UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ANALISIS COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE CALIDAD DEL AIRE POR MONOXIDO DE CARBONO (CO) Y MATERIAL PARTICULADO (PM10) EN ZONAS COMERCIALES DE PUCALLPA (CALLERÍA) Y PUERTO CALLAO (YARINACOCHA)-2023

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO DE AMBIENTAL

LUHANA PAULA, MALPARTIDA REYES

Pucallpa, Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONALA DE INGENIERIA AMBIENTAL
COMISION DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 190-2024-CGT-FCFYA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 10:10 am del día 23 de Agosto del 2024, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, estando designados con Memo Múltiple N° 0036-2024-UNU-FCFYA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

- Dr. Grober Panduro Pisco — Presidente
- Mg. Jenny Paola Zeña Rubio — Miembro
- Mg. Gladys Elena Rojas Gutiérrez — Miembro

Se procede a la evaluación de la tesis sustentada denominada **"ANALISIS COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE CALIDAD DEL AIRE POR MONOXIDO DE CARBONO (CO) Y MATERIAL PARTICULADO (PM10) EN ZONAS COMERCIALES DE PUCALLPA (CALLERIA) Y PUERTO CALLAO (YARINACOCHA) – 2023"**, presentado por la Bachiller **LUHANA PAULA MALPARTIDA REYES**, asesorada por el **M.SC. TEDY TUESTA TORREJON**. Habiendo finalizado la sustentación, se procede a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, las que fueron absueltas por la sustentante. En consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD** y recomendando su publicación, quedando expedido para el otorgamiento del **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**. Siendo las 11:00 am del mismo día, se da por culminado el acto académico firmado por los miembros del jurado en señal de conformidad.

Dr. Grober Panduro Pisco

Mg. Jenny Paola Zeña Rubio

Mg. Gladys Elena Rojas Gutiérrez

ACTA DE APROBACIÓN

La tesis fue aprobada por un Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Titulo de Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Grober Panduro Pisco

Presidente

Mg. Jenny Paola Zeña Rubio

Miembro

Mg. Gladys Elena Rojas Gutiérrez

Miembro

M.SC. Tedy Tuesta Torrejon

Asesor

Bach. Luhana Paula Malpartida Reyes

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/0068-2024.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"ANALISIS COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE CALIDAD DEL AIRE POR MONÓXIDO DE CARBONO (CO) Y MATERIAL PARTICULADO (PM10) EN ZONAS COMERCIALES DE PUCALLPA (CALLERÍA) Y PUERTO CALLAO (YARINACOCHA)-2023"

Autor(es)	:	**MALPARTIDA REYES, LUHANA PAULA**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**M.Sc. TUESTA TORREJON, TEDY**

Presenta un **porcentaje de similitud de 3%**, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO.

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 12/02/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Luhana Paula Malpartida Reyes

Autor de la tesis titulada : "Analisis Comparativo de los Niveles de Calidad del aire por monoxido de Carbono (CO) y Material Particulada (Pm10) en zonas comerciales de Pucallpa (Calleria) y Puerto Callao (Yarinacocha) - 2023"

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Msc. Tedy Tuesta Torrejon

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingenieria Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 23 / 08 / 2024

Email: luhanapmr@gmail.com Firma:

Teléfono: 944493177 DNI: 73494538

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A mis queridos padres: Héctor y Luisa,

ejemplo de superación y vida.

A mi hermano Thiago Mathias,

por siempre juntos.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la sabiduría a lo largo de estos años de estudios universitarios.

A mis padres Héctor y Luisa, por su motivación y apoyo incondicional.

A mi asesor, Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón, por su tiempo, paciencia y aportes en el desarrollo de la tesis.

A mis amigos que también contribuyeron con esa energía positiva para seguir adelante en la ejecución y culminación de la tesis, sin su ayuda espiritual no hubiera sido posible lograrlo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE GENERAL viii

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xii

RESUMEN xiii

ABSTRACT xv

INTRODUCCIÓN xvii

CAPÍTULO I 20

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 20

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 23

1.1.1. Problema general 23

1.1.2. Problemas específicos 23

1.2. OBJETIVOS 23

1.2.1. Objetivo general 23

1.2.2. Objetivos específicos 24

CAPÍTULO II 25

MARCO TEÓRICO 25

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 25

2.1.1. Antecedentes Internacionales 25

2.1.2. Antecedentes Nacionales 28

2.1.3. Antecedentes Locales 30

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA 32

2.2.1. Aire 32

2.2.2. Calidad de aire 32

2.2.3. Concentración de contaminantes en el aire 33

2.2.4. Material Particulado 33

2.3. BASE LEGAL 38

2.3.1. Institucionalidad en materia ambiental 38

2.3.2. Normativa de la Calidad Ambiental del Aire 38

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 40

CAPÍTULO III 43

METODOLOGÍA 43
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 43
3.1.1. Método de investigación 43
3.1.2. Enfoque 43
3.1.3. Nivel 43
3.1.4. Diseño de Investigación 44
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 44
3.2.1. Población 44
3.2.2. Muestra 44
3.3. VARIABLES 45
3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 45
3.4.1. Formatos de Recopilación de Datos 45
3.4.2. Materiales y Equipos 46
3.4.2.1. Materiales. 46
3.4.2.2. Equipos. 46
3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 47
3.6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS 50
3.6.1. Análisis de correlación 51
3.6.2. Análisis de regresión lineal 51
CAPÍTULO IV 53
RESULTADOS Y DISCUSION 53
4.1. Concentración de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM_{10}) en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha. 53
4.2. Índices de calidad del aire (INCA) por CO y PM10 en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha. 56
4.2.1. Calidad del aire por concentración de monóxido de carbono (CO) 56
4.2.3. Calidad del aire por concentración de material particulado-PM10. 60
4.3. Tránsito vehicular en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha 64
4.4. Relación de flujo vehicular versus índice de calidad del aire por CO. 66
4.4.1. Análisis de correlación de INCA CO en horario mañana 66
4.5. Relación de flujo vehicular versus índice de calidad del aire por material particulado (PM_{10}) 74
4.5.1. Análisis de correlación de INCA por PM_{10} en horario mañana 74
4.5.2. Análisis de correlación de INCA por PM_{10} en horario mediodía 76

CAPÍTULO V **82**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **82**

5.1. CONCLUSIONES **82**

5.2. RECOMENDACIONES **84**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICASB **86**

ANEXOS **93**

Anexo 1. Formatos de evaluación **94**

Anexo 2. Puntos de muestreo seleccionados. **96**

Anexo 3. Concentración de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10), en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha. **98**

Anexo 4. Niveles de índices de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10). **99**

Anexo 5. Flujo vehicular en las zonas de comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha. **100**

Anexo 6. Tránsito vehicular en los distritos estudiados. **102**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores del índice de calidad del aire 32
Tabla 2. Estándares de Calidad Ambiental (PM_{10} y CO) 37
Tabla 3. Estándares de Calidad Ambiental para material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y monóxido de carbono (CO).....39
Tabla 4. Número total de muestras. 45
Tabla 5. Puntos de muestreo de flujo vehicular e índice de calidad del aire 47
Tabla 6. Índice de Calidad del Aire para PM10 50
Tabla 7. Índice de Calidad del Aire para CO.....50
Tabla 8. Análisis de varianza del INCA de monóxido de carbono del distrito de Callería. .73
Tabla 9. Análisis de varianza del INCA de monóxido de carbono del distrito de Yarinacocha. 74
Tabla 10. Análisis de varianza del INCA PM10 del distrito de Callería 80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Coeficiente de correlación “r” de Pearson 51
Figura 2. Comparación de CO en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha.....54
Figura 3. Comparación de material particulado en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha 56
Figura 4. Calidad del aire por concentración de monóxido de carbono-CO. 58
Figura 5. Calidad del aire por concentración máxima de monóxido de carbono-CO.....60
Figura 6. Calidad del aire por concentración de material particulado-PM10.....62
Figura 7. Calidad del aire por concentración máxima de material particulado (PM10) en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha. 63
Figura 8. Número de vehículos promedio, según puntos de muestreo. 65
Figura 9. Número de vehículos por horario y distrito.....66
Figura 10. Correlación entre flujo vehicular e INCA por CO en horario mañana.....68
Figura 11. Correlación de flujo vehicular versus INCA por CO en horario de medio día. ..69
Figura 12. Correlación de flujo vehicular versus INCA por CO en horario tarde. 71
Figura 13. Flujo vehicular versus calidad del aire por PM_{10} Horario Mañana 76
Figura 14. Flujo vehicular versus calidad del aire por PM_{10} Horario mediodía. 77
Figura 15. Flujo vehicular versus calidad del aire por PM_{10}, Horario tarde. 78

RESUMEN

Actualmente la contaminación atmosférica representa uno de los conflictos ambientales más graves a escala mundial. Está demostrado que la contaminación atmosférica causa daños a la salud de los ciudadanos y al medio ambiente (OMS, 2016). El trabajo de investigación tiene como objetivo comparar los niveles de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha. El diseño de la investigación fue de tipo descriptivo, no experimental y con enfoque cuantitativo; la muestra fue de tipo no probabilístico e intencional, siendo los lugares de muestreo 8 intersecciones de avenidas y/o calles comerciales principales, 15 repeticiones, con un total de 120 muestras. Para el procesamiento de datos se utilizó el programa Excel 2019 y el complemento de “Análisis de datos”, realizando el análisis de regresión lineal con el fin de determinar la correlación entre datos obtenidos de flujo vehicular versus calidad del aire por monóxido de carbono y material particulado. Los resultados del INCA por CO del distrito Callería, tiene un promedio de 39.2 $\mu g/m^3$, siendo el Centro de Pucallpa (Punto 1) donde se registró el mayor valor (47.2 $\mu g/m^3$). En Yarinacocha el promedio fue de 36.4 $\mu g/m^3$, y Miraflores (Punto 5) es el lugar donde se registró mayor INCA (42.7 $\mu g/m^3$), indicando que la calidad del aire es “BUENA”. El promedio de INCA por PM_{10} en Callería fue de 78.4 $\mu g/m^3$, siendo el Centro de Pucallpa (Punto 1), donde se registró mayor valor (106 $\mu g/m^3$) y el menor valor INCA fue registrado en el punto 2 de Inmaculada (60.2 $\mu g/m^3$). En Yarinacocha el promedio INCA PM10 fue de 49.0 $\mu g/m^3$, siendo Miraflores (punto 5) donde se registró mayor INCA (43 $\mu g/m^3$) y el menor valor fue registrado en el

punto 7 de Palmeras (27 µg/m^3); concluyendo que en todos puntos evaluados la calidad del aire es “BUENA”, excepto del Centro de Pucallpa, donde la calidad del aire es “MALA”. Según análisis de regresión y análisis de varianza, el flujo vehicular tiene influencia sobre el índice de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10); indicando que los lugares donde existe mayor flujo vehicular existe mayor índice de calidad del aire por CO y PM10 y viceversa. En consecuencia, cuando el flujo vehicular aumenta, la calidad del aire disminuye.

Palabras clave: Material particulado, Monóxido de carbono, Calidad ambiental del aire, Contaminación del aire, Estándares de calidad ambiental del aire.

ABSTRACT

Currently, air pollution represents one of the most serious environmental conflicts on a global scale. It has been proven that air pollution causes damage to the health of citizens and the environment (WHO, 2016). The objective of the research work is to compare the levels of air quality due to carbon monoxide (CO) and particulate matter (PM10) in commercial areas of the districts of Callería and Yarinacocha. The research design was descriptive, non-experimental and with a quantitative approach; The sample was non-probabilistic and intentional, with the sampling locations being 8 intersections of avenues and/or main shopping streets, 15 repetitions, with a total of 120 samples. For data processing, the Excel 2019 program and the “Data Analysis” add-on were used, performing linear regression analysis in order to determine the correlation between data obtained from vehicle flow versus air quality due to carbon monoxide and material. particulate. The INCA results for CO in the Callería district have an average of 39.2 µg/m3, with the Pucallpa Center (Point 1) being where the highest value was recorded (47.2 µg/m3). In Yarinacocha the average was 36.4 µg/m3, and Miraflores (Point 5) is the place where the highest INCA was recorded (42.7 µg/m3), indicating that the air quality is “GOOD”. The average INCA for PM10 in Callería was 78.4 µg/m3, with the Center of Pucallpa (Point 1) being where the highest value was recorded (106 µg/m3) and the lowest INCA value was recorded in point 2 of Inmaculada (60.2 µg/m3). In Yarinacocha the average INCA PM10 was 49.0 µg/m3, with Miraflores (point 5) being where the highest INCA was recorded (43 µg/m3) and the lowest value was recorded in point 7 of Palmeras (27 µg/m3); concluding that at all evaluated points the air quality is “GOOD”, except for the Center of Pucallpa, where the air quality is

“BAD”. According to regression analysis and analysis of variance, vehicle flow has an influence on the air quality index for carbon monoxide (CO) and particulate matter (PM10); indicating that places where there is greater vehicular flow there is a higher air quality index due to CO and PM10 and vice versa. Consequently, when traffic flow increases, air quality decreases.

Keywords: Particulate matter, Carbon monoxide, Environmental air quality, Air pollution, Environmental air quality standards.

INTRODUCCIÓN

La calidad del aire es un factor fundamental para la salud humana y el medio ambiente. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la exposición a niveles elevados de CO y PM puede causar una serie de problemas de salud, incluyendo: problemas respiratorios, problemas cardiovasculares y cáncer de pulmón. La contaminación del aire por CO y PM es un problema global. Según la OMS, en 2019, la contaminación del aire exterior fue responsable de 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo.

Las ciudades son las principales fuentes de contaminación del aire. El transporte vehicular, la industria y la generación de energía son las principales fuentes de emisiones de contaminantes del aire en las ciudades. Según la OMS, el 92% de la población mundial vive en lugares donde los niveles de contaminación del aire superan las directrices de la OMS.

El monóxido de carbono (CO) y el material particulado PM10 son dos de los contaminantes del aire más comunes en las zonas urbanas. El CO es un gas incoloro e inodoro que se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles. El PM10 es una mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran en el aire.

A nivel nacional la calidad de aire se ha visto reducida en parte por las emisiones emitidas por el flujo vehicular, como se informa en los inventarios de emisiones publicados por la Dirección General de Salud Ambiental (MINAM, 2019).

El problema ambiental radica en que altas concentraciones se relacionan directamente con afluencia vehicular, donde tales concentraciones ocasionan daños y perjuicios a la salud de las personas a corto y largo plazo.

Según el informe World Air Quality Report 2022 de IQAir, la concentración media de CO en Lima, la capital de Perú, fue de 10,9 partes por millón (ppm) en 2022. Este nivel supera el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que es de 9 ppm. Mientras que, la concentración media de PM2.5 en Lima fue de 25,8 microgramos por metro cúbico (µg/m³) en 2022. Este nivel supera el límite recomendado por la OMS, que es de 15 µg/m³.

El presente estudio tuvo como objetivo analizar comparativamente los niveles de calidad del aire por CO y PM10 en zonas comerciales de Pucallpa y Yarinacocha. Para ello, se realizaron mediciones de los niveles de contaminación del aire en diferentes zonas comerciales de ambas ciudades.

Los resultados de la investigación muestran que del INCA por CO del distrito Callería, tiene un promedio de 39.2 µg/m^3, siendo el Centro de Pucallpa (Punto 1) donde se registró el mayor valor (47.2 µg/m^3). En Yarinacocha el promedio fue de 36.4 µg/m^3, y Miraflores (Punto 5) es el lugar donde se registró mayor INCA (42.7 µg/m^3), indicando que la calidad del aire es “BUENA”. El promedio de INCA por PM_{10} en Callería fue de 78.4 µg/m^3, siendo el Centro de Pucallpa (Punto 1), donde se registró mayor valor (106 µg/m^3) y el menor valor INCA fue registrado en el punto

2 de Inmaculada (60.2 µg/m^3). En Yarinacocha el promedio INCA PM10 fue de 49.0 µg/m^3, siendo Miraflores (punto 5) donde se registró mayor INCA (43 µg/m^3) y el menor valor fue registrado en el punto 7 de Palmeras (27 µg/m^3); concluyendo que en todos puntos evaluados la calidad del aire es “BUENA”, excepto del Centro de Pucallpa, donde la calidad del aire es “MALA”. Según análisis de regresión y análisis de varianza, el flujo vehicular tiene influencia sobre el índice de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10); indicando que los lugares donde existe mayor flujo vehicular existe mayor índice de calidad del aire por CO y PM10 y viceversa.

Se espera que los resultados encontrados contribuyan a comprender mejor los factores que influyen en los niveles de contaminación del aire en los lugares evaluados. Los resultados también podrían ayudar a los responsables de la toma de decisiones a diseñar y evaluar políticas de mitigación de la contaminación del aire, para ello se podría mejorar la eficiencia energética de vehículos motorizados, promover el uso de modos de transporte alternativos, como el transporte público, el ciclismo y la caminata. La reducción de la contaminación del aire en las ciudades es una prioridad importante para la salud pública y el medio ambiente.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la contaminación atmosférica representa uno de los conflictos ambientales más graves a escala mundial. El aire es un recurso natural renovable esencial para la subsistencia de los seres vivos en el planeta. Está sobradamente demostrado que la contaminación atmosférica causa daños a la salud de los ciudadanos y al medio ambiente. El origen de este problema en las ciudades se encuentra principalmente en las emisiones originadas por el tráfico rodado, a las que se suma la industria, así como las ocasionadas por el tráfico fluvial y aéreo en aquellas ciudades que disponen de puerto y/o aeropuertos, Matus (2017).

Reporte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE (2012), se prevé que la contaminación del aire se convertirá en la causa ambiental principal de mortalidad prematura, por encima de aguas insalubres y falta de saneamiento" con "una proyección de que se duplique en el mundo el número de muertes prematuras derivadas de la exposición a material particulado, pasando de más de 1 millón hoy en día, a aproximadamente 3.6 millones al año 2050. En base a ello La Organización Mundial de la Salud (OMS) a través de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), durante las últimas décadas, ha asistido técnicamente los gobiernos y a las autoridades sanitarias y ambientales para promocionar el interés e inicio de la gestión de la calidad del aire en los países en América Latina y el Caribe, OMS/OPS (2016).

La calidad del aire y el cambio climático están interconectados, el cambio climático se ha convertido en un factor de primer orden en el agravamiento de las

situaciones de mala calidad del aire estructural, las alteraciones en la calidad de aire causadas por la contaminación atmosférica, específicamente por la concentración de monóxido de carbono y material particulado (PM10). El material particulado está conformado por una mezcla de materiales que pueden incluir humo, hollín, polvo, sal, ácidos y metales, encontrándose entre los contaminantes atmosféricos más nocivos. La presencia de estos contaminantes por encima de los niveles establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) no solo significa una disminución de la calidad ambiental del aire, sino una disminución de la calidad de vida de la población, con efectos adversos para su salud, así como el deterioro paisajístico de la ciudad, Cabrera et al. (2002).

A escala nacional, existe una limitada oferta de información de calidad del aire, debido a la escasa cobertura de redes existentes. De acuerdo a lo publicado por la OMS, se reporta que el Perú registró una concentración anual de material particulado PM10 de 63 µg/m3, superior a los valores fijados en sus directrices, que corresponden a 20 µg/m3 de media anual. El Reporte de la Calidad del Aire del Clean Air Institute [150], presentó que Lima se encuentra en el quinto lugar de las ciudades de América Latina con mayores niveles de PM10 en el aire (62,2 µg/m3).En la ciudad de Pucallpa en el “Estudio de la Calidad del aire de Pucallpa”, GOREU (2005) se evidencio que la contaminación por material particulado está sobre el nivel de los estándares nacionales de calidad del aire (100 ug/m3) y en cuanto se refiere al monóxido de carbono (CO) los resultados reportan valores entre 5000 y 7000 ug/m3, valores cercanos al ECA-Aire. Asimismo, Tuesta (2015), muestra como resultado de investigación que la concentración de PM10 promedio

en Yarinacocha fue de 366 ug/m3 superando los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de aire, llegando a tener un estado de alerta “Peligroso” y un índice de calidad de Aire “Muy Malo”.

El “Plan Ambiental Detallado-Zona de Concesión Pucallpa”, LQA (2023), la concentración de monóxido de carbono, no superan el ECA establecido durante el periodo registrado, con excepción del punto CA-1 (ahora CA-CTYA-02), donde se registró un valor 10,858.7 µg/m³. Este y los valores más altos de monóxido de carbono registrados están referido a actividades externas, relacionado mayoritariamente al tránsito vehicular, debido a la combustión interna en los motores de los autos. Sin embargo, cabe resaltar que este tipo de monitoreos para verificar la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa, son poco constantes evidenciándose vacíos de información a estos parámetros.

En base a que los últimos estudios realizados demuestran que la concentración de CO y PM10, están por encima de los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental-Aire y respecto a las guías recomendadas por la OMS para preservar la buena salud y el bienestar de la población, es propicio realizar la comparación de la calidad de aire por monóxido de carbono y material particulado (PM10) en los distritos de Callería y Yarinacocha.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema general

- ¿Cuáles son los niveles de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en las zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) de las zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha?
- ¿Cuál es el índice de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en las zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha?
- ¿Cuál es el flujo vehicular del parque automotor en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha?
- ¿De qué manera se relaciona el parque automotor con la calidad del aire en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

- Analizar comparativamente los niveles de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en las zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.

1.2.2. Objetivos específicos

- Estimar la concentración de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en las zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.
- Determinar los niveles de índices de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10), en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.
- Determinar el número de vehículos del parque automotor en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.
- Analizar la relación entre parque automotor versus índices de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En la investigación titulada “Generación y representación de Indicadores de calidad de aire-Colombia” se implementaron indicadores de calidad del aire para el dominio de Manizales y se estructuró una bodega de datos que permite a la población visualizar y obtener esta información gratuitamente. Se analizaron e interpretaron estos indicadores para los contaminantes Dióxido de azufre (SO2), Ozono (O3) y Material particulado (PM10 y PM2.5), utilizando el software R y la librería Openair. Los resultados mostraron bajas concentraciones de los contaminantes analizados con valores de ICA normalmente entre 10 y 60 para material particulado, y entre 0 y 27 para los gases. En general los ICA se ubicaron en la categoría Buena y en pocas ocasiones en la categoría Moderada. El PELN de los contaminantes no ha sobrepasado el 1%, Ramires et al. (2016).

Herrera (2015) en su investigación titulada “Evaluación del impacto en calidad del aire, asociado a resuspensión de material particulado por la pavimentación de la vía principal de Caracolí - Ciudad Bolívar, Bogotá D.C”, realizando campañas de monitoreo de material particulado, teniendo en cuenta criterios específicos de micro localización de estaciones de monitoreo de calidad del aire. Llegando a la conclusión que las concentraciones de Material Particulado PM2.5 y PM10 en la pavimentación afecto positivamente

en la calidad del aire. indica que los niveles de PM10 sobrepasan los 75 µg/m³ establecidos por la norma con 118,6 µg/m³ en promedio durante el periodo de muestreo, debido a esto el aire no es completamente óptimo para el bienestar de los habitantes, además, de que variables meteorológicas como la dirección y velocidad del viento incrementan los niveles de inmisión de PM10 hacia 21 km2 de Soacha primordialmente en los barrios ubicados al sur de éste.

El reporte de La Calidad del Aire en América Latina, indica que, muchos países latinoamericanos no cuentan con estándares nacionales para PM2.5 que para la OMS es de 10 µg/m3, media anual y de 25 µg/m3, media de 24 horas. Los estándares diario y anual para PM10 en todos los países son mayores que los sugeridos en las Guías de Calidad del Aire de la OMS de 20 µg/m3, media anual y 50 µg/m3, media de 24 horas. Los estándares anuales para NO2 en todos los países son mayores que las guías de la OMS de 40 µg/m3, media anual y de 200 µg/m3, media de una hora; y por último que, en todos los países, los estándares de 24 horas para SO2 son significativamente más altos que las guías de la OMS de 20 µg/m3, media de 24 horas y 500 µg/m3, media de 10 minutos, El Clean Air Institute (2012).

En el estudio denominado “Determinación de la concentración del monóxido de carbono en el terminal terrestre de la ciudad de Cuenca”, se tuvo por objetivo determinar los niveles de monóxido de carbono. El monitoreo se llevó a cabo en once puntos del Terminal Terrestre, la concentración obtenida en el monitoreo fue comparada con los estándares de calidad de aire ambiente dado por el Texto Unificado de Legislación

Ambiental Secundaria y la Organización Panamericana de la Salud, obteniéndose resultados que muestran aspectos negativos para los usuarios y personal del EMTET, Guzñay & Loayza (2007).

Acorde a la investigación “Evaluación de la calidad del aire referente a emisiones de gases en el sector de Durán” se determina que los valores de concentración de NO2 promedio en una hora son de 37.6 µg/m3 y 50.9 µg/m3 en cada punto de monitoreo en el orden mencionado , asimismo para el SO2 los valores de concentración promedio en veinticuatro horas son de 15.8 µg/m3 y 28.4 µg/m3, por otro lado los resultados de CO obtenidos en el muestreo realizado indica que los valores de concentraciones promedio en una hora son de 1172.8 µg/m3 y 1386.2 µg/m3, es decir, la concentración de estos contaminantes esta aun en niveles mínimos en este sector y ninguno supera lo establecido en la normativa, Delgado (2016).

Pilozo (2020) en su tesis titulada “Implementación de un sistema de monitoreo para detectar concentraciones de contaminantes atmosféricos en la Av. Guayaquil de la ciudad de Quevedo, provincia de los Ríos”, tuvo por objetivo detectar los niveles de concentración de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM2.5), dónde se utilizaron sistemas embebidos que permitieron la recopilación de los datos, que luego fueron analizados con la Norma de Calidad del Aire o nivel de inmisión Libro VI anexo 4, en el cual determina los niveles de alerta de acuerdo al tipo de contaminante, al final del análisis de los niveles de concentración de monóxido de carbono (CO), se obtuvo un valor máximo 49.28 ppm, sin embargo, en material particulado (PM2.5) alcanzó un valor máximo de 5.35 ppm, cuyos resultados se

encuentran dentro del rango permisible y no tienen afectaciones a la salud humana.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Soto (2016), elaboró la tesis *"Determinación de la calidad del aire por material particulado (pm 10), en una vía pavimentada (av. Antonio maya de brito) y una vía no Pavimentada (av. Colonización) en el distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo – Ucayali"*, con el objetivo de determinar la calidad del aire por material Particulado (PM 10) en una vía pavimentada (Av. Antonio Maya de Brito) y una vía no pavimentada (Av. Colonización). La concentración de material particulado (PM1 O) en la vía sin pavimento (Av. Colonización) es de 453.68 µg/m3 estando en un nivel de alerta de "Emergencia". Se comparó la concentración de material particulado (PM_{10}), siendo aproximadamente 3 veces más que la concentración de los ECA aire que es 150 µg/m^3.

De acuerdo a la investigación titulada *"Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM10 y CO"*, demuestra que se encuentran Monóxido de Carbono (CO) y Material particulado (PM10), así como de otros contaminantes, encontrándose que las concentraciones de Monóxido de Carbono no son significativas, al asociar con los otros dos contaminantes que afectan y aceleran los procesos y fenómenos como la carbonatación, lixiviación, eflorescencia y corrosión del acero de la infraestructura de la Universidad en estudio (Moreno & Palmisano, 2012).

Barrientos y Espinoza (2021) en su investigación titulada *"Evaluación de la calidad del aire por la emisión de material particulado en la construcción de pistas y veredas del jirón Odonovan– Huancavelica, 2021",* señalan que las concentraciones de PM_{10} superan los estándares de calidad ambiental con valores de 104.64, 103.88, 101.41, 102.17, 97.5 $\mu g/m^3$ y un promedio de 101.92 $\mu g/m^3$, de igual forma los valores de $PM_{2.5}$ 53.42, 59.25, 56.9, 60.27, 49.07 $\mu g/m^3$ con un promedio de 55.78 $\mu g/m^3$ superan también los estándares de calidad ambiental para material suspendió fino. Determinando que la calidad de aire global del PM_{10} es moderado, $PM_{2.5}$ no saludable para grupos sensibles y el Índice de calidad del aire (AQI) global es No saludable para grupos sensibles.

Por otro lado, en la investigación *"Determinación del nivel de riesgo de la calidad de aire por material particulado (PM_{10}) en los sectores del distrito de Morales-San Martín*", de acuerdo a la cantidad de la población de la ciudad de Morales se han establecieron puntos de monitoreo para determinar las concentraciones de PM10. Se obtuvieron los siguientes resultados según los sectores: Sector 3 Jr. Victoria Vásquez N° 345, sector 2 Municipalidad de Morales no excedieron la normativa de calidad de aire Aire D.S N.° 003-2017 MINAM y comparado con el INCA se obtuvo un nivel de color verde, la calidad de aire es satisfactoria y no representa un riesgo en la salud, de la misma manera en el sector 2 Fonavi Mz. F Lote 14, sector 2 Jr. San Pedro N°111 y sector 5 Jr. Integración N° 145 Santa Lucia, el índice de calidad de aire tienen un nivel de riesgo de color amarillo que representa que las personas de los

grupos sensibles (niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias, y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos problemas de salud, Peralta (2017).

Asimismo, en la investigación titulada el *"Análisis y evaluación de los niveles de CO y CO2 en la ciudad de Tacna en relación con el parque automotor y los estándares de calidad ambiental del aire"* (Tirado, Tirado, Tirado, Mena, & Gonzalo, 2021), tuvieron como objetivo determinar en qué medida el horario, los lugares de monitoreo y su interacción influye en los niveles de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO2) en los principales puntos de la ciudad mencionada. Asimismo, se compararon los niveles de CO con los Estándares de Calidad Ambiental del Aire según el Decreto Supremo No. 003–2017–MINAM (normativa peruana) y, finalmente, se determinó el grado de asociación entre la cantidad de vehículos motorizados que transitaban por la zona y las concentraciones de estos contaminantes. Se concluyó que existe un efecto significativo del horario, el lugar y su interacción en los niveles de CO y CO2. Por otro lado, la concentración de CO no superó los Estándares de Calidad Ambiental del Aire.

2.1.3. Antecedentes Locales

Tuesta (2015), en su investigación realizada en los distritos de Callería, Yarinacocha, Manantay de la Provincia de Coronel Portillo y distrito de Aguaytía en la Provincia de Padre Abad, obtuvo como resultados relevantes

que la concentración de PM_{10} promedio en Yarinacocha es de 366 ug/m^3 el que supera los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) de aire, evidenciando un estado de alerta “Peligroso” y un índice de calidad de Aire “Muy Malo”. Por su parte la concentración de material particulado en el distrito de Manantay también supera los Estándares de Calidad Ambiental con 279.2 ug/m^3; en ambos casos, se observa que la causa principal de contaminación por PM_{10}, se debe al excesivo flujo vehicular y a otras condiciones de la zona como calles no pavimentadas.

En la investigación titulada “Niveles de Monóxido de Carbono causado por la festividad de San Juan en la ciudad de Pucallpa”, se evaluó los niveles de monóxido de carbono durante la festividad del San Juan. La metodología utilizada fue mediante el uso de sensores electroquímicos, tomando 2 horarios específicos diurno (7 am a 2 pm) y nocturno (6 pm a 1 am) en rangos por punto de muestro con intervalos de análisis de 5 segundos para la obtención del promedio. Se analizaron 12 puntos distribuidos aleatoriamente en la ciudad de Pucallpa, evaluados por 9 días, los resultados indican que los niveles de monóxido de carbono tomadas antes de la festividad son en promedio de 4.270 mg/m^3, sin embargo, durante el desarrollo de las actividades concernientes a esta festividad el promedio asciende a 6.660 mg/m^3 y después el promedio es de 4.940 mg/m^3, lo que deriva a la conclusión de que el Índice Nacional de Calidad de Aire es “Bueno” antes y después de la festividad, pero adopta de clasificación “Moderada” durante esta, Reategui, et al. (2021).

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1. Aire

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define al aire puro como "la mezcla de gases, vapor de agua y partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño varía desde unos cuantos nanómetros hasta 0.5 milímetros los cuales en su conjunto envuelven al globo terrestre", OMS (2005).

2.2.2. Calidad de aire

El índice de calidad del aire (INCA), aprobado mediante R.M. N° 181-2016- MINAM, se clasifica dentro de un rango de valor óptimo desde 0 y 100. Dicho valor coincide con el cumplimiento de los ECA Aire. El INCA se clasifica en 4 categorías de calificación de la calidad del aire como se muestra a continuación.

Tabla 1.

Valores del índice de calidad del aire

Calificación	Valores del INCA	Colores
Buena	0 – 50	Verde
Moderada	51 – 100	Amarillo
Mala	101 – VUEC(1)	Anaranjado
VUEC	> VUEC	Rojo

Nota: Índice de Calidad del Aire (R.M. N° 181-2016-MINAM).
Valor (1) umbral del estado de cuidado

El índice de calidad del aire es un valor adimensional calculado a partir de uno o varios contaminantes representado por niveles o concentraciones de la contaminación atmosférica y de sus efectos en la salud, éstas se comparan con las normas de calidad del aire que rigen actualmente en Perú. Este índice integrado de calidad del aire puede ofrecer información clara y de fácil comprensión para la comunidad facilitando que la población tome acciones preventivas respecto a los efectos sinérgicos de alto impacto del ozono y material particulado.

2.2.3. Concentración de contaminantes en el aire

Según Inche (2008), la concentración de los contaminantes atmosféricos suele expresarse en 3 tipos de unidades: la primera, empleada para contaminantes gaseosos, es las partes por millón en volumen (ppm). Algunas veces, las concentraciones se expresan también en partes por mil millones (ppb). La segunda unidad de concentración está basada en el peso por unidad de volumen de aire expresada en microgramos por metro cúbico y cuyo símbolo es µg/m3. Se utiliza esta medida para las partículas y también para los gases. La tercera unidad, poco usada, es la de miligramos por metro cúbico y el símbolo es mg/m3. Niveles de concentración:

- Baja (2000 ppm; 50 ug/m3, 70 mg/m3).
- Media (5000 ppm; 100 ug/m3, 125 mg/m3).
- Alta (>10000 ppm; >200 ug/m3, >250 mg/m3).

2.2.4. Material Particulado

La OMS (2005) manifestó, que el material particulado menor a 10 micrómetros (PM_{10}) pertenecen a un porcentaje medio del total

de emisiones de material particulado. Es importante conocer el impacto que puede generar para la salud al acumularse en los pulmones y sus consecuencias. De igual manera, existe perjuicio en la infraestructura debido a su liquidación y acumulación. De igual mono (MINAM, 2014) indico que “Es la composición de sustancias microscópicas en estado sólido, además de gotas que se encuentran suspendidas en el aire, considerándose de según su dimensión, siendo partículas con diámetro menor a 10 micras y 2.5 micras”.

Las principales fuentes de emisión de estas partículas son las obras de construcción, caminos sin asfaltar, campos, chimeneas o incendios y la mayoría de ellas se forman en la atmosfera como resultado de reacciones complejas de químicos. Provienen en su mayoría del uso de combustibles fósiles que contienen azufre y de los oxidantes fotoquímicos formados en la atmósfera por reacciones químicas complejas entre los HC, óxidos de nitrógeno (NOx) y CO, todos relacionados con las emisiones vehiculares. Los efectos producidos por el material particulado, incluye la alteración de la cantidad de radiación ultravioleta procedente del Sol que llega a alcanzar la superficie terrestre lo que puede ejercer efectos en la salud humana, la biota y otros componentes ambientales, Sánchez & De la Rosa (2009).

2.2.5. Monóxido de Carbono (CO).

Ortiz y Mamani (2013) afirman que el monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro e insípido que fisiológicamente es producido por el organismo en cantidades ínfimas. Sin embargo, cuando se produce la inhalación de grandes cantidades se torna tóxico para el organismo debido a que al poseer tan baja densidad su inhalación se facilita y de esta manera los vapores de CO llegan a los alvéolos pulmonares, posteriormente al torrente sanguíneo con la reducción de la capacidad que posee la sangre de llevar oxígeno a todo el organismo. De igual manera, Ballester et al. (1999), manifiestan que el CO es un contaminante importante ya que si llega a ser inhalado en altas concentraciones sustituye al oxígeno en la sangre formando la carboxihemoglobina (COHb); si ésta llega a conformar más del 2% en la sangre, produce problemas en la salud de las personas. A su vez afecta directamente al clima y la generación de gases con efecto invernadero.

Es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre, y uno de los mayores problemas ambientales de América Latina. Las principales fuentes productoras de este contaminante son los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel, los procesos industriales, incendios forestales urbanos y la incineración de materia orgánica. Los vehículos automotores y los procesos industriales son responsables

de aproximadamente del 80% de las emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera, Téllez et al. (2006).

Moragues (2014) indica que “las concentraciones elevadas pueden ser letales, donde la fuente antropogénica del CO es la combustión incompleta de combustibles (gasolina, gas, carbón, madera, etc). En este sentido, para tener menos emisiones de CO es necesario tener procesos de combustión más completos, lo que requiere de una cantidad adecuada de oxígeno; cuando este es insuficiente, se forma del CO”.

CRANA-Centro de Recursos Ambientales de Navarra (2018), indica que el CO es el contaminante del aire más abundante y ampliamente distribuido de los que se encuentran en la capa inferior de la atmósfera, denominada troposfera, su principal origen natural es la oxidación del CH4 y, puesto que todo el metano de la atmósfera se produce por descomposición anaerobia de la materia orgánica, cabe afirmar que estos procesos constituyen una fuente natural de CO. El gas generador se forma por la combustión del carbón con oxígeno a elevadas temperaturas, la reacción es: $O2 + 2\ C \leftrightarrow 2\ CO$.

2.2.6. Estándar de Calidad Ambiental Nacional (ECA).

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), son aquellos que regulan el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias

o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (MINAM, 2017).

En el Perú se cuenta con cinco tipos de ECA, los cuales presentan diversos parámetros, de acuerdo a su ámbito de aplicación. Para el caso del componente aire se tiene los ECA Aire (D.S. N° 003-2017-MINAM). En la siguiente Tabla 2, se muestran los Estándares de Calidad Ambiental para Aire establecidos a nivel nacional para material particulado y monóxido de carbono.

Tabla 2.
Estándares de Calidad Ambiental (PM_{10} y CO)

Parámetros	Periodo	Valor (ug/m^3)	Criterios de Evaluación	Método de Análisis
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial / filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30 000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10 000	Media aritmética móvil	

Nota: Ministerio del Ambiente (2017).

2.3. BASE LEGAL

2.3.1. Institucionalidad en materia ambiental

El Perú tiene una institucionalidad en materia ambiental reconocida por las leyes orgánicas de cada sector y gobiernos regionales y locales estableciendo funciones para cada uno de los niveles de gobierno, siendo el Ministerio del Ambiente, el ente rector en esta materia. En temas de Gestión de la Calidad del Aire cuenta con una institucionalidad establecida en los niveles nacionales (MINAM, DIGESA, SENAMHI, OEFA, sectores), regional y local, así como la participación del sector privado y sociedad civil, cada día más conscientes de la importancia de la calidad del aire para la salud. Se cuenta con un marco normativo que define los instrumentos de gestión para la calidad del aire, como son los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Límites Máximos Permisibles (LMP), conformación de los Grupos de Estudio Técnico Ambiental (GESTA) para la elaboración de los planes de acción de la calidad del aire y la implementación de los mismos, así como también programas de vigilancia de la calidad del aire, Ministerio del ambiente – MINAM (2013).

2.3.2. Normativa de la Calidad Ambiental del Aire

La Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, establece en su Artículo 118° que las autoridades públicas, en el ejercicio de sus funciones y atribuciones, adopten medidas para la prevención, vigilancia y control ambiental y epidemiológico, con el fin de asegurar la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad del aire, según sea el caso,

actuando prioritariamente en las zonas en las que se superen los niveles de alerta por la presencia de contaminantes, debiendo aplicarse planes de contingencia para la prevención o mitigación de riesgos y daños sobre la salud y el ambiente, Ministerio del ambiente – MINAM (2013).

El Plan Nacional de Acción Ambiental (2011-2021), contiene las metas prioritarias que se deben lograr y que contribuirían con la conservación, aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la mejora de la calidad ambiental, lo que, a su vez, contribuirá a mejorar la calidad de vida de la población, Ministerio del Ambiente (2015).

En la Tabla 2 se muestran los Estándares de Calidad Ambiental para Aire establecidos a nivel nacional:

Tabla 3.

Estándares de Calidad Ambiental para material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y monóxido de carbono (CO).

Parámetros	Periodo	Valor (ug/m^3)	Criterios de Evaluación	Método de Análisis
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($PM_{2.5}$)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial / filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial / filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30 000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10 000	Media aritmética móvil	

Fuente: Ministerio del Ambiente, (2017)

Según el Ministerio del Ambiente (2019), el “Protocolo Nacional de Monitoreos de la Calidad Ambiental del Aire”, es el instrumento que permite estandarizar los criterios técnico para el monitoreo ambiental del aire en el Perú, a fin de generar información de calidad, comparable, compatible, confiable y representativa.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Aire.**

  Capa delgada de gases que cubre la Tierra y está conformado por nitrógeno, oxígeno y otros gases como el dióxido de carbono, vapor de agua y gases inertes, Ecoestrategia (2019).

- **Ambiente.**

  Conjunto de condiciones fisicoquímicas y biológicas que necesitan los organismos, incluido el ser humano, para vivir, Sanchez M., Slideshare (2012).

- **Contaminación.**

  Presencia y acción de los desechos orgánicos e inorgánicos en cantidades tales que el medio ambiente se ve alterada en sus características físicas, químicas o biológicas, Sanchez M., Slideshare (2012).

- **Calidad del aire.**

  Es una indicación de cuánto el aire está exento de contaminantes atmosféricos; y, por lo tanto, apto para ser respirado, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014).

- **Combustión.**

  Es una reacción química que consiste en la combinación de la sustancia combustible con el oxígeno que puede ser puro o bien formando parte del aire, con generación de calor y formación de una masa de gases incandescentes que recibe el nombre de llama, Miranda (1996).

- **Contaminación**

  Es la presencia en el aire de olores desagradables y de materiales nocivos, en cantidades lo suficiente grandes como para producir efectos nocivos en la salud, la ecología y la infraestructura, Miranda (1996).

- **Emisión de gases.**

  Es el resultado de la combustión de sustancias denominadas de forma genérica combustibles, Miranda (1996).

- **Estándar de calidad ambiental de aire (ECA aire).**

  Indicador que mide la concentración de elementos a sustancias u otros en el aire. Su finalidad es fijar metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana, Ministerio del Ambiente (2017).

- **Fuentes fijas.**

  Es toda aquella fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible aun cuando la descarga de contaminantes se genere en forma dispersa, Gaitán y Cárdenas (2017).

- **Gases de efecto invernadero**.

  Son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes, Benavides y León (2019).

- **Material particulado**

  Es una mezcla de partículas sólidas microscópicas y gotas líquidas suspendidas en el aire, Ministerio del Ambiente (2014).

- **Material particulado (PM_{10}).**

  Son partículas menores a 1 micrómetro, consideradas como contaminantes constituidos por material líquido y sólido de muy diversa composición y tamaño que se encuentran en el aire, Tzintzun (2005).

- **Material particulado ($PM_{2.5}$).**

  Partículas cuyo diámetro es igual o inferior a 2.5 micras, donde su grado de indetectabilidad supone un factor añadido a la importancia que hay que derivar en estas partículas, Soler Palau (2020).

- **Monóxido de carbono (CO)**.

  Es un gas sin olor ni color, pero muy peligroso que en función de su concentración en el aire ambiente y del tiempo de exposición, puede inducir una rápida conjunción de efectos nocivos para la salud, Gonzalo et al., (2007).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Método de investigación

El método de la investigación es descriptiva-analítica, descriptiva, porque se detalla el comportamiento de la calidad del aire por monóxido de carbono y material influenciado por el flujo vehicular particulado en zonas comerciales de la ciudad de Pucallpa y Yarinacocha, a partir de los promedios y cálculos estadísticos de las variables a estudiar.

Analítica, porque a partir de los datos obtenidos de calidad del aire por monóxido de carbono, material particulado y flujo vehicular, se determinó en qué medida están correlacionadas las variables estudiadas.

3.1.2. Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque se midieron variables continuas de los niveles de índice de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM_{10}), y de flujo vehicular en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.

3.1.3. Nivel

El nivel de la investigación es correlacional, porque según Borja (2012), señala que la investigación correlacional es aquella en la que se hacen deducciones en las relaciones de ambas variables pues tiene el objetivo de establecer los niveles de correlación que poseen dos o más variables.

Lo citado tiene coherencia con la investigación, porque a partir de la medición de concentración de CO y PM10 se determinaron los índices de calidad por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM_{10}) y se relacionó con el tránsito vehicular en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.

3.1.4. Diseño de Investigación

La investigación es no experimental, es decir, de observación directa a las variables tal y cual como se encuentran en el ambiente. Para ello, se empleó la metodología establecida por el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, MINAM (2019). Además, fue transeccional, porque los datos evaluados corresponden a un tiempo determinado definido en meses del año 2023.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población fue representada por zonas comerciales (intersecciones de avenidas, con jirones y/o calles), establecidos de acuerdo a la zonificación realizada por la Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, y que se encuentran dentro de los límites de los distritos de Callería y Yarinacocha.

3.2.2. Muestra

La muestra fue de tipo no probabilística e intencional, porque se estableció tomando en cuenta la concentración de la población, mayor actividad comercial y tránsito vehicular. Estuvo conformada por la intersección de 8 avenidas y/o calles comerciales principales, para las

variables de calidad del aire por monóxido de carbono, material particulado y flujo vehicular, cada uno con 15 repeticiones.

Tabla 4.

Número total de muestras.

Distrito/Lugar	Intersección de Avenidas /Calles	Puntos de muestreo por Av./Calle	Repetición por punto (Días)	N° de muestras
Zonas comerciales de Pucallpa	4	1	15	60
Zonas comerciales de Yarinacocha	4	1		60
Total	8		15	120

3.3. VARIABLES

3.3.1. Variable independiente

- Lugares de muestreo
- Flujo vehicular (Número de vehículos por hora)

3.3.2. Variable dependiente

- Índice de calidad del aire por monóxido de carbono (INCA-CO)
- Índice de calidad del aire por material particulado (INCA- PM_{10})

3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Formatos de Recopilación de Datos

- Formato 1. Datos generales del lugar de muestreo (Ver anexo 1), utilizado para la descripción general de los lugares de muestreo.

- Formato 2. Medición de la concentración de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM_{10}) (Ver anexo 1), empleado para la cuantificación de concentración de monóxido de carbono (CO) obtenidos previamente del equipo Qhawax.
- Formato 3: Medición de la concentración de material particulado (PM_{10}) (Ver anexo 1), empleado para la cuantificación de concentración de material particulado (PM_{10}) obtenidos previamente del equipo Qhawax.
- Formato 4. Registro del flujo vehicular, empleado para el registro de vehículos por cada 10 minutos.

3.4.2. Materiales y Equipos

3.4.2.1. Materiales.

- Utilices de escritorio
- Plano de ubicación de la ciudad de Pucallpa
- Tableros y libretas de campo
- Indumentaria de protección personal

3.4.2.2. Equipos.

- El equipo “Qhawax”, es un módulo de medición continua de calidad del aire, interconectada a una plataforma virtual de internet, el cual sirvió para registrar los datos de concentración de monóxido de carbono (CO) y concentración de material particulado (PM10) en los lugares seleccionados. Dicho equipo fue suministrado por la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la UNU.

- Equipo GPS (Global Positioning System) portátil, se empleó para georreferenciar los puntos de muestreo establecidos, registrando sus coordenadas UTM respectivas.
- Equipo de cómputo, utilizado para el procesamiento y tratamiento de datos, así como, para la redacción del informe final.

3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Ubicación de puntos de muestreo

Teniendo en cuenta el plano catastral de la ciudad de Pucallpa y el software google earth se ubicaron los puntos de muestreo que a continuación se indican:

Tabla 5.

Puntos de muestreo de flujo vehicular e índice de calidad del aire

PUNTO DE MUESTREO	DISTRITO	ZONA COMERCIAL	INTERSECCION	COORDENADA UTM	
				E	**N**
P1	Callería	Centro de Pucallpa	Jr. Coronel Portillo / Jr. Vargas Guerra	551631	9072760
P2		Inmaculada	Jr. Inmaculada / Jr. Libertad	551549	9073765
P3		Saenz Peña	Av. Saenz Peña / Jr. Santiago	551026	9074029
P4		7 de junio	Jr. 7 de junio / Jr. Zavala	550903	9073369
P5	Yarinacocha	Miraflores	Av. Miraflores/ Jr. La Paz del Señor	548014	9074468
P6		Arborización	Av. Yarinacocha/ Jr. Alfonso Ugarte	547919	9075238
P7		Palmeras	Jr. Palmeras /Nueva Luz de Fátima	546468	9075447
P8		Centro de Yarinacocha	Av. Yarinacocha/ Jr. 7 de junio	546618	9076447

Medición de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10)

La determinación del nivel de concentración de monóxido se realizó en forma directa “in situ” en todos los puntos de muestreo considerados, para lo cual se empleó el equipo de medición continua de gases “Qhawax” con un rango de medición para gases de monóxido de carbono (CO) de 0 a 13 ppm y de material particulado (PM10) de 0 a 1500 ug/m3. Para la instalación del equipo Qhawax, se siguió la metodología del Protocolo Nacional de Calidad Ambiental de Aire según el Ministerio del Ambiente (2019) y teniendo en cuenta lo siguiente:

- El equipo se ubicó a 3 m de altura del terreno, con ayuda de andamios y trípode que soporta el módulo Qhawax.
- La distancia horizontal con respecto a obstáculos más altos que el equipo de monitoreo estuvo mayor a 2.5 veces la diferencia de las alturas (altura del obstáculo – altura de la entrada de la muestra).
- La distancia horizontal respecto a fuentes de emisiones cercanas estuvo mayor a 20 m.
- El equipo de monitoreo estuvo ubicado de tal manera que los obstáculos no evitaron el ingreso de flujo de aire.

Asimismo, la frecuencia de toma de datos fue quincenal para cada punto de muestreo y durante 4 meses de estudio.

Medición del flujo vehicular

El tránsito vehicular se midió con una frecuencia quincenal y durante los meses de junio, julio, agosto y setiembre de 2023, para ello se tuvo en cuenta

los mismos puntos de muestreo para monóxido de carbono(CO) y material particulado (PM10). Se consideró como unidades motorizadas a motos, trimóviles (mototaxis, motofurgones), autos (autos y station wagon), camionetas (Pick up, panel y rural combi) y buses. La evaluación se realizó por cada 10 minutos en el lapso de una hora y en 3 horarios durante el día: 7:00-9:00 am, 12:00-2:00 pm. y 5:00-7:00 pm.

Determinación de la calidad del aire

Los valores del Índice de Calidad del Aire (INCA) fueron calculados en base a los datos registrados de concentración de CO y PM10, durante el lapso de 2 meses para cada uno de los distritos estudiados (Callería y Yarinacocha) y tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECA-Aire) y como rango final, el valor umbral de aplicación de los Niveles de Estados de Alerta.

La determinación matemática del INCA para cada contaminante en las ecuaciones, se basó en una relación entre el valor registrado de la concentración del contaminante (indicado entre corchetes) y su correspondiente valor del estándar de calidad ambiental para cada caso, MINAM (2016). Los valores de los índices de Calidad del aire, fueron calculados aplicando las ecuaciones establecidas en la metodología para calcular el Índice de Calidad del aire-INCA, MINAM (2016), los cuales se indican a continuación.

Tabla 6.

Índice de Calidad del Aire para PM10

Calificación	Material particulado (PM10) promedio 24 horas		
	Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m3)	Ecuación
Verde	0 – 50	0-75	I (PM10) =[PM10]* 100/100
Amarillo	51 – 100	76-150	
Naranja	101 - 167	151-250	
Rojo	>167	>250	

Tabla 7.

Índice de Calidad del Aire para CO

Calificación	Monóxido de carbono (CO) promedio 8 horas		
	Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m3)	Ecuación
Verde	0 - 50	0-5049	I (CO)=[CO]* 100/10000
Amarillo	51 - 100	5050-10049	
Naranja	101 - 150	10050-15049	
Rojo	>150	>15050	

3.6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

El procesamiento de datos se realizó aplicando la estadística descriptiva con el fin de determinar promedios, mínimos, máximos, desviación estándar y coeficiente de variación de la información recolectada en campo. Para la interpretación de datos se usaron tablas y figuras con el fin de determinar la

tendencia y proyección de datos. Para el procesamiento se empleó el programa Excel con el complemento de “Análisis de datos”.

3.6.1. Análisis de correlación

Se analizó la relación entre flujo vehicular y calidad del aire por CO y PM10 presente en zonas comerciales de la ciudad de Pucallpa y Yarinacocha. Para ello, se empleó el coeficiente de correlación Pearson (r) a un nivel de significancia del 95% y para su interpretación referido al grado de correlación entre variables, se utilizó la siguiente escala.

Figura 1. Coeficiente de correlación “r” de Pearson



Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2016).

3.6.2. Análisis de regresión lineal

Esta prueba paramétrica nos permitió comprobar si el valor de una variable se asocia al valor de otra. La variable que se constató se denomina variable dependiente y la variable que se utilizó para predecir el valor de otra se denomina variable independiente. Es así que, se relacionó los promedios de flujo vehicular versus índices de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM_{10}) en zonas comerciales de Pucallpa y

Yarinacocha, para luego determinar si las variables están asociadas o no. Además, se calculará el coeficiente de determinación (r^2), la ecuación de regresión y el análisis de varianza de la regresión.

3.6.3. Análisis de varianza

Asimismo, se aplicó el análisis de variancia de las muestras con un nivel de significancia de 0.05 (α=0.05) y un nivel de confianza del 95%. El análisis de variancia se aplicó a los datos del flujo vehicular e índices de calidad del aire de CO y PM_{10}.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Concentración de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM_{10}) en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha.

4.1.1. Concentración de monóxido de carbono (CO)

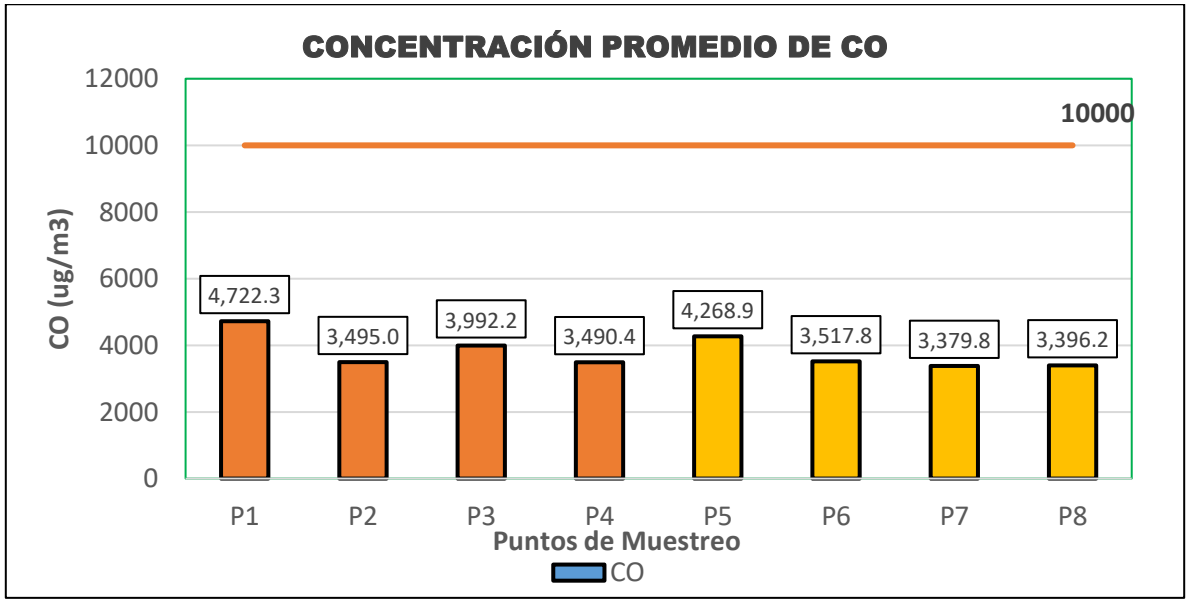
En la figura 2 se muestran los valores de las concentraciones de monóxido de carbono en los puntos muestreados de las zonas comerciales de Callería y Yarinacocha; observando que la mayor concentración de CO en las zonas comerciales del distrito Callería, le pertenece al punto de muestreo 1 (4722.3 µg/m^3) que corresponde a la intersección del Jr. Coronel Portillo con Jr. Alfredo Vargas Guerra.

Comparando con zonas comerciales del distrito Yarinacocha, la mayor concentración de CO, le pertenece al punto de muestreo 5 (4268.9 µg/m^3) que corresponde a la intersección de la Av. Miraflores con Jr. La Paz del Señor.

Asimismo, en la figura 2, se observa que los valores promedio de concentración de CO de Callería (3925 µg/m^3) y Yarinacocha (3641 µg/m^3), en los puntos muestreados, no superan al Estándar de Calidad Ambiental del Aire-ECA-Aire (10000 µg/m^3); es decir, se encuentran por debajo del 50% del ECA-Aire y en ninguno de los puntos muestreados no existe contaminación por monóxido de carbono y por tanto, no representa ningún riesgo para la salud de las personas. Según Vallejos Ticliahuanca (2022), en su estudio sobre

"Determinación de la concentración de CO y su relación con el parque automotor de la ciudad de Moyobamba-San Martín", encontró que la concentración promedio de CO en la ciudad de Moyobamba es igual a 119.28 µg/m^3 , este valor está muy por debajo a lo encontrado en las ciudades estudiadas (3925 µg/m^3 y 3641 µg/m^3) y podría deberse, entre otros factores, al tamaño de la ciudad, movimiento comercial, mayor tránsito vehicular o al tipo de combustible utilizado. Téllez, Rodríguez & Fajardo (2006) mencionan que las principales fuentes de emisiones de CO, son los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel y los procesos industriales, siendo responsables de aproximadamente 80 % de la cantidad de CO emitida a la atmósfera.

Figura 2. Comparación de CO en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha

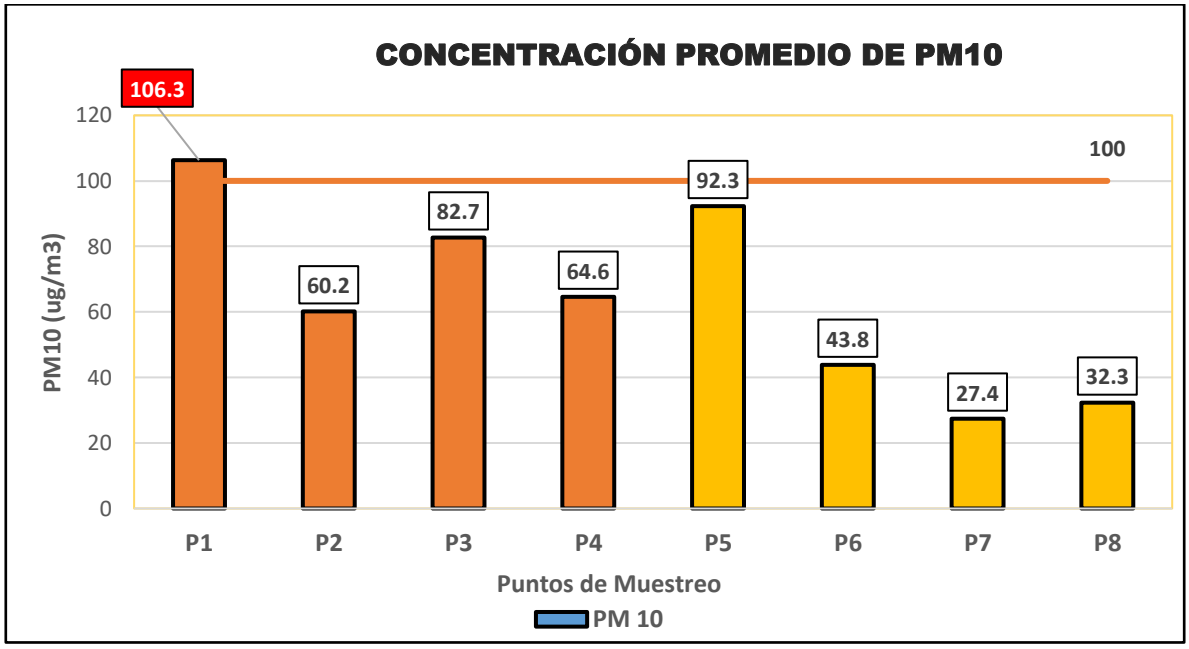


En la figura 3, se muestran los valores de las concentraciones de material particulado (PM10) en los puntos muestreados de las zonas comerciales de Callería y Yarinacocha; observando que la mayor concentración de PM10 en las zonas comerciales del distrito Callería, le pertenece al punto de muestreo 1 (106.3 ug/m3) que corresponde a la intersección del Jr. Coronel Portillo con Jr. Alfredo Vargas Guerra.

Si comparamos con las zonas comerciales del distrito Yarinacocha, la mayor concentración de PM10, le pertenece al punto de muestreo 5 (92.3 ug/m3) que se ubica en la intersección de la Av. Miraflores con Jr. La Paz del Señor.

Asimismo, se observa que los valores promedio de concentración de PM10, en todos los puntos muestreados, no superan al Estándar de Calidad Ambiental del Aire-ECA-Aire (100 ug/m3); excepto en el punto de muestreo 1 del distrito de Callería, que está por encima del ECA-Aire y por lo tanto, podemos indicar que en este punto de muestreo, si existe contaminación por material particulado y representa riesgos para la salud de las personas en situación vulnerable, sean niños o personas mayores a 60 años.

Figura 3. Comparación de material particulado en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha



4.2. Índices de calidad del aire (INCA) por CO y PM10 en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha.

4.2.1. Calidad del aire por concentración de monóxido de carbono (CO)

En la figura 4, se muestran los valores promedios del índice de calidad del aire (INCA) de CO de los puntos de muestreo evaluados en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.

El mayor valor del INCA de CO en zonas comerciales del distrito Callería, le corresponde al punto de muestreo 1 (47.2 ug/m3) de la intersección del Jr. Coronel Portillo con Jr. Alfredo Vargas Guerra, similar valor se puede observar en la zona comercial que se encuentra en el distrito

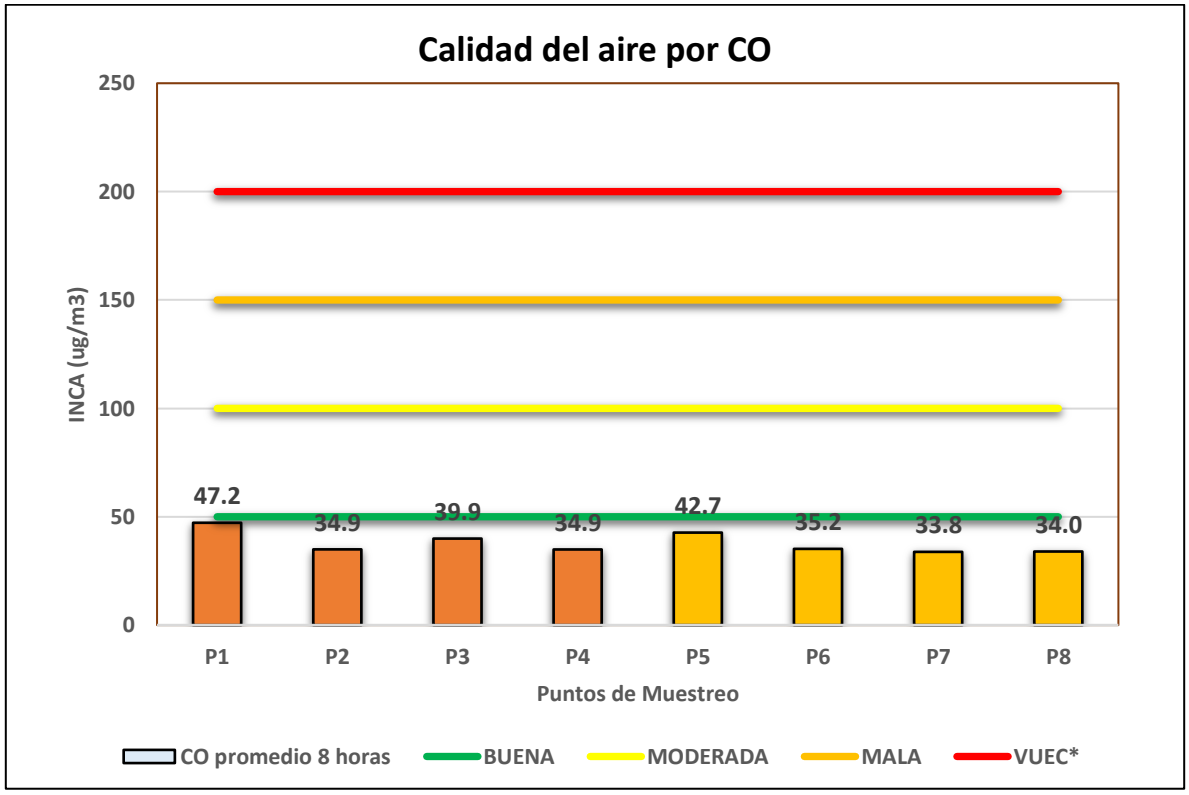
de Yarinacocha, correspondiente al punto 5 (42.7 ug/m3) de la intersección de la Av. Miraflores con Jr. La Paz del Señor.

Asimismo, se observa que los valores promedio de índice de la calidad del aire de CO, en todos los puntos muestreados, se encuentran en la escala de calificación “BUENA” (0-50 µg/m3), lo que quiere decir, que la calidad del aire es satisfactoria y no representa ningún riesgo para la salud (MINAM, 2016), por lo tanto, las personas pueden realizar actividades al aire libre. Podríamos indicar entonces que, en todos los puntos de muestreo, la calidad del aire es satisfactoria y aceptable y no representa riesgos para la salud de los niños, adultos mayores, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares.

García Ruiz (2019), realizó el estudio denominado “Evaluación de la concentración de CO, NO2 y SO2 en el aire por tráfico vehicular en el distrito de Morales-Tarapoto, 2018”, cuyo objetivo fue analizar la concentración de gases CO, NO2 y SO2, en el aire por tráfico vehicular en el Distrito de Morales, mediante el protocolo de monitoreo de la calidad del aire, para ello realizó dos monitoreos en cuatro puntos; concluyendo que las concentraciones de CO en los puntos 1 (11366 µg/m3) y 3 (10705 µg/m3); sobrepasan el ECA y por ende la calidad del aire para CO es de 114 µg/m3 y 107 µg/m3, valores considerados como “MALA” calidad del aire. Al respecto, estos valores superan a los encontrados en el presente estudio y podría deberse al mal estado en que se encuentre el parque automotor, como la escasa revisiones técnicas y renovación de unidades.

Figura 4.

Calidad del aire por concentración de monóxido de carbono-CO.



4.2.2. Valores máximos de índices de calidad del aire por CO.

En la figura 5, se muestran los valores máximos del índice de calidad del aire (INCA) por monóxido de carbono de los puntos de muestreo evaluados en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.

El valor del INCA máximo de CO en zonas comerciales del distrito Callería, le corresponde al punto de muestreo 1 (148.9 ug/m3) de la intersección del Jr. Coronel Portillo con Jr. Alfredo Vargas Guerra, similar valor se puede observar en el punto de muestreo 3 (137.6 ug/m3) de la intersección de la Av. Saenz Peña con Jr. Santiago. Estos lugares de

muestreo, en algún momento alcanzaron estos valores, calificando al estado de la calidad del aire como “MALA”, y en consecuencia se podría afirmar que la población sensible podría experimentar problemas de salud y la población en general podría sentirse afectada.

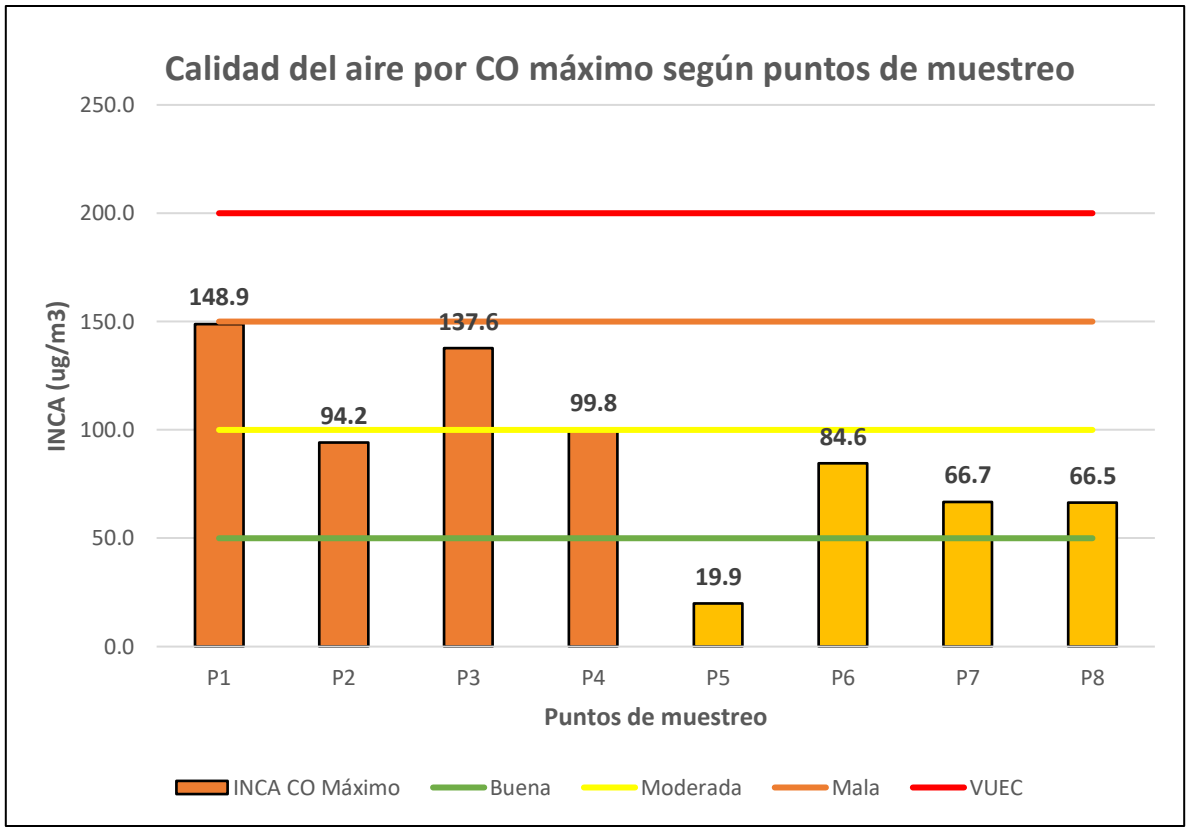
Comparando con zonas comerciales del distrito Yarinacocha el valor del INCA máximo de CO le corresponde al punto de muestreo 6 (84.6 ug/m3) de la intersección de la Av. Yarinacocha con Jr. Alfonso Ugarte, que se encuentra según MINAM (2016) en la calificación de “MODERADA” calidad del aire (51-100 ug/m3). En igual situación, se encuentra el punto de muestreo 7 (66.7 ug/m3) que corresponde a la intersección del Jr. Palmeras con Jr. Nueva Fátima y el punto de muestreo 8 (66.5 ug/m3) de la intersección de la Av. Yarinacocha con Jr. 7 de Junio. Teniendo en cuentas estos resultados podríamos afirmar que la población sensible podría experimentar algunos problemas de salud.

Sin embargo, todos los valores máximos del INCA de CO se encuentran en la calificación de “MODERADA” a “MALA” calidad del aire, excepto que el punto de muestreo 5 (Av. Miraflores con Jr. La paz del Señor) tiene una calificación de “BUENA” calidad del aire.

.

Figura 5.

Calidad del aire por concentración máxima de monóxido de carbono-CO.



4.2.3. Calidad del aire por concentración de material particulado-PM10.

En la figura 6, se muestran los valores promedios del índice de calidad del aire (INCA) por PM10 de los puntos de muestreo evaluados en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.

El mayor valor del INCA de PM10 en zonas comerciales del distrito Callería, le corresponde al punto de muestreo 1 (106.3 ug/m3) de la intersección del Jr. Coronel Portillo con Jr. Alfredo Vargas Guerra, con este resultado la calificación de la calidad del aire es “MALA”, por tanto, niños, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y

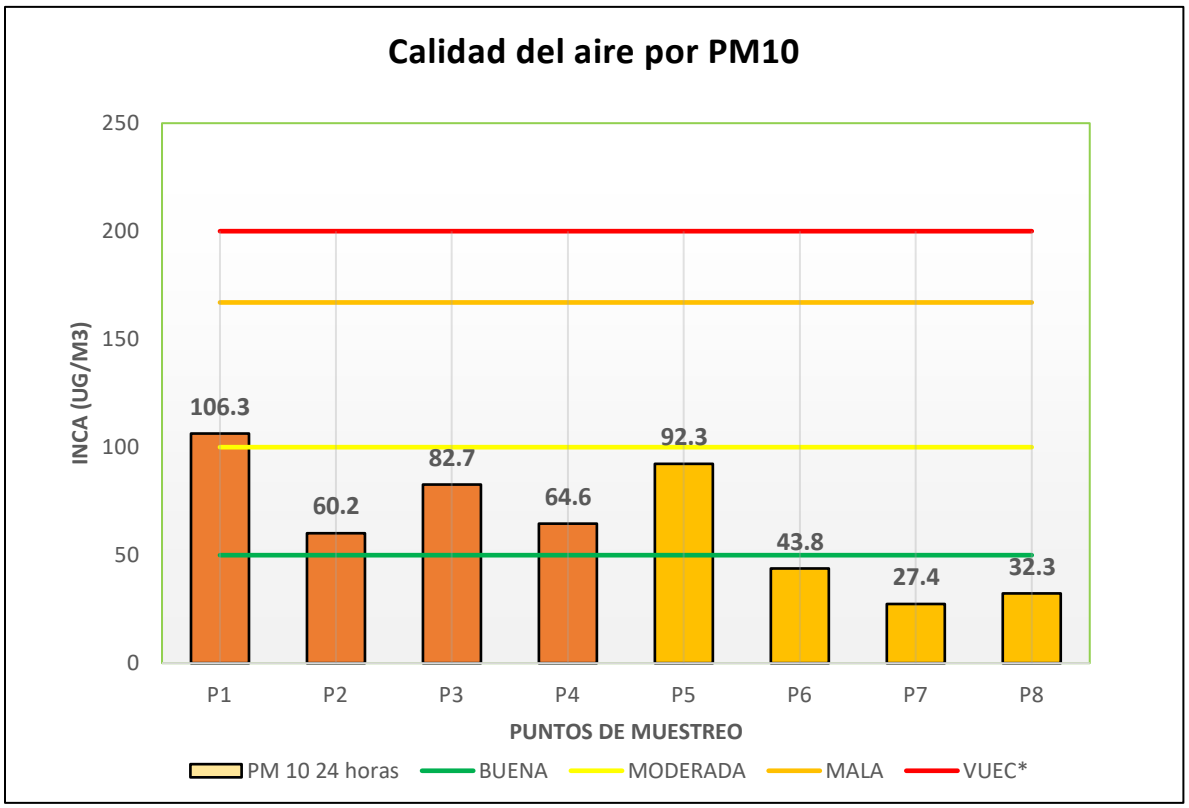
cardiovasculares podrían experimentar problemas de salud y la población en general podría sentirse afectada.

Comparando con zonas comerciales del distrito Yarinacocha, la mayor concentración de PM10, se genera en el punto de muestreo 5 (92.3 ug/m3) que corresponde a la intersección de la Av. Miraflores con Jr. La Paz del Señor, con este resultado, podríamos decir que el estado de la calidad del aire tiene una calificación “MODERADA”.

Asimismo, se observa que los valores promedio de índice de la calidad del aire por PM10, en los puntos de muestreo 2,3,4 y 5, se encuentran en la escala de calificación “MODERADA” (51-100 ug/m3), lo que quiere decir, que la calidad del aire es aceptable, pero con ciertas restricciones para la población sensible (MINAM, 2016), para realizar actividades al aire libre. Mientras que en los puntos de muestreo 6,7 y 8 el estado de la calidad del aire es “BUENA” (0-50 ug/m3), lo que quiere decir, que la calidad del aire es satisfactoria y aceptable y no representa riesgos para la salud de los niños, adultos mayores, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares.

Figura 6.

Calidad del aire por concentración de material particulado-PM10.



4.2.4. Valores máximos de calidad del aire por PM10

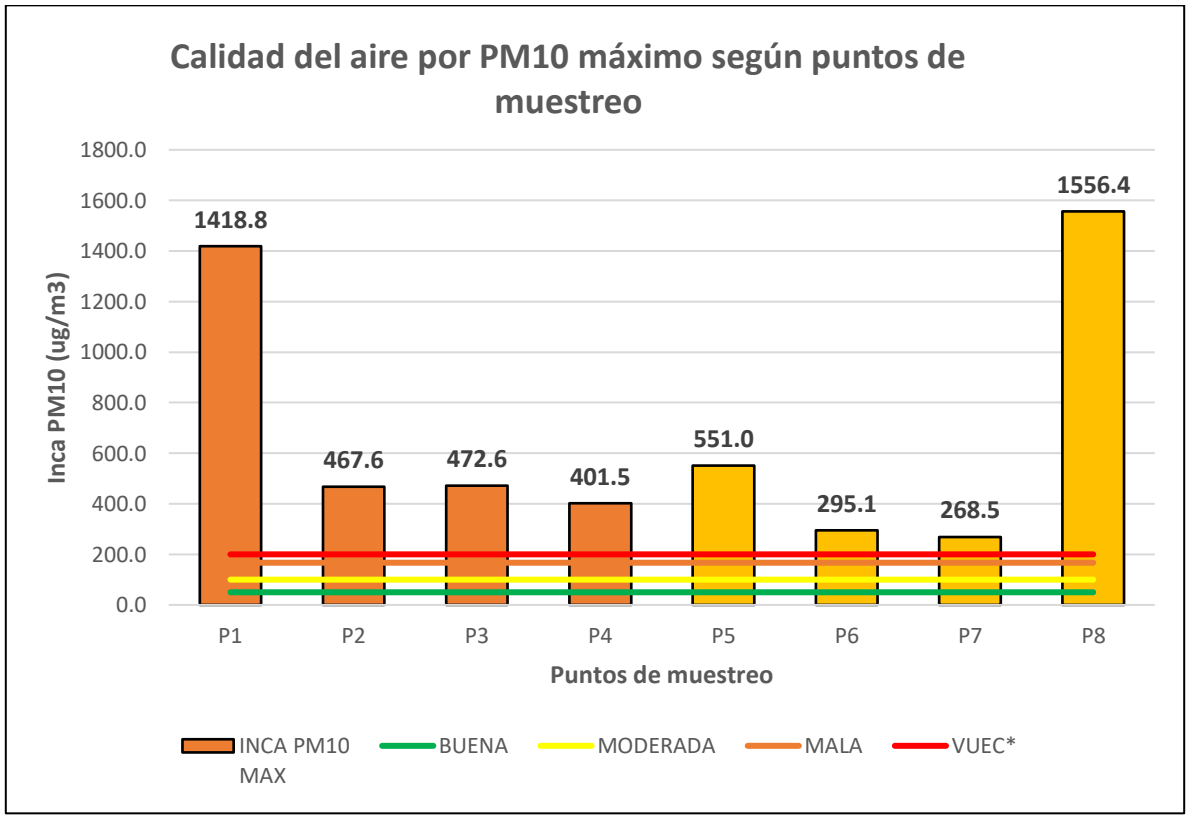
En la figura 7, se muestran los valores máximos del índice de calidad del aire (INCA) por material particulado (PM10) de los puntos de muestreo evaluados en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.

El valor del INCA máximo de PM10 de todos los puntos de las zonas comerciales del distrito Callería y Yarinacocha, superan los valores cuya calificación del estado de la calidad del aire se encuentra en “VALOR UMBRAL DEL ESTADO DE CUIDADO”. Esto quiere decir que, en algún

momento, todos los puntos de muestreo alcanzaron altas concentraciones de material particulado (PM10) que podrían haber causado efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población sensible. Cuando sucede esta situación el Ministerio de Salud recomienda reportar a la autoridad para que declare los niveles de estados de alerta en concordancia con el Decreto Supremo N° 009-2003-SA, la misma que establece los niveles de estados de alerta para contaminantes del aire.

Figura 7.

Calidad del aire por concentración máxima de material particulado (PM10) en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha.



4.3. Tránsito vehicular en zonas comerciales de Callería y Yarinacocha

4.3.1. Tránsito vehicular promedio según puntos de muestreo

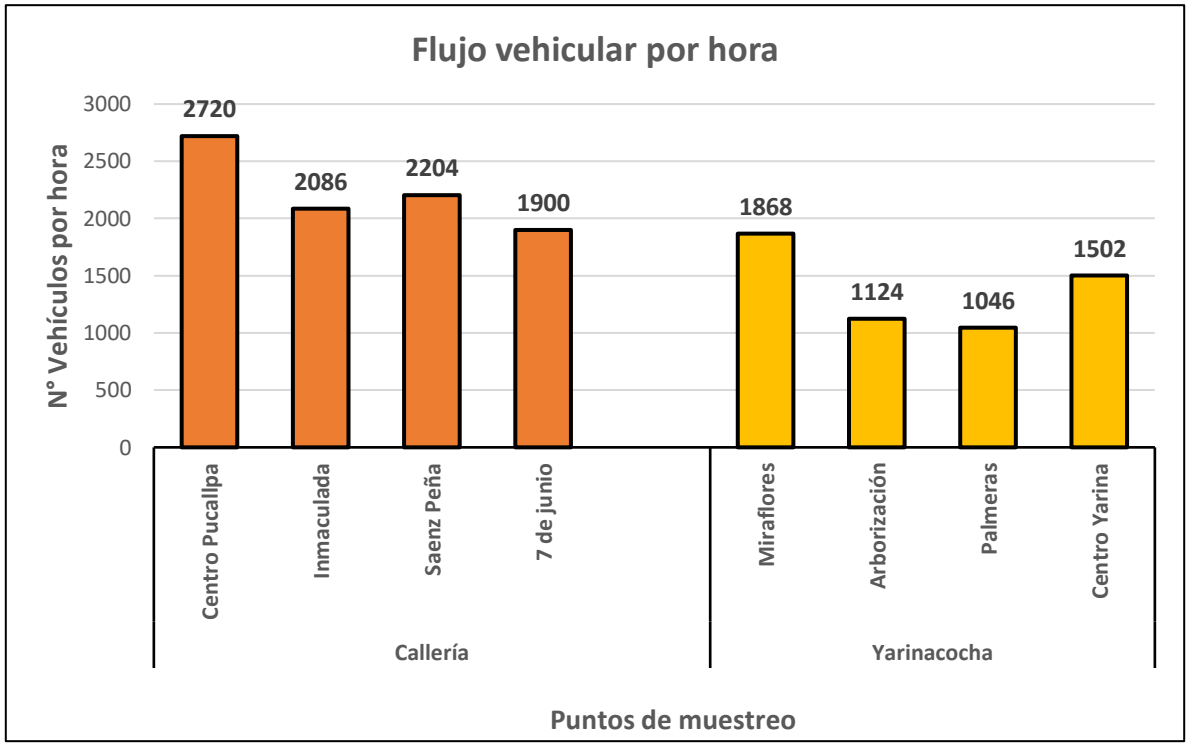
En la figura 8, se muestran el número de vehículos promedio evaluados en los puntos de muestreo de las zonas comerciales de Callería y Yarinacocha. Como se puede observar, a nivel del distrito de Callería existen en total 8,910 vehículos que transitan por las zonas comerciales, es así que el centro de Pucallpa tiene la mayor cantidad registrada de vehículos por hora (2,720 unidades). Luego, hay un grupo que se diferencia del primero y que está conformado por los puntos de muestreo ubicados en 7 de junio, Saenz Peña e Inmaculada, que tiene un número similar de vehículos que transitan por las zonas comerciales y con un promedio de 2,063 unidades de vehículos que representa al 69.5 % del total. Es por ello, y debido a la cantidad significativa son una fuente principal en la generación de emisiones de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) y por lo tanto, podemos decir, que influyen de manera directa en el incremento de la concentración de los contaminantes mencionados.

Si comparamos con el distrito de Yarinacocha, existen 5510 de vehículos que transitan por las zonas comerciales; y a nivel de distrito, es el sector de la Av. Miraflores el que tiene mayor tránsito vehicular, equivalente a 1868 vehículos por hora, el cual representa el 33,7% del total de vehículos. Podemos diferenciar un segundo grupo correspondiente al sector del centro de Yarinacocha con un total de 1502 vehículos que transitan por hora y que representa el 27.1%. El último grupo corresponde a los sectores de

Arborización y Palmeras con un total de 2,170 vehículos por hora y que representa el 39.2 %.

Figura 8.

Número de vehículos promedio, según puntos de muestreo.



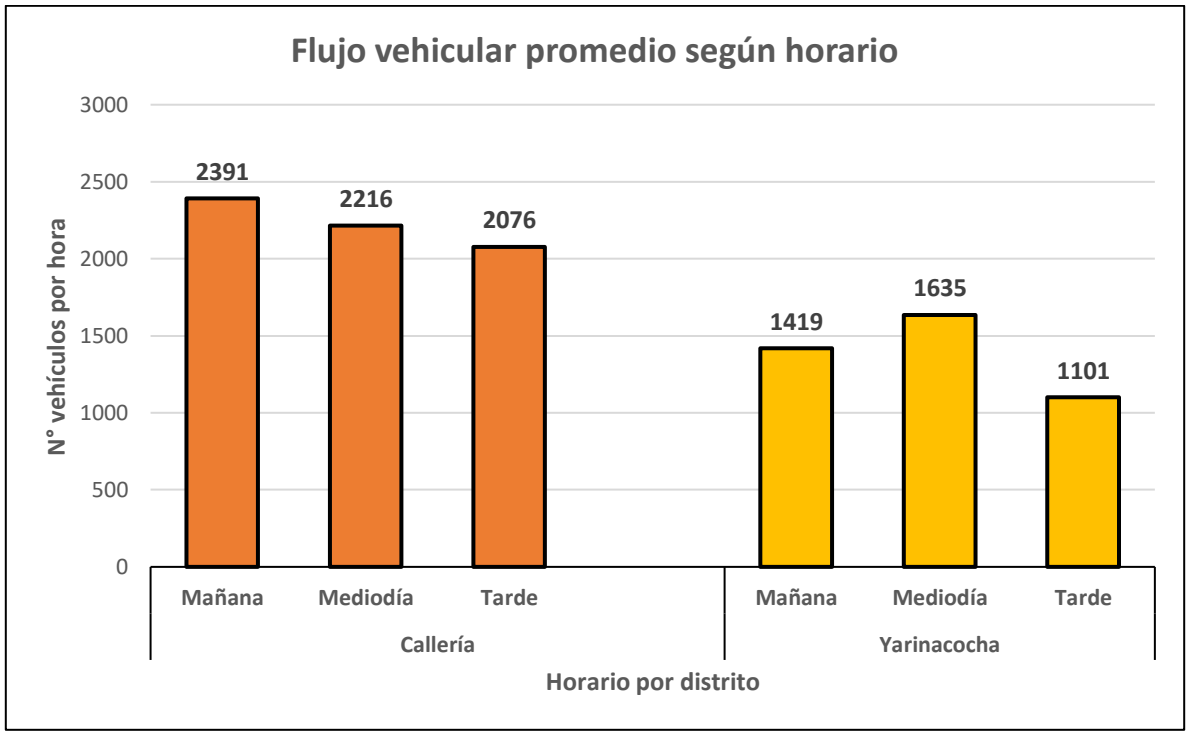
4.3.1. Tránsito vehicular promedio según horario

En la figura 9, se muestran el número de vehículos según horario evaluados en los puntos de muestreo de las zonas comerciales de Callería y Yarinacocha. Como se puede observar, a nivel del distrito de Callería la mayor cantidad de vehículos (2,391) que transitan por zonas comerciales, ocurre en horas de la mañana, el cual equivale al 36% del total, le sigue el horario de mediodía con 2,216 vehículos y por último el horario tarde, con 2,076 vehículos.

Si comparamos con el distrito de Yarinacocha la mayor cantidad de vehículos que transitan por zonas comerciales es 16,35 vehículos y ocurre en horario del mediodía y equivale al 39% del total, le sigue el horario mañana con 1419 vehículos y por último el horario tarde, con 1101 vehículos.

Figura 9.

Número de vehículos por horario y distrito.



4.4. Relación de flujo vehicular versus índice de calidad del aire por CO.

4.4.1. Análisis de correlación de INCA CO en horario mañana

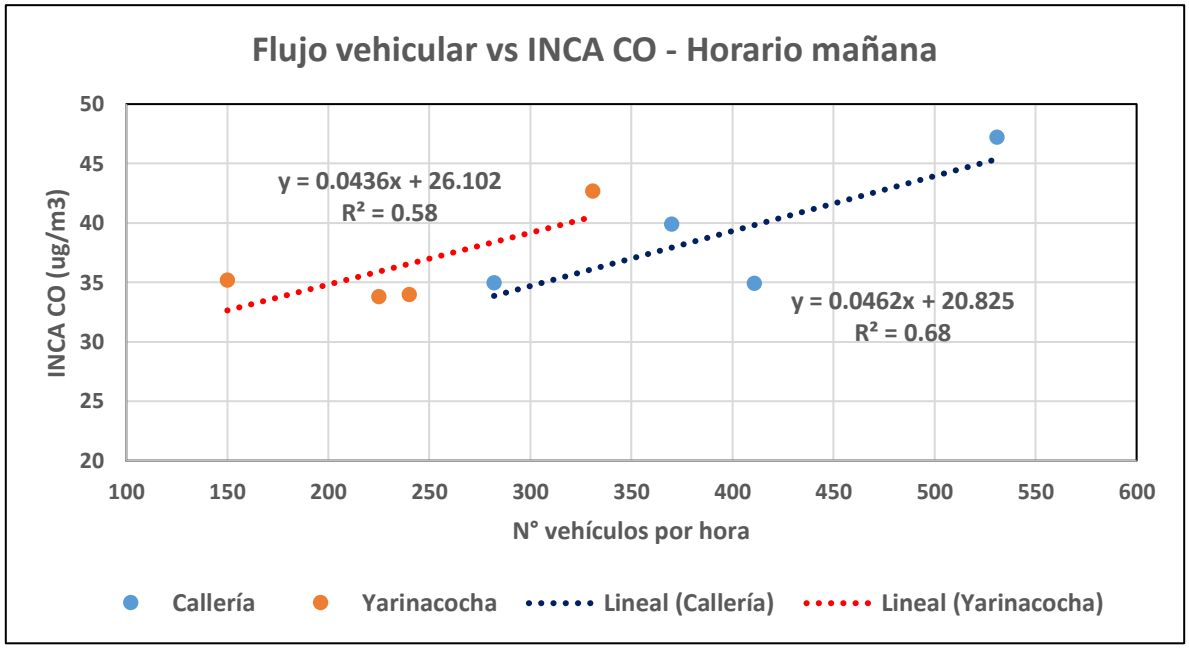
Con los datos obtenidos del flujo vehicular (Número de vehículos) y el índice de la calidad del aire-INCA (ug/m3) para monóxido de carbono, se procedió a realizar la prueba de correlación de Pearson (r) para medir el grado de correlación estadística que existen entre las variables estudiadas.

En la figura 10, se puede observar que el coeficiente de correlación de Pearson, entre flujo vehicular del horario mañana e índice de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) de zonas comerciales de Callería, es de r=0.82 (Coeficiente de determinación de R2=0.68), lo que quiere decir que, existe una asociación positiva considerable, entre flujo vehicular e INCA por CO, dando entender que a medida que los valores del flujo vehicular aumentan, los valores del índice de calidad del aire también aumentan, en consecuencia y en razón a esta situación, se entiende que la calidad del aire se deteriora.

Mientras que para el distrito de Yarinacocha, el coeficiente de correlación Pearson es mayor, equivalente a r=0.76 (Coeficiente de determinación de R2=0.58), a pesar de tener un valor superior al del distrito de Callería, existe la misma asociación positiva considerable entre las variables estudiadas, este resultado nos explica que a medida que los valores del flujo vehicular aumentan, los valores del índice de calidad del aire también aumentan, sin embargo, la calidad del aire no mejora cuando los índices de calidad del aire se incrementan, más bien se deteriora, porque la buena calidad del aire está relacionada con la menor concentración de monóxido de carbono, para que la calidad del aire sea considerado como aceptable es que la concentración de CO debería de estar por debajo de los 5000 ug/m3.

Figura 10.

Correlación entre flujo vehicular e índice de calidad del aire por CO en horario mañana.



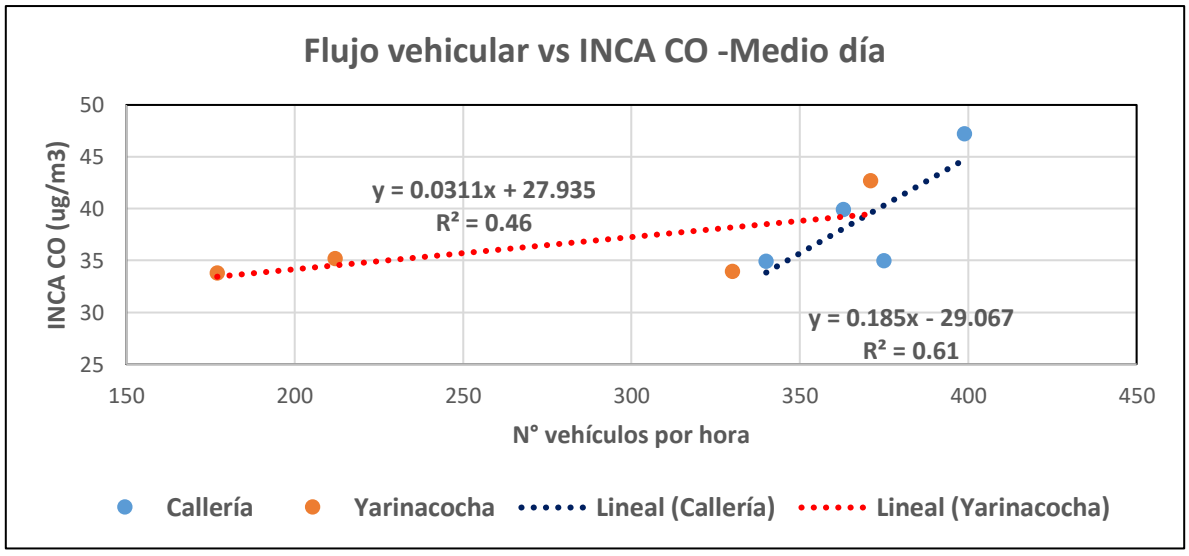
4.4.2. Análisis de correlación de INCA CO en horario mediodía

En la figura 11, se puede observar que el coeficiente de correlación de Pearson, entre flujo vehicular del horario mediodía e índice de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) de zonas comerciales de Callería, es de r=0.78 (Coeficiente de determinación de R2=0.61), lo que nos indica que, existe una asociación positiva considerable, entre flujo vehicular e INCA por CO, dando entender que a medida que los valores del flujo vehicular aumentan, los valores del índice de calidad del aire también aumentan, en consecuencia y en razón a esta situación, se entiende que la calidad del aire podría deteriorarse cuando la concentración de CO sea mayor a 5000 ug/m3.

Si comparamos con el distrito de Yarinacocha, el coeficiente de correlación Pearson es menor, equivalente a r=0.68 (coeficiente de determinación de R2=0.46), pero a pesar de ello el grado de correlación se califica como una asociación positiva media entre variables estudiadas. En consecuencia, cuando los valores del flujo vehicular aumenten podría también aumentar los índices de calidad del aire. Cabe mencionar que la buena calidad del aire está relacionada con la menor concentración de monóxido de carbono, es decir, para que la calidad del aire sea considerada como aceptable y sin riesgos para la salud es que la concentración de CO debería de estar por debajo de los 5000 ug/m3. En este caso, el promedio de CO para todos los puntos de muestreo es igual a 3925 ug/m3.

Figura 11.

Correlación de flujo vehicular versus índice de calidad del aire por CO en horario de medio día.



4.4.3. Análisis de correlación de INCA CO en horario tarde

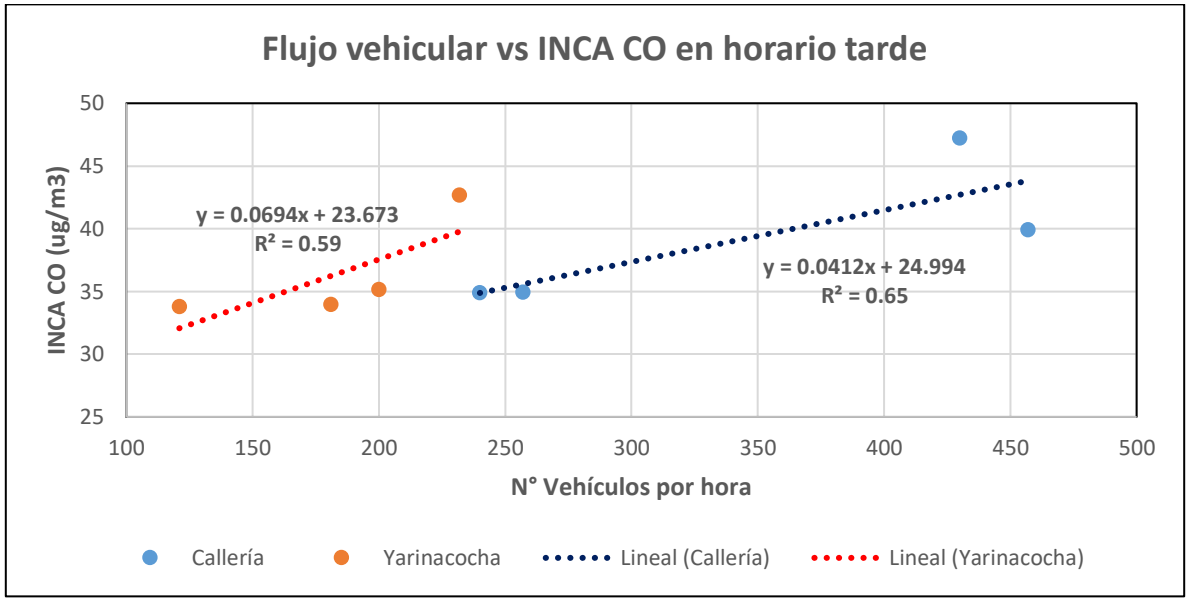
En la figura 12, se puede observar que el coeficiente de correlación de Pearson, entre flujo vehicular del horario tarde e índice de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) de zonas comerciales de Callería, es de r=0.80 (Coeficiente de determinación R2=0.65), lo que nos indica que, existe una asociación positiva considerable, entre flujo vehicular e INCA por CO, dando entender que a medida que los valores del flujo vehicular aumentan, podría aumentar también los valores del índice de calidad del aire de CO, en consecuencia, nos indica que la calidad del aire podría deteriorarse cuando la concentración de CO sea mayor a 5,000 ug/m3, en este caso el promedio de CO es igual a 3,925 ug/m3, con lo cual, existen posibilidades que la calidad del aire se pueda calificar como “BUENA”.

Mientras que el distrito de Yarinacocha, experimenta que el coeficiente de correlación Pearson es menor, equivalente a r=0.77 (Coeficiente de determinación de R2=0.59), indicando que el grado de correlación tiene una asociación positiva considerable entre las variables de flujo vehicular de la tarde versus INCA CO. En consecuencia, cuando los valores del flujo vehicular aumenten también podría aumentar los índices de calidad del aire. Cabe mencionar que la buena calidad del aire está relacionada con la menor concentración de monóxido de carbono, es decir, para que la calidad del aire sea considerada como aceptable y sin riesgos para la salud, la concentración de CO debería de estar por debajo de los 5,000 ug/m3. En este caso, el promedio de CO para todos los puntos de muestreo es igual a 3,925 ug/m3

y en tal sentido, existe la posibilidad de que la calidad del aire cumpla con los estándares de calidad ambiental (ECA).

Figura 12.

Correlación de flujo vehicular versus índice de calidad del aire por CO en horario tarde.



García Ruiz (2019), en su estudio denominado “Evaluación de la concentración de CO, NO2 y SO2 en el aire por tráfico vehicular en el distrito de Morales, 2018”, encontró que existe una relación directa entre el flujo vehicular y la concentración de CO, es decir a mayor flujo vehicular, mayor concentración de CO y por ende menor calidad del aire. (Vallejos Ticliahuanca, 2022) en su estudio “Determinación de la concentración de monóxido de carbono y su relación con el parque automotor en la ciudad de Moyobamba, 2019”, encontró como principal resultado la influencia del tráfico vehicular en la concentración de monóxido de carbono presente en la ciudad

de Moyobamba, concluyendo que a mayor flujo vehicular mayor concentración y viceversa. Asimismo, Flores (2018), determinó que los puntos donde existe mayor congestión o flujo vehicular existen mayor concentración de monóxido de carbono. Berdugo Arrieta & Ramirez Rivas (2016), en su estudio denominado “Incidencia del flujo vehicular en la calidad del aire en sitios críticos por población, movilidad y características geométricas de vías en la ciudad de Cartagena-Colombia”, se concluye que la incidencia del flujo vehicular en la calidad del aire en los sitios escogidos, es alta. Todos los estudios anteriores, confirman los resultados encontrados en la presente investigación, cual es la relación entre flujo vehicular y calidad del aire, tal y cual como se puede observar en las figuras 16, 17 y 18 aplicado a los horarios de mañana, mediodía y tarde de las variables estudiadas.

4.4.4. Análisis de Varianza (ANOVA)

El ANOVA se realizó para constatar si el parque automotor evaluado en horario mañana, mediodía y tarde influye estadísticamente en los índices de calidad de aire de CO de zonas comerciales de Callería y Yarinacocha. Además, se realizó la prueba de significancia que permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de las k poblaciones (K>2) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado.

- ✓ $H_0: v_1 = v_2|$
- ✓ $H_1: v_1 \neq v_2$

Como se observa en la tabla 8, y en función del análisis estadístico obtenido para el distrito de Callería, se puede apreciar que los valores críticos de F son mayores al valor de significancia de 0.05; por lo tanto, podemos concluir que existe asociación significativa entre el flujo vehicular (según horarios de mañana, mediodía y tarde), y el índice de calidad del aire por monóxido de carbono. Sin embargo, en el análisis de varianza del horario mediodía, observamos que el valor crítico de F es menor que el valor de significancia de 0.05; por lo tanto, se concluye que no existe asociación significativa entre el flujo vehicular de mediodía y el índice de calidad del aire por monóxido de carbono.

Tabla 8.

Análisis de varianza del INCA de monóxido de carbono del distrito de Callería.

ANÁLISIS DE VARIANZA-INCA CO - HORARIO MAÑANA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	3941.08264	3941.08264	85.6419508	0.068525938
INCA CO	2	92.0362649	46.0181324		
Total	3	4033.1189			
ANÁLISIS DE VARIANZA-INCA CO - HORARIO MEDIO DIA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	4014.21175	4014.21175	416.059636	0.031185646
INCA CO	2	19.2963287	9.64816436		
Total	3	4033.50808			
ANÁLISIS DE VARIANZA-INCA CO - HORARIO TARDE					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	3812.31947	3812.31947	34.4712098	0.107399967
INCA CO	2	221.188609	110.594304		
Total	3	4033.50808			

En la tabla 9, se observa que para el distrito de Yarinacocha, todos los valores críticos de F en horario mañana, mediodía y tarde, son mayores a los valores de significancia de 0.05; por lo tanto, se concluye que existe asociación significativa entre flujo vehicular según horarios y el índice de calidad del aire por monóxido de carbono.

Tabla 9.

Análisis de varianza del INCA de monóxido de carbono del distrito de Yarinacocha.

ANÁLISIS DE VARIANZA-CO MAÑANA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	3383.77266	3383.77266	45.2984183	0.093901594
Residuos	2	149.399153	74.6995765		
Total	3	3533.17182			
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	3280.65222	3280.65222	25.9833482	0.123325221
Residuos	2	252.519591	126.259795		
Total	3	3533.17182			
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	3413.29397	3413.29397	56.9462005	0.083873497
Residuos	2	119.877847	59.9389237		
Total	3	3533.17182			

4.5. Relación de flujo vehicular versus índice de calidad del aire por material particulado (PM_{10})

4.5.1. Análisis de correlación de INCA por PM_{10} en horario mañana

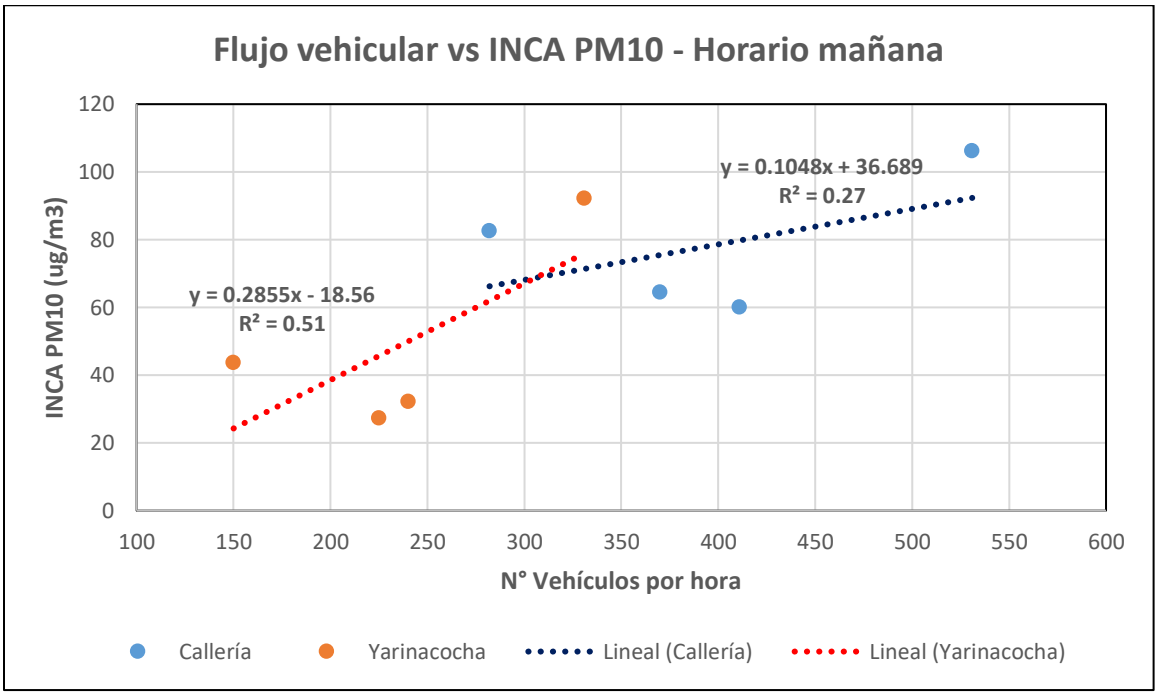
Según datos obtenidos del flujo vehicular (Número de vehículos) y el índice de la calidad del aire-INCA (ug/m3) para material particulado(PM10), se procedió a realizar la prueba de correlación (R2) para medir el grado de correlación estadística que existen entre las variables estudiadas.

En la figura 13, se puede observar que el coeficiente de correlación de Pearson, entre flujo vehicular del horario mañana e índice de calidad del aire por PM10 de zonas comerciales de Callería, es de r=0.52 (Coeficiente de determinación de R2=0.27), lo que quiere decir que, existe una asociación positiva media, entre flujo vehicular e INCA por PM10, dando entender que a medida que los valores del flujo vehicular aumentan, los valores del índice de calidad del aire también aumentan, en ese sentido, se interpreta que la calidad del aire se deteriora a medida que el tránsito vehicular se incrementa.

Si comparamos con el distrito de Yarinacocha, el coeficiente de correlación es mayor, equivalente a r=0.71 (Coeficiente de determinación de R2=0.51); lo que quiere decir que existe asociación positiva media entre variables estudiadas. Este resultado explica que a medida que los valores del flujo vehicular aumentan, los valores del índice de calidad del aire también aumentan, sin embargo, la calidad del aire no mejora cuando los índices de calidad del aire se incrementan, más bien se deteriora, porque la buena calidad del aire está relacionada con la concentración de material particulado (PM10), para que la calidad del aire sea considerado como aceptable, la concentración de PM10 debería de estar por debajo de los 50 ug/m3, y es así ya que el promedio de los valores de PM10 de los puntos de muestreo evaluados tienen un promedio igual a 49 ug/m3.

Figura 13.

Flujo vehicular versus calidad del aire por material particulado (PM_{10})



4.5.2. Análisis de correlación de INCA por PM_{10} en horario mediodía

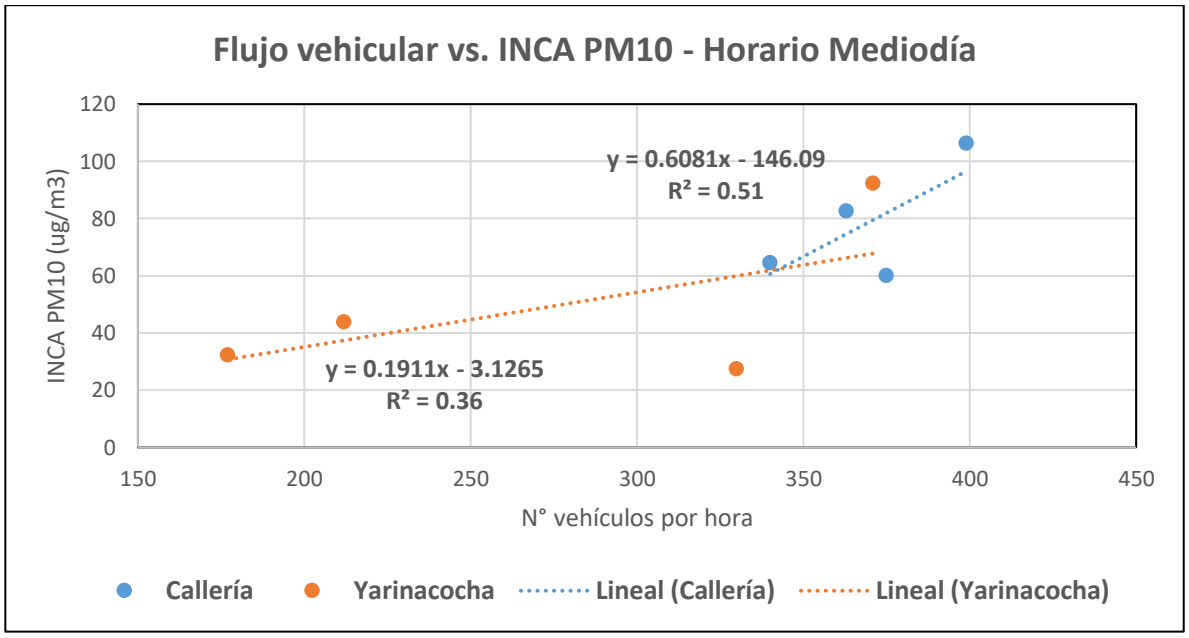
En la figura 14, se puede observar que el coeficiente de correlación de Pearson, entre flujo vehicular del horario mediodía e índice de calidad del aire por PM10 de zonas comerciales de Callería, es de r=0.71 (Coeficiente de determinación de R2=0.51), lo que quiere decir que, existe una asociación positiva media, entre flujo vehicular e INCA por PM10, dando entender que a medida que los valores del flujo vehicular aumentan, los valores del índice de calidad del aire también aumentan, en ese sentido, se interpreta que la calidad del aire se deteriora a medida que el tránsito vehicular se incrementa.

Si comparamos con el distrito de Yarinacocha, el coeficiente de correlación de Pearson es menor y equivalente a r=0.60 (Coeficiente de

determinación de R2=0.36); lo que quiere decir, que existe asociación positiva media entre variables estudiadas. Este resultado explica que a medida que los valores del flujo vehicular aumentan, los valores del índice de calidad del aire también aumentan.

Figura 14.

Flujo vehicular versus calidad del aire por material particulado (PM_{10}) Horario mediodía.



4.5.3. Análisis de correlación de INCA PM_{10} en horario tarde

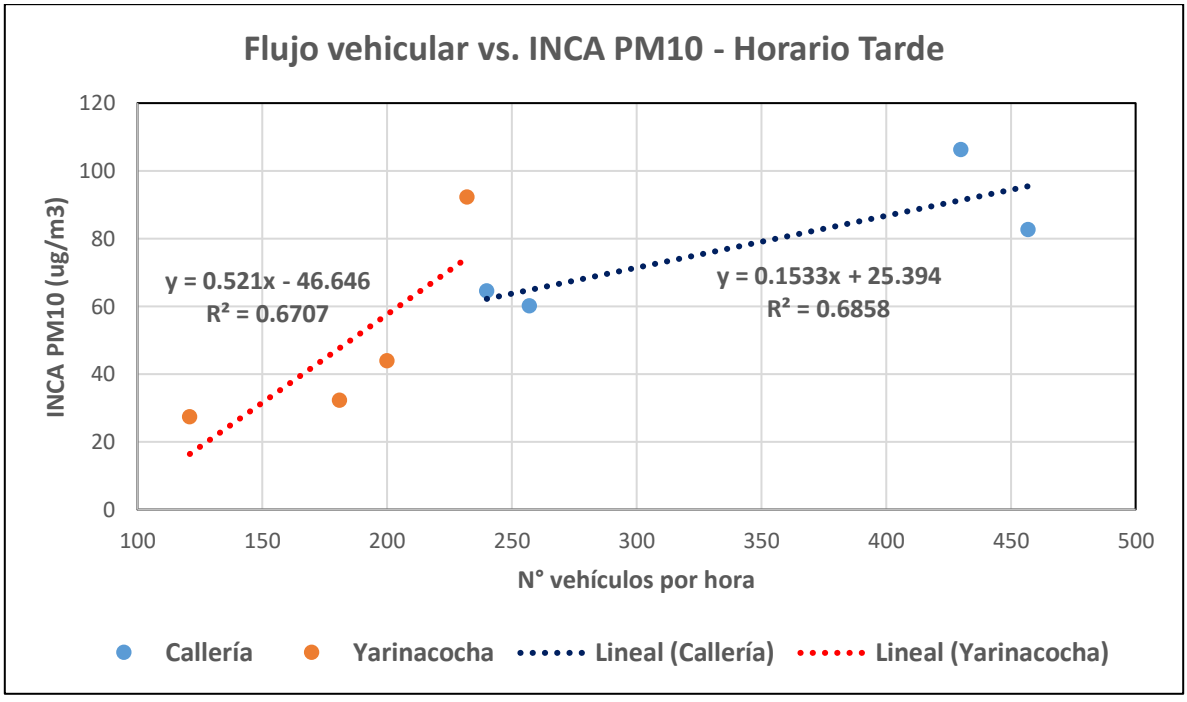
En la figura 15, se puede observar que el coeficiente de correlación de Pearson, entre flujo vehicular del horario tarde e índice de calidad del aire por PM10 de zonas comerciales de Callería, es de r=0.83 (Coeficiente de determinación de R2=0.69), lo que quiere decir que, existe una asociación positiva considerable, entre flujo vehicular e INCA por PM10, dando entender que a medida que los valores del flujo vehicular aumentan, los valores del

índice de calidad del aire también aumentan, en ese sentido, se interpreta que la calidad del aire se deteriora a medida que el tránsito vehicular se incrementa.

Si comparamos con el distrito de Yarinacocha, el coeficiente de correlación de Pearson es equivalente a r=0.82 (Coeficiente de determinación de R2=0.67); lo que quiere decir que existe asociación positiva considerable entre las variables estudiadas. Este resultado explica que a medida que los valores del flujo vehicular aumentan, los valores del índice de calidad del aire también aumentan.

Figura 15.

Flujo vehicular versus calidad del aire por material particulado (PM_{10}), Horario tarde.



4.5.4. Análisis de varianza (ANOVA) del INCA PM10

El ANOVA se realizó para constatar si el parque automotor evaluado en horario mañana, mediodía y tarde influye estadísticamente en los índices de calidad de aire de PM10 de las zonas comerciales de Callería y Yarinacocha. Además, se realizó la prueba de significancia que permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de las k poblaciones (K>2) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado.

- ✓ H_0: $v_1 = v_2$
- ✓ H_1: $v_1 \neq v_2$

Como observamos en la tabla 10, y en función del análisis estadístico obtenido para el distrito de Callería, se puede apreciar que todos los valores críticos de F son mayores al valor de significancia de 0.05; por lo tanto, podemos concluir que existe asociación significativa entre el flujo vehicular (según horarios de mañana, mediodía y tarde), y el índice de calidad del aire por material particulado (PM10).

Tabla 10. Análisis de varianza del INCA PM10 del distrito de Callería

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	13434.1915	13434.1915	22.4310632	0.132471606
Residuos	2	1197.8203	598.910151		
Total	3	14632.0118			
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	14322.226	14322.226	92.4653449	0.065967846
Residuos	2	309.785812	154.892906		
Total	3	14632.0118			
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	14219.2876	14219.2876	68.9045478	0.076325266
Residuos	2	412.724211	206.362106		
Total3		14632.0118			

Tal como se observa en la tabla 11, y en función del análisis estadístico obtenido para el distrito de Yarinacocha, se puede apreciar que todos los valores críticos de F son mayores al valor de significancia de 0.05; por lo tanto, podemos concluir que existe asociación significativa entre el flujo vehicular (según horarios de mañana, mediodía y tarde), y el índice de calidad del aire por material particulado (PM10). Asimismo, el valor del estadístico de prueba “F” para el INCA PM10 es distinto de 1 para cualquier

nivel de significación y, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y queda confirmada que son estadísticamente diferentes.

Tabla 11.

Análisis de varianza del INCA PM10 del distrito de Yarinacocha

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	3212.96505	3212.96505	12.7644286	0.173742338
Residuos	2	503.424813	251.712407		
Total	3	3716.38986			
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	3124.92245	3124.92245	10.5666766	0.189994953
Residuos	2	591.467416	295.733708		
Total	3	3716.38986			
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	1	3124.92245	3124.92245	10.5666766	0.189994953
Residuos	2	591.467416	295.733708		
Total	3	3716.38986			

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se analizaron los niveles de calidad de aire obteniendo la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en zonas comerciales de Callería, fue de 3,925 µg/m^3, mientras que para el distrito Yarinacocha fue de 3,641 µg/m^3 los mismos que no sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (10000 µg/$m^{3)}$ y, por tanto, se concluye que no existe contaminación por monóxido de carbono en zonas comerciales del distrito Callería y Yarinacocha,

- La concentración promedio de material particulado (PM_{10}) en zonas comerciales del distrito Callería, fue de 78 µg/m^3, mientras que para el distrito Yarinacocha fue de 49 µg/m^3 los mismos que no sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (100 µg/$m^{3)}$ y, por tanto, se concluye que no existe contaminación por monóxido de carbono en zonas comerciales del distrito Callería.

- El índice de la calidad del aire promedio por monóxido de carbono (CO) en zonas comerciales de Callería, fue de 39.2 µg/m^3, siendo el Centro de Pucallpa el lugar donde se registró el mayor valor del INCA (47.2 µg/m^3). Mientras que en distrito Yarinacocha el promedio de INCA fue de 36.4 µg/m^3, y el lugar donde se registró mayor INCA fue el punto 5 de Miraflores; indicando que los valores obtenidos del INCA califican dentro

de la categoría de “BUENA”, por tanto, se concluye que la calidad del aire es satisfactoria y no representa ningún riesgo para la salud. Y , el índice de la calidad del aire promedio por material particulado (PM_{10}) en zonas comerciales de Callería fue de 78.4 µg/m^3, el Centro de Pucallpa, fue el lugar donde se registró el mayor valor INCA (106 µg/m^3) y el menor valor INCA fue registrado en el punto 2 de Inmaculada (60.2 µg/m^3). Para el distrito Yarinacocha el INCA promedio de PM10 fue de 49.0 µg/m^3, siendo Miraflores el punto 5 donde se registró el mayor INCA (43 µg/m^3) y el menor valor INCA registrado fue en el punto 7 de Palmeras (27 µg/m^3); concluyendo que en todos puntos evaluados la calidad del aire es “BUENA”, excepto del Centro de Pucallpa, donde la calidad del aire es “MALA” representando riesgo de salud para la población sensible.

- En base a los 8 puntos de muestreo se determinó que los trimóviles y motocicletas son los que representan el mayor flujo vehicular y los de menor flujo son los buses. Asimismo, en el punto del centro de Pucallpa (P1) es donde mayor flujo vehicular existe, seguido del punto Saenz Peña (P3) del distrito de Callería. Mientras que los puntos donde se registraron menor tránsito vehicular están representados por el punto Palmeras (P7) y el punto Arborización (P6) del distrito de Yarinacocha.

- Según análisis de regresión y análisis de varianza, el flujo vehicular tiene influencia sobre el índice de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) de las zonas comerciales del distrito

de Callería y Yarinacocha; indicando que los lugares donde existe mayor flujo vehicular existe mayor índice de calidad del aire por CO y PM10 y los lugares donde hay menor flujo vehicular existe menor índice de calidad del aire. En consecuencia, cuando el flujo vehicular aumenta, la calidad del aire disminuye.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar muestreos de la calidad del aire para ambos distritos, ampliando los lugares y delimitando la época lluviosa (entre enero, febrero y marzo) de la época no lluviosa (entre junio, julio y agosto), para poder determinar que tanto y de qué manera influye principalmente la condición de precipitación en la dinámica de los contaminantes generados.

- Desarrollar proyectos de investigación relacionado con la dispersión de contaminantes de la ciudad de Pucallpa y Yarinacocha, con la finalidad de tomar medidas de prevención con respecto a la salud de la población sensible y personas que se encuentran con mayor riesgo y exposición a la contaminación de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$).

- Realizar investigación para determinar la concentración y calidad del aire de contaminantes primarios, teniendo en cuenta la clasificación de sectores: residencial, comercial e industrial, en mérito a la zonificación establecida por la Municipalidad Provincial de Coronel Portillo.

- Se sugiere a las autoridades municipales realizar el control de emisiones de gases contaminantes de vehículos que circulan en Pucallpa y Yarinacocha, con el objetivo de dar cumplimiento a normativas ambientales, asimismo, recomendar la creación de ordenanzas para el control de reducción de emisiones de contaminantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICASB

Aguirre Sanches , J. M. (2021). “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO, EN ZONAS DE ALTA CONGESTIÓN VEHICULAR EN EL DISTRITO DE ILO, 2019”. *Tesis de pre grado.* Universidad Nacional de Moquegua, Ilo. Obtenido de https://repositorio.unam.edu.pe/items/d6c9b79b-3bc5-4557-8a9c-2c93f95f62df

Alfonso Corredor, D. M. (2018). Emisiones de material particulado de los vehículos en Bogota. Estrategias de gestión ambiental para su mitigación. *Tesis de Maestria.* Pontificia Universidad Javeriana, Bogota. Obtenido de https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/38114/DOCUMENTO%20DIANA%20MELISA%20ALFONSO.pdf

Alva Huamán, D. (2018). *Concentración de material particulado, monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en la planta de producción de óxido de calcio Puylucana, Cajamarca.* Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Unidad de Posgrado de l Facultad de Ciencias Agrarias.

Arana Mori, C. E. (2017). Relación entre monóxido de carbono, material particulado 2,5 con parámetros ambientales específicos de la ciudad de Cajamarca con las infecciones respiratorias agudas en niños menores de 5 años, periodo 2013-2015. *Tesis de maestria.* Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1437

Ballester, F., Tenías, M., & Peréz, S. (1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. *Esp. Salud Publica, 73*(2). doi:10.1590/s1135-57271999000200002

Beleño Montagut, L., Colegial Gutierres , J. D., & Barrera Perez, M. L. (2020). Correlación entre el flujo vehicular, el PM 2,5 y variables meteorológicas, un estudio de caso oriente de Bucaramanga (Colombia). *BISTUA (Revista de la facultad de ciencias Básicas)*, 11. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/357111160_Correlacion_entre_el_flujo_vehicular_el_PM25_y_variables_meteorologicas_un_estudio_de_caso_al_oriente_de_Bucaramanga_Colombia

Benavides Ballesteros, H. &. (05 de Mayo de 2019). *Slideshare.* Obtenido de Slideshare: https://es.slideshare.net/JovannaRamos/gases-de-efecto-invernadero-y-el-cambio-climatico

Berdugo Arrieta, J. D., & Ramirez Rivas, D. E. (Marzo de 31 de 2016). *INCIDENCIA DEL FLUJO VEHICULAR EN LA CALIDAD EN LA CALIDAD DEL AIRE EN SITIOS CRITICOS POR POBLACION, MOVILIDAD Y CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LAS VIAS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA.* Obtenido de https://repositorio.unicartagena.edu.co/entities/publication/f7473dc0-cfb7-496b-a6b5-72c0eac349c5

Borja, S. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingeniero.*

Cabrera, C., Maldonado, M., Walter, A., Pacheco, R., Gitaldo, A., & Loaysa, S. (2002). *Relaciones entre Calidad Ambiental y Calidad de Vida en Lima Metropolitana.* Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas.

Canales Manchuria , A. F. (2022). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN EL DISTRITO DE MARIANO MELGAR PARA ELABORAR LA PROPUESTA DE REORDENAMIENTO VEHICULAR. *Tesis de pre grado.* Universidad Católica de Santa Maria, Arequipa. Obtenido de https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11564

Canales Manchuria, G. P.-M. (2019). "MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LOS GASES MONÓXIDO DE CARBONO (CO), DIÓXIDO DE CARBONO (CO2), HIDROGENO SULFURADO (H2S) PRESENTES EN EL DISTRITO DE ALTO SELVA ALEGRE - AREQUIPA". *Tesis de pre grado.* UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, Arequipa. Obtenido de https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3160522

Cárdenas Franco, H. (2010). Consideraciones del material particulado en Bogotá. Alternativas tecnológicas de medición de la calidad del aire. *Red de Revista Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.*, 103-115.

Cáuper, V., & Medina, B. (2022). Efecto de la producción de carbon vegetal en la calidad de aire en el distrito de Manantay - Ucayali. *Tesis de Pregrado.* Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa.

Chaparro, L. R., Cuervo, M. P., & Toro, M. A. (2001). Emisiones al ambiente en Colombia. En M. y. Instituto de Hidrología, *El medio ambiente en Colombia* (págs. 530-542). Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

Consorcio Planificando Perú . (2017). *Actualización del Plan de Desarrollo Urbano de Coronel Portillo, incluye a los distritos conurbados de Callería, Yarinacocha y Manantay - provincia de Coronel Portillo - Región Ucayali 2017-2027.* Pucallpa: Municipalidad Provincial de Coronel Portillo.

Contreras, N. (2019). Diagnóstico de la calidad del aire en la comuna de Curanilahue. Caracterización de las principales fuentes de contaminación atmosférica y propuestas de medidas de gestión. *Tesis de Posgrado.* Universidad de Concepción, Concepción.

Delgado, P. (2016). *Evaluación de la Calidad del aire referente a emisiones de gases de combustión: Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Azufre (SO2) y Dióxido de Nitrógeno (NO2) generados por los vehículos que transitan en el sector de Durán.* Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química.

Dextre, E. (2016). Comportamiento de las variables meteorológicas y su relación con la calidad de aire por material particulado (PM2.5), San Juan de Lurigancho". *Tesis de Posgrado.* Universidad César Vallejo, Lima.

Dirección General de Salud Ambiental. (2010). *Monitoreo de Calidad del Aire en la Ciudad de Pucallpa Marzo del 2010.* Pucallpa: Ministerio de Salud.

Ecoestrategia. (15 de Agosto de 2019). *Ecoestrategia.* Obtenido de Obtenido de Ecoestrategia: http://www.ecoestrategia.com/articulos/glosario/glosario.pdf

Fang, G. C. (2003). Caracterización de partículas, elementos metálicos de aerosoles de TSP, PM(2.5) y PM(2.5-10) en un sitio de muestreo de una granka en Taiwán, Taichung. *The Science of the Total Environment*, 157-166.

Flores Vela, L. S. (2023). FLUJO VEHÍCULAR Y SU INFLUENCIA SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE POR NO2 Y SO2 EN EL DISTRITO DE CERCADO DE LIMA - 2020. *Tesis de pre grado.* Universidad Nacional Federico Villareal, Lima. Obtenido de http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6846#:~:text=La%20presente%20tesis%20tuvo%20como%20objetivo%20determinar%20la,de%20mitigaci%C3%B3n%20que%20mejoren%20la%20calidad%20del%20aire.

Gaitán Varón, M. &. (2017). *Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas.* Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombia ISBN: 978-958-8901-64-0.

García R., F. A. (2006). Distribución espacial y temporal de la concentración de material particulado en Santa María, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 73-82.

García Ruíz, A. E. (2019). Evaluación de la concentración de CO, NO2 y SO2 en el aire por tráfico vehicular en el distrito de Morales, 2018. *Tesis de pre grado.* UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN, Tarapoto. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2608

Gerencia Regional Forestal y de Fauna Silvestre. (2021). *PLATAFORMA ESTADÍSTICA REGIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE DE UCAYALI - GERFFS*. Obtenido de Industrias Forestales: https://gerffsregionucayali.org/estadistica

Gobierno Regional de Ucayali. (2016). *Análisis de Situación de Salud de Ucayali.* Pucallpa: Dirección Regional de Salud de Ucayali - Dirección de Epidemiología.

Gómez-Yepes, M. &. (2010). Análisis de la Incidencia de Patologías Respiratorias por Exposición al Polvo de Madera en os Carpinteron del Quindío (Colombia). *Ciencia y Trabajo*, 433-439.

Gonzalez Del Aguila, J. (2014). *Medidas de prevención y control de la contaminación industrial maderera para evitar el deterioro de la salud de los trabajadores y poblaciones aledañas en la región Loreto - Perú, 2013.* Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Escuela de formación profesional de Ingeniería en Ecología de bosques tropicales.

Gonzalo Guerra, J. G. (2007). Daño neurológico en intoxicación por monóxido de carbono. *Emergencias*, 19:48-9.

GOREU. (2005). *Estudio De La Calidad De Aire En La Ciudad De Pucallpa.* Ucayali.

Hernandez, R, & Fernandez, C. (2007). *Fundamentos de metodología de la investigación.* McGraw Hill/Interamericana de España SA.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL.

Holguín Ramos , C. R. (2022). Gestión de tráfico vehicular y calidad del aire del Centro Histórico de Cusco, 2021. *Tesis de maestria.* Universidad César Vallejo, Lima. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83235?locale-attribute=es

Inche, J. (2008). *Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones.* Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial-UNMSM.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2014). *Informe de Calidad de Aire en Ciudades.* Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Lizarbe Alarcon, H. (s.f.). CONGESTIÓN VEHICULAR Y CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL CENTRO HISTÓRICO DE AYACUCHO. *Tesis de Doctorado.* Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco.

Lluch Urpi, J. (2008). *Tecnología y Margen del Refino de Petróleo.* Madrid: Díaz de Santos S.A.

LQA . (2023). *PLAN AMBIENTAL DETALLADO – ZONA DE CONCESIÓN PUCALLPA.* Consultoría y Proyectos Ambientales S.A.C.

Matus, P. (2017). *Contaminación atmosférica: La composición química incide en su riesgo.* Med.

MINAM. (2014). *Informe Nacional de la Calidad de Airre.* Ministerio del Ambiente.

MINAM. (2017). *Estándar de Calidad Ambiental-Decreto Supremo N° 003-2017.* Ministerio del Ambiente.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). *Boletín - Evolución de producción del Sector Forestal. Dirección General de Políticas Agrarias - DGPA.* Lima: Dirección General de Políticas Agrarias - DGPA.

Ministerio del Ambiente - MINAM. (2013). *Informe Nacional de la Calidad del Aire.* Lima: Ministerio del Ambiente.

Ministerio del Ambiente - MINAM. (2015). *Informe de Balance de la Gestión Regional frente al Cambio Climático en el Páis. Avances, Logros, Dificultades, Retos y Oportunidades.* Lima: Ministerio del Ambiente.

Ministerio del Ambiente - MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM: Aprueban estándares de calidad ambiental del aire y establecen disposiciones complementarias.* Lima: Ministerio del Ambiente.

Ministerio del Ambiente - MINAM. (2019). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire D.S. N° 010-2019-MINAM.* Lima: Editora Perú.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire D.S. N° 010-2019-MINAM.* Lima: Editora Perú.

Ministerio del Ambiente. (2014). *Informe Nacional de la Calidad del Aire.* Lima: MINAM.

Ministerio del Ambiente. (2014). *Informe Nacional de la Calidad del Aire.* Lima: Ministerio del Ambiente - MINAM.

Miranda, Á. (1996). *La combustión.* Barcelona - España: CEAC Editorial S.A.

Miranda, Á. (1996). *La combustión.* Barcelona - España: CEAC Editorial S.A.

Miranda, K., & Ortíz, L. (2008). Evaluación de la concentración de material particulado suspendido pm10 y su relación con la morbilidad asociados a era`s en niños menores a catorce años por enfermedad respiratoria aguda en el municipio de toluviejo (Sucre). *(Tesis).* Universidad de la Salle, Bogotá.

Moragues, J. (2014). *Manual de tecnologías de medición de concentración de gases y material particulado en chimeneas y atmósfera. Ministerio del desarrollo y medio ambiente.* Ministerio del desarrollo y medio ambiente-Agentina.

Moreno, D., & Palmisano. (2012). *Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM10 y CO.* Pontificia Universidad Católica del Perú.

Nevers, N. (2008). *Ingeniería de control de la contaminación del aire - Tercera Reimpresión.* México: Mc Graw-Hill Interamericana Editors S.A. de C.V.

Oliu, G. N. (2010). Intoxicación por monóxido de carbono: claves fisiopatológicas para un buen tratamiento. *Emergencias*, 451-459.

OMS. (2005). *Emisiones de material particulado (PM10) y sus efectos sobre la salud.*

OMS/OPS. (2016). *Organización Mundial de la Salud/ Organización Panamericana de Salud*. Obtenido de https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire

Peralta, Q. (2017). *Determinación del nivel de riesgo de la calidad de aire por material particulado PM10 en los 5 sectores del distrito de Morales - San Martín .* UNIVERSIDAD PERUANA UNION .

Ramires, J., Pérez, A., Duque, N., & Aristizábal, B. (2016). Generación y representación de Indicadores de calidad de aire. *Dialnet Innovación e Investigación en ingeniería, 13*(2), 174. doi:ISSN-e 2339-3483

Réategui, P., Esteban, I., Pari, Q., Zeña, P., Caruzo, P., & Apaestegui, S. (2021). *Niveles de Monoxido de Carbono causado por la festividad de San Juan en la ciudad de Pucallpa.* Revista de Investigación Universitaria UNU.

Rivera Refulio, C. Y. (2020). Impacto del parque automotor y la calidad del aire en Lima Metropolitana durante las medidas de aislamiento social (COVID-19), 2020. *Tesis de pre grado.* Universidad Cesar Vallejo, Lima. Obtenido de https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/660

Rojas Bárdales , A., & Guerra Saldaña, M. (2022). Nivel de contaminación del aire urbano por partículas suspendidas respirables (PM-10 y PM-2,5). *REACAE*, 11. Obtenido de https://revistas.unsm.edu.pe/index.php/reacae/article/view/373

Román, W. (2019). Modelo de simulación y el monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Pucallpa. *Tesis de Doctorado.* Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Pucallpa.

Romero Placeres, M. D. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 2-11.

Romero Placeres, M. D. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 2-11.

S&P, S. P. (13 de Julio de 2020). *S&P Sistemas de Ventilación SLU.* Obtenido de El blog de la ventilación eficiente: https://www.solerpalau.com/es-es/blog/particulas-pm25/

Sánchez, A., & De la Rosa, J. (2009). *Caracterización del material particulado atmosférico de la provincia de Huelva.* Universidad de Huelva-España.

Sánchez, M. (15 de Noviembre de 2012). *Slideshare.* Obtenido de Obtenido de Slideshare: https://es.slideshare.net/MILEYSANZPEREZ/conceptos-bsicos-de-medio-ambiente

Sánchez, M. (15 de Noviembre de 2012). *Slideshare.* Obtenido de Obtenido de Slideshare: https://es.slideshare.net/MILEYSANZPEREZ/conceptos-bsicos-de-medio-ambiente

Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo. (2019). *Informe de monitoreo de la calidad ambiental del aire y parámetros meteorológicos, diciembre 2019.* Trujillo: Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo (SEGAT).

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI. (2020). *Vigilancia de la calidad del aire en el área Metropolitana de Lima y Callao.* Lima: Ministerio del Ambiente.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2020). *Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2019.* Lima: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2020). *Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2019.* Lima: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.

Tellez, J. R. (2006). Contaminación por monóido de carbono: un problema de salud ambiental. *Revista de Salud Pública*, 108-117.

Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, A. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: Un problema de la salud ambiental. *Salud Publica (Bogota), 8*(1), 108–17. doi:10.1590/S0124-00642006000100010

Tirado, L., Tirado, E., Tirado, I., Mena, F., & Gonzalo, E. (2021). *Análisis y evaluación de los niveles de CO y CO2 en la ciudad de Tacna en relación con el parque automotor y los estándares de calidad ambiental del aire.* Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.

Tuesta, T. (2014). Evaluación de la gestión ambiental de la industria forestal de Callería, Yarinacocha y Manantay. Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

Tzintzun, M. (2005). Las partículas suspendidas en tres grandes ciudades mexicanas. *Gaceta Ecológica*, 15-28.

Valeriano, J. (2019). Relación de las variables meteorológicas en la dispersión espacio temporal de los contaminantes atmosféricos (PM2.5, PM10, SO2, NO2, O3) del distrito de Pacocha, Moquegua, 2019 – 2020. *Tesis de Posgrado.* Universidad Continental, Moquegua.

Vallejos Ticliahuanca, F. R. (2022). Determinación de la concentración de monoxido de carbono y su relación con el parque automotor en la ciudad de Moyobamba, 2019. *Tesis de pre grado.* Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba. Obtenido de https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4808

Vera Poclin, E. F., & Zapata Nuñes, J. P. (2017). Propuesta para la solución de la congestión vehicular en la avenida Javier Prado este (entre la avenida la molina y la calle los Tianos). *Tesis de pre grado.* Universidad de San Martin de Porres, Lima. Obtenido de https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/3024

Vivar Martínez, E. (2014). Cuantificación de material particulado PM10 y su efecto toxicológico-ambiental, en la ciudad de Azogues. *Tesis De Maestria En Toxicologia Industrial Y Ambiental*, 109.

Zuk, M. T. (2007). *Tercer almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en nueve ciudades mexicanas.* México D.F.: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).

ANEXOS

Anexo 1. Formatos de evaluación

Tabla 1. Formato para la identificación de la estación de muestreo.

EVALUADOR:	
PUNTO DE MUESTREO:	
COORDENADAS UTM:	
DISTRITO:	**PROVINCIA:**
FECHA:	
FOTOGRAFÍA	
DESCRIPCIÓN	

Tabla 2. Formato para la hoja de datos de monóxido de carbono (CO).

Fecha: _____ **Responsable: _____**

Nombre /N° Punto de Muestreo: _____

Método de Muestreo y Análisis: _____

Ubicación: _____

Equipo de Muestreo: _____

Nº días

Horas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Prom	V. Max	V. Min
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
Prom																		
V. Max																		
V. Min																		

OBSERVACIONES:

Tabla 3. Formato para el registro de material particulado (pm 10).

EVALUADOR:	
PUNTO DE MUESTREO:	
DIRECCIÓN:	
DISTRITO:	PROVINCIA:
COORDENADAS UTM:	
EQUIPO DE MUESTREO:	

PARÁMETRO	N° DE REGISTRO	MEDICIÓN		
		FECHA(D/M/A)	HORA	VALOR PROMEDIO
MATERIAL PARTICULADO (PM10) Microgramos por metro cúbico (ug/m_3)	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
	21			
	22			
	23			
	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	29			
	30			
		VALOR PROMEDIO DIARIO		

OBSERVACIONES:

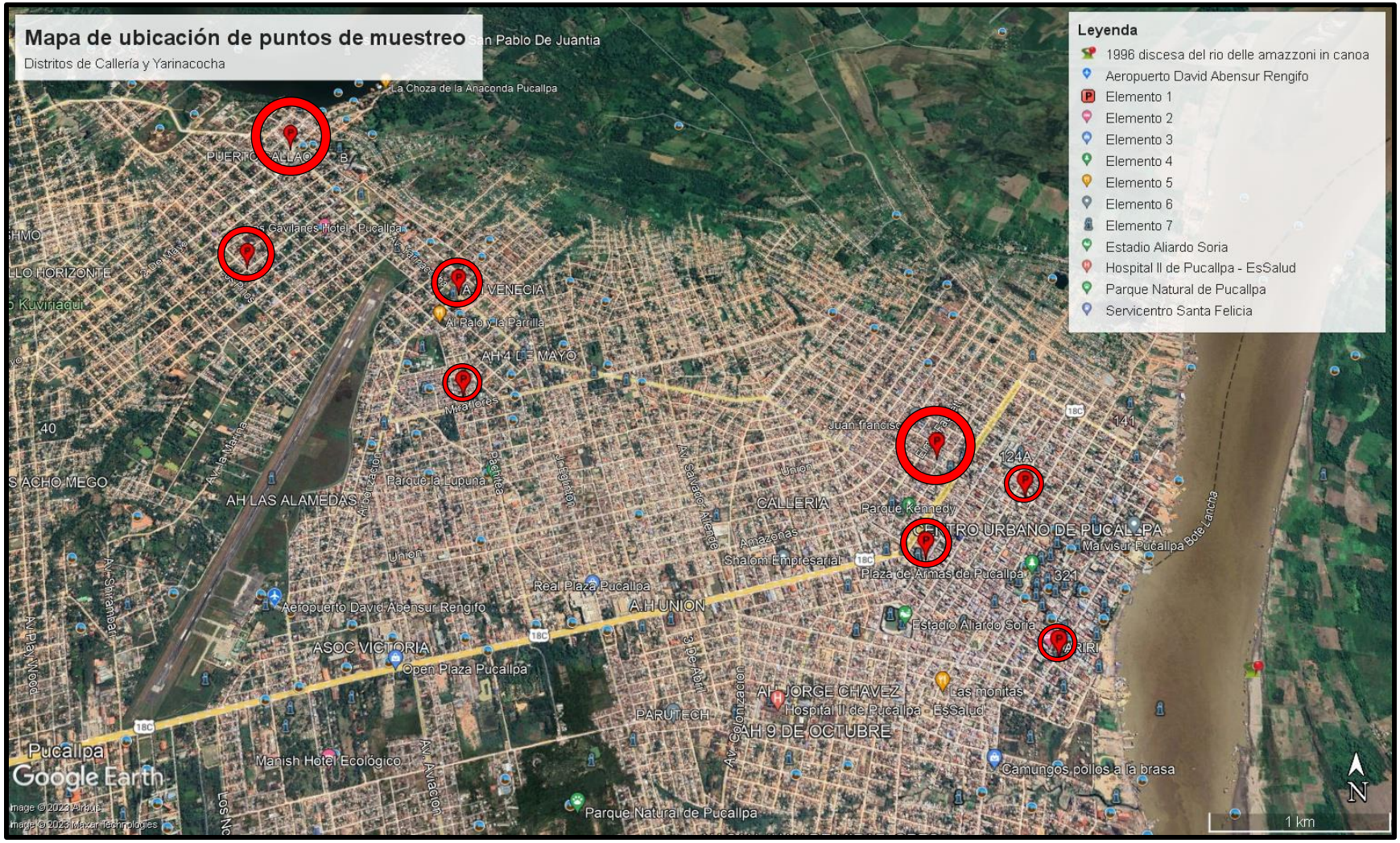
Tabla 4. Formato para la hoja de campo de para determinar el flujo vehicular.

Nº DE MUESTRA			
FECHA		**HORA**	
UBICACIÓN			
DISTRITO		**PROVINCIA**	
UTM			

TIPO DE VEHICULO	**1'**	**2'**	**3'**	**4'**	**5'**	**6'**	**7'**	**8'**	**9'**	**10'**	**TOTAL**
Moto lineal											
Mototaxi											
Motofurgón											
Autos											
Stationwagon											
Camioneta Pick up											
Camioneta tipo panel											
Camioneta rural											
Bus											

Anexo 2. Puntos de muestreo seleccionados.

Figura 1. Mapa de ubicación de puntos de muestreo.



Fuente: Google Earth.

Tabla 5. Puntos de muestreo según zona comercial.

Distrito	PUNTOS	ZONA COMERCIAL	DIRECCION	ALTITUD	COORDENADA UTM	
					E	N
Callería	P1	Centro de Pucallpa	Jr. Coronel Portillo / Jr. Vargas Guerra	153	551631	9072760
	P2	Inmaculada	Jr. Inmaculada / Jr. Libertad	156	551549	9073765
	P3	Guillermo Sisley	Av. Saenz Peña / Jr. Santiago	153	551026	9074029
	P4	7 de junio	Jr. 7 de junio / Jr. Zavala	153	550903	9073369
Yarinacocha	P5	Fonavi	Av. Miraflores/ Jr. La Paz del Señor	157	548014	9074468
	P6	Arborización	Jr.Alfonso Ugarte/ Av. Yarinacocha	150	547919	9075238
	P7	Palmeras	Jr. Palmeras /Nueva Luz de Fátima	153	546468	9075447
	P8	Centro de Yarina	Av. Yarinacocha/ Jr. 7 de junio	155	546618	9076447

Anexo 3. Concentración de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10), en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.

Tabla 6. Parámetros estadísticos de la concentración de CO por punto de muestreo en los distritos estudiados.

Distrito	PUNTOS	Mes		**CO promedio**	DESVEST	Coef.Var	Valor Min	Valor Max	ECA	INCA CO MAX
Callería	P1	Junio	1 al 15	4722.30	2851.67	0.60	2604.34	14892.70	10000	148.9
	P2		16 al 30	3494.95	1222.68	0.35	2539.72	9424.75	10000	94.2
	P3	Julio	1 al 15	3992.16	1960.45	0.49	2592.64	13763.18	10000	137.6
	P4		16 al 31	3490.42	1175.38	0.34	2557.29	9984.45	10000	99.8
Yarinacocha	P5	Agosto	1 al 15	4268.94	1990.68	0.47	2713.96	1990.68	10000	19.9
	P6		16 al 31	3517.82	887.81	0.25	2605.83	8459.09	10000	84.6
	P7	Setiembre	1 al 15	3379.76	622.05	0.18	2611.59	6674.60	10000	66.7
	P8		16 al 30	3396.16	625.20	0.18	2726.38	6645.02	10000	66.5

Tabla 7. Parámetros estadísticos de la concentración de PM10 por punto de muestreo en los distritos estudiados.

Distrito	PUNTOS	Mes		**PM10 promedio**	DESVEST	Coef.Var	Valor Min	Valor Max	ECA	INCA PM10 MAX
Callería	P1	Junio	1 al 15	106.32	184.38	1.73	7.74	1418.81	100	1418.81
	P2		16 al 30	60.16	57.46	0.96	6.41	467.64	100	467.64
	P3	Julio	1 al 15	82.70	80.47	0.97	9.66	472.60	100	472.60
	P4		16 al 31	64.60	59.78	0.93	9.38	401.47	100	401.47
Yarinacocha	P5	Agosto	1 al 15	92.29	95.68	1.04	16.47	551.03	100	551.03
	P6		16 al 31	43.84	37.36	0.85	5.34	295.05	100	295.05
	P7	Setiembre	1 al 15	27.41	26.04	0.95	2.97	268.47	100	268.47
	P8		16 al 30	32.30	100.97	3.13	6.89	1556.40	100	1556.40

Anexo 4. Niveles de índices de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10).

Tabla 8. Datos procesados de CO por cada punto de muestreo.

PUNTOS	MES	CO promedio 8 horas		INCA CO			
				BUENA	MODERADA	MALA	VUEC*
P1	Junio	1 al 15	47.2	50	100	150	200
P2		16 al 30	34.9	50	100	150	200
P3	Julio	1 al 15	39.9	50	100	150	200
P4		16 al 31	34.9	50	100	150	200
P5	Agosto	1 al 15	42.7	50	100	150	200
P6		16 al 31	35.2	50	100	150	200
P7	Setiembre	1 al 15	33.8	50	100	150	200
P8		16 al 30	34.0	50	100	150	200

Tabla 9. Datos procesados de PM_{10} por cada punto de muestreo.

PUNTOS	MES	PM10 24 horas		INCA PM10			
				BUENA	MODERADA	MALA	VUEC*
P1	Junio	1 al 15	106.317	50	100	167	200
P2		16 al 30	60.158	50	100	167	200
P3	Julio	1 al 15	82.700	50	100	167	200
P4		16 al 31	64.604	50	100	167	200
P5	Agosto	1 al 15	92.289	50	100	167	200
P6		16 al 31	43.842	50	100	167	200
P7	Setiembre	1 al 15	27.405	50	100	167	200
P8		16 al 30	32.299	50	100	167	200

Anexo 5. Flujo vehicular en las zonas de comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.

Tabla 10. Vehículos registrados cada 10 minutos por punto de muestreo y distrito.

DISTRITO	PUNTOS	UBICACIÓN	N° VEHICULOS (Veh./10 min.)			PROMEDIO FLUJO VEHICULAR
			Mañana (8 -10 am)	Medio día (12 m-14 pm)	Tarde (17 -19 pm)	
Callería	P1	Jr. Coronel Portillo / Jr. Vargas Guerra	531	399	430	453
	P2	Jr. Inmaculada / Jr. Libertad	411	375	257	348
	P3	Av. Saenz Peña / Jr. Santiago	282	363	457	367
	P4	Jr. 7 de junio / Jr. Zavala	370	340	240	317
Yarinacocha	P5	Av. Miraflores/ Jr. La Paz del Señor	231	371	232	278
	P6	Jr.Alfonso Ugarte/ Av. Yarinacocha	141	212	200	184
	P7	Jr. Palmeras /Nueva Luz de Fátima	125	330	81	179
	P8	Av. Yarinacocha/ Jr. 7 de junio	226	177	84	162

Figura 2. Distribución por tipo de fuentes móviles según distrito.

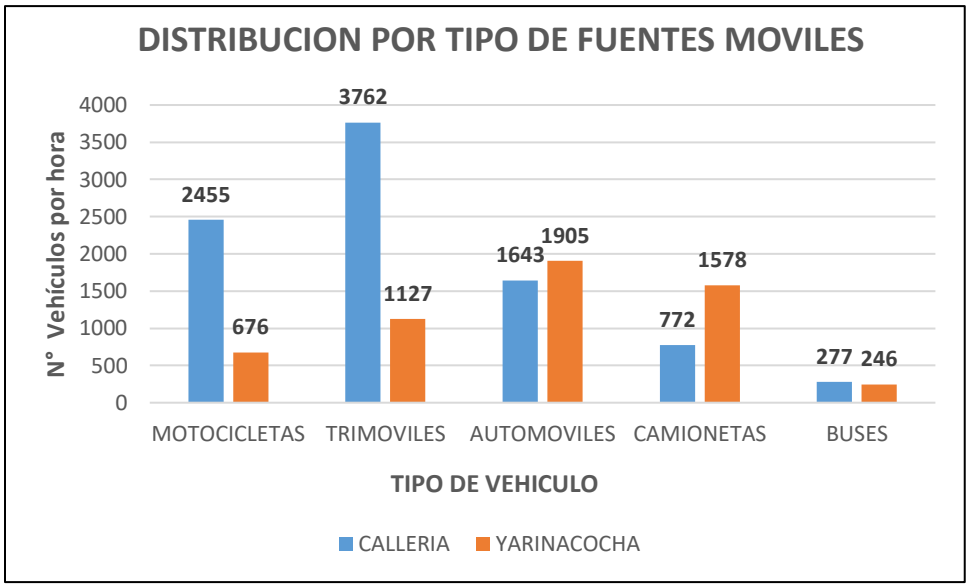
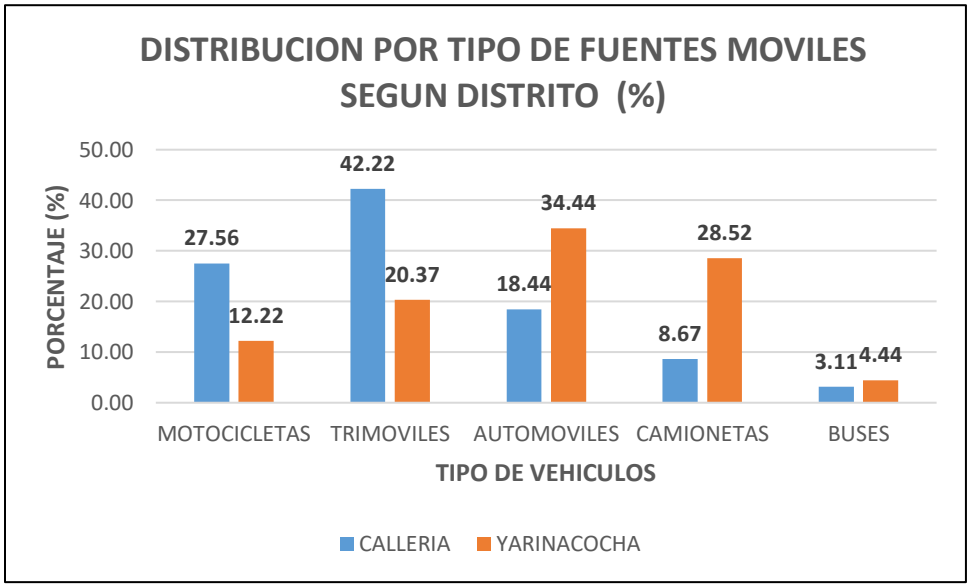


Figura 3. Distribución por tipo de fuentes móviles según distrito (%).



Anexo 6. Tránsito vehicular en los distritos estudiados.

Tabla 11. Tránsito vehicular por tipo de vehículo-Callería.

PUNTO DE MUESTREO	MOTO LINEAL	TRIMOVILES		AUTOMOVILES		CAMIONETAS			BUS	TOTAL (N° vehículos/10 min)
		MOTOTAXI	MOTOFURGON	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL COMBI	2 E	
										
P1	125	160	31	64	19	12	9	18	14	453
P2	96	123	24	49	15	9	7	14	11	348
P3	101	130	25	52	15	10	7	15	11	367
P4	87	112	22	45	13	8	6	13	10	317
Total (Número)	409	525	102	211	63	40	30	59	46	1485
%	28	35	7	14	4	3	2	4	3	-

Tabla 12. Tránsito vehicular por tipo de vehículo-Yarinacocha.

PUNTO DE MUESTREO	MOTO LINEAL	TRIMOVILES		AUTOMOVILES		CAMIONETAS			BUS	TOTAL (N° vehículos/10 min)
		MOTOTAXI	MOTOFURGON	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL COMBI	2 E	
										
P5	23	32	6	28	36	26	12	15	8	311
P6	14	19	4	17	22	15	7	9	5	187
P7	13	18	3	16	20	14	7	9	5	174
P8	18	26	5	23	29	21	10	12	7	250
Total (Número)	477	619	121	295	169	115	67	104	71	922
%	12	17	3	15	19	14	7	8	4	-

Anexo 7. Panel de fotografías

Figura 3. Punto de muestreo 4, en horario diurno, ubicado en zona comercial de 7 de Junio, Callería.

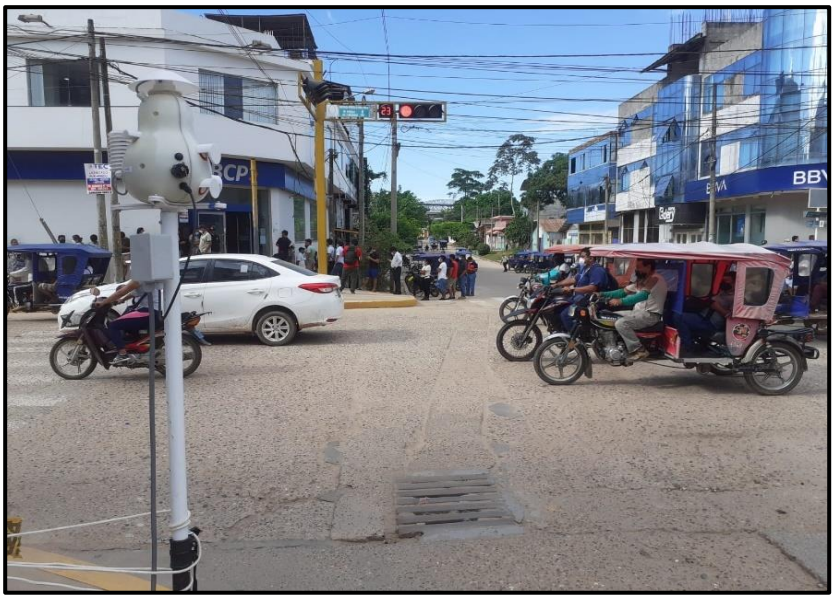


Figura 4. Punto de muestreo 5, ubicado en la zona comercial Miraflores-Yarinacocha.



Figura 5. Muestreo en horario mañana del punto de muestreo 1 en centro de comercial de Pucallpa-Callería.



Figura 6. Muestreo en horario noche en el punto de muestreo 1 del Jr. Coronel Portillo-Centro Comercial de Callería.

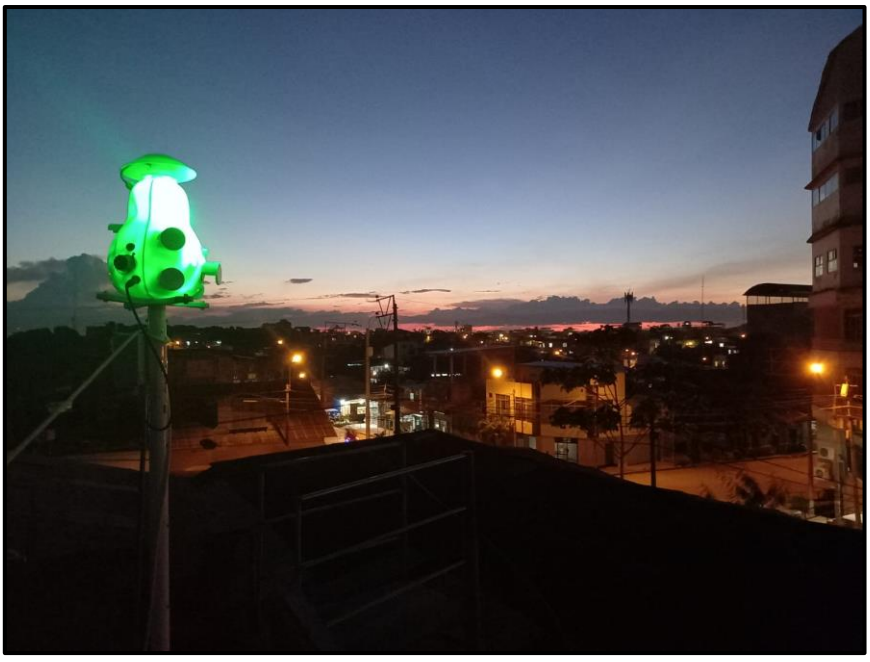


Figura 7. Muestreo en horario mañana, punto de muestreo 2, ubicado en zona comercial de Jr. Inmaculada del distrito Callería.



Figura 8. Muestreo en horario tarde en el punto de muestreo 7 ubicado en zona comercial del sector Palmeras-Yarinacocha.



Figura 9. Flujo de vehículos en el punto de muestreo 6, ubicado en la zona comercial de arborización-Yarinacocha.



Figura 10. Muestreo en horario tarde en punto de muestreo 8, ubicado en centro comercial de Puerto Callao-Yarinacocha.



Anexo 8. Matriz de consistencia

"ANALISIS COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE CALIDAD DEL AIRE POR MONOXIDO DE CARBONO (CO) Y MATERIAL PARTICULADO (PM10) EN ZONAS COMERCIALES DE PUCALLPA (DISTRITO CALLERÍA) Y PUERTO CALLAO (DISTRITO YARINACOCHA) - 2023"

	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
GENERAL	¿Cuáles son los niveles de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha?	Comparar la calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.	**Hipótesis Nula:** Existe diferencia significativa de la calidad del aire por CO y PM10 entre los distritos de Callería y Yarinacocha	**INDEPENDIENTE (X)** X1: Lugares de muestreo.	• Intersección de avenidas, calles o jirones. • Distritos	Puntos de muestreo
ESPECIFICOS	¿Cuál es la concentración de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha?	Estimar la concentración de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.	La concentración de CO y PM10 en las zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha, supera los estándares de calidad ambiental establecidos (10000 ug/m3 y 100 ug/m3)..	**DEPENDIENTE (Y)** Y1: Indice de calidad del aire por monóxido de carbono (CO). Y2: Indice de calidad del aire por material particulado (PM10)	Intervalo del índice de calidad del aire: • Buena • Moderada • Mala • Umbral de cuidado	Índice de la calidad ambiental del aire (microgramos/m^3). 0-50 µg/m^3 51-100 µg/m^3 101-150 µg/m^3 >100 µg/m^3
	¿Cuál es el índice de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM10) en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha?	Determinar el índice de calidad del aire por CO y PM10, en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.	La calidad del aire por CO y PM10, en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha, tiene un intervalo de concentración para CO, de 5050-10049 ug/m3 y para PM10, de 76-150 ug/m3.			
	¿Cuál es el flujo vehicular del parque automotor en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha?	Determinar el número de vehículos del parque automotor en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.	El número de vehículos del parque automotor en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha, es alta.			
	¿De qué manera se relaciona el parque automotor y los índices de calidad del aire por CO y PM10 de los distritos de Callería y Yarinacocha?	Analizar la relación entre parque automotor versus índices de calidad del aire por CO y PM10 en zonas comerciales de los distritos de Callería y Yarinacocha.	Existe una relación directa y significativa entre parque automotor e índices de calidad del aire por CO y PM10 en los distritos de Callería y Yarinacocha.			