

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Trabajo de Investigación

**Efectos del aislamiento COVID-19 en la calidad
de aire en la provincia de Lima - Perú
en el año 2020**

Cristina Guadalupe Flores Llanto

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Anieval Peña Rojas

AGRADECIMIENTOS

A los docentes y al asesor de la Universidad Continental, por el apoyo y el respectivo asesoramiento brindado para la realización de este trabajo y por permitirme ser una gran profesional.

DEDICATORIA

A Dios por guiar mis pasos, a mi madre por ser un ejemplo de dedicación y valores y por apoyarme en el transcurso de mi carrera y confiar en mí, a mi hija por ser mi motivación cada día y a mi novio por brindarme amor, apoyo, motivación y constancia.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	11
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	11
1.1. Planteamiento y formulación del problema	11
1.1.1. Planteamiento del problema.....	11
1.2. Formulación del problema	14
1.2.1. Problema general.....	14
1.2.2. Problemas específicos	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general.....	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
1.4. Justificación e importancia	15
1.4.1. Ambiental.....	15
1.4.2. Social.....	15
1.4.3. Teórica.....	15
1.4.4. Tecnológica	16
1.5. Hipótesis y descripción de variables	16
1.5.1. Hipótesis general	16
1.5.2. Hipótesis específicas	16
1.5.3. Operacionalización de variables	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes del problema	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18
2.1.2. Antecedentes nacionales	19
2.1.3. Antecedentes locales	19
2.2. Bases teóricas.....	20

2.2.1. Contaminación	20
2.2.2. Contaminación atmosférica:.....	21
2.2.3. Calidad del aire	22
2.3. Definición de términos básicos	24
CAPÍTULO III.....	26
METODOLOGÍA.....	26
3.1. Método y alcance de la investigación	26
3.1.1. Método.....	26
3.1.2. Nivel.....	26
3.2. Diseño de la Investigación.....	26
3.3. Población y muestra	26
3.3.1. Población.....	26
3.3.2. Muestra.....	27
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos	27
CAPÍTULO IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	28
4.1.1. Análisis del parque automotor.....	28
4.1.2. Análisis de concentraciones de contaminantes.....	30
4.2. Prueba de hipótesis.....	44
4.2.1. Hipótesis específica 1	44
4.2.2. Hipótesis específica 2	47
4.2.3. Hipótesis específica 3	49
4.2.4. Hipótesis específica 4	51
4.2.5. Hipótesis 5	53
4.3. Discusión de resultados	55
REFERENCIAS	58

CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	17
Tabla 2: Fuentes de contaminación	22
Tabla 3: Técnica e instrumento de recolección de datos.....	27
Tabla 4: Flujo vehicular nacional de acuerdo a peaje.....	28
Tabla 5: Vehículos en circulación a nivel departamental 2015-2018.....	29
Tabla 6: Vehículos en circulación a nivel nacional 2015-2018	30
Tabla 7: Concentraciones de PM10 en la provincia de Lima - marzo 2020	31
Tabla 8:Concentraciones de PM 2.5 en la provincia de Lima – Marzo 2020	34
Tabla 9:Concentraciones de NO2 en la provincia de Lima – Marzo 2020	38
Tabla 10: Concentraciones de O3 en la provincia de Lima – Marzo 2020.....	40
Tabla 11:Concentraciones de CO en la provincia de Lima – Marzo 2020	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Concentraciones de NO ₂ en España-2019-2020.....	12
Figura 2: Investigación utiliza tecnología low cost.....	13
Figura 3: Lugar de estudio	13
Figura 4: Valores del índice de Calidad del Aire.....	14
Figura 5: Esquema de relación existente entre la contaminación de los tres vectores ambientales: aire, agua y suelo	20
Figura 6: Esquema general del proceso de contaminación.....	21
Figura 7: Plan de monitoreo de Calidad de Aire.....	23
Figura 8: Puntos de muestreo.....	27
Figura 9. Parque automotor a nivel nacional 2015-2018	30
Figura 10: Concentraciones de PM ₁₀ en el mes de marzo - 2020.....	31
Figura 11: Concentraciones de PM ₁₀ en la estación de VMT 2019-2020	32
Figura 12: Concentraciones de PM ₁₀ en la estación de SB 2019-2020.....	32
Figura 13: Concentraciones de PM ₁₀ en la estación de SJL 2019-2020.....	33
Figura 14: Concentraciones de PM 10 en la estación de CDM 2019-2020	33
Figura 15: Concentraciones de PM 10 en la estación de SA 2019-2020.....	34
Figura 16: Concentraciones de PM 2.5 marzo 2020	35
Figura 17: Concentraciones de PM 2.5 en la estación de SB 2019-2020.....	36
Figura 18: Concentraciones de PM 2.5 en la estación de VMT 2019-2020	36
Figura 19: Concentraciones de PM 2.5 en la estación de SJL 2019-2020	37
Figura 20: Concentraciones de PM 2.5 en la estación de CDM 2019-2020	37
Figura 21: Concentraciones de NO ₂ marzo 2020	38
Figura 22: Concentraciones de en la NO ₂ estación de VMT 2019-2020.....	39
Figura 23: Concentraciones de NO ₂ en la estación de SA 2019-2020.....	39
Figura 24: Concentraciones de O ₃ marzo 2020.....	40
Figura 25: Concentraciones de O ₃ en la estación de SB 2019-2020	41
Figura 26: Concentraciones de O ₃ en la estación de SJL 2019-2020.....	41
Figura 27: Concentraciones de O ₃ en la estación de CDM 2019-2020.....	42
Figura 28:Concentraciones de CO marzo 2020	43
Figura 29: Concentraciones de CO en la estación de VMT 2019-2020	43
Figura 30: Concentraciones de CO en la estación de SA 2019-2020.....	44
Figura 31: Datos recopilados en SPSS.....	62

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar los efectos del aislamiento COVID-19 en la calidad de aire en la Provincia de Lima – Perú en el año 2020.

La investigación se planteó ya que la contaminación del aire cada día es un problema global, ya que puede provocar impacto ambiental negativo y en la salud provocando enfermedades en el sistema respiratorio. En Lima, los causantes de la contaminación ambiental es el sector industrial y vehicular por la mayor parte que existe en la provincia, aparte de que estos son los que más contaminantes generan y están cercanas a la población, asimismo la aglomeración de los vehículos causantes por el inadecuado ordenamiento del sistema vial de nuestro país genera una acumulación de contaminantes aparte de la contaminación del aire puede provocar contaminación auditiva perjudicial a la salud humana.

La metodología que se utilizó fue el hipotético inductivo porque en primer lugar se realizará una recopilación de datos para validar las hipótesis y se puso a prueba la hipótesis planteada, por lo que se probó que la pandemia influyó en la calidad del aire de la provincia de Lima. El alcance de la investigación fue descriptivo, ya que se realizó minuciosamente un análisis de toda la información recopilada para saber si realmente la pandemia influyó en la calidad del aire y en la disminución de contaminantes de aire.

Para la muestra se consideró 5 puntos de muestreo en la provincia de Lima, para poder tener información necesaria para luego analizarlas, puesto que cada estación en cada provincia midió las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono troposférico, PM2.5 y PM10.

Los resultados obtenidos en la investigación fue que efectivamente desde el año 2015 al 2018 el flujo vehicular en la provincia de Lima aumentó significativamente, y por ende las concentraciones de contaminantes que estos generan también, por otro lado, las estaciones en los cinco puntos de muestreo indicaron que en este año debido a la pandemia covid los niveles de concentración de contaminantes en el aire disminuyeron significativamente, especialmente del ozono ya que este puede ser generado por vehículos con motores a gasolina y por solventes químicos, estos contaminantes se reflejan en la cantidad de vehículos e industrias en funcionamiento.

Palabras clave: *Covid-19, calidad del aire, contaminantes*

ABSTRACT

The present research work aimed to determine the effects of COVID-19 isolation on air quality in the Province of Lima - Peru in the year 2020.

The research was raised since air pollution every day is a global problem, as it can cause a negative environmental and health impact, causing diseases in the respiratory system. In Lima, the cause of environmental contamination is the industrial and vehicular sector for the most part that exists in the province, in addition to the fact that these are the ones that generally pollute the most and are the closest to the population, also the agglomeration of Los Vehículos caused by the inadequate regulation of the road system in our country generate an accumulation of pollutants in addition to air pollution that can cause noise pollution that is harmful to human health.

The methodology that was used was the hypothetical inductive one, since in the first place a data collection will be carried out to validate the hypotheses and the hypothesis was tested, which is why it was verified that the pandemic influenced the air quality of the province of Lima . . The scope of the investigation was descriptive, since a comprehensive analysis of all the information collected was carried out to find out if the pandemic really influenced air quality and the reduction of air pollutants.

For the sample, 5 sampling points were considered in the province of Lima, in order to have the necessary information to subsequently analyze them, since each station in each province measured the concentrations of carbon monoxide, nitrogen dioxide, tropospheric ozone, PM2.5 and PM10.

The results obtained in the research were that effectively from 2015 to 2018 the vehicular flow in the province of Lima improved significantly, and therefore the concentrations of pollutants that these also generate, on the other hand, the stations in the five sampling points indicated that This year due to the COVID pandemic, the concentration levels of pollutants in the air decreased significantly, especially ozone since this can be generated by vehicles with gasoline engines and by chemical solvents, these pollutants are reflected in the number of vehicles and industries in operation.

Keywords: Covid-19, air quality, pollutants.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es un tema controversial actualmente, si bien es cierto, no se tomaba la importancia debida a este tema, la contaminación ambiental en sus tres componentes: aire, agua y suelo, cada vez más entra en situación crítica para el medio ambiente y seres vivos, estamos viviendo los cambios más fuertes de la contaminación ambiental, más que nada de la contaminación del aire. Existen dos tipos de fuentes de contaminación: natural y antropogénica por ejemplo; industrias trabajando diariamente y 24 horas al día, personas que usan su automóvil, entre otros; las consecuencias de estas causas son el cambio climático brusco que vivimos hoy en día, personas con problemas respiratorios agudos, cáncer , entre otros.

Actualmente, estamos atravesando una pandemia a causa de un virus que no se puede controlar de manera mundial, COVID-19, en el Perú, el Presidente de la Republica decretó emergencia sanitaria, es una situación crítica para la salud de los peruanos pero favoreció de manera increíble al medio ambiente, resaltando la Provincia de Lima, ya que era la provincia que alta contaminación atmosférica tenía antes de la pandemia a causa de las industrias que operaban de manera diaria y a toda hora, asimismo por el tráfico de autos en las calles principales a hora punta, funcionamiento de restaurantes, entre otros, que dejaron su funcionamiento por la pandemia y vimos en gran cambio que hubo en un mes de cuarentena, por esta razón se tiene como objetivo principal “determinar los efectos de la pandemia en la calidad de aire en la Provincia de Lima” y otros objetivos específicos que abarca a los contaminantes de aire como dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, entre otros.

Para comprender de una mejor manera, esta tesis contiene cinco capítulos: en el primer capítulo se encuentra de manera detallada el problema existente, junto con los objetivos, justificación del problema, hipótesis y la manera en la que se va operar las variables de la investigación; en el segundo capítulo mostrará aquellos antecedentes más relevantes del tema de investigación, asimismo mostrará las bases teórica que nos ayudará a entender algunos temas de manera rápida y también la definición de términos que se usará a lo largo de la tesis; en el tercer capítulo se encuentra la metodología que usaremos, el diseño de la investigación es no experimental, el alcance es correlacional y la población de nuestra investigación es toda la Provincia de Lima y las técnicas e instrumentos para recopilar los datos; por último en el capítulo cinco se mostrará los resultados de esta investigación y la discusión de estas y finalmente las conclusiones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La contaminación de manera general ha sido una situación crítica que anteriormente no se ha tomado importancia de las consecuencias que posteriormente iba a traer tanto en la salud como en el estilo de vida y mucho menos se ha estado tomando medidas para mitigar estas consecuencias. Cuando hablamos de contaminación nos referimos a contaminación de aire, agua y suelo.

Según Alfaro (1) entendemos como contaminación de aire a la presencia de contaminantes en forma de gases en la atmosfera se fue añadida de forma directa o indirectamente a la atmósfera por actividad natural o antropogénica en grandes cantidades que pueden ser perjudicial para la salud y medio ambiente. Con el avance industrial, la atmosfera está severamente dañada, con partículas suspendidas en el aire que afectan la capa de ozono, el clima, entre otros; pero también afecta a la salud humana.

Según la Organización Mundial de la Salud (2) nos menciona que la contaminación atmosférica, en zonas rurales fue el causante de 4,2 millones de muertes prematuras a nivel mundial, puesto a la exposición a partículas muy finas de 2,5 micras lo que produce enfermedades el sistema respiratorio, cardiacos y hasta cáncer.

Hoy en día, nos enfrentamos a una situación realmente crítica a nivel mundial, la pandemia de COVID-19. Esta situación en el Perú está siendo comprometedor con respecto al bienestar de los peruanos pero al ecosistema es una situación favorecedora, en la provincia de Lima anteriormente mostró niveles de contaminantes altos en la atmósfera por la gran actividad que se encuentra en esta provincia, durante la cuarentena que atravesamos actualmente a causas de un virus muchas industrias, restaurantes, centros comerciales en esta provincia y en todo el Perú han dejado de funcionar por lo que nos hace pensar que existen importante cambios en la calidad de aire

En la figura 1, podemos observar los cambios de concentraciones de dióxido de nitrógeno, una comparación entre el 2019 y el año actual en España, por lo que en el año 2019 hubo

concentraciones muy altas y en este año las concentraciones disminuyeron debido a la cuarentena declarado por el Gobierno español.

Como nos indica National Geographic hubo “una reducción significativa de las concentraciones de dióxido de nitrógeno como consecuencia de las medidas de confinamiento y distanciamiento social tomadas para frenar el coronavirus”. (3)

En el Perú, en la provincia de Lima, capital del Perú donde las fábricas de producción, vehículos, restaurantes emitían contaminantes a la atmósfera, dañando la calidad de aire, hoy en día, con esta situación, donde el presidente de la Republica declaró un 15 de marzo del 2020 en Estado de emergencia, la Municipalidad Metropolitana de Lima anuncia que se ha reducido la concentración de PM 2.5 en el aire de la ciudad, por lo que el aire que se respira en Lima es “más puro” tras los 20 días del aislamiento social obligatorio. (4)

En la figura 2, se observa la tecnología que usaron para el monitoreo de contaminantes en Lima de bajo costo.

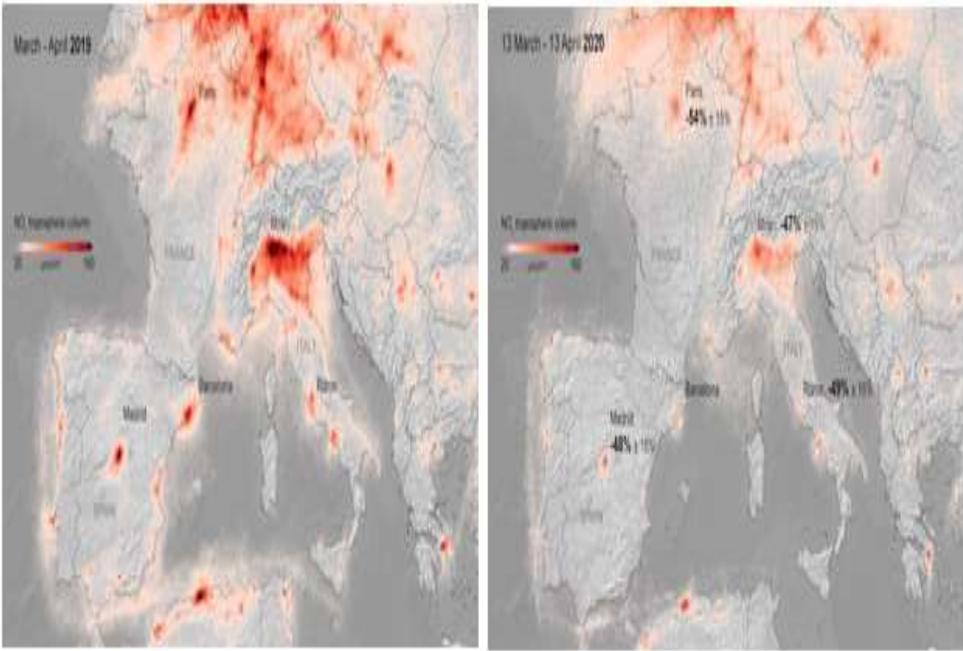


Figura 1: Concentraciones de NO2 en España-2019-2020
Fuente: (5)



Figura 2: Investigación utiliza tecnología low cost

Fuente: (4)



Figura 3: Lugar de estudio
Fuente: (6)

CALIFICACIÓN	VALORES DEL INCA	COLORES
Buena	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC*	Anaranjado
VUEC*	>VUEC*	Rojo

*VUEC: Valor umbral del estado de cuidado

Figura 4: Valores del Índice de Calidad del Aire
Fuente: (7)

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los efectos del aislamiento covid-19 en la calidad de aire en la provincia de Lima – Perú en el año 2020?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son los efectos del aislamiento covid-19 en las concentraciones de PM 10 en la Provincia de Lima- Perú 2020?

¿Cuáles son los efectos del aislamiento covid-19 en las concentraciones de PM 2.5 en la Provincia de Lima- Perú 2020?

¿Cuáles son los efectos del aislamiento covid-19 en las concentraciones de CO en la Provincia de Lima- Perú 2020?

¿Cuáles son los efectos del aislamiento covid-19 en las concentraciones de NO2 en la Provincia de Lima- Perú 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar los efectos del aislamiento covid-19 en la calidad de aire en la Provincia de Lima – Perú en el año 2020

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar los efectos del aislamiento covid-19 en las concentraciones de PM 10 en la Provincia de Lima- Perú 2020.

Determinar los efectos del aislamiento covid-19 en las concentraciones de PM 2.5 en la Provincia de Lima- Perú 2020.

Determinar los efectos del aislamiento covid-19 en las concentraciones de NO2 en la Provincia de Lima- Perú 2020.

Determinar los efectos del aislamiento covid-19 en las concentraciones de CO en la Provincia de Lima- Perú 2020.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Ambiental

Se justifica de forma ambiental porque el trabajo de investigación brinda la información y el estudio necesario sobre la variación en el aire a causa del covid 19 en comparación al cambio posterior cuando se retomen las actividades económicas en la Ciudad de Lima.

1.4.2. Social

La presente investigación se justifica de manera social porque la población estará debidamente informada de las concentraciones de contaminantes de acuerdo con los índices que nos proporciona el Ministerio de Salud para un mejor entendimiento de que están expuestos y las consecuencias a su salud (esencialmente a las vías respiratorias)

1.4.3. Teórica

La presente investigación se justifica de manera teórica porque aportará nuevos conocimientos a la población en general, referente a la manera en que la pandemia de coronavirus afectó positivamente a la calidad del aire, asimismo esto conlleva que los

animales regresen a sus hábitats naturales, con esto se podrá tener conciencia ambiental y así darle mayor importancia del aire que respiramos.

1.4.4. Tecnológica

La presente investigación se justifica de manera tecnológica porque las autoridades correspondientes podrán implementar medidas y acciones los cuales podrán evitar estos problemas a fin una mejora en la salud de la población, mejorando la calidad del aire y así garantizar una mejor calidad de vida a las personas.

1.5. Hipótesis y descripción de variables

1.5.1. Hipótesis general

El aislamiento covid-19 afecta a la calidad de aire en la Provincia de Lima-Perú en el año 2020.

1.5.2. Hipótesis específicas

El aislamiento covid-19 afecta a las concentraciones de PM 10 en la Provincia de Lima-Perú 2020.

El aislamiento covid-19 afecta a las concentraciones de PM 2.5 en la Provincia de Lima-Perú 2020.

El aislamiento covid-19 afecta a las concentraciones de NO₂ en la Provincia de Lima- Perú 2020.

El aislamiento covid-19 afecta a las concentraciones de CO en la Provincia de Lima- Perú 2020.

El aislamiento covid-19 afecta a las concentraciones de O₃ en la Provincia de Lima- Perú 2020.

1.5.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
V. Independiente El aislamiento covid-19	“Es la situación objetiva de contar con mínimos contactos con otras personas como precaución ante una pandemia”.(8)	- Parque automotor	- N° de autos en funcionamiento durante el aislamiento covid-19.	INEI
V. dependiente Calidad de aire	“La calidad del aire se refiere a la presencia en mayor o menor medida de contaminantes en la atmósfera que puedan ser nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y para otros bienes de cualquier naturaleza”.(9)	Concentraciones de contaminantes	- Buena - Moderada - Mala - Umbral de cuidado	Fuente: SENAMHI

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Daniel Rojas Isaza y otros autores (10) en su artículo presenta como objetivo identificar niveles de contaminantes en las ciudades de Medellín y Bogotá y proponer soluciones estratégicas para la calidad de aire de estas ciudades, para ello se utilizó una metodología que consistió en primer lugar comparar los valores establecidos por la normativa colombiana sobre los límites mínimos permisibles y con la Guía de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud, posteriormente se analizaron los datos de contaminantes por fuente en cada lugar, para finalmente poder identificar el tipo de soluciones se darían, llegando a los resultados que los materiales particulado menores a 2.5 micras tienen perjuicios en la salud humana y que las principales fuentes de emisión es el parque automotor con un 80% y la combustión del diésel con un 90%. Se llegó a la conclusión de que las estrategias en estas ciudades son pocas y precisas por lo que se incluyen los siguientes: Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica, el mejoramiento de los combustibles, el uso de motores menos emisores, la educación masiva en Ecoconducción, el arbolado, y la modernización e implementación de instrumentos normativos en materia de movilidad sostenible, ordenamiento territorial, calidad ambiental y producción más limpia.

Según Miguel Ángel Ceballos y otros (11) en su informe presenta como objetivo determinar los efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España, para ello el análisis se limitó al NO₂ ya que este es un contaminante que se relaciona de manera directa con el tráfico urbano, se recopilaron datos de las estaciones que monitorean este contaminante de las 24 ciudades principales en España, como resultado, entre el periodo del 14 de marzo al 31 del mismo mes, se produjo una reducción de los niveles de NO₂ con un 55%, esta investigación concluye que efectivamente se demostró que existe una reducción del tráfico de vehículos y que la variabilidad en los lineamientos de transporte es un mejor instrumento para mejorar la calidad del aire.(11)

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Jair Vargas Ventura (12) en su artículo presenta como objetivo determinar la relación que existe entre la calidad de aire y el COVID-19 en la provincia de Lima Perú, para ello se realizó el siguiente método: se hizo un análisis de Índice de Calidad del Aire en el que se utilizó datos de The World Air Quality Index Project (AQI) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), luego se hizo una comparación con el Índice Nacional de Calidad del Aire de las estaciones de monitoreo, teniendo como resultados que al 14 de abril la cantidad de monóxido de carbono presente en los aires de Lima se ha reducido en 21% respecto del mes anterior, manteniéndose dentro del intervalo de una buena calidad del aire, 46% con referencia al dióxido de azufre, 26% referente al material particulado de 31% de 2.5 micras, se concluyó que los indicadores tienen una relación directa con la salud humana, por lo que se recomendó que las personas que sufren de enfermedades cardíacas o respiratorias permanezcan en casa durante esta cuarentena.

Según Odonno Rómán Sánchez Ccoyllo y Carol Geimy Ordóñez Aquino (13) en su informe publicada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú presenta como objetivo realizar la caracterización de la contaminación del aire en Lima Metropolitana, por lo que se realizó la siguiente metodología se tomó en cuenta los valores horarios, diarios, semanales, mensuales y anuales del ozono troposférico, monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, material particulado 2.5 y material particulado 10, también se tomó en cuenta variables meteorológicas como la altura de inversión térmica, temperatura del aire, humedad relativa, y velocidad del viento, por lo que se concluyó que en Lima metropolitana, la capa de inversión térmica más baja ocurrió en el mes de abril del 2015 con 374 metros y la altura máxima, en el mes de junio del 2015 con 996 metros. Cuando la capa límite planetaria es más baja no permite la dispersión de los contaminantes, lo cual coincide con las altas concentraciones de PM10 y PM2.5 registradas.

2.1.3. Antecedentes locales

Según Nilda Hilario (14) en su tesis presenta el objetivo de estimar la cantidad de contaminantes de vehículos en Huancayo, por lo que se siguió la siguiente metodología se recopiló información de la cantidad de vehículos en la ciudad a través de encuestas, grabaciones y otros por lo que se concluyó que los autos son lo que más generan contaminantes y que de acuerdo a los resultados obtenidos en el 2016 el contaminante que se emite mayormente es el dióxido de carbono con un 97% , el metano con un 0.3% y el

óxido nítrico en cantidades mínimas, en cuanto mayor cantidad de vehículos se encuentra mayor emisiones de contaminantes existe como los gases de efecto invernadero que provoca serias consecuencias de salud a la población.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación

La contaminación es la presencia de sustancias químicas en el agua, aire o suelo de que en altas concentraciones puedan afectar al medio ambiente y a la salud humana. “La contaminación del aire, del agua y del suelo se relacionan entre ellas y no se pueden separar”.(15)

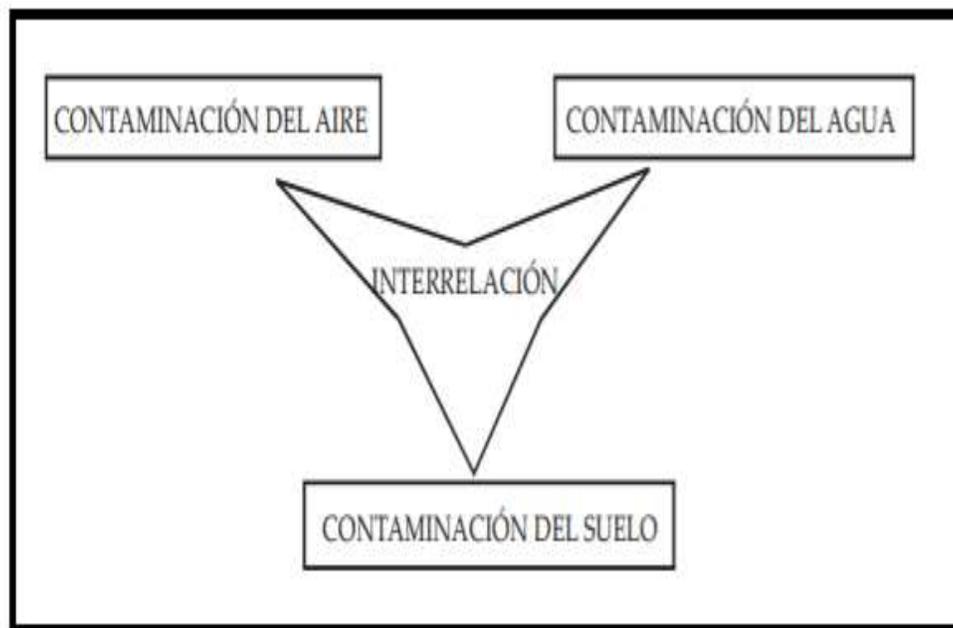


Figura 5: Esquema de relación existente entre la contaminación de los tres vectores ambientales: aire, agua y suelo

Fuente: (15)

2.2.1.1. Proceso de contaminación

La contaminación tiene un procedimiento de manera cíclica que abarca al aire, agua y suelo, y que tiene a los seres vivos como el que emite y recibe contaminantes. (16) Una vez que los contaminantes son emitidos a la medio ambiente, requiere un proceso de transporte, dispersión, reacciones químicas, para que estos puedan llegar al receptor mediante diferentes mecanismos y así provocar efecto en ellos.(15)

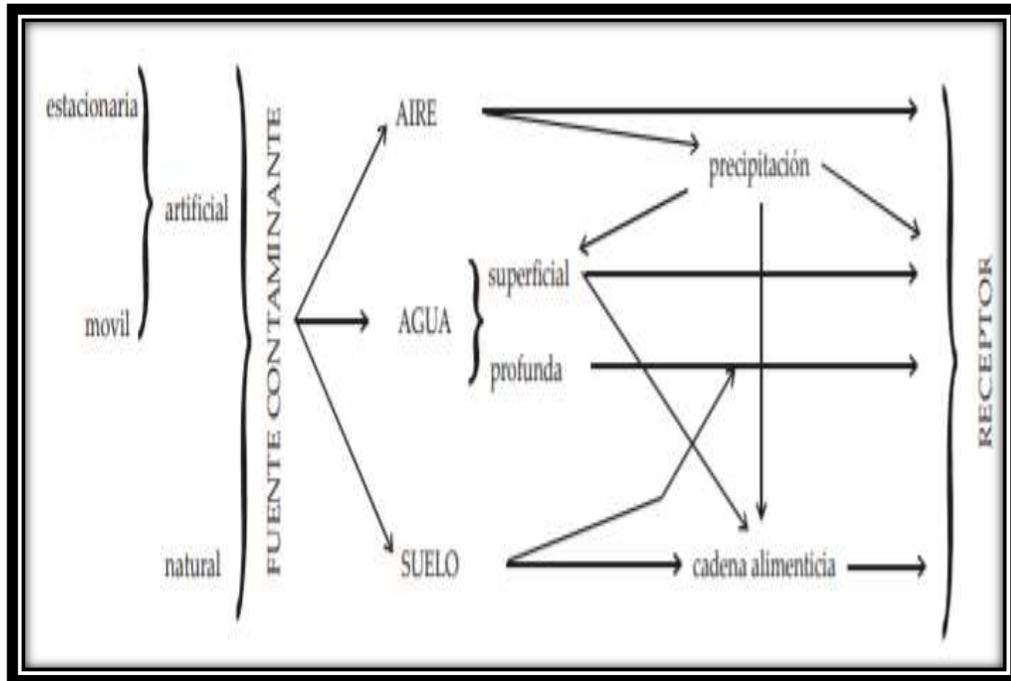


Figura 6: Esquema general del proceso de contaminación

Fuente: (15)

2.2.2. Contaminación atmosférica:

La contaminación atmosférica es la presencia de contaminantes en la atmósfera en concentraciones que afectan de manera significativa la salud humana y de los seres vivos en general, asimismo son perjudiciales para la vida de animales y plantas.(17) También se entiende como la variación de la composición química y física de la atmósfera, de este resulta relaciones complejas entre las fuentes de emisión y los contaminantes, medio de transporte y dispersión.

2.2.2.1. Contaminantes atmosféricos

Los contaminantes atmosféricos es aquel elemento sea de procedencia natural o artificial que tiene la capacidad de subsistir o ser remolcado por el aire y que estos puedan producir algún daño grave para la salud humana y al medio ambiente. Según (18) “Los contaminantes que son más perjudiciales para la salud son material particulado de 10 micras o menos, que pueden dañar y entrar a los pulmones.” Entre los contaminantes atmosféricos que dañan a la salud y que influyen al cambio climático están el dióxido de

azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, ozono troposférico, material particulado 2.5 y material particulado 10.

2.2.2.2. Fuentes de contaminación atmosféricas

“La mayoría de los contaminantes atmosféricos se producen de la quema de combustibles fósiles, pero su composición puede variar según sus fuentes.” (18)

Tabla 2: Fuentes de contaminación

1.1.1.1.NATURALES	1.1.1.2.ANTROPOGÉNICAS
1.1.1.3.Erupciones volcánicas	1.1.1.4.Centrales térmicas
1.1.1.5.Incendios forestales	1.1.1.6.Vehículos y aviones
1.1.1.7.Descargas eléctricas provocadas por las tormentas	1.1.1.8.Procesos industriales
1.1.1.9.Mar	1.1.1.10.Uso de calefactores
1.1.1.11.Vendavales	1.1.1.12.Incineración

Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Calidad del aire

“La calidad de aire de una zona se determina midiendo los niveles de inmisión de los contaminantes mediante las denominadas redes de vigilancia, compuestas por numerosas estaciones de muestreo distribuidas por esta zona.”(15)

Las informaciones de estos niveles de los contaminantes deben ser difundidos a la sociedad por diferentes medios de comunicación, por ello se calcula el Índice de Calidad del Aire para que la población en general esté informada de la Calidad de Aire que posee el lugar donde habita, en el Perú, el Ministerio del Ambiente nos proporciona los valores del Índice de Calidad del Aire.

2.2.3.1. Normativa

La Organización Mundial de la Salud recomienda algunos valores bajos de los contaminantes atmosféricos que no provocan daños perjudiciales a la salud de los seres humanos. En el Perú, el Ministerio del Ambiente nos brinda información de los Estándares de Calidad Ambiental de diferentes tipos de contaminación, en este caso, del aire, esta información nos brinda a través de un Decreto Supremo, en el que se encuentra los parámetros que vamos a evaluar, periodo, valor, criterios y el método en el que se medirán.(19)

2.2.3.2. Monitoreo

En el Perú, existe un protocolo de monitoreo de la Calidad de Aire que nos proporciona la Dirección General de Salud Ambiental, en este documento nos indica la forma de monitorear, la metodología que debemos emplear, criterios de selección, equipos, entre otros.

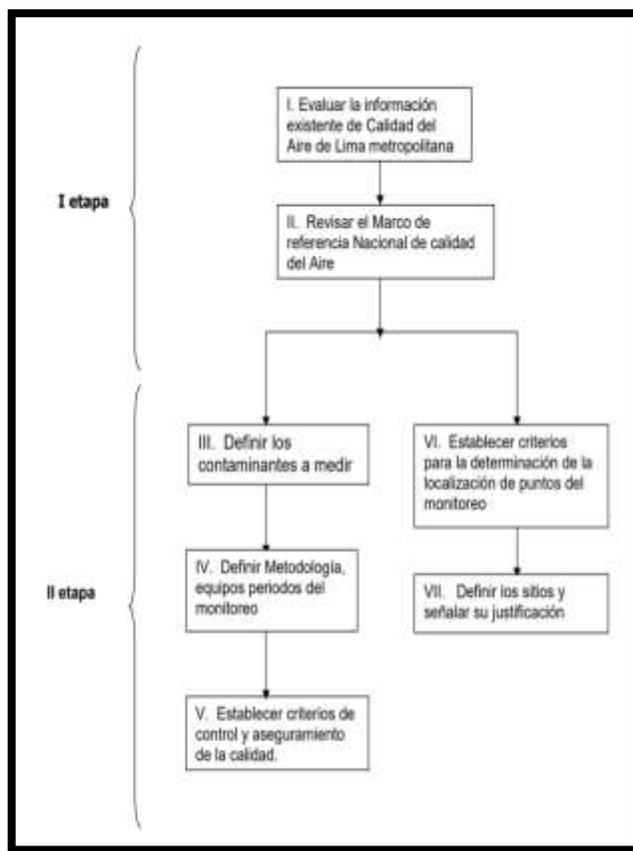


Figura 7: Plan de monitoreo de Calidad de Aire

Fuente: (20)

2.3. Definición de términos básicos

- Contaminación

“La contaminación es un deterioro ambiental que puede prevenirse al evitar la entrada de agentes contaminantes al ambiente mediante acciones.”(21)

- Atmósfera

Según Prieto (22) la atmósfera es la envoltura gaseosa que rodea la Tierra, constituye el principal mecanismo de defensa de las distintas formas de vida. La atmósfera es una combinación de gases que se encuentra rodeando la Tierra y que actúa como un regulador térmico.

- Contaminantes atmosféricos

“Son materiales químicos que en forma de gases, vapores, polvos y aerosoles se encuentran en la región de la atmósfera más cercana a la Tierra.”(21)

- Concentración de contaminantes

“Es la cantidad de contaminante por unidades de volumen en un determinado lugar.” (23)

- Emisión de gases

“Es el resultado de una combustión de unas sustancias denominadas de manera general combustibles”(24)

- Combustión

Según Miranda y otros (25) menciona que es aquella reacción química que se realiza entre las sustancias del combustible y el oxígeno que genera gases que producen fuego.

- Inmisión

“Concentración de contaminantes que está en el núcleo de la atmosfera y estos están expuestos los seres humanos y el medio ambiente.”(24)

- Partículas

“Al usar el carbón, petróleo, madera, incluso en las actividades de construcción o de fabricación, libera partículas en la atmósfera que provoca daños a la salud de las personas.” (26)

- Monóxido de carbono

Según Deuman (20) menciona que es un gas incoloro y tóxico que se produce cuando quemamos productos que tienen como materia prima al carbono y este provoca daños a la salud y al medio ambiente.

- Dióxido de Azufre

Según Deuman (20) menciona que es un gas que emite un olor irritante, este contaminante es uno de los principales compuestos que produce la llamada lluvia ácida y perjudica a las vías respiratorias.

- Óxido de nitrógeno

Según Deuman (20) menciona que es un incoloro e irritante que es absorbida por las vías respiratorias y tiene un gran efecto perjudicial para la salud de las personas.

- Ozono troposférico

Según Deuman (20) menciona que es un agente oxidante en la atmósfera, es necesario en la capa de la atmósfera donde actúa como barrera contra la radiación ultravioleta, en concentraciones altas este llega a formar parte del cambio climático.

- Monitoreo atmosférico

Son aquellas metodologías que se usan para realizar un monitoreo de las concentraciones de los contaminantes de la atmósfera en un lugar.(20)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método

La investigación sigue el método científico, según Tamayo: “El método científico es un conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo”.(27)

La investigación sigue el método Hipotético inductivo porque en primer lugar se realizará una recopilación de datos para validar las hipótesis. Según Hernández y otros: “El método hipotético inductivo parte de hechos articulares para llegar a conclusiones generales”.(28)

3.1.2. Nivel

El nivel de la investigación es correlacional ya que se evaluará la relación que hay entre las variables, si afecta o no una a la otra.

“El estudio correlacional tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular”.(29)

3.2. Diseño de la Investigación

El diseño de esta investigación es no experimental, ya que no se realizará cambios de manera intencional en las variables, al contrario, evaluaremos los efectos tal y como se observan.(28)

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La investigación tendrá como población a la Provincia de Lima en el año 2020.

3.3.2. Muestra

La muestra de la investigación es no probabilística ya que al elegir las muestras no se realizó ningún tipo de cálculos, por lo que se contará con seis puntos de monitoreo los cuales contarán con cada una con una estación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Los puntos de monitoreo se encuentran en: Carabayllo por el norte, Santa Anita y San Juan de Lurigancho por el este, San Borja y Campo de Marte por el centro y Villa María del Triunfo por el sur. “Las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador”.(29)

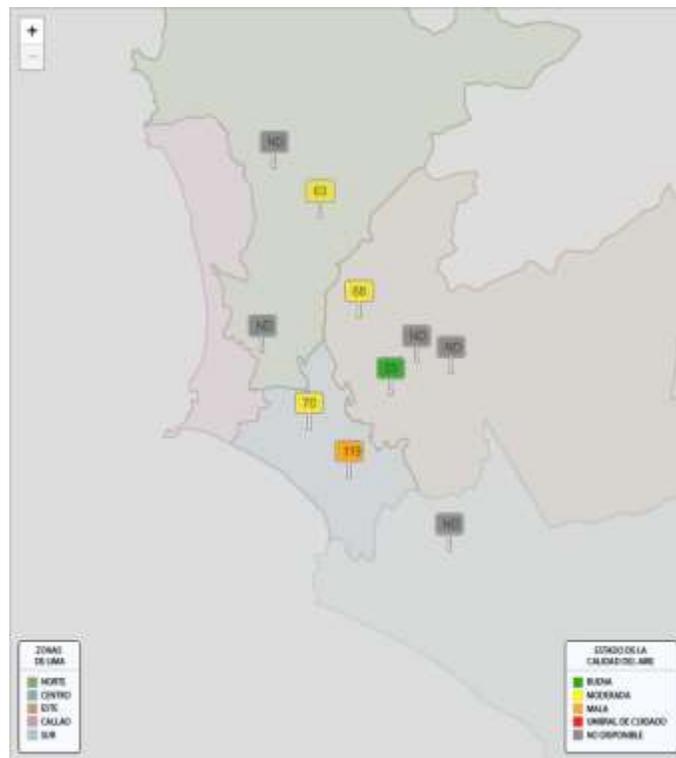


Figura 8: Puntos de muestreo

Fuente: (30)

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Tabla 3: Técnica e instrumento de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos
Observación	- Registro de datos de SENAMHI y INEI

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Análisis del parque automotor

a. Flujo vehicular a nivel nacional

Tabla 4: Flujo vehicular nacional de acuerdo a peaje

Mes	2018	2019	2020
Enero	220,3	230,2	239,3
Febrero	203,3	204,8	224,9
Marzo	203,7	213,1	163,4
Abril	186,5	194,7	59,0
Mayo	190,9	197,8	98,6
Junio	188	197,0	137,2
Julio	213,1	223,7	180,9
Agosto	209,3	219,4	186,2
Setiembre	195,3	203,4	-
Octubre	204,9	214,2	-
Noviembre	200,7	210,2	-
Diciembre	229,4	238,4	-

Fuente: Adaptada de INEI.

De acuerdo con la Tabla 6, podemos observar que durante el 2018 y 2019 a nivel nacional, el flujo vehicular mayor de acuerdo al peaje se dio en el mes de diciembre del 2019 con un 238,4, mientras que en el 2020 aumento la cifra a un 239,3 pero se vió disminuida en el de Abril con un 59 debido al estado de emergencia por covid-19.

Se sabe que la causa de contaminación de aire en la provincia de Lima es el parque automotor por lo que se evidencia que a partir del estado de emergencia dictada un 16 de marzo del presente año, se vió disminuida.

b. Parque automotor en circulación a nivel nacional

Tabla 5: Vehículos en circulación a nivel departamental 2015-2018

Departamento	2015	2016	2017	2018
Amazonas	2 275	2 273	2 227	2 182
Áncash	31 213	33 542	34 923	36 190
Apurímac	4 192	4 216	4 177	4 120
Arequipa	176 315	187 929	200 560	211 735
Ayacucho	6 022	6 041	6 015	5 918
Cajamarca	23 740	24 943	26 224	27 674
Cusco	69 213	73 997	79 874	84 942
Huancavelica	1 286	1 286	1 259	1 235
Huánuco	15 648	16 382	16 915	17 367
Ica	26 715	27 092	27 423	27 558
Junín	64 576	67 049	69 760	72 316
La Libertad	183 931	190 073	196 040	202 558
Lambayeque	65 160	68 261	71 328	74 092
Lima 1/	1 674 145	1 752 919	1 837 347	1 908 672
Loreto	5 501	5 501	5 489	5 477
Madre de Dios	1 161	1 223	1 308	1 383
Moquegua	14 931	14 931	14 887	14 810
Pasco	6 804	6 804	6 660	6 545
Piura	52 390	55 060	57 740	60 006
Puno	46 200	47 696	49 387	51 041
San Martín	12 047	12 358	12 669	13 052
Tacna	48 201	49 382	50 858	52 161
Tumbes	3 415	3 451	3 423	3 375
Ucayali	9 052	9 310	9 608	9 918

Fuente: Elaboración propia adaptada de INEI.

De acuerdo con la Tabla 7 se observa que el número de vehículos en circulación, el departamento de Lima cuenta con el mayor número con unos 1 908 672 vehículos en circulación, por lo que podemos deducir que en la provincia de Lima existe una conglomeración de vehículos, provocando tráfico y por ende una emisión de contaminantes en mayor proporción.

Tabla 6: Vehículos en circulación a nivel nacional 2015-2018

Año	2015	2016	2017	2018
Total	2 544 133	2 661 719	2 786 101	2 894 327

Fuente: Elaboración propia adaptada de INEI.

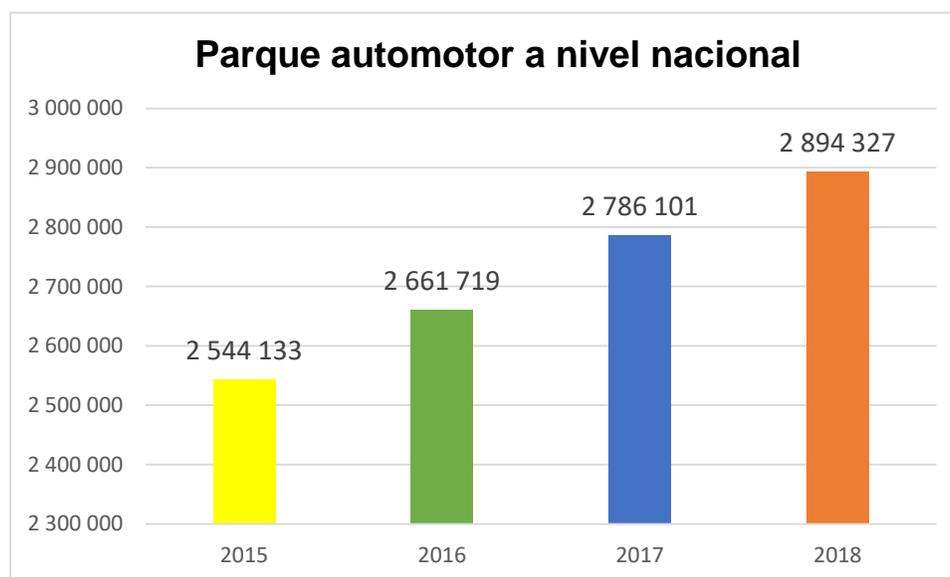


Figura 9. Parque automotor a nivel nacional 2015-2018

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8, se observa que cada año desde el 2015, aumenta el número de vehículos nacional en tres años llegando a unos 2 894 327 vehículos, nos podemos dar cuenta que incrementa cada año con unos 100 vehículos en circulación aproximadamente.

4.1.2. Análisis de concentraciones de contaminantes

4.1.2.1. Material Particulado 10

Tabla 7: Concentraciones de PM10 en la provincia de Lima - marzo 2020

ZONA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ug/m ³	CONCENTRACIÓN MÍNIMA ug/m ³
NORTE Carabayllo	114.64	32.19
ESTE Santa Anita	38.43	17.83
SUR Villa Maria del Triunfo	156.29	44.3
CENTRO Campo de Marte	33.37	13.81
CENTRO San Borja	38.68	18.56

Fuente: Elaboración propia, adaptada de SENAMHI

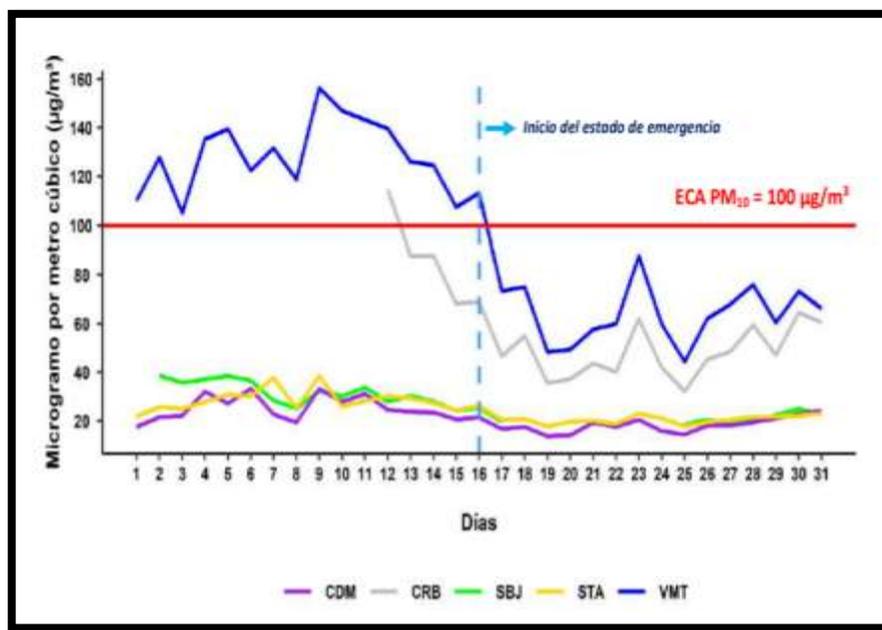


Figura 10: Concentraciones de PM10 en el mes de marzo - 2020

Fuente: Senamhi

Las concentraciones de PM 10, en la estación de Carabayllo y Villa Maria del Triunfo antes del estado de emergencia, superó el ECA con un 159 ug/m³, y llegando a un 42 ug/m³ después del estado de emergencia, habiendo una reducción considerable. (Figura 10)

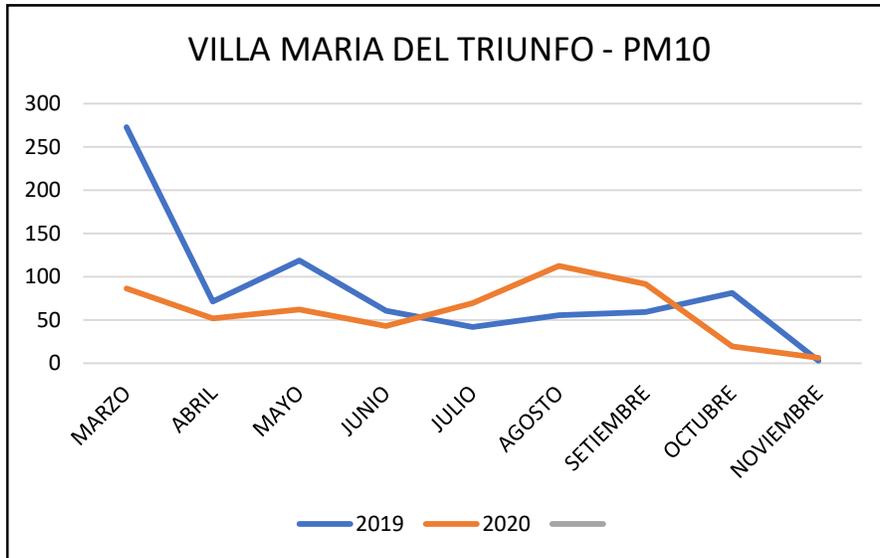


Figura 11: Concentraciones de PM10 en la estación de VMT 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 11, se puede observar que en esta estación las concentraciones de PM 10 han disminuido en el mes de marzo hasta el mes de junio del presente año a diferencia del año anterior. Asimismo, existe un aumento en las concentraciones de este contaminante en los meses de agosto y setiembre puesto que en esos meses se empezaron a reactivar varios servicios por lo que la población empezaba a salir de manera constante.

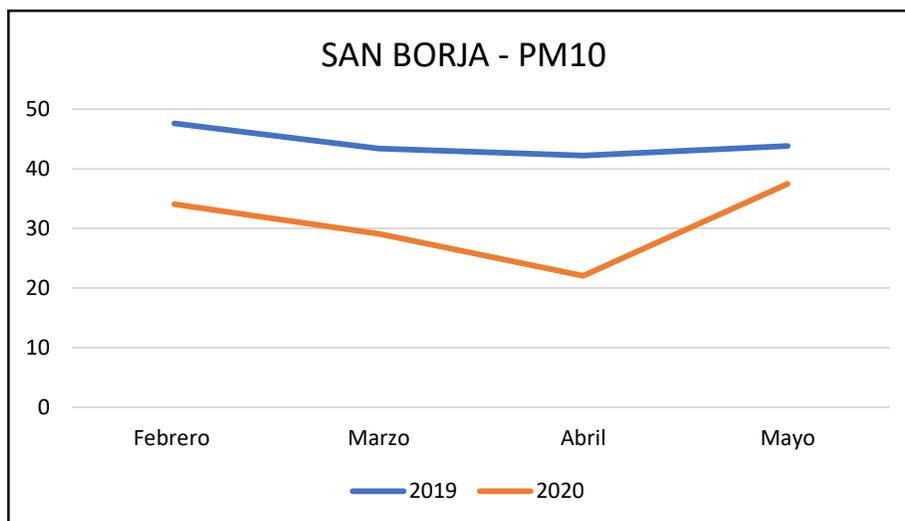


Figura 12: Concentraciones de PM10 en la estación de SB 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia del año anterior, este año en el distrito de San Borja las concentraciones de PM 10 han reducido considerablemente, especialmente en los meses de marzo a abril, meses de los primeros días de cuarentena en nuestro país.

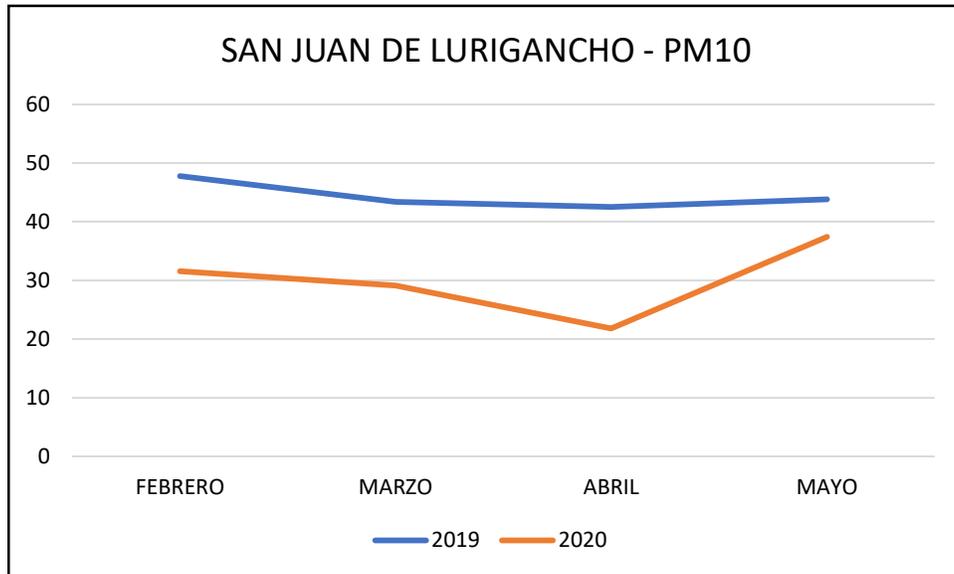


Figura 13: Concentraciones de PM10 en la estación de SJL 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

Las concentraciones de PM 10 en el distrito de San Juan de Lurigancho redució de manera considerable como se observa en la Figura 13.

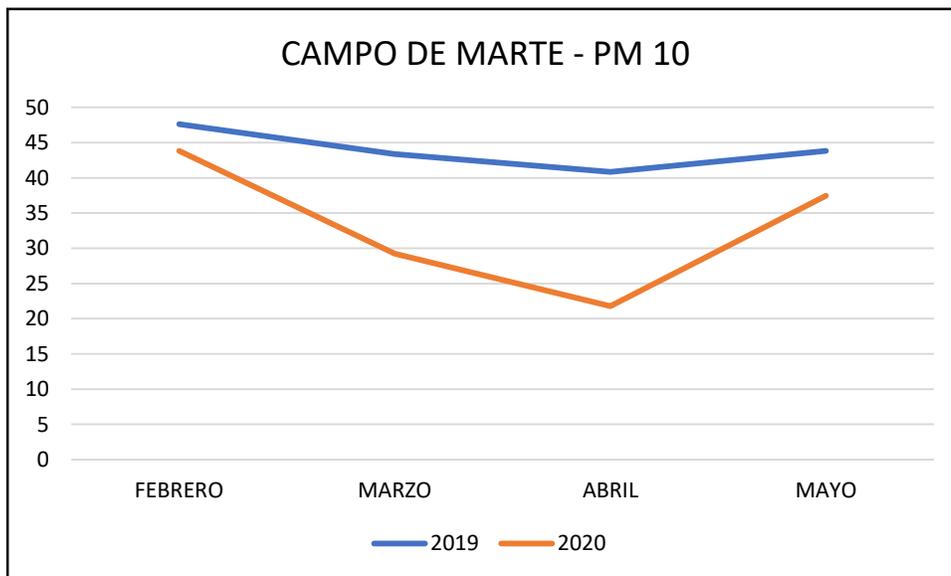


Figura 14: Concentraciones de PM 10 en la estación de CDM 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

Podemos observar que en los meses de Marzo y Abril se redujo la concentraciones debido a la cuarentena por la pandemia COVID-19.

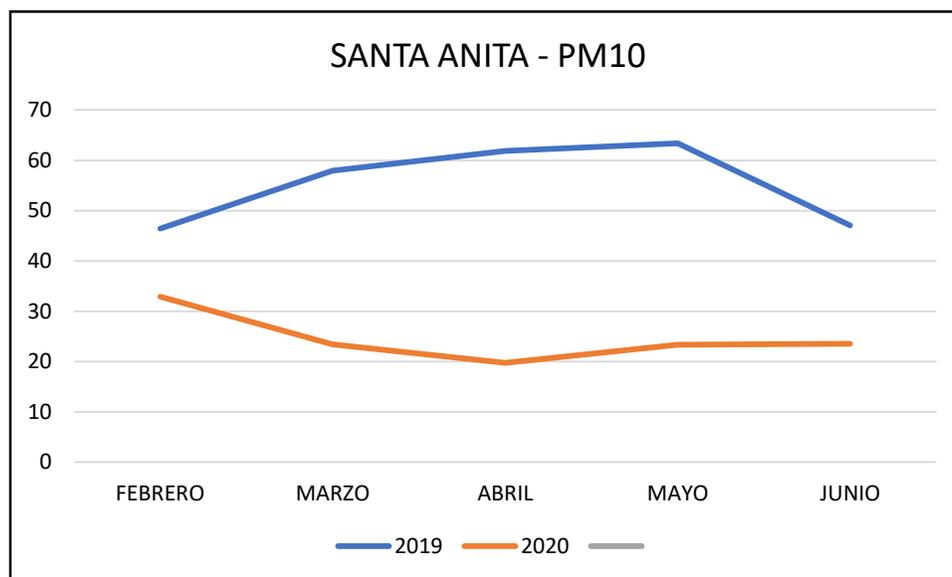


Figura 15: Concentraciones de PM 10 en la estación de SA 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

En el distrito de Santa Anita las concentraciones del presente año disminuyeron a diferencia del año anterior.

4.1.2.2. Material Particulado 2.5

Tabla 8: Concentraciones de PM 2.5 en la provincia de Lima – Marzo 2020

ZONA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ug/m ³	CONCENTRACIÓN MÍNIMA ug/m ³
NORTE		
Carabaylo	27.14	7.54
ESTE		
Santa Anita	26.2	6.72
SUR		
Villa Maria del Triunfo	34.75	12.90

CENTRO		
Campo de Marte	17.71	8.84
CENTRO		
San Borja	22.73	8.74

Fuente: Elaboración propia adaptada de SENAMHI.

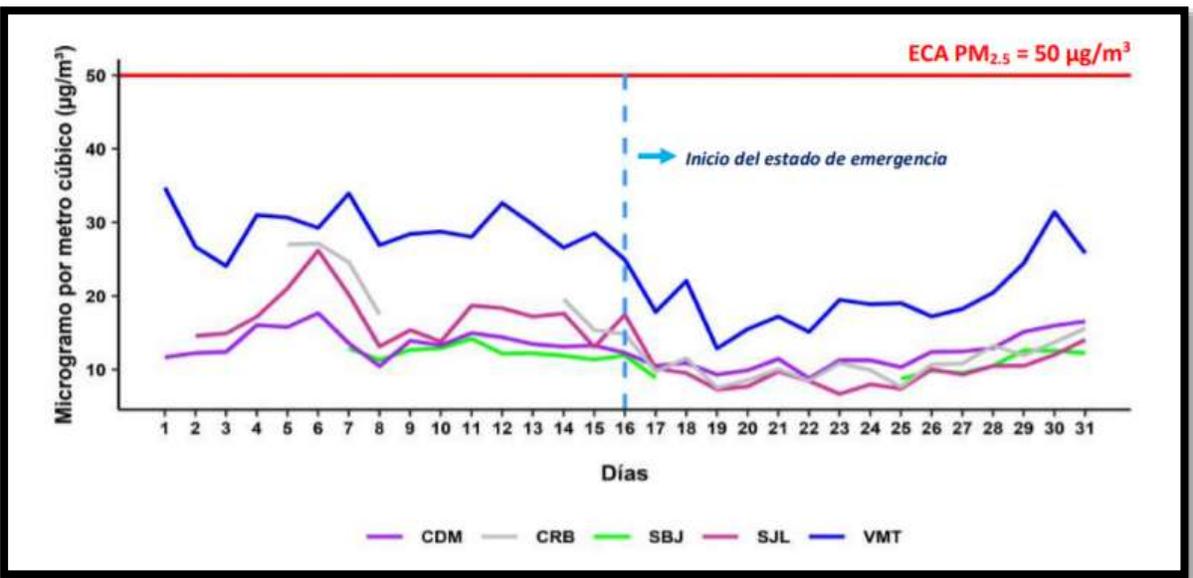


Figura 16: Concentraciones de PM 2.5 marzo 2020

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las concentraciones de PM 2.5 en la provincia de Lima no supera el ECA de aire, sin embargo, durante el estado de emergencia disminuyó considerablemente con un valor de 8 ug/m3 en el distrito de San Juan de Lurigancho, y llegando a un 15 ug/m3 en la estación de Villa María del Triunfo siendo el distrito con mayores cantidades de concentraciones de PM 2.5.



Figura 18: Concentraciones de PM 2.5 en la estación de VMT 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

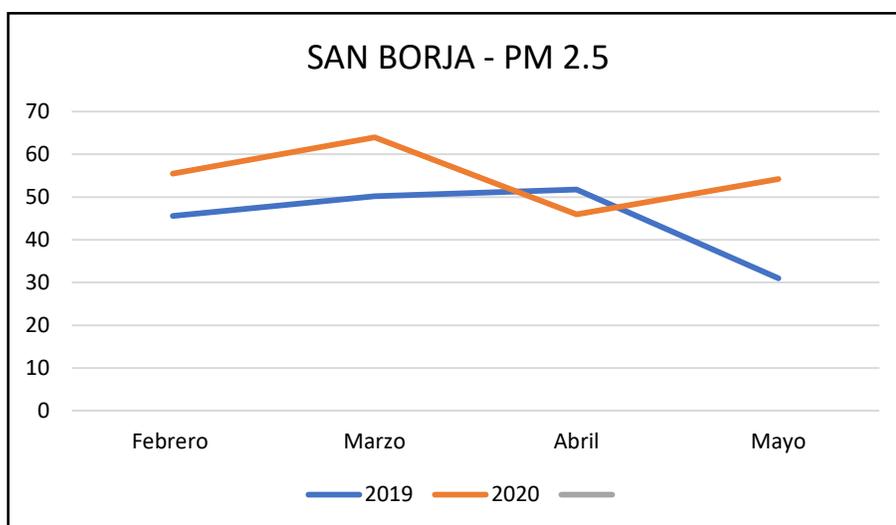


Figura 17: Concentraciones de PM 2.5 en la estación de SB 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

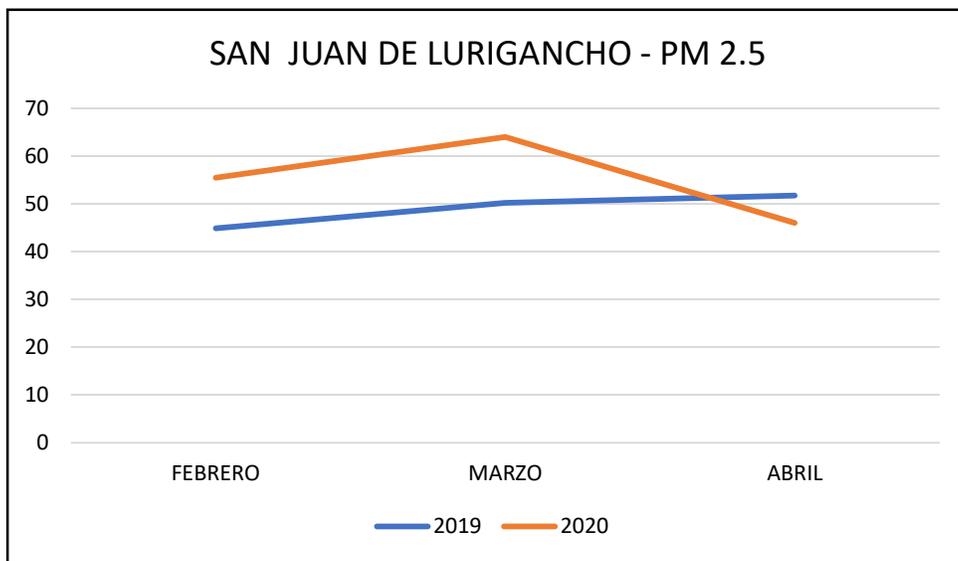


Figura 19: Concentraciones de PM 2.5 en la estación de SJL 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

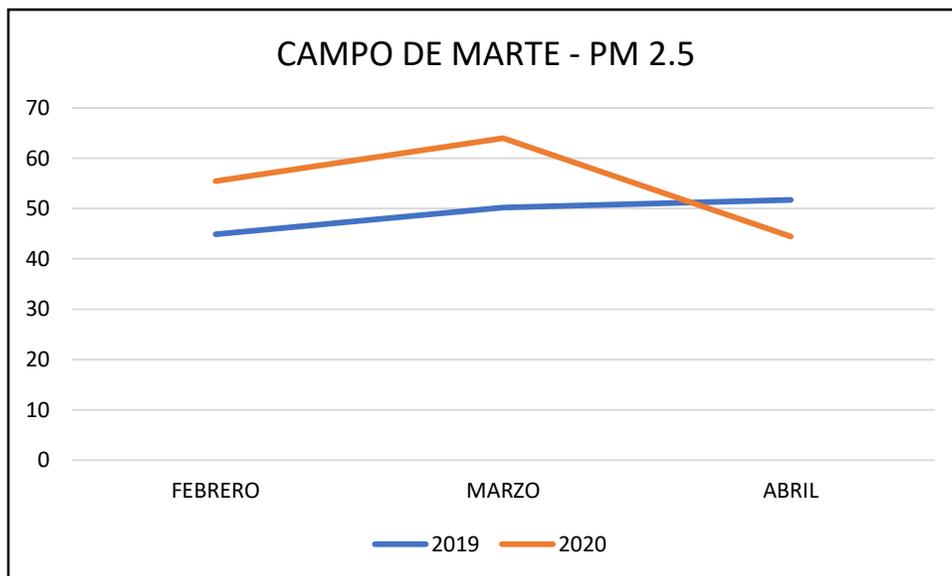


Figura 20: Concentraciones de PM 2.5 en la estación de CDM 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 17, 18, 19 y 20 se puede observar cómo se fue reduciendo las concentraciones de PM 2.5 en el presente año a comparación con el año anterior en las diferentes estaciones en la provincia de Lima

4.1.2.3. Dióxido de Nitrogeno

Tabla 9: Concentraciones de NO₂ en la provincia de Lima – Marzo 2020

ZONA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ug/m ³	CONCENTRACIÓN MÍNIMA ug/m ³
ESTE		
Santa Anita	64	0.22
SUR		
Villa Maria del Triunfo	27.70	1.90

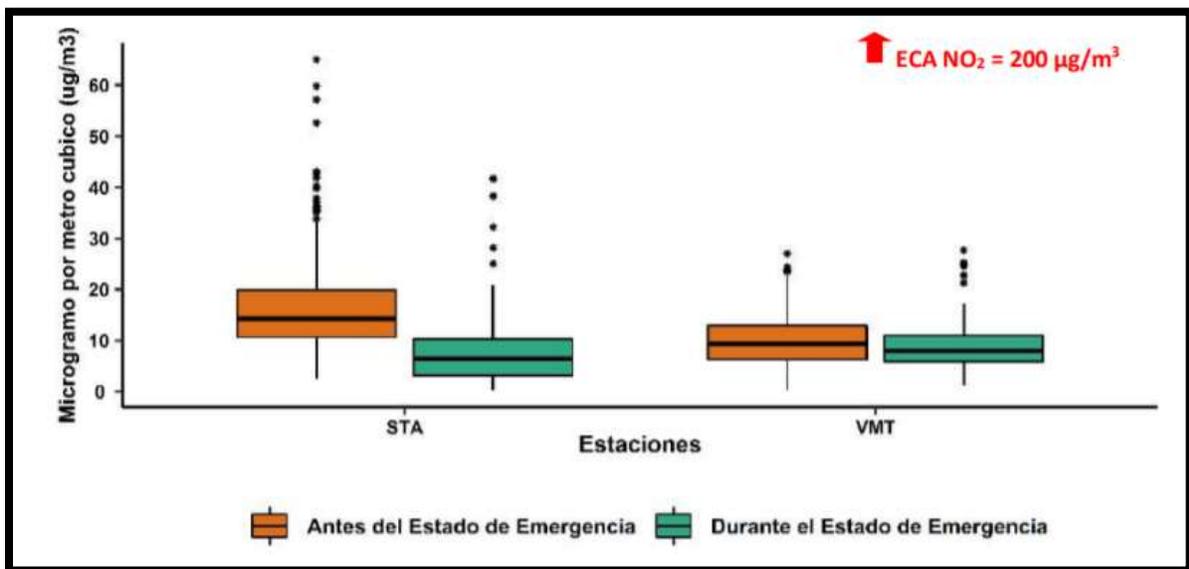


Figura 21: Concentraciones de NO₂ marzo 2020

Fuente: Senamhi

En la provincia de Lima, en las estaciones de Santa Anita y Villa Maria del Triunfo, se observa que mayor reducción que hubo fue en la estación de Santa Anita mientras que en la otra estación hubo una reducción mínima.

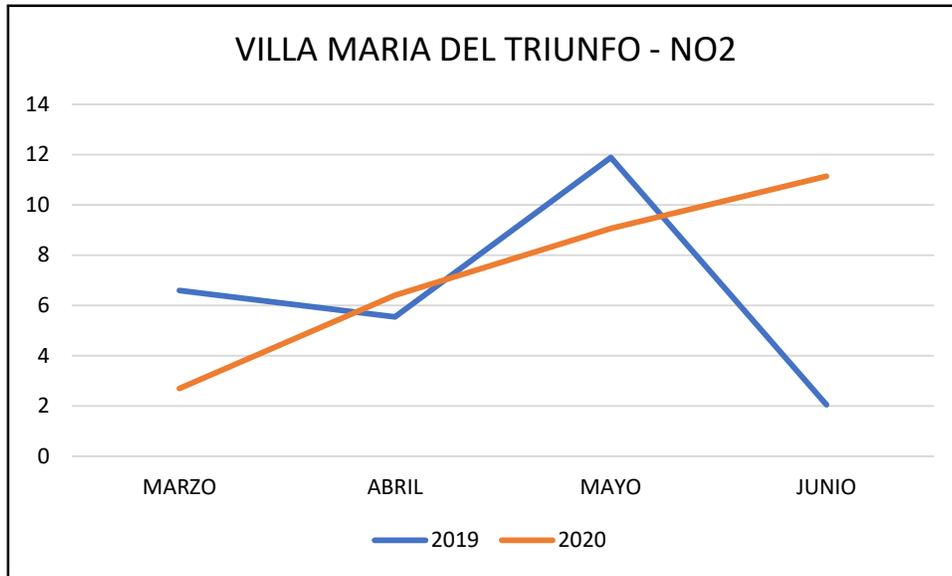


Figura 22: Concentraciones de en la NO2 estación de VMT 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

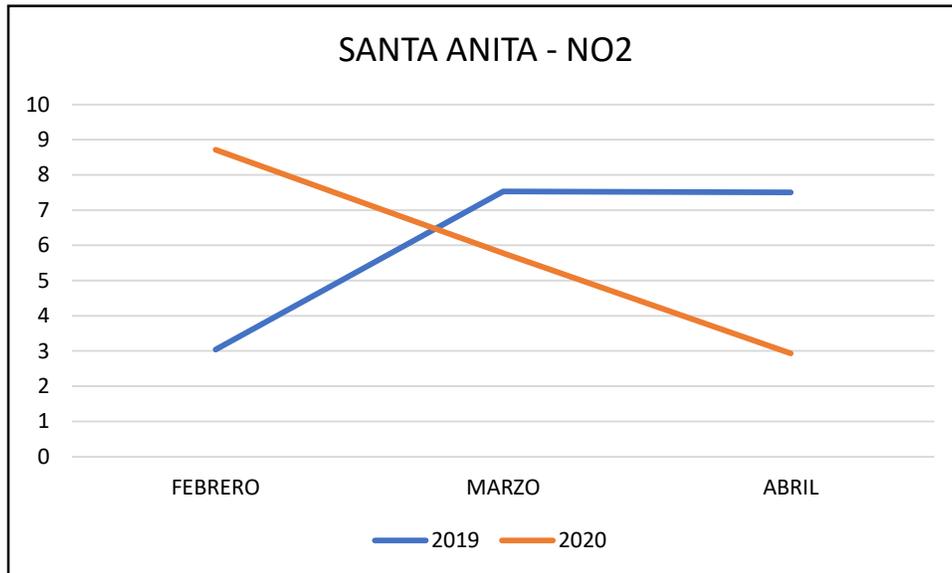


Figura 23: Concentraciones de NO2 en la estación de SA 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de la figura 23, la Figura 22 muestra un aumento del presente año en las concentraciones de NO2, en el mes de junio en comparación del año anterior.

4.1.2.4. Ozono troposférico

Tabla 10: Concentraciones de O₃ en la provincia de Lima – Marzo 2020

ZONA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ug/m ³	CONCENTRACIÓN MÍNIMA ug/m ³
ESTE		
Santa Anita	18.28	1.35
CENTRO		
Campo de Marte	64.59	38.35

Fuente: Elaboración propia, adaptada de SENAMHI,

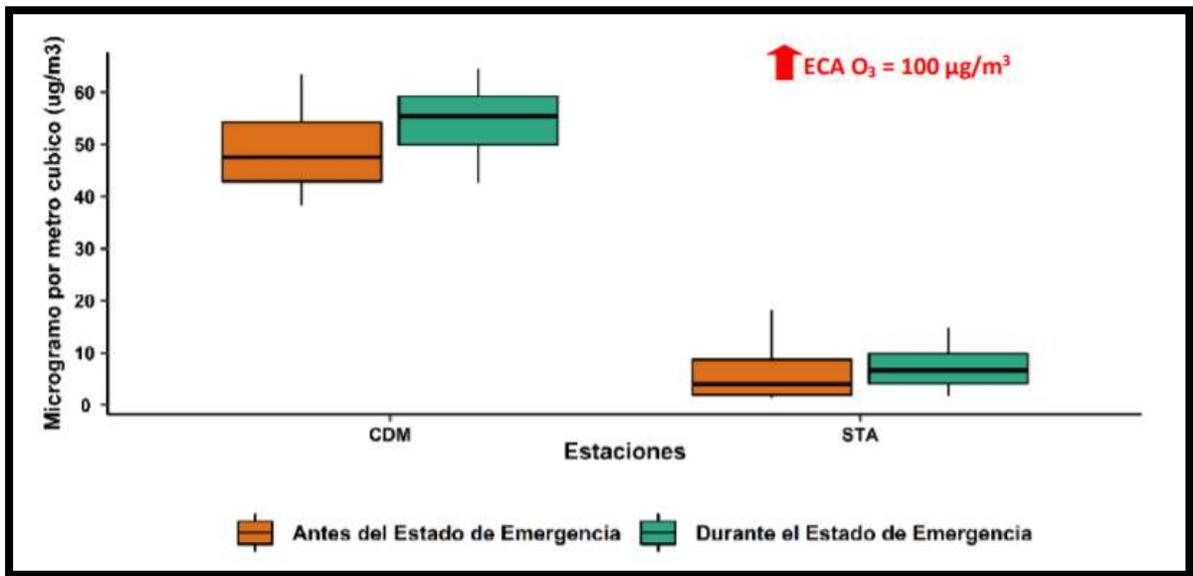


Figura 24: Concentraciones de O₃ marzo 2020

FUENTE: Senamhi

Se puede observar, que en lugar de haber una reducción de concentraciones de O₃ hubo una incrementación mínima.(Figura 24)

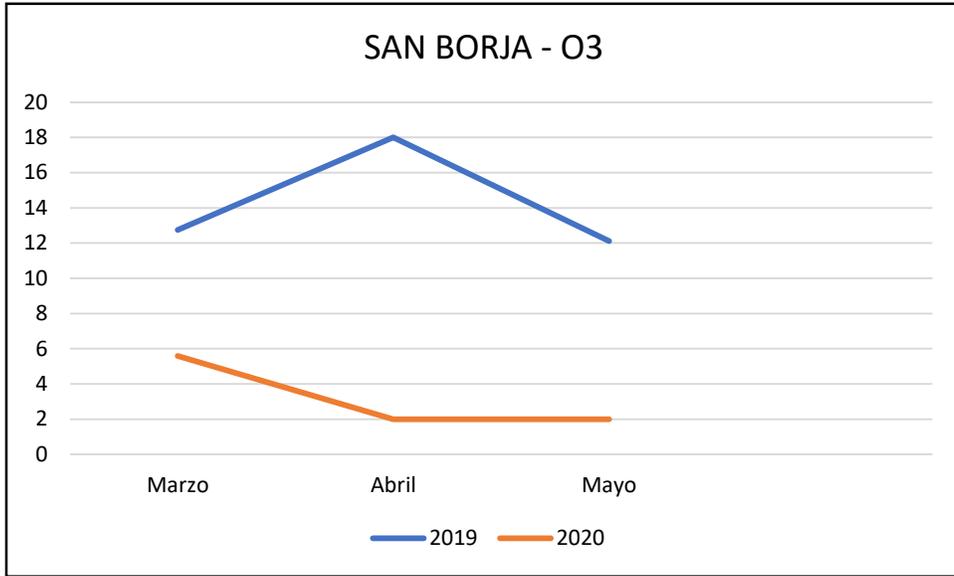


Figura 25: Concentraciones de O3 en la estación de SB 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

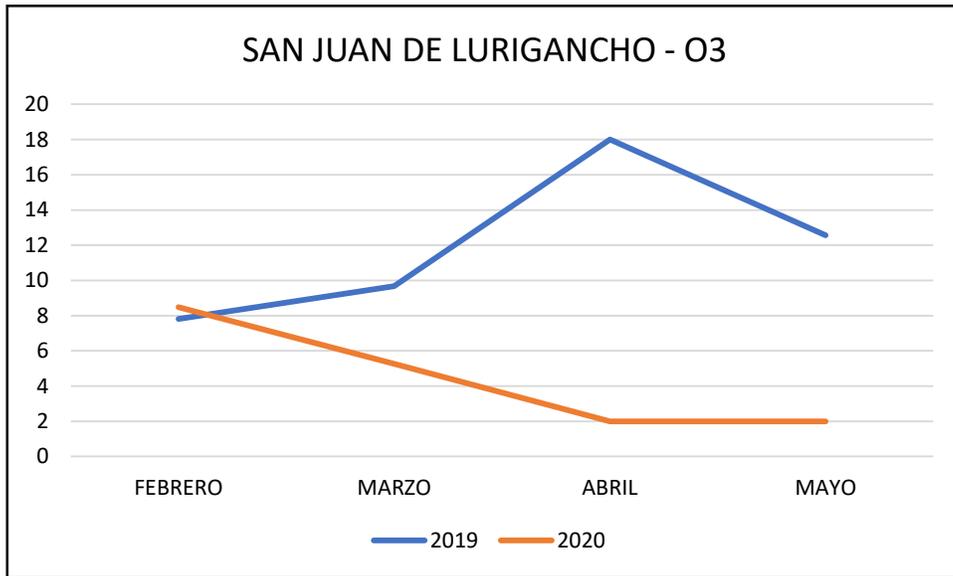


Figura 26: Concentraciones de O3 en la estación de SJL 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

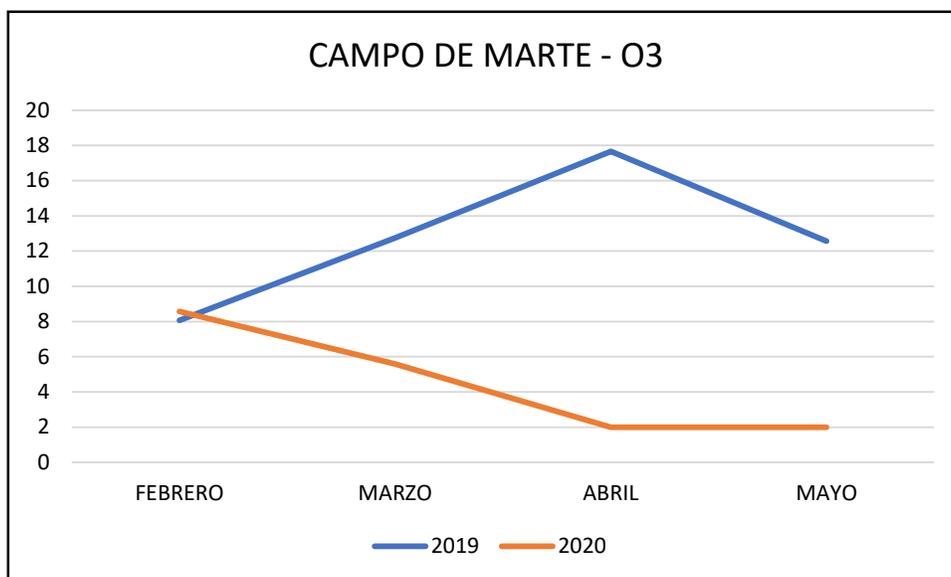


Figura 27: Concentraciones de O3 en la estación de CDM 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

En las tres figuras, Figura 25,26 y 27 se muestra el gran decaimiento de las concentraciones de ozono troposférico en la provincia de Lima, luego de la cuarentena por la pandemia de Covid-19.

4.1.2.5. Monóxido de Carbono

Tabla 11: Concentraciones de CO en la provincia de Lima – Marzo 2020

ZONA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ug/m ³	CONCENTRACIÓN MÍNIMA ug/m ³
NORTE		
Carabayllo	2692.10	711.8
SUR		
Villa Maria del Triunfo	1221.10	92.8

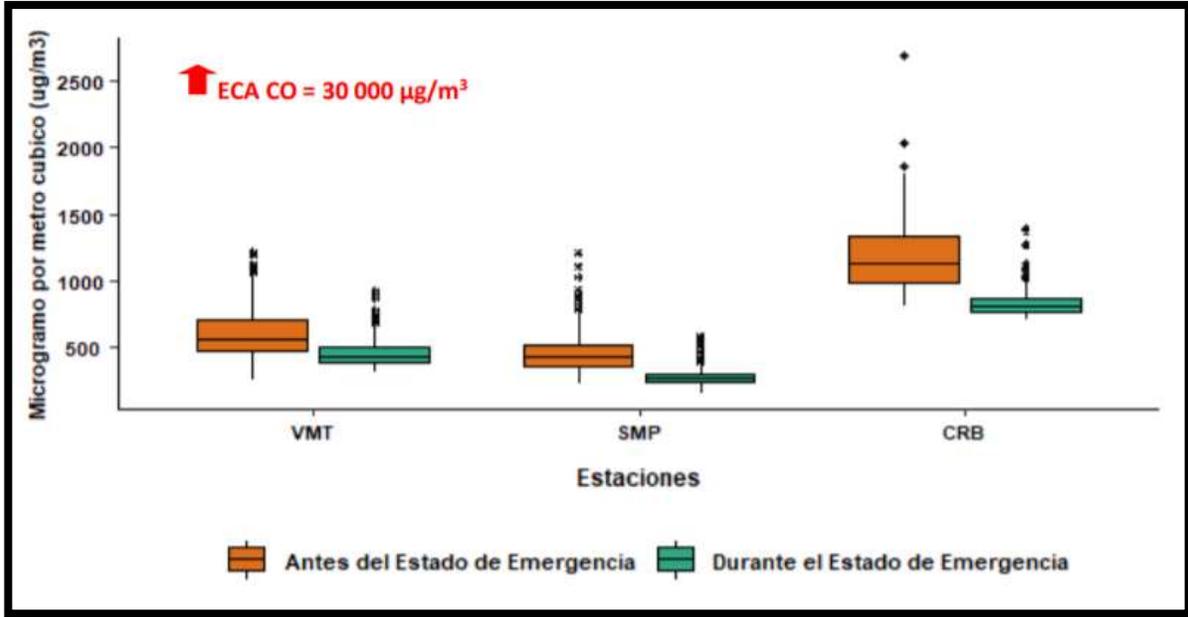


Figura 28: Concentraciones de CO marzo 2020

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la figura, se observa una reducción en las concentraciones de CO en la provincia de Lima durante el estado de emergencia.

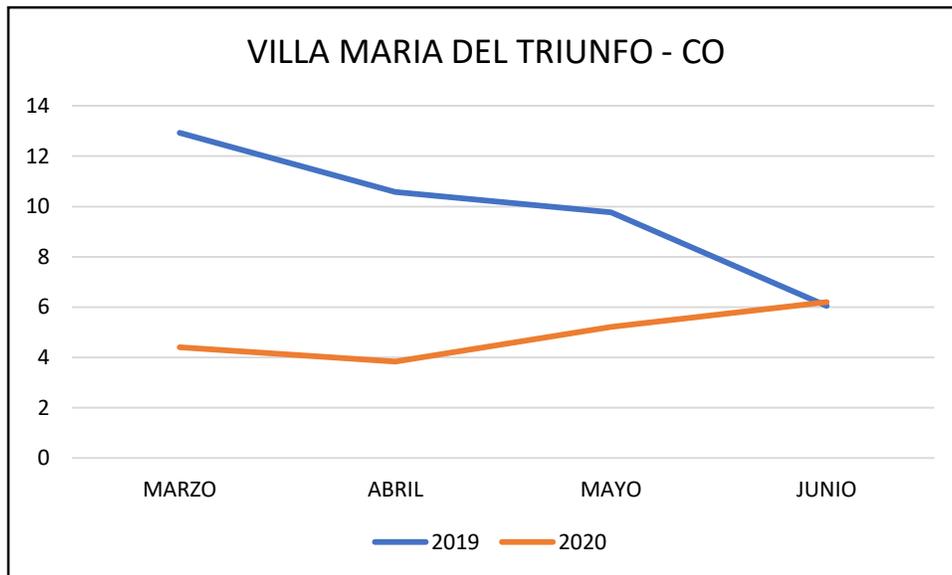


Figura 29: Concentraciones de CO en la estación de VMT 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

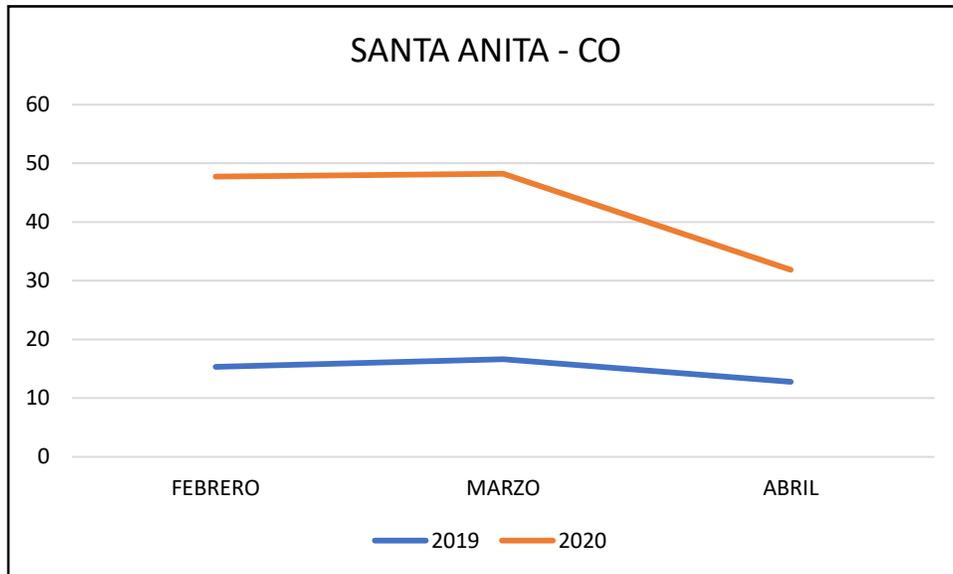


Figura 30: Concentraciones de CO en la estación de SA 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 29, las concentraciones de CO se redujo en un mas de 50% en los meses de marzo a abril, pero en el mes de Junio se observa una igualdad en concentraciones a comparacion del año anterior.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Hipótesis específica 1

A. PRIMER PASO: Determinar la hipótesis nula y alterna de la investigación

H1: La pandemia de COVID-19 afecta a las concentraciones de PM10 en la Provincia de Lima- Perú 2020.

H0: La pandemia de COVID-19 no afecta a las concentraciones de PM10 en la Provincia de Lima- Perú 2020

B. SEGUNDO PASO: Determinar la hipótesis nula y alterna estadística.

H₁: $\mu_{\text{ANTES}} > \mu_{\text{DESPUES}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUES}} > 0$

H₀: $\mu_{\text{ANTES}} \leq \mu_{\text{DESPUES}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUES}} \leq 0$

C. TERCER PASO: Determinar la significancia.

Error tipo I = $\alpha = 0.05$: “Probabilidad de rechazar la H0 cuando es verdadera”

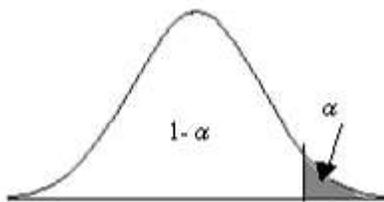
D. CUARTO PASO: Recopilar los datos de la muestra

PM10		
	Concentraciones de PM 10 - 2020	Concentraciones de PM10 – 2019
A	86	273
	52	72
	62	119
	43	61
	70	42
	113	56
	92	59
	20	81
B	6	3
	48	34
	43	29
	42	22
C	44	37
	48	32
	43	29
	43	22
D	44	37
	48	44
	43	29
	41	22

	44	37
	46	33
	58	23
E	62	20
	63	23
	47	24

E. QUINTO PASO: Identificar el tipo de prueba.

Dado que la H1 tiene el signo mayor, entonces es unilateral derecha.



F. SEXTO PASO: Realizar el estadístico de prueba.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Pa	PM101	-	46,984	9,214	-	15,593	-	2	,716
r 1	9 - PM102	3,385			22,36		,36	5	
	0				2		7		

$$P_{valor} = \frac{Sig}{2}$$

$$P_{valor} = \frac{1 - 0.716}{2}$$

$$P_{valor} = 0.142$$

G. SÉPTIMO PASO: Describir la probabilidad

Como P-valor=0.142 es mayor que alfa=0.05 por lo cual se aprueba la H0 (hipótesis nula)

H. OCTAVO PASO: CONCLUSIÓN

La muestra presenta evidencia para afirmar que la pandemia de COVID-19 no influye en la calidad de aire significativamente en la provincia de Lima reduciendo la concentración de PM10, con un nivel de confianza del 95%.

4.2.2. Hipótesis específica 2

A. PRIMER PASO: Determinar la hipótesis nula y alterna de la investigación

H1: La pandemia de COVID-19 afecta a las concentraciones de PM 2.5 en la Provincia de Lima- Perú 2020.

H0: La pandemia de COVID-19 no afecta a las concentraciones de PM 2.5 en la Provincia de Lima- Perú 2020

B. SEGUNDO PASO: Determinar la hipótesis nula y alterna estadística.

H1: $\mu_{ANTES} > \mu_{DESPUES} \rightarrow \mu_{ANTES} - \mu_{DESPUES} > 0$

H0: $\mu_{ANTES} \leq \mu_{DESPUES} \rightarrow \mu_{ANTES} - \mu_{DESPUES} \leq 0$

C. TERCER PASO: SIGNIFICANCIA

Error tipo I = $\alpha = 0.05$: “Probabilidad de rechazar la H0 cuando es verdadera”

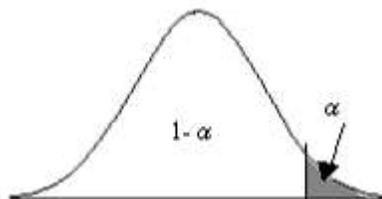
D. CUARTO PASO: DATOS

		PM 2.5	
		2019	2020
A	82	88	
	69	75	

B	46	56
	50	64
	52	46
	31	54
C	45	56
	50	64
	52	46
D	45	56
	50	64
	52	45

E. QUINTO PASO: TIPO DE PRUEBA

Dado que la H1 tiene el signo mayor, entonces es unilateral derecha.



F. SEXTO PASO: ESTADÍSTICO DE PRUEBA

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	PM2.52019 - PM2.52020	-7,500	9,424	2,721	- 13,488	-1,512	- 2,757	11	,019

$$P_{\text{valor}} = (1 - \text{sig})/2$$

$$P_{\text{valor}} = (1 - 0.019)/2$$

$$P_{\text{valor}} = 0.4905$$

G. SÉPTIMO PASO: DECISIÓN PROBABILÍSTICA

Como $P\text{-valor}=0.4905$ es menor $\alpha=0.05$ y t es negativa y cola a la derecha por lo que siempre se acepta H_0 .

H. OCTAVO PASO: CONCLUSIONES

La muestra presenta evidencia para afirmar que la pandemia de COVID-19 no influye en la calidad de aire significativamente en la provincia de Lima reduciendo la concentración de PM 2.5, con un nivel de confianza del 95%.

4.2.3. Hipótesis específica 3

A. PRIMER PASO: HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

H₁: La pandemia de COVID-19 afecta a las concentraciones de NO₂ en la Provincia de Lima- Perú 2020.

H₀: La pandemia de COVID-19 no afecta a las concentraciones de NO₂ en la Provincia de Lima- Perú 2020

B. SEGUNDO PASO: HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

$$H_1: \mu_{\text{ANTES}} > \mu_{\text{DESPUES}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUES}} > 0$$

$$H_0: \mu_{\text{ANTES}} \leq \mu_{\text{DESPUES}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUES}} \leq 0$$

C. TERCER PASO: SIGNIFICANCIA

Error tipo I = $\alpha = 0.05$: “Probabilidad de rechazar la H_0 cuando es verdadera”

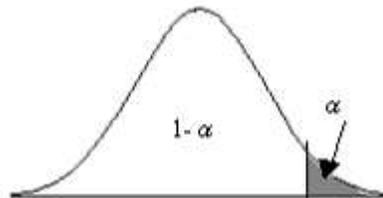
D. CUARTO PASO: DATOS

		NO ₂	
		2019	2020
A	7	3	

	6	7
	12	9
	2	11
	3	9
B	8	6
	8	3

E. QUINTO PASO: TIPO DE PRUEBA

Dado que la H1 tiene el signo mayor, entonces es unilateral derecha.



F. SEXTO PASO: ESTADÍSTICO DE PRUEBA

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	NO22019 - NO22020	-,286	5,345	2,020	-5,229	4,658	- ,141	6	,892

$$Pvalor = (1 - sig)/2$$

$$Pvalor = (1 - 0.892)/2$$

$$Pvalor = 0.054$$

G. SÉPTIMO PASO: DECISIÓN PROBABILÍSTICA

Como $P\text{-valor}=0.054$ es menor $\alpha=0.05$ y t es negativa y cola a la derecha por lo que siempre se acepta H_0 .

H. OCTAVO PASO: CONCLUSIONES

La muestra presenta evidencia para afirmar que la pandemia de COVID-19 no influye en la calidad de aire significativamente en la provincia de Lima reduciendo la concentración de NO_2 , con un nivel de confianza del 95%.

4.2.4. Hipótesis específica 4

A. PRIMER PASO: HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

H1: La pandemia de COVID-19 afecta a las concentraciones de CO en la Provincia de Lima- Perú 2020.

H0: La pandemia de COVID-19 no afecta a las concentraciones de CO en la Provincia de Lima- Perú 2020

B. SEGUNDO PASO: HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

H₁: $\mu_{\text{ANTES}} > \mu_{\text{DESPUES}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUES}} > 0$

H₀: $\mu_{\text{ANTES}} \leq \mu_{\text{DESPUES}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUES}} \leq 0$

C. TERCER PASO: SIGNIFICANCIA

Error tipo I = $\alpha = 0.05$: “Probabilidad de rechazar la H_0 cuando es verdadera”

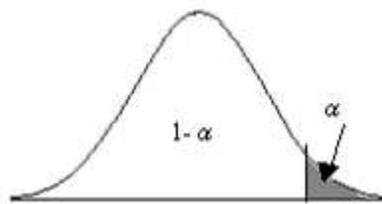
D. CUARTO PASO: DATOS

	CO	
	2019	2020
A	13	4
	11	4
	10	5
	6	6

	15	32
B	17	32
	13	19

E. QUINTO PASO: TIPO DE PRUEBA

Dado que la H1 tiene el signo mayor, entonces es unilateral derecha.



F. SEXTO PASO: ESTADÍSTICO DE PRUEBA

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	g	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Pa	CO201	-	10,518	3,975	-	7,299	-	6	,564
r 1	9 - CO202	2,429			12,156		,611		
	0								

$$Pvalor = (1 - sig)/2$$

$$Pvalor = (1 - 0.564)/2$$

$$Pvalor = 0.218$$

G. SÉPTIMO PASO: DECISIÓN PROBABILÍSTICA

Como $P\text{-valor}=0.218$ es menor $\alpha=0.05$ y t es negativa y cola a la derecha por lo que siempre se acepta H_0 .

H. OCTAVO PASO: CONCLUSIONES

La muestra presenta evidencia para afirmar que la pandemia de COVID-19 no influye en la calidad de aire significativamente en la provincia de Lima reduciendo la concentración de CO, con un nivel de confianza del 95%.

4.2.5. Hipótesis específica 5

A. PRIMER PASO: HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

H1: La pandemia de COVID-19 afecta a las concentraciones de O3 en la Provincia de Lima- Perú 2020.

H0: La pandemia de COVID-19 no afecta a las concentraciones de O3 en la Provincia de Lima- Perú 2020

B. SEGUNDO PASO: HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

H₁: $\mu_{\text{ANTES}} > \mu_{\text{DESPUES}}$ $\rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUES}} > 0$

H₀: $\mu_{\text{ANTES}} \leq \mu_{\text{DESPUES}}$ $\rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUES}} \leq 0$

C. TERCER PASO: SIGNIFICANCIA

Error tipo I = $\alpha = 0.05$: “Probabilidad de rechazar la H_0 cuando es verdadera”

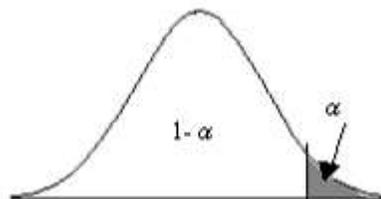
D. CUARTO PASO: DATOS

	O3	
	2019	2020
A	13	6
	18	2
	12	2
B	8	9

	10	5
	18	2
	13	2
C	8	9
	13	5
	18	2
	13	2

E. QUINTO PASO: TIPO DE PRUEBA

Dado que la H1 tiene el signo mayor, entonces es unilateral derecha.



F. SEXTO PASO: ESTADÍSTICO DE PRUEBA

Prueba de muestras emparejadas		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	O32019 - O32020	8,909	6,139	1,851	4,785	13,034	4,813	10	,001

$$Pvalor = (sig)/2$$

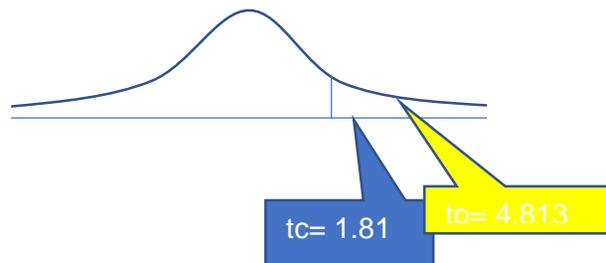
$$Pvalor = 0.001/2$$

$$Pvalor = 0.0005$$

G. SÉPTIMO PASO: DECISIÓN PROBABILÍSTICA

Como P-valor=0.0005 es menor alfa=0.05 se rechaza H0.

H. OCTAVO PASO: DECISIÓN GRÁFICA



Como la t (prueba) cae en zona de rechazo de la H_0 , entonces acepto la H_1 .

$$H_1: \mu_{\text{ANTES}} > \mu_{\text{DESPUES}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUES}} > 0 \text{ ACEPTO}$$

$$H_0: \mu_{\text{ANTES}} \leq \mu_{\text{DESPUES}} \rightarrow \mu_{\text{ANTES}} - \mu_{\text{DESPUES}} \leq 0 \text{ RECHAZO}$$

I. NOVENO PASO: CONCLUSIONES

La muestra presenta evidencia para afirmar que la pandemia de COVID-19 influye en la calidad de aire significativamente en la provincia de Lima reduciendo la concentración de O_3 , con un nivel de confianza del 95%.

4.3. Discusión de resultados

La pandemia covid-19 provocó la reducción de concentraciones de contaminantes del aire, su mayor impacto fue en el ozono troposférico, pero en los demás contaminantes su reducción no fue tan significativa. Esto porque el ozono troposférico en cantidades

grandes puede afectar a la salud humana y al aire de manera negativa, ya que estos son producidos por vapores de gasolina y por solventes químicos, pero ante esta pandemia y por consecuente la cuarentena fábricas y el parque automotor dejaron de funcionar por lo que su reducción fue de mayor relevancia, además que el Gobierno con las medidas que impuso permitió que la calidad del aire mejore durante los últimos días del mes de abril, al levantarse las medidas de restricción la calidad del aire vuelva a disminuir ya que Lima es una ciudad con sector industrial grande y las instituciones del estado no tienen la capacidad de monitorear y estar pendientes del nivel de emisiones de las industrias y vehículos de la provincia de Lima siendo incluso la capital del país.(12) El parque automotor es un sector importante, porque en la provincia de Lima el parque automotor es amplio y de diferentes uso de gasolina, diésel y otros para su funcionamiento y estos originan aún más contaminantes, los vehículos que usan gasolina son los que superan en su mayoría los estándares de calidad ambiental con respecto al monóxido de carbono(23) por lo que pese a la cuarentena hubo movilización de vehículos para que el personal de salud, policías y otros se movilicen por la provincia y estos en su mayoría usan vehículos con motor a gasolina, es por ello que las concentraciones de monóxido de carbono no disminuyeron significativamente.

CONCLUSIONES

En conclusión, la calidad de aire está relacionada con el tiempo de confinamiento de nuestro país a causa del covid – 19, puesto que el mayor contaminante en la provincia de Lima es el parque automotor, Lima es una provincia de mayor cantidad de vehículos en circulación

por ser la capital del país, de acuerdo al Estado de Emergencia del 16 de marzo del presente año, solo podrían circular las personas que trabajaban en el sector salud y otros, por lo que la reducción de vehículos fue considerable y proporcionalmente calidad del aire también.

De acuerdo al análisis de información que se recopiló, efectivamente hubo una reducción significativa con referencia al ozono troposférico, los otros contaminantes como monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, pm₂₀ y pm_{2.5} disminuyeron, pero no de manera significativa, es decir que su disminución ha sido mínima con un nivel de confianza del 95% en las pruebas de hipótesis.

Por otro lado, las instituciones del estado deben realizar monitoreo constantes en el sector industrial y vehicular con respecto a aquellos contaminantes que afectan la calidad del aire, ya que estos pueden ser perjudiciales para la salud de la población, ya que son sectores que prevalecen en la provincia de Lima, por la cantidad que existen y por la cantidad de contaminantes que generan en lugares muy cercanos a la población por lo que les afecta directamente.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un análisis exhaustivo de toda la información recopilada, por lo que en algunos casos no se encuentra datos de la calidad de aire en las estaciones.

Ya que en la provincia de Lima es una ciudad con un sector vehicular amplio, es necesario que el gobierno proponga un ordenamiento del sistema vial y una fiscalización exhaustiva, y así evitar aglomeraciones de vehículos que generen contaminantes en su mayor proporción.

Por otro lado, se recomienda que el gobierno debe realizar fiscalizaciones ambientales en las empresas industriales en la provincia de Lima, que puedan controlar los contaminantes que generan y deben de contar con un plan de mitigación de los impactos ambientales que generan y que estos se cumplan.

Todas las autoridades municipales y el gobierno junto al Ministerio del ambiente, deben de tener un presupuesto para la adquisición de equipos para la medición de aire y que estos sean ubicados en zonas con mayor confinamiento vehicular e industrial, y que estos se controlen permanentemente de acuerdo al contaminante que más se genere.

REFERENCIAS

1. ALFARO, María del Rosario. *Contaminación del aire: emisiones vehiculares, situación actual y alternativas*. EUNED, 1998. ISBN 978-9977-64-993-1. Google-Books-ID: yaj7yGKocr0C

2. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. [online]. 2018. [Accessed 24 May 2020]. Available from: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
3. NATIONAL GEOGRAPHIC. El coronavirus reduce la contaminación del aire. *www.nationalgeographic.com.es* [online]. 27 March 2020. [Accessed 7 May 2020]. Available from: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/coronavirus-reduce-contaminacion-aire-europa_15370
4. DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO “EL PERUANO.” Calidad del aire en Lima mejora durante cuarentena por coronavirus. *El Peruano* [online]. 5 April 2020. [Accessed 7 May 2020]. Available from: <http://elperuano.pe/noticia-calidad-del-aire-lima-mejora-durante-cuarentena-coronavirus-93983.aspx>
5. EUROPEAN SPACE AGENCY. Concentraciones de NO2 en Europa. [online]. 16 April 2020. [Accessed 7 May 2020]. Available from: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images
6. GOOGLE EARTH. Google Earth. [online]. 2020. [Accessed 7 May 2020]. Available from: https://earth.google.com/web/search/provincia+de+Lima/@-11.93379964,-76.81912251,1391.03400009a,258130.38221888d,35y,6.06335122h,3.78576552t,359.9999999r/data=CnwaUhJMCiUweDkxMDVjM2VjMmMyOWUxZGY6MHhhOWExNGVIZDkyMzMxMTQ0GTQ_SGC9FyjAIQRlfg69QIPAKhFwcm92aW5jaWEgZGUgTGltYRgCIAEiJgokCbcfZM0BMCjAESuoAWQuNijAGebL30v9QFPAIZmNw6-9QVPA
7. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Índice de calidad del aire* [online]. 2016. [Accessed 10 May 2020]. Available from: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-181-2016-MINAM.pdf>
8. GENÉ-BADIA, Joan, RUIZ-SÁNCHEZ, Marina, OBIOLS-MASÓ, Núria, OLIVERAS PUIG, Laura and LAGARDA JIMÉNEZ, Elena. Aislamiento social y soledad: ¿qué podemos hacer los equipos de atención primaria? *Atención Primaria*. 1 November 2016. Vol. 48, no. 9, p. 604–609. DOI 10.1016/j.aprim.2016.03.008.
9. AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA. Calidad del aire. *MeteoGlosario Visual* [online]. 2018. [Accessed 29 June 2020]. Available from: https://meteglosario.aemet.es/es/termino/360_calidad-del-aire
10. ISAZA, Daniela Rojas, CATAÑO, Julián Salazar, ESCOBAR, Daniel Montoya and CIRO, Édinson Muñoz. Problemática de la contaminación del aire en Colombia. *Revista Ambiental ÉOLO* [online]. 2019. Vol. 18, no. 1. [Accessed 8 May 2020]. Available from: <http://revistaeolo.fconvida.org/index.php/eolo/article/view/12>
11. CEBALLOS, Miguel Angel, SEGURA, Paco, GUTIERREZ, Eduardo, CHASSOT, Frederic, CHÍA, Manuel, GARCÍA, Juan Carlos, RAMOS, Paco, CUENA, Luis and GARCIA, Maria. *Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España*. España, 2020.
12. VENTURA, Jair Vargas. ¿Qué relación tiene la Calidad del Aire y el COVID-19? ¿Después qué? . 2020. P. 4.

13. SÁNCHEZ CCOYLLO, Odonó Rómán and ORDÓÑEZ AQUINO, Carol Geimy. *Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana*. 2015.
14. ROMAN, Mg NILDA HILARIO. *Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo*. Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017.
15. MARIA DOLORES ENCINAS MALAGÓN. Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos. . 2011. P. 121.
16. GUAL, Domínguez and CAROLINA, María. La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. *Producción + Limpia*. January 2015. Vol. 10, no. 1, p. 9–21.
17. LONDOÑO, Carlos Alberto Echeverri. *Contaminación atmosférica*. Ediciones de la U, 2019. ISBN 978-958-762-942-2. Google-Books-ID: QzSjDwAAQBAJ
18. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Contaminación del Aire Ambiental. *Pan American Health Organization / World Health Organization* [online]. 24 January 2017. [Accessed 24 May 2020]. Available from: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es
19. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. . 2017. P. 4.
20. DEUMAN INTERNATIONAL. Plan de Monitoreo de la Calidad del Aire. . 2017. P. 35.
21. LUIS MARÍA SOLÍS SEGURA and JERÓNIMO AMADO LÓPEZ ARRIAGA. *Principios básicos de contaminación ambiental*. UAEM, 2003. ISBN 978-968-835-813-9. Google-Books-ID: pKP2BHi8FVsC
22. OSCAR PRIETO ZAMBRANO. Caracterización de material particulado, plomo y arsénico para la evaluación de la calidad del aire en el distrito de Islay-Matarani. [online]. 2016. [Accessed 24 May 2020]. Available from: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1904/AMprzao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
23. MARCIAL DE LA CRUZ LEZAMA. *Concentración de contaminantes del aire generado por las fuentes móviles en la ciudad de Huancayo*. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.
24. DELGADO, María Nieves Gonzales, BARRENETEA, Carmen Orozco, SERRANO, Antonio Pérez, BLANCO, Jose Marcos Alfayate and VIDAL, Francisco J. Rodriguez. *Contaminación ambiental: una visión desde la química*. Editorial Paraninfo, 2004. ISBN 978-84-9732-178-5.
25. MIRANDA, Ángel Luis, BARRERAS, Angel Luis Miranda, OLIVER and PUJOL, Ramón Oliver. *La Combustion*. Grupo Editorial CEAC, S. A., 1996. ISBN 978-84-329-6550-0. Google-Books-ID: CoTCAAACAAJ
26. GUEVARA REÁTEGUI, Julio. *Índice de la calidad de aire en el Distrito de Morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos* [online]. 2017. [Accessed 24 May 2020]. Available from:

https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/799/Julio_Tesis_bachiller_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y

27. TAMAYO, Mario Tamayo y. *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa, 2004. ISBN 978-968-18-5872-8. Google-Books-ID: BhymmEqkkJwC

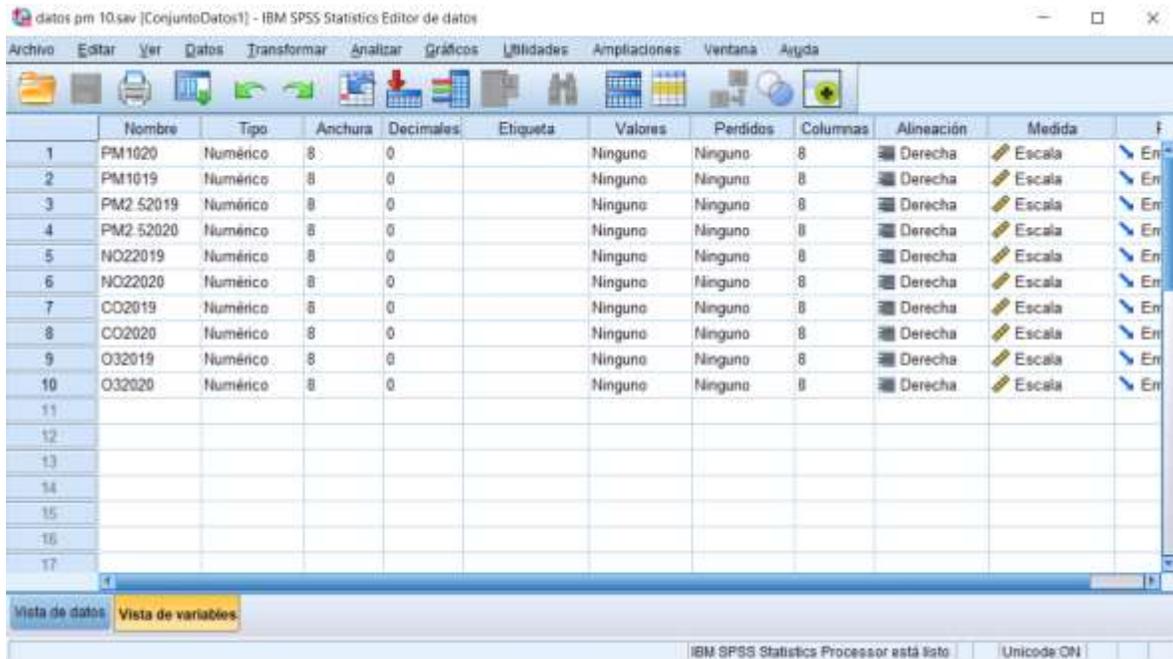
28. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, ZAPATA SALAZAR, Nancy and MENDOZA TORRES, Christian. *Metodología Investigación* [online]. 2013. [Accessed 28 June 2020]. Available from: https://www.esup.edu.pe/descargas/valotario_coem/2017/1%20Hernandez-Zapata%20y%20Mendoza-Metodologia%20Investigacion.pdf

29. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos and BAPTISTA LUCIO, Pilar. *Metodología de la investigación*. México, D.F. : McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.

30. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ. Pronóstico de la calidad de aire para Lima Metropolitana. [online]. [Accessed 8 May 2020]. Available from: <https://senamhi.gob.pe/main.php?dp=lima&p=calidad-del-aire>

ANEXOS

ANEXO 1



The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Editor de datos window. The title bar reads "datos pm 10.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos". The menu bar includes Archivo, Editar, Ver, Datos, Transformar, Analizar, Gráficos, Utilidades, Ampliaciones, Ventana, and Ayuda. The toolbar contains various icons for file operations and data manipulation. The main window displays a list of variables with the following columns: Nombre, Tipo, Anchura, Decimales, Etiqueta, Valores, Perdidos, Columnas, Alineación, Medida, and F. The variables listed are:

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	F
1	PM1020	Número	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	En
2	PM1019	Número	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	En
3	PM2.52019	Número	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	En
4	PM2.52020	Número	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	En
5	NO22019	Número	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	En
6	NO22020	Número	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	En
7	CO2019	Número	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	En
8	CO2020	Número	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	En
9	O32019	Número	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	En
10	O32020	Número	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	En
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											

At the bottom of the window, there are buttons for "Vista de datos" and "Vista de variables", and a status bar indicating "IBM SPSS Statistics Processor está listo" and "Unicode ON".

Figura 31: Datos recopilados en SPSS