

Determinación de la calidad del aire en la Ciudad de Jaén, 2016-2017

Determination of air quality in the City of Jaén, 2016-2017

Segundo E Vergara M¹, Santos C Herrera D², Wagner Colmenares M³* y Linder Rubio C⁴

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el estado de la calidad de aire de la zona urbana en la ciudad de Jaén. Se efectuaron mediciones con equipos de absorción de partículas de bajo volumen, de absorción de gases y un sonómetro calibrados de acuerdo a regulaciones estatales. La ubicación e instalación de equipos, tiempo de monitoreo, registro de datos, etc., estuvieron acorde con las normativa de país. Basado en la zonificación urbana se seleccionaron dos puntos de monitoreo: el P01-A-J y el P02-A-J. Los resultados para PM₁₀, en el P01-A-J fue 5.2 µg/m³ y de 7.7 µg/m³ para P02-A-J. En relación a gases, en el P01-A-J, el SO₂, fue 13 µg/m³, NO₂ <9 µg/m³, CO 5268 µg/m³, O₃ <8.3 µg/m³ y H₂S <2.3 µg/m³ y para P02-A-J resultaron SO₂ 13 µg/m³, NO₂ <9 µg/m³, CO 4897 µg/m³, O₃ <8.3 µg/m³ y H₂S <2.3 µg/m³. Respecto a ruido, el valor equivalente máximo fue 109.2 dB y el mínimo 58.23, para zona comercial y horario diurno, lo cual se encuentra dentro de valores para zona comercial. Para valores de material particulado y gases, estos se encuentran por debajo de los ECAs nacionales en ambos puntos de monitoreo, siendo una clasificación buena.

Palabras clave: Calidad del aire, niveles de ruido, gestión ambiental, aire.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the state of the air quality of the urban area in the city of Jaén. Measurements were made with low volume particulate absorption equipment, gas absorption equipment and a sound level meter calibrated according to state regulations. The location and installation of equipment, monitoring time, data recording, etc., were in accordance with the country's regulations. Based on urban zoning, two monitoring points were selected: P01-A-J and P02-A-J. The results for PM₁₀, in P01-A-J was 5.2 µg / m³ and of 7.7 µg / m³ for P02-A-J. In relation to gases, in P01-AJ, SO₂ was 13 µg / m³, NO₂ <9 µg / m³, CO 5268 µg / m³, O₃ <8.3 µg / m³ and H₂S <2.3 µg / m³ and for P02- AJ resulted in SO₂ 13 µg / m³, NO₂ <9 µg / m³, CO 4897 µg / m³, O₃ <8.3 µg / m³ and H₂S <2.3 µg / m³. Regarding noise, the maximum equivalent value was 109.2 dB and the minimum value was 58.23 for the commercial zone and daytime, which is within the values for the commercial zone. For particulate matter and gas values, these are below the national ECAs in both monitoring points, being a good classification.

Keywords: Air quality, noise levels, environmental management, air.

DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v8i1.110>

Recibido: 20/09/2019. Aceptado: 29/01/2020

* Autor para correspondencia

1. Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: seveme@hotmail.com
2. Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: sanhed27@hotmail.com
3. Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: wcolmenaresm@hotmail.com
4. Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: linrc_100@hotmail.com.

INTRODUCCIÓN

La atmósfera es una envoltura gaseosa que rodea a la tierra, cuya masa se encuentra concentrada a unos 200 km de altitud. El aire puro está compuesto de oxígeno (21%) y nitrógeno (78%) y otros gases menos comunes, de los cuales, el Argón es el más abundante. La concentración 0,03% de Dióxido de Carbono (CO₂) es menor que la del Argón (0,93%). El vapor de agua también está presente, hasta 4% por volumen. Las plantas generan Oxígeno como un subproducto de la fotosíntesis y la atmósfera actual de la tierra se describe como oxidante, en comparación con la atmósfera reductora rica en hidrógeno que existía antes de que comenzara la vida. La atmósfera contiene varios gases que, en concentraciones mayores que las normales, son venenosos para los seres humanos, animales y dañinos para las plantas. Estos incluyen el O₃, el SO₂, el NO₂, el CO y una amplia gama de COV, (OMS, 2004).

La introducción en la atmosfera de materias en cualquier estado físico o de formas de energía por el hombre de manera artificial, directa o indirectamente pueden ser capaces de producir efectos deletéreos de naturaleza tal que pueden poner en peligro la salud humana, dañar los recursos vivientes, los ecosistemas y las propiedades materiales o impedir o interferir con el disfrute del paisaje y otros usos legítimos del ambiente, (García. 2008. Pág. 03)

A nivel mundial, cada vez se emiten mayores cantidades de gases y partículas potencialmente nocivas, que dañan la salud humana, el ambiente y los recursos necesarios para lograr un desarrollo sostenible en el planeta (OMS, 2005) y actualmente es materia de preocupación a diferentes escalas de interés así como es considerada una de las mayores amenaza a la salud humana (Dechezleprêtre, Rivers, & Stadler, 2019; Roy & Braathen, 2017)

En escala global, se emiten a la atmósfera grandes cantidades de partículas y gases potencialmente nocivos que afectan la salud humana y el ambiente, clasificados en partículas suspendidas (polvos, neblinas, humos), contaminantes gaseosos (gases y vapores) y olores, (OMS, 2004), aun en concentraciones bajas de partículas respirables (20 µg/m³), se pueden incrementar los riesgos de infecciones respiratorias agudas (IRA) y problemas asmáticos (Abbey et al. 1995).

Las partículas atmosféricas pueden ser emitidas por una variedad de fuentes de origen natural o antropogénico; por ejemplo, la industria cárnica (Djekic et al., 2016). Respecto a los mecanismos de formación, las partículas pueden ser emitidas a la atmósfera (primarias) o bien ser generadas por reacciones químicas (partículas secundarias), dichas reacciones químicas pueden consistir en la interacción entre gases precursores en la atmósfera para formar una nueva partícula por condensación, o

entre un gas y una partícula atmosférica para dar lugar a un nuevo aerosol por adsorción o coagulación (Warneck, 1988).

El objetivo general del trabajo fue determinar el estado de la calidad de aire de la ciudad de Jaén.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El ámbito de estudio del presente proyecto de investigación se ubicó en la zona urbana de la ciudad de Jaén, Cajamarca-Perú. Para la selección de los dos sitios de muestreo se tomó en cuenta lo sugerido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), citado por (DIGESA, 2005), además se consideró las recomendaciones del personal técnico de la Municipalidad Provincial de Jaén.

Tabla 1. Ubicación de puntos de monitoreo partículas PM₁₀.

Puntos	Descripción	Altura equipo	Coordenadas	
			Este	Norte
01 (P01-A-J)	Ovalo de los Jr. Pakamuros y Alfonso Villanueva Pinillos	1.5 m	742942	8369887
02 (P01-A-J)	Jr, Pakamuros (parque Binacional)	0.5 m	743146	9367935

Metodología

Se ha empleado el Protocolo de Monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos, (DIGESA, 2005, Pág. 18, 19, y 20) y el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (D.S N° 003–2017 MINAM. Los parámetros de monitoreo, fueron: material particulado en suspensión PM₁₀, gases (Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno NO₂ y el Monóxido de Carbono (CO), Sulfuro de Hidrogeno (H₂S), y Ozono (O₃)) y finalmente se consideró ruido ambiental, ver Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de monitoreo.

Parámetros	Periodo (h)	Valor (µg/m ³)	Método de análisis
Dióxido de azufre SO ₂	24	250	Fluorescencia ultravioleta (método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1	200	Quimioluminiscencia (Método automático)
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24	100	Separación inercial/filtración (gravimetría)
Monóxido de Carbono (CO)	1	30000	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
Ozono (O ₃)	8	100	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S)	24	150	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: D.S N° 003-2017-MINAM.

La evaluación de ruido ambiental, fue realizado los días 15 y 16 de febrero del 2018, en los mismos puntos de referencia para material particulado PM₁₀ y gases, sin embargo, para una mejor evaluación del ruido se identificó 4 puntos cercanos en cada punto principal haciendo un total de 8 puntos, ver Tabla 3.

Tabla 3. Ubicación de puntos de monitoreo de ruido. Vía Local (según sistema vial de Jaén).

N°	Descripción	Fecha	Hora	Ubicación	Coordenadas	
					Este	Norte
01	P01. PA-R-J	15-02-18	4:00pm	Ovalo de los Jr. Pakamuros y Alfonso Villanueva Pinillos	743145	9367953
02	P02. PA-R-J	15-02-18	4:00pm		743121	9367669
03	P03. PA-R-J	15-02-18	4:00pm		743136	9367927
04	P04. PA-R-J	15-02-18	4:00pm		743155	9367908
05	P01. PB-R-J	15-02-18	4:00pm	Jr. Pakamuros (parque Binacional)	742942	9369887
06	P02. PB-R-J	15-02-18	4:00pm		742940	9369840
07	P03 PB-R-J	15-02-18	4:00pm		742923	9369884
08	P04. PB-R-J	15-02-18	4:00pm		742961	9369891

Fuente: CEICA SAC.2018.

Equipos

- Equipo de absorción de partículas de bajo volumen MICROVOL-1100 “ECOTECH” para Material Particulado PM₁₀. MICROVOL - 1100 Serie, 13 -1244 Modelo, LOW-VOL-SERIE. Certificado de Calibración N°: ECO 005-2017.
- Equipo de absorción de gases (tren de muestreo). Equipo RMA – 13 (Tren de Muestreo) Serie, 0422014 y Modelo, TMD-GGP. Certificado de calibración N° : DWY 003-2017
- Navegador GPS Garmin
- Cámara fotográfica digital "Sony"
- Sonómetro “Pulsar” modelo 43. Certificado de calibración LAC-111-2017 INACAL.

RESULTADOS

Los resultados sobre material particulado PM₁₀, indica una concentración de partículas de tamaño igual o menor que 10 µg/m³, con mayor concentración en el punto N° 02 ubicado en el Parque Binacional, con concentración 7.7 (µg/m³). En la Figura 1, se aprecia que en ambos puntos de monitoreo de gases (P01-A-J y P02-A-J), existe mayor representatividad de concentración de gases de Monóxido de Carbono (CO) con concentración de 5268 (µg/m³), punto N° P01-A-J seguido de 4897 (µg/m³), para el punto N° P02-

A-J. Sin embargo, el nivel de concentración de gases de los parámetros evaluados en los dos puntos se encuentra por debajo de los ECAs nacionales.

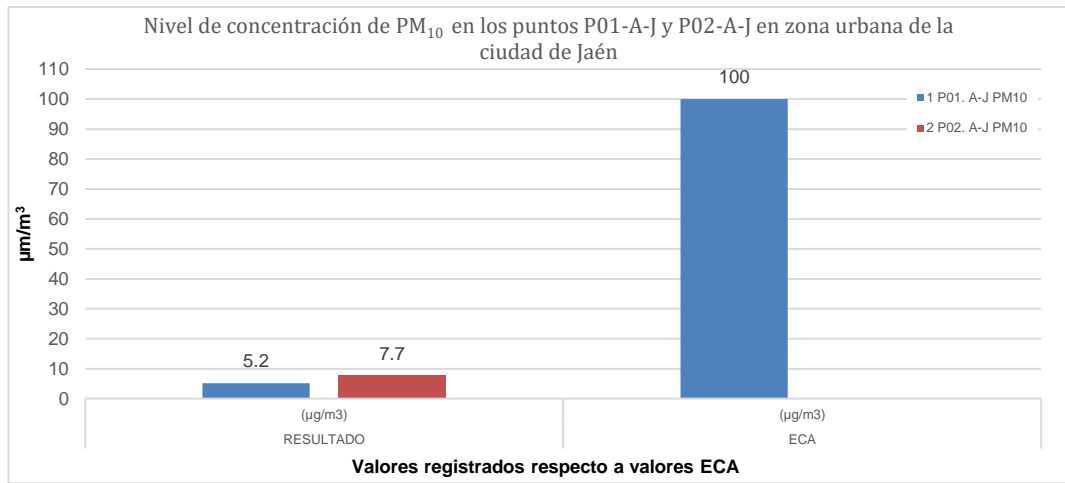


Figura 1. Distribución de la concentración de Material Particulado PM₁₀. 2018

Los resultados para gases en el punto P01-A-J., se obtuvo el Dióxido de azufre (SO₂), en un tiempo de 24 hora y se obtuvo menor de 13 µg/m³, Dióxido de nitrógeno (NO₂), en un tiempo de 1 hora y se obtuvo menor de 9 µg/m³, Monóxido de carbono (CO), en un tiempo de 1 hora y se obtuvo menor de 5268 µg/m³, Ozono (O₃), en un tiempo de 8 horas y se obtuvo menor de 8.3 µg/m³, sulfuro de hidrógeno (H₂S), en un tiempo de 24 hora y se obtuvo menor de 2.3 µg/m³, ver Tabla 3.

Tabla 4. Nivel de concentración de gases en los dos puntos de muestreo

Nº	Parámetros	Periodo	P01-A-J	P02-A-J	Valor ECA
01	Dióxido de azufre (SO ₂)	24 horas	<13 µg/m ³	<13 µg/m ³	250 µg/m ³
02	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	<9 µg/m ³	<9 µg/m ³	200 µg/m ³
03	Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	5268 µg/m ³	4897 µg/m ³	30000 µg/m ³
04	Ozono (O ₃)	8 horas	<8.3 µg/m ³	<8.3 µg/m ³	100 µg/m ³
05	Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S)	24 horas	<2.3 µg/m ³	<2.3 µg/m ³	150 µg/m ³

Fuente: CEICA SAC.2018. Laboratorio de Control V&S LAB. 2018.

En la Figura 2, se aprecia la diferencia del nivel de concentración del gas de Dióxido de Azufre (SO₂) del valor del ECA nacional con respecto al Valor del de la OMS.

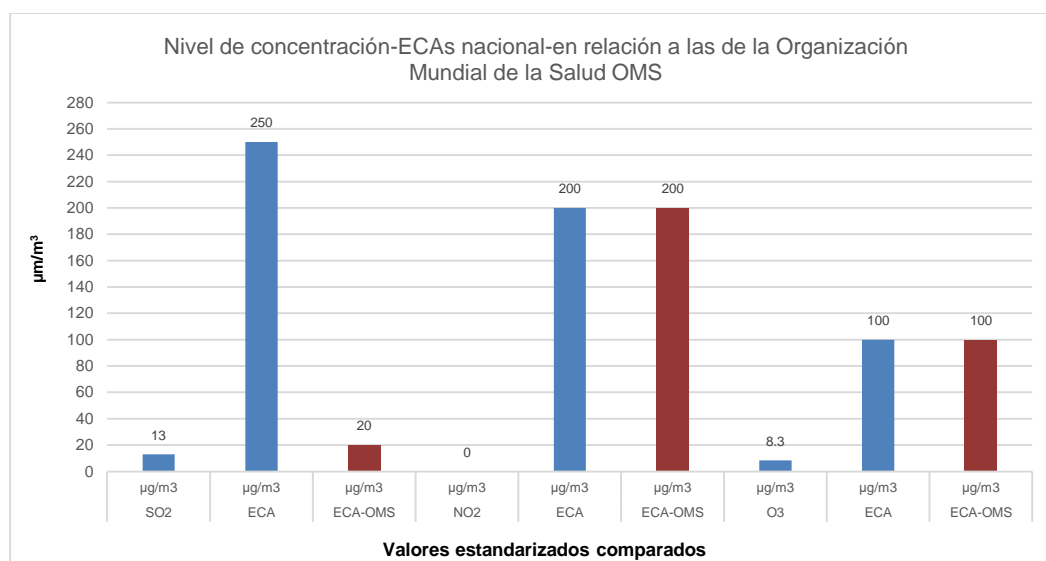


Figura 2. Concentración de Material Particulado PM₁₀, comparando con los ECAs nacional y la OMS.

Se evaluó la calidad del aire, ver Tabla 5, corresponde a una zona residencial, turno diurno.

Tabla 5. Resultados de evaluación de ruido ambiental.

Nº	Ubicación	Fecha y hora	Valor Equiv. Mínimo	Valor Equiv. Máximo	LAeq Zona Comercial	ECA-Comercial	
						LAeqT Diurno	LAeqT Nocturno
01	P01. PA-R-J	15-02-18 4:47 pm	60.99	99.4	74.3		
02	P02. PA-R-J	15-02-18 5:14pm	61,43	109.2	75.8		
03	P03. PA-R-J	15-02-18 6:02pm	62.78	91.3	74.0		
04	P04. PA-R-J	15-02-18 6:24pm	62.97	88.0	74.5	70	60
05	P01. PB-R-J	15-02-18 5:11pm	58.23	91.1	71.2		
06	P02. PB-R-J	15-02-18 5:34pm	58.78	99.6	76.0		
07	P03 PB-R-J	15-02-18 5:58pm	60.73	94.1	72.9		
08	P04. PB-R-J	15-02-18 5:11pm	58.96	99.1	73.2		

Fuente: CEICA SAC.2018.

DISCUSIÓN

En la zona urbana de Jaén, existe la presencia de contaminantes gaseosos como el Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Monóxido de Carbono, (CO), Ozono (O₃) y Sulfuro de Hidrogeno (H₂S). Se evidencia que los valores obtenidos, de dichos gases, son mínimos y están por debajo de los ECAs, esto en relación con la presencia de actividades y de tránsito vehicular. Considerando que estas últimas actividades, estan asociadas a la contaminación del aire, es importante mencionar la necesidad

de conocer el grado de exposición, a largo plazo, que se encuentran las personas a estas concentraciones aunque éstas esten por debajo de los ECAs, puesto que se sabe que existe asociación entre la contaminación de aire y enfermedades como el cáncer de mama (Hystad, Villeneuve, Goldberg, Crouse, & Johnson, 2015) y otras dolencias respiratorias. Quijano Parra, A., José Alejandro Orozco M. (2005) mencionan que diversos autores se han encaminado también a evaluar la influencia del material particulado atmosférico fino sobre el número de casos como el de cáncer de pulmón. Cohen (2000) y Nyberg et al. (2000) encontraron una relación directa con las emisiones de los motores de los vehículos, estimadas a partir de las emisiones de NO₂. Por otro lado, se tiene que los valores oficiales, para un determinado contaminante, pueden variar como es el caso de SO₂, puesto que para la OMS, (2005), el parámetro de Dióxido de Azufre (SO₂), lo mantiene en una concentración de 20 µg/m³, mientras que para el ECA nacional la concentración de SO₂ es de 250 µg/m³, D.S N° 003-2017-MINAN. Para este caso particular de SO₂ tanto para ECAs como para la OMS la concentración registrada esta muy debajo de dichos estándares.

Los resultados de la evaluación del ruido ambiental, de acuerdo a los datos obtenidos, corresponden a una zona comercial (Comercio Central y eje Comercial para el punto de muestreo 01 y 02 respectivamente) coincidiendo con valores establecidos para zona comercial según Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido. Además, es concordante con lo que se establece en la normativa del gobierno municipal y expresado con el mapa del Plan de Desarrollo Urbano-Ciudad de Jaén-2013-2015, el cual ubica en zona de Comercio Central a los puntos de monitoreo realizados. Esto hallazgos sobre ruido, debe llevarnos a realizar posteriores estudios como por ejemplo los realizados por (Bastián-Monarca, Suárez, & Arenas, 2016) sobre mapas precisos de ruido y los de (Can & Aumond, 2018) referidos la estimación de la potencia acústica de los vehículos ligeros y los niveles de presión acústica resultantes entre otros de tal modo, que permitan mejorar la gestión ambiental local. Los valores establecidos en la normativa peruana, con respecto a la calidad del aire, sobre los niveles de concentración de material particulado en suspensión PM₁₀, con valores de 100 µg/m³, registrados se consideran niveles de concentración buena, contrastado con el Índice de Calidad del Aire (INCA), y el Valor Umbral de Estado de Cuidado (VUEC), y que no sería perjudicial para la salud y el ambiente. Sin embargo, para la (OMS, 2005. Pág. 09), considera valores de 50 µg/m³, para 24 h. Lo anterior probablemente este relacionado con el grado y tiempo de exposición.

Los estudios más recientes indican que, en general, el MP_{2.5} es un mejor predictor de los efectos sobre la salud que el MP₁₀. También hay evidencia reciente que los componentes del MP_{2.5} como los sulfatos y

las partículas altamente ácidas, algunas veces son mejores predictores de los efectos sobre la salud que el $MP_{2.5}$, (OMS, 2004, p. 51).

La concentración de contaminantes del aire en la zona urbana de la ciudad de Jaén, depende de la magnitud de las fuentes de emisión y de la eficiencia de su dispersión de contaminantes.

CONCLUSIONES

El nivel de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Dióxido de Azufre (SO_2), Ozono (O_3) y Sulfuro de Hidrógeno (H_2S), se encuentran muy por debajo de los ECAs, nacionales en ambos puntos de monitoreo (P01-A-J y P02-A-J). Presentado un estado de calidad de aire clasificado como buena de (0-50) para ambos puntos de monitoreo de la zona urbana de la ciudad de Jaén.

Sobre material particulado PM_{10} , el valor máximo en el punto P01-A-J, fue $5.2 \mu g/m^3$, mientras que para el P02-A-J, fue $7.7 \mu g/m^3$, significando un estado de calidad buena (0-50) según el Valor Umbral de Estado de Cuidado (VUEC) para ambos puntos de monitoreo

Respecto a ruido se realizó la medición en 8 puntos de control alrededor de los puntos principales de monitoreo de la calidad del aire (P01-A-J y P02-A-J), encontrándose un valor equivalente máximo de 109.2 dB y un valor equivalente mínimo de 58.23 dB, para zona comercial y en horario diurno, lo cual se encuentra dentro de los valores para zona comercial establecida por la regulación nacional y local.

De acuerdo a las condiciones de estudio y los resultados obtenidos de la evaluación de la calidad del aire en la zona urbana de la ciudad de Jaén, Cajamarca, se determinó que el tráfico vehicular, producido por autos, motocarros, motos, camiones, buses, etc., es la principal fuente y causa del ruido ambiental,

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astudillo, Romero. M. (2012). Modelación de dispersión espacial de contaminantes del aire en la ciudad de Cuenca. Quito- Ecuador. Pág. 02, 08, 16 17.
- Abbey et al. (1995). Los síntomas crónicos respiratorios relacionados con las concentraciones ambientales a largo plazo de las partículas finas, menos de 2,5 micras de diámetro aerodinámico ($PM_{2.5}$) y otros contaminantes del aire. Medio Epidemiol. Vol.5.
- Alfonso Quijano P. y José A. Orozco M. (2005). Monitoreo de material particulado-fracción respirable ($PM_{2.5}$ en Pamplona- Colombia. Pág. 03, 05.
- Bastián-Monarca, N. A., Suárez, E., & Arenas, J. P. (2016). Assessment of methods for simplified traffic noise mapping of small cities: Casework of the city of Valdivia, Chile.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.139>

Can, A., & Aumond, P. (2018). Estimation of road traffic noise emissions: The influence of speed and acceleration. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 58, 155–171.

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.002>

Dechezleprêtre, A., Rivers, N., & Stadler, B. (2019). *The economic cost of air pollution: Evidence from Europe* (No. 1584). <https://doi.org/10.1787/56119490-en>

Hystad, P., Villeneuve, P. J., Goldberg, M. S., Crouse, D. L., & Johnson, K. (2015). Exposure to traffic-related air pollution and the risk of developing breast cancer among women in eight Canadian provinces: A case-control study. *Environment International*, 74, 240–248.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.09.004>

Roy, R., & Braathen, N. A. (2017). *The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century: Results from the BRIICS and the OECD Countries* (ENV/WKP(2017)11 No. 124).

<https://doi.org/10.1787/d1b2b844-en>

Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM- Estándares de Calidad de Calidad Ambiental para aire. Lima Perú. Pág. 01, 05, 04.

Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido. Lima-Perú. Pág. 11.

Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (2005). Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los datos. Lima Perú. . Pág. 18, 19, 20, 21 y 26.

Djekic, I., Blagojevic, B., Antic, D., Cegar, S., Tomasevic, I., & Smigic, N. (2016). Assessment of environmental practices in Serbian meat companies. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2495–2504. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.126>

Marcelo Astudillo Romero. (2012). Modelación de dispersión espacial de contaminantes del aire en la ciudad de Cuenca- Ecuador. Pág. 02.

José Agustín García García. (2008). Apuntes de Contaminación Atmosférica. Badajoz- España. Pág. 03, 08.

Municipalidad Provincial de Jaén, (2013), Plan de Desarrollo Urbano-Ciudad de Jaén-2013-2015.

Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM. Índice de Calidad de Aire (INCA). Lima-Perú. Pág. 04.

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2005). Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Washington, D.C. Pág. 09, 18, 26.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS, (2005). Guías para la calidad del aire. Lima-Perú. pág. 01).

Política distrital de salud para Bogotá D.C 2011-2023. (2011). Documento Técnico Línea de Intervención Aire, Ruido y Radiación Electromagnética. Bogotá. D.C. Pág. 12 y 13.