vehicular de vehículos a diesel.

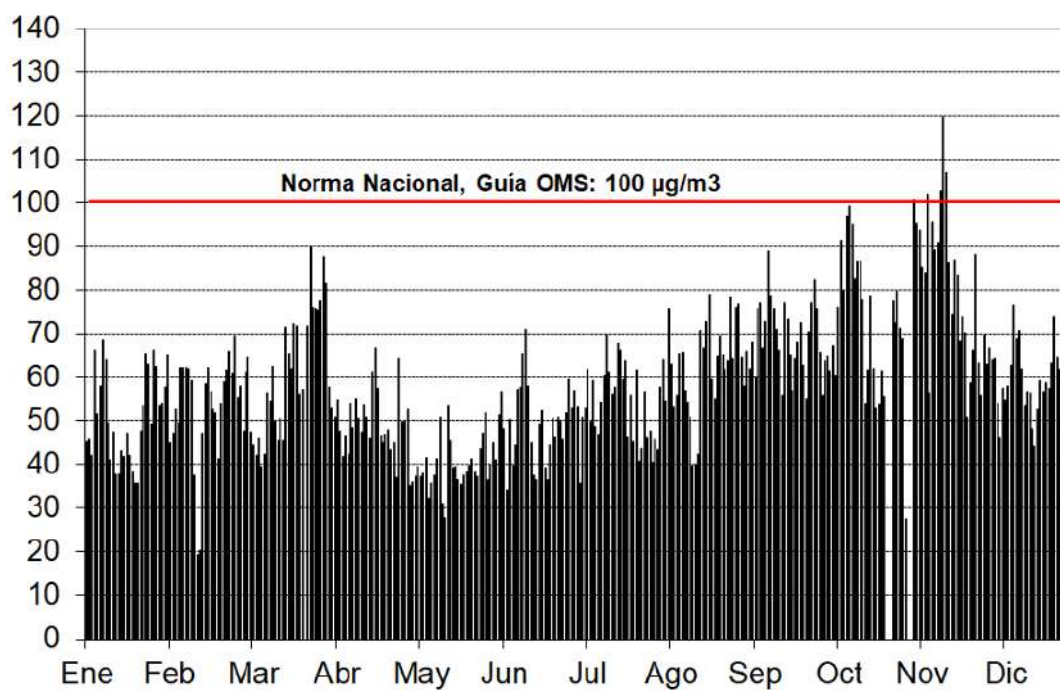


**Figura 24:**  
Distribución espacial de la concentración media de  $\text{NO}_2$  para el año 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



## REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA. OZONO ( $O_3$ )

La Figura 25 presenta las concentraciones octohorarias por día de  $O_3$ . Durante 4 días de noviembre (8, 13, 14 y 15) se superó del valor establecido tanto por la NCAA ( $100 \mu g/m^3$ ) y la guía de la OMS ( $100 \mu g/m^3$ ).

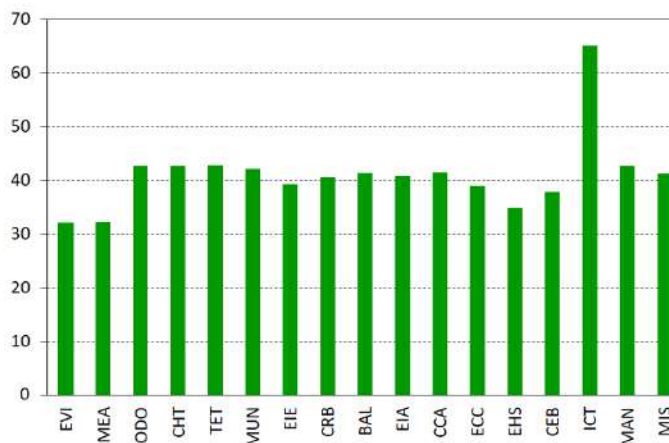


**Figura 25:**  
Promedio octohorario máximo por día de las concentraciones de  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ). Año 2020.

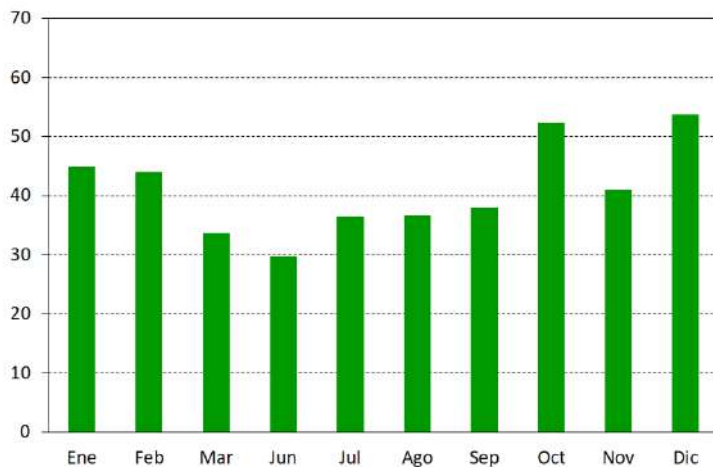
## REGISTROS DE LA SUBRED PASIVA. OZONO (O<sub>3</sub>)

La Figura 26 indica la concentración media anual de O<sub>3</sub> por estación. El valor más alto se registró en la estación Ictocruz (ICT), con 65.2 µg/m<sup>3</sup>. En años anteriores, esta misma estación presentó el mayor promedio anual de O<sub>3</sub> (EMOV EP, 2020; 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 O<sub>3</sub>. La altura de la estación ICT es de aproximadamente 2700 msnm. Al parecer la concentración a largo plazo de O<sub>3</sub> 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 26:**  
Ozono. Promedio anual por estación (µg/m³). Año 2020.

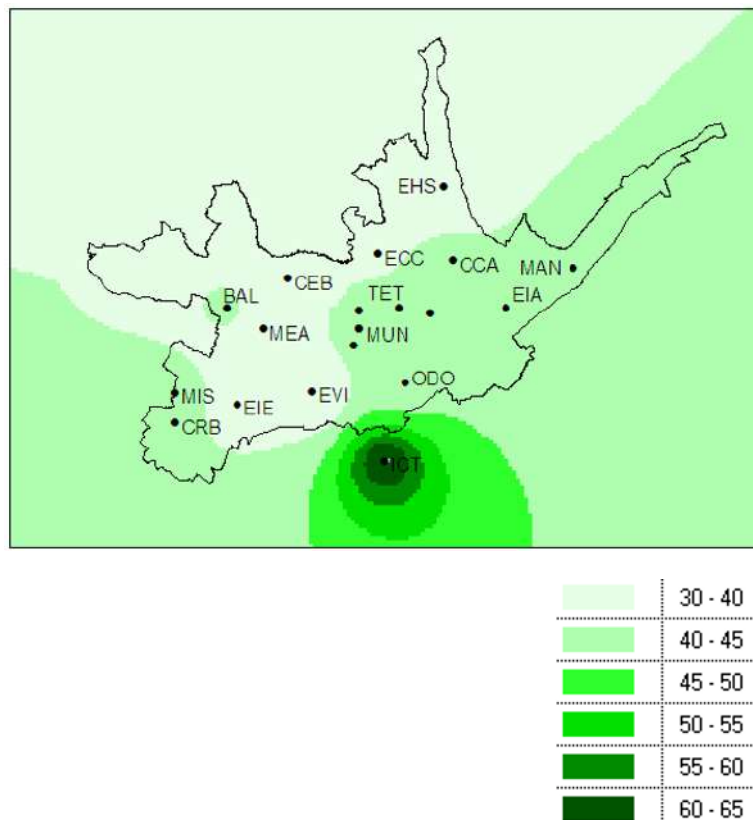


La Figura 27 indica que los sensores pasivos presentaron los mayores promedios mensuales en octubre (52.3 µg/m<sup>3</sup>) y diciembre (53.72 µg/m<sup>3</sup>).

**Figura 27:**  
Concentraciones medias mensuales de O<sub>3</sub> (µg/m³). Año 2020.

Lamentablemente las muestras pasivas de abril y mayo se deterioraron. La restricción vehicular a fin de controlar el contagio del COVID-19 no permitió el retiro oportuno de los sensores de  $O_3$ . Una vez que se pudo coleccionar las muestras, las concentraciones obtenidas en laboratorio estaban fuera de rango. Al respecto se hizo una consulta al laboratorio PASSAM de Suiza. El personal técnico de dicho laboratorio respondió que las muestras pasivas de  $O_3$  se resecan, y por tanto no sirven, si el período de exposición es excesivo, como el correspondiente a la restricción durante abril y mayo.

La Figura 28 presenta la distribución espacial de la concentración media anual de  $O_3$ , en donde se observa con claridad el valor más alto, registrado en la estación Ictocruz (ICT,  $65.2 \mu g/m^3$ ).



**Figura 28:**

Distribución espacial de la concentración media de  $O_3$  para el año 2020 ( $\mu g/m^3$ ).

## TENDENCIAS DE LAS CONCENTRACIONES MEDIAS ANUALES

La Tabla 11 presenta la tendencia de las concentraciones medias anuales de MP10, para el periodo 2008 – 2020. El promedio del año 2020 (27.3 µg/m³) fue menor a los promedios de todos los años anteriores. Este descenso se puede atribuir en parte, al descenso de emisiones por la restricción del COVID-19.

| Estación | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 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 | 22.5 | 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 | 29.6 |      |          |
| 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 | 29.8 |      |          |
| 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 | 27.3 |      |          |

**Tabla 11:**  
Concentraciones medias anuales de material particulado (MP<sub>10</sub>) del periodo 2008 - 2020 (µg/m³).

La Tabla 12 presenta la tendencia de las concentraciones medias anuales de MP<sub>2.5</sub>, para el periodo 2012 – 2020, en la estación MUN. El promedio del año 2020 (8.5 µg/m³) fue menor a los promedios de los años 2016 hasta y 2019. Igualmente, el descenso se puede atribuir en parte, al descenso de emisiones por la restricción del COVID-19.

| Estación | 2012  | 2013  | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | NCAA | Guía OMS |
|----------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| MUN      | 10.3* | 9.4** | 6.1  | 7.6  | 10.3 | 10.8 | 9.9  | 10.5 | 8.5  | 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 12:**  
Concentraciones medias anuales de material particulado (MP<sub>2.5</sub>) del periodo 2008 - 2020 (µg/m³). Estación MUN.

La Tabla 13 presenta la tendencia de las concentraciones medias de partículas sedimentables, desde el año 2008 hasta el 2020. El promedio del año 2020 del PS (0.16 mg/cm<sup>3</sup> durante 30 días) fue menor a los promedios de todos los años anteriores.

| Estación | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 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 | 0.08 | 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 | 0.13 |      |
| 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 | 0.13 |      |
| 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 | 0.21 |      |
| 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 | 0.17 |      |
| 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 | 0.11 |      |
| 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 | 0.12 |      |
| 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 | 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 | 0.13 |      |
| 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 | 0.11 |      |
| 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 | 0.32 |      |
| 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 | 0.16 |      |
| 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 | 0.35 |      |
| 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 | 0.27 |      |
| 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 | 0.09 |      |
| CEB      | -    | -    | -    | 0.37 | 0.51 | 0.51 | 0.64 | 0.64 | 0.27 | 0.27 | 0.21 | 0.20 | 0.15 |      |
| MIS      | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0.26 | 0.29 | 0.20 | 0.16 | 0.19 | 0.15 | 0.14 |      |
| 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 | 0.16 |      |

**Tabla 13:**  
Concentraciones medias anuales de partículas sedimentables (PS) del periodo 2008 - 2020 (mg/cm<sup>2</sup> durante 30 días).

El promedio del año 2020 de NO<sub>2</sub> (22.4 µg/m<sup>3</sup>) fue menor a los promedios de los años 2017 hasta 2019 (Tabla 14).

| Estación | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020 | 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 | 19.2 | 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 | 19.9 |       |          |
| 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 | 20.3 |       |          |
| 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 | 20.6 |       |          |
| 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 | 23.9 |       |          |
| 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 | 22.2 |       |          |
| 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 | 21.6 |       |          |
| 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 | 17.6 |       |          |
| 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 | 19.1 |       |          |
| 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 | 20.5 |       |          |
| 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 | 23.2 |       |          |
| 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 | 21.1 |       |          |
| 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 | 21.1 |       |          |
| 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 | 34.9 |       |          |
| 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 | 30.2 |       |          |
| 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 | 34.2 |       |          |
| 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 | 18.7 |       |          |
| CEB      | -     | -     | -     | 12.09 | 10.36 | 15.20 | 16.52 | 15.13 | 15.94 | 19.32 | 22.99 | 23.49 | 20.6 |       |          |
| MIS      | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 14.23 | 14.34 | 14.07 | 15.32 | 19.18 | 20.52 | 17.4 |       |          |
| 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 | 22.4 |       |          |

Tabla 14:  
Concentraciones medias anuales de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) del periodo 2008 - 2020 (µg/m<sup>3</sup>).



El promedio del año 2020 del SO<sub>2</sub> (4.54 µg/m<sup>3</sup>) es menor a los promedios de los años anteriores, desde el 2008 hasta el 2019 (Tabla 15).

| Estación | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018 | 2019 | 2020 | 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 | 2.87 | 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 | 4.31 |       |          |
| 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 | 2.76 |       |          |
| 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 | 4.06 |       |          |
| 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 | 4.93 |       |          |
| 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 | 6.44 |       |          |
| 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 | 3.21 |       |          |
| 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 | 3.46 |       |          |
| 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 | 6.86 |       |          |
| 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 | 2.95 |       |          |
| 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 | 6.27 |       |          |
| 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 | 5.18 |       |          |
| 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 | 4.88 |       |          |
| 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 | 7.37 |       |          |
| 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 | 3.44 |       |          |
| 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 | 2.49 |       |          |
| 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 | 2.42 |       |          |
| CEB      | -     | -     | -     | 6.14  | 10.40 | 4.10  | 8.13  | 10.60 | 11.51 | 12.58 | 5.16 | 7.11 | 3.21 |       |          |
| MIS      | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 4.63  | 15.41 | 9.33  | 7.73  | 5.14 | 4.83 | 1.82 |       |          |
| 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 | 2.87 |       |          |

\* Guía de la OMS del año 2000.

**Tabla 15:**  
Concentraciones medias anuales de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) del periodo 2008 - 2020 (µg/m<sup>3</sup>).

El promedio del año 2020 del O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) fue del mismo orden, en relación a los promedios de los 4 años anteriores (Tabla 16).

| Estación | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 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 | 32.20 |
| 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 | 32.28 |
| 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 | 42.67 |
| 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 | 42.72 |
| 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 | 42.85 |
| 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 | 42.24 |
| 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 | 39.31 |
| 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 | 40.56 |
| 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 | 41.43 |
| 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 | 40.83 |
| 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 | 41.47 |
| 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 | 38.98 |
| 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 | 34.94 |
| 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 | 37.77 |
| 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 | 65.15 |
| CEB      | -     | -     | -     | 27.68 | 27.08 | 34.30 | 41.74 | 45.6  | 42.17 | 38.69 | 43.08 | 39.34 | 42.67 |
| MIS      | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 38.15 | 42.9  | 37.88 | 38.35 | 41.81 | 38.61 | 41.27 |
| 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 | 41.14 |

Tabla 16:  
Concentraciones medias anuales de ozono (O<sub>3</sub>) del periodo 2008-2020 (µg/m<sup>3</sup>)

# INFLUENCIA DE LA RESTRICCIÓN COVID-19 EN LA CALIDAD DEL AIRE DE CUENCA

A nivel nacional, en base del número de personas infectadas y la declaración de pandemia del COVID-19 por parte de la Organización Mundial de la Salud; el gobierno decretó el estado de excepción a partir del 16 de marzo de 2020. Como consecuencia, hubo restricción en la movilidad. Durante los siguientes días, el tráfico en carretera y otras actividades se redujeron notablemente, disminuyendo la emisión de contaminantes atmosféricos.

Aunque el estado de excepción se mantuvo oficialmente en Cuenca hasta el 24 de mayo de 2020, algunas actividades se reanudaron el 17 de mayo de 2020 (El Mercurio, 2021). El 25 de mayo

de 2020, se alivió la restricción del tráfico. Se permitió que los autobuses de transporte público regional reactiven su servicio. Desde el primero de junio de 2020, los autobuses urbanos en Cuenca retomaron sus actividades.

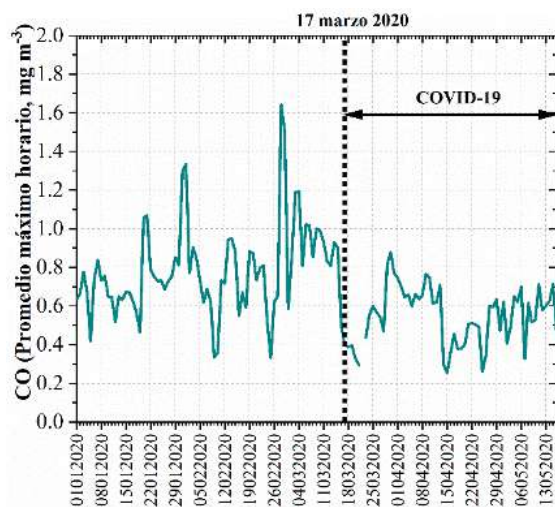
A fin de evaluar el impacto de la restricción en la calidad del aire de Cuenca, comparamos los registros de la estación MUN, entre el 17 de marzo y 16 de mayo de 2020, con los siguientes períodos:

- Las semanas anteriores al estado de excepción (del 1 de enero de 2020 al 16 de marzo de 2020).

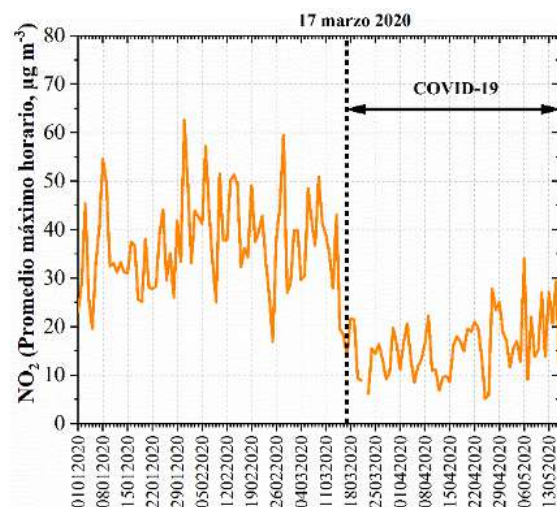
- Los registros de la calidad del aire, entre el 17 de marzo al 16 de mayo de los años anteriores,

desde el año 2015 hasta el año 2019.

La comparación indica que las concentraciones de CO y NO<sub>2</sub> fueron menores durante la restricción del COVID-19, en comparación con los registros anteriores del año 2020 (Figura 29). El valor medio de las concentraciones medias máximas de CO durante 8 horas, disminuyó de 0.74 a 0.60 mg/m<sup>3</sup>. El valor medio de la concentraciones máximas de NO<sub>2</sub> durante 1 hora, disminuyó de 36.8 a 16.3 µg/m<sup>3</sup>. El valor medio de MP<sub>2.5</sub> en 24 horas disminuyó de 9.6 a 5.7 µg/m<sup>3</sup>.

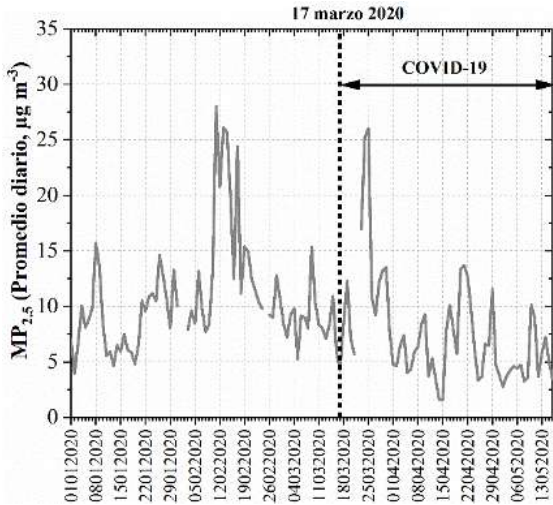


(a)

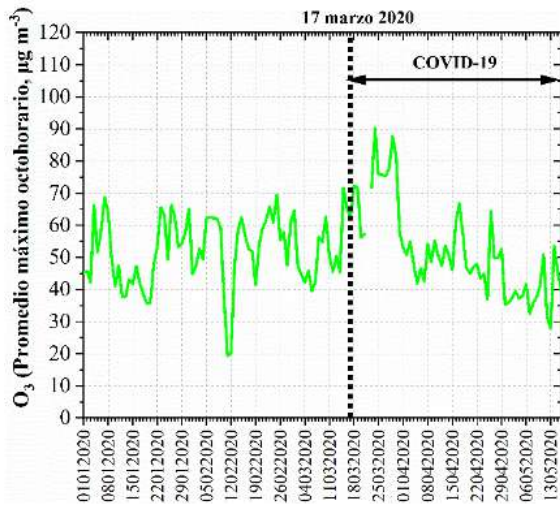


(b)

**Figura 29:** Calidad del aire en Cuenca (estación MUN) entre el 1 de enero y 16 de mayo de 2020: (a) CO (Promedio máximo horario), (b) NO<sub>2</sub> (Promedio máximo horario), (c) MP<sub>2.5</sub> (Promedio diario) y (d) O<sub>3</sub> (Promedio máximo octohorario).

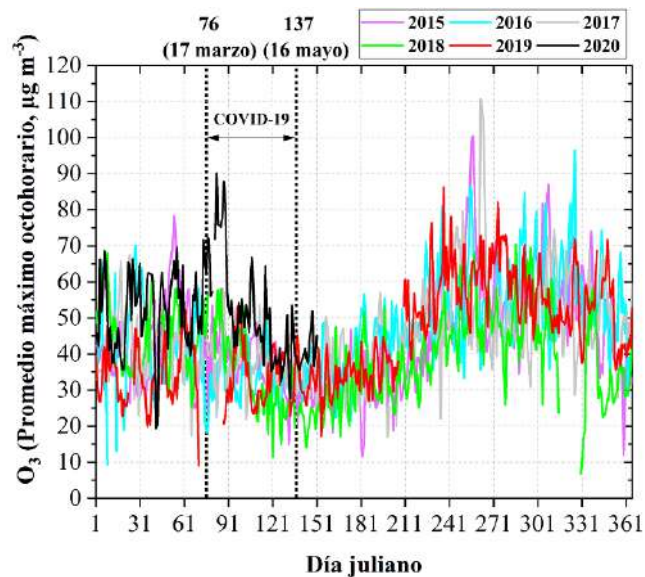


(c)

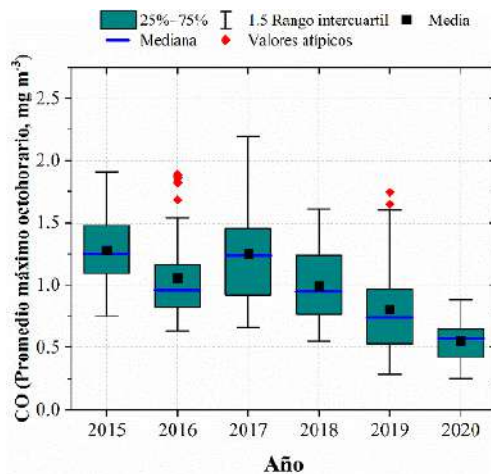


(d)

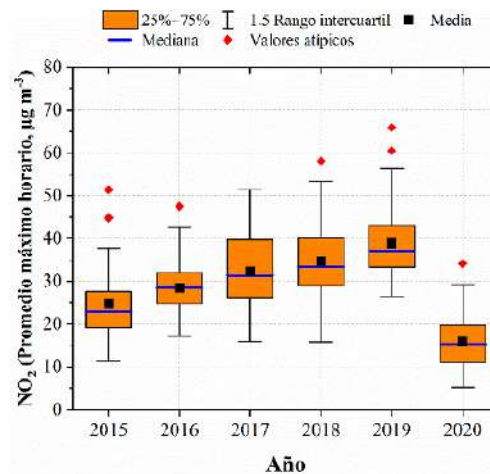
En Cuenca, el comportamiento estacional del  $O_3$  presenta una disminución durante abril y mayo, con las concentraciones más bajas durante junio y julio (Figura 30). Luego las concentraciones se incrementan, alcanzando típicamente los valores más altos durante septiembre. La disminución de  $O_3$  durante el segundo mes de la restricción por el COVID-19, se puede asociar con su variación estacional. La Figura 30 indica que los niveles de  $O_3$  durante la restricción del año 2020, fueron mayores en relación a las concentraciones registradas en los años anteriores (2015 a 2019).



**Figura 30:** Concentración diaria de  $O_3$  (promedio máximo octohorario) desde 2015 hasta 2020.

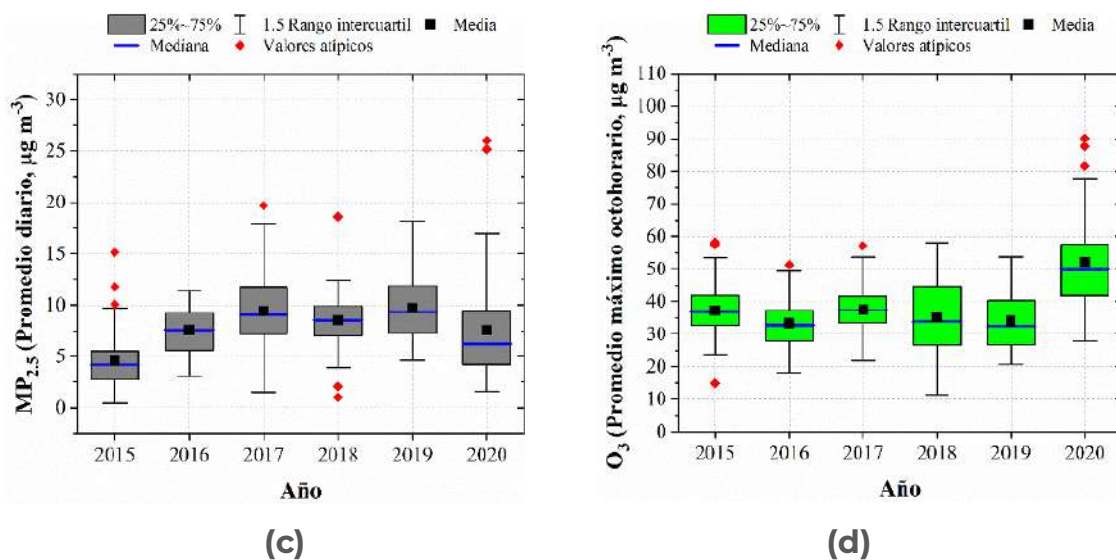


(a)



(b)



**Figura 31:**

Estadística de la calidad del aire en Cuenca (estación MUN) entre el 17 de marzo y 16 de mayo, desde 2015 hasta 2020: (a) CO (Promedio máximo octohorario), (b) NO<sub>2</sub> (Promedio máximo horario), (c) MP<sub>2.5</sub> (Promedio diario) y (d) O<sub>3</sub> (Promedio máximo octohorario).

La Figura 31 compara los registros del período de restricción (17 de marzo hasta 16 de mayo de 2020, con los valores el mismo periodo de los de años anteriores (2015-2019)). Los valores medios-de las concentraciones establecidas en la NCAA-de CO, NO<sub>2</sub>, MP<sub>2.5</sub> y O<sub>3</sub> de 2015 a 2019 variaron entre 0.74 a 1.24 mg/m<sup>3</sup>, 22.9 a 37.0 µg/m<sup>3</sup>, 4.2 a 9.4 µg/m<sup>3</sup>; y 32.4 a 37.3 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Durante la restricción del COVID-19, los valores medios de CO y NO<sub>2</sub> descendieron a 0.57 mg/m<sup>3</sup> y 15.3

µg/m<sup>3</sup>, respectivamente. El valor medio de las concentraciones en 24 horas de MP<sub>2.5</sub> durante la restricción fue de 6.2 µg/m<sup>3</sup>, siendo mayor solamente al valor del año 2015 (4.2 µg/m<sup>3</sup>). Por el contrario, el valor medio de las concentraciones medias de los los valores máximos octohorarios de O<sub>3</sub> durante la restricción COVID-19, aumentó a 49.8 µg/m<sup>3</sup>.

El valor bajo de la media de MP<sub>2.5</sub> para el año 2015 (4.2 µg/m<sup>3</sup>), puede asociarse con la reducción

del tráfico-especialmente de buses-en el centro histórico de la ciudad, debido a la construcción de la infraestructura del Tranvía de Cuenca. La construcción de este proyecto provocó el cierre de calles y cambios en las rutas de los autobuses, y limitaron el uso de vehículos particulares (Rumé, 2018).

La disminución de las concentraciones de CO, NO<sub>2</sub> y MP<sub>2.5</sub>, desde el 17 de marzo al 16 de mayo de 2020, en comparación con las semanas anteriores (01 de enero al 16 de marzo de 2020), fue consistente con la disminución de estos contaminantes en comparación con los registros entre el 17 de marzo al 16 de mayo de los años anteriores (2015 a 2019). Aunque otras actividades- como algunas industrias- probablemente redujeron sus actividades, los cambios en la calidad del aire pueden asociarse en gran medida, con la reducción del tráfico vehicular. Durante la restricción, todo tipo de vehículos redujeron su actividad. Los autobuses no prestaron servicio, y por lo tanto, hubo reducciones importantes en las emisiones de NO<sub>2</sub> y MP<sub>2.5</sub>.

Por otro lado, el aumento en las concentraciones de O<sub>3</sub> es consistente con las hipótesis del efecto fin de semana (CARB, 2003). El efecto fin de semana se refiere a un comportamiento contraintuitivo de las concentraciones de O<sub>3</sub>, cuyos valores, en promedio, tienden a ser mayores, especialmente los días domingos; a pesar de que las emisiones de los precursores de O<sub>3</sub> (NO<sub>2</sub> y COV), disminuyan. El efecto fin de semana fue previamente identificado en la zona urbana de Cuenca (Parra, 2017).

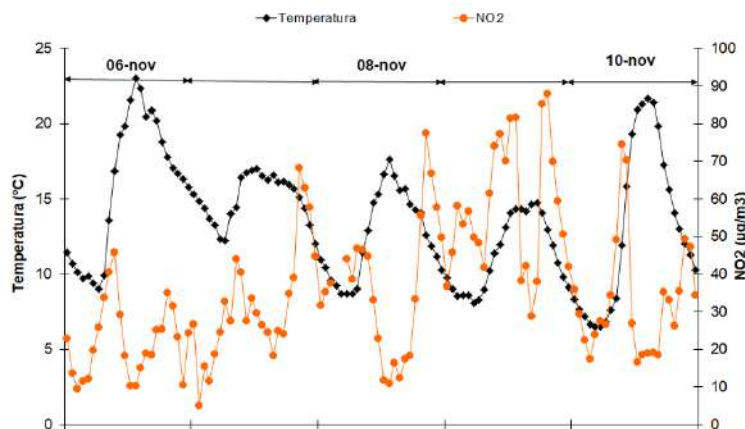
Información más detallada sobre los efectos de la restricción del COVID-19 en la calidad del aire de Cuenca, puede encontrarse en Parra and Espinoza (2020).

# CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA

El análisis de los registros de la calidad del aire y de la meteorología, permite entender la influencia de las condiciones atmosféricas en el comportamiento de los contaminantes. Entre el 6 y 10 de noviembre de 2020, las condiciones meteorológicas presentaron cambios importantes en la zona urbana de Cuenca. Estos cambios influyeron en los niveles de contaminación atmosférica.

La Figura 32 presenta el comportamiento de la temperatura. Al mediodía, los valores máximos variaron entre 17 y 23°C, excepto el 9 de noviembre, cuando la temperatura máxima fue de 14.6°C. Los valores bajos de la temperatura durante este día se asocian con condiciones de mayor estabilidad atmosférica

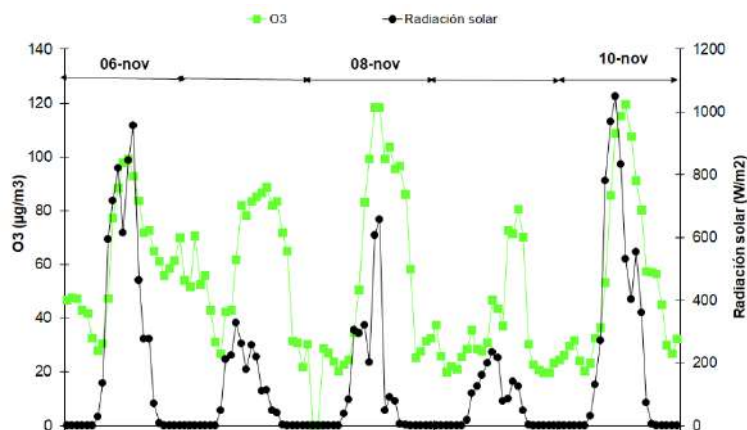
y valores menores de la capa límite planetaria, en comparación con los otros días. En estas condiciones, las concentraciones de los contaminantes primarios se incrementan. Durante el 9 de noviembre, se registraron concentraciones de NO<sub>2</sub> mayores, en comparación con los días 6, 7, 8 y 10 de noviembre.



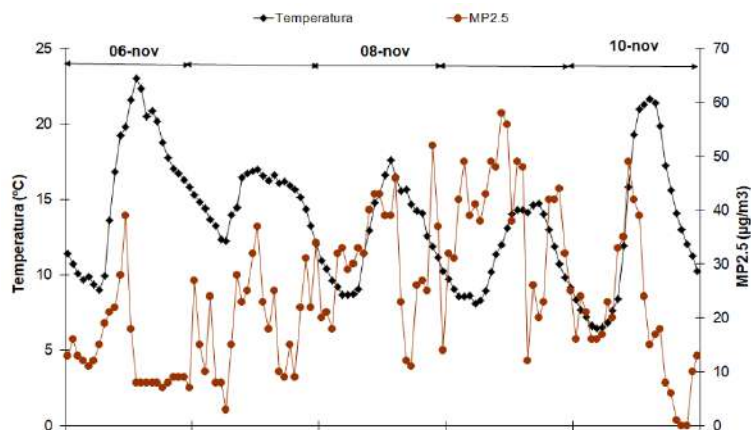
**Figura 32:**

Concentración de NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) y temperatura (°C) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.

La Figura 33 presenta los niveles de la radiación solar global. Los días 7 y 9 de noviembre, fueron días nublados, con valores bajos de radiación solar al mediodía (del orden de  $200 \text{ W/m}^2$ ). Las concentraciones máximas de  $\text{O}_3$  durante estos días variaron entre  $80$  y  $87 \mu\text{g/m}^3$ , menores en relación a las concentraciones de los días 6, 8 y 10 de noviembre. Estas últimas variaron entre  $100$  y  $120 \mu\text{g/m}^3$ . Niveles altos de radiación solar promueven las reacciones fotoquímicas que generan  $\text{O}_3$ .

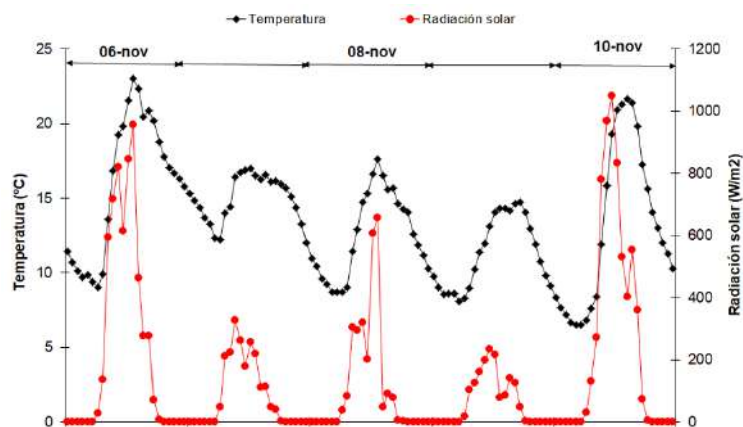


**Figura 33:** Concentración de  $\text{O}_3$  ( $\mu\text{g/m}^3$ ) y radiación solar global ( $\text{W/m}^2$ ) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.



La Figura 34 presenta las concentraciones de  $\text{MP}_{2.5}$  y la temperatura. Durante el día 9 de noviembre, los menores valores de la temperatura, se presentan con mayores valores de  $\text{MP}_{2.5}$ .

**Figura 34:** Concentración de  $\text{O}_3$  ( $\mu\text{g/m}^3$ ) y radiación solar global ( $\text{W/m}^2$ ) horarias para los días 11, 12 y 13 de diciembre de 2019. Estación automática MUN.

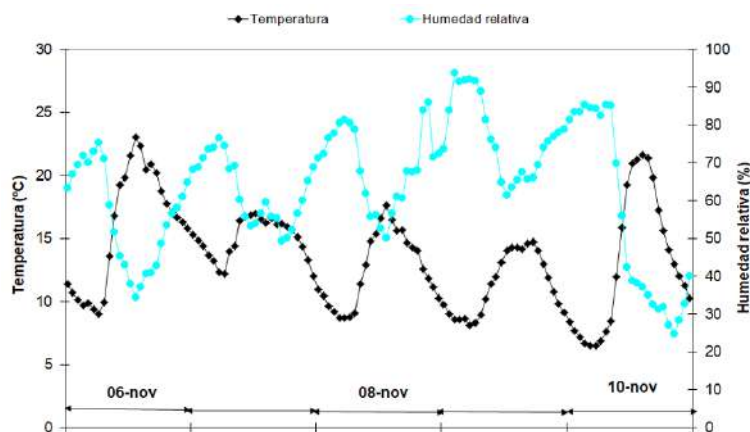


La Figura 35 presenta la temperatura y la radiación solar global. Las temperaturas máximas horarias típicamente se desplazan 1 o 2 horas, después de la intensidad máxima de radiación solar. Niveles menores de la radiación solar se asocian con menores valores de temperatura (7 y 9 de noviembre).

**Figura 35:**

Temperatura (°C) y radiación solar global (W/m²) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.

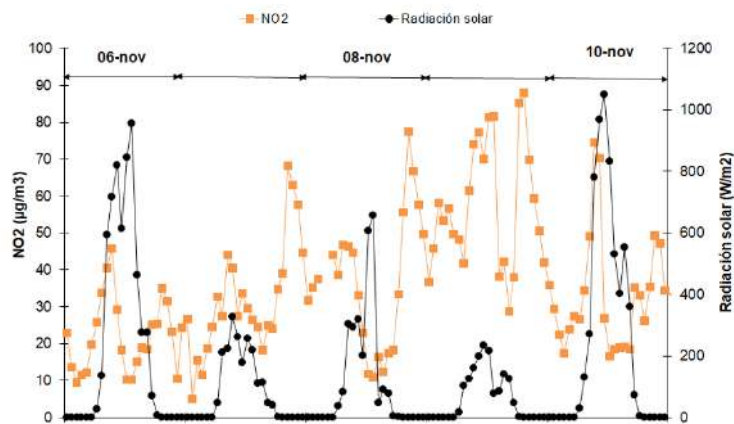
La Figura 36 presenta la temperatura y la humedad relativa. Los mayores porcentajes de humedad relativa ocurren durante las horas con menor temperatura. Por el contrario, los porcentajes de humedad relativa disminuyen a medida que la temperatura es máxima. Debido al incremento de la temperatura, la atmósfera aumenta su capacidad para almacenar vapor de agua, y como resultado se reduce la humedad relativa. Al mediodía del 9 de noviembre, la humedad relativa fue del orden del 65%. En los otros días, a mediodía, la humedad relativa varió entre 35 al 55%.



**Figura 36:**

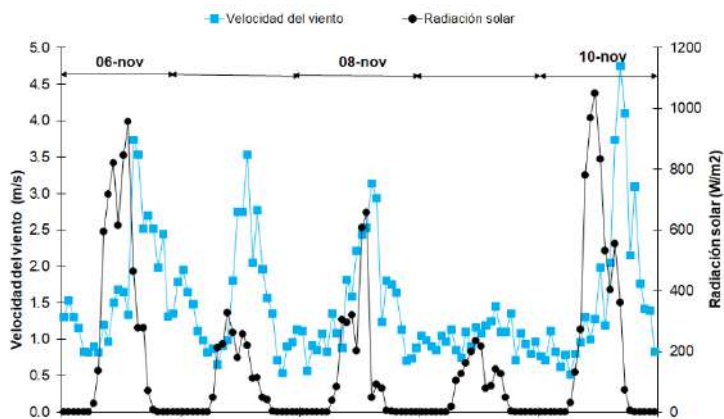
Temperatura (°C) y humedad relativa (%) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.

La Figura 37 presenta las concentraciones de  $\text{NO}_2$  y la radiación solar global. Los menores niveles de radiación solar durante el 9 de noviembre se asocian con mayores concentraciones de  $\text{NO}_2$ . Por una parte, la mayor estabilidad atmosférica no favorece la dispersión del contaminante. Los valores bajos de radiación solar destruyen en menor grado, favoreciendo el incremento de  $\text{NO}_2$ .



**Figura 37:** Concentración de  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y radiación solar global ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.

La Figura 38 presenta los valores de la radiación solar y de la velocidad del viento. Se observa el comportamiento típico de la velocidad del viento, que es máxima al mediodía. No obstante, al mediodía del 9 de noviembre, la velocidad fue del orden de 1.3 m/s, menor en comparación con los valores de los otros días, en los que la



**Figura 38:** Concentración de radiación solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) y velocidad del viento ( $\text{m}/\text{s}$ ) horarias para los días 6, 7, 8, 9 y 10 de noviembre de 2020. Estación automática MUN.

velocidad del viento varió entre 3 y 4.7 m/s. La baja velocidad del viento durante el 9 de noviembre condiciona también una mayor estabilidad atmosférica.

Del análisis de la calidad del aire y de su relación con la meteorología, se concluye que la estación automática MUN registra información coherente y consistente.



# CONCLUSIONES

## MATERIAL PARTICULADO $MP_{10}$

El mayor promedio anual de  $MP_{10}$  ( $29.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 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 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

El promedio anual de las tres estaciones que registran el  $MP_{10}$  (Colegio Carlos Arízaga, CCA; Municipio, MUN y Escuela Ignacio Escandón, EIE) fue de  $27.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor menor a los promedios de los años anteriores (2008-2019). El descenso del año 2020 se puede atribuir en parte, al descenso de emisiones por la restricción del COVID-19. Sin embargo, inclusive el valor medio del año 2020 es mayor al valor guía que recomienda la OMS ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Durante el año 2020 se registraron 4 superaciones del valor guía de la OMS en 24 horas ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El 50%, 50% y 0% de estas superaciones se registraron en las estaciones CCA, EIE y MUN respectivamente.

En ninguna de las 3 estaciones que registran  $MP_{10}$ , se superó la concentración de la NCAA establecida como promedio en 24 horas ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## MATERIAL PARTICULADO $MP_{2.5}$

El valor medio de todas las concentraciones horarias de la estación MUN asciende a  $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este valor es menor al promedio anual establecido por la NCAA ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y al valor guía de la OMS ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

El valor medio de las concentraciones de la estación CCA fue de  $10.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esta concentración es menor al promedio anual establecido por la NCAA ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), e igual al valor guía de la OMS ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

En la estación MUN durante el primero de enero, se superó ( $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) la concentración que establece la NCAA ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En la estación CCA, durante el 12 de octubre ( $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) también se superó la concentración de la NCAA.

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).

## PARTÍCULAS SEDIMENTABLES (PS)

Todas las concentraciones fueron menores al valor establecido en la NCAA ( $1.0 \text{ mg}/\text{cm}^2$  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/m<sup>3</sup>) y valores máximos en períodos de 8 horas (10 mg/m<sup>3</sup>).

### **DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)**

El valor medio de todas las concentraciones horarias de SO<sub>2</sub> fue de 7.5 µg/m<sup>3</sup>. Este valor es menor al promedio anual establecido por la NCAA (60 µg/m<sup>3</sup>).

Todos los registros de los promedios en periodos de 24 horas fueron menores a la concentración que establece la NCAA (125 µg/m<sup>3</sup>) y al valor guía de la OMS (20 µg/m<sup>3</sup>).

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/m<sup>3</sup>).

### **DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>)**

La concentración media anual registrada por la estación automática MUN (19.7 µg/m<sup>3</sup>), fue menor a la concentración establecida en la NCAA (40 µg/m<sup>3</sup>) y al valor guía de la OMS (40 µg/m<sup>3</sup>).

De las estaciones pasivas, en ninguna se superó la concentración media anual establecida por la NCAA y el valor guía de la OMS (40 µg/m<sup>3</sup>).

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/m<sup>3</sup>).

### **OZONO (O<sub>3</sub>)**

Durante 4 días de noviembre (8, 13, 14 y 15) se superó del valor establecido tanto por la NCAA (100 µg/m<sup>3</sup>) y la guía de la OMS (100 µg/m<sup>3</sup>), para la concentración máxima de O<sub>3</sub>, en periodos de 8 horas.

### **COVID-19 Y CALIDAD DEL AIRE**

La reducción de actividades durante la restricción del COVID-19 permitió observar los beneficios y cambios en la calidad del aire, que se pueden esperar, si se controlan las emisiones de fuentes relevantes como el tráfico vehicular.

Sin duda, los beneficios en la calidad del aire por futuras acciones dirigidas a reducir las emisiones de contaminantes del aire deben ser compatibles con las condiciones sociales y económicas. Sólo las políticas, planes, programas y proyectos que consideren en su justa medida a los componentes social, ambiental y económico, permitirán alcanzar a futuro un desarrollo sostenible.

### **FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS**

Los registros de la calidad del aire y de su relación con los parámetros meteorológicos, indican que las estaciones automáticas están registrando información consistente.

# REFERENCIAS

Austin, W.; Heutel, G.; Kreisman, D. 2019. School bus emissions, student health and academic performance. *Econ. Educ. Rev.*, 70, 109–126.

Cacciottolo, M.; Wang, X.; Driscoll, I.; Woodward, N.; Saffari, A.; Reyes, J.; Serre, M.L.; Vizuete, W.; Sioutas, C.; E Morgan, T.; et al. 2017. Particulate air pollutants, APOE alleles and their contributions to cognitive impairment in older women and to amyloidogenesis in experimental models. *Transl. Psychiatry*, 7, e1022.

Calderón-Garcidueñas, L.; González-Maciel, A.; Reynoso-Robles, R.; Delgado-Chávez, R.; Mukherjee, P.S.; Kulesza, R.J.; Torres-Jardón, R.; Ávila-Ramírez, J.; Villarreal-Ríos, R. 2018. Hallmarks of Alzheimer disease are evolving relentlessly in Metropolitan Mexico City infants, children and young adults. APOE4 carriers have higher suicide risk and higher odds of reaching NFT stage V at 40 years of age. *Environ. Res.* 164, 475–487.

CARB. 2003. The ozone weekend effect in California. Staff Report, The Planning and Technical Support Division, The Research Division, Air Resources Board, California Environmental Protection Agency.

Centro de Estudios Ambientales. 2020. Estación Meteorológica Parque Industrial-CEA Universidad de Cuenca. Clima y Atmósfera. Cuenca, Ecuador.

El Mercurio. Hay nuevas reglas para circulación en Cuenca. Disponible en: <https://www2.elmercurio.com.ec/2020/05/31/hay-nuevas-reglas-para-circulacion-en-cuenca/> (consultado en febrero de 2021).

EMOV EP. 2020. Informe de calidad del aire Cuenca 2019. Alcaldía de Cuenca. Red de Monitoreo EMOV EP. Cuenca-Ecuador. 113 p.

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.

# REFERENCIAS

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.

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. Taipeh. Taiwan.

Naciones Unidas. 2021. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

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>.

Parra, R.; Espinoza, C. 2020. Insights for Air Quality Management from Modeling and Record Studies in Cuenca, Ecuador. Atmosphere, 11, 998. <https://doi.org/10.3390/atmos11090998>

Peebles, L. 2020. News Feature: How air pollution threatens brain health. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 117, 13856–13860.

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

Rumé, S. 2018. Reflexiones antropológicas sobre la difícil ejecución del proyecto tranvía en Cuenca. Civitic, 4, 25-34.

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   | 69.04 | 4.53  | 1.38  | 3.34  | 3.01  | nd    | 3.22  | 6.38  | 10.96 | 4.25  | 13.42 | 6.80  |
| 2   | 39.61 | 18.45 | nd    | 5.75  | 2.17  | nd    | 5.80  | 7.42  | 6.75  | 6.29  | 11.83 | 5.19  |
| 3   | 36.54 | 8.32  | 7.79  | 8.48  | 10.11 | nd    | 7.01  | 7.88  | 9.75  | 12.33 | 15.54 | 7.38  |
| 4   | 8.29  | 4.84  | 12.13 | 4.78  | 2.18  | nd    | 5.69  | 9.13  | 9.13  | 14.25 | 18.08 | 5.58  |
| 5   | 8.50  | 2.36  | 6.19  | 2.94  | 2.80  | nd    | 5.38  | 7.38  | 7.79  | 8.75  | 24.63 | 7.42  |
| 6   | 6.58  | 0.34  | 4.46  | 7.44  | 7.66  | 4.79  | 2.82  | 10.25 | 7.13  | 12.58 | 18.75 | 5.08  |
| 7   | 5.26  | 0.72  | 4.04  | 5.19  | nd    | 4.55  | nd    | 8.88  | 12.33 | 14.71 | 13.67 | 4.17  |
| 8   | 8.55  | 8.76  | 4.22  | 1.61  | 4.92  | 8.70  | 4.32  | 8.46  | 10.25 | 14.08 | 19.71 | 5.38  |
| 9   | 18.65 | 6.05  | 21.05 | 11.97 | 6.46  | 6.06  | 2.69  | 11.79 | 8.83  | 17.33 | 30.21 | 6.96  |
| 10  | 5.54  | 2.19  | 9.89  | 5.77  | 4.67  | 4.60  | 3.99  | 11.58 | 14.00 | 16.25 | 38.63 | 4.63  |
| 11  | 2.23  | 3.10  | 6.97  | 3.95  | 3.55  | 1.67  | 10.47 | 11.88 | 17.50 | 10.46 | 19.29 | 8.21  |
| 12  | 4.10  | 0.21  | 7.49  | 14.75 | 3.63  | 1.04  | 8.30  | 10.42 | 17.42 | 11.88 | 14.79 | 14.00 |
| 13  | 5.46  | 0.65  | 5.09  | 4.61  | 1.72  | 2.57  | 6.48  | 9.25  | 10.25 | 11.92 | 13.38 | 10.29 |
| 14  | 5.05  | 11.60 | 10.81 | 2.98  | 2.05  | 10.49 | 13.04 | 8.70  | 10.79 | 13.17 | 19.21 | 5.38  |
| 15  | 8.21  | 1.63  | 13.34 | 10.71 | 7.80  | 4.12  | 5.04  | 5.67  | 10.17 | 13.04 | 25.29 | 5.17  |
| 16  | 5.22  | 2.39  | 7.40  | 10.05 | 1.79  | 3.70  | 6.38  | 6.13  | 11.88 | 12.79 | 28.04 | 6.00  |
| 17  | 6.36  | 6.90  | 3.10  | 9.95  | 2.88  | 1.81  | 8.04  | 7.08  | 11.33 | 9.21  | 23.46 | 5.21  |
| 18  | 4.56  | 1.32  | 1.12  | 6.34  | 2.64  | 5.72  | 8.29  | 7.33  | 10.58 | 5.08  | 13.79 | 5.21  |
| 19  | nd    | 6.36  | 6.25  | nd    | nd    | 3.36  | 9.71  | 7.71  | 8.33  | 5.38  | 17.17 | 5.75  |
| 20  | 1.86  | 20.04 | 8.96  | nd    | nd    | 12.68 | 5.25  | 7.08  | 9.00  | 8.08  | 10.83 | 3.50  |
| 21  | 10.49 | 10.05 | 11.48 | 7.85  | 13.22 | 8.12  | 7.25  | 5.50  | 6.46  | 7.63  | 13.33 | 7.67  |
| 22  | 5.30  | 7.73  | 9.04  | 6.86  | 7.51  | 2.10  | 6.13  | 4.83  | 10.79 | 5.08  | 15.08 | 3.79  |
| 23  | 4.01  | 7.88  | 9.89  | 2.84  | nd    | 9.17  | 10.13 | 8.21  | 10.17 | 4.50  | 11.21 | 3.38  |
| 24  | 7.95  | 2.52  | 12.24 | 4.21  | nd    | 2.49  | 8.04  | 6.58  | 6.79  | 7.54  | 7.42  | 3.54  |
| 25  | 14.37 | 6.02  | 8.97  | 1.59  | nd    | 1.83  | 8.38  | 8.67  | 8.92  | 11.46 | 5.96  | 4.08  |
| 26  | 6.69  | 15.83 | 7.31  | 1.86  | nd    | 9.26  | 9.04  | 7.08  | 8.25  | 9.71  | 10.92 | 3.46  |
| 27  | 21.49 | 12.61 | 12.93 | 4.44  | nd    | 3.76  | 2.33  | 10.25 | 10.58 | 7.96  | 9.88  | 2.54  |
| 28  | 12.67 | 4.75  | 4.25  | 1.11  | nd    | 4.61  | 6.13  | 7.92  | 12.29 | 10.75 | 11.63 | 6.58  |
| 29  | 9.24  | 4.31  | 9.76  | 2.84  | nd    | 6.70  | 9.67  | 8.46  | 10.96 | 13.71 | 13.08 | 8.63  |
| 30  | 2.79  |       | 4.99  | 4.02  | nd    | 2.74  | 8.25  | 6.75  | 7.13  | 10.57 | 11.11 | 7.38  |
| 31  | 9.57  |       |       |       | nd    |       | 4.75  | 10.92 |       | 11.92 | 4.76  | 12.54 |
| Año | 8.51  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

nd: no hay dato.

Tabla A 1:  
Concentración promedio en 24 horas de MP<sub>2.5</sub> (µg/m³). Año 2020.

| Día | Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1   | 0.61 | 1.47 | 0.74 | 0.82 | 1.01 | 1.00 | 1.17 | 1.46 | 1.21 | 1.22 | nd   | 2.13 |
| 2   | 1.37 | 0.75 | 1.06 | 0.81 | 0.45 | 0.94 | 0.66 | 0.86 | 1.26 | 1.87 | nd   | 1.99 |
| 3   | 1.14 | 1.50 | 1.61 | 0.76 | 0.58 | 0.85 | 1.65 | 1.63 | 1.33 | 1.68 | 2.94 | 2.07 |
| 4   | 1.06 | 1.62 | 1.51 | 0.68 | 0.93 | 1.20 | 0.99 | 1.55 | 1.14 | 1.21 | 3.07 | 2.08 |
| 5   | 0.60 | 1.16 | 1.02 | 0.61 | 0.86 | 1.79 | 0.68 | 1.62 | 1.60 | 2.07 | 2.06 | 2.70 |
| 6   | 1.21 | 1.13 | 1.70 | 0.83 | 1.25 | 1.20 | 1.29 | 1.21 | 1.53 | 2.02 | 2.09 | 2.21 |
| 7   | 1.84 | 1.52 | 1.26 | 0.72 | 0.36 | 0.68 | 1.06 | 1.21 | 1.43 | 1.79 | 2.38 | 2.06 |
| 8   | 1.45 | 0.57 | 0.83 | 0.82 | 0.91 | 1.35 | 1.22 | 1.38 | 1.40 | 1.78 | 2.28 | 2.00 |
| 9   | 1.56 | 0.41 | 1.87 | 0.99 | 0.71 | 1.23 | 1.36 | 0.98 | 1.55 | 1.21 | 3.37 | 2.16 |
| 10  | 1.23 | 1.16 | 1.29 | 0.83 | 0.58 | 1.15 | 1.40 | 1.35 | 1.47 | 1.13 | 2.52 | 2.03 |
| 11  | 0.93 | 1.14 | 1.16 | 0.65 | 0.95 | 1.03 | 1.01 | 1.80 | 1.23 | 0.90 | 2.46 | 3.11 |
| 12  | 0.64 | 0.77 | 1.09 | 0.63 | 0.78 | 1.37 | 0.83 | 1.46 | 1.14 | 1.14 | 2.08 | 2.21 |
| 13  | 1.05 | 1.51 | 0.93 | 0.91 | 0.85 | 1.01 | 1.65 | 1.46 | 0.81 | 1.41 | 2.10 | 2.02 |
| 14  | 1.07 | 1.63 | 1.41 | 0.35 | 0.95 | 0.58 | 1.53 | 1.43 | 1.52 | 1.18 | 1.99 | 2.11 |
| 15  | 0.95 | 1.03 | 0.71 | 0.29 | 1.01 | 1.03 | 1.46 | 1.19 | 1.90 | 1.30 | 1.98 | 2.64 |
| 16  | 1.04 | 0.69 | 0.56 | 0.51 | 0.53 | 2.14 | 1.62 | 1.03 | 1.48 | 1.46 | 2.35 | 2.07 |
| 17  | 0.97 | 1.45 | 0.50 | 0.53 | 0.51 | 1.59 | 1.38 | 1.33 | 1.26 | 1.05 | 1.90 | 2.77 |
| 18  | 0.68 | 0.89 | 0.51 | 0.48 | 0.92 | 1.22 | 1.14 | 1.17 | 1.15 | 0.82 | 1.92 | 2.80 |
| 19  | 0.61 | 1.17 | 0.43 | 0.50 | 0.97 | 1.09 | 1.17 | 1.34 | 1.47 | 1.68 | 1.93 | 2.05 |
| 20  | 1.41 | 1.11 | 0.38 | 0.47 | 0.99 | 1.24 | 1.59 | 1.50 | 1.04 | 1.64 | 2.83 | 1.76 |
| 21  | 1.87 | 0.92 | 0.33 | 0.71 | 0.90 | 1.04 | 1.88 | 1.45 | 1.78 | 1.02 | 2.85 | 2.25 |
| 22  | 1.49 | 1.04 | nd   | 0.79 | 1.06 | 1.21 | 1.42 | 1.21 | 1.62 | 1.08 | 2.55 | 1.84 |
| 23  | 1.42 | 0.82 | 0.54 | 0.78 | 0.62 | 1.28 | 1.36 | 0.94 | 1.32 | 0.99 | 2.29 | 1.93 |
| 24  | 1.13 | 0.53 | 0.60 | 0.69 | 0.48 | 1.13 | 2.36 | 1.71 | 1.39 | nd   | 2.18 | 1.88 |
| 25  | 0.97 | 0.36 | 0.68 | 0.30 | 1.16 | 1.12 | 1.36 | 1.52 | 1.79 | nd   | 2.30 | 1.75 |
| 26  | 0.69 | 0.92 | 0.65 | 0.37 | 0.77 | 1.36 | 0.78 | 1.53 | 1.17 | 0.88 | 2.33 | 2.13 |
| 27  | 0.97 | 0.94 | 0.58 | 0.85 | 1.13 | 1.57 | 1.93 | 1.28 | 1.36 | 1.04 | 3.30 | 1.70 |
| 28  | 1.19 | 2.45 | 0.53 | 0.78 | 0.94 | 0.75 | 1.30 | 1.42 | 1.05 | 0.60 | 2.52 | 1.82 |
| 29  | 1.29 | 0.98 | 0.86 | 0.84 | 0.70 | 1.58 | 1.41 | 0.81 | 0.93 | nd   | 2.59 | 2.11 |
| 30  | 1.36 |      | 0.94 | 0.70 | 0.79 | 1.11 | 1.26 | 1.41 | 0.96 | nd   | 1.90 | 2.24 |
| 31  | 1.87 |      | 0.88 |      | 0.53 |      | 1.57 | 1.38 |      | nd   |      | 2.22 |
| Año | 1.30 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

nd: no hay dato.

**Tabla A 2:**  
Concentración máxima horaria de CO (mg/m³). Año 2020.

| Día | Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1   | 0.63 | 1.33 | 0.59 | 0.75 | 0.62 | 0.77 | 0.88 | 1.16 | 0.94 | 0.96 | nd   | 1.80 |
| 2   | 0.66 | 0.77 | 0.85 | 0.70 | 0.41 | 0.71 | 0.76 | 0.88 | 0.87 | 1.37 | nd   | 1.82 |
| 3   | 0.78 | 0.90 | 1.19 | 0.65 | 0.49 | 0.65 | 1.28 | 1.01 | 1.01 | 1.43 | 2.61 | 1.82 |
| 4   | 0.67 | 0.85 | 1.19 | 0.66 | 0.65 | 0.69 | 1.09 | 0.96 | 0.94 | 1.31 | 2.67 | 1.84 |
| 5   | 0.42 | 0.73 | 0.81 | 0.60 | 0.62 | 1.33 | 0.69 | 1.05 | 1.07 | 1.28 | 1.99 | 2.34 |
| 6   | 0.73 | 0.62 | 1.02 | 0.66 | 0.70 | 1.16 | 0.96 | 1.04 | 1.05 | 1.26 | 1.76 | 2.44 |
| 7   | 0.84 | 0.69 | 1.02 | 0.64 | 0.33 | 0.82 | 0.89 | 1.04 | 0.99 | 1.26 | 1.96 | 1.86 |
| 8   | 0.73 | 0.62 | 0.85 | 0.66 | 0.62 | 0.83 | 0.96 | 1.12 | 0.99 | 1.14 | 2.06 | 1.82 |
| 9   | 0.76 | 0.33 | 1.00 | 0.76 | 0.52 | 0.79 | 1.00 | 0.85 | 1.15 | 1.15 | 2.49 | 1.88 |
| 10  | 0.65 | 0.36 | 0.99 | 0.75 | 0.53 | 0.82 | 0.98 | 1.15 | 1.03 | 1.00 | 2.46 | 1.79 |
| 11  | 0.65 | 0.73 | 0.93 | 0.62 | 0.71 | 0.82 | 0.91 | 1.24 | 0.96 | 0.95 | 2.00 | 2.71 |
| 12  | 0.52 | 0.72 | 0.83 | 0.62 | 0.58 | 0.91 | 0.81 | 1.13 | 0.93 | 0.97 | 1.74 | 2.59 |
| 13  | 0.65 | 0.94 | 0.81 | 0.71 | 0.60 | 0.77 | 1.10 | 1.13 | 0.97 | 0.94 | 1.81 | 1.96 |
| 14  | 0.63 | 0.95 | 0.93 | 0.29 | 0.63 | 0.58 | 1.02 | 1.21 | 0.96 | 0.98 | 1.85 | 1.87 |
| 15  | 0.67 | 0.88 | 0.90 | 0.25 | 0.71 | 0.81 | 1.21 | 1.17 | 1.32 | 1.01 | 1.80 | 2.17 |
| 16  | 0.67 | 0.55 | 0.50 | 0.36 | 0.47 | 1.31 | 1.17 | 0.91 | 1.29 | 1.14 | 1.89 | 2.12 |
| 17  | 0.62 | 0.67 | 0.40 | 0.45 | 0.43 | 1.19 | 1.02 | 1.06 | 1.13 | 0.89 | 1.75 | 2.08 |
| 18  | 0.56 | 0.59 | 0.39 | 0.38 | 0.71 | 0.93 | 0.98 | 1.05 | 0.92 | 0.77 | 1.81 | 2.37 |
| 19  | 0.46 | 0.88 | 0.39 | 0.38 | 0.64 | 0.89 | 0.97 | 0.99 | 1.18 | 1.33 | 1.81 | 2.24 |
| 20  | 1.06 | 0.87 | 0.33 | 0.40 | 0.72 | 0.85 | 1.20 | 1.09 | 1.11 | 1.27 | 2.55 | 1.83 |
| 21  | 1.07 | 0.73 | 0.29 | 0.51 | 0.70 | 0.69 | 1.26 | 1.23 | 1.27 | 1.13 | 2.49 | 1.97 |
| 22  | 0.79 | 0.80 | nd   | 0.51 | 0.74 | 0.75 | 1.30 | 1.13 | 1.26 | 0.82 | 2.27 | 1.91 |
| 23  | 0.75 | 0.81 | 0.44 | 0.50 | 0.50 | 0.79 | 1.21 | 0.97 | 0.95 | 0.84 | 2.16 | 1.80 |
| 24  | 0.73 | 0.52 | 0.56 | 0.49 | 0.47 | 0.89 | 1.68 | 1.16 | 1.13 | nd   | 1.96 | 1.79 |
| 25  | 0.73 | 0.33 | 0.60 | 0.26 | 0.72 | 0.87 | 1.55 | 1.12 | 1.15 | nd   | 1.99 | 1.69 |
| 26  | 0.69 | 0.62 | 0.57 | 0.34 | 0.67 | 0.88 | 0.95 | 1.14 | 1.09 | 0.82 | 1.94 | 1.82 |
| 27  | 0.73 | 0.65 | 0.54 | 0.60 | 0.72 | 0.97 | 1.26 | 1.06 | 1.03 | 0.92 | 2.54 | 1.71 |
| 28  | 0.75 | 1.64 | 0.47 | 0.60 | 0.68 | 0.96 | 1.18 | 1.04 | 1.04 | 0.72 | 2.58 | 1.73 |
| 29  | 0.85 | 1.50 | 0.81 | 0.63 | 0.62 | 1.07 | 1.12 | 0.60 | 0.77 | nd   | 2.36 | 1.96 |
| 30  | 0.81 |      | 0.88 | 0.48 | 0.68 | 1.01 | 1.02 | 0.73 | 0.75 | nd   | 1.74 | 1.95 |
| 31  | 1.30 |      | 0.77 |      | 0.51 |      | 1.27 | 0.89 |      | nd   |      | 1.93 |
| Año | 1.04 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

nd: no hay dato.

**Tabla A 3:**  
Concentración máxima octohoraria de CO (mg/m³). Año 2020.

| Día | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May  | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
|-----|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | 4.70  | 14.23 | 7.59  | 3.68  | 2.81 | 5.01  | 7.16  | 6.49  | 6.34  | 7.33  | nd    | 9.45  |
| 2   | 5.13  | 6.00  | 5.59  | 4.26  | 1.77 | 9.51  | nd    | 6.93  | 13.08 | 12.06 | nd    | 6.75  |
| 3   | 5.77  | 11.19 | 7.66  | 6.52  | 1.56 | 6.64  | nd    | 5.20  | 11.68 | 8.68  | 2.88  | 5.57  |
| 4   | nd    | 10.70 | 11.84 | 7.02  | 0.67 | 11.98 | 6.23  | 11.02 | 8.21  | 7.22  | 7.24  | 4.99  |
| 5   | 3.81  | 7.68  | 7.89  | 4.61  | 2.17 | 15.34 | 6.62  | 10.20 | 7.45  | 11.01 | 5.40  | 9.01  |
| 6   | 4.39  | 9.98  | 6.74  | 10.57 | 2.99 | 8.12  | 8.22  | 10.39 | 4.39  | 11.31 | 4.47  | 9.49  |
| 7   | 4.70  | 8.66  | 9.42  | 6.76  | nd   | nd    | 5.59  | 11.49 | 4.43  | 8.08  | 6.96  | 5.74  |
| 8   | 7.83  | 6.09  | 9.31  | 7.51  | 5.14 | 10.53 | 6.89  | 12.91 | 6.36  | 13.10 | 10.67 | 5.42  |
| 9   | 10.63 | 3.48  | 14.22 | 5.52  | 1.47 | 10.76 | 13.44 | 13.96 | 9.36  | 12.89 | 14.77 | 5.02  |
| 10  | 11.22 | nd    | 8.70  | 5.77  | 3.10 | 9.04  | 9.04  | 7.42  | 8.78  | 5.87  | 7.21  | 3.32  |
| 11  | 10.70 | nd    | 5.21  | 2.79  | 1.98 | 6.08  | 6.44  | 6.50  | 6.91  | 7.05  | 12.88 | 8.80  |
| 12  | 11.67 | nd    | 7.13  | 3.24  | nd   | 7.79  | 6.04  | 6.95  | 7.12  | 8.62  | 6.50  | 15.82 |
| 13  | 13.13 | 12.19 | 5.28  | 1.52  | nd   | 6.00  | 10.74 | 9.33  | 5.16  | 10.08 | 7.41  | 8.87  |
| 14  | 12.25 | 10.44 | 5.44  | 1.29  | 2.85 | 4.68  | 11.49 | 6.16  | 7.77  | 7.26  | 9.28  | 8.97  |
| 15  | 8.46  | 10.08 | 7.51  | nd    | 3.46 | 12.81 | 11.91 | 12.15 | 7.71  | 12.04 | 9.68  | 5.01  |
| 16  | nd    | 10.09 | 4.01  | 2.76  | nd   | 7.80  | 11.62 | 5.37  | 9.18  | 12.15 | 9.73  | 6.13  |
| 17  | nd    | 14.08 | 2.68  | 3.65  | 6.25 | 7.25  | 10.83 | 3.60  | 9.84  | 8.63  | 5.27  | 9.72  |
| 18  | 9.74  | 4.60  | 3.71  | 2.96  | 6.65 | 14.17 | 13.35 | 2.60  | 6.95  | 6.05  | 4.94  | 7.42  |
| 19  | 6.99  | 9.94  | 5.55  | 2.68  | 5.61 | 6.71  | 8.69  | 6.09  | 6.21  | 6.57  | 4.89  | 13.98 |
| 20  | 10.01 | 6.32  | 2.67  | nd    | 5.73 | 7.39  | 12.07 | 7.78  | 9.87  | 10.18 | 10.78 | 5.68  |
| 21  | 17.16 | 3.96  | nd    | 4.50  | 6.73 | 5.79  | 7.92  | 13.33 | 10.77 | 9.29  | 11.98 | 4.78  |
| 22  | 6.04  | 7.15  | nd    | 2.31  | 6.68 | 6.28  | 8.58  | 15.01 | 8.06  | 9.31  | 9.42  | 3.53  |
| 23  | 4.18  | 4.73  | nd    | 2.61  | 9.87 | 9.04  | 6.49  | 10.63 | 9.95  | nd    | 12.26 | 3.43  |
| 24  | 5.25  | 4.76  | 3.96  | nd    | 7.96 | 14.75 | 6.51  | 11.20 | 8.75  | nd    | 7.08  | 3.08  |
| 25  | 4.61  | 2.66  | 5.08  | nd    | 8.71 | 4.32  | 10.44 | 14.36 | 7.14  | nd    | 8.88  | 3.01  |
| 26  | 4.63  | 5.76  | 3.56  | 0.83  | 6.26 | 6.00  | 5.62  | 14.04 | 9.90  | nd    | 8.38  | 4.26  |
| 27  | 4.28  | 4.48  | 2.84  | 2.39  | 4.53 | 8.10  | 5.49  | 11.82 | 6.45  | 6.36  | 11.87 | 3.52  |
| 28  | 3.74  | 14.17 | 5.56  | 2.04  | 6.37 | 12.40 | 12.71 | 12.26 | 7.83  | nd    | 13.26 | 3.38  |
| 29  | 4.90  | 10.29 | 4.77  | nd    | nd   | 10.87 | 12.76 | 8.04  | 7.54  | 0.58  | 11.00 | 8.88  |
| 30  | 7.07  |       | 8.74  | nd    | 3.13 | 8.05  | 7.29  | 6.06  | 6.27  | 2.54  | 7.27  | 5.06  |
| 31  | 7.13  |       | 5.73  |       | 4.54 |       | 8.65  | 0.00  |       | nd    |       | 10.62 |
| Año | 7.51  |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |

nd: no hay dato.

**Tabla A 3:**  
Concentración promedio en 24 horas de SO2 (µg/m³). Año 2020.

| Día | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct    | Nov   | Dic   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 1   | 22.99 | 49.10 | 28.91 | 11.14 | 17.17 | 30.13 | 34.72 | 31.55 | 58.47 | 46.10  | nd    | 38.86 |
| 2   | 28.70 | 33.04 | 39.83 | 16.77 | 11.62 | 22.96 | 20.87 | 23.89 | 56.45 | 61.58  | nd    | 50.77 |
| 3   | 45.43 | 43.83 | 39.88 | 20.63 | 15.62 | 22.82 | 45.35 | 31.85 | 55.49 | 62.95  | 37.88 | 36.08 |
| 4   | 25.74 | 42.56 | 29.69 | 13.13 | 16.99 | 31.24 | 23.51 | 49.78 | 48.53 | 44.09  | 67.25 | 41.12 |
| 5   | 19.62 | 41.18 | 30.47 | 8.47  | 12.77 | 56.83 | 16.00 | 48.41 | 54.69 | 83.64  | 44.85 | 42.36 |
| 6   | 33.06 | 57.21 | 48.51 | 11.80 | 34.11 | 27.71 | 39.34 | 42.72 | 61.37 | 100.23 | 45.82 | 43.68 |
| 7   | 40.47 | 43.81 | 41.28 | 13.26 | 9.09  | 17.47 | 29.79 | 39.25 | 48.97 | 84.96  | 68.10 | 39.25 |
| 8   | 54.55 | 33.10 | 36.74 | 16.56 | 21.96 | 35.69 | 45.39 | 55.76 | 59.37 | 88.64  | 77.45 | 38.48 |
| 9   | 49.76 | 25.11 | 50.85 | 22.23 | 13.83 | 33.79 | 38.38 | 37.96 | 78.44 | 59.43  | 87.82 | 49.37 |
| 10  | 32.41 | 51.51 | 41.43 | 10.95 | 15.21 | 41.94 | 48.94 | 47.87 | 62.26 | 59.99  | 74.43 | 30.38 |
| 11  | 33.06 | 37.83 | 38.80 | 11.13 | 27.02 | 38.46 | 28.87 | 53.03 | 50.23 | 45.08  | 95.26 | 74.99 |
| 12  | 31.27 | 37.81 | 34.92 | 6.85  | 13.82 | 62.84 | 25.42 | 30.08 | 50.69 | 60.85  | 49.52 | 64.71 |
| 13  | 33.19 | 50.13 | 27.90 | 9.53  | 27.17 | 32.36 | 56.69 | 33.18 | 30.23 | 56.71  | 57.05 | 38.12 |
| 14  | 31.24 | 51.27 | 43.09 | 9.83  | 20.68 | 12.70 | 36.91 | 34.73 | 60.35 | 56.44  | 56.50 | 43.50 |
| 15  | 30.98 | 49.38 | 19.43 | 8.57  | 29.30 | 27.12 | 55.46 | 25.79 | 70.48 | 53.43  | 52.80 | 48.15 |
| 16  | 37.43 | 32.35 | 18.20 | 15.98 | 12.06 | 34.41 | 51.50 | 28.96 | 76.15 | 54.88  | 49.84 | 40.69 |
| 17  | 36.76 | 36.17 | 13.87 | 18.01 | 14.91 | 36.58 | 43.25 | 30.93 | 41.34 | 35.63  | 31.18 | 42.28 |
| 18  | 25.61 | 34.34 | 21.59 | 16.91 | 19.67 | 34.88 | 39.30 | 25.70 | 54.91 | 23.17  | 43.65 | 47.68 |
| 19  | 25.15 | 49.14 | 21.48 | 14.95 | 18.48 | 28.38 | 43.17 | 36.44 | 44.09 | 66.59  | 42.37 | 28.46 |
| 20  | 38.05 | 37.44 | 9.30  | 19.53 | 20.88 | 26.00 | nd    | 33.14 | 48.60 | 50.89  | 69.70 | 24.20 |
| 21  | 27.98 | 39.61 | 8.95  | 18.99 | 19.78 | 28.55 | nd    | 46.30 | 66.63 | 37.44  | 64.98 | 49.85 |
| 22  | 27.83 | 42.78 | nd    | 20.98 | 28.61 | 26.83 | nd    | 32.66 | 52.33 | 39.02  | 54.56 | 30.09 |
| 23  | 28.37 | 33.44 | 6.19  | 19.80 | 16.31 | 30.91 | 37.90 | 16.40 | 47.28 | 30.99  | 49.17 | 29.14 |
| 24  | 38.98 | 26.40 | 15.45 | 13.96 | 13.95 | 38.13 | 50.85 | 63.69 | 69.28 | nd     | 50.35 | 26.09 |
| 25  | 44.05 | 16.88 | 14.40 | 5.22  | 23.99 | 36.79 | 33.23 | 38.75 | 56.12 | nd     | 54.78 | 21.59 |
| 26  | 29.55 | 38.10 | 16.35 | 5.84  | 23.97 | 32.21 | 17.08 | 52.05 | 55.38 | 25.34  | 59.09 | 39.77 |
| 27  | 35.09 | 44.61 | 13.21 | 27.75 | 22.52 | 41.32 | 41.86 | 40.02 | 58.73 | 32.26  | 93.78 | 20.83 |
| 28  | 25.99 | 59.48 | 9.16  | 23.36 | 20.97 | 21.63 | 42.32 | 38.04 | 44.60 | 29.91  | 66.95 | 24.44 |
| 29  | 41.85 | 26.98 | 10.62 | 25.15 | 17.67 | 53.71 | 41.47 | 35.39 | 51.38 | 36.21  | 41.05 | 50.24 |
| 30  | 33.43 |       | 19.76 | 18.83 | 17.47 | 43.42 | 31.14 | 57.99 | 31.34 | 62.07  | 33.47 | 50.14 |
| 31  | 62.61 |       | 16.42 |       | 10.02 |       | 47.80 | 64.33 |       | 33.26  |       | 41.61 |
| Año | 37.37 |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |       |

nd: no hay dato.

**Tabla A4:**  
Concentración máxima horaria de NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Año 2020.

| Día | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov    | Dic   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 1   | 45.24 | 44.84 | 64.63 | 52.98 | 35.88 | 41.14 | 53.03 | 57.83 | 57.94 | 63.86 | nd     | 66.67 |
| 2   | 45.70 | 47.32 | 47.49 | 50.79 | 37.38 | 51.39 | 35.77 | 64.18 | 65.82 | 65.01 | nd     | 64.21 |
| 3   | 42.18 | 52.73 | 44.50 | 54.83 | 39.49 | 56.70 | 50.77 | 54.61 | 62.06 | 61.43 | 100.83 | 64.29 |
| 4   | 66.16 | 49.54 | 42.22 | 47.67 | 37.23 | 48.37 | 52.94 | 75.71 | 67.95 | 67.14 | 95.31  | 54.12 |
| 5   | 51.66 | 62.24 | 45.88 | 41.91 | 37.96 | 34.09 | 61.86 | 63.08 | 59.96 | 60.39 | 93.85  | 46.29 |
| 6   | 58.02 | 62.34 | 39.45 | 46.61 | 41.64 | 50.22 | 49.79 | 53.20 | 75.55 | 75.80 | 85.40  | 57.50 |
| 7   | 68.58 | 62.25 | 42.31 | 42.45 | 32.50 | 39.93 | 59.37 | 55.90 | 76.91 | 91.38 | 83.74  | 54.85 |
| 8   | 64.02 | 62.12 | 56.34 | 54.13 | 35.79 | 44.39 | 48.88 | 65.52 | 66.77 | 79.94 | 102.15 | 57.91 |
| 9   | 49.53 | 59.25 | 54.72 | 48.59 | 37.58 | 57.15 | 47.06 | 65.66 | 72.86 | 97.02 | 56.56  | 62.77 |
| 10  | 40.99 | 37.54 | 62.68 | 55.22 | 41.34 | 57.68 | 54.49 | 57.04 | 88.97 | 99.24 | 95.66  | 76.36 |
| 11  | 47.44 | 19.35 | 50.07 | 50.56 | 50.88 | 65.36 | 60.27 | 54.51 | 78.73 | 95.11 | 89.31  | 68.71 |
| 12  | 37.68 | 20.27 | 45.55 | 47.41 | 31.24 | 71.11 | 69.77 | 50.86 | 75.73 | 82.49 | 90.89  | 70.75 |
| 13  | 37.73 | 47.28 | 50.45 | 53.66 | 27.90 | 58.03 | 61.00 | 39.82 | 71.03 | 86.77 | 102.77 | 62.17 |
| 14  | 43.04 | 58.54 | 45.48 | 50.75 | 53.48 | 44.97 | 56.23 | 40.12 | 66.12 | 86.64 | 119.73 | 53.30 |
| 15  | 41.78 | 62.46 | 71.69 | 46.08 | 45.37 | 37.60 | 57.73 | 42.29 | 55.96 | 77.85 | 106.90 | 56.64 |
| 16  | 47.30 | 56.72 | 65.37 | 61.16 | 39.42 | 36.59 | 67.81 | 70.90 | 77.04 | 54.27 | 86.31  | 56.57 |
| 17  | 42.02 | 52.63 | 62.07 | 66.78 | 39.47 | 49.38 | 66.20 | 66.81 | 73.46 | 61.57 | 74.43  | 48.39 |
| 18  | 38.57 | 51.84 | 72.25 | 57.38 | 36.58 | 52.43 | 59.63 | 72.83 | 65.24 | 78.75 | 86.89  | 44.05 |
| 19  | 35.68 | 41.38 | 71.82 | 46.81 | 35.57 | 39.40 | 63.95 | 78.92 | 56.93 | 62.09 | 83.40  | 52.60 |
| 20  | 35.84 | 54.04 | 56.19 | 44.96 | 37.43 | 36.59 | 46.53 | 59.44 | 64.49 | 52.92 | 68.18  | 59.18 |
| 21  | 47.73 | 59.15 | 57.36 | 47.08 | 38.47 | 44.38 | 55.89 | 55.27 | 68.09 | 53.78 | 73.80  | 56.69 |
| 22  | 53.33 | 61.46 | nd    | 47.94 | 39.73 | 50.54 | 45.16 | 64.91 | 72.53 | 61.32 | 70.17  | 58.75 |
| 23  | 65.54 | 65.89 | 71.78 | 43.49 | 41.38 | 46.37 | 61.66 | 69.61 | 62.87 | 55.59 | 50.93  | 57.55 |
| 24  | 62.99 | 60.89 | 90.13 | 44.89 | 38.56 | 50.75 | 40.78 | 65.20 | 55.18 | nd    | 58.70  | 63.35 |
| 25  | 49.41 | 69.49 | 75.86 | 36.89 | 37.39 | 49.77 | 43.64 | 61.90 | 70.46 | nd    | 66.18  | 73.89 |
| 26  | 66.29 | 55.53 | 75.72 | 64.31 | 43.72 | 45.78 | 56.67 | 63.78 | 76.82 | 77.83 | 88.15  | 64.66 |
| 27  | 62.55 | 57.88 | 75.29 | 49.81 | 47.26 | 51.81 | 46.22 | 78.49 | 82.28 | 72.57 | 63.43  | 61.95 |
| 28  | 53.36 | 47.64 | 77.84 | 49.84 | 51.88 | 59.58 | 47.74 | 64.43 | 75.61 | 79.81 | 55.86  | 60.74 |
| 29  | 54.28 | 61.03 | 87.66 | 52.60 | 36.49 | 52.84 | 40.60 | 76.04 | 65.76 | 71.42 | 69.69  | 73.34 |
| 30  | 57.78 |       | 81.54 | 35.25 | 40.11 | 56.96 | 45.67 | 76.70 | 55.84 | 68.64 | 63.13  | 63.55 |
| 31  | 65.04 |       | 57.76 |       | 45.00 |       | 43.39 | 64.70 |       | 27.64 |        | 60.59 |
| Año | 58.28 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |

nd: no hay dato.

Tabla A 5:  
Concentración máxima octohoraria de O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Año 2020.



REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA CCA

| Día | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | 13.42 | 19.83 | 9.17  | 3.13  | 4.71  | 3.25  | nd    | 9.52  | 8.50  | 9.46  | 16.25 | 9.57  |
| 2   | 7.68  | 12.63 | 7.92  | 2.83  | 4.95  | 7.75  | nd    | 9.62  | 12.83 | 14.58 | 22.00 | 8.21  |
| 3   | 8.00  | 14.46 | 9.17  | 5.25  | 3.92  | 12.71 | 5.67  | 9.88  | 12.04 | 16.42 | 21.75 | 8.61  |
| 4   | 11.42 | 15.75 | 10.71 | 6.50  | 13.54 | 8.46  | 4.68  | 9.00  | 10.26 | 11.04 | 26.00 | 7.13  |
| 5   | 4.92  | 15.08 | 7.67  | 3.50  | 7.75  | 2.21  | nd    | 13.75 | 8.71  | 14.94 | 21.13 | 9.33  |
| 6   | 10.63 | 17.83 | 6.50  | 2.25  | 4.38  | 3.29  | nd    | 12.79 | 15.50 | nd    | 17.83 | 6.96  |
| 7   | 10.25 | 15.83 | 3.83  | 4.63  | 5.21  | 3.75  | nd    | 9.96  | 12.96 | nd    | 17.50 | 6.78  |
| 8   | 19.42 | 12.04 | 3.96  | 3.67  | 3.21  | nd    | nd    | 12.71 | 11.29 | nd    | 30.42 | 8.83  |
| 9   | 17.92 | 6.29  | 21.00 | 5.00  | 2.83  | nd    | 8.55  | 9.79  | 16.25 | nd    | 42.17 | 8.00  |
| 10  | 14.63 | 20.92 | 10.00 | 5.21  | 10.50 | nd    | 7.95  | 13.67 | 17.29 | nd    | 26.04 | 5.67  |
| 11  | 8.75  | 27.46 | 6.71  | 1.79  | 4.33  | 12.76 | 5.65  | 12.92 | 18.00 | nd    | 15.88 | 10.08 |
| 12  | 11.21 | 23.50 | 8.18  | 4.79  | 2.92  | 12.83 | 5.76  | 10.17 | 13.04 | 53.00 | 14.67 | 14.25 |
| 13  | 9.21  | 26.08 | 3.78  | 3.13  | 5.42  | 12.04 | 8.13  | 9.29  | 12.83 | nd    | 19.33 | 12.79 |
| 14  | 7.96  | 25.67 | 11.04 | 2.71  | 7.88  | 3.92  | 6.96  | 5.88  | 13.25 | nd    | 25.79 | 8.83  |
| 15  | 7.00  | 20.00 | 13.46 | 2.92  | 4.13  | 5.50  | 6.33  | 9.14  | 16.63 | 11.30 | 28.17 | 6.83  |
| 16  | 10.38 | 12.46 | 7.29  | 6.21  | 2.13  | 6.46  | 9.26  | 11.67 | 14.00 | 9.58  | 22.38 | 7.75  |
| 17  | 9.43  | 18.65 | 3.13  | 9.79  | 3.25  | 7.42  | 9.74  | 10.84 | 10.54 | 6.13  | 14.29 | 8.50  |
| 18  | 5.04  | 15.75 | 1.86  | 7.67  | 3.08  | 7.46  | 9.46  | 8.67  | 9.38  | 5.71  | 16.83 | 7.75  |
| 19  | 8.58  | 14.46 | 5.54  | 7.17  | 3.67  | 5.17  | 4.71  | 7.96  | 9.86  | 8.04  | 12.71 | 5.58  |
| 20  | 10.46 | 13.42 | 8.83  | 12.17 | 4.08  | 2.71  | 10.09 | 7.33  | 7.33  | 9.68  | 17.00 | 4.29  |
| 21  | 8.42  | 9.08  | 11.17 | 16.63 | 5.33  | 2.42  | 8.36  | 7.38  | 11.21 | 8.04  | 19.83 | 5.08  |
| 22  | 5.96  | 6.67  | 7.79  | 14.58 | 5.25  | nd    | 10.83 | 10.25 | 11.42 | 6.54  | 17.92 | 4.58  |
| 23  | 7.38  | 7.00  | 10.13 | 8.17  | 6.42  | 3.67  | 8.29  | 8.95  | 5.46  | 8.38  | 12.17 | 4.48  |
| 24  | 12.38 | 4.67  | 12.71 | 5.96  | 2.79  | 10.91 | 11.63 | 9.46  | 9.79  | 12.73 | 8.83  | 4.71  |
| 25  | 12.21 | 9.50  | 8.75  | 3.00  | 3.25  | 9.30  | 9.33  | 9.50  | 9.33  | 10.58 | 14.00 | 4.09  |
| 26  | 13.88 | 7.50  | 8.00  | 4.17  | 4.38  | 5.29  | 4.30  | 12.43 | 11.25 | 7.25  | 13.04 | 3.64  |
| 27  | 8.00  | 10.21 | 13.42 | 6.08  | 4.42  | 6.50  | 8.17  | 11.96 | 15.41 | 10.24 | 17.67 | 3.24  |
| 28  | 7.50  | 14.80 | 5.25  | 8.17  | 3.50  | nd    | 11.91 | 9.75  | 12.54 | 9.50  | 19.50 | 6.00  |
| 29  | 11.08 | 9.87  | 8.08  | 10.42 | 5.13  | nd    | 9.38  | 8.86  | 8.46  | 9.21  | 10.17 | 7.38  |
| 30  | 13.38 |       | 6.75  | 6.58  | 3.67  | nd    | 6.67  | 14.54 | 5.83  | 13.63 | 7.08  | 9.33  |
| 31  | 19.29 |       | 5.58  |       | 3.33  |       | 8.00  | 13.92 |       | 12.21 |       | 13.42 |
| Año | 10.00 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

nd: no hay dato.

Tabla A 6:  
Concentración promedio en 24 horas de MP<sub>2.5</sub> (µg/m³). Año 2020.

REGISTROS DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA CCA

| Día | Ene  | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul   | Ago  | Sep   | Oct   | Nov   | Dic  |
|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 1   |      |     |     |     |     |     |       | 1.74 | 4.40  | 3.38  | 3.74  | 3.49 |
| 2   |      |     |     |     |     |     |       | 2.80 | 7.46  | 4.14  | 7.63  | 2.55 |
| 3   |      |     |     |     |     |     |       | 3.08 | 6.06  | 7.91  | 9.32  | 3.42 |
| 4   |      |     |     |     |     |     |       | 4.39 | 7.56  | 5.21  | 15.57 | 2.42 |
| 5   |      |     |     |     |     |     |       | 9.22 | 2.95  | 6.38  | 10.68 | 5.05 |
| 6   |      |     |     |     |     |     |       | 3.97 | 5.89  | 6.73  | 9.12  | 4.43 |
| 7   |      |     |     |     |     |     |       | 2.29 | 7.46  | 6.76  | 8.37  | 3.37 |
| 8   |      |     |     |     |     |     |       | 5.39 | 4.62  | 8.88  | 18.30 | 2.63 |
| 9   |      |     |     |     |     |     | 7.75  | 7.45 | 7.85  | 10.18 | 24.37 | 2.53 |
| 10  |      |     |     |     |     |     | 6.18  | 7.79 | 12.35 | 5.22  | 10.47 | 3.14 |
| 11  |      |     |     |     |     |     | 3.32  | 7.89 | 12.21 | 3.14  | 5.80  | 3.55 |
| 12  |      |     |     |     |     |     | 2.81  | 5.38 | 5.97  | 4.76  | 6.86  | 9.48 |
| 13  |      |     |     |     |     |     | 4.64  | 6.47 | 5.20  | 6.08  | 10.39 | 7.76 |
| 14  |      |     |     |     |     |     | 4.84  | 2.79 | 6.81  | 8.12  | 13.85 | 3.39 |
| 15  |      |     |     |     |     |     | 3.88  | 2.77 | 6.59  | 6.65  | 18.04 | 2.85 |
| 16  |      |     |     |     |     |     | 4.11  | 1.74 | 8.26  | 3.72  | 16.09 | 2.78 |
| 17  |      |     |     |     |     |     | 5.26  | 2.33 | 8.29  | 3.03  | 9.55  | 2.52 |
| 18  |      |     |     |     |     |     | 5.21  | 3.06 | 4.83  | 2.23  | 9.41  | 3.44 |
| 19  |      |     |     |     |     |     | 3.41  | 5.39 | 5.18  | 2.92  | 8.90  | 3.41 |
| 20  |      |     |     |     |     |     | 7.32  | 3.85 | 1.46  | 4.59  | 9.11  | 1.61 |
| 21  |      |     |     |     |     |     | 3.37  | 2.67 | 5.07  | 1.71  | 11.98 | 1.68 |
| 22  |      |     |     |     |     |     | 10.60 | 3.96 | 5.53  | 1.87  | 10.33 | 1.63 |
| 23  |      |     |     |     |     |     | 7.55  | 3.79 | 2.85  | 1.83  | 5.03  | 1.52 |
| 24  |      |     |     |     |     |     | 4.76  | 2.64 | 2.19  | 3.13  | 3.83  | 3.03 |
| 25  |      |     |     |     |     |     | 6.09  | 2.57 | 1.38  | 5.15  | 3.04  | 1.52 |
| 26  |      |     |     |     |     |     | 3.58  | 3.05 | 2.37  | 1.85  | 3.44  | 1.45 |
| 27  |      |     |     |     |     |     | 2.84  | 3.99 | 4.22  | 4.93  | 7.64  | 1.57 |
| 28  |      |     |     |     |     |     | 5.57  | 4.06 | 7.11  | 5.96  | 7.63  | 2.40 |
| 29  |      |     |     |     |     |     | 6.32  | 3.72 | 3.73  | 5.69  | 4.43  | 2.14 |
| 30  |      |     |     |     |     |     | 6.08  | 3.82 | 2.41  | 5.45  | 2.55  | 3.77 |
| 31  |      |     |     |     |     |     | 3.55  | 5.67 |       | 4.56  |       | 7.46 |
| Año | 5.44 |     |     |     |     |     |       |      |       |       |       |      |

nd: no hay dato.

Tabla A 6:  
Concentración promedio en 24 horas de MP<sub>2.5</sub> (µg/m³). Año 2020.

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                  |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       | 48.05 | 19.79 |
| 2                  |       |       |       |     |       |       |       |       | 39.70 | 48.14 |       |       |
| 3                  |       |       |       |     |       |       |       | 21.98 |       |       |       |       |
| 4                  |       |       |       |     |       | 30.54 | 22.26 |       |       |       |       |       |
| 5                  |       | 42.34 |       |     | 23.56 |       |       |       |       |       |       |       |
| 6                  | 19.78 |       | 51.92 |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7                  |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       | 37.43 | 22.09 |
| 8                  |       |       |       |     |       |       |       |       | 33.36 | 55.05 |       |       |
| 9                  |       |       |       |     |       |       |       | 25.78 |       |       |       |       |
| 10                 |       |       |       |     |       | 35.29 | 37.63 |       |       |       |       |       |
| 11                 |       | 26.78 |       |     | 25.42 |       |       |       |       |       |       |       |
| 12                 | 19.19 |       | 34.70 |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 13                 |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       | 44.76 | 32.63 |
| 14                 |       |       |       |     |       |       |       |       | 17.15 | 49.14 |       |       |
| 15                 |       |       |       |     |       |       |       | 28.73 |       |       |       |       |
| 16                 |       |       |       |     |       | 22.67 | 42.99 |       |       |       |       |       |
| 17                 |       | 26.30 |       |     | 15.83 |       |       |       |       |       |       |       |
| 18                 | 27.61 |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 19                 |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       | 25.32 | 18.53 |
| 20                 |       |       |       |     |       |       |       |       | 22.77 | 26.30 |       |       |
| 21                 |       |       |       |     |       |       |       | 28.36 |       |       |       |       |
| 22                 |       |       |       |     |       | 23.44 | 25.83 |       |       |       |       |       |
| 23                 |       | 17.71 |       |     | 21.77 |       |       |       |       |       |       |       |
| 24                 | 32.80 |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 25                 |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       | 50.47 | 12.73 |
| 26                 |       |       |       |     |       |       |       |       | 16.13 | 22.84 |       |       |
| 27                 |       |       |       |     |       |       |       | 31.83 |       |       |       |       |
| 28                 |       |       |       |     |       | 20.41 | 25.97 |       |       |       |       |       |
| 29                 |       | 29.01 |       |     | 16.62 |       |       |       |       |       |       |       |
| 30                 | 31.27 |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 31                 |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       | 49.31 |
| Media del año 2020 |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       | 29.77 |

nd: no hay dato.

**Tabla B 1:**  
Material particulado menor a 10 micras (MP<sub>10</sub>) del año 2020 (µg/m³). Estación Carlos Arizaga Vega (CCA).

| Día                | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 30.40 | 18.74 |
| 2                  |       |       |       |       |       |       |       |       | 27.22 | 35.74 |       |       |
| 3                  |       |       |       |       |       |       |       | 22.54 |       |       |       |       |
| 4                  |       |       |       |       |       | 25.23 | 29.60 |       |       |       |       |       |
| 5                  |       | 28.35 |       | 18.11 | 15.30 |       |       |       |       |       |       |       |
| 6                  | 20.47 |       | 30.26 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 41.49 | 15.77 |
| 8                  |       |       |       |       |       |       |       |       | 13.66 | 39.45 |       |       |
| 9                  | 18.58 |       |       |       |       |       |       | 26.56 |       |       |       |       |
| 10                 |       |       |       |       |       | 23.19 | 25.19 |       |       |       |       |       |
| 11                 |       | 15.50 |       | 12.51 | 18.53 |       |       |       |       |       |       |       |
| 12                 |       |       | 23.76 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 13                 | 19.46 |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 29.31 | 19.36 |
| 14                 |       |       |       |       |       |       |       |       | 15.13 | 35.54 |       |       |
| 15                 |       |       |       |       |       |       |       | 18.00 |       |       |       |       |
| 16                 | 21.97 |       |       |       |       | 21.49 | 28.99 |       |       |       |       |       |
| 17                 |       | 18.59 |       | 20.65 | 8.04  |       |       |       |       |       |       |       |
| 18                 |       |       | 21.36 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 19                 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 27.75 | 17.60 |
| 20                 | 27.65 |       |       |       |       |       |       |       | 12.42 | 19.59 |       |       |
| 21                 |       |       |       |       |       |       |       | 21.72 |       |       |       |       |
| 22                 |       |       |       |       |       | 17.46 | 26.37 |       |       |       |       |       |
| 23                 |       | 17.51 |       | 18.11 | 14.67 |       |       |       |       |       |       |       |
| 24                 |       |       | 23.30 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 25                 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 25.28 | 9.75  |
| 26                 |       |       |       |       |       |       |       |       | 15.75 | 23.22 |       |       |
| 27                 |       |       |       |       |       |       |       | 24.51 |       |       |       |       |
| 28                 |       |       |       |       |       | 20.41 | 22.85 |       |       |       |       |       |
| 29                 |       | 23.35 |       | 20.34 | 18.73 |       |       |       |       |       |       |       |
| 30                 |       |       | 24.52 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 31                 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 43.49 |
| Media del año 2020 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 22.47 |

nd: no hay dato.

**Tabla B 2:**  
Material particulado menor a 10 micras (MP<sub>10</sub>) del año 2020 (µg/m<sup>3</sup>). Estación Municipio (MUN).

| Día                | Ene   | Feb   | Mar   | Abr | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
|--------------------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1                  |       |       | 60.3  |     |       |       |       |       |       |       | 37.53 | 25.45 |
| 2                  |       |       |       |     |       |       |       |       | 28.62 | 40.03 |       |       |
| 3                  |       |       |       |     |       |       |       | 24.41 |       |       |       |       |
| 4                  |       |       |       |     |       | 24.67 | 42.56 |       |       |       |       |       |
| 5                  |       | 38.05 |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 6                  | 37.68 |       | 38.94 |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7                  |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       | 48.87 | 20.88 |
| 8                  |       |       |       |     |       |       |       |       | 19.10 | 43.69 |       |       |
| 9                  |       |       |       |     |       |       |       | 26.01 |       |       |       |       |
| 10                 |       |       |       |     |       | 16.62 | 40.23 |       |       |       |       |       |
| 11                 |       | 25.63 |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 12                 | 18.59 |       | 35.47 |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 13                 |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       | 53.50 | 30.91 |
| 14                 |       |       |       |     |       |       |       |       | 16.80 | 43.39 |       |       |
| 15                 |       |       |       |     |       |       |       | 20.75 |       |       |       |       |
| 16                 |       |       |       |     |       | 16.00 | 37.52 |       |       |       |       |       |
| 17                 |       | 20.26 |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 18                 | 24.27 |       |       |     | 14.10 |       |       |       |       |       |       |       |
| 19                 |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       | 34.45 | 21.54 |
| 20                 |       |       |       |     |       |       |       |       | 22.93 | 28.80 |       |       |
| 21                 |       |       |       |     |       |       |       | 25.39 |       |       |       |       |
| 22                 |       |       |       |     |       | 30.92 | 49.30 |       |       |       |       |       |
| 23                 |       | 24.27 |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 24                 | 29.56 |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 25                 |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       | 21.95 | 12.24 |
| 26                 |       |       |       |     |       |       |       |       | 17.22 | 29.54 |       |       |
| 27                 |       |       |       |     |       |       |       | 31.80 |       |       |       |       |
| 28                 |       |       |       |     |       |       | 26.98 |       |       |       |       |       |
| 29                 |       | 33.20 |       |     | 15.96 | 25.44 |       |       |       |       |       |       |
| 30                 | 36.00 |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 31                 |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       | 50.56 |
| Media del año 2020 |       |       |       |     |       |       |       |       |       |       |       | 29.57 |

nd: no hay dato.

Tabla B 3:  
Material particulado menor a 10 micras (MP<sub>10</sub>) del año 2020 (µg/m<sup>3</sup>). Estación Escuela Ignacio Escandón (EIE).

| Código | Ene  | Feb  | COVID-19 | May  | Jun  | Jul  | Ago   | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  |
|--------|------|------|----------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| EVI    | 0.04 | 0.06 | 0.06     | 0.04 | 0.08 | 0.05 | 0.045 | 0.11 | 0.09 | 0.17 | 0.08 |
| MEA    | 0.15 | 0.18 | 0.10     | 0.06 | 0.07 | 0.12 | 0.194 | 0.17 | 0.13 | 0.14 | 0.13 |
| ODO    | 0.08 | 0.10 | 0.11     | 0.06 | 0.20 | 0.26 | 0.085 | 0.19 | 0.12 | 0.12 | 0.13 |
| CHT    | 0.11 | 0.09 | N/D      | 0.87 | N/D  | 0.16 | 0.194 | 0.09 | 0.06 | 0.12 | 0.21 |
| TET    | 0.07 | 0.16 | 0.03     | 0.65 | 0.10 | 0.17 | 0.194 | 0.08 | 0.07 | 0.17 | 0.17 |
| MUN    | 0.04 | 0.06 | 0.06     | 0.07 | 0.13 | 0.10 | 0.244 | 0.21 | 0.06 | 0.14 | 0.11 |
| EIE    | 0.16 | 0.09 | 0.06     | 0.19 | 0.08 | 0.12 | 0.134 | 0.13 | 0.06 | 0.17 | 0.12 |
| CRB    | 0.05 | 0.20 | 0.06     | 0.20 | 0.07 | 0.08 | 0.119 | 0.11 | 0.07 | 0.09 | 0.11 |
| BAL    | 0.18 | 0.14 | 0.06     | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.204 | 0.19 | 0.15 | 0.08 | 0.13 |
| EIA    | 0.17 | 0.18 | 0.03     | 0.05 | 0.10 | 0.03 | 0.194 | 0.11 | 0.15 | 0.08 | 0.11 |
| CCA    | 0.08 | 0.12 | 0.83     | 0.96 | 0.14 | 0.34 | 0.338 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.32 |
| ECC    | 0.15 | 0.20 | 0.24     | 0.20 | 0.10 | 0.03 | 0.234 | 0.07 | 0.17 | 0.18 | 0.16 |
| EHS    | 0.31 | 0.37 | N/D      | 0.18 | 0.46 | 0.20 | 0.612 | 0.48 | 0.29 | 0.21 | 0.35 |
| BCB    | 0.28 | 0.22 | 0.16     | 0.26 | 0.19 | 0.15 | 0.408 | 0.31 | 0.22 | 0.51 | 0.27 |
| MAN    | 0.07 | 0.07 | 0.10     | 0.04 | 0.08 | 0.07 | 0.184 | 0.10 | 0.11 | 0.06 | 0.09 |
| CEB    | 0.28 | 0.14 | 0.10     | 0.05 | 0.10 | 0.16 | 0.269 | 0.08 | 0.19 | 0.10 | 0.15 |
| MIS    | 0.12 | 0.11 | 0.07     | 0.09 | 0.06 | 0.19 | 0.234 | 0.12 | 0.16 | 0.19 | 0.14 |

N/D: No hay dato/registro

**Tabla B 4:**  
Partículas sedimentables (mg/cm<sup>2</sup> durante 30 días). Año 2020.



| Código | Ene   | Feb   | Mar   | COVID-19 | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
|--------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EVI    | 22.13 | 22.56 | 25.54 | 6.72     | 12.54 | 11.32 | 18.57 | 24.74 | 15.90 | 30.48 | 20.70 |
| MEA    | 28.90 | 24.41 | 23.28 | 7.90     | 12.20 | 13.32 | 20.31 | 24.49 | 9.41  | 28.82 | 25.57 |
| ODO    | 20.71 | 25.54 | 26.87 | 6.24     | 16.50 | 17.82 | 23.76 | 17.35 | 21.81 | 23.99 | 23.13 |
| CHT    | 24.43 | 27.79 | 23.44 | N/D      | 8.06  | 18.40 | 15.91 | 16.10 | 16.21 | 27.54 | 28.43 |
| TET    | 29.22 | 32.11 | 37.20 | 7.60     | 16.75 | 21.84 | 19.53 | 12.57 | 19.63 | 34.15 | 31.88 |
| MUN    | 24.90 | 28.96 | 26.82 | 7.31     | 20.82 | 19.56 | 25.51 | 16.40 | 15.68 | 26.40 | 31.35 |
| EIE    | 24.02 | 26.26 | 25.72 | 7.93     | 16.39 | 20.89 | 24.65 | 26.67 | 18.94 | 24.80 | 20.89 |
| CRB    | 18.97 | 19.86 | 23.71 | 5.21     | 11.51 | 13.38 | 23.08 | 18.38 | 19.61 | 17.02 | 22.42 |
| BAL    | 23.78 | 24.57 | 22.28 | 7.55     | 16.16 | 16.42 | 22.75 | 18.23 | 15.11 | 23.51 | 19.37 |
| EIA    | 23.03 | 27.69 | 21.57 | 4.84     | 16.85 | 20.93 | 26.04 | 15.88 | 17.65 | 24.78 | 26.08 |
| CCA    | 26.45 | 23.30 | 29.19 | 8.04     | 18.96 | 20.86 | 29.08 | 22.02 | 20.04 | 30.03 | 26.76 |
| ECC    | 23.65 | 28.57 | 20.42 | 7.78     | 12.57 | 19.03 | 25.29 | 18.65 | 17.30 | 26.15 | 32.09 |
| EHS    | 24.38 | 21.31 | 18.56 | N/D      | 36.85 | 15.21 | 19.41 | 12.04 | 13.84 | 25.88 | 23.80 |
| BCB    | 39.82 | 35.04 | 54.22 | 10.58    | 32.62 | 31.73 | 34.24 | 30.85 | 28.04 | 47.99 | 39.16 |
| LAR    | 34.79 | 38.27 | 35.31 | 10.16    | 25.05 | 29.41 | 33.34 | 26.51 | 24.91 | 38.59 | 36.14 |
| VEG    | 39.71 | 47.99 | 47.63 | 13.87    | 31.10 | 30.14 | 40.16 | 30.75 | 22.45 | 37.61 | 35.15 |
| MAN    | 24.04 | 23.92 | 18.28 | 6.86     | 15.76 | 15.92 | 24.20 | 17.37 | 14.23 | 24.42 | 21.14 |
| CEB    | 23.50 | 27.02 | 21.86 | 7.62     | 15.77 | 22.32 | 23.82 | 18.88 | 17.09 | 26.91 | 21.83 |
| MIS    | 18.18 | 19.37 | 21.28 | 6.85     | 15.91 | 15.25 | 23.07 | 18.01 | 14.08 | 17.97 | 21.76 |

N/D: No hay dato/registro

Tabla B 5:  
Dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Año 2020.

| Código     | Ene  | Feb   | Mar   | Abr | May | Jun | Jul | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
|------------|------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>EVI</b> | 3.27 | 3.67  | 2.04  | N/D | N/D | N/D | N/D | 2.40  | 2.46  | 5.24  | N/D   | 0.99  |
| <b>MEA</b> | 5.75 | 10.88 | 9.01  | N/D | N/D | N/D | N/D | 3.14  | 0.35  | 0.20  | 4.70  | 0.42  |
| <b>ODO</b> | 3.14 | 2.99  | 0.68  | N/D | N/D | N/D | N/D | 3.31  | 0.35  | 0.00  | 11.36 | 0.28  |
| <b>CHT</b> | 4.98 | 6.80  | 5.55  | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D   | 2.80  | 1.01  | 3.62  | 3.66  |
| <b>TET</b> | 2.35 | 2.86  | 18.02 | N/D | N/D | N/D | N/D | 8.67  | 3.50  | 1.21  | 0.29  | 2.53  |
| <b>MUN</b> | 3.79 | 4.76  | 1.36  | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.84  | 26.98 | 3.23  | 2.84  | 6.75  |
| <b>EIE</b> | 4.45 | 5.98  | 8.08  | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.29  | 1.23  | 0.81  | 1.86  | 1.97  |
| <b>CRB</b> | 4.84 | 7.07  | 6.55  | N/D | N/D | N/D | N/D | 5.53  | 2.80  | 0.20  | 0.00  | 0.70  |
| <b>BAL</b> | 9.02 | 15.23 | 5.87  | N/D | N/D | N/D | N/D | 10.13 | 3.69  | 6.65  | 2.35  | 1.97  |
| <b>EIA</b> | 4.58 | 5.85  | 0.85  | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.48  | 1.05  | 6.45  | 2.64  | 0.70  |
| <b>CCA</b> | 4.44 | 5.85  | 3.83  | N/D | N/D | N/D | N/D | 0.55  | 9.46  | 14.79 | 3.62  | 7.59  |
| <b>ECC</b> | 7.71 | 12.38 | 5.27  | N/D | N/D | N/D | N/D | 3.13  | 5.96  | 1.01  | 4.60  | 1.41  |
| <b>EHS</b> | 4.84 | 8.03  | 6.04  | N/D | N/D | N/D | N/D | 2.40  | 1.58  | 1.21  | 0.78  | 14.20 |
| <b>BCB</b> | 6.93 | 11.02 | 22.19 | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.48  | 3.33  | 10.07 | 3.82  | 0.14  |
| <b>LAR</b> | 1.96 | 0.41  | 2.55  | N/D | N/D | N/D | N/D | 4.24  | 2.45  | 7.46  | 5.09  | 3.37  |
| <b>VEG</b> | 3.14 | 4.22  | 4.08  | N/D | N/D | N/D | N/D | 3.87  | 0.53  | 2.22  | 0.29  | 1.55  |
| <b>MAN</b> | 3.40 | 3.81  | 1.36  | N/D | N/D | N/D | N/D | 0.00  | 0.00  | 0.81  | 2.55  | 7.45  |
| <b>CEB</b> | 6.14 | 5.30  | 1.87  | N/D | N/D | N/D | N/D | 0.18  | 1.92  | 3.25  | 1.96  | 5.06  |
| <b>MIS</b> | 2.22 | 2.86  | 0.09  | N/D | N/D | N/D | N/D | 3.50  | 0.70  | 2.22  | 0.20  | 2.81  |

N/D: No hay dato/registro

**Tabla B 6:**  
Dióxido de azufre SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Año 2020.

| Código | Ene   | Feb   | Mar   | Abr | May | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic    |
|--------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| EVI    | 42.64 | 42.97 | 34.79 | N/D | N/D | 20.82 | 21.21 | 19.78 | 40.15 | 39.23 | 19.26 | 41.13  |
| MEA    | 40.82 | 37.98 | 34.98 | N/D | N/D | 21.12 | 22.71 | 21.14 | 17.69 | 52.12 | 13.78 | 60.46  |
| ODO    | 47.16 | 43.50 | 40.20 | N/D | N/D | 33.56 | 41.00 | 44.99 | 45.25 | 33.90 | 43.55 | 53.57  |
| CHT    | 49.17 | 45.27 | N/D   | N/D | N/D | 33.81 | 45.44 | 29.79 | 38.80 | 59.09 | 47.90 | 35.25  |
| TET    | 48.44 | 34.34 | 27.27 | N/D | N/D | 35.23 | 41.16 | 23.97 | 36.58 | 68.46 | 49.69 | 63.35  |
| MUN    | 45.45 | 43.73 | 31.87 | N/D | N/D | 33.84 | 37.72 | 44.62 | 37.55 | 55.51 | 36.13 | 55.97  |
| EIE    | 39.93 | 34.37 | 32.09 | N/D | N/D | 27.99 | 39.11 | 35.54 | 35.64 | 53.26 | 44.94 | 50.24  |
| CRB    | 45.92 | 43.02 | 23.54 | N/D | N/D | 35.79 | 34.18 | 32.71 | 34.26 | 51.84 | 48.12 | 56.21  |
| BAL    | 42.96 | 44.79 | 35.36 | N/D | N/D | 33.22 | 36.52 | 40.15 | 35.96 | 54.01 | 42.64 | 48.71  |
| EIA    | 44.45 | 44.94 | 31.92 | N/D | N/D | 31.24 | 40.12 | 41.78 | 39.73 | 54.12 | 40.19 | 39.84  |
| CCA    | 46.21 | 46.31 | 30.66 | N/D | N/D | 27.46 | 33.96 | 42.69 | 38.59 | 50.26 | 47.94 | 50.58  |
| ECC    | 39.80 | 41.24 | 31.47 | N/D | N/D | 27.92 | 37.00 | 42.97 | 31.63 | 47.18 | 33.69 | 56.96  |
| EHS    | 45.85 | 46.95 | N/D   | N/D | N/D | 4.16  | 34.60 | 26.30 | 31.97 | 43.49 | 29.52 | 51.59  |
| CEB    | 41.85 | 45.45 | 33.27 | N/D | N/D | 28.93 | 33.11 | 37.72 | 41.40 | 45.95 | 41.80 | 28.25  |
| ICT    | 61.64 | 67.00 | 45.16 | N/D | N/D | 44.87 | 49.67 | 60.14 | 59.39 | 79.27 | 65.51 | 118.84 |
| MAN    | 40.10 | 44.08 | 36.86 | N/D | N/D | 34.63 | 35.26 | 42.65 | 42.98 | 54.60 | 47.16 | 48.34  |
| MIS    | 41.11 | 42.64 | 35.53 | N/D | N/D | 32.84 | 37.30 | 38.06 | 38.74 | 47.53 | 44.86 | 54.12  |

N/D: No hay dato/registro

Tabla B 7:  
Ozono (µg/m³). Año 2020.

| Código     | Ene  | Feb  | Mar  | Abr | May | Jun | Jul | Ago  | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  |
|------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| <b>EVI</b> | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | 0.35 | LD   | 0.28 | LD   | 1.27 |
| <b>MEA</b> | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | LD   | LD   | LD   | 0.59 | LD   |
| <b>ODO</b> | LD   | LD   | 0.18 |     |     |     |     | 0.46 | LD   | LD   |      | LD   |
| <b>CHT</b> | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | LD   | LD   | LD   | 0.44 | 0.66 |
| <b>TET</b> | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | LC   | LC   | 0.31 | 0.21 | 0.70 |
| <b>MUN</b> | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | 0.94 | LD   | LD   | 0.69 | 0.30 |
| <b>EIE</b> | LD   | 0.99 | LD   |     |     |     |     | 0.46 | LD   | LD   | LD   | 0.42 |
| <b>CRB</b> | LD   | 1.65 | LD   |     |     |     |     | LD   | LC   | LC   | LD   | 0.63 |
| <b>BAL</b> | 0.21 | 1.94 | LD   |     |     |     |     | 0.42 | 0.59 | LD   | 0.36 | 0.78 |
| <b>EIA</b> | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | 0.33 | LD   | LD   | LD   | 0.37 |
| <b>CCA</b> | 0.85 | 2.69 | LC   |     |     |     |     | 0.49 | LD   | LD   | 0.72 | 0.78 |
| <b>ECC</b> | 2.26 | LD   | LC   |     |     |     |     | LD   | LC   | LD   | 0.78 | LD   |
| <b>EHS</b> | 0.99 | LD   | LC   |     |     |     |     | 0.59 | LD   | 0.44 | 0.17 | 0.15 |
| <b>BCB</b> | 0.14 | 0.51 | 0.26 |     |     |     |     | 1.42 | 3.20 | 0.93 | 1.32 | 1.32 |
| <b>LAR</b> | LD   | LD   | 0.26 |     |     |     |     | LC   | 2.59 | LD   | 1.54 | LD   |
| <b>VEG</b> | LD   | 1.62 | 0.36 |     |     |     |     | 0.94 | 1.13 | LD   | 1.25 | 1.14 |
| <b>MAN</b> | 0.68 | LD   | LD   |     |     |     |     | 1.11 | LD   | 1.37 | LD   | LD   |
| <b>CEB</b> | LD   | 2.24 | LD   |     |     |     |     | LD   | LD   | LD   | LC   | 0.40 |
| <b>MIS</b> | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | 0.90 | LD   | 0.34 | LD   | LD   |

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

**Tabla B 8:**  
Benceno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Año 2020.

| Código | Ene  | Feb  | Mar  | Abr | May | Jun | Jul | Ago  | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  |
|--------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| EVI    | LD   | LD   | 0.29 |     |     |     |     | 0.92 | 0.16 | LD   | LD   | 1.18 |
| MEA    | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | LD   | LD   | LD   | 1.49 | 0.84 |
| ODO    | LD   | 1.08 | LD   |     |     |     |     | LD   | LC   | LD   |      | LD   |
| CHT    | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | LD   | 0.33 | LD   | 1.23 | LD   |
| TET    | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | 0.99 | 0.49 | 0.46 | 1.24 | LD   |
| MUN    | LD   | LD   | 0.25 |     |     |     |     | LD   | 0.30 | LD   | 1.05 | LD   |
| EIE    | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | 1.02 | 0.40 | LD   | LD   | LD   |
| CRB    | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | LD   | 0.37 | LD   | LD   | LD   |
| BAL    | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | 1.85 | 0.50 | LD   | 1.07 | 1.75 |
| EIA    | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | 1.07 | LD   | LD   | LD   | LD   |
| CCA    | 0.86 | LD   | 0.60 |     |     |     |     | 1.06 | 0.26 | LD   | 2.53 | LD   |
| ECC    | 1.41 | LD   | LD   |     |     |     |     | LD   | LD   | LD   | 1.91 | LD   |
| EHS    | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | 1.14 | LD   | LD   | 2.22 | LD   |
| BCB    | LD   | LD   | LD   |     |     |     |     | 1.20 | 1.70 | 0.62 | 1.88 | 1.21 |
| LAR    | LD   | LD   | 0.21 |     |     |     |     | 0.99 | 2.45 | LD   | 2.92 | 1.16 |
| VEG    | LD   | LD   | 0.29 |     |     |     |     | 0.88 | 2.06 | LD   | 2.52 | 1.19 |
| MAN    | LD   | 1.11 | 0.40 |     |     |     |     | LD   | 0.20 | LD   | 1.30 | LD   |
| CEB    | LD   | 1.16 | 0.34 |     |     |     |     | 0.81 | 0.78 | LD   | 1.30 | LD   |
| MIS    | LD   | LD   | 0.35 |     |     |     |     | 1.27 | LD   | LD   | 1.82 | LD   |

Límite de detección LD (µg/m3) : 0.039. Límite de cuantificación LC (µg/m3) : 0.118

Tabla B 9:  
Tolueno (µg/m³). Año 2020.

| Código | Ene  | Feb | Mar  | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep  | Oct | Nov  | Dic |
|--------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|
| EVI    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| MEA    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| ODO    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| CHT    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| TET    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| MUN    | LD   | LD  | 0.16 |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| EIE    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| CRB    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| BAL    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| EIA    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| CCA    | 0.65 | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| ECC    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| EHS    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| BCB    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| LAR    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | 0.90 | LD  |
| VEG    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| MAN    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |
| CEB    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | 0.53 | LD  | LD   | LD  |
| MIS    | LD   | LD  | LD   |     |     |     |     | LD  | LD   | LD  | LD   | LD  |

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

**Tabla B 10:**  
Etilbenceno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Año 2020.

| Código | Ene  | Feb  | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep  | Oct  | Nov  | Dic |
|--------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|
| EVI    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| MEA    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| ODO    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| CHT    | 2.12 | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| TET    | 0.97 | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | 0.30 | 0.20 | LD   | LD  |
| MUN    | LD   | 0.36 | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| EIE    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| CRB    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| BAL    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| EIA    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| CCA    | 0.34 | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| ECC    | 1.98 | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| EHS    | 2.29 | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | LD   | LD  |
| BCB    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | 1.10 | 0.53 | LD   | LD  |
| LAR    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | LD   | 0.32 | LD  |
| VEG    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | 0.48 | LD   | LD   | LD  |
| MAN    | 0.95 | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | LD   | 0.31 | LD   | LD  |
| CEB    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | 0.52 | LD   | LD   | LD  |
| MIS    | LD   | LD   | LD  |     |     |     |     | LD  | 0.22 | 0.13 | LD   | LD  |

Límite de detección LD (µg/m³) : 0.044. Límite de cuantificación LC (µg/m³) : 0.134

Tabla B 11:  
MP-Xilenos (µg/m³). Año 2020.



| Código | Ene  | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| EVI    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| MEA    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LC  |
| ODO    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| CHT    | 0.96 | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LC  | LD  | LD  | LC  |
| TET    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| MUN    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| EIE    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| CRB    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| BAL    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| EIA    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| CCA    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| ECC    | 2.55 | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| EHS    | 1.60 | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| BCB    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |
| LAR    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LC  |
| VEG    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  |     | LD  |
| MAN    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LC  |
| CEB    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LC  |
| MIS    | LD   | LD  | LD  |     |     |     |     | LD  | LD  | LD  | LD  | LD  |

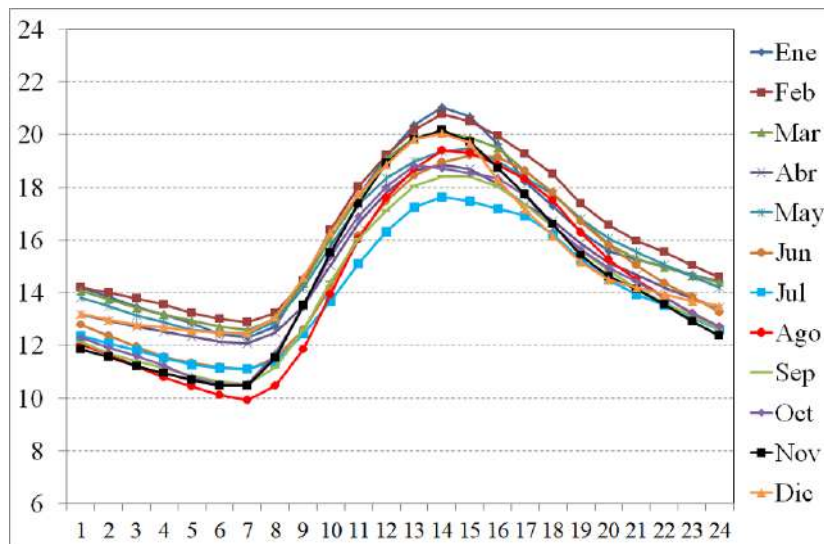
Límite de detección LD ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) : 0.071. Límite de cuantificación LC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) : 0.217

**Tabla B 12:**  
O-Xilenos ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Año 2020.

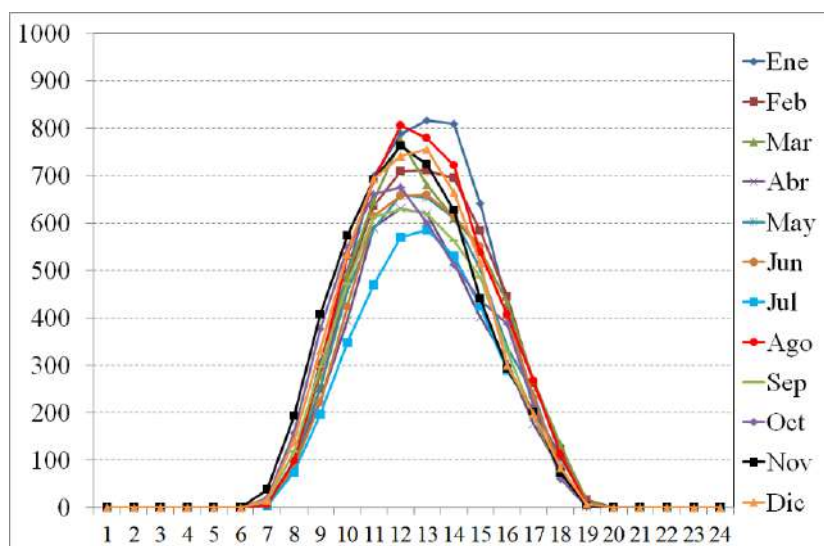
REGISTROS  
METEOROLÓGICOS  
DE LA ESTACIÓN  
AUTOMÁTICA  
MUN. AÑO 2020

Anexo

C

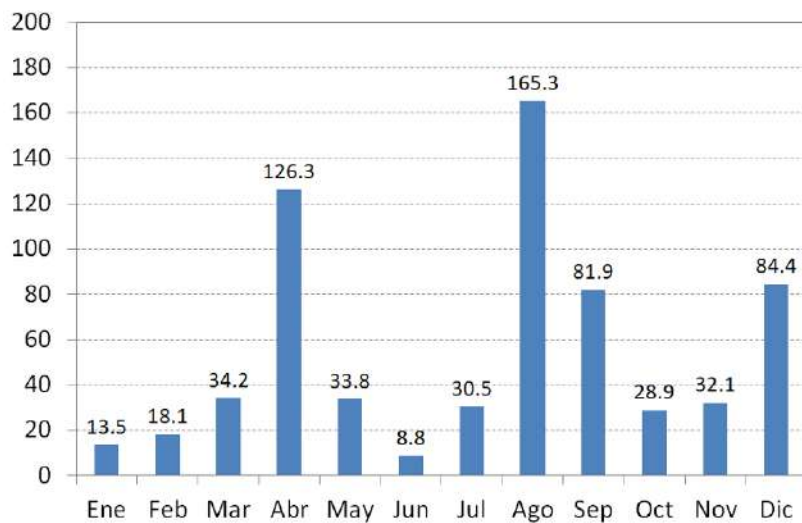


**Figura C 1:**  
Perfiles promedio diarios de la temperatura por mes (°C).

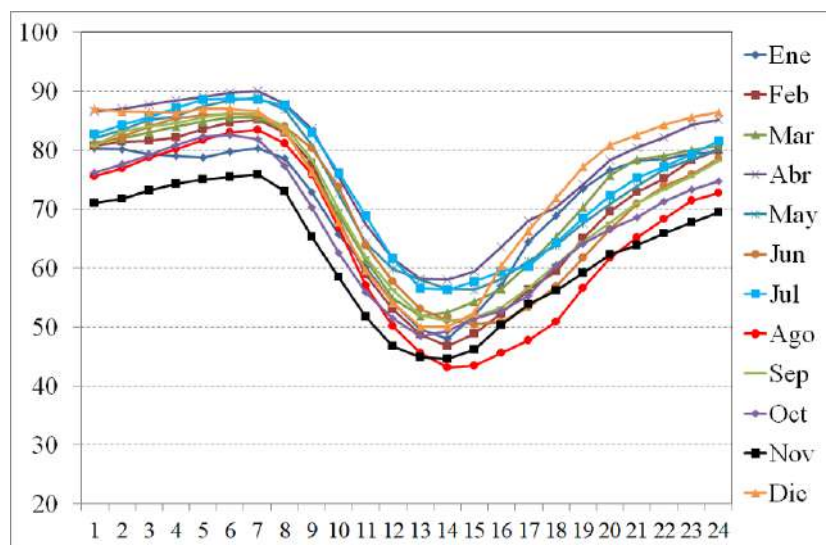


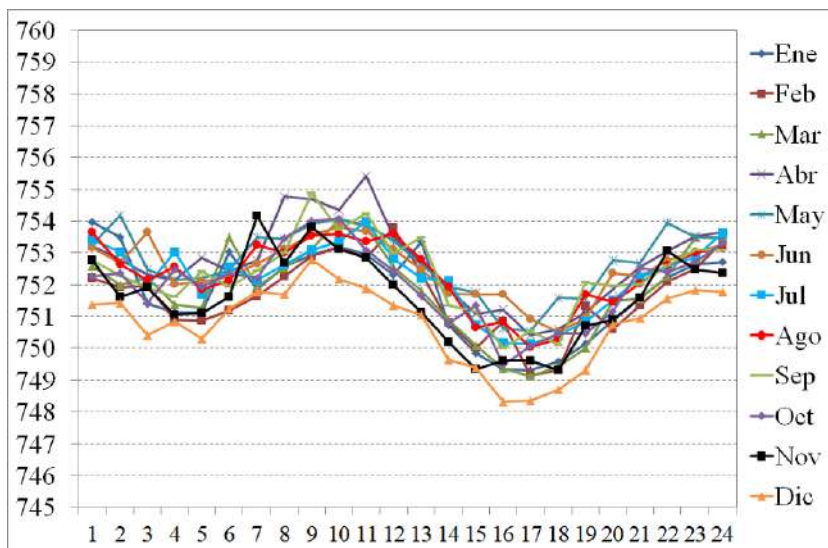
**Figura C 2:**  
Perfiles promedio diarios de la radiación solar global por mes (W m<sup>-2</sup>)

**Figura C 3:**  
Precipitación mensual (mm  
mes<sup>-1</sup>)

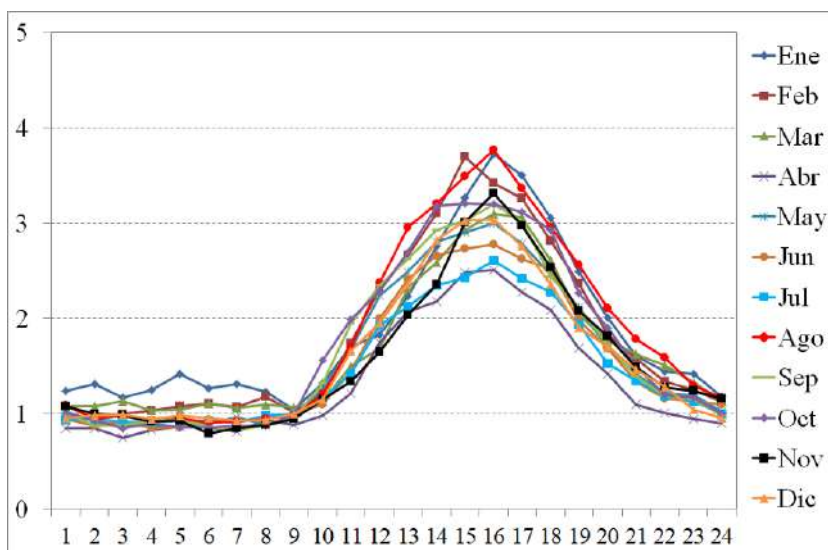


**Figura C 4:**  
Perfiles promedio diarios  
de la humedad relativa por  
mes (%).





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

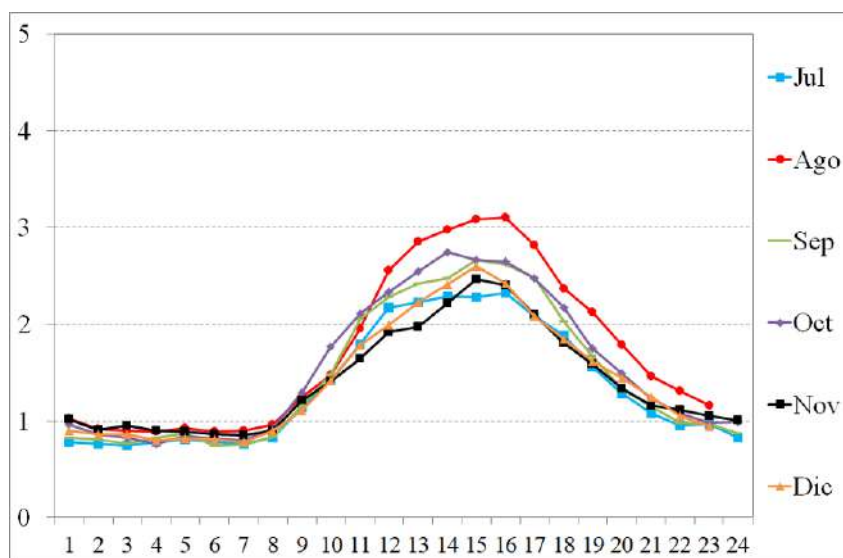


**Figura C 6:**  
Perfiles promedio diarios de  
la velocidad del viento por  
mes (m s<sup>-1</sup>).

# Anexo

REGISTROS  
METEOROLÓGICOS  
DE LA ESTACIÓN  
AUTOMÁTICA EIE.  
AÑO 2020.

# D



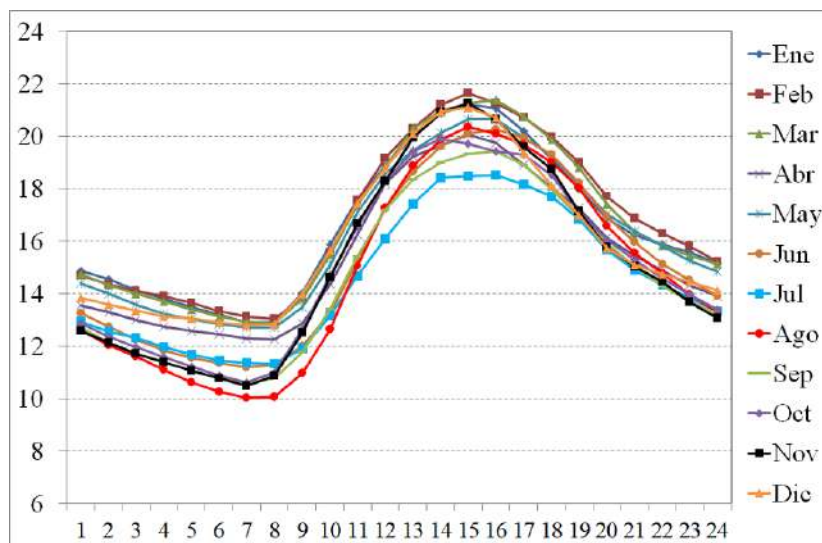
**Figura D 1:**  
Perfiles promedio diarios de la temperatura por mes (°C)

# Anexo

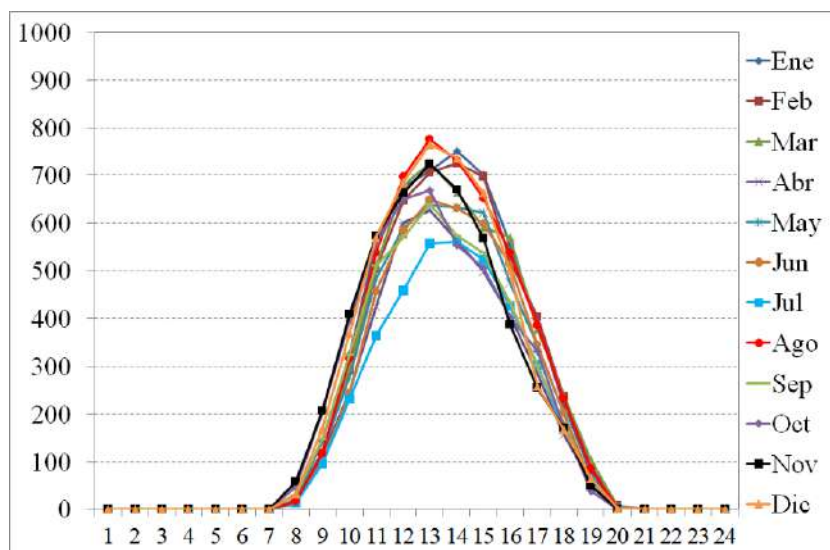
REGISTROS  
METEOROLÓGICOS  
DE LA ESTACIÓN  
AUTOMÁTICA CEA  
(UNIVERSIDAD DE  
CUENCA).  
AÑO 2020.





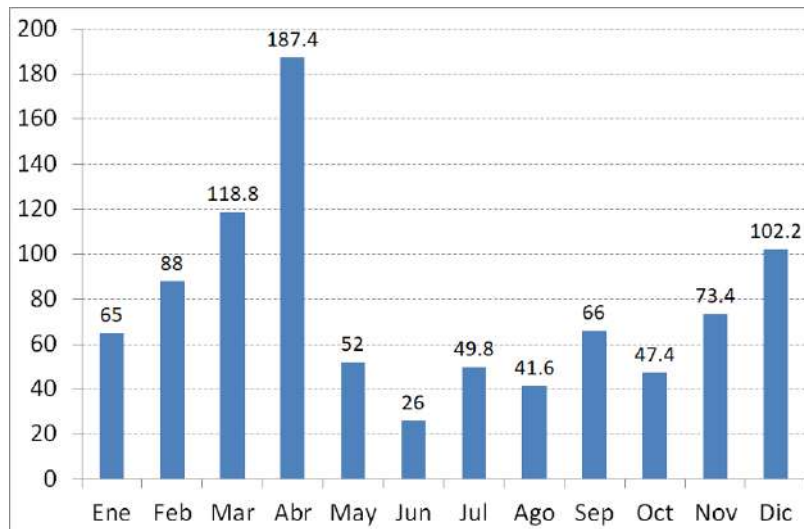


**Figura E 1:**  
Perfiles promedio diarios de la temperatura por mes (°C)

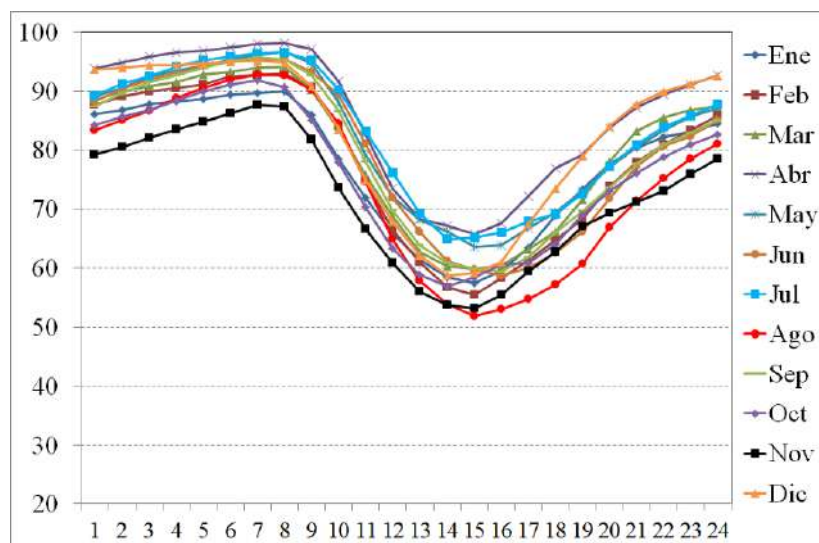


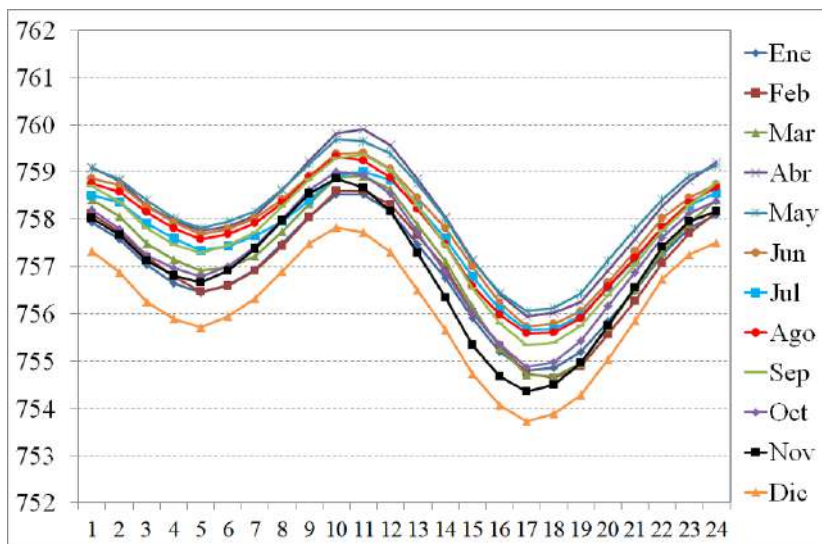
**Figura E 2:**  
Perfiles promedio diarios de la radiación solar global por mes ( $W m^{-2}$ )

**Figura E 3:**  
Precipitación mensual (mm mes<sup>-1</sup>)

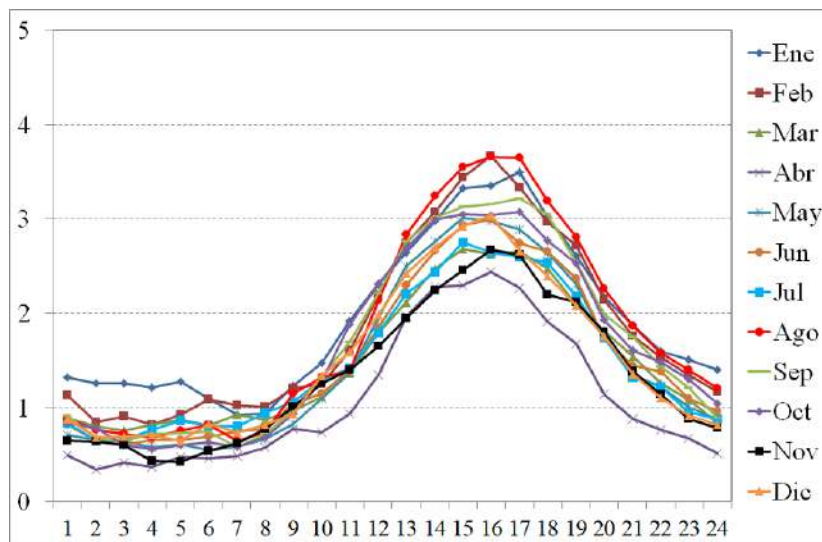


**Figura E 4:**  
Perfiles promedio diarios de la humedad relativa por mes (%)





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



**Figura E 6:**  
Perfiles promedio diarios de la velocidad del viento por mes ( $m s^{-1}$ ).

# Anexo

RESULTADOS DE  
LA SIMULACIÓN  
METEOROLÓGICA  
PARA EL AÑO  
2020 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 2020, 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.

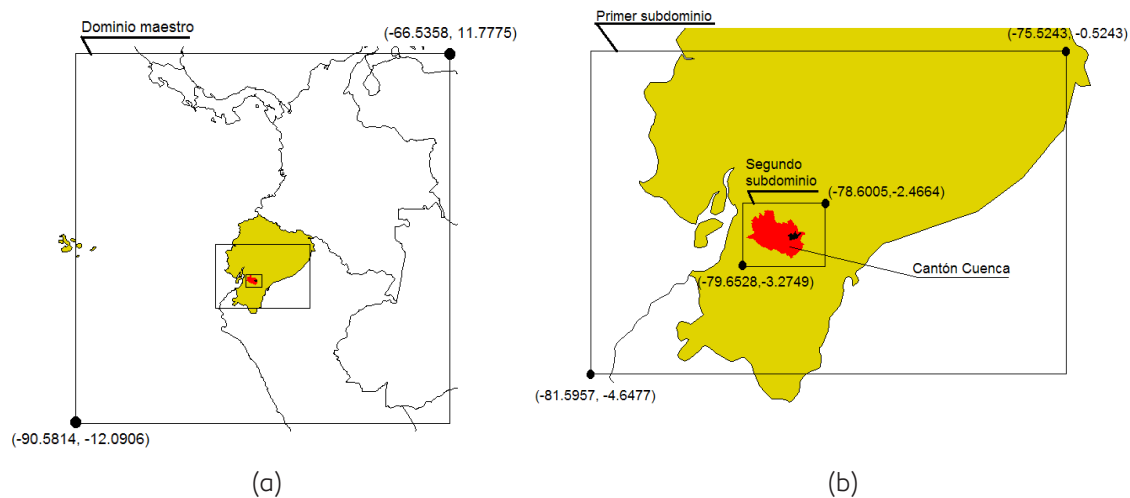
Las simulaciones numéricas se desarrollaron por medio de un dominio maestro y dos subdominios anidados, con resoluciones espaciales de 27 x 27 km. 9 x 9 km y 3 x 3 km respectivamente (Figura

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.

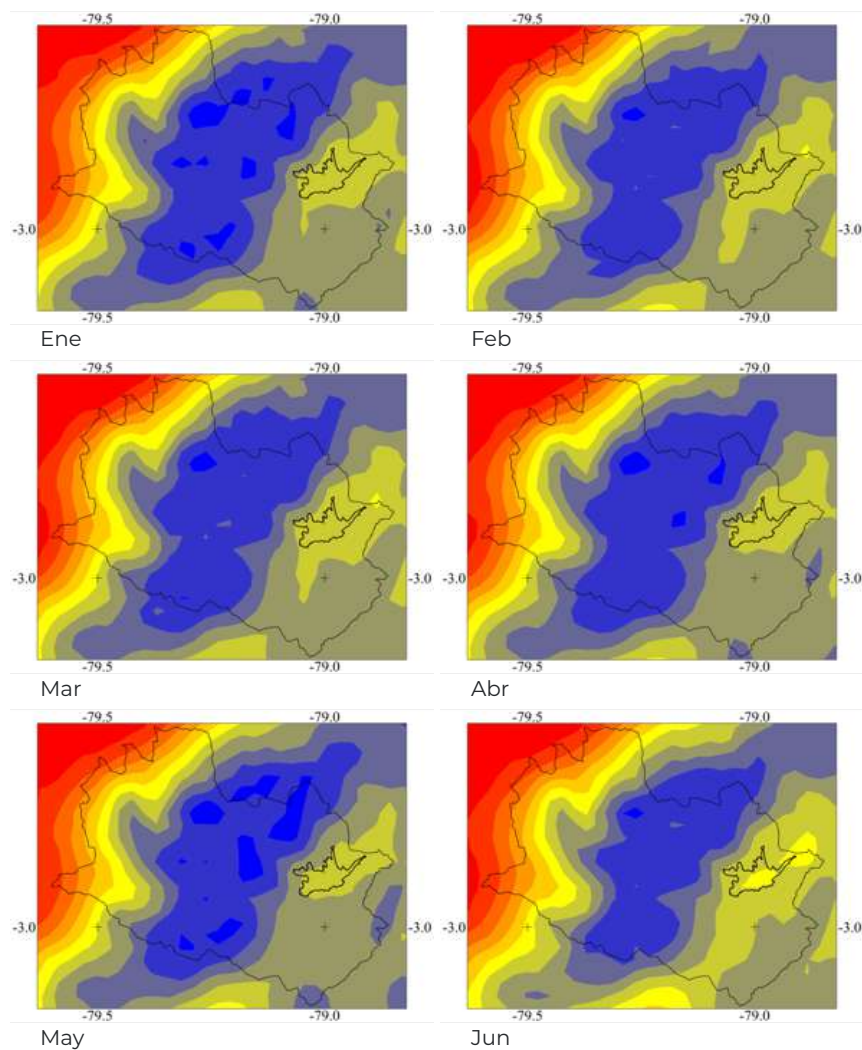
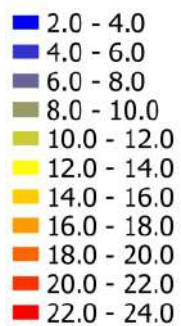


**Figura F 1:**  
Dominios de simulación para el Cantón Cuenca utilizando el modelo meteorológico Weather Research Forecasting (WRF) versión 3.7.1. (a) Dominio maestro (celdas de 27 km). (b) Subdominios anidados (celdas de 9 km para el primer subdominio, celdas de 3 km para el segundo subdominio)

| 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                  | WRF Single-Moment 5-class scheme |
| ra_lw_physis                                              | 4                  | RRTMG scheme                     |
| ra_sw_physics                                             | 4                  | RRTMG shortwave                  |
| sf_sfclay_physics                                         | 91                 | MM5 similarity                   |
| sf_surface_physics                                        | 1                  | 5-layer thermal diffusion:       |
| bl_pbl_physics                                            | 1                  | Yonsei University scheme         |
| cu_physics                                                | 1                  | Kain-Fritsch scheme              |

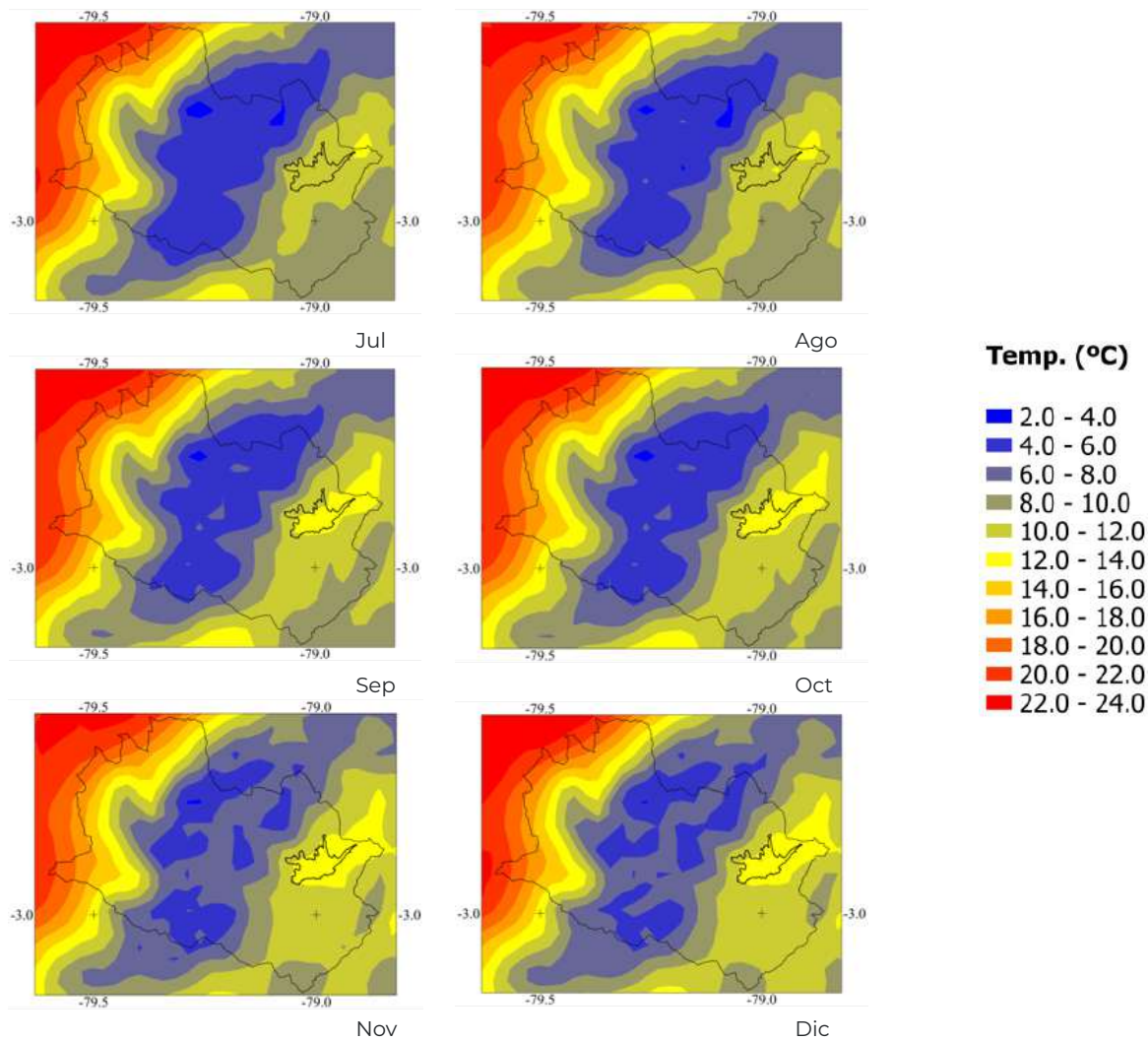
**Tabla E 1:**  
Parámetros de simulación meteorológica para el Cantón Cuenca.

**Temp. (°C)**



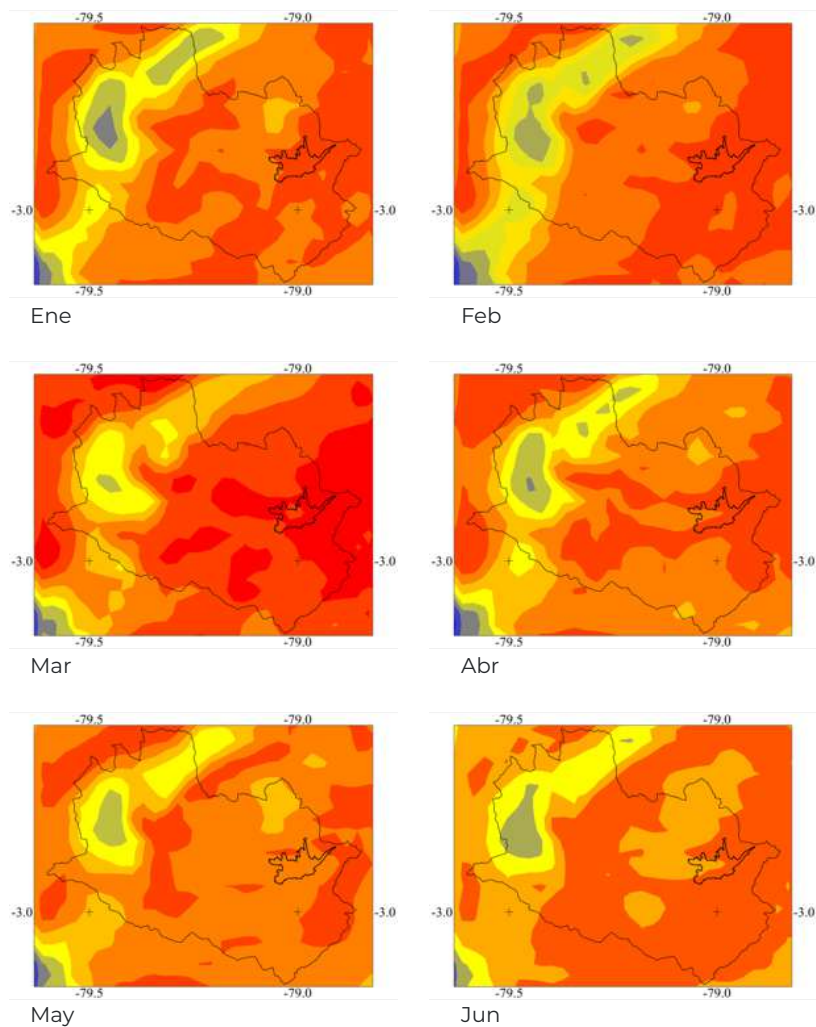
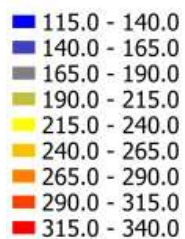
**Figura F 2:**  
Valor promedio de la temperatura en superficie (°C) . Enero – junio de 2020.



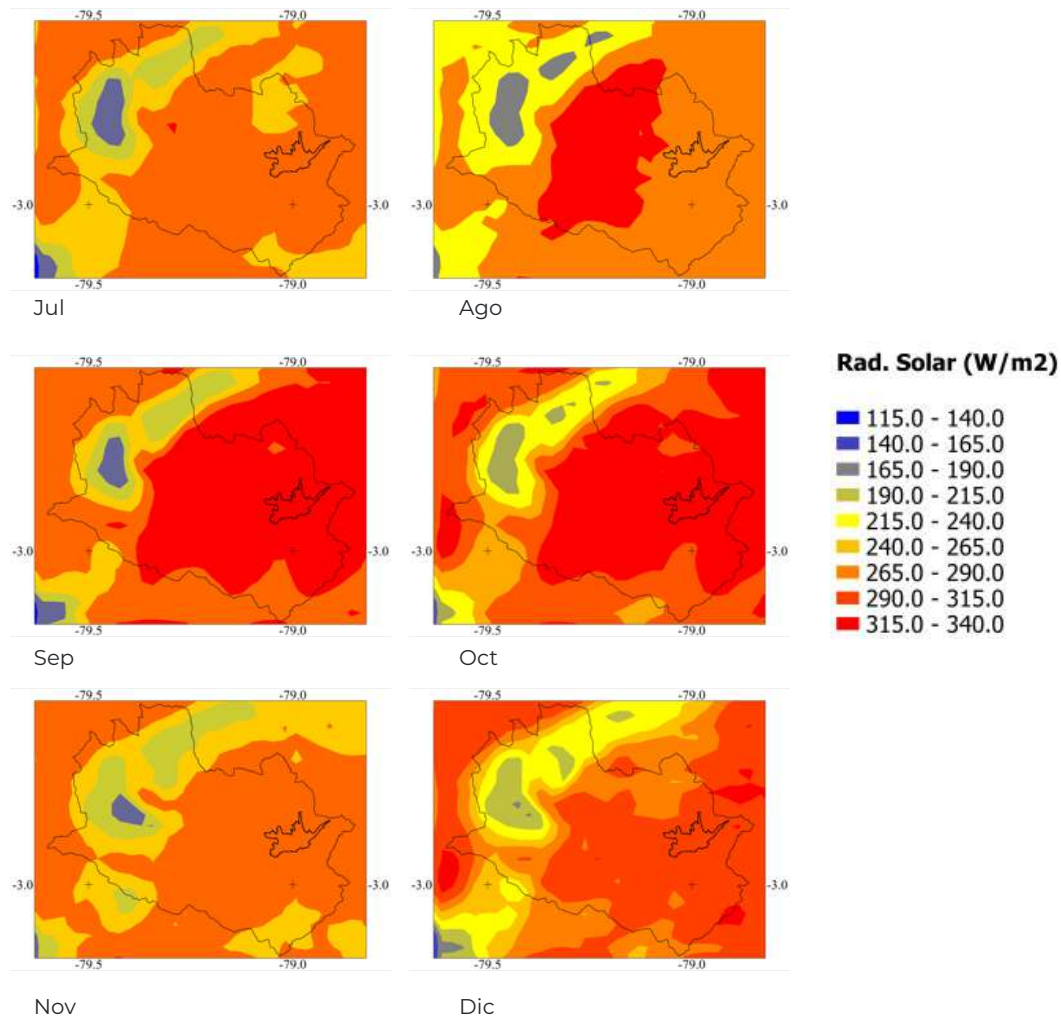


**Tabla E 3:**  
Valor promedio de la temperatura en superficie (°C). Julio – diciembre de 2020.

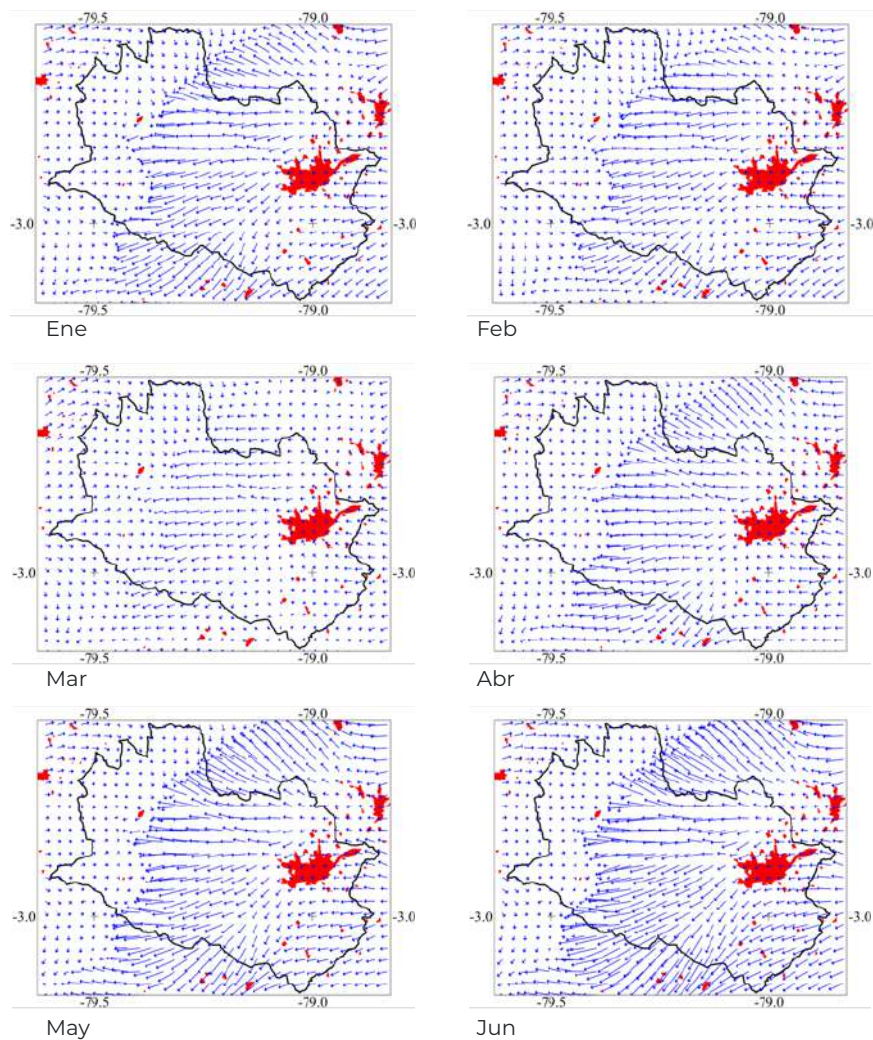
**Rad. Solar (W/m<sup>2</sup>)**



**Figura F 4:**  
Valor promedio de la radiación solar global en superficie (W/m<sup>2</sup>). Enero – junio de 2020.

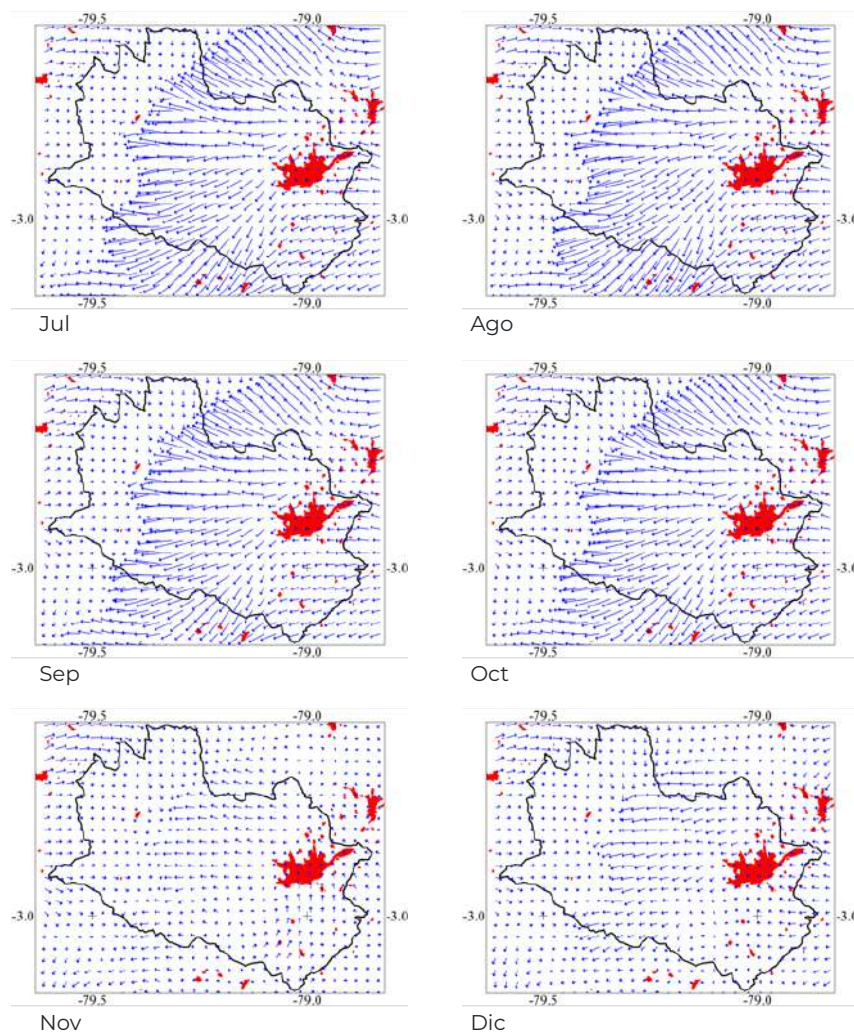


**Tabla F 5:**  
Valor promedio de la radiación solar global en superficie (W/m²). Julio – diciembre de 2020.



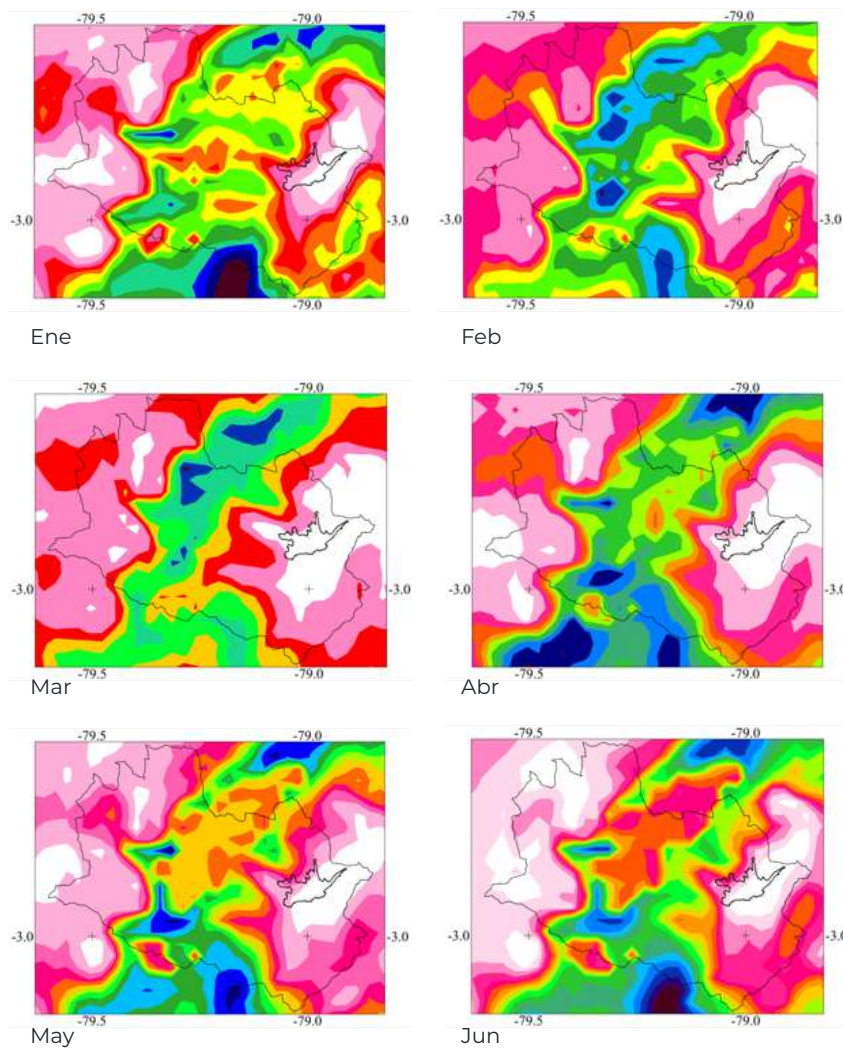
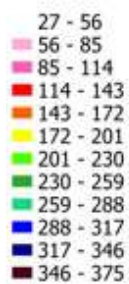
**Figura F 6:**  
Viento promedio en superficie (m/s). Enero – junio de 2020.



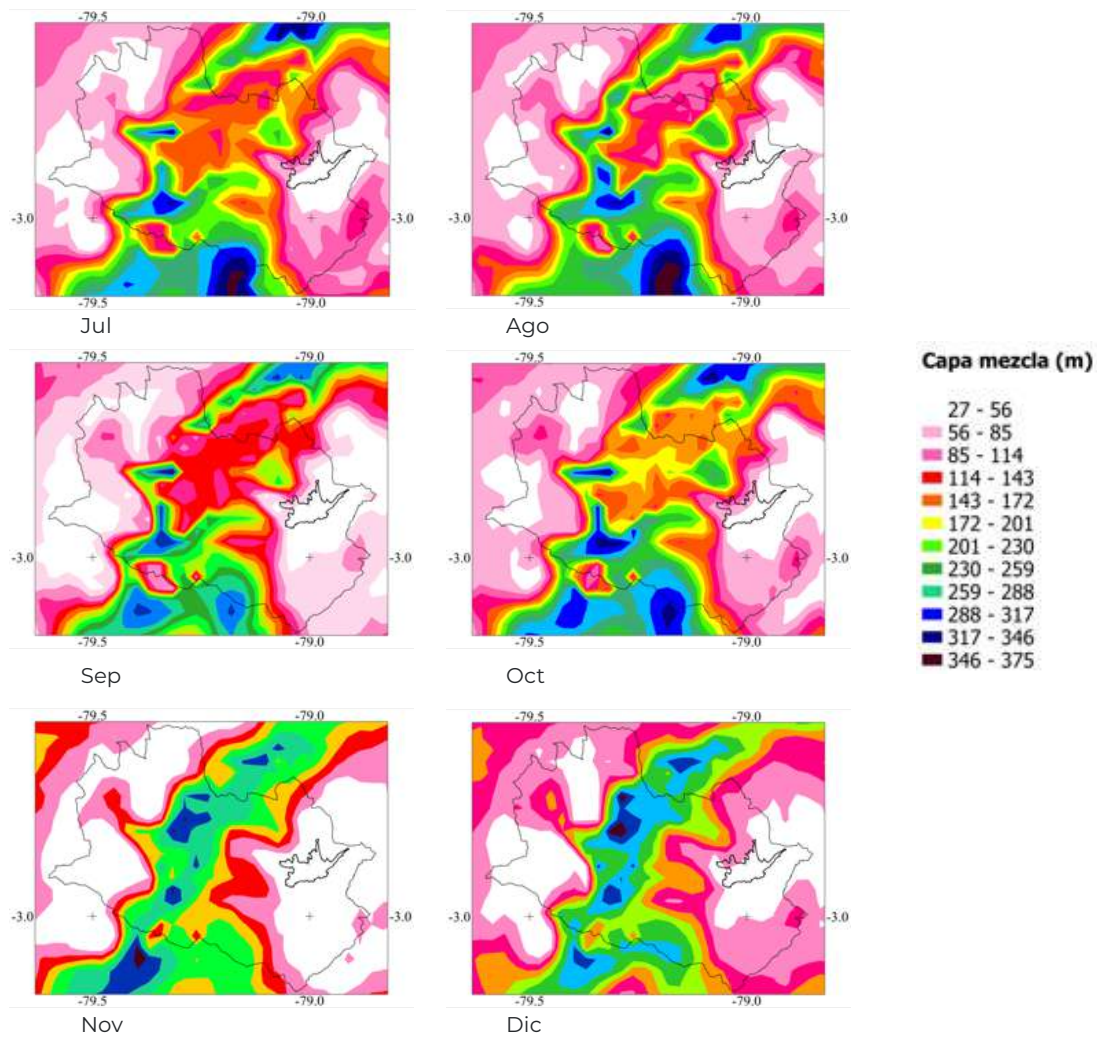


**Figura F 7:**  
Viento promedio en superficie (m/s). Julio – diciembre de 2020.

**Capa mezcla (m)**



**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 2020.





**cuenca**  
ALCALDÍA

**emov**









