

Inventario de emisiones atmosféricas en El Pedregal, Nariño

Vanessa Alejandra Botina Navarro

Jenifer Tatiana Cabrera Benavides

Juan David García Yarce

Martín Felipe Morales Eraso

Ingeniería Ambiental
Universidad de Nariño

Introducción

El crecimiento económico y la urbanización, asociados al desarrollo de diversas actividades como la industria, los servicios, la agroindustria y el incremento de las unidades automotoras, han traído como resultado, un aumento en el consumo de combustibles fósiles; de otro lado, la práctica de actividades cotidianas incide en la generación de elevados volúmenes de contaminantes. La calidad del aire es un elemento fundamental para la salud humana y la calidad del ambiente. En un mundo en constante movimiento, la emisión de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles y fuentes fijas se ha convertido en un asunto perentorio en la gestión de la calidad del aire y, al relacionarse con las condiciones ambientales, puede dañar la salud humana, los ecosistemas y los recursos materiales.

La contaminación atmosférica, mejor conocida como contaminación del aire, es una de las principales formas por las que se puede degradar el ambiente. Se describe como la emisión al aire de sustancias peligrosas a una tasa que excede la capacidad de los procesos naturales de la atmósfera para transformarlos, precipitarlos y depositarlos o diluirlos por medio del viento y movimiento del aire (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.). Hay varias fuentes de contaminación atmosférica; una de las más importantes es causada por los automóviles, convirtiéndose en un problema significativo en muchas ciudades. Los vehículos emiten una variedad de contaminantes que contribuyen a la mala calidad del aire y pueden tener efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente; los automóviles emiten gases de escape que contienen sustancias nocivas como óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COV); estos contaminantes pueden contribuir a la formación de niebla tóxica y partículas en suspensión en el aire, que son perjudiciales para la salud respiratoria.

También están las fuentes fijas, que se refieren a instalaciones estacionarias o puntos fijos, como plantas de energía, industrias químicas, refinerías de petróleo y fábricas. Estas instalaciones emiten contaminantes atmosféricos como NO_x , SO_2 , CO y material particulado. Los contaminantes emitidos por fuentes fijas pueden dispersarse en el aire y contribuir a la mala calidad del aire en las áreas circundantes (Ubilla y Yohannessen, 2017).

El presente artículo se enfoca en un recopilado de datos para analizar fuentes de contaminación fijas y móviles presentes en el corregimiento de El Pedregal, Nariño, abarcando la medición de emisiones de material particulado, temperatura, gases de combustión y otros contaminantes. A partir de estas dos categorías de fuentes y a través de mediciones directas, se crea un inventario integral de emisiones, que es un registro detallado de las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero (GEI) que son liberados a la atmósfera por parte de diversas fuentes, tanto fijas como móviles. El objetivo principal de un inventario de emisiones atmosféricas es cuantificar y caracterizar las emisiones de contaminantes provenientes de diferentes sectores (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Metodología

La práctica experimental se realizó en el municipio de Imués, en el corregimiento El Pedregal, donde predomina el comercio, ya que es un paso opcional de los viajeros que se dirigen hacia Ipiales, Ecuador o al oeste de Nariño. Se hizo la medición de los niveles de gases CO, H₂S, O₂ para asociar posibles problemas de salud de los habitantes, utilizando diferentes muestreos a través de los siguientes equipos: anemómetro, detector de gas portátil, termocupla.

Para el modelo de dispersión de contaminantes se aplicó un modelo gaussiano, específicamente el de Pasquill-Gifford (Jiménez-Delgado et al., 2020), adaptándose para que funcione en el modelamiento de fuentes móviles. Dentro de los parámetros modificados se estableció un estimado de la suma de emisión de contaminantes, diámetro y velocidad de salida de chimenea (en este caso, los escapes de los vehículos y las chimeneas de los restaurantes) y, la altura de emisiones. Con las modificaciones establecidas se calculó el modelo de dispersión utilizando la herramienta Excel para cuatro puntos del casco urbano de El Pedregal: entrada, centro y las salidas hacia Túquerres e Ipiales. Posteriormente, para brindar una mejor visión del comportamiento de los contaminantes se utilizó la herramienta ArcGis 2.5 para graficar diferentes puntos de concentración de contaminantes y generar las isolíneas correspondientes.

El factor de emisión de los combustibles varía no solamente de acuerdo con el tipo de combustible, sino con la actividad en la que se aplique su proceso de combustión y la tecnología utilizada para tal fin. Se utilizó los factores de emisión para combustibles líquidos, sólidos y gaseosos que ha desarrollado la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

Resultados y discusión

El factor de emisión evaluado para el combustible diésel determina que todos los vehículos cumplen con la emisión permisible de 10.15kg CO₂ e/g, siendo los vehículos tipo Turbo y los buses, los que emiten mayores cantidades de GEI. La baja emisión de CO₂ se relaciona con un buen contenido de O₂ en el biocombustible; es decir, la eficiencia del proceso de combustión es buena (Lingaro y Vega, 2019). Por su parte, el factor de emisión evaluado para el combustible gasolina determina que todos los vehículos cumplen con la emisión permisible de 8.15 kg CO₂ e/g, siendo nuevamente, los vehículos tipo

Turbo y las camionetas, los que emiten mayores GEI. A pesar de que la composición de este combustible libera más cantidades de emisiones de CO₂ (Arango, 2022), se obtuvo menores niveles de emisión en comparación al diésel; es decir, la eficiencia del proceso de combustión mejoró (Lingaro y Vega, 2019).

En el análisis de correlación entre las variables, se determina que existe una fuerte relación positiva entre las emisiones de PM₁₀ y PM_{2,5}, al igual que entre el CO₂ y el O₂; esto es, son directamente proporcionales. La primera correlación positiva fuerte se genera por la fracción fina que corresponde al 26 % de las concentraciones de la fracción gruesa (Núñez, 2019); la segunda correlación fuerte se debe a la abundancia de O₂ presente al momento de la combustión; entre mayor sea el nivel de oxígeno presente, menor será la cantidad de CO₂ generada (Lingaro y Vega, 2019). No obstante, según la depuración de datos, la relación debería ser fuertemente negativa, ya que son inversamente proporcionales; esta anomalía se relaciona con la falla del equipo de medición en campo.

Las demás variables no evidenciaron una correlación, ya que mostraron valores alejados de +1 en el caso de una correlación fuertemente positiva y -1 para una relación fuertemente negativa; dichas relaciones solo tienen una potencialidad para ser positivas o negativas.

Figura 11

Correlación de variables

1	+0.890	Pm_10	Pm_2,5
2	+0.616	CO2	O2
3	+0.368	CO (ppm)	Temperatura (°C)
4	+0.294	O2	Temperatura (°C)
5	-0.273	O2	Pm_2,5
6	+0.239	O2	T°C
7	+0.207	CO2	T°C
8	-0.199	CO2	Pm_2,5
9	-0.193	O2	Pm_10
10	-0.174	CO (ppm)	CO2
11	-0.169	O2	Velocidad (km/h)
12	+0.151	Pm_10	Velocidad (km/h)
13	-0.142	CO2	Pm_10
14	-0.140	Pm_10	Temperatura (°C)
15	+0.134	Temperatura (°C)	T°C

En la normativa colombiana no hay valores permisibles de emisión de esta sustancia en la atmósfera; solo en caso de encontrarse en un lugar confinado, la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH), entidad encargada de estudiar temas de salud ocupacional y de salud ambiental, ha limitado los valores máximos permisibles en dichos lugares, para salvaguardar la integridad física de los trabajadores (Rivera et al., 2023). La liberación de esta sustancia se da por la presencia de diferentes concentraciones de azufre en los combustibles fósiles y su reacción en la presencia de oxígeno, siendo $6\text{mg}/\text{m}^3$ la cantidad de azufre presente en el gas natural de cocina, 13 ppm de azufre presente en el diésel y 45 ppm presente en la gasolina (Ecopetrol, 2022).

Se determinó que los valores más alarmantes son generados en la zona central de la principal vía de El Pedregal, donde se acumula la mayor parte de restaurantes, sitios que aportan la mayor cantidad de CO, al igual que la concentración vehicular. Dichos valores se relacionan con el desbalance proporcional de azufre y oxígeno presente en los combustibles (Páez, 2022). La recopilación de los datos de CO generados en El Pedregal da como resultado, que la fuente de mayor generación de esta sustancia son los restaurantes ubicados a lo largo de la vía principal del sector, con el producto de la quema de gas y su tiempo de vida, el cual oscila entre los 0.3 y 5 años en la atmósfera (Valencia et al., s.f.). Según la Resolución 2254 de 2017, el Índice de Calidad del Aire (ICA) del CO generado en este sector se encuentra dentro de la categoría 'Buena'; es decir, la contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud de la población.

El Decreto 1886 de 2015 en su artículo 34 establece que el % Vol de O_2 óptimo debe ser de 21 %, mientras que los valores superiores a este generan una mayor vulnerabilidad a la presencia de incendios. Los restaurantes en la vía de salida a Ipiales y el centro del sector de la vía principal de El Pedregal son los lugares de mayor nivel de concentración de contaminantes, debido a la ausencia del oxígeno suficiente. A pesar de tener %Vol adecuados, el balance de este con respecto a los niveles de contaminación es desigual, mientras que la entrada al Pedregal y la salida a Túquerres son las zonas donde los niveles de contaminación disminuyen, pero también representan una vulnerabilidad a ocasionar incendios como el que se dio hace unos meses, donde su expansión fue masiva.

La concentración de $\text{PM}_{2,5}$ en la zona central de la principal vía de El Pedregal y la salida a Ipiales según la Resolución 2254 de 2017 es buena; por ende, la contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud de las comunidades presentes en estas áreas, mientras que los valores obtenidos en la salida a Túquerres son considerados como concentraciones dañinas para la salud de grupos sensibles, cuyos niveles son debidos a la dispersión del viento en esta zona. Por último, la entrada al Pedregal presenta una concentración aceptable; esto es, la comunidad que vive en esta zona puede estar propensa a presentar síntomas respiratorios.

Conclusiones

Los datos han demostrado que las emisiones de fuentes móviles y fijas cumplen con las regulaciones ambientales; esto es un resultado positivo que indica que las medidas existentes son efectivas en la gestión de la calidad del aire en la región. La calidad del aire es un desafío en evolución; por lo tanto, la necesidad de un monitoreo continuo y la revisión periódica de las políticas y regulaciones son aspectos fundamentales en la gestión de la calidad del aire a largo plazo. En cuanto a las emisiones de CO_2 , se encontró que el camión es el vehículo que genera mayores emisiones de esta sustancia. Esto puede estar relacionado con la baja temperatura durante la toma de muestras, lo que genera una ineficiencia en el sistema de combustión. Sin embargo, todos los valores se ubican dentro de los rangos establecidos para los combustibles de diésel y gasolina en Colombia. Se puede evidenciar que la temperatura de algunas fuentes móviles es un factor crítico en la eficiencia de la combustión de vehículos. Los resultados indican que la mayoría de los vehículos no cumple con el rango de temperatura óptima, lo que puede dar como resultado una mayor emisión de dióxido de carbono (CO_2). Aunque los niveles de CO se mantienen dentro de límites aceptables, las emisiones de CO generadas por los restaurantes, especialmente a partir de la quema de gas, contribuyen a la contaminación del aire. El CO puede tener efectos perjudiciales en la calidad del aire y, por ende, en la salud del medio ambiente local. La concentración de PM_{10} en la entrada y centro del corregimiento El Pedregal, así como en la salida a Ipiales, es aceptable y puede generar síntomas respiratorios en grupos sensibles.



Referencias

- Arango, J. H. (2009). Calidad de los combustibles en Colombia. *Revista de Ingeniería [Universidad de Los Andes]*, (29), 100-108.
- Decreto 1886 de 2015. (2015, 21 de septiembre). Presidencia de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65325>
- Ecopetrol. (2022). *Calidad de combustibles*. <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/sostecnibilidad/ambiental/aire-limpio/calidad-combustibles>
- Jiménez-Delgado, A., Meneses-Ruíz, E., Roig-Rassi, A. y Hernández-Garcés, A. (2020). Metodología simplificada para estimación de concentraciones ambientales de PM10 a partir de fuentes móviles. Caso de estudio: Avenida Simón Bolívar. *Revista Cubana de Meteorología*, 26, 1-10.
- Lingaro, D. L. y Vega, K. A. (2019). *Evaluación de los factores de emisión durante el ciclo europeo NEDC en un MCIA de encendido por compresión utilizando mezclas de combustibles diésel Premium y Biodiésel, producidos por transesterificación básica y en condiciones supercríticas* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20389>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Contaminación atmosférica. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/contaminacion-atmosferica/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017, 01 de noviembre). Resolución 2254 de 2017. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-2254-de-2017.pdf>
- Núñez, Y. P. (2019). *Estimación de fuentes de material particulado atmosférico (PM10 y PM2.5) en la ciudad de Barranquilla, Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa]. <https://repositorio.cuc.edu.co/entities/publication/bf86f87d-8b06-4383-94cd-a4d7c1342e4a>
- Páez, G. (2022). *Evaluación del combustible de alimentación del caldero del laboratorio de operaciones unitarias de la Facultad de Ingeniería Química de la UG* [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/65383>
- Rivera, M., Candelo, J. y Bonilla, F. (2023). Propuesta de herramienta integrada para diagnosticar impactos ambientales y su afectación a la salud humana en dos empresas del Valle del Cauca (Colombia). *Revista CEA*, 9(20), e2492. <https://doi.org/10.22430/24223182.2492>
- Ubilla, C. y Yohannenssen, D. (2017). Contaminación atmosférica, efectos en la salud respiratoria del niño. *Revista Médica Clínica los Condes*, 28(1), 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.12.003>.
- Valencia, G. M., Anaya, J. A. y Caro-Lopera, F. J. (s.f.). Estimación de emisiones atmosféricas de CO₂, NO₂, CO, NH₃ y Black Carbon vía bottom up, generados por quema de biomasa en el norte de América del Sur. https://polipapers.upv.es/public/journals/27/15594_supp_file.pdf