



Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>

Nota Técnica | Technical Report

Estudio de calidad del aire presente en el área metropolitana y su estado respecto a los índices centroamericanos en el contorno de la Universidad de El Salvador

Study of air quality in the metropolitan area and its status with respect to Central American indices in the area of University of El Salvador

Boris Andrés Castillo-Rosales¹, Lyan Donovan Segovia-López¹, Carlos Pocasangre^{1,3}, Omar Otoniel Flores^{1,2}, Fernando Arevalo-Navas¹

Correspondencia: carlos.pocasangre@ues.edu.sv

- 1 Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador
- 2 Universidad Tecnológica de El Salvador
- 3 <https://orcid.org/0000-0002-7463-9873>

RESUMEN

El presente proyecto es una continuación de la fabricación de un medidor de calidad de aire a bajo costo. Para ello se realizaron modificaciones tales como la incorporación de GPS para recorrer diferentes áreas de San Salvador, almacenamiento de datos mediante memoria micro SD, pantalla para la interacción del usuario con los datos que se están generando en el momento, incorporación de botoneras con diferentes funciones, LED indicadores para una mejor interacción del usuario y la incorporación de nuevas variables. El medidor, actualmente, calcula valores de material particulado de 1.0 μm , 2.5 μm , 10 μm , temperatura, humedad, formaldehído, fecha, hora, latitud, longitud, altura m s. n. m., hora satelital, cantidad de satélites trackeados, dilución de posición horizontal, índice ICCA y calidad de aire 2.5 y 10 (18 variables). A esto

DOI: [10.5377/revminerva.v7i3.18911](https://doi.org/10.5377/revminerva.v7i3.18911)

Enviado: 31 de enero de 2024

Aceptado: 22 de abril de 2024

Palabras clave: calidad el aire, material particulado, emisión, inmisión, concentración, índice centroamericano, QGIS.

Keywords: Air quality; particulate matter; emission; immission; concentration; Central American index; QGIS.



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

se agregan valores de incertidumbres y tiempo de toma de muestras (25 datos en total). Los contaminantes medidos se encuentran en el aire ambiente y son el resultado de una serie de factores: la actividad del hombre o de procesos naturales, crecimiento de la población, aumento vehicular, quema agrícola y desechos sólidos, por lo que a partir de la recolección de estos datos es posible obtener un sistema de información geográfica GIS (por sus siglas en inglés) que permite presentar una nueva perspectiva a partir de la forma en que se interpreta y se socializa este tema para influir en la toma de decisiones. Este estudio se enfoca en el área de la capital de El Salvador, San Salvador, en los alrededores de la Universidad de El Salvador, debido a que es una área céntrica y muy poblada.

ABSTRACT

This project is a continuation of the fabrication of a low-cost air quality meter. For this purpose, modifications were made such as the incorporation of GPS to cover different areas of San Salvador, data storage through micro SD memory, screen for user interaction with the data being generated at the moment, incorporation of button panels with different functions, LED's indicators for better user interaction and the incorporation of new variables. The meter currently measures values of particulate matter of 1.0 μm , 2.5 μm , 10 μm , temperature, humidity, formaldehyde, date, time, latitude, longitude, height above sea level, satellite time, number of satellites tracked, horizontal position dilution, ICCA index and air quality 2.5 and 10 (18 variables). To this, uncertainty values and sampling time are added (25 data in total). The pollutants measured are found in the ambient air by human activity or natural processes, population growth, vehicular increase, agricultural burning and solid waste, so from the collection of these data it is possible to obtain a geographic information system GIS (for its acronym in English) that allows to present a new perspective from the way in which it is interpreted and understood about this issue and influence decision making. This study focuses on the area of the capital of El Salvador, San Salvador, in the area of University of El Salvador, due to this location is central and highly populated area.

INTRODUCCIÓN

La importancia del monitoreo de la calidad del aire, en los últimos años, ha ido aumentando debido al gran crecimiento de las ciudades y del parque vehicular

cada año; solo en 2023 el Registro Público de Vehículos Automotores reflejó un incremento del 8 %; esto supone un gran factor de riesgo para la población a corto y largo plazo, pues un aire contaminado es un factor de riesgo para afecciones en la salud, que van desde congestión, dificultades respiratorias hasta afecciones cardíacas graves.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha catalogado a El Salvador como uno de los países que no tiene los medios para monitorear su calidad del aire, pues solamente consta de 3 estaciones concentradas en el departamento de San Salvador, además de que estas solo monitorean una de las variables de interés de las 6 establecidas en el Índice Centroamericano de Calidad de Aire (ICCA). El alto costo de adquisición, mantenimiento y falta de personal especializado son aspectos que contribuyen a que el monitoreo de calidad del aire sea dejado de lado en la agenda pública.

Debido a estas problemáticas se han hecho múltiples esfuerzos para el monitoreo de la calidad de aire. En el año 2023 se presentó una propuesta de una estación de monitoreo de bajo costo y con gran fiabilidad en los datos, dicho trabajo mostró un buen desempeño, además de la lectura de 2 contaminantes de los 6 establecidos por el Índice Centroamericano de Calidad de Aire, el presente trabajo muestra mejoras a dicho dispositivo, entre ellas pretende que sea móvil, ya que se podrán realizar monitoreos en zonas específicas y de gran interés debido a la carga vehicular y las cantidades de transeúntes que se movilizan por esas calles.

Adaptación de nuevas funcionalidades

A comienzos del año 2023 se implementó el primer medidor de bajo costo para monitoreo de calidad del aire, contando con las siguientes características:

- Envío de datos mediante GSM a hoja de Google sheet.
- Uso de RTC (Real time clock) para la fecha y hora.
- Medición de material particulado de 1.0 μm , 2.5 μm , 10 μm , temperatura, humedad y formaldehído.
- Datos generados: material particulado de 1.0 μm , 2.5 μm , 10 μm , temperatura, humedad,

formaldehído, fecha, hora y nombre de la estación (9 variables).

A partir del mes de abril del 2023 se realizaron modificaciones con el fin de mejorar la experiencia del usuario, introduciendo cambios que incluyen: Incorporación de GPS para recorrer diferentes áreas de San Salvador, Almacenamiento de datos mediante memoria micro SD, Pantalla para la interacción del usuario con los datos que se están generando en el momento, Incorporación de botoneras con diferentes funciones y LED indicadores para una mejor interacción del usuario. Datos generados: material particulado de 1.0 μm , 2.5 μm , 10 μm , temperatura, humedad, formaldehído, fecha, hora, latitud, longitud, Altura ms. n. m., hora satelital, cantidad de satélites trackeados, dilución de posición horizontal, índice ICCA y calidad de aire 2.5 y 10 (18 variables) a estos se le añaden 7 valores más con las incertidumbres y tiempo de toma de muestras (25 datos en total).

Funcionamiento de botones e indicadores LED

El dispositivo cuenta con 3 indicadores LED, y 3 botones con diferentes funciones.

Botón Config: permite la modificación del espaciado para toma de muestras; cuando es activado se

enciende el LED rojo, para saber que nos encontramos en el bucle de configuración.

Botón (+): dentro del bucle de configuración (Config activado), permite aumentar el tiempo de toma de muestras hasta un máximo de 5 minutos, fuera del bucle de configuración nos permite omitir el tiempo de espera para una lectura de datos en caso de la corrupción de datos.

Botón (-): dentro del bucle de configuración (Config activado), permite reducir el tiempo de toma de muestras hasta un mínimo de 30 segundos, fuera del bucle de configuración nos permite visualizar en pantalla los datos de la lectura anterior: PM 1.0, PM 2.5, PM 10, latitud, longitud y altura.

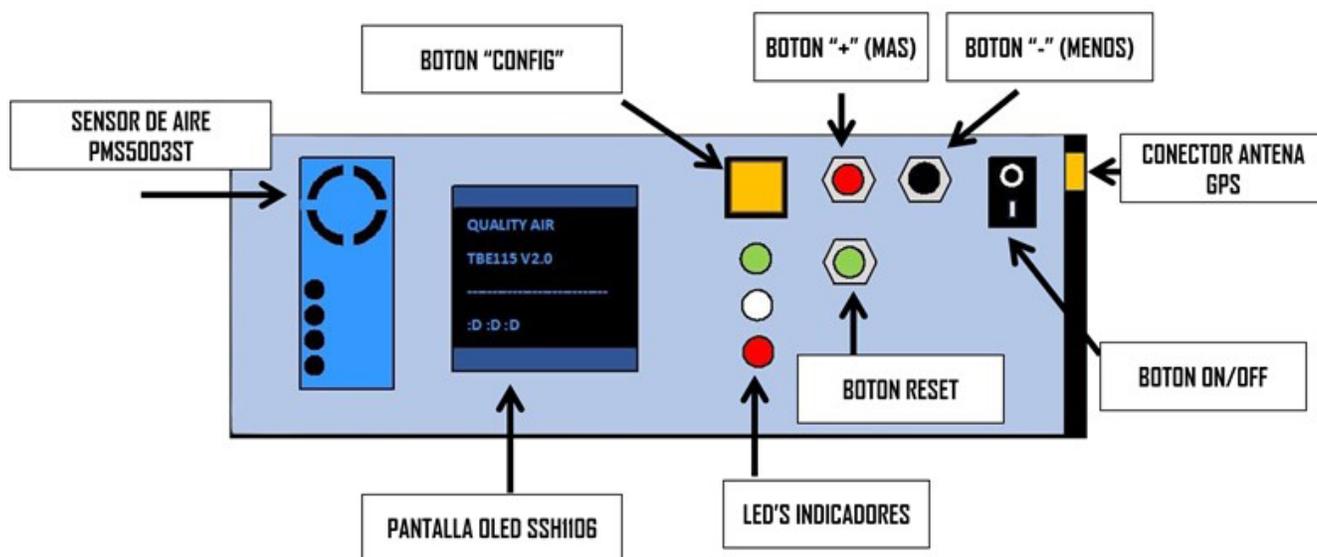
LED blanco: este indicador se enciende cada vez que se va a hacer una lectura de datos, y se apaga cuando se termina la medición.

LED verde: nos muestra el estado de recepción GPS, cuando no hay señal o el dispositivo no ha logrado determinar su posición se encontrará apagado, al tener recepción parpadeará cada segundo.

LED rojo: solo enciende cuando hemos presionado el botón config, para indicarnos que estamos en modo configuración en este bucle no se ejecutaran lecturas.

Figura 1

Botoneras de la estación móvil a bajo costo para la medición de la calidad del aire.



Área de estudio

San Salvador es la ciudad más grande y poblada de El Salvador, ubicada en el departamento de San Salvador. Esta ciudad representa el centro político, económico, cultural y social del país. Debido a que es una de las áreas urbanas más grandes y concurridas de El Salvador lo convierte en una ciudad con índices de mala calidad del aire, siento principalmente como origen, el congestionamiento vehicular.

Actualmente, el Ministerio de Medio Ambiente efectúa el monitoreo de partículas inhalables (PM_{2.5}) en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) mediante la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire (REDCA). Las estaciones se encuentran ubicadas en el Centro de Gobierno, denominada estación CGOB; otra en la Universidad Don Bosco, denominada estación UDB y otra en la actual Escuela Militar, denominada estación EM. Esta última, a la fecha, se encuentra en mantenimiento.

Recolección de datos

Haciendo uso de la estación móvil a bajo costo para la medición de la calidad del aire, se toman mediciones de las concentraciones del material particulado PM_{1.0}, PM_{2.5}, PM₁₀; formaldehído, valores de humedad y temperatura en diferentes áreas del municipio de San Salvador en horas de la mañana. Los días y la hora en que se realizaron las mediciones de la calidad del aire se muestran en la Tabla 1.

Índice Centroamericano de Calidad del Aire

Para la interpretación de las concentraciones del material particulado se hace uso de la guía de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo con el título de *Calidad del aire ambiental, inmisiones atmosféricas*. Dentro de ella se encuentran los valores de los índices de calidad del aire, donde se rige en un rango de 0 a 500 divididas en 6 segmentos, siendo el valor mínimo el que nos indica un valor de pureza alto mientras que el valor más alto indica un preocupante nivel de contaminación atmosférica y por lo tanto un peligro en la salud (Tabla 2).

Las concentraciones de material particulado PM_{2.5} y PM₁₀ se transforma a valores del ICCA mediante

Tabla 1

Día y hora de toma de datos.

Día	Hora
11/8/2023	6:31:27 a. m. - 8:04:32 a. m.
14/8/2023	6:22:49 a. m. - 8:41:31 a. m.
15/8/2023	6:14:54 a. m. - 8:40:16 a. m.
17/8/2023	6:06:03 a. m. - 8:47:03 a. m.
18/8/2023	6:10:30 a. m. - 8:16:31 a. m.
5/10/2023	6:52:02 a. m. - 8:41:26 a. m.
6/10/2023	7:00:01 a. m. - 8:33:02 a. m.
10/10/2023	6:05:01 a. m. - 7:29:37 a. m.
11/10/2023	7:35:50 a. m. - 8:56:12 a. m.
12/10/2023	6:10:11 a. m. - 7:53:33 a. m.
16/10/2023	8:15:33 a. m. - 9:12:44 a. m.
17/10/2023	7:21:30 a. m. - 8:17:19 a. m.
18/10/2023	6:57:17 a. m. - 7:50:45 a. m.
19/10/2023	6:51:22 a. m. - 7:57:32 a. m.
20/10/2023	5:51:15 a. m. - 6:58:25 a. m.

Nota. A partir de datos de ICCA (2019).

la Ecuación 1, de tal manera que sea más fácil de comprender e identificar rápidamente su conexión con el riesgo de afectación a la salud por la contaminación atmosférica de material particulado.

$$ICCA = \frac{ICCA_{Hi} - ICCA_{Lo}}{PM_{Hi} - PM_{Lo}} * (PM_X - PM_{Lo}) + ICCA_{Lo} \quad (1)$$

Donde:

ICCA: índice del contaminante X

PM_X: concentración obtenida de la medición del contaminante X

PM_{Hi}: límite del segmento del valor de concentración mayor o igual a X

PM_{Lo}: límite del segmento del valor de concentración menor o igual a X

ICCA_{Hi}: límite superior del segmento de valores ICCA correspondiente al X

ICCA_{Lo}: límite inferior del segmento de valores ICCA correspondiente al X

Para una concentración de 54.8 µg/m³ (PM_{2.5}), el

Tabla 2

Índice Centroamericano de Calidad del Aire

ICCA	Calidad del aire	Efectos
0-50	Buena	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
51-100	Satisfactoria	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
101-150	No satisfactoria	Los niños y adultos activos, y personas con enfermedades respiratorias tales como el asma, deben evitar los esfuerzos físicos excesivos y prolongados al aire libre.
151-200	Dañina para la salud	La gente con las enfermedades respiratorias tal como asma, debe evitar el esfuerzo al aire libre; todos los demás, especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
201-300	Muy Dañina para la salud	La gente con las enfermedades respiratorias tal como asma, debe evitar todo el esfuerzo al aire libre; especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
300-500	Peligroso	Todos deben evitar el esfuerzo al aire libre; gente con enfermedad respiratoria tal como asma, debe permanecer dentro.

rango de concentración se encuentra entre 40.5-65, por lo cual los valores del Índice Centroamericano de la Calidad del Aire (ICCA) se encuentran entre 101-150.

Al sustituir los valores en (1), se obtienen los resultados siguientes:

$$ICCA = \frac{150 - 101}{65.4 - 40.5} * (54.8 - 40.5) + 101$$

$$ICCA = 129.14$$

El valor obtenido de 129.14 corresponde al grupo de NO SALUDABLE PARA GRUPOS SENSIBLES. Esto nos indica que, para los niños, personas con enfermedades respiratorias, adultos que realizan ejercicio y actividad física, deben de evitar largos tiempos al aire libre. Para el público general no representa ningún efecto, según lo representado en la Tabla 3.

Procesamiento de datos obtenidos con el medidor

La parte de procesar datos desempeña un papel crucial en la transformación de datos crudos en información valiosa y utilizable, logrando obtener

información más clara y detallada, lo que facilita la toma de decisiones.

La primera herramienta que nos ayuda a procesar los datos obtenidos con el medidor es el software gratuito QGIS que proporciona herramientas como Heatmap que permite visualizar la densidad espacial de un conjunto de puntos mediante la creación de un mapa de calor (Figura 2). Gracias a ello visualizamos la calidad del aire de los principales contaminantes (PM2.5 y PM10), ya que se poseen todos los puntos

Tabla 3

Rango de concentraciones a partir de los valores ICCA.

ICCA	Calidad del aire Material particulado (PM)	Rango a partir de su concentración	
		PM _{2,5}	PM ₁₀
0-50	Bueno	0-15.3	0-54
51-100	Moderar	15.4-40.4	55-154
101-150	No saludable para grupos sensibles	40.5-65	155-254
151-200	Insalubre	66-159	255-354
201-300	Muy poco saludable	160-250	355-424
301-500	Peligroso	251-500	425-604

Nota. A partir de datos de ICCA (2019).

recolectados y así asignar el grado de contaminación con respecto al Índice Centroamericano de Calidad del Aire.

La segunda herramienta, desempeña un papel crucial es la elaboración de gráficas interactivas utilizando LookerStudio que permite convertir los datos en informes y dashboard claros totalmente personalizados. A partir de menús desplegables podemos consultar el estado de la calidad del aire de una fecha de interés (Figura 3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las mediciones realizadas, la gráfica de la Figura 4 muestran los valores máximos de la calidad del aire del material particulado PM2.5 y PM10. Se visualiza valores máximos el día 5 de octubre del 2023 a las 7:32:59 a. m.

Durante el lapso de las 6:52:02 a. m. hasta 8:41:26 a. m. de ese mismo día, los valores promedios de la calidad del aire para PM2.5 y PM10 son de 159.57 (Figura 5) y 75.18 (Figura 6) respectivamente. El valor obtenido del material particulado PM2.5 nos indica que el estado de la calidad del aire se encontraba en el segmento “Dañina para la salud” lo que implicaba que para aquellas personas que padecen de enfermedades respiratorias debían de evitar realizar esfuerzos al aire libre y adultos que realizan ejercicio o actividades físicas al aire libre debían de evitar tiempos prolongados. En el caso del material particulado PM10, el valor nos indicaba una calidad del aire en el segmento de “satisfactoria” lo que significaba que no se esperaban problemas en la salud.

Si observamos con detalle y haciendo uso de la herramienta de Street View dentro del dashboard

Figura 2

Presentación de mapas 2D y 3D utilizando QGIS.

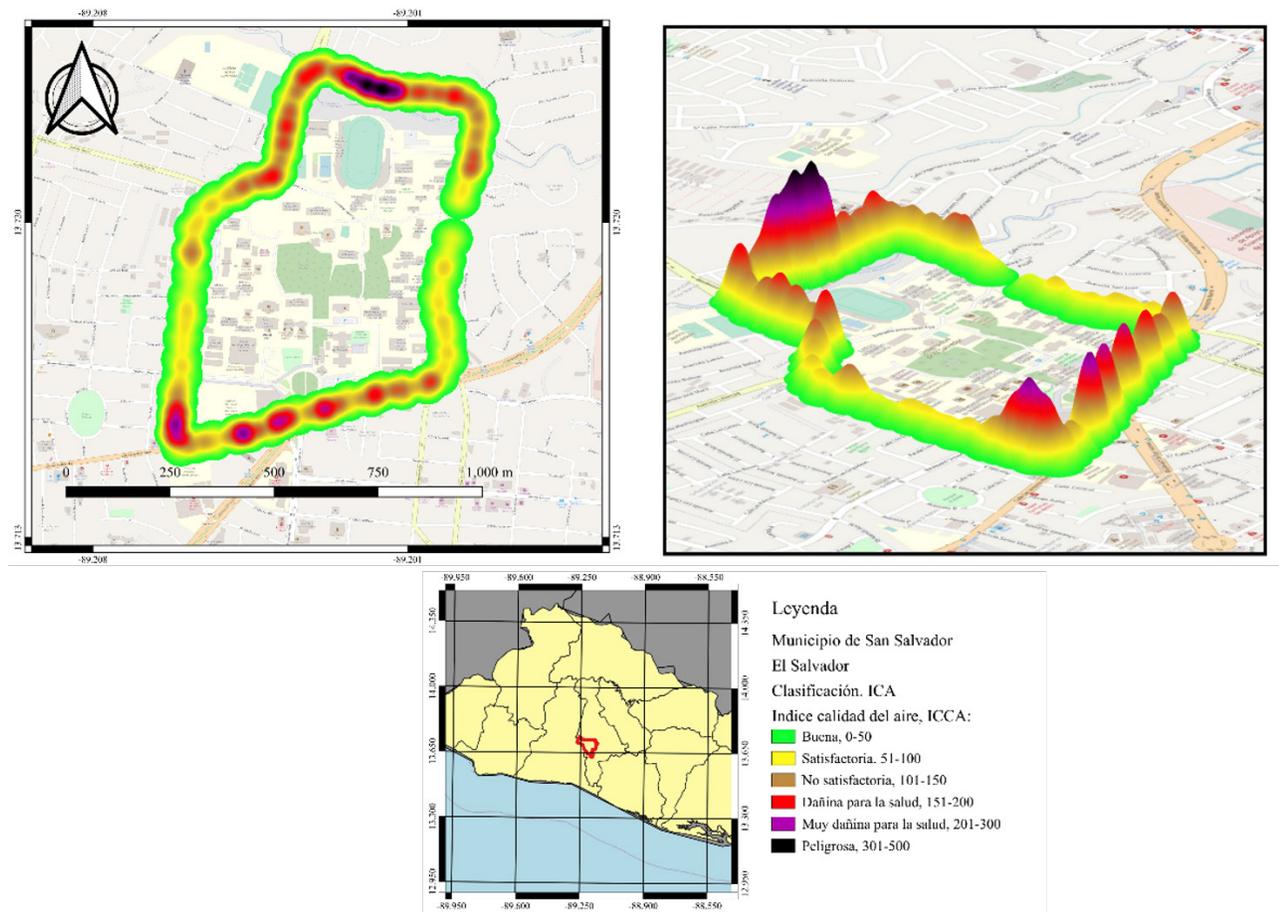


Figura 3

Dashboard de la calidad del aire en San Salvador para material particulado PM2.5 del día 20/10/2023 (UES, 2023)

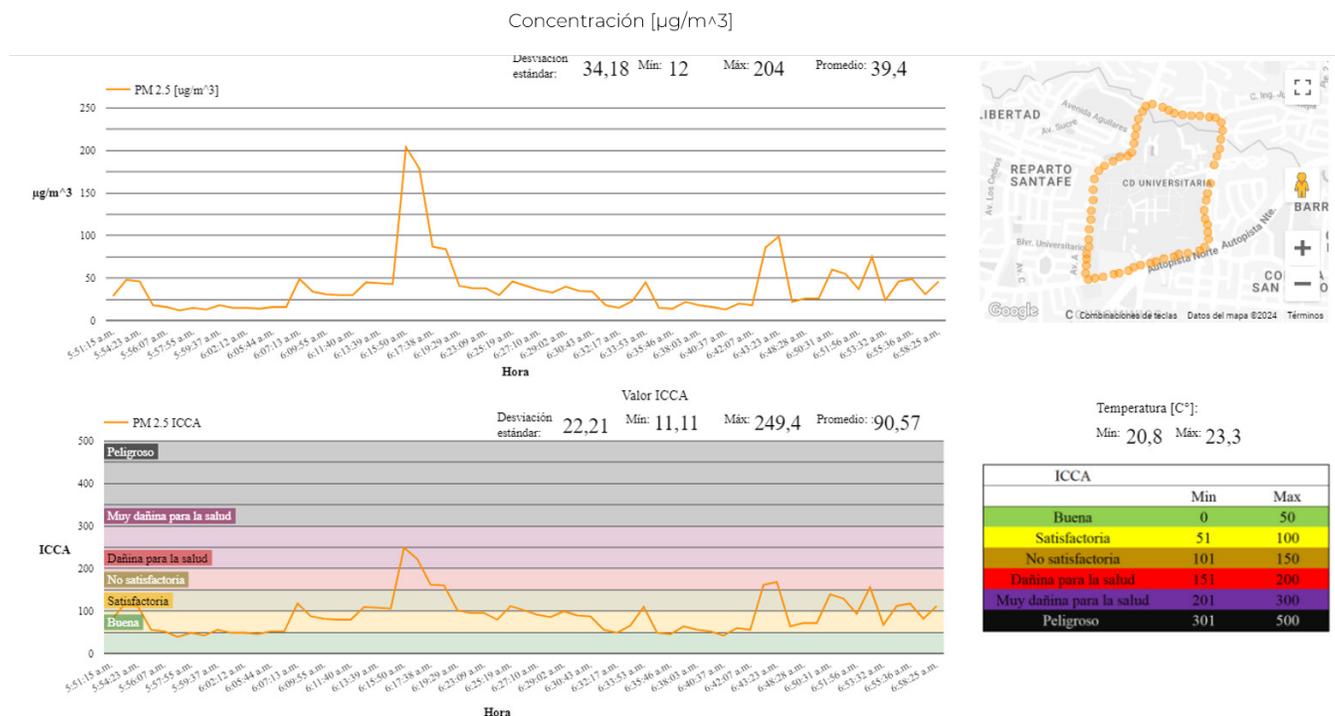
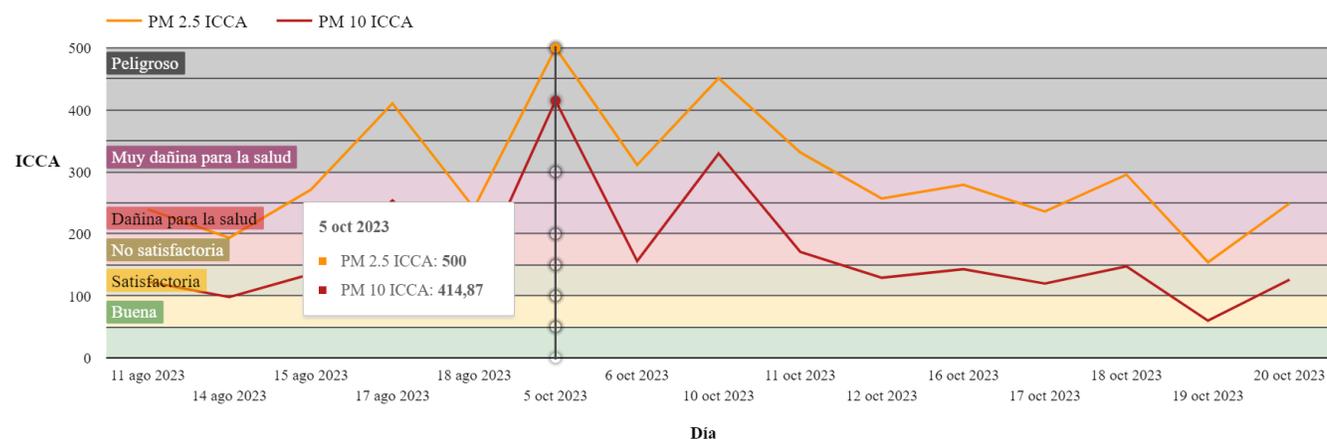


Figura 4

Valores máximos de calidad del aire para PM2.5 y PM10.



de la calidad del aire en San Salvador, el valor máximo proviene de la medición tomada sobre la 1ª Calle Pte. En esta calle siempre se encuentra congestionamiento de automóviles lo que significa una fuente significativa de contaminación atmosférica (Figuras 7 y 8). Los automóviles emiten gases contaminantes, como el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno y partículas finas, que pueden

tener efectos adversos en la salud respiratoria.

A largo plazo, la inmisión de este contaminante puede llegar a ocasionar problemas respiratorios crónicos, enfermedades cardiovasculares ya que las partículas finas pueden ingresar al torrente sanguíneo a través de los pulmones, afectación del desarrollo pulmonar en niños debido a que aún están en desarrollo,

Figura 5

Valores promedios de calidad del aire para PM2.5

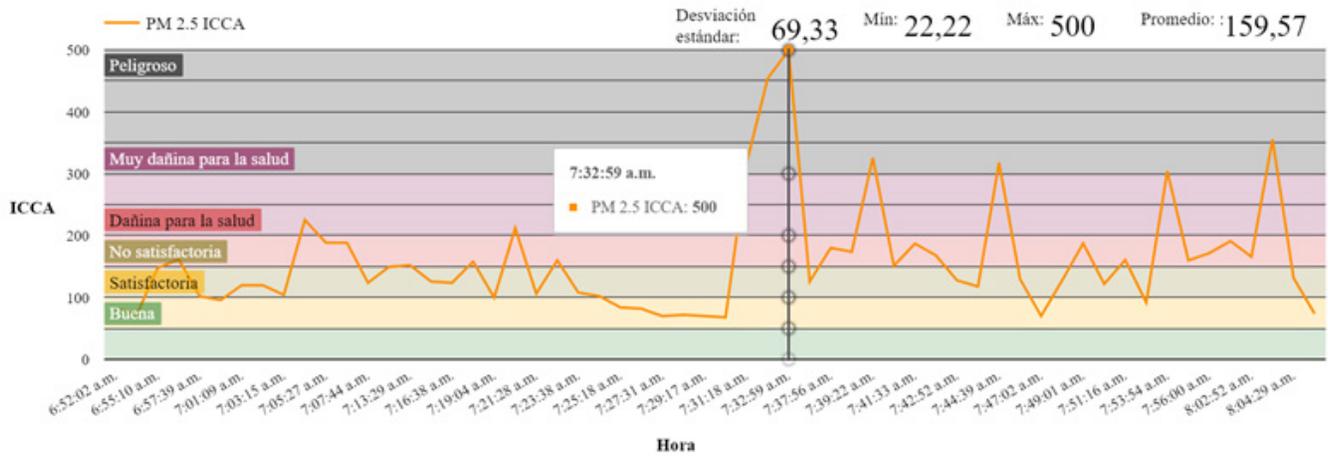


Figura 6

Valores promedios de calidad del aire para PM10

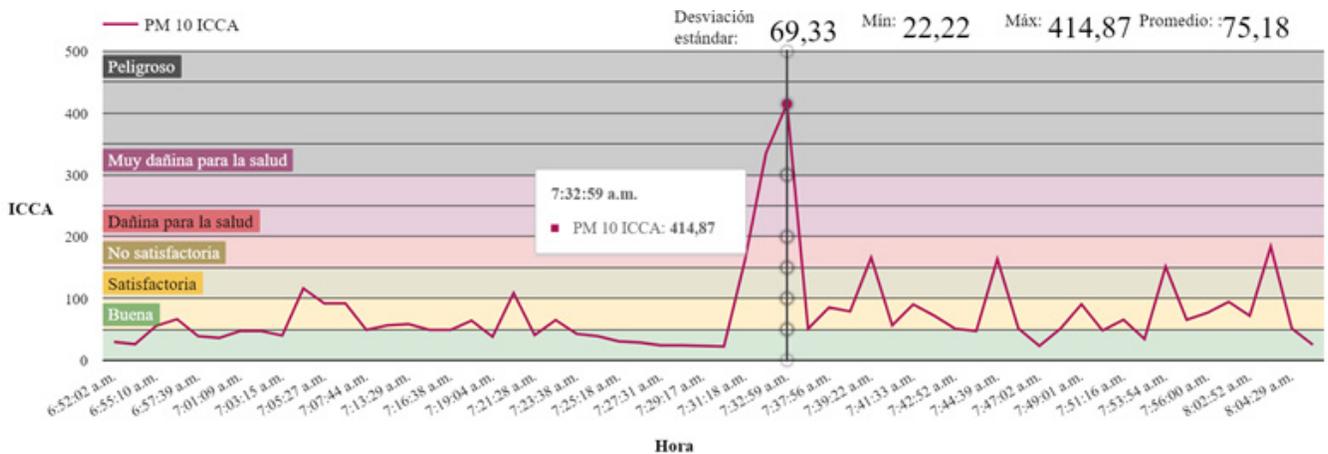


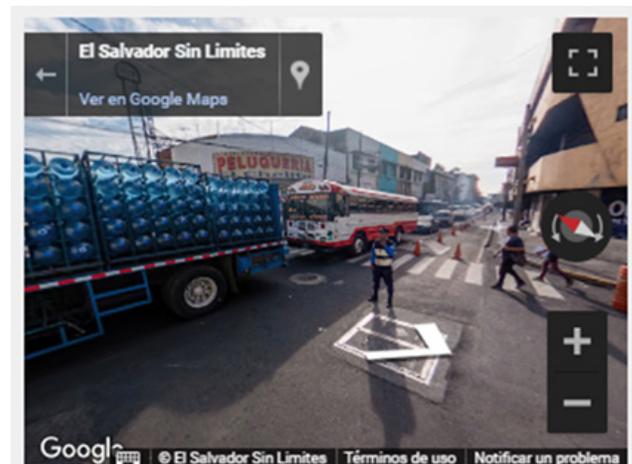
Figura 7

Foco de emisión del valor máximo de la calidad del aire tanto para PM2.5 y PM10 del día 5 de octubre 2023.



Figura 8.

Google Street View del foco de emisión



impacto en el sistema inmunológico causando la incapacidad para que el cuerpo pueda protegerse de infecciones y enfermedades, efectos adversos en la salud cerebral como el deterioro cognitivo. Además de los efectos en la salud humana, las partículas finas también pueden tener impactos negativos en el medioambiente contribuyendo a la acidificación del suelo y del agua, dañar la vegetación y afectar a los ecosistemas acuáticos.

Conocer el estado de la calidad del aire permite proteger la salud humana, prevenir enfermedades, tomar decisiones informadas sobre políticas ambientales y reducir el impacto negativo en el medioambiente.

CONCLUSIONES

Durante el periodo de mediciones que comprende desde el día 11 de agosto del 2023 hasta el 20 de octubre del mismo año, el día con mayor valor ICCA se presenta el 5 de octubre en las horas de la mañana (7:33a. m.) sobre la 1ª Calle Pte. El promedio diario del material particulado PM2.5 se obtuvo un estado de calidad del aire DAÑINA PARA LA SALUD con un valor de concentración de 100.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que corresponde a un valor ICCA de 159.57. El promedio diario del material particulado PM10 obtuvo un estado de calidad del aire SATISFACTORIA con un valor de concentración de 102.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que corresponde a un valor ICCA de 75.18. No obstante, se tiene que mencionar que para ese día el valor de concentración máximo fue de 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM2.5 y 527 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 lo que a largo plazo daña la salud del ser humano. Ya que el punto de lectura se encuentra sobre una calle principal podemos decir que el foco de emisión es generado por los gases de escape de vehículos a motor, especialmente aquellos que funcionan con combustibles fósiles como la gasolina y el diésel.

Las mediciones realizadas alrededor de la Universidad Nacional de El Salvador en las horas de la mañana (7:40 a. m.) muestran que la Circunvalación Universitaria posee uno de los puntos con mayor valor de concentración de PM2.5. Esto indica que el aire que respiramos es muy dañino para la salud logrando obtener una lectura de concentración

máxima de 246 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lo que corresponde a un valor ICCA de 295.6. El resultado nos indica que a largo plazo pueden presentarse síntomas como dificultad para respirar, desarrollo o aumento de problemas respiratorios como el asma y la bronquitis, problemas en el corazón, entre otros.

La mala calidad del aire y la presencia de material particulado son factores críticos que impactan la salud humana y el medioambiente, por lo cual requieren de atención y acciones coordinadas a nivel local, nacional e internacional. Altos niveles de material particulado en el aire, especialmente partículas finas (PM2.5), están asociados con una serie de problemas de salud, incluyendo enfermedades respiratorias, cardiovasculares y problemas en el sistema nervioso. La calidad del aire deficiente puede agravar condiciones preexistentes y afectar la calidad de vida.

La implementación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire es fundamental para comprender la magnitud del problema y tomar medidas correctivas. La concientización a la población sobre los peligros que acarrea la contaminación del aire es clave para promover cambios en el comportamiento y en las políticas. Compartir información, tecnologías y mejores prácticas puede ayudar a abordar los problemas de calidad del aire de manera más efectiva.

Como reflexión, este estudio científico proporciona una base sólida para futuras investigaciones en el campo de la calidad del aire en el Área Metropolitana de San Salvador. Las áreas en las que se pueden direccionar investigaciones adicionales y que podrían contribuir a la comprensión del problema y apoyar la implementación de medidas efectivas para mejorar la calidad del aire y proteger la salud humana podrían ser las siguientes: investigación en salud pública, identificación de fuentes de emisión, evaluación de estrategias de mitigación, monitoreo continuo de la calidad del aire, evaluación de políticas y regulaciones, etc. También, para aumentar la confianza en los resultados, se podría considerar para futura implementación lo siguiente:

1. Calibración, validación cruzada y verificación del dispositivo de medición ya que se trata de un diseño

y desarrollo local. Esto implica que antes de su uso se deberían comparar las lecturas del dispositivo con mediciones de referencia o equipos de medición confiables. 2. Control de calidad interno: implementa un protocolo de control de calidad interno para verificar la precisión y la estabilidad del dispositivo de medición. Esto puede incluir mediciones de control periódicas utilizando estándares conocidos o simulaciones de condiciones de referencia. 3. Evaluación de la incertidumbre: podría tratar de estimar y documentar la incertidumbre asociada con las mediciones realizadas por este dispositivo. Esto implica identificar y cuantificar los posibles errores o variaciones en las mediciones, considerando factores como la precisión del dispositivo y las condiciones ambientales.

REFERENCIAS

- Castillo, E. (2015). La contaminación del aire ocasionada por el transporte público en la ciudad de San Salvador. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Chávez, F., & Salamanca, L. (2007). Gestión ambiental pública: Historia, estado y desafíos. 62(701-702), 263-280: <https://doi.org/10.51378/eca.v62i701-702.5014>
- EPA. (2023). Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Flores, O. (2019). Sistema telemático de monitoreo de calidad del aire en zonas remotas, utilizando técnicas IoT y big data. San Salvador: Universidad Tecnológica de El Salvador.
- ICCA. (2019). MARN. Obtenido de Comisión centroamericana de ambiente y desarrollo: https://appsdec.marn.gob.sv/docs/1.1.4a%20CCAD_Guia%20para%20Calidad%20Del%20Aire%20Ambiental_Inmisiones%20Atmosfericas.pdf
- López, R. (2023). Monitoreo de calidad de aire ambiental en marco de prevención de riesgos laborales dentro del campus central de la universidad de el salvador. San Salvador: Universidad Nacional de El Salvador.
- MARN. (2018). Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental. El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MINSAL. (2017). Emisiones atmosféricas por fuentes fijas. El Salvador: Ministerio de salud.
- Nevers, N. (1998). Ingeniería de control de la contaminación del aire. México: McGRAW-HILL.
- NODAL. (2016). OMS: San Salvador es la tercera capital de la región que tiene el aire más contaminado. Obtenido de <https://www.nodal.am/2016/05/el-salvador-entre-la-contaminacion-del-aire-enfermedades-y-buses-viejos/>
- SNET. (2023). Ministerio de Medio Ambiente. Obtenido de <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/monitoreo/calidad+del+aire/>
- UES, B. L. (Diciembre de 2023). *Dashboard*. Obtenido de Calidad del aire en AMSS: https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/8cf46dd6-eadc-4836-9967-0cf66a96fb25/page/p_367t34dzad
- Zambrano, O. (2016). Caracterización de material particulado, plomo y arsénico para la evaluación de la calidad del aire en el distrito de islaymatarani. Arequipa-Perú: Universidad Nacional de San Agustín.