UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE QUITO PRE Y POST PANDEMIA COVID-19

AUTOR(ES):

Alexis Daniel González Ordóñez

Francisco Javier Rivera Tapia

DOCENTE - TUTOR:

Msc. María Angelica Tasambay Salazar

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Se ajusta al criterio
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Se ajusta al criterio
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Se ajusta al criterio
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Se ajusta al criterio
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Se ajusta al criterio

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Se ajusta al criterio.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Se ajusta al criterio
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Se ajusta al criterio
VALORACIÓN TOTAL	100/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ANA LUCIA CHAFLA

Dra. Ana Lucia Chafla
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 23 días del mes de febrero de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	4/5	COVID-19, similitud en la investigación
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	3/5	Existen faltas de ortografía y redundancias No se observa el para qué de la investigación?
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	15/20	La problemática no es clara
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	7/15	Incorrecto uso de mayúsculas No se han tomado en cuenta sugerencias de redacción y sintaxis. (redundancias) Párrafos sin sangría
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	6/15	Existen faltas de ortografía Las ideas no son claras y concisas No se han tomado en cuenta sugerencias de redacción y sintaxis. No existe una descripción clara de las tablas

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	16/25	Incorrecto uso de mayúsculas Las ideas no son claras y concisas No se han tomado en cuenta sugerencias de redacción y sintaxis. (redundancias)
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	6/10	Incorrecto uso de mayúsculas No se han tomado en cuenta sugerencias de redacción y sintaxis. (redundancias) Las ideas no son claras y concisas
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	3/5	Existen faltas de ortografía
VALORACIÓN TOTAL	60/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	
No Aprobar	X
CALIFICACIÓN	60

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MARIA AUGUSTA GUADALUPE ALCOSER

Ing. María Augusta Guadalupe Alcoser M.Sc
Nombre y apellido completo del docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 24 días del mes de febrero de 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Puyo, 04 de Febrero del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: GONZÁLEZ ORDÓÑEZ ALEXIS DANIEL1 , con C.I 1600820292, con el Tema: "Análisis de la calidad del aire en la ciudad de Quito pre y post pandemia Covid-19.", de la carrera de. Ingeniería Ambiental Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, MSc. Angélica Tasambay Salazar, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 4 de febrero del 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

ANGELICA MARIA TASAMBAY SALAZAR

Firmado digitalmente por ANGELICA MARIA TASAMBAY SALAZAR
Fecha: 2022.02.04 08:15:25 -05'00'

MSc. Angélica Tasambay S.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Curiginal

Document Information

Analyzed document	artículo-científico-GONZALEZ-RIVERA-PERIODO-2021-2022.docx (D127011896)
Submitted	2022-02-04T08:40:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	amb2017044@uea.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	atalsambay.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**1546655607_638__Calidad_del_Aire_en_Quito.pptx** Document 1546655607_638__Calidad_del_Aire_en_Quito.pptx (D46520643)	1
W	URL: https://docplayer.es/amp/42748313-Alcalde-metropolitano-de-quito-mauricio-rodas-secretaria-de-ambiente-veronica-arias-directora-de-politicas-y-planeamiento-ambiental-liliana-lugo.html Fetched: 2021-12-24T05:55:40.5970000	3
W	URL: https://enviraiot.es/contaminantes-primarios-y-secundarios-mas-peligrosos/ Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	1
W	URL: http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/Informe_Calidad_Aire_2015.pdf Fetched: 2021-08-06T01:54:02.1470000	1
W	URL: http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16186/DISE%C3%91O%20DE%20LA%20RED%20DE%20MONITOREO%20PASIVO%20DE%20CALIDAD%20DE%20AIRE%20PARA%20LA%20ZONA%20URBANA%20DEL%20CANT%C3%93N%20AMBATO.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2020-12-18T05:18:36.7500000	2
SA	**TEORÍA DEL CAOS REVISADA.pdf** Document TEORÍA DEL CAOS REVISADA.pdf (D35941497)	2
W	URL: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100011&lng=es&tlng=es. Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	2
W	URL: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21179 Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	1
W	URL: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192020000400728&lng=es&tlng=es. Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	1
W	URL: http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/35631 Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	1
W	URL: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100004&lng=es&tlng=es. Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	1

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Puyo, 04 de Febrero del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante:, RIVERA TAPIA FRANCISCO JAVIER con C.I 1725578734, con el Tema: "Análisis de la calidad del aire en la ciudad de Quito pre y post pandemia Covid-19.", de la carrera de. Ingeniería Ambiental Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, MSc. Angélica Tasambay Salazar, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 4 de febrero del 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

ANGELICA MARIA TASAMBAY SALAZAR

Firmado digitalmente por ANGELICA MARIA TASAMBAY SALAZAR
Fecha: 2022.02.04 08:16:22 -05'00'

MSc. Angélica Tasambay S.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Curiginal

Document Information

Analyzed document	artículo-científico-GONZALEZ-RIVERA-PERIODO-2021-2022.docx (D127011896)
Submitted	2022-02-04T08:40:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	amb2017044@uea.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	atalsambay.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**1546655607_638__Calidad_del_Aire_en_Quito.pptx** Document 1546655607_638__Calidad_del_Aire_en_Quito.pptx (D46520643)	1
W	URL: https://docplayer.es/amp/42748313-Alcalde-metropolitano-de-quito-mauricio-rodas-secretaria-de-ambiente-veronica-arias-directora-de-politicas-y-planeamiento-ambiental-liliana-lugo.html Fetched: 2021-12-24T05:55:40.5970000	3
W	URL: https://enviraiot.es/contaminantes-primarios-y-secundarios-mas-peligrosos/ Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	1
W	URL: http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/Informe_Calidad_Aire_2015.pdf Fetched: 2021-08-06T01:54:02.1470000	1
W	URL: http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16186/DISE%C3%91O%20DE%20LA%20RED%20DE%20MONITOREO%20PASIVO%20DE%20CALIDAD%20DE%20AIRE%20PARA%20LA%20ZONA%20URBANA%20DEL%20CANT%C3%93N%20AMBATO.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2020-12-18T05:18:36.7500000	2
SA	**TEORÍA DEL CAOS REVISADA.pdf** Document TEORÍA DEL CAOS REVISADA.pdf (D35941497)	2
W	URL: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100011&lng=es&tlng=es. Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	2
W	URL: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21179 Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	1
W	URL: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192020000400728&lng=es&tlng=es. Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	1
W	URL: http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/35631 Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	1
W	URL: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100004&lng=es&tlng=es. Fetched: 2022-02-04T08:40:00.0000000	1

Análisis de la calidad del aire en la ciudad de Quito pre y post pandemia covid-19

González Ordóñez Alexis Daniel[1]

amb2017044@uea.edu.ec

Rivera Tapia Francisco Javier[1]

amb2017139@uea.edu.ec

Tasambay Salazar Angelica María[1]

atasambar@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental (1)

Resumen

La repentina aparición de la Pandemia Covid-19 genero un cambio significativo en la calidad del aire a nivel mundial y en nuestro país no fue la excepción, durante este periodo se presentaron cambios en la calidad del aire en la ciudad de Quito debido a la paralización de diversas actividades de la población decretadas a nivel gubernamental, de esta manera el objetivo de la presente investigación fue determinar la variación del nivel de contaminantes atmosféricos generados en prepandemia, durante la pandemia y post pandemia COVID-19. El método que se utilizó fue el análisis estadístico descriptivo de la base de datos de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) de nueve estaciones distribuidas en la ciudad de Quito, en los sectores de Carapungo, Belisario, Guamani, El Camal, Centro, tomando en cuenta la información desde el año 2016 hasta el año 2021. Los resultados obtenidos demostraron que los contaminantes aéreos están debajo de los niveles establecidos por la Normativa Ecuatoriana de Calidad del Aire, a pesar de ello ciertos contaminantes en las zonas de mayor cobertura vehicular como en las estaciones de Camal y Guamani tuvieron valores altos de monóxido de carbono en 2016 con 7,15 mg/m3,

mientras que en el año de 2020 descendió hasta 0.53 mg/m3, y en el año 2021 se observó un ligero incremento a 0.60 mg/m3, de igual forma con respecto al ozono existió concentraciones altas de 27.17 µg/m^3 en el año de 2020 durante la pandemia, y también con respecto al material particulado hubo concentraciones de 37 µg/m^3, visualizándose que en la época de pandemia y postpandemia hubo un cambio notable en la composición del aire debido al Covid-19, demostrando que en la época de pandemia la calidad del aire fue aceptable.

***Palabras Clave**: contaminación atmosférica, COVID-19, contaminantes atmosféricos, límites permisibles, confinamiento*

Abstract

The sudden appearance of the Covid-19 pandemic generated a significant change in air quality worldwide and our country was no exception. During this period there were changes in air quality in the city of Quito due to the suspension of various activities of the population decreed at the governmental level, so the objective of this research was to determine the variation in the level of air pollutants generated in pre-pandemic, during the pandemic and post-pandemic COVID-19. The method used was the descriptive statistical analysis of the database of the Quito Metropolitan Network of Atmospheric Monitoring (REMMAQ) of nine stations distributed in the city of Quito, in the sectors of Carapungo, Belisario, Guamani, El Camal, Centro, taking into account the information from 2016 to 2021. The results obtained showed that air pollutants are below the levels established by the Ecuadorian Air Quality Standard, despite this certain pollutants in areas of greater vehicular coverage as in Camal and Guamani stations had high values of carbon monoxide in 2016 with 7.15 mg/m3, while in the year of 2020 it decreased to 0.53 mg/m3, and in the year 2021 a slight increase was observed to 0. 60 mg/m3, similarly with respect to ozone there were high concentrations of 27.17 µg/m3 in the year of 2020 during the pandemic, and also with respect to particulate matter there were concentrations of 37 µg/m3, visualizing that in the pandemic and post-pandemic period there was a notable change in the composition of the air due to Covid-19, demonstrating that in the pandemic period the air quality was acceptable.

***Keywords**: air pollution, COVID-19, atmospheric pollutants, permissible limits, containment*

1. INTRODUCCIÓN

Desde siglos atrás la humanidad ha enfrentado varias pandemias que han causado de cierta forma un impacto en la historia, siendo cambios demográficos, tecnológicos y también ambientales. En la presente investigación se abordara la relación entre la pandemia de virus COVID-19 y la dinámica ambiental, dicha pandemia se generó en el año de 2019, dando como resultado el cese de actividades durando alrededor de un año a nivel de Ecuador, la pandemia llego el 14 de febrero del año 2020 desde España (Secretaría General de Comunicación de la Presidencia, 2020) lo que ocasionó que la población cambiara sus hábitos como en el resto del mundo, es decir hubo cambios en el ambiente tanto positivos (mejora en la calidad del aire) como negativos (aumento en residuos sólidos, consumo de luz eléctrica y agua), esto trajo consigo la disminución de diversos contaminantes atmosféricos de tal manera que se podía percibir el descenso de la contaminación atmosférica (López-Feldman et al., 2020).

En la capital del país, se mantenía un sistema de circulación vehicular, la cual se denominaba con el nombre "Pico y Placa", la misma quedo sin vigencia a causa del estado de excepción mencionado anteriormente, con lo cual la calidad del aire mejoro en la capital, una zona que registraba altos niveles de contaminación atmosférica según la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ, 2020), es por esto que se busca identificar, analizar y comparar los cambios significativos existentes en las condiciones de la calidad del aire. El análisis de la dinámica social en conjunto con el análisis de los niveles de los contaminantes aéreos, antes durante y después de la pandemia del año 2020-2021 (periodo de cuarentena), muestra el drástico cambio que se generó en beneficio del ambiente.

Los datos recolectados se valoraron mediante un análisis estadístico para determinar los valores promedios de contaminantes en el periodo de estudio comparándolos con los valores obtenidos en época de pandemia, esta información se analizó con los Límites Máximos Permisibles de la Norma Nacional de Calidad de Aire Ambiente y las Guías de la Organización Mundial de la Salud para determinaran la incidencia en los parámetros de calidad del aire. Se consideraron los datos registrados de las estaciones de monitoreo automáticas (Carapungo, Cotocollao, Belisario, Centro, El Camal, Guamani, Los Chillos, Tumbaco, Jipijapa).

2. METODOLOGÍA

2.1 Obtención de datos

Para el presente estudio los datos se obtuvieron de forma virtual mediante la página de la secretaria de Ambiente mediante la herramienta de REMMAQ (Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito), se utilizaron los datos de cada estación de monitoreo a partir del año 2016 hasta el año 2021, para encontrar la variación de la concentración de los contaminantes atmosféricos emitidos en el DMQ (Distrito Metropolitano de Quito).

2.2 Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó un análisis estadístico descriptivo considerando las variables climáticas, tipos de contaminantes y tiempo de cuarentena en cada una de las estaciones.

Después de la obtención de los datos de contaminación de las diferentes estaciones de monitoreo del DMQ (Distrito Metropolitano de Quito) se promedió a la tabulación de datos utilizando la herramienta de Microsoft Excel de Office 2019, esto se realizó sacando un promedio mensual de las concentraciones de los contaminantes de los tipos de gases como CO, SO2, NO2, O3 y material particulado como PM 2.5 y PM10, para después identificar mediante la formula (=MAX) los valores de concentraciones máximas de contaminantes emitidos en los diferentes meses del año 2016, de igual manera con la formula (=MIN) se identificó los valores de concentraciones mínimas mensuales de contaminantes emitidos del mismo año, este procedimiento se realizó de igual manera para todos los meses del periodo de estudio del año 2016 al año 2021. Concordando con el informe expuesto por Diaz (2015), existen picos muy elevados de concentraciones de contaminantes en dos meses del año, así como también se encuentran puntos mínimos en diferentes meses del mismo año.

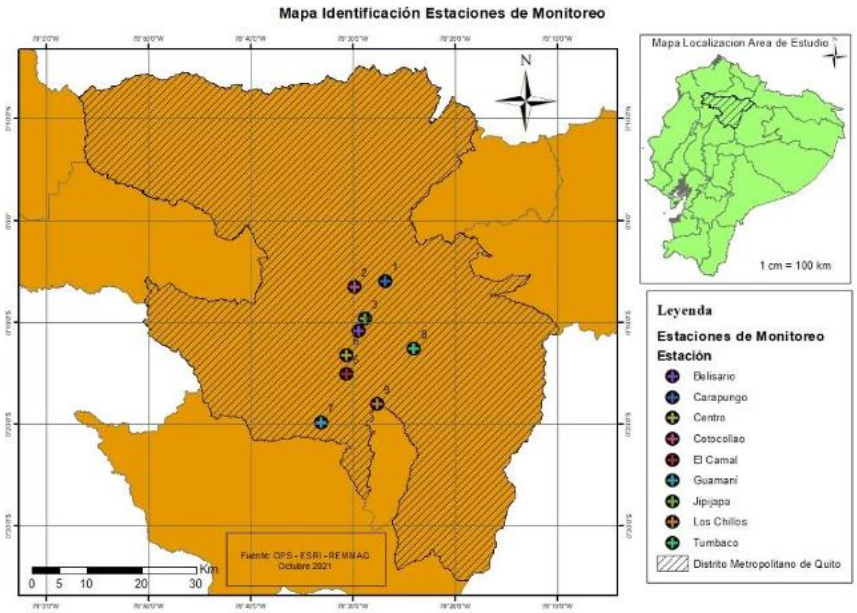
2.3 Red Metropolitana de Monitoreo Ambiental de Quito y normativas

En el estudio se analizó la información de los contaminantes dentro del DMQ (Distrito Metropolitano de Quito), con un análisis de datos tanto cualitativos como cuantitativos del REMMAQ (Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito) referentes a los cambios producidos durante el tiempo prepandemia (2014-2019), durante pandemia (2019-2020) y post pandemia (2021).

La información que se consideró fue de la red automática (RAUTO), la cual está

conformada por ocho estaciones fijas, que cuentan con analizadores automáticos de partículas y gases, distribuidos dentro de las diferentes zonas de la administración del DMQ (Distrito Metropolitano de Quito): Belisario, Carapungo, Centro, Cotocollao, El Camal, Guamani, Jipijapa, Los Chillos y Tumbaco, como se observa en la figura 1.

Figura 1: Identificación Estaciones de Monitoreo



Fuente: Fuente: Elaborado por: Alexis G., Francisco R. (2021)

Ahora bien, según Pérez (2019) la ciudad de Quito cuenta con características que la hacen un caso especial, es susceptible a la contaminación atmosférica debido a: su altitud de 2800 m sobre el nivel del mar representa un problema para la eficiencia de la combustión de equipos que utilicen combustible fósil. Se ha demostrado que a mayor altitud los vehículos de gasolina emiten hasta un 40% más de CO esto según la EPA (2006). Así mismo, la topografía de la zona representa que en el ramal occidental existe una barrera natural por el Guagua y el Ruco Pichincha, estas limitan la libre circulación del viento, experimentando menor capacidad de dispersión de contaminantes, de igual forma la localización ecuatorial representa un problema debido a la facilidad de reacciones fotoquímicas por los altos niveles de luminosidad.

Las estaciones de monitoreo de la calidad del aire del DMQ (Distrito Metropolitano de Quito) que se consideran para el presente estudio, cuentan con equipos y sistemas de recolección automáticos de datos sobre los contaminantes aéreos: monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono, dióxido de azufre, entre otros, las cuales vienen trabajando a

lo largo de 10 años proporcionando información fiable. Los equipos que se disponen en las estaciones corresponden a las marcas Thermo Enveriomental Instruments (TEI) y TELEDYNE API, con alrededor de 11 modelos como observamos en la Tabla 1.

Tabla 1. Equipos empleados en la medición

Equipo	Detalle Contaminante
Thermo Scientific/FH62C14	Material particulado PM10
Thermo Andersen / FH62C14	Material particulado PM2.5
THERMO 43C / 43i	Dióxido de azufre (SO2)
TELEDYNE API / T100	Dióxido de azufre (SO2)
THERMO 49C / 49i	Ozono (O3)
TELEDYNE API / T400	Ozono (O3)
THERMO 42C / 42i	Óxidos de nitrógeno (NOX)
TELEDYNE API / T200	Óxidos de nitrógeno (NOX)
THERMO / 48C / 48i	Monóxido de carbono (CO)
TELEDYNE API/ T300	Monóxido de carbono (CO)
THERMO/ 146C / 146i	Multicalibrador (SO2, NOX, CO, O3)

Fuente: REMMAQ (Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito), 2020

De igual manera como se muestra en la Tabla 2 solo la estación de Carapungo, toma datos de todos los contaminantes, por otro lado, las estaciones restantes toman datos de contaminantes específicos, como es el caso de la estación Los Chillos tomando datos de dióxido de nitrógeno y ozono, esto es debido a las características del lugar pues no representan una producción de contaminantes tan alta.

Tabla 2. Tipo de contaminante por estación

No.	Estación	Nomenclatura	Contaminante					
			CO	**NO2**	**O3**	**SO2**	**PM2.5**	**PM10**
1	Carapungo	Car	X	X	X	X	X	X
2	Cotocollao	Cot	X	X	X	X	X	-
3	Belisario	Bel	X	X	X	X	X	-
4	Centro	Cen	X	X	X	X	X	-
5	El Camal	Cam	X	X	X	X	X	-
6	Guamani	Gua	X	X	X	-	-	X
7	Los Chillos	Chi	-	X	X	-	-	-
8	Tumbaco	Tum	-	-	X	X	-	X

9	Jipijapa	Jip	-	-	X	X	X

-: No se determina este parámetro

X: Se obtienen los valores de medición

Fuente: REMMAQ (Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito) (2021)

Así mismo se consideró los Lineamientos para la Calidad del Aire (World Helath Organization, 2006) expuestos en la actualización Global del 2005 por la organización mundial de la salud y el informe de Monitoreo de la Calidad del aire para la evaluación del impacto a la salud de la OMS. Por otra parte, se tomó en cuenta el Índice Quiteño de la calidad del aire el mismo que es utilizado por la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (IQCA, 2021) observado en la Tabla 3.

Tabla 3. Rangos y significados de las categorías del Índice Quiteño de la Calidad del Aire (IQCA).

Rango	Categoría	Condición desde el punto de vista de la salud
0-50	Nivel deseable	La calidad del aire se considera satisfactoria y la contaminación ambiental tiene poco o ningún riesgo para la salud.
51-100	Nivel aceptable	La calidad del aire es aceptable. Sin embargo, podría haber pequeños efectos en la salud para individuos sumamente sensibles a contaminación ambiental.
101-200	Nivel de precaución	No saludable para individuos (enfermos crónicos y convalecientes).
201-300	Nivel de alerta	No saludable para la mayoría de la población.
301-400	Nivel de alarma	No saludable para la mayoría de la población y peligrosa para individuos sensibles.
401-500	Nivel de emergencia	Peligrosa para toda la población.

Fuente: Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) (2017)

De igual forma se verificaron los niveles máximos permisibles dispuestos en la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire anexo 4 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire, 2015) como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire

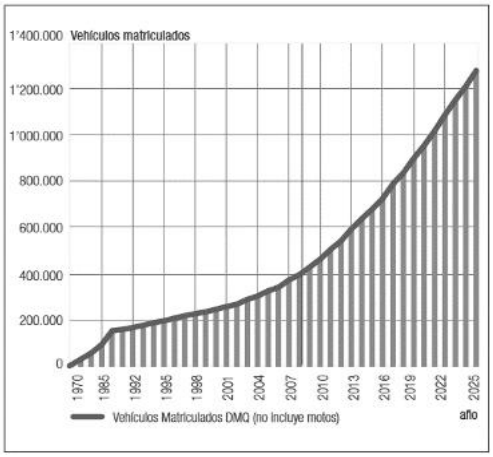
Contaminante	NCCA µg/m3	OMS 2000 µg/m3	OMS 2005 µg/m3			Valores limites Guía
			Objetivos Intermedios			
			IT-1°	IT-2°	IT-3°	
PM2.5 (24 h)	50		75	50	37.5	25
PM2.5 (Anual)	15		35	25	15	10
PM10 (24 h)	100		150	100	75	50
PM10 (Anual)	50		70	50	30	20
SO2 (24 h)	125	125	125	50		20
SO2 (Anual)	60	50				
CO (1 h)	30 000	30 000				30
CO (8 h)	10 000	10 000				10
O3 (8 h)	100	120				100
NO2 (1 h)	200					200
NO2 (Anual)	40	40				40

Fuente: Republica del Ecuador. Ministerio del Ambiente (2015)

2.4 Identificación de fuentes de contaminación

Según Ibarra *et al* (2006) en el Octavo Auto monitoreo ambiental dentro del Distrito Metropolitano de Quito, existen 277 asentamientos industriales y de servicios con 610 fuentes de contaminación fija. De igual forma se tomó en cuenta las tres centrales termoeléctricas. Así pues, entre los contaminantes más perjudiciales tenemos al CO, en la mayoría de las emisiones son producidas por el tráfico vehicular impulsado por gasolina. Según Díaz (2020), los puntos de contaminación más altos llegan a sus mayores concentraciones en los meses con descensos de temperaturas, esto a causa de la mayor demanda de energía de los arranques en frio. Para la arquitecta Núñez, H. *et al*. (2009) el parque vehicular de Quito se incrementa anualmente en 6.5% es decir en 30 000 vehículos aproximadamente como podemos observar en la figura 2, adjudicando este problema a la red vial principal de Los Valles de Los Chillos, Tumbaco y Cumbaya, puesto que en esos lugares existe la tasa promedio de propiedad más alta de la ciudad (187 vehículos/100 habitantes).

Figura 2. Desarrollo del parque vehicular Distrito Metropolitano de Quito 1979-2025



Fuente: Plan Maestro de Movilidad Distrito Metropolitano de Quito 2009-2025

Por otro lado, teniendo en cuenta el parque automotor de Quito se puede considerar como una fuente móvil de contaminación. Cabe recalcar que esta contaminación tanto de fuentes fijas como de fuentes móviles se disminuyó en gran cantidad durante el período de la pandemia COVID-19, así lo confirman fuentes periodísticas como lo es los diarios de la ciudad incluso la red metropolitana de monitoreo del aire de la ciudad de Quito.

En 2020 hubo alrededor de 1.962 incendios en todo el Ecuador, en pichincha hubo aproximadamente 166 incendios forestales que quemaron 4.058.069 hectáreas de cobertura vegetal, y las consecuencias adversas de estos incendios son una de las principales razones de la degradación paulatina de divide el ecosistema. Además, son responsables de la pérdida de especies animales, la pérdida de biodiversidad y la pérdida parcial o total de la cubierta vegetal, y su recuperación puede llevar décadas. (Servicio Nacional para la Gestión de Riesgos y Emergencias, 2020; Rincón, M. 2019)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Distrito Metropolitano de Quito tiene un área total de 4.183 km², ubicado prácticamente en el centro de la provincia de Pichincha (PDOT, 2012), este territorio al ser la capital del país cuenta con un crecimiento poblacional acelerado, es decir que en el censo del 2010 Quito constaba con 2´239.191 habitantes y para el 2020 se tuvo un aproximado de 2´781.641 sobrepasando la población de la ciudad de guayaquil. (INEC, 2010).

Mediante el análisis de datos dentro de las estaciones de monitoreo de REMMAQ (Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito), se logró detallar la variación existente

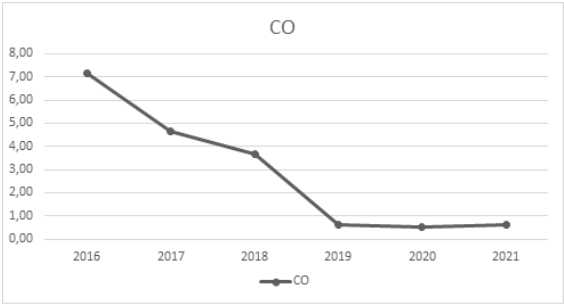
en el lapso de la pandemia, tomando en consideración aspectos meteorológicos de la ciudad de Quito como la dirección y velocidad del viento puesto que influyen directamente en la dispersión y distribución de los contaminantes en el área de estudio.

Según Díaz (2018), en su informe anual de la calidad del aire, menciona que los vientos en la ciudad de Quito son muy irregulares debido a la geomorfología del sector, en las estaciones del sur de quito como la del camal y Guamaní, los vientos tienden a direccionarse a el sureste y suroeste, mientras que en las otras estaciones tanto como en el norte como en el valle, los vientos toman una dirección al noreste y noroeste. Por otro lado, la temperatura promedio anual del distrito metropolitano de quito varía entre los 14°C mínimo en Cotocollao y 16.6°C máximo en Tumbaco, así mismo la radiación plurianual 2016-2021 coincide que en el mes de abril el punto mínimo y en el mes de septiembre como punto máximo. Por otro lado, las precipitaciones, tenemos a la estación del centro con una precipitación máxima diaria de 66.6 ml/m3.

Es así como, al tener las características bien definidas, el estudio se enfoca en la demostración del cambio del porcentaje de contaminantes que existen en el periodo de pandemia en la ciudad de Quito, teniendo como base los siguientes criterios: Contaminantes analizados; identificación de estaciones de monitoreo; y Representación de la variación de contaminantes. Realizando la comparación del monóxido de carbono (Diaz, 2016) durante el periodo 2016 al 2021, se puede observar claramente una disminución anual de dicho contaminante en el aire de la ciudad de Quito, reportando valor demasiado elevado de 7.15 $\mu g/m^3$ en el 2016 y en el año de 2021 teniendo un valor de 0.60 $\mu g/m^3$ y con valores similares en años posteriores, como se puede observar en la figura 3 los valores van descendiendo hasta su punto mínimo en el año 2020 con un valor de 0.53 $\mu g/m^3$ para comenzar a ascender nuevamente el año 2021 con 0.60 $\mu g/m^3$.

Por otro lado, tomando en cuenta la norma de calidad del aire ambiente ecuatoriana, los valores tomados desde el 2016 hasta el 2020 no superan los máximos permisibles, pero cabe recalcar que el aire de Quito fue más limpio a partir de la pandemia. Teniendo la calidad de aire del DMQ (Distrito Metropolitano de Quito) en una categoría de nivel aceptable basándonos en el IQCA. (Ministerio del Ambiente, 2015)

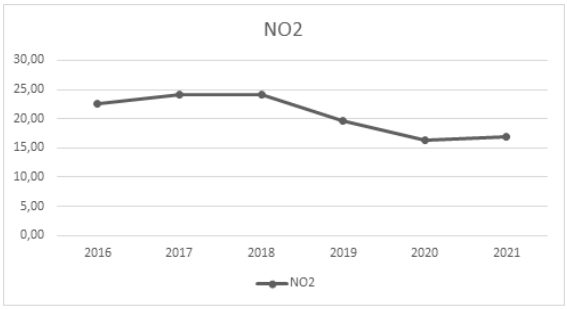
Figura 3. Variación anual Monóxido de Carbono 2016-2021



Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

En el caso del dióxido de nitrógeno las emisiones en la ciudad provienen principalmente del tráfico vehicular que emiten principalmente óxido de nitrógeno a una proporción aproximada del 80% los cuales se transforman en dióxido de nitrógeno de una manera rápida. (Diaz, 2016). En este caso haciendo la comparación 2016-2021 del dióxido de nitrógeno existente en el aire de la capital podemos de igual manera identificar una disminución de este contaminante en el ambiente teniendo un valor de 22.66 µg/m^3 en el año 2016 disminuyendo al mínimo en el año 2020 con un valor de 16.40 µg/m^3 como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Variación anual 2016-2021



Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (2016-2021)

De igual forma otros contaminantes a partir del año 2021 comienza a descender nuevamente, como podemos observar en la Tabla 5 que llegan a puntos menores a 1 µg/m^3. Tomando en cuenta que la norma de calidad del aire ambiente ecuatoriana la cual tiene como una concentración media anual máxima establecida del 40 µg/m^3 esta misma no fue superada en la media anual de cada año establecido, sin embargo, este por valor establecido en la norma se supera en distintas estaciones de la ciudad por lo general en barrios con más tránsito vehicular. (Diaz, 2017)

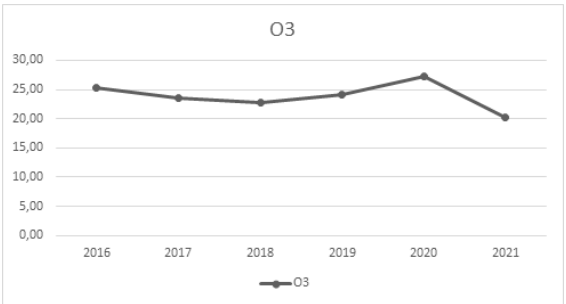
Tabla 5. Comparación de los valores máximos y mínimos de concentración mensuales de NO2 2021

MES	CONCENTRACIÓN MAXIMA DE NO2 (µg/m^3)	MES	MES CONCENTRACIÓN MINIMA DE NO2 (µg/m^3)
enero	77.68	enero	0.29
febrero	82.81	febrero	14.4
marzo	76.06	marzo	1.98
abril	48.23	abril	1.83
mayo	73.44	mayo	0.12
junio	62.77	junio	0.17
julio	74.94	julio	0.5
agosto	91.3	agosto	0.37
septiembre	80.95	septiembre	0.72
octubre	76.15	octubre	4.06
noviembre	94.22	noviembre	0.34
diciembre	65.01	diciembre	1.01

Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (2022)

El ozono troposférico se forma por las reacciones químicas de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno en el aire bajo la influencia de la luz solar, esto se debe a las características geológicas y meteorológicas que favorecen una mayor insolación en el área metropolitana de Quito, estas reacciones tienen su medio apropiado (secretaria del Ambiente, 2017). Es por esta razón que a diferencia de los contaminantes anteriores el ozono ha tenido una mayor concentración teniendo un valor de 27.17 µg/m^3 en el año 2020 siendo el punto más elevado de contaminación en el periodo analizado 2016-2021 como se observa en la Figura 5.

Figura 5. Variación Anual Ozono 2016-2021



Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

No obstante, en la Tabla 6 se puede observar que a pesar de las restricciones tomadas en el caso del ozono no ha tenido una disminución tan progresiva como los demás contaminantes (Diaz, 2016).

La legislación europea ha eliminado los estándares de calidad del aire para el contaminante ozono, cambiándolos a objetivos de calidad a alcanzar. Estos objetivos de calidad tienen en cuenta los índices para proteger los materiales, las especies de plantas y la salud humana, aunque no los promedios exigidos a nivel nacional. Estos índices de conservación nos permiten observar y analizar el comportamiento de este contaminante a lo largo del tiempo, lo que nos aporta más información. para la toma de decisiones (Diaz, 2018).

Tabla 6. Comparación de los valores máximos y mínimos de concentraciones mensuales de O3 del 2021

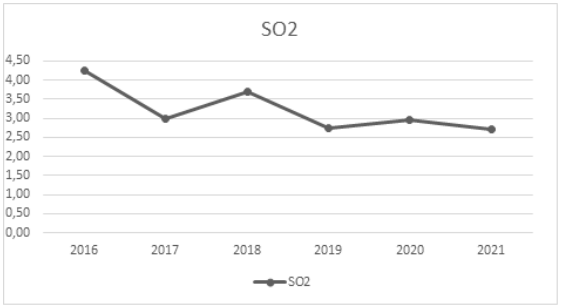
MES	CONCENTRACIONES MAXIMOS DE O3 (µg/m^3)	MES	CONCENTRACIONES MINIMOS DE O3 (µg/m^3)
enero	103.39	enero	1.13
febrero	112.31	febrero	0.64
marzo	100.31	marzo	0.66
abril	105.26	abril	1.25
mayo	94.11	mayo	0.1
junio	103.94	junio	0.36
julio	84.98	julio	0.14
agosto	118.08	agosto	0.08
septiembre	106.26	septiembre	0.2
octubre	105.57	octubre	0.12
noviembre	122.69	noviembre	0.17
diciembre	97.5	diciembre	1.7

Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (2022)

Las principales fuentes de emisión de dióxido de azufre urbano son las centrales térmicas y la industria, que son las fuentes de combustión que utilizan los combustibles con mayor contenido de azufre, y una pequeña proporción de fuentes móviles en las ciudades (Diaz, 2018). En el periodo 2016 al 2021 la concentración de este contaminante disminuyó en el año 2019 con un valor de 2.75 µg/m^3 en la media anual como observamos en la Figura 6, esto debido a la cuarentena que se puso en marcha en la ciudad de Quito impidiendo así

que industrias, automóviles, etc., tuvieran tanto funcionamiento en la ciudad como en años anteriores y posteriores.

Figura 6. Variación de la concentración Anual Dióxido de Azufre 2016-2021



Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

Aunque el dióxido de azufre no ha sobrepasado el límite máximo permisible de la norma incluso en el año 2016 que tenemos el valor más alto, en cambio en la Tabla 7 se puede apreciar los valores de noviembre y abril tenemos los puntos máximos y mínimos respectivamente.

Tabla 7. Comparación de los valores máximos y mínimos de las concentraciones mensuales de SO2

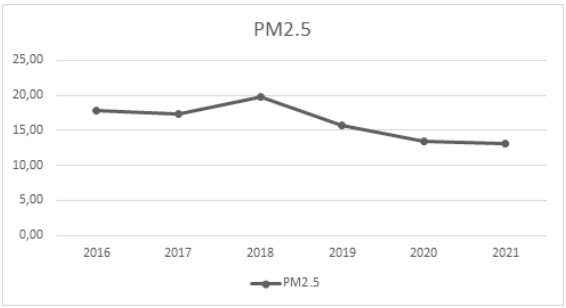
MES	PUNTOS MAXIMOS DE SO2 (µg/m^3)	MES	PUNTOS MINIMOS DE SO2 (µg/m^3)
enero	48.76	enero	1.2
febrero	36.4	febrero	0.41
marzo	33.52	marzo	0.93
abril	25.6	abril	0.1
mayo	31.65	mayo	1
junio	45.37	junio	1.2
julio	59.35	julio	1.5
agosto	62.9	agosto	1.5
septiembre	63.51	septiembre	0.2
octubre	66.3	octubre	1.17
noviembre	108.69	noviembre	1.7
diciembre	58.59	diciembre	0.9

Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (2022)

La exposición a largo plazo en la ciudad al material particulado PM 2.5, es peligrosa pues, es un contaminante directamente relacionado con la quema de combustibles fósiles en

el tráfico vehicular en Quito (Peña, 2018). La emisión más alta se registra por las festividades de fin de año, de 2019, sin restricciones, es así como, en el año 2020, con la aplicación de las restricciones, se muestra en la Figura 7 disminuyó este contaminante en el aire con un valor de 13.44 µg/m^3 y teniendo el pico más alto en el año 2018 esto debido a la quema de los bosques que circundan la ciudad de Quito con un valor de 19.80 µg/m^3.

Figura 7. Variación Anual PM 2.5 2016-2021



Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

Según la NECA la concentración media anual máxima permisible es 15 µg/m^3, por lo que en prepandemia este valor ha sido superado en toda la ciudad de Quito teniendo un cambio notorio a partir de la pandemia observando los datos de la Tabla 8, manteniéndose así en post pandemia reflejando meses donde no ha existido registro de su contaminación.

Tabla 8. Concentraciones de los valores máximos y mínimos de las concentraciones mensuales de PM2.5 del 2021

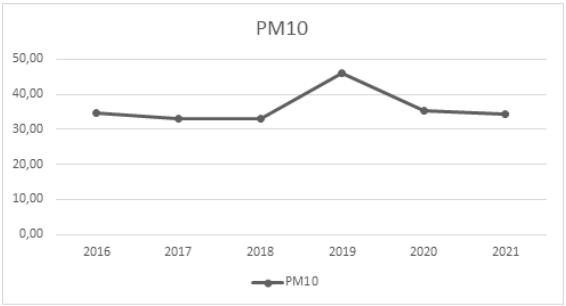
MES	CONCENTRACIONES MAXIMOS DE PM2,5 (µg/m^3)	MES	CONCENTRACIONES MINIMOS DE PM2,5 (µg/m^3)
enero	380.16	**enero**	9.2
febrero	338.94	**febrero**	0
marzo	81.39	**marzo**	10.5
abril	56.65	**abril**	7.4
mayo	118.3	**mayo**	4.5
junio	111.32	**junio**	4.8
julio	249.12	**julio**	0.1
agosto	320.43	**agosto**	6
septiembre	109.37	**septiembre**	0
octubre	139.76	**octubre**	14.8
noviembre	111.97	**noviembre**	7.8
diciembre	115.83	**Diciembre**	2.1

Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (2022)

En el caso del material particulado PM10 podemos observar un incremento excesivo en el año 2019 con un valor de 45.96 µg/m^3 superando así la NECA como se observa en la Figura 8, y también la guía de la OMS puesto que en la NECA el promedio anual máximo permisible es de 50 µg/m^3 y de 10 µg/m^3 en la guía de la OMS, Según el informe de calidad del aire de Quito 2016 el aumento de los niveles de PM10 se puede deber a los fuertes vientos que en diferentes épocas del año ocurren en la ciudad, suspendiendo el material particulado depositado en las vías o terrenos desnudos de material vegetal (Diaz, 2018).

En la Figura 9 se observa la variación de los contaminantes desde el año 2016 hasta el año 2021 teniendo al material particulado PM10 como el principal y más alto contaminante durante estos años, siendo el caso de que aun en pandemia exista presencia notable de este en las estaciones de monitoreo debido a incendios producidos en 2020 que consumieron alrededor de 4 059 69 ha de vegetación produciendo así contaminación.

Figura 8. Variación Anual PM 10 2016-2021



Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (2022)

Retomando lo dicho anteriormente también se puede reflejar en la Tabla 9 donde los niveles son bastante altos de hasta 800 (µg/m^3) en agosto de 2020.

Tabla 9. Comparación de los valores máximos y mínimos de las concentraciones mensuales PM10 del 2021

MES	CONCENTRACIONES MAXIMOS DE PM10 (µg/m^3)	MES	CONCENTRACIONES MINIMOS DE PM10 (µg/m^3)
enero	458.3	enero	0
febrero	430.7	febrero	0
marzo	273.6	marzo	5.3
abril	205.6	abril	0

mayo	349.2	mayo	0
junio	180.7	junio	0.4
julio	276.5	julio	0
agosto	843.6	agosto	0
septiembre	495.	septiembre	13.8
octubre	315.16	octubre	4
noviembre	324.27	noviembre	1.7
diciembre	133.11	diciembre	9

Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (2022)

Tras realizar la media, máximo y mínimo de los datos en Excel se pudo evidenciar a las estaciones del centro el camal y Guamaní con los valores de contaminantes anuales más altos como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores de los puntos máximos mensuales de CO por estación en 2020

PUNTOS MAXIMOS DE CO (mg/m^3)						
Mes	**BELISARIO**	**Estaciones**				
		CARAPUNGO	**CENTRO**	**COTOCOLLAO**	**EL CAMAL**	**GUAMANI**
enero	2.87	3.72	2.54	3.09	2.7	3.2
febrero	2.6	2.42	3.05	3.42	3.43	1.8
marzo	2.48	1.7	2.55	2.27	3.35	2.9
abril	1.13	1.75	1.67	1.58	1.71	0.96
mayo	2.08	2.79	2.99	1.9	2.99	1.68
junio	1.87	2.1	2.01	2.21	2.7	1.8
julio	2.65	2.09	2.87	2.24	3.64	3.33
agosto	2.03	2.11	2.11	1.98	1.96	3.35
septiembre	1.92	2.33	2.46	1.68	3.33	2.12
octubre	1.55	2.43	2.02	1.58	2.35	1.68
noviembre	1.86	2.4	1.84	2.75	2.4	2.03
diciembre	2.07	1.53	2.37	2.06	2.78	2.14

Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

De igual forma las estaciones de Belisario, Carapungo y Cotocollao, con los valores más bajos de contaminantes en el mismo periodo de tiempo como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores de los puntos mínimos mensuales de CO por estación en 2020

PUNTOS MINIMOS DE CO (mg/m3)						
Mes	**Estaciones**					
	BELISARIO	**CARAPUNGO**	**CENTRO**	**COTOCOLLAO**	**EL CAMAL**	**GUAMANI**
enero	0.1	0.15	0.13	0.16	0.2	0.2
febrero	0.17	0.04	0.11	0	0.23	0.2
marzo	0.1	0.21	0.17	0.22	0.18	0.1
abril	0.1	0.18	0.08	0.18	0.25	0.22
mayo	0.04	0.25	0	0.05	0.19	0.13
junio	0.18	0.25	0.22	0.31	0.17	0.18
julio	0.04	0.09	0	0.31	0.17	0.1
agosto	0.05	0.25	0.62	0.19	0.2	0.13
septiembre	0.24	0.31	0.2	0.11	0.26	0.1
octubre	0.22	0.03	0.2	0.21	0.26	0.21
noviembre	0.13	0.05	0.25	0.22	0.29	0.16
diciembre	0.24	0.24	0.2	0.29	0.28	0.27

Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

En la Tabla 12 se puede observar los valores promedios de cada contaminante durante los años de prepandemia, durante la pandemia y postpandemia teniendo como resultado que los contaminantes varían en gran cantidad durante el año 2020, teniendo una disminución de contaminantes en el área de la ciudad de Quito, esto se puede ser a causa de la cuarentena que se implementó en la ciudad con el fin de evitar los contagios en la misma, es así, que tanto vehículos particulares como personas que trabajaban en industrias disminuyeron la cantidad de contaminantes emitidos al aire durante todo este año.

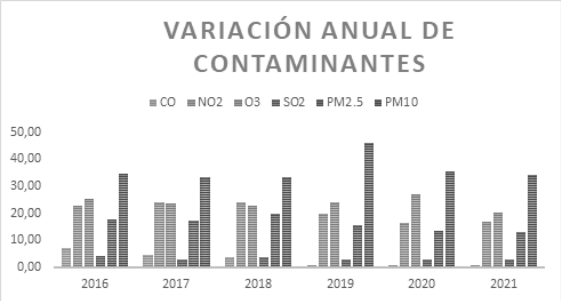
Tabla 12. Valores registrados de contaminantes del aire durante los años 2016-2021

Contaminantes	**Año Promedio**					
	2016	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
CO (mg/m^3)	7.15	4.63	3.69	0.62	0.53	0.60
NO2 ($\mu g/m^3$)	22.66	24.09	24.09	19.61	16.40	16.82
O3 ($\mu g/m^3$)	25.26	23.63	22.78	24.09	27.17	20.22
SO2 ($\mu g/m^3$)	4.24	2.99	3.70	2.75	2.96	2.71
PM2.5 ($\mu g/m^3$)	17.86	17.27	19.80	15.64	13.44	13.04
PM10 ($\mu g/m^3$)	34.63	33.22	33.22	45.96	35.49	34.33

Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito 2016-2021

Por otro lado, se ve que en la mayoría de los contaminantes disminuyeron en gran cantidad a finales del año 2019 y todo el año 2020. Ahora bien, a partir del año 2021 ciertos contaminantes comenzaron a elevarse nuevamente, esto debido a que la ciudad de Quito cambió las restricciones efectuadas en cuarentena, de igual forma se regresó a las actividades laborales presenciales, de esta forma se regresó paulatinamente al sistema de "pico y placa" para todo el DMQ (Distrito Metropolitano de Quito), así mismo el flujo de transporte público y las industrias tuvieron en aumento.

Figura 9. Variación anual de los contaminantes en la ciudad de Quito período 2016 -2021



Fuente: Elaboración de los autores con datos de Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

Al observar los resultados de los datos analizados se puede determinar que los sectores llegan a cumplir con los estándares de la NECA, pues no presenta valores alarmantes de contaminación, de igual forma según la Red de Monitoreo afirma que la calidad de aire es buena. No obstante, los impactos generados por las emisiones han sido desatendidas, pues a percepción ciudadana la calidad del aire en la ciudad de Quito es mala (Oviedo, 2015). Esto se puede comprobar aún más con la contaminación por PM2.5 y PM10, es de las que están con más realce en su porcentaje a pesar de las restricciones tomadas, en zonas urbanas es donde más se comprueba que están por encima de los estándares internacionales actuales, así es el caso de sitios de mayor congestión vehicular, por ejemplo, en sitios de alto tránsito, zonas industriales, zonas de canteras, estas terminan afectando a la ciudadanía al tener las actividades del día, sea por trabajo, estudios o residencia.

3. CONCLUSIONES

Las medidas tomadas por las autoridades del distrito metropolitano de Quito para

prevenir la propagación del COVID-19 ayudaron en gran parte a que la calidad del aire de Quito mejore en cierto nivel aceptable de acuerdo con la tabla de IQCA ya que ningún valor sobrepasa los límites del IQCA ya que se visualizaron niveles muy bajos tanto de monóxido de carbono cuya concentración es de 0.53 mg/m3, dióxido de azufre cuya concentración es de 2.96 µg/m^3 y Dióxido de nitrógeno cuya concentración es de 16.40 µg/m^3. Por otro lado, se tuvo un aumento drástico de concentraciones de material particulado PM 10 cuya concentración es de 35.49 µg/m^3, de igual forma ozono su concentración es de 27.17 µg/m^3, lo cual es preocupante ya que este contaminante afecta directamente la salud de la población.

Se determinó que la concentración de CO en la estación de El Centro ubicada en un sector de gran afluencia vehicular privada y pública, dicho esto durante los meses de febrero de 2020, hubo un notable decrecimiento de 3.42 mg/m3 hasta 0.11 mg/m3 en el mes de marzo de 2020, con relación a otros meses del año de 2020, esto puede deberse al aislamiento obligatorio, así como también a la restricción vehicular denominada “Hoy no circula”.

REFERENCIAS

Bahri, A. (2009). Managing the other side of the water cycle: making wastewater an asset. TEC Background Paper No. 13. Global Water Partnership, Stockholm.

Bocanegra-Herrera, C. C. ., & Vidal, C. J. . (2016). Development of a simulation model as a decision support system for sugarcane supply [Desarrollo de un modelo de simulación como un sistema de soporte de decisiones para el abastecimiento de caña de azúcar]. *DYNA (Colombia)*, *83*(198), 181–187. http://doi.org/10.15446/dyna.v83n198.52719

Centro de Investigación de la Caña.- [CENICAÑA]. (2006). *Carta trimestral. Producción de caña de azúcar en el valle del río Cauca.* Año 28. Nº 1. 2006. p 16-37.

Centro de Investigación de la Caña.- [CENICAÑA]. (2008). *Informe anual 2007.* Cali, Colombia. 108p.

Díaz, V. (2017). Secretaria de Ambiente: Informe de la calidad de aire - 2016 Distrito metropolitano de Quito. Recuperado de: www.quitoambiente.gob.ec

Díaz, V. (2018). Secretaria de Ambiente: Informe de la calidad de aire - 2017 Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado de: www.quitoambiente.gob.ec

Díaz, V. (2019). Secretaria de Ambiente: Informe de la calidad de aire - 2018 Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado de: www.quitoambiente.gob.ec

Díaz, V. (2020). Secretaria de Ambiente: Informe de la calidad de aire - 2019 Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado de: www.quitoambiente.gob.ec

Díaz, V. (2021). Secretaria de Ambiente: Informe de la calidad de aire - 2020 Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado de: www.quitoambiente.gob.ec

EPA (2006). *Fuel Ecoomy Labeling of Motor Vehicles: Revisions To Improve Calculation of Fuel Economy Estimates.* Agencia de Protección AMBIENTAL DE LOS Estados Unidos. Washington, EEUU.

Índice Quiteño de la Calidad del Aire. (2021). Secretaria del ambiente. Disponible en: -http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente /red_monitoreo/informacion/iqca.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censo INEC (2010). Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/

Jiménez, B. & Asano. T. (2008). *Water reclamation and reuse around the world*. Chap. 1, in B. Jiménez and T. Asano (eds.), Water Reuse: An International Survey of current practice, issues and needs, IWA Publishing, London.

López-Feldman, A., Chávez, C., Vélez, M. A., Bejarano, H., Chimeli, A. B., Féres, J., Robalino, J., Salcedo, R., & Viteri, C. (2020). COVID-19: impactos en el medio ambiente y en el cumplimiento de los ODS en América Latina. *Revista Desarrollo y Sociedad*, *86*, 104–132. https://doi.org/10.13043/dys.86.4

Ministerio del ambiente del Ecuador, norma de calidad del aire ambiente o nivel de inmisión. Libro VI Anexo 4. Registro Oficial jun 7, 2011 p. 8-15

Oviedo J. 2015. *Actualización del plan de manejo de la calidad del Aire 2005-2010. Informe final.* Secretaría de Ambiente, Quito, 168 pp.

Peña Murillo, S. E. (2018). Impacto de la contaminación atmosférica en dos principales ciudades del -Ecuador. *Universidad y Sociedad, 10(2),* 285-288. Recuperado de http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus

Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial (2012). Disponible en: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:I-6J5m4fVtIJ:https://www.quito.gob.ec/documents/rendicion_cuentas/AZC/Articulacion_politicas_publicas/PLAN_ORDENAMIENTO_TERRITORIAL2012.pdf+&cd=2&hl=es&ct

=clnk&gl=ec&client=firefox-b-d

Rincón, M. (2019). *Caracterización química del material particulado PM2.5 en Bogotá: detección de trazadores de quema de biomasa.* (Trabajo de maestría). Uniandes. Bogota, Colombia. Recuperado de: https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/44120

Rodríguez-Guerra, A., Cuvi, N. 2019. *Contaminación del Aire y Justicia ambiental en Quito, Ecuador. Fronteiras: Journal of social, technological and enviromental sicnece.* DOI: http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i3.p13-46

World Health Organization (1999). Monitoring ambient air quality for health impact assessment. WHO Regional Publications, Eurepean Series 85, World Health Organization.

World Health Organization (2006). Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.

Anexo 1

1. Fundamentación Teórica

El desarrollo de la población en las últimas décadas en la ciudad de Quito ha generado un notable expansión inmediata en su infraestructura, densidad poblacional, automotores, en general actividades antropogénicas (PDOT Quito, 2015), lo cual ha resultado en un incremento en la contaminación en todos sus ámbitos, siendo contaminación lumínica, desechos sólidos, contaminación del agua, contaminación del aire, entre otros, debido a esto se ha hecho énfasis en las últimas décadas en la preocupación de las condiciones del ambiente. Ahora bien, es importante tratar la contaminación en todos sus aspectos, pero entre los que más pueden llegar a afectar el bienestar tanto ambiental como humano, es la polución del aire.

Como se había mencionado antes el hecho de que el aire que está contaminado se puede llegar a generar un malestar en la población, además de que al ser una ciudad con un nivel altitudinal considerable causa en los automotores una limitación en su combustión (Diaz y Páez, 2006), este podría identificarse como uno de los focos de contaminación de material particulado y gases producto de la combustión en el distrito metropolitano.

Como se menciona en El Comercio (2020), la calidad del aire en la capital mejoro representativamente por temas de cuarentena, es decir, el aire de Quito fue categorizado como "deseable" según la escala del IQCA. Así mismo la secretaria del ambiente por medio de la red social Twitter menciona que la cuarentena en la ciudad ha traído consigo efectos positivos para el ambiente (Secretaría del Ambiente, 2020).

2.1.1. Parámetros Calidad del Aire

2.1.2. IQCA (Índice Quiteño de la Calidad del Aire)

El Índice Quiteño de la Calidad del Aire fue diseñado por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, es una herramienta en la que brinda información de fácil entendimiento al público acerca de los rangos diarios de contaminación en el aire. Dichos rangos se manifiestan de forma ilustrativa concibiendo las principales medidas de precaución a seguir por la población para poder minimizar la magnitud de los efectos negativos, así también las medidas de control que se deben de tomar para reducir los niveles de contaminación (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2016).

Los valores de las mediciones de los contaminantes del aire realizados por los analizadores automáticos de las estaciones remotas, se convierte a los valores IQCA, que son mostrados en la siguiente tabla 1. El IQCA asigna valores de 100 como límite máximo permitido dentro de la Norma Nacional de Calidad del Aire, esto para los diferentes contaminantes. Los valores que están dentro de 0 y 100 son concentraciones menores a los límites máximos permitidos. De igual forma se utiliza un rango entre 0 y 500, con niveles intermedios expresados en tonalidades de colores, de la misma manera mientras más alto este valor, mayor será su contaminación y los peligros para la salud.

Tabla 1: Expresiones matemáticas para el cálculo del Índice Quiteño de Calidad del Aire (IQCA).

Contaminante	**Expresiones matemáticas para cada rango de concentración**			
CO, concentración máxima de promedio de 8 horas, mg/m3	$0 < Ci \leq 10$ $IQCA = 10Ci$	$10 < Ci \leq 15$ $IQCA = 20Ci - 100.00$	$15 < Ci \leq 30$ $IQCA = 6.67Ci + 100.00$	$30 < Ci$ $IQCA = 10Ci$
O3, concentración máxima de promedios de 8 horas, µg/m3	$0 < Ci \leq 100$ $IQCA = Ci$	$100 < Ci \leq 200$ $IQCA = Ci$	$200 < Ci \leq 600$ $IQCA = 0.5Ci + 100.00$	$600 < Ci$ $IQCA = 0.5Ci + 100.00$
NO2, concentración máxima en 1 hora, µg/m3	$0 < Ci \leq 200$ $IQCA = $	$200 < Ci \leq 1\,000$ $IQCA = 0.125Ci + 75.00$	$1\,000 < Ci \leq 3\,000$ $IQCA = 0.1Ci + 100$	$3\,000 < Ci$ $IQCA = 0.1Ci + 100$

	0.50Ci			
SO2, promedio en 24 horas, µg/m3	0 < Ci ≤ 62.5 IQCA = 0.8Ci	62.5 < Ci ≤ 125 IQCA = 1.333Ci - 66.667	125 < Ci ≤ 200 IQCA = 0.125Ci + 175.00	200 < Ci IQCA = 0.125Ci + 175.00
PM2.5, promedio en 24 horas, µg/m3	0 < Ci ≤ 50 IQCA = 2.00Ci	50 < Ci ≤ 250 IQCA = Ci + 50	250 < Ci IQCA = Ci + 50.00	
PM10, promedio en 24 horas, µg/m3	0 < Ci ≤ 100 IQCA = Ci	100 < Ci ≤ 250 IQCA = 0.6667Ci+33.333	250 < Ci ≤ 400 IQCA = 0.6667Ci + 33.33	400 < Ci IQCA = Ci - 100

Ci: Concentración de un determinante contaminante.
Fuente: secretaria de Ambiente, 2016 (Generalidades Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Enero 2016)
Realizado por: Alexis González y Francisco Rivera.

2.1.2. Guías de Calidad del Aire (OMS) o Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente

La OMS en septiembre del 2021 realizo la actualización de las Guías de Calidad del Aire, las cuales están orientadas para su uso a nivel mundial, estas actualizaciones usan una amplia evidencia científica para poder recomendar valores límites para 6 contaminantes atmosféricos (SO2, PM2.5, PM 10, 03 y NO2). En la Tabla 2 se indican las concentraciones permitidas de los contaminantes mencionados según la Guía de Calidad de Aire de la OMS. (OMS, 2021)

Tabla 2. Valores de las directrices de la OMS sobre la calidad del aire

Valores de las directrices de la OMS sobre la calidad del aire			
Contaminante	**Valor**	**Unidad**	**Periodo de Medición**
Material Particulado (PM2.5)	5	$\mu g/m^3$	Media Anual
	15	$\mu g/m^3$	Media Diaria
Material Particulado (PM10)	15	$\mu g/m^3$	Media Anual
	45	$\mu g/m^3$	Media Diaria
Ozono (O3)	100	$\mu g/m^3$	Diario 8 horas
	60	$\mu g/m^3$	Diario 8 horas temporada máxima
Dióxido de nitrógeno (NO2)	10	$\mu g/m^3$	Media anual
	25	$\mu g/m^3$	Media diaria
Dióxido de azufre (SO2)	40	$\mu g/m^3$	Media diaria

Fuente: Organización Mundial de la Salud (Contaminación del aire ambiente "exterior")
Realizado por: Alexis González y Francisco Rivera.

Dentro de Ecuador la Norma de Calidad del Aire de Ambiente es la que rige como referencia de aplicación en todo el territorio, se encuentra en el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) agregado por el Decreto Ejecutivo No. 3516 en el Registro Oficial Edición Especial 2 del 31 de marzo del 2003, se realizó la última modificación de este documento el 12 de abril del 2019, se establece parámetros de las concentraciones de los contaminantes criterio en el aire ambiente al igual que sus efectos adversos en el aire ambiente.

Tabla 3. Límites Máximos Permisibles (TULSMA, 2015)

Tipo de Contaminante	Contaminante	Valor	Unidad	Ciclo de Medición
Contaminantes Criterio	PM 2.5	15	ug/m3	Promedio Aritmético Anual
	PM 10	50	ug/m3	Promedio Aritmético Anual
		100	ug/m3	Promedio en 24 h
	NO2	40	ug/m3	Promedio Aritmético Anual
		200		Concentración en 1 h
	SO2	125	ug/m3	Concentración 24 h
		500	ug/m3	Concentración 10 min
		60	ug/m3	Promedio Aritmético Anual
	CO	10 000	ug/m3	Concentración en 8 h
		30 000	ug/m3	Concentración en 1 h
	O3	100	ug/m3	Concentración en 8 h
	Benceno	5	ug/m3	Promedio Anual

Contaminantes no Convencionales	Cadmio	0.0005	ug/m3	Promedio Anual
	Mercurio Inorgánico (Vapor)	1	ug/m3	Promedio Anual

Fuente: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente
Realizado por: Alexis González y Francisco Rivera.

2.2. REMMAQ (Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito)

En el Distrito Metropolitano de Quito, existe la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito, "REMMAQ", es una de herramienta utilizada por la Secretaria de Ambiente, esta trabaja realizando un monitoreo continuo de la calidad del aire de Quito (Figura 1), esto con el fin de poder advertir de niveles de polución que puedan afectar la salud de los habitantes del Distrito Metropolitano de Quito, esta red es implementada por la gran variedad de focos contaminantes del aire existentes en la metrópoli. Las emisiones contaminantes provienen de los vehículos a Diesel y gasolina, también las emisiones de material pétreo e industrias, que tienen sus emisiones directas a la atmosfera.

El funcionamiento de REMMAQ empezó a mediados de 2003 de forma totalmente operativa y su información de respaldo está disponible desde principios de 2004, cabe recalcar que la ubicación de las estaciones con las que cuenta la red está bajo las directrices recomendadas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) (EPA. 40CFR58, Apéndice E) y de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, No8)

Dentro de dicha red se encuentran seis subsistemas que recolectan el nivel de concentración de los contaminantes del aire, asimismo el ruido ambiental y las variables meteorológicas.

Red Automática (RAUTO)

Se constituye por ocho estaciones fijas, cuentan con analizadores automáticos de gases y de partículas, y están distribuidas dentro de las administraciones zonales del DMQ. La red automática cuenta con información desde el año de 2011, los datos de las estaciones son dirigidos por un sistema de datos y son acumulados de manera automática en el centro de control, de allí la información es gestionada y publicada en la página de la Secretaría de Ambiente.

La página web mantiene actualizado constantemente mediante un sistema de explotación web, de esta manera el público en general puede acceder en internet en el sitio de REMMAQ, allí obtendrán la información de la calidad del aire en Quito, por medio del Índice Quiteño de la calidad del Aire de Quito (IQCA)

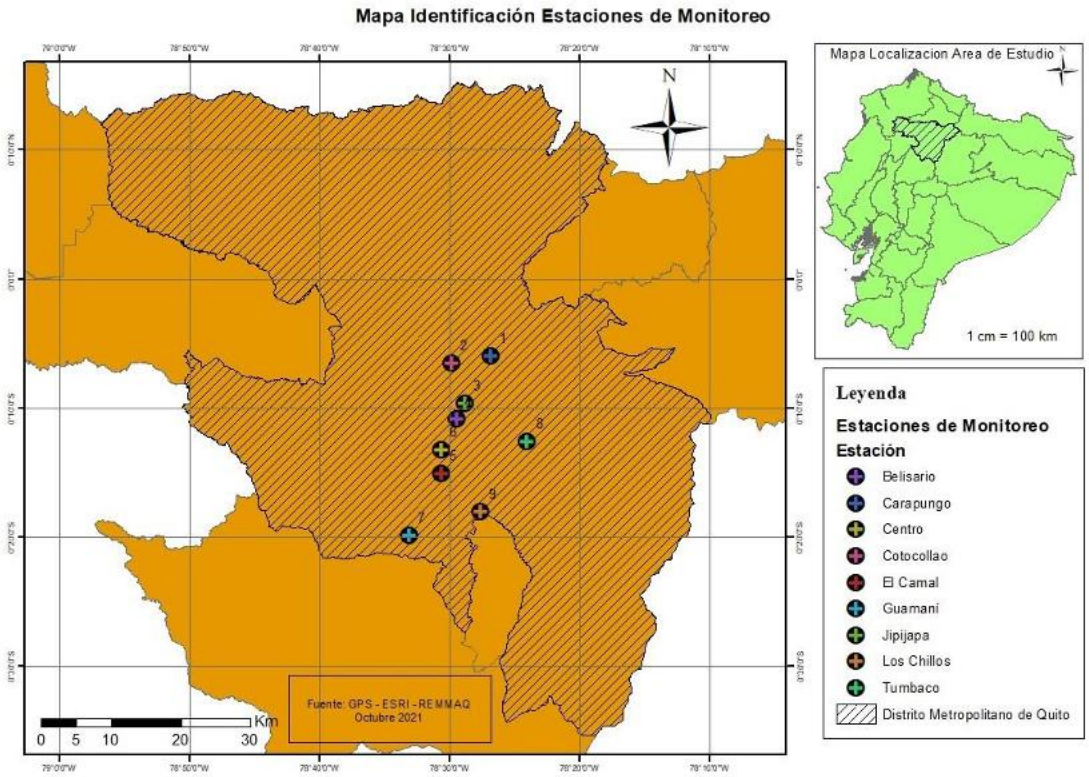


Figura 1: Identificación Estaciones de Monitoreo

Fuente: Elaborado por: Alexis G., Francisco R.

Ahora bien, dentro de los parámetros a estudiar se debe de conocer las características que estos poseen para su identificación.

2.3. Características de los contaminantes atmosféricos

2.3.1. Monóxido de Carbono: es el resultado de la combustión incompleta, esta resulta ser una de las principales fuentes de emisión debido al tráfico y la quema de combustibles fósiles. Es

inflamable, toxico aun en pequeñas dosis. Esencial para la creación de dióxido de carbono y ozono (Envira IOT, 2020).

2.3.2. Benceno: Las principales causas de su aparición son los incendios forestales, esta de forma natural en el humo de cigarrillo, gasolina, petróleo, entre otros materiales inflamables orgánicos. (Envira IOT, 2020).

Los niveles altos de este contaminante pueden causar anemia, daños en el sistema inmune, producir hemorragias, y la muerte, en niveles bajos este contaminante puede causar mareo, taquicardia y somnolencia.

2.3.3 COV's (Compuestos Orgánicos Volátiles): Precursor de hidrocarburos en forma gaseosa a temperatura ambiente. Además, dan entrada a oxidantes fotoquímicos (Envira IOT, 2020).

2.3.4. Partículas en suspensión: Puede ser polvo, cenizas, partículas metálicas, etc. Su peligrosidad va conforme a su diámetro, al ser partículas pequeñas que se mantienen en el aire pueden llegar a la sangre. Precursoras de sustancias nocivas para el organismo (Envira IOT, 2020).

2.3.5. Dióxido de nitrógeno: En su mayoría este contaminante es emitido en forma de monóxido de nitrógeno, al entrar en contacto con el ozono del ambiente este comienza a oxidarse y da como resultado dióxido de nitrógeno. Este también es la fuente principal de ozono troposférico y de los aerosoles de nitrato estos elementos componen NO2 (Envira IOT, 2014).

Los efectos adversos que puede provocar este contaminante son bronquitis, una reducción significativa de la resistencia respiratoria a posibles infecciones, irritación pulmonar, pulmonías. Además, la exposición de altas concentraciones puede causar complicaciones en pacientes asmáticos y aparición de enfermedades respiratorias crónicas en niños.

2.3.6. Dióxido de Azufre: En concentraciones mayores es un gas que puede irritar, provoca alteraciones en las vías respiratorias y en las mucosas oculares. En contacto con la humedad del ambiente se forma ácido sulfúrico, en conjunto con la lluvia se puede depositar y provocar acidificación los suelos, lagunas y ríos. Esto representa efectos negativos en la fauna y vegetación, la corrosión de monumentos, edificios y materiales. Además, se crean partículas secundarias, que son perjudiciales para la salud, además de dispersar la luz y reducen la visibilidad (Envira IOT, 2014).

2.3.7. Ozono: Su formación se realiza en la atmosfera reaccionan elementos fotoquímicos en presencia de luz solar y los contaminantes precursores, como los compuestos orgánicos volatices (COV) y los óxidos de nitrógeno (Envira IOT, 2014).

2.4. Métodos para determinar la calidad del aire.

En relación con los métodos de monitoreo del aire de la ciudad de Quito cuenta con diferentes modelos encargados de recolectar la información de cada contaminante, respectivamente, estos equipos funcionan en conjunto con un sistema de recepción de datos que han logrado trabajar alrededor de 10 años, brindando información verídica de utilidad científica, a continuación, en la tabla 4., las marcas y modelos que miden la cantidad de cada contaminante.

Tabla 4: Tipo de Contaminante, marca y modelo de equipos de medición en DMQ.

Contaminante	Marca y Modelo
Material particulado PM10	Thermo Scientific/FH62C14
Material particulado PM2.5	Thermo Andersen / FH62C14
Dióxido de azufre (SO2)	THERMO 43C / 43i
Dióxido de azufre (SO2)	TELEDYNE API / T100
Ozono (O3)	THERMO 49C / 49i
Ozono (O3)	TELEDYNE API / T400
Óxidos de nitrógeno (NOX)	THERMO 42C / 42i
Óxidos de nitrógeno (NOX)	TELEDYNE API / T200
Monóxido de carbono (CO)	THERMO / 48C / 48i
Monóxido de carbono (CO)	TELEDYNE API/ T300
Multicalibrador (SO2, NOX, CO, O3)	THERMO/ 146C / 146i
Multicalibrador (SO2, NOX, CO, O3)	TELEDYNE API/ 700E
Generador Aire Cero	THERMO / 111
Generador Aire Cero	ECOTECH / HTO-1000HC
Estación portátil para monitoreo de CO, SO2, NO2, 03, PM2.5, humedad relativa y temperatura del aire	AQM60
Sistema Blade, con 5 servidores físicos	>HP C-3000
Sistema Almacenamiento, con capacidad de 9.6 TB.	HP P2000

Librería Cintas para 24 cintas de (1.5 TB) con tecnología LTO-4 y LTO-5	HP M5L2024

Fuente: REMMAQ, 2020

Elaborado por: Alexis G., Francisco R.

Los dispositivos automáticos se utilizan para establecer la concentración de gases contaminantes que se encuentran en el aire, los dispositivos se basan en las propiedades químicas o físicas de estos. En total se cuenta con 8 estaciones automáticas lineales y 36 estaciones manuales, están divididas en:

2.4.1. Red automática

Esta consta con analizadores automáticos de partículas y gases, estos envían los datos directamente a la secretaria de Ambiente para ser gestionada y enlazada al sistema.

2.4.2. Red de depósito

Esta se maneja a manera de que se registra el sedimento de polvo atmosférico, contaminantes identificados y demás contaminantes que consten en la Legislación Nacional. Se concreta la medición con un análisis gravimétrico.

2.4.3. Red monitoreo pasivo

Esta red es fabricada por el personal de REMMAQ, esto manejado bajo estrictos controles de calidad, las técnicas utilizadas son analíticas entre ellas se encuentran, difusión pasiva, espectrofotometría UV visible, etc.

2.4.4. Red de Activa de Material Particulado

Cuenta con dispositivos semiautomáticos para el material particulado, se los realiza durante 24 h en un intervalo de 6 días, esto conforme a la ley establecida. Los datos obtenidos aquí se correlacionan con los resultados de los quipos automáticos, su metodología de medida comprende gravimetría mediante muestreador de alto caudal.

2.4.5. Red Meteorológica

La red cuenta con sensores que miden la velocidad y la dirección del viento, además se mide la humedad relativa, precipitación, temperatura y radiación solar, todos estos son factores que inciden en el nivel de contaminación.

2.5. Red de Áreas Verdes del Distrito Metropolitano de Quito

En cuestión de las zonas o áreas verdes, son lugares que para Javiera Silva menciona en su "Manual de manejo de áreas verdes para proyectos concesionados" las áreas verdes se las puede designar de manera conforme a: "la superficie de terreno destinada perfectamente al esparcimiento o circulación peatonal, conformada generalmente por especies vegetales y otros elementos complementarios" (Silva, 2006, pág. 161). Es de importancia conocer que actualmente en Ecuador se debe recuperar los espacios naturales degradados debido a que el área por habitante actualmente es de 4,69 metros cuadrados, esto debería ser de 9 metros cuadrados para garantizar lo establecido en el artículo 14 según el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013, manifiesta que SUMAK KAWSAY.

En el Distrito Metropolitano de Quito las áreas verdes se han ido deteriorando a lo largo de los años, su condición se ha deteriorado debido al crecimiento de la población y la necesidad de encontrar refugio. Si bien Quito será la ciudad con más áreas verdes per cápita para la plataforma Quito Informa en 2018, hoy, debido al aumento de población, esto ya no es una realidad (Quito Informa, 2018).

Por otro lado, la red vial también es causante de cambios indirectos, lo que incide directamente en la pérdida de vegetación en Quito. La necesidad de movilización de los pobladores ha propiciado la apertura de nuevas vías y con ello la fragmentación de distintas áreas. Espacio verde urbano (Secretaría de Territorio, 2017).

2.6. Calidad Combustible en Ecuador

Según Pacheco M. (2020), el octanaje que tiene el combustible en el territorio ecuatoriano es acorde con la norma de calidad Euro 2, esto basado en datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (Aeade), cabe recalcar que estos son los estándares más bajos en la región suramericana, los combustibles que se comercializan tienen 85 octanos para tipo eco país y extra y de 92 octanos que es para tipo super, por otra parte refiriéndonos al diésel tipo premium contiene 200 partículas por millón de azufre.

Así pues, se debe de conocer que el octanaje es la capacidad antidetonante del combustible, que se comprime en la parte interior del motor, el desempeño de estos depende del nivel de este pues a mayor octanaje el rendimiento de los automotores no se verá afectado y tendrá una menor producción de contaminantes. Actualmente Ecuador se rige por la norma INEN 935 la cual establece los requisitos a cumplir de los productos derivados de petróleo, en el año 2020 se estableció el conseguir el objetivo de llegar a la norma Euro 3 donde sus límites mínimos de nivel de octanaje comprenden hasta 95 octanos.

2.7. Incendios Forestales Quito

Según el Servicio Nacional de gestión de riesgos y emergencias en el año 2020 existió alrededor de 1962 incendios a nivel de todo el Ecuador. En Pichincha existió un alrededor de 166 incendios forestales llegando a alcanzar una cobertura vegetal quemada de 4,058.069 hectáreas, las consecuencias adversas de estos incendios constituyen parte de las causas principales de la progresiva degradación de los ecosistemas, llega a afectar de tal manera que producen alteraciones en la flora y puede fragmentar el ecosistema. Además, son causas de la pérdida de especies de animales disminución en su biodiversidad además de la pérdida parcial o total de la cobertura vegetal y para su recuperación podría llegar a tardar varias decenas de años.

De esta forma, los incendios forestales ocurridos en el año 2020 en la ciudad de Quito han contribuido con la contaminación y deterioro de la calidad del aire en la capital, puesto que la combustión de la biomasa es una de las fuentes más contaminantes de la atmosfera por material particulado que deteriora la calidad del aire no solo en el lugar de emisión sino a lo largo de diversas regiones cercanas (Rincón, M. 2019). El director del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencia (SNGR), Salazar Rommel destacó que entre el año 2018 y 2020, Quito fue la ciudad con más alertas de emergencias por incendios forestales con 3.163 alertas, a comparación de otras ciudades como Ambato, con 565 alertas, y Cuenca con 435 alertas (La Hora, 7 de agosto del 2020).

Algunos de los incendios más significativos que afectaron la calidad del aire en Quito son: Incendio Forestal en el Cerro Ilaló el martes 4 de agosto del 2020, y el Incendio Forestal en el sector de Checa a 45 minutos de la ciudad el lunes 3 de agosto del 2020; aunque el foco del incendio no fue específicamente en la capital, incidió en la calidad del aire y los dos incendios forestales fueron atendidos por el Cuerpo de Bomberos de Quito (CBQ).

Por último, se puede agregar que la ley castiga este tipo de acciones en donde la ley puede terminar de 1 a 3 años de prisión a quienes provoquen directa o indirectamente incendios o instiguen a la comisión de tales actos en bosques nativos plantados o páramos, además en caso de que el incendio provocado cause una muerte de personas la pena privativa puedes subir hasta 16 años de prisión.

2.8. Fuentes contaminación del aire en la ciudad de Quito.

Las fuentes de contaminación atmosférica en el Distrito Metropolitano de Quito pueden ser naturales como los incendios y antrópicas refiriéndonos a vehículos e industrias, es así como podemos dividir a las fuentes de contaminación como fijas y móviles en la capital.

2.8.1. Fuentes Fijas

Según Instituto Nacional de ecología y cambio climático (2017) las fuentes fijas se dividen en:

Fuentes puntuales: Ligadas a la generación de energía eléctrica, y actividades de índole industrial. En general son fuentes provenientes de la quema de combustibles fósiles y producen por su combustión dióxido de azufre, dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno hidrocarburos (INECC, 2017).

Fuentes de Área: Son fuentes pequeñas que están dispersas, generan poco nivel de contaminación, no obstante, contienen un gran número de agentes nocivos para la salud, entre estas esta, artes gráficas, panadería, etc. También entran la generación de emisiones de los rellenos sanitarios (INECC, 2017).

Fuentes Naturales: Son fuentes producidas por la vegetación y los procesos microbianos que tienen lugar en el suelo y el agua, producen metano, dióxido - monóxido de carbono y compuestos de azufre o nitrógeno (INECC, 2017).

2.8.2. Fuentes Móviles

A este grupo se le atribuye todo tipo de transporte que funcione con motor de combustión a dieses o gasolina (INECC, 2017).

Ahora bien, a continuación, se puede observar el porcentaje de los tipos de contaminantes y en qué tipo de fuente de contaminante ha llegado a afectar más.

Tabla 4: Emisión porcentual (%) de contaminantes del aire en inventarios anteriores en el DMQ.

		Contaminantes del aire						
Año Base	Fuentes de emisión	CO	SO2	NOX	PM10	PM2.5	COV	NH3
2003	Móviles	97.2	56	79.9	31.6	45.5	41.4	4.4
	Fijas Puntuales	1.3	44	19.4	11.8	14.1	22.6	41
	Fijas de área	1.5	0	0. 7	56.6	40.4	36.0	54.6
2005	Móviles	96	20.5	36.2	26.4	47.6	40.9	10.5
	Fijas Puntuales	3.3	79.5	62.8	28.6	22.3	13.7	4.4
	Fijas de área	07	0	1	45	30.2	45.4	85.1
2007	Móviles	97.8	14.5	53.8	26.4	46	39.8	16
	Fijas Puntuales	1.6	85.4	44.5	20.8	22.8	17.3	4.4
	Fijas de área	0.6	Será	1.7	52.8	31.1	43	79.5
2009	Móviles	97.2	24.1	63.6	27.5	51.7	33.2	20.3
	Fijas Puntuales	1.5	75.8	34.2	18.8	22.6	19	8.3
	Fijas de área	1.3	0.2	2.2	53.7	25.7	47.8	71.4
2011	Móviles	98.5	24.5	69.2	33.2	62.2	31.1	20.5
	Fijas Puntuales	0.9	75.4	28.1	11.3	19.1	14.6	4.6
	Fijas de área	0.6	0.1	2.7	55.4	20.8	54.2	74.9

Fuente: 1(CORPAIRE, 2006) 2(CORPAIRE, 2008) 3(CORPAIRE, 2009) 4(Secretaría de Ambiente DMQ, 2011) 5(Baca, 2014)
Realizado por: Alexis González y Francisco Rivera.

Según los datos obtenidos las emisiones de monóxido de carbono provienen en gran parte de la combustión incompleta de las fuentes de los automotores, es destacable que el aumento de los vehículos en el Distrito Metropolitano ha causado un aporte de contaminantes que va en aumento.