

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Análisis de la concentración de Material Particulado 2.5 y Gases de Efecto Invernadero de Lima Metropolitana antes y durante la cuarentena por sars-cov-2

Por:

Julia Sarai Centurión Fernández
Emidgia Tatsemi Fababa Rodríguez

Asesor:

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Tarapoto, agosto 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, *Betsabeth Teresa Padilla Macedo* de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO 2.5 Y GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LIMA METROPOLITANA ANTES Y DURANTE LA CUARENTENA POR SARS-COV-2” constituye la memoria que presentan los Bachilleres Centurión Fernández, Julia Sarai y Fababa Rodríguez, Emidgia Tatsemi; para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 26 días del mes de agosto del año 2019.



Asesor

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Análisis de la concentración de material particulado 2.5 y gases de efecto invernadero de lima metropolitana antes y durante la cuarentena por Sars-Cov-2

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Ing. Jhon Patrick Bartra Ríos

Presidente



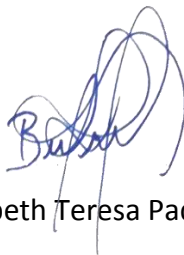
Ing. Carmelino Almestar Villegas

Secretario



Mtra. Kátterin Jina Luz Pinedo
Gómez

Vocal



Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Asesor

Tarapoto, 26 de agosto de 2020

Resumen

El brote de COVID-19 (enfermedad causada por un nuevo coronavirus conocido como SARS-COV-2) se ha extendido rápidamente por todo el mundo, el primer caso de COVID-19 en el Perú se confirmó el 06 de marzo de 2020. El 15 de marzo el presidente del Perú declaró el estado de emergencia nacional y aislamiento social obligatorio (cuarentena) que entro en vigor desde las 00:00 horas del 16 de marzo, presumimos que las medidas de cierre podrían haber influido en la calidad atmosférica debido a la reducción de actividades humanas; es por ello que el objetivo principal de esta investigación fue analizar la concentración de PM 2.5 y GEI en Lima Metropolitana antes y durante la cuarentena (1 al 30 de marzo). Para conocer los cambios en la calidad de aire, para ello se aplicó la prueba t-student a los datos de PM2.5 proporcionados por SENHAMI, de cuatros estaciones de monitoreo, en la zona; norte, centro, este y sur, teniendo como resultado la disminución significativamente de la concentración en la estación Carabayllo, San Borja, San Juan de Lurigancho y Villa María del Triunfo en un 53%, 31%, 44% y 36% respectivamente. Asimismo, para el análisis del GEI se utilizó la información brindada por la consultora Alwa contratada por el Ministerio del Ambiente, con el cual hemos identificado el comportamiento del GEI en el periodo de estudio encontrándose una diferencia significativa de 90%.

Palabras claves: Calidad de aire, PM2.5, GEI, SARS-COV-2, cuarentena.

Abstract

The outbreak of COVID-19 (disease caused by a new coronavirus known as SARS-COV-2) has spread rapidly throughout the world, the first case of COVID-19 in Peru was confirmed on March 6, 2020. The March 15, the president of Peru declared a state of national emergency and mandatory social isolation (quarantine) that came into effect from 00:00 hours on March 16, we presume that the closure measures could have influenced the atmospheric quality due to reduction of human activities; That is why the main objective of this research was to analyze the concentration of PM 2.5 and GHG in Metropolitan Lima before and during the quarantine (March 1 to 30). To know the changes in air quality, the t-student test was applied to the PM2.5 data provided by SENHAMI, from four monitoring stations in the area; north, center, east and south, resulting in a significant decrease in the concentration at the Carabaylo, San Borja, San Juan de Lurigancho and Villa María del Triunfo stations by 53%, 31%, 44% and 36% respectively. Likewise, for the GHG analysis the information provided by the Alwa consulting firm hired by the Ministry of the Environment was used, with which we have identified the behavior of the GHG in the study period, finding a significant difference of 90%

Keywords: Air quality, PM2.5, GEI, SARS-VOC-2, quarantine.

1. Introducción

A nivel mundial la contaminación de aire ha aumentado y es producida por las emisiones de diversas sustancias que incluye el material Particulado 2.5 y gases de efecto invernadero, que se emiten principalmente en Zonas Urbanas por fuentes puntuales o móviles, ya sea de origen natural, antrópico, como Industrias, fabricas, crecimiento poblacional, distribuidora de hidrocarburos-ros, parque automotor, entre otros. La organización mundial de la Salud Estimo que una de cada nueve muertes en todo el mundo es el resultado de las condiciones relacionadas con la contaminación atmosférica. (World Health Organization, [WHO],2016,p 47)

La emisión de Material Particulado 2.5 y gases de efecto invernadero afectan a la salud humana como a las vías respiratorias, irritación a los ojos, garganta, sin embargo este último abarca contaminantes que tienen una repercusión a escala global, sien-do los precursores del calentamiento global (aumento de la temperatura) y por ende el cambio climático que incluye graves implicaciones para la productividad agrícola, normal desarrollo de animales y contribuye a la desaparición de especies que no pueden adecuarse a los cambios que se están originando en nuestro planeta (Hilario Román, 2017).

El Perú no es ajeno a esto, ya que en los últimos años se ha incrementado la contaminación atmosférica llegando a afectar la calidad ambiental, en el 2018 en el último informe mundial sobre la calidad de aire, que mide la cantidad de PM 2.5, ubica a Perú en el puesto 21 dentro del Ranking de los países con peores índices de contaminación de aire. (World Air Quality Re-port,[WAQR],2018,p 7).

En Lima siendo la capital del Perú la fuente principal de contaminación del aire es la gran cantidad de automóviles que circulan sin ningún control y lo cual emiten una buena cantidad de GEI y PM 2.5; sin embargo algo inesperado pasó, A finales del 2019 China presentó varios casos de neumonía inusual en Wuhan, posterior a esto se confirmó la identificación de un nuevo virus SARS-COV-2, llegando a convertirse en una pandemia(World Health Organization, 2020). Para controlar la rápida propagación de la enfermedad y proteger la salud de las personas, muchos de los países, incluyendo Perú

declararon una cuarentena exigiendo que la población se quedara en casa. Como consecuencia de estas restricciones, la mayoría de las actividades económicas en Perú se detuvieron, impactando dramáticamente en los procesos nacionales de producción y consumo.

En la actualidad son escasas las investigaciones sobre el efecto proactivo del bloqueo en el ambiente es por ello (Rugani & Caro,2020). Realizaron una investigación que tiene por título “Impacto de las medidas de bloqueo del brote de COVID-19 en la huella de carbono italiana” en donde se hizo una estimación de los efectos ambientales utilizando como indicador la huella de carbono debido a las medidas del bloqueo del brote de COVID-19 en Italia, se cuantificó la huella de carbono asociado con el consumo de energía por cualquier actividad económica y región en Italia durante el cierre por la pandemia, posteriormente se comparó la huella de carbono calculado para los periodos de 2015 a 2019 de los meses de marzo y abril.

Por tal motivo es conveniente hablar sobre esta problemática, pues el SARS-COV-2. ha provocado, un momento insólito, que no solo trae consigo consecuencias socioeconómicas sin precedentes en la historia de la humanidad, sino también durante estos días la naturaleza ha tenido un respiro .Es por ello que la presente investigación tiene como objetivo analizar la concentración GEI y PM 2.5 de Lima Metropolitana antes y durante la cuarentena por SARS-COV-2, que nos permitirá aceptar o refutar la siguiente hipótesis si existe o no existe diferencia significativa entre la concentración de GEI y PM 2.5 en lima metropolitana antes y durante la cuarentena por SARS-COV-2.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

- Cuaderno de notas
- Lapicero
- Hojas bond

2.2. Métodos

Etapas iniciales

- Se buscó información sobre las evaluaciones de concentración de PM 2.5 y GEI antes y durante la cuarentena por SARS-COV-2 en diferentes páginas web.
- Se escribió una solicitud a las entidades respectivas, detallando los datos requeridos de las concentraciones PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y GEI (tCO_2e).
- Se recibió los datos de concentraciones de PM2, 5 de 4 estaciones de monitoreo, Carabayllo, San Borja, San Juan de Lurigancho y Villa María del Triunfo que abarca las zonas: norte, centro, este y sur respectivamente; proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y los datos de concentraciones de GEI de transporte urbano de Lima Metropolitana proporcionados por la consultora Alwa - Ingeniería Sostenible, de marzo de 2020 antes y durante la cuarentena.
- Se clasificó la información obtenida de las concentraciones de PM 2.5 y GEI, haciendo uso de hoja de cálculo (Excel). Para PM 2.5 por Fecha, Hora y concentración. Para GEI por concentración y Fecha.

Etapas finales

- Para saber que prueba utilizar, primero fue necesario corroborar si las diferencias de las concentraciones antes y durante la cuarentena (PM2.5 y GEI) se comportan normalmente, es decir verificó el supuesto de normalidad.

- Se procesó los datos de la diferencia de las concentraciones de PM2.5 y GEI en el programa SPSS.
- Al aplicar el supuesto de normalidad se obtuvo como resultado que los valores de antes y durante son mayores que 0.05 lo que significa que se distribuye normalmente.
- Se realizó la Prueba t de Student ya que esta se utiliza en estudio de tipo longitudinal, es decir cuando se realiza medidas en dos momentos temporales distintos. Para ello se utilizó la clasificación de las concentraciones hechas en la Hoja de cálculo.
- Para el porcentaje de la disminución de la concentración de PM2.5 Y GEI, primero se calculó la diferencia entre la concentración inicial y concentración final; posteriormente se utilizó la ecuación $(D*100)/C_I$ donde:
 - D: Diferencia
 - C_I: Concentración inicial.
- Se realizó la interpretación de los resultados que fueron representados a través de graficas en una hoja de cálculo, para ser comparados con la normativa ambiental Vigente.

2.3. Participantes

Dentro de esta área se considera la participación de los 2 participantes que estamos desarrollando dicho proyecto.

2.4. Análisis de datos

Este trabajo se realizó con el programa SPSS, donde con ellos se determinó la prueba T student para saber si existe diferencia significativa en el grado de contaminación de aire por Material Particulado 2.5 y Gases de Efecto Invernadero.

3. Resultados y Discusión

Resultado 1

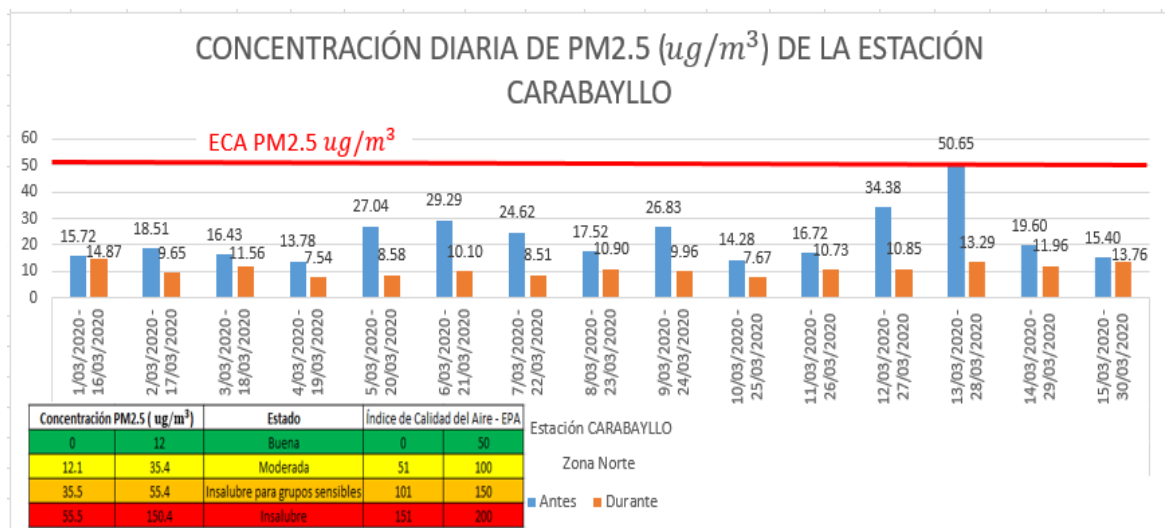


Gráfico 1 Concentración diaria de PM_{2.5} de la estación Carabayllo en la zona norte.

En el gráfico 1 se observa que las concentraciones diarias de PM_{2.5} durante los días monitoreados de la estación Carabayllo presenta su pico máximo el día 13 de marzo antes de la cuarentena con 50.65 ug/m³ superando el ECA de aire y su concentración más baja fue el día 19 de marzo durante la cuarentena con 7.54 ug/m³. También se comparó con el índice de calidad de aire, teniendo como resultado una variación de nivel de riesgo entre los colores amarillo (moderado) y naranja (mala) en los 15 días antes de la cuarentena y durante la cuarentena se registró una variación de nivel de riesgo entre los colores verde (buena) y amarillo (moderado). Además, se pudo comprobar a través de la prueba t-student para muestras relacionadas de la estación Carabayllo que si hay diferencia significativa antes y durante la cuarentena donde se muestra el valor de $p = 0.000$ (menor que 0.005) llegando a aceptar la hipótesis alterna (h_1), debido a la declaración del estado de emergencia (día 16).

Resultado 2

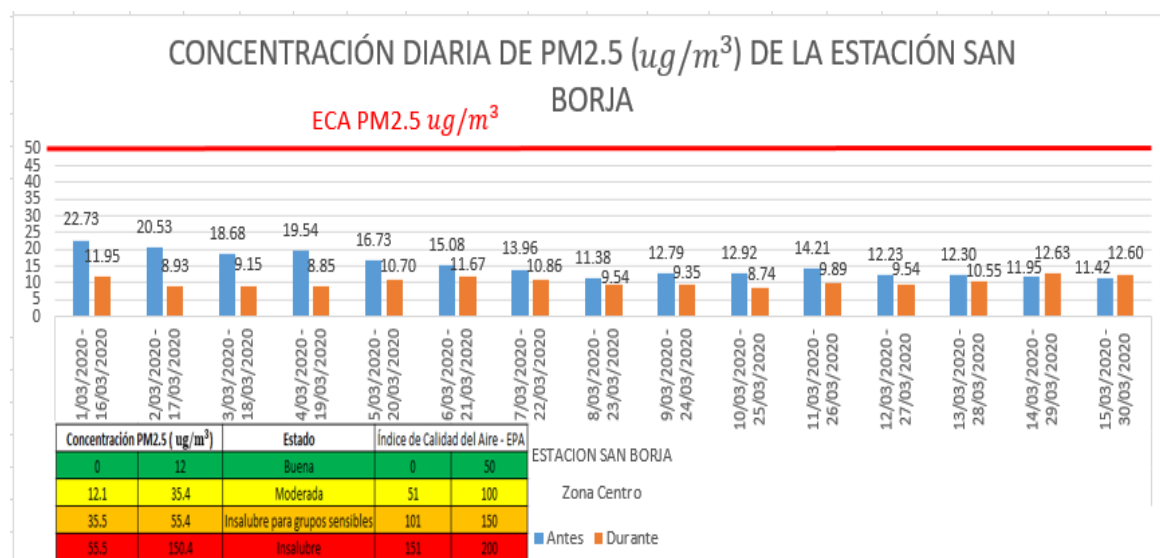


Gráfico 2 Concentración diaria de PM_{2.5} de la estación San Borja en la zona centro.

En el gráfico 2 se observa que las concentraciones diarias de PM_{2.5} durante los días monitoreados de la estación San Borja presenta su pico máximo el día 1 de marzo antes de la cuarentena con 22.73 ug/m³ y su concentración más baja fue el día 25 de marzo durante la cuarentena con 8.74 ug/m³ no superando el ECA de aire. También se comparó con el índice de calidad de aire, teniendo como resultado una variación de nivel de riesgo entre los colores verde (buena) y amarillo (moderado) antes y durante la cuarentena. Además, se pudo comprobar a través de la prueba t-student para muestras relacionadas de la estación Carabayllo que si hay diferencia significativa antes y durante la cuarentena donde se muestra el valor de $p = 0.001$ (menor que 0.005) llegando a aceptar la hipótesis alterna (h_1), debido a la declaración del estado de emergencia (día 16).

Resultado 3

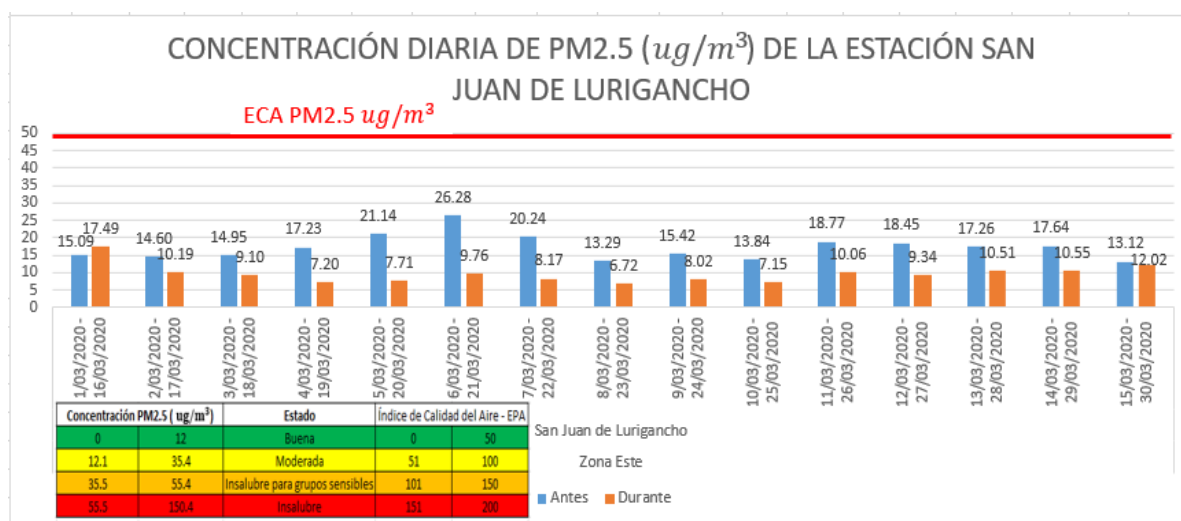


Gráfico 3 Concentración diaria de PM_{2.5} de la estación San Juan Lurigancho en la zona este.

En el gráfico 3 se observa que las concentraciones diarias de PM_{2.5} durante los días monitoreados de la estación San Juan de Lurigancho presenta su pico máximo el día 6 de marzo antes de la cuarentena con 26.28 ug/m³ y su concentración más baja fue el día 23 de marzo durante la cuarentena con 6.72 ug/m³ no superando el ECA de aire. También se comparó con el índice de calidad de aire, teniendo como resultado una variación de nivel de riesgo entre los colores verde (buena) y amarillo (moderado) antes y durante la cuarentena. Además, se pudo comprobar a través de la prueba t-student para muestras relacionadas de la estación Carabayllo que si hay diferencia significativa antes y durante la cuarentena donde se muestra el valor de $p = 0.000$ (menor que 0.005) llegando a aceptar la hipótesis alterna (h_1), debido a la declaración del estado de emergencia (día 16).

Resultado 4

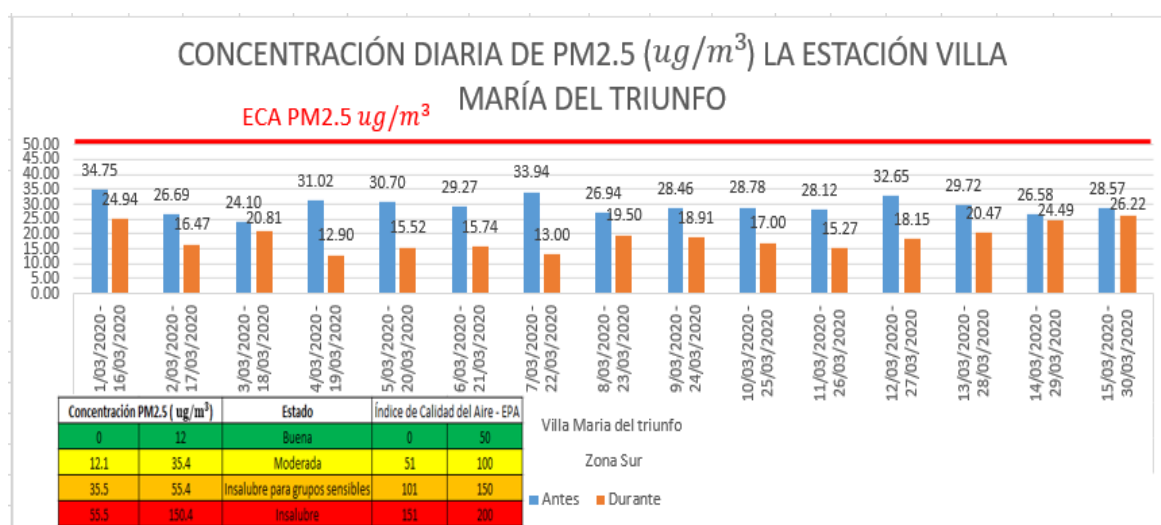


Gráfico 4 Concentración diaria de PM_{2.5} de la estación Villa María del Triunfo en la zona sur.

En el gráfico 4 se observa que las concentraciones diarias de PM_{2.5} durante los días monitoreados de la estación Villa María del Triunfo presenta su pico máximo el día 1 de marzo antes de la cuarentena con $34.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y su concentración más baja fue el día 19 de marzo durante la cuarentena con $12.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no superando el ECA de aire. También se comparó con el índice de calidad de aire, teniendo como resultado el nivel de riesgo de color amarillo (moderado) en los 15 días antes de la cuarentena y durante la cuarentena se registró una variación de nivel de riesgo entre los colores verde (buena) y amarillo (moderado). Además, se pudo comprobar a través de la prueba t-student para muestras relacionadas de la estación Carabayllo que si hay diferencia significativa antes y durante la cuarentena donde se muestra el valor de $p = 0.000$ (menor que 0.005) llegando a aceptar la hipótesis alterna (h_1), debido a la declaración del estado de emergencia (día 16).

Resultado 5

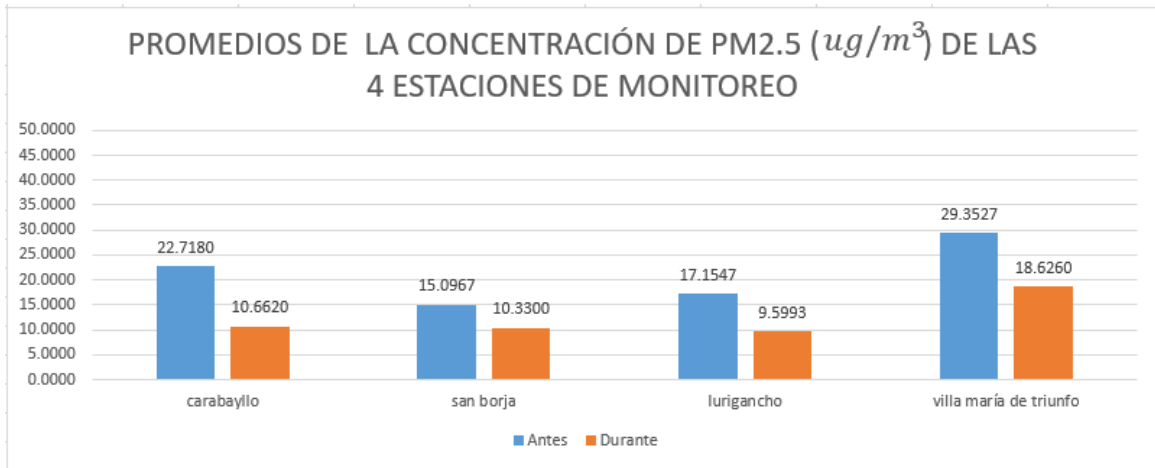


Gráfico 5 Promedios de las concentraciones de PM2.5 de las 4 estaciones.

En el grafico 5 se observa que en Villa María del Triunfo el promedio de las concentraciones de PM2.5 en la primera quincena del mes marzo antes de la cuarentena es el más alto con un valor de $29.35\text{ ug}/m^3$ que el resto de las estaciones donde sus concentraciones fluctúan entre los 15.09 y $22.72\text{ ug}/m^3$. Mientras que el promedio más bajo en la segunda quincena de marzo durante la cuarentena lo obtuvo San Juan de Lurigancho con un promedio de $9.60\text{ ug}/m^3$ que el resto de las estaciones donde sus concentraciones fluctúan entre los 10.33 y $18.63\text{ ug}/m^3$.

Resultado 6

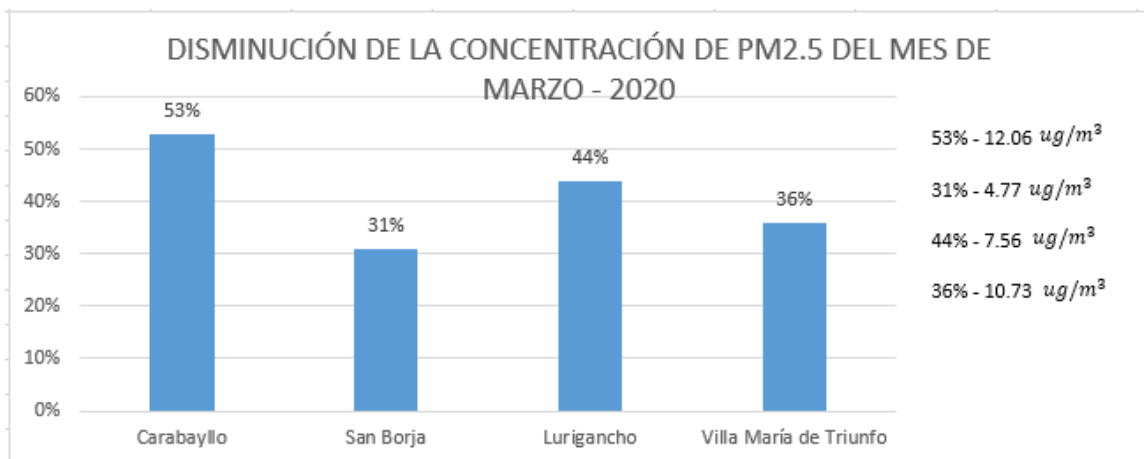


Gráfico 6 Disminución de la concentración de PM2.5 del mes de marzo -2020.

En el grafico 6 se observa que en la estación San Borja hubo menor disminución con 31% y en la estación Carabayllo hubo mayor disminución de la concentración PM2.5 del mes de marzo. considerando los resultados de la investigación realizada en China (Wang, y otros, 2020) se demostró diferencia significativas $p < 0.01$ en la calidad de aire de 6

contaminantes donde se incluye el PM2.5 de 366 áreas urbanas antes y durante la cuarentena. La concentración de PM2.5 disminuyó de 65.0 ug/m^3 a 51.4 ug/m^3 lo que equivale a 21%; similares a los resultados obtenidos en esta investigación

Resultado 7.

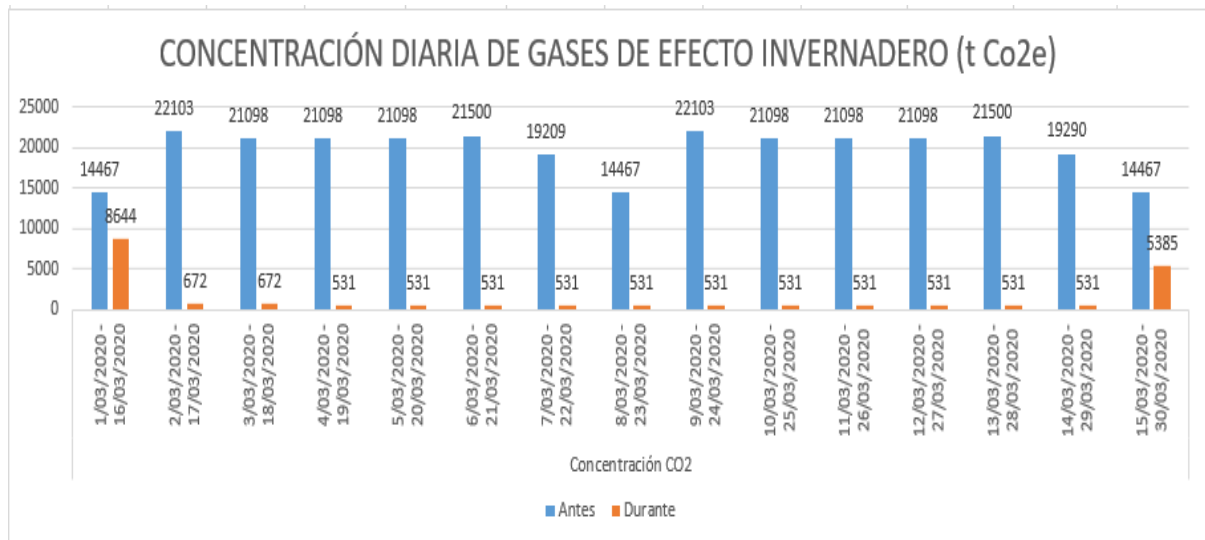


Gráfico 7 Concentración diaria de Gases de Efecto Invernadero.

En el gráfico 7 se observa que las concentraciones diarias de los gases de Efecto Invernadero antes de la cuarentena son mayores en los días 02 y 09 de marzo con un valor 22103 (t Co2e). A partir del 16 de marzo cuando empieza la cuarentena se ve la disminución de la concentración de los gases de Efecto Invernadero. Además, se pudo comprobar a través de la prueba t-student para muestras relacionadas de la concentración de GEI que si hay diferencia significativa antes y durante la cuarentena donde se muestra el valor de $p = 0.000$ (menor que 0.005) llegando a aceptar la hipótesis alterna (h_1), debido a la declaración del estado de emergencia (día 16).

Resultado 8

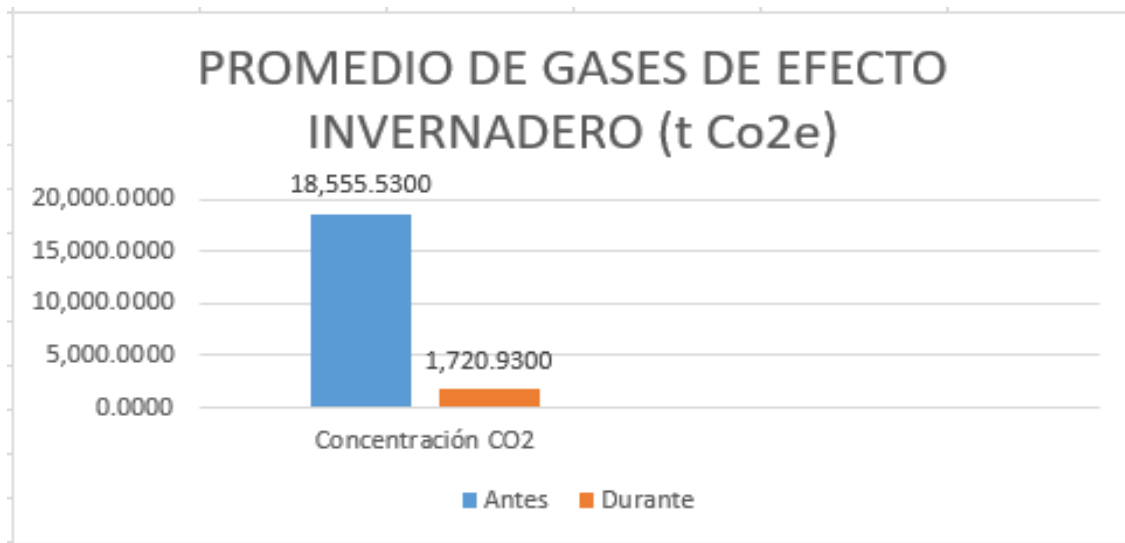


Gráfico 8 Promedio de la concentración de Gases de Efecto Invernadero

En el gráfico 8 se observa que antes de la cuarentena el promedio de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero es más altas con un valor promedio de 18,55.5300 (t Co2e). Mientras que a partir de la segunda quincena de marzo durante la cuarentena se obtuvo un promedio mucho más bajo de 1,720.9300 (t Co2e).

Resultado 9

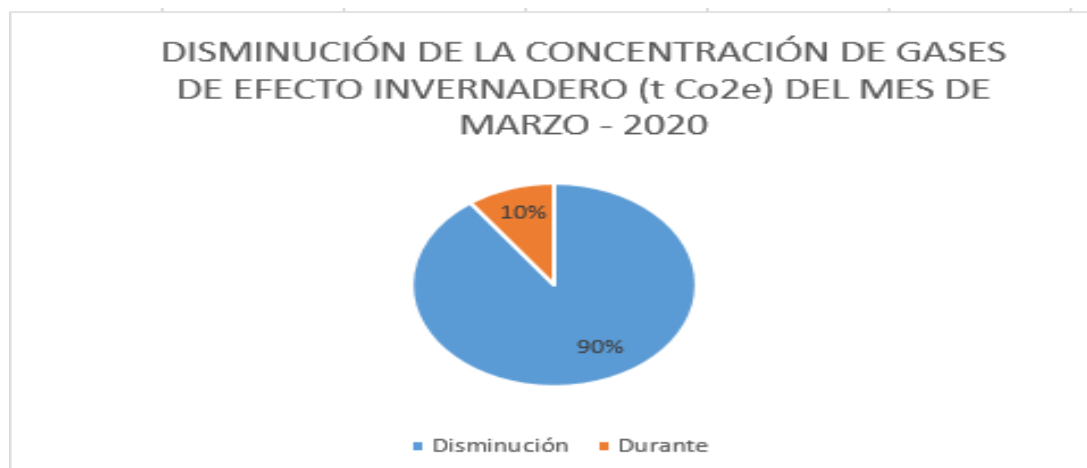


Gráfico 9 Disminución de la concentración de Gases de Efecto Invernadero del mes de marzo-2020.

En el gráfico 9 se observa que en las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero disminuyeron un 90% ya que la diferencia fue 16,834.60. Estos resultados son coherentes con los encontrados en el siguiente estudio en Italia (Rugani & Caro, 2020); los consumos de energía en Italia durante el bloqueo por Covid-19 referido en los meses

marzo y abril del 2020 es sustancialmente más bajo que la huella de carbón, calculado en los años anteriores, esta reducción general abarca un 20% en comparación con el promedio de la huella de carbono estimado de los meses marzo y abril del periodo 2015-2019 en valores absoluto esto significa una disminución de GEI entre 5.6 y 10.6 MtCO_{2e}.

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

Las actividades de producción y consumo relacionadas con el ser humano generan externalidades de contaminación en el ambiente; sin embargo, un bloqueo sin precedentes en respuesta al COVID-19 detuvo casi todas estas actividades en Perú, pero principalmente en Lima metropolitana, ya que es el área más poblada de país por ende se centra la mayor cantidad de fábricas, industrias y tráfico vehicular.

En el análisis empírico demostró que el impacto del cierre parcial en la calidad del aire en Lima Metropolitana redujo la concentración de PM_{2.5} en la estación Carabayllo, San Borja, San Juan de Lurigancho y Villa María del Triunfo en un 53%, 31%, 44% y 36% respectivamente. Asimismo, hubo una disminución de GEI en el transporte urbano en la zona de estudio con un 90% de reducción. Además, se observa que los valores de PM_{2.5} durante la cuarentena se encuentra por debajo de la normativa de comparación (Estándares de Calidad de Aire D.S N.º 003-2017 MINAM). Por lo tanto, se puede deducir que el SARS - CoV-2 fue una oportunidad única para probar que el principal causante de la contaminación es el ser humano. A pesar de que las, medidas de cierre fueron excepcionales y drásticas, ha abierto un nuevo espacio para evaluar y eventualmente calibrar el despliegue de modelos de producción y consumo de energía para lograr el Desarrollo Sostenible; es así que desde este punto de vista, los resultados ilustrados aquí brindan nuevos conocimientos ya que se ha podido comprobar que cualquier posible reducción o paralización de los sectores comercial, industrial y transporte urbano puede mejorar la calidad del aire, sobre los cuales

se puede investigar la implementación de iniciativas sostenibles de innovación y políticas para abordar el cambio climático, que sigue siendo el mayor desafío de nuestros tiempos.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda hacer un análisis incluyendo más parámetros y abarcando más meses

5. Referencias

- Charres, I. y Marcela, D. (2016). Evaluación de la calidad del aire en el municipio de Suesca (Cundinamarca). Obtenido de https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9539/Tesis_Evaluaci%C3%B2n%20de%20la%20calidad%20del%20aire%20en%20el%20Municipio%20de%20Suesca%20-%20Cundinamarca.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Espinoza, J. (2018). Evaluación espacial y temporal del material particulado PM10 Y PM 2.5 en Lima Metropolitana para el periodo 2015 - 2017.
- Hilario, N. (2017). Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4137/Hilario%20Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peña, S. (2018). Impacto de la contaminación atmosférica en dos principales ciudades del Ecuador. Scielo, 285-288. Recuperado el 23 de Mayo de 2020, de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v10n2/2218-3620-rus-10-02-289.pdf>
- Riveros, R. (2017). Compuestos orgánicos volátiles (COVs) en la industria de pinturas y sus disolventes en Perú – análisis de caso y estrategias de gestión ambiental y salud ocupacional. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8838>
- Rugani, B. y Caro, D. (2020). Impact of COVID-19 outbreak measures of lockdown on the Italian Carbon Footprint. Science of the Total Environment, 737(January). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139806>
- Vara, M. (2017). Contaminación atmosférica con material particulado en la ciudad de Cusco - y su comportamiento - 2016. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4426/QUDvalime.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wang, Y., Yuan, Y., Wang, Q., Liua, C., Zhi, Q., y Cao, J. (2020). Changes in air quality related to the control of coronavirus in China: Implications for traffic and industrial emissions.

- Science of The Total Environment, 731. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720326504>
- WAQR, I. (2018). World Air Quality Report. Goldach, Suiza. Retrieved from <https://www.iqair.com/blog/press-releases/IQAir-AirVisual-2018-World-Air-Quality-Report-Reveals-Worlds-Most-Polluted-Cities>
- World Health Organization. (2016). Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. Geneva. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250141/9789241511353-eng.pdf?sequence=1>
- World Health Organization. (2020, January 12). Nuevo coronavirus - China. Retrieved July 22, 2020, from <http://www.who.int/csr/don/12-january-2020-novel-coronavirus-china/es/>