

Evaluación de la calidad del aire durante el tiempo de protestas en ciudades sudamericanas

Assessment of air quality during protests in South America cities

Erika Johanna Mancero Chicaiza¹

RESUMEN

La disminución de la calidad del aire se debe a emisiones propias de actividades antropogénicas, principalmente relativas al transporte e industria, entre ellas el uso de vehículos particulares y transporte público, además de la generación de energía (derivado del petróleo), quema de biomasa para calefacción, incendios forestales, y actividad agropecuaria. Otro caso de emisión son las protestas acaecidas durante el último trimestre del 2019 en Ecuador, Chile, Colombia, que se caracterizaron por la incineración de neumáticos y diferentes tipos de material combustible. El presente trabajo se centra en evaluar la influencia de las protestas sociales en las ciudades capitales de estos países, haciendo un procesamiento de datos con las estaciones de monitoreo que cada ciudad y considerando los índices de calidad del aire (PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO , NO_2 , O_3 y SO_2) mediante el método geostatístico de Kriging, verificando la influencia de las protestas en la calidad del aire.

Palabras clave: Calidad del aire, Contaminación, Protestas, América del Sur

ABSTRACT

The decrease in air quality is due to emissions from anthropogenic activities, mainly related to transport and industry, including the use of private vehicles and public transport, in addition to the generation of energy (derived from oil), burning of biomass for heating, forest fires, and agricultural activity. Another case of emission is the protests that occurred during the last quarter of 2019 in Ecuador, Chile, Colombia, which were characterized by the incineration of tires and different types of combustible material. This work focuses on evaluating the influence of social protests in the capital cities of these countries, processing data with the monitoring stations that each city has and considering the air quality indices (PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO , NO_2 , O_3 and SO_2) using the Kriging geostatistical method, verifying the influence of the protests on air quality.

Keywords: Air quality, Pollution, Protests, South America

Los países de América del Sur cuentan con regulaciones propias para el control de los contaminantes del aire, guiados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Morantes & Narciso, 2016:235-242). Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2019 se produjo un aumento progresivo de la protesta social en algunos países en la región sudamericana (Chile,

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Correo: emancero@est.ups.edu.ec

Ecuador, Colombia), La generación de olas de violencia, la interrupción del tránsito vehicular con el cierre de vías, la incineración de neumáticos y quema de diversas estaciones de metro o buses de transporte público, inclusive el ataque a instalaciones del estado, marcaron la tónica de estas protestas.

Los disturbios generados en las capitales incluían la quema de biomasa (troncos y hojas de árboles derribados), y neumáticos de caucho, realizados mediante el encendido con combustible. Estas fuentes no se encuentran registradas como fuente de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y contaminantes en los inventarios de emisiones desarrollados en los países de América del Sur como parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en el marco de sus comunicaciones Regionales (Rosero & Perafán, 2018:12-22). En América del Sur uno de los principales problemas son las concentraciones de material particulado menor a 2,5 μm y se estima que un 15% de la población se encuentra expuesta a concentraciones promedio que exceden el nivel recomendado por la Organización Mundial de la Salud de este contaminante (Mazzeo & Huneeus, 2018:195-208). En general para los países de América del Sur se pueden encontrar desde 1970 hasta el presente datos principalmente de óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxidos de azufre (SO_2), Carbón negro o Black Carbon, partículas de carbono orgánico OC, partículas de 10 o de 2,5 μm . monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), ozono troposférico (O_3) entre otros; la mayoría de estos también afectan a la salud de las personas acorde a la OMS (Kutlar & Eeftens, 2017:453-462). Algunos de estos contaminantes catalogados como "criterio" son utilizados para determinar la contaminación de aire en las ciudades, son medidos por medio de una red de monitoreo con estaciones de calidad de aire (Alvarez et al., 2019:155). En el contexto de las protestas de finales del año 2019 hay considerar que la movilización ciudadana evito el uso de vehículos para evitar posibles daños, lo que evitaba la emisión gases y partículas por el uso de vehículo como ocurre en días con circulación normal.

Según el grado de exposición a los contaminantes del aire, estos pueden causar diferentes grados de afectación a la salud respiratoria de las personas, aún más cuando estos contaminantes tienen una interacción permanente con la población (Alvarez et al., 2019).

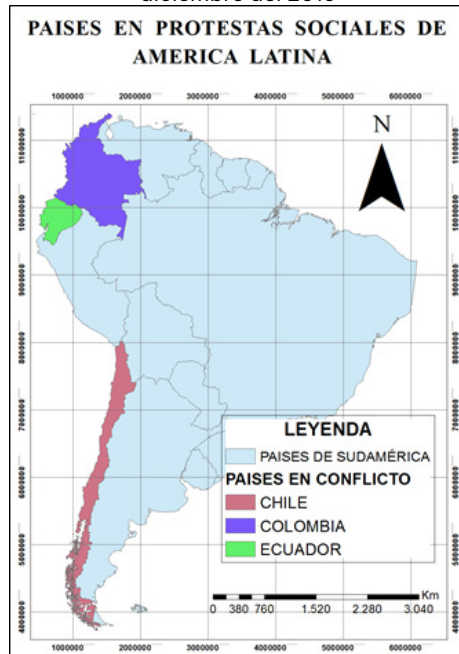
El presente estudio ha sido un desafío, debido a la variabilidad en las prácticas de monitoreo en cada país y ciudad, adicional de la dificultad de acceso a la información necesaria. No todas las estaciones monitorean los mismos parámetros e inclusive algunas estaciones monitorean solo uno de los contaminantes atmosféricos normados en sus países (Peña, 2018:289-293).

Área de estudio: Países en protestas de América Latina

Para el presente estudio de la calidad del aire en países de América Latina se ha considerado a Chile, Ecuador y Colombia; tal como se muestra en la Figura N°1. Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2019, en los que se vieron afectados por diferentes grados de protesta social.

Figura N°1.

Países en estudio por las protestas realizadas al gobierno durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2019



Fuente: Elaboración propia

Para el estudio de la calidad del aire en Ecuador se ha seleccionado a la Ciudad de Quito, donde existe una red de monitoreo ambiental que opera desde el año 2004 y que tiene 8 estaciones fijas de monitoreo continuo. Las estaciones consideradas son: Belisario, Carapungo, Cotacollao, Centro, El Camal, Guamaní, Tumbaco y San Antonio; que se muestran en la figura 2 y que delimitan la zona de concentración de manifestaciones ocurridas tuvieron como factor común la quema

Figura N°2.

Ubicación de estación de monitoreo de la calidad del aire en Ecuador

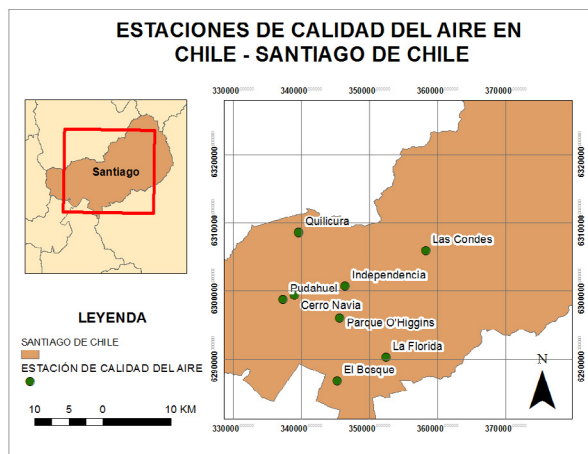


Fuente: Elaboración propia

de llantas, arboles, y otros objetos, y en donde prácticamente el transporte público y privado se interrumpió (Chuquer et al., 2018:90-99).

Para Chile, En la Figura N°3 muestra que fueron seleccionadas las estaciones: Cerro Navia, El Bosque, Independencia, La Florida, Las Condes, Parque O'Higgins, Pudahuel, Quilicura, debido a que fueron un punto de concentración en las manifestaciones donde ocurrieron quemas de llantas, árboles, estaciones de buses, donde el transporte público y privado también se vieron afectados (Palacios, 2020:215-234)

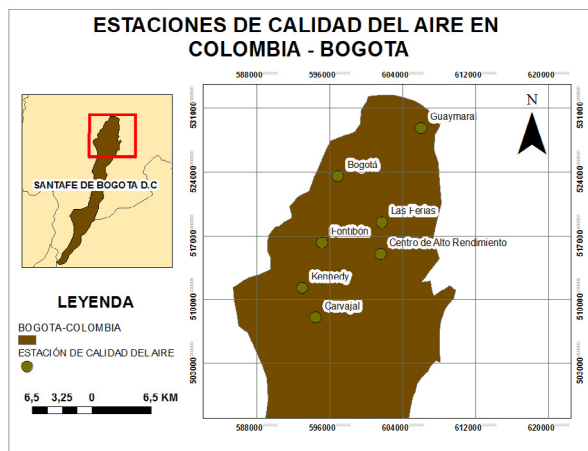
Figura N°3.
Ubicación de estaciones de monitoreo de la calidad del aire en Chile



Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°4 se muestran las estaciones de la calidad del aire en la ciudad de Bogotá - Colombia, donde se han considerado las estaciones: Guaymara, Bogotá, Las Ferias, Fontibón,

Figura N°4.
Ubicación de estación de monitoreo de la calidad del aire en Colombia



Fuente: Elaboración propia

Kennedy, Carvajal, Centro Alto Rendimiento, debido a que fueron las zonas más afectadas por las manifestaciones populares (Ramírez, 2017:105-121).

Material y Métodos

Los datos analizados corresponden a los índices de calidad del aire de cada país entre ellos están: $PM_{2.5}$, CO, PM_{10} , NO_2 , Ozono y SO_2 . A fin de obtener una representación significativa de la concentración de los contaminantes, se recopilaron datos horarios de 06h00 hasta 21h00. No se consideró la totalidad de las horas debido a que durante la noche no existió mayor actividad (Montero & Fernández, 2015:145-174).

En la recolección de datos se consideraron valores anteriores al inicio de las protestas, valores registrados durante las manifestaciones y especialmente en Ecuador al final de las protestas.

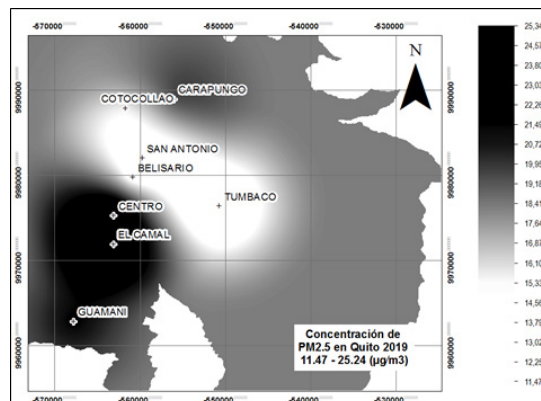
Debido al gran número de lugares donde se produjeron los conflictos y la dificultad en la obtención de datos en algunos casos, se determinó que la forma más eficiente de evidenciar lo sucedido es por medio de la selección de puntos específicos en cada país mediante el método Kriging realizando una interpolación con las estaciones de cada país en relación al material particulado 2.5 durante los periodos de manifestación obteniendo así un punto céntrico o epicentro de lo ocurrido en las manifestaciones (Delgado & Martínez, 2015:412-440).

Resultados y Discusión

Resultados del análisis de la calidad del aire con relación a las protestas en Quito – Ecuador

Para el caso de Ecuador se seleccionó el Distrito Metropolitano de Quito, y mediante el procesamiento de la información en ArcGIS se obtuvo la figura 5 que muestra el estado de la ciudad con relación al $PM_{2.5}$ durante las manifestaciones

Figura N°5.
Estado de la ciudad de Quito durante las manifestaciones



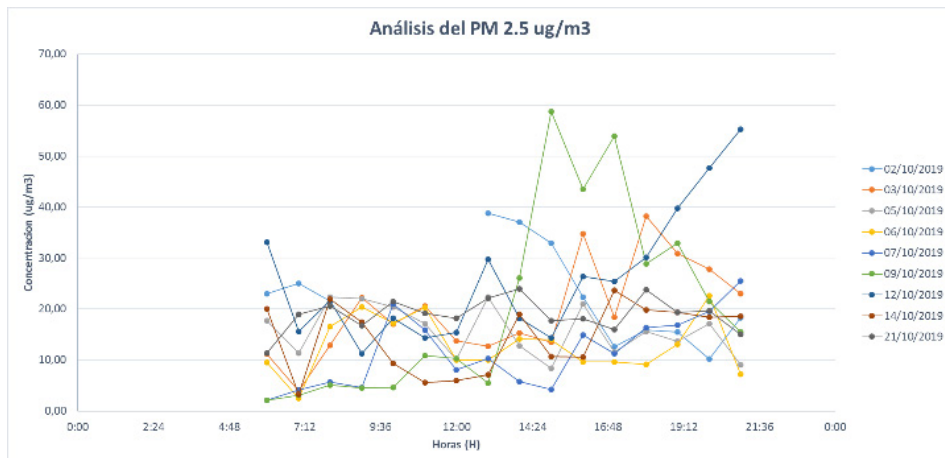
Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa la diferencia entre los valores más altos y bajos en relación con el PM 2.5, teniendo así, que las zonas más afectadas son el centro de Quito y El Camal. Estas dos estaciones son reportadas por Vinuesa (2018: 166), como los principales focos de contaminación del aire para el año 2017, Estación Centro (17.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y El Camal (21.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) medidas en días con actividades cotidianas. Para este trabajo se consideró solamente la estación "Centro" de la ciudad debido a su ubicación geográfica y a que genera problemas respiratorios.

En ella se registra aglomeración de manifestantes debido a la cercanía con algunas instituciones del estado y la Casa de Gobierno.

Los valores obtenidos de material particulado PM 2.5 en un día normal analizado antes de las manifestaciones promedia los 18.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en dicha zona, sin embargo, el índice se elevó considerablemente durante las manifestaciones a 26.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tal como se muestra en la figura 6. El aumento progresivo de PM 2.5 es causado por actividades antropogénicas como la quema de leña, biomasa y otros combustibles; según la OMS (Sampedro et al., 2015:35-42.) el PM 2.5 no debe superar los 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ debido a que podría llegar a niveles de peligro.

Figura N°6.
Concentración de PM_{2,5} en la estación Centro de Quito



Fuente: Elaboración propia

La concentración promedio del monóxido de carbono (CO) durante las manifestaciones se ubicó en 0,59 mg/m^3 , donde la menor concentración se acumula al medio día, mientras que los datos obtenidos en un día normal antes de las manifestaciones registran un valor promedio de 0,65 mg/m^3 en contraste con los 10 mg/m^3 que permite la norma ecuatoriana. Estudios demuestran que en la ciudad de Quito las concentraciones se encuentran regularmente bajo la norma, sin embargo, se observa que durante un día cotidiano este valor es mayor que un día de protesta, lo que aparentemente podría hacer notable la influencia del transporte público y privado por encima de la combustión registrada durante la protesta (Zapata & Cardona, 2020:217-244).

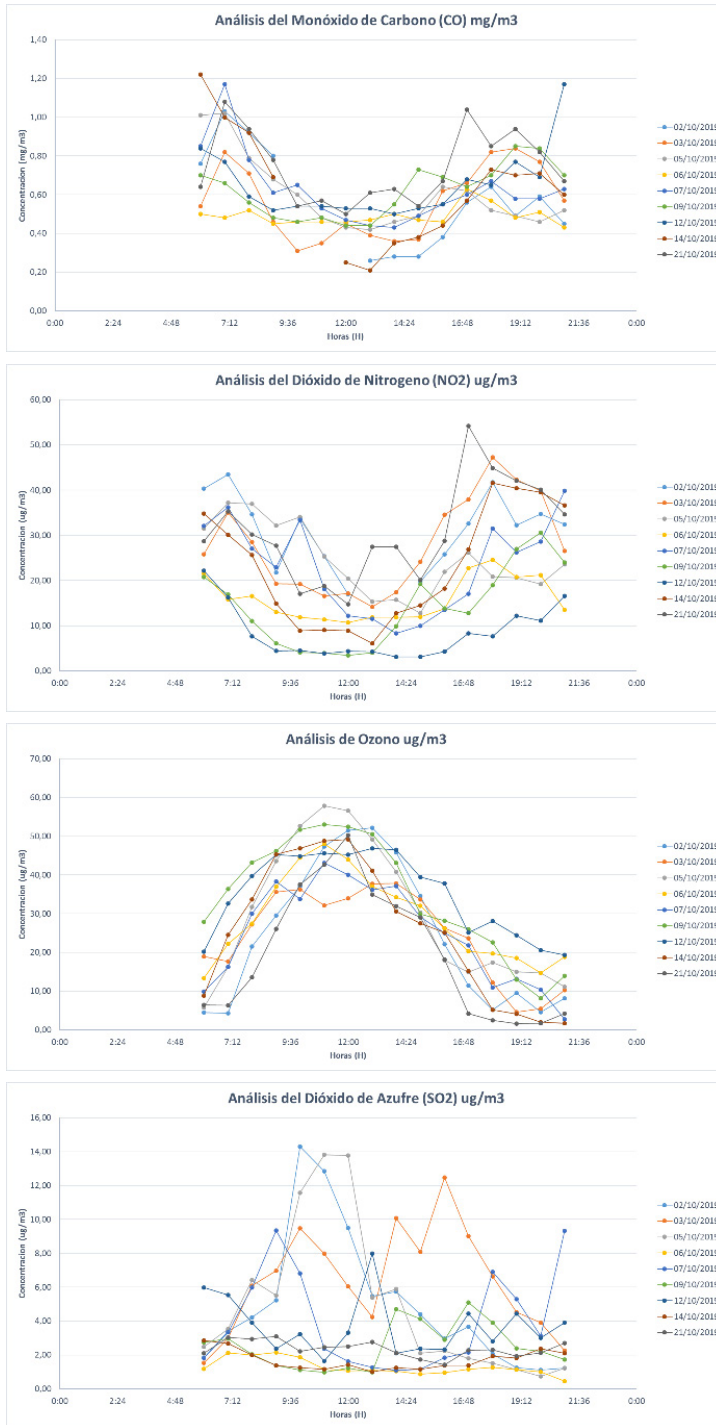
El valor máximo de concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) durante las manifestaciones fue de $47,28 \text{ ug/m}^3$, en un día normal su máximo asciende a $54,18 \text{ ug/m}^3$, siendo el valor de la norma 200 ug/m^3 . Dicho compuesto está relacionado con los procesos de combustión y en ocasiones suele estar presente en la atmósfera asociado con otros contaminantes primarios, como las partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$). En el caso del NO_2 el comportamiento de la curva durante las manifestaciones tiende al decremento, es decir en un día normal el compuesto presenta una mayor concentración debido a la alta presencia de vehículos. Por otro lado, la OMS ha señalado que altos niveles de (NO_2) podría llegar generar problemas adversos salud en algunas ocasiones dependiendo de su concentración y exposición (Vinueza, 2018:166).

Para el ozono (O_3) se registró un promedio de $23,12 \text{ ug/m}^3$ en un día normal sin protestas, mientras que, durante los días de manifestación su valor se eleva a $29,51 \text{ ug/m}^3$, ambos valores de concentración son menores cuando son comparados con la normativa ambiental (200 ug/m^3). El comportamiento de la curva muestra que durante los días de manifestación los valores se elevaron presentando su pico diario más alto al medio día (12:00 PM). Esto debido a que geográficamente la ciudad de Quito registra valores de radiación solar altos en ese horario (Alvarez et al., 2019:155).

Para el caso del dióxido de azufre (SO_2) durante las manifestaciones se generaron algunos picos de hasta $13,82 \text{ ug/m}^3$, pero durante un día normal su valor puede llegar a $14,30 \text{ ug/m}^3$, considerando esto, la mayor presencia de SO_2 se registró durante el 03 de octubre del 2019 en la que inició un paro del transporte público. En la ciudad de Quito la alta concentración de este compuesto coincide con el mayor uso de vehículos, pues en los días en los que ocurrieron las manifestaciones con quema de llantas, arboles, y otros, estos valores se mantuvieron por debajo de los 8 ug/m^3 , verificándose de esta forma que uno de los principales problemas que afectan a la calidad del aire son los vehículos a motor (Lázaro et al., 2018:141-161).

La Figura N°7 muestra el comportamiento de los índices de calidad del aire (CO , NO_2 , O_3 , SO_2) durante los días de manifestaciones en un horario de 6:00 A.M. a 9:00 P.M. en la estación de monitoreo de calidad del aire centro de la ciudad de Quito.

Figura N°7.
 Concentración de los índices de calidad del aire, en la estación Centro



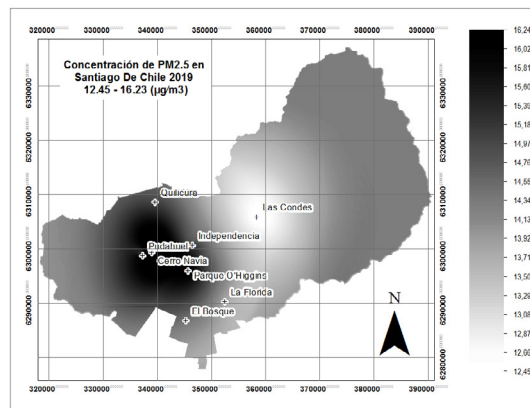
Fuente: Elaboración propia

Resultados del análisis de la calidad del aire con relación a las protestas en Santiago de Chile

Para Chile, el alcance del trabajo se extiende a los meses de octubre y noviembre del 2019, en los que se registró mayor número de manifestaciones populares. Para el análisis se seleccionó la capital (Santiago de Chile), en donde a través del procesamiento de información en relación con el PM 2.5 se identificó el epicentro más fuerte de la contaminación como muestra la figura 8.

Figura N°8.

Estado de la ciudad de Santiago de Chile durante las manifestaciones

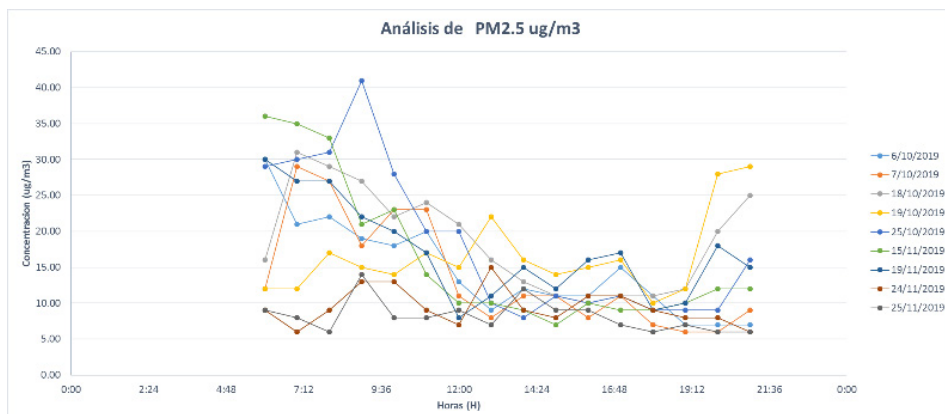


Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que los puntos con mayor y menor concentración de PM 2.5, son: Pudahuel, Cerro Navia. Se consideró el Parque O'Higgins por su ubicación geográfica ya que se encuentra en la comuna de Santiago una de las principales en toda la ciudad y la más aglomerada durante las manifestaciones (Alvarez & Padilla, 2019:135-147). Así pues, el primer índice analizado es el PM 2.5 donde durante los días de protesta se registró el valor máximo de 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en un día normal el valor llega a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como indica en la figura 9, considerando lo

Figura N°9.

Concentración de PM 2.5, en la estación Parque O'Higgins



Fuente: Elaboración propia

establecido por la OMS no existe un nivel de contaminación alto, sin embargo se debe tratar de disminuir y controlar los procesos de combustión, motores a diésel, incendios forestales, quema de biomasa y construcción a fin de reducir posibles afectaciones a la salud (Aragón et al., 2019).

Para el caso del PM₁₀ promedio diaria durante las manifestaciones ascendió a 95.19 ug/m³, en la norma se ha establecido un límite de 150 ug/m³; esto a pesar de que, investigaciones revelan que exposiciones diarias mayores a 50 ug/m³ pueden generar problemas cardiopulmonares, cáncer de pulmón y mortalidad en algunos casos. Así pues, durante los días de manifestaciones se registraron un incremento el 19 de octubre del 2019 en donde las protestas se intensificaron acompañadas de actos de violencia y el uso de gas lacrimógeno, afectando la salud y la calidad del aire de la zona (Alvarez & Padilla, 2019:135-147). Por otra parte, la concentración de CO en un día normal llega hasta 1.05 mg/m³ mientras que durante las protestas su valor se incrementa a 1.17 mg/m³, considerando que la norma ha establecido 10 mg/m³, si bien es cierto el incremento durante las protestas es mínimo esto debido a que en las manifestaciones se generaron procesos de combustión elevados. El CO no es solo dañino para el medio ambiente sino también para la salud ya que un gas incoloro e inodoro en consecuencia no puede ser percibido por la población.

Según la concentración que presenta no generan riesgos mayores a la salud de las personas (Galleguillos, 2019).

Según la normativa local para NO₂ no se debe superar los 100 ug/m³, teniéndose así que durante las manifestaciones su valor se incrementa a 66.24 ug/m³ en comparación a un día normal (27.65 ug/m³), las concentraciones más altas se registraron el 25 de octubre del 2019 (la marca más grande en Santiago); estudios experimentales relacionados muestran que concentraciones de corta duración mayores a lo establecido por la norma pueden generar problemas de salud importantes.

Considerando los datos obtenidos se puede concluir que no existen problemas relativos a la disminución de calidad del aire ni un posible efecto agudo en la salud (Galleguillos, 2019).

En el análisis de ozono su punto más alto se presenta el 19 de noviembre del 2019 (75 ug/m³) no obstante en un día normal su valor eleva hasta 63 ug/m³. Estudios relacionados mencionan que para el caso del ozono los valores guía (100 ug/m³ según la OMS) no protegen plenamente a la salud de las personas debido a que no se ha identificado un umbral por debajo del que no se lleguen a producir efectos adversos. Cabe señalar que la presencia de NO₂ en aire está relacionado al O₃ junto con otros oxidantes generados por procesos fotoquímicos (Alvarez & Padilla, 2019).

La figura 10 indica el comportamiento de los índices de calidad del aire (PM₁₀, CO, NO₂, O₃) durante los días de manifestaciones en un horario de 6:00 A.M. a 9:00 P.M. en la red de monitoreo de calidad del aire Parque O'Higgins de la ciudad de Santiago de Chile.

Figura N°10.
Concentración de los índices de calidad del aire, estación Parque O'Higgins



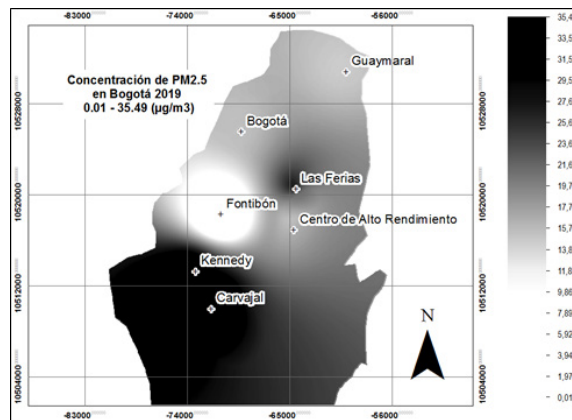
Fuente: Elaboración propia

Resultados del análisis del aire con relación a las protestas en Bogotá – Colombia

En Colombia las protestas realizadas el año pasado marcaron un cambio en la calidad del aire debido a las actividades realizadas por parte de los manifestantes, para lo que se consideraron estaciones de monitoreo automático ubicadas en la ciudad capital de Bogotá mediante el procesamiento de información tal como muestra la Figura N°11.

Figura N°11.

Estado de la ciudad de Bogotá durante las manifestaciones

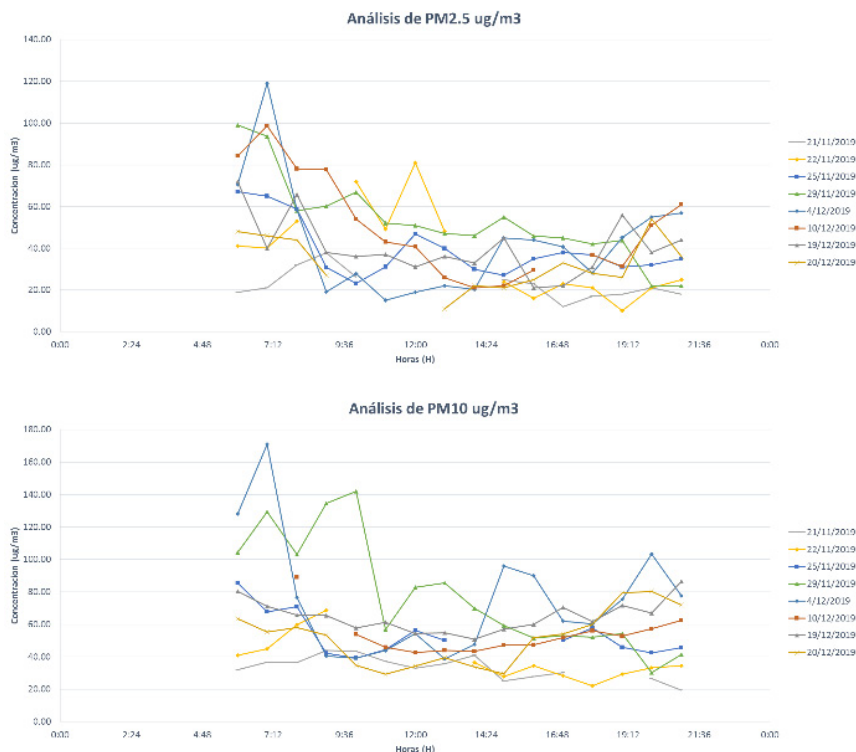


Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa los picos de mayor concentración de PM 2.5 alrededor de las estaciones Kennedy y Carvajal. Para el análisis se consideró la estación el Carvajal debido a que es el punto céntrico de las manifestaciones donde se dieron los disturbios y se presentó la mayor concentración de la población (Suescún, 2020). Además, se cuenta con datos suficientes para el procesamiento de la información. El análisis de los datos de PM 2.5 en la estación seleccionada muestran que el límite permisible (50 ug/m³) fue superado el 29 de noviembre del 2019 con 53.09 ug/m³ mientras que un día normal se mantiene en el rango de 22.51-32.38 ug/m³. Tomando en cuenta a los límites permisibles establecidos por el país se observa que durante las manifestaciones en contra del gobierno existe un grado de contaminación elevado sin embargo este índice sobre pasa los límites en un 50% a lo establecido por la OMS y con ello la afectación a la salud considerando el tiempo de exposición de la persona, ya que en algunos casos podría resultar mortal. (Meulenert & Cornejo, 2018). Para el caso del PM10 se identificó el valor máximo de 78.16 ug/m³ durante el paro nacional convocado para el 04 de diciembre del 2019. El valor ese encuentra bajo la norma (100 ug/m³); sin embargo, considerando los estudios realizados por la OMS se muestra que exposiciones largas a 20 ug/m³ pueden traer grandes consecuencias de salud y la disminución de la calidad del aire (Alvarez & Padilla, 2019)

Las concentraciones del material particulado menor o igual a 10 ug y 2.5 ug se observa en la Figura N°12.

Figura N°12.
Concentración de material particulado en el aire, estación Carvajal



Fuente: Elaboración propia

En el caso del CO el punto más alto se encuentra en 4 de diciembre del 2019 en horas de la mañana (5.6 mg/m³) a pesar de ser un valor elevado en comparación a un día normal (0.9 mg/m³) no supera lo establecido por la ley 40 mg/m³; si bien es cierto no existe tal afectación en la zona a causa del contaminante, pero sus valores muestran concentraciones elevadas a comparación de la obtenidas en un día normal, dicho valores tienen su razón de ser en las acciones tomadas por parte de los manifestantes entre ellas la quema de madera, cartón u otro elemento que contiene carbón como gasolina y diésel (Suescún, 2020). Algo similar ocurre con el NO₂ que mantiene un valor máximo de 50.80 ug/m³ y no sobrepasa la norma (200 ug/m³), en la mayoría de los casos este contaminante asciende debido a procesos de combustión de vehículos y fábricas, pero en horas de radiación solar y calentamiento atmosférico las concentraciones tienden a disminuir por la disociación de las moléculas (Zapata & Cardona, 2020).

Para el caso del ozono mantiene su valor bajo los límites de la norma cabe mencionar que este tiene una relación directa con la radiación solar debido a que acelera las reacciones de los contaminantes atmosféricos aumentando los niveles de ozono, aunque sin interferir con la calidad del aire en la zona (Zapata & Cardona, 2020). El análisis del SO₂ se realizó en base a los valores obtenidos durante las manifestaciones e indica que su pico más alto se presentó el 29 de noviembre del 2019 (14.40 ug/m³) en comparación a un día normal que presenta 6.60 ug/m³ a pesar de que la concentración se encuentre en los límites permisibles podría llegar a generar problemas de lluvia ácida (pH menor a 5.6) al combinarse con el SO₂ este tipo de contaminante está presente en su

mayoría en la gasolina y el diésel, sin embargo acciones antropogénicas podrían llegar a elevar dicho valor (Aragón et al., 2019).

La figura N°13 se observa el comportamiento de los índices de calidad del aire (CO, NO₂, O₃, SO₂) durante los días de protesta en un horario de 6:00 A.M. a 9:00 P.M. en la red de monitoreo ambiental de calidad del aire centro de la ciudad de Quito.

Figura N°13.

Concentración de los índices de calidad del aire, estación Carvajal



Fuente: Elaboración propia

Conclusión

El análisis de datos de calidad del aire relacionado a las protestas en América Latina permite establecer que las manifestaciones sociales llevadas a cabo en Ecuador (2 al 21 de octubre del 2019), Chile (6 de octubre al 25 de noviembre del 2019) y Colombia (21 de noviembre al 20 de diciembre del 2019) no alteran en gran manera a los índices de calidad del aire en relación con un día normal. Según los resultados obtenidos en el presente trabajo y de acuerdo con los registros de las estaciones calidad del aire de cada ciudad no se presentan problemas de contaminación en días normales; sin embargo, el PM 10 en Santiago de Chile y Bogotá (zona aledaña al palacio de gobierno) sobrepasa el límite establecido por la OMS por lo que podrían presentarse afectaciones a la salud de las personas.

Mediante el análisis de cada uno de los índices se pudo evidenciar que la contaminación generada por las manifestaciones en lugares donde existe una circulación vehicular habitual no sobrepasa las concentraciones que se registran en días donde se realizan actividades de transporte e industria normales. Esto es un indicativo de que, si hubiera un funcionamiento de la ciudad normal y se agregarían las protestas y quemas de llantas, materiales combustibles en general, dichos valores se elevarían notablemente en ciertos puntos de la ciudad aumentando progresivamente los valores de los índices de calidad y disminuyendo a la vez la calidad del aire.

En América Latina los estudios con relación a la calidad del aire durante las protestas son escasos, en este trabajo se aprecia que los focos de contaminación creados en las protestas por los manifestantes que queman diferentes materiales combustibles al ser eventos aislados no generan el mismo efecto de polución continua que el transporte y otras actividades si lo hacen.

Referencias bibliográficas

ALVAREZ CÉSAR, PADILLA OSWALDO. Estimation of air pollution by PM₁₀ in Quito through environmental indices with LANDSAT ETM + images. La producción científica a través de la Revista Cartográfica, 2019, N°92, p. 135-147.

ALVAREZ CESAR, TEODORO ANA, TORRES NELLY, VIVANCO VALERIA. Assessment of remote sensing data to model PM₁₀ estimation in cities with a low number of air quality stations: A case of study in Quito, Ecuador. *Environments*, 2019, Vol. 6 N° 7, p. 85.

ALVAREZ CÉSAR, TEODORO ANA, ORDOÑEZ JUAN, BENÍTEZ ANDRÉS, FREITAS ALBERTO, FONSECA JOAO. Modeling the prevalence of respiratory chronic diseases risk using satellite images and environmental data. Percepción remota SPIE, Estrasburgo-Francia 2019. <https://doi.org/10.1117/12.2532508>, 2019.

ALVAREZ CESAR, TEODORO ANA, RAMÍREZ LENIN. Spatial estimation of surface ozone concentrations in Quito Ecuador with remote sensing data, air pollution measurements and meteorological variables. *Environ Monit Assessment*, 2019, Vol. 191 N°3, p. 155.

ARAGÓN MORENO JUAN ANTONIO. ESPINOSA MARTÍNEZ LAURA ISABEL. CASTAÑEDA GARZÓN PAULA ANDREA. Un enfoque para la identificación de material particulado en las nubes de Bogotá mediante análisis de imágenes de satélite. La producción científica a través de la Revista Engineering For Development, 2019, Vol. 23 N°2, p 1-26.

BENALCÁZAR M.; GARCÍA P. Evaluación de la calidad del aire en el casco urbano del municipio de Vijes-Valle del Cauca. Cali. Ediciones de la Universidad Autónoma de Occidente, 2020, p. 60-69.

CASTAÑEDA ANDRÉS, SALAZAR VALERIA, ÁLVAREZ JULIÁN. Derechos humanos y calidad del aire: estudio de caso en Colombia. *Revista Hélices y anclas para el desarrollo local*, 2019, p. 1061-1070.

CHUQUER DAVID, AMPUDIA SANTIAGO, PUERTAS CAROLINA, BUSTAMANTE LEONARDO, REINA CARLOS, RAMÍREZ FRANCISCO. Contaminación del aire a filo de calle en Quito, caso estudio Guayaquil y espejo. *Revista Científica*, 2018, Vol.2 N°20, p. 90-99.

DELGADO OMAR, MARTÍNEZ JULIA. Elaboración del mapa de ruido del área urbana de la Ciudad de Cuenca – Ecuador, empleando la técnica de interpolación geoestadística Kriging ordinario. *Revista Ciencias Espaciales*, 2015, Vol. 8 N°1, p. 412-440.

ESCOBAR BORIS, BOSO ÁLEX. Representaciones sociales de la contaminación del aire y las estufas de leña en diferentes niveles socioeconómicos de la ciudad de Temuco, Chile. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 2018, Vol.34 N° 3, p. 527-540.

GALLEGUILLOS JAVIERA. Comparación y análisis de datos de monitoreo de calidad del aire con el valor horario de dióxido de azufre en las comunas de Quintero y Puchacaví. Valparaíso. Ediciones de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción-Rey Balduino De Bélgica, 2019, p. 70-75.

GONZÁLEZ LENI. Prototipo para el monitoreo y análisis de la calidad del Aire en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Chiapas. Ediciones del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, 2019, p. 35-45.

INECC, CCAC, PNUD. Estrategias integradas en contaminantes climáticos de vida corta para mejorar la calidad del aire y reducir el impacto al cambio climático. México, 2020, p. 70-85.

KUTLAR MELTEM, EEFTENS MARLOES, GINTOWT EMILY, KAPPELER RO, KÜNZLI NINO. Time to harmonize national ambient air quality standards. *International Journal of Public Health*, 2017, Vol. 62 N° 4, p. 453-462.

LÁZARO JESSICA, SHAHEEN SUSAN, YOUNG STANLEY. Movilidad automatizada compartida y transporte público. *Road Vehicle Automation*, 2018, Vol. 22, p.141-161.

MATUS PATRICIA. Contaminación atmosférica: la composición química incide en su riesgo. *Revista Médica de Chile*, 2017, Vol.145 N°1, p. 7-8.

MAZZEO ANDREA, HUNEEUS NICOLÁS, ORDOÑEZ CÉSAR. Impacto de las emisiones de combustión y transporte residencial sobre la contaminación atmosférica en Santiago durante el invierno. *Revista Ambiente Atmosférico*, 2018, Vol. 190, p. 195-208.

MEULENERT ÁNGEL.; CORNEJO VÍCTOR.; GARCÍA OMAR.; RAMÍREZ ULISES.; ALCALÁ JAIME. & GARCÍA MARIO. Estudio de las inversiones térmicas en la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG) y su relación con la calidad del aire. propuesta de diagnóstico y predicción utilizando el modelo WRF (weather research forecasting). La producción científica a través de XXXV Jornadas Científicas de la AME-19°. XXXV Jornadas Científicas de la AME-19°, 2018, N°35, p. 1-12.

MONTERO JOSÉ, FERNÁNDEZ GEMA. Predicción funcional Kriging de series de contaminación: la alternativa geoestadística para datos espacialmente fijados. *Revista Estudios de Economía Aplicada*, 2015, Vol. 33 N° 1, p. 145-174.

MORANTES GIOBERTTI, PÉREZ NARCISO, SANTANA RAFAEL, GLADYS RINCÓN. Revisión de instrumentos normativos de la calidad del aire y sistemas de monitoreo atmosférico: América Latina y el Caribe. *Revista Interciencias*, 2016, Vol. 41 N°4, p. 235-242.

ORMEÑO ILLANES, QUEVEDO LANGENEGGER. Calidad del aire e incidencia de fractura osteoporótica de cadera en Chile. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 2020, Vol.11 N° 4, p. 87-91.

PALACIOS INDIRA. Chile 2019: las protestas de octubre y el movimiento estudiantil ¿coyuntura histórica de cambio? *Revista de Ciencia Política*, 2020, Vol. 40 N°2, p. 215-234

PEÑA SANDRA. Impacto de la contaminación atmosférica en dos principales ciudades del Ecuador. La producción científica a través de la Revista Universidad y Sociedad, 2018, Vol.10 N° 2, p. 289-293.

PEÑA VANESSA. Efectos de la contaminación del aire sobre el rendimiento escolar en estudiantes de cuarto básico en Santiago de Chile. Ediciones de la Pontificia Universidad Católica De Valparaíso de Valparaíso, 2018, p. 37-50.

PUENTES RODRIGO. Un modelo multivariado predictivo para modelar contaminación atmosférica por MP2,5 y MP10 durante un periodo de Gestión de Episodios Críticos en Santiago de Chile. La producción científica a través de XXXI Jornada de Matemática de la Zona Sur en la Universidad Austral de Chile, 2018, p. 7.

RAMÍREZ MIGUEL. Uso de Modelos Lineales Generalizados (MLG) para la interpolación espacial de PM10 utilizando imágenes satelitales Landsat para la ciudad de Bogotá, Colombia. La producción científica a través de la Revista Perspectiva Geográfica, 2017, Vol. 22 N° 2, p. 105-121.

ROSETO ALDAIR, PERAFÁN JEYSON, CAJAS NOHELIA. Indicadores de hipertensión y disfunción pulmonar en mujeres expuestas a humo de biomasa en el departamento del Cauca: Efecto de variables de exposición. *Revista Saltem Scientia Spiritus*, 2018, Vol. 4 N°2, p. 12-22.

SAMPEDRO MARÍA JUÁREZ ANA ROSAS JOSÉ. Estimación de la contaminación por desechos antropogénicos en cauces de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México. *Revista Tlamati Sabiduría*, 2015, Vol. 5 N° 5, p. 35-42.

SMITH PAMELA, ROMERO HUGO. Factores explicativos de la distribución espacial de la temperatura del aire de verano en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2016, N° 63, p. 45-62.

SUESCÚN JUAN. De la cuarta revolución urbana a la cuarta revolución industrial: desafíos alrededor de la problemática ambiental de la calidad del aire para Medellín y el Valle de Aburra. *Revista Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 2020, Vol. 12 N° 22, p. 7-14.

VINUEZA CARLOS. Análisis de la calidad del aire en los puntos de monitoreo de la secretaría del ambiente, ubicados dentro del Distrito Metropolitano de Quito en el periodo 2005 – 2017. Ediciones de la Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, 2018, p. 166.

ZAPATA GIOVANNI. CARDONA JUAN. Relaciones entre el paisaje sonoro y la educación patrimonial: hacia el desarrollo de la inteligencia territorial. *Revista Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 2020, Vol. 12 N° 22, p.217-244.