UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) EN EL DISTRITO DE CALLERÍA-2022

Tesis para optar el título profesional

INGENIERO AMBIENTAL

VICTOR ALBERTO CARBAJAL VELA

Pucallpa, Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 225-2025-CGT- FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 11:00 horas del día viernes 16 de mayo del 2025, de acuerdo con el 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 Nº 023-2025-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Gabriel Mercado Jauregui	Presidente
Dr. David León Moreno	Miembro
Dr. Noé Klever Guadalupe Baylón	Miembro

Se procedió a la evaluación de sustentación de la tesis denominada: **"INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) EN EL DISTRITO DE CALLERÍA - 2022",** presentado por el Bach. **VICTOR ALBERTO CARBAJAL VELA,** asesorado por el M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón. Habiendo culminado la sustentación de la tesis, se procedió con la formulación de preguntas por el Jurado Evaluador, las cuales fueron absueltas por el sustentante; en consecuencia, la tesis fue **APROBADO** por **UNANIMIDAD,** recomendando levantar las observaciones realizadas por el jurado; quedando expedito para obtener el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL.**

Siendo las 12:23 p.m. del mismo día, se dio por culminado el acto académico, firmando los miembros del Jurado Evaluador en señal de conformidad.

Dr. Gabriel Mercado Jauregui
Presidente

Dr. David León Moreno
Miembro

Dr. Noé Klever Guadalupe Baylón
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

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

Dr. Gabriel Mercado Jauregui
Presidente

Dr. David León Moreno
Miembro

Dr. Noé Klever Guadalupe Baylón
Miembro

M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón
Asesor

Bach. Victor Alberto Carbajal Vela
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/174-2025**.

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

"INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) EN EL DISTRITO DE CALLERÍA-2022"

Autor(es)	:	**CARBAJAL VELA, VICTOR ALBERTO**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**M.Sc. TUESTA TORREJÓN, 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: 28/03/2025

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, Victor Alberto Carbajal Vela

Autor de la tesis titulada : Influencia de la temperatura Ambiental y humedad relativa en la concentración de monóxido de carbono (CO) en el distrito de callería - 2022

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): M. Sc. Tuesta Torrejón, Tedy

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería 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: 16 / 05 / 2025

Email: Carbajal.Vela.Victor.Alberto.6103@gmail.com Firma:

Teléfono: 952238404 DNI: 72690516

DEDICATORIA

A mi mamá Marilú; por la dicha de tenerlo y de apoyarme en los momentos más importantes de mi vida.

A mi tío Amer, por su apoyo incondicional, por el inmenso cariño y apoyo para la culminación de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A los Docentes de la Escuela de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la UNU, por haberme brindado su valioso conocimiento y experiencia en mi formación profesional.

A mi asesor Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón, por su motivación, durante el desarrollo de la tesis.

A mis padres y familiares, por el apoyo incondicional, quiénes han contribuido de manera importante en la realización del trabajo de tesis.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE GENERAL viii

ÍNDICE DE TABLAS xii

ÍNDICE DE FIGURAS xiii

RESUMEN xiv

ABSTRACT xvi

INTRODUCCIÓN xviii

CAPÍTULO I 20

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 20

1.1. Descripción del problema 20

1.2. Formulación del problema 22

1.2.1. Problema general 22

1.2.2. Problemas específicos 22

1.3. Objetivos 22

1.3.1. Objetivo general 22

1.3.2. Objetivos específicos 22

CAPÍTULO II 24

MARCO TEORICO 24

2.1. Antecedentes 24

2.1.1. Antecedentes internacionales 24

2.1.2. Antecedentes nacionales 28

2.1.3. Antecedentes locales 33

2.2. Bases teóricas 35

2.2.1. Temperatura.....35

2.2.2. Humedad relativa (Hr) 36

2.2.3. Variación temporal de la humedad relativa 37

2.2.4. Monóxido de carbono (CO) 37

2.2.5. Influencia de las variables meteorológicas en la contaminación atmosférica 40

2.2.6. Reacción a elevada temperatura entre CO y materiales de carbono 40

2.2.7. Valores estándar de calidad ambiental de CO 41

2.2.8. Definiciones conceptuales.....41

CAPÍTULO III 43

METODOLOGIA..... 43

3.1. Método de la investigación.....43

3.1.2. Diseño y esquema de la investigación 44

3.2. Población y tamaño de muestra.....44

3.2.1. Población 44

3.2.2. Muestra 45

3.3. Procedimiento de recolección de datos 46

3.3.1. Ubicación y registro del punto de monitoreo 46

3.3.2. Instalación del equipo 47

3.3.3. Funcionamiento del sistema.....48

3.3.4. Monitoreo de datos 48

3.3.5. Acceso y uso de la plataforma virtual.....49

3.3.6. Descarga de datos 49

3.3.7. Tabulación de datos recopilados.....49

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos 50

3.4.1. Técnicas y métodos. 50

3.4.2. Instrumentos de recolección 50

3.4.2.1. Materiales y/o equipos 52

3.5. Análisis estadístico.....53

CAPÍTULO IV 54

RESULTADOS Y DISCUSION..... 54

4.1. Temperatura ambiental y humedad relativa en el área urbana de la ciudad de Pucallpa-Distrito Callería. 54

4.1.1. Temperatura ambiental en el distrito de Callería.....54

4.1.2. Humedad relativa en el distrito de Callería.....58

4.2. Concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería 62

4.3. Análisis de la relación entre la temperatura ambiental, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería 66

CAPITULO V 72

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 72

5.1. Conclusiones 72

5.2. Recomendaciones. 73

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. 76

ANEXOS. 84

Anexo 1. Datos recolectados de monóxido de carbono, humedad relativa y temperatura ambiental. 85

Anexo 2. Panel fotográfico. 92

Anexo 3. Matriz de consistencia. 95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Índice de Calidad del Aire para CO.* 39

Tabla 2. *Características de la muestra* 46

Tabla 3. *Formato de recolección de datos para registrar la temperatura y humedad relativa del ambiente en el distrito Callería.* 51

Tabla 4. *Formato para la recolección de datos para el registro de la concentración de monóxido de carbono (CO) en el distrito Callería.* 51

Tabla 5. *Formato de tabulación de datos de temperatura, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono (CO).* 52

Tabla 6. *Temperatura promedio mensual (ºC) en Pucallpa-Distrito de Callería* 55

Tabla 7. *Humedad relativa (%) promedio mensual del Distrito Callería.* 58

Tabla 8. *Concentración de monóxido de carbono promedio mensual en el distrito de Callería.* 63

Tabla 9. *Valores de temperatura ambiental, humedad relativa y concentración de CO promedio mensual.* 67

Tabla 10. Prueba de correlación de Pearson entre temperatura, humedad relativa y monóxido de carbono..... 67

Tabla 11. *Estadísticas de la regresión de temperatura y monóxido de carbono.* 69

Tabla 12. *Análisis de varianza* 69

Tabla 13. Análisis de varianza (probabilidad)..... 70

Tabla 14. Matriz de consistencia..... 95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Variabilidad de las temperaturas promedio, máximas y mínimas registradas durante los meses de estudio.* 57

Figura 2 *Fluctuaciones mensuales en la humedad relativa (%) en el distrito de Callería.* 60

Figura 3 *Variabilidad de la temperatura ambiental y la humedad relativa en el distrito de Callería.* 61

Figura 4 *Concentración de monóxido de carbono en el distrito de Callería.* 64

Figura 5 *Relación entre temperatura ambiental y CO.* 71

Figura 6 *Registro de datos con equipo automático de monitoreo continuo "qHUAX", en los puntos de muestreo N° 1 y 2 de Pucallpa-Callería.* 92

Figura 7 *Registro de monóxido de carbono (CO), temperatura ambiental y humedad relativa en el punto de muestreo N° 3 de Pucallpa-Callería (Cielo despejado).* 93

Figura 8 *Registro de monóxido de carbono (CO), temperatura ambiental y humedad relativa en el punto de muestreo N° 3 de Pucallpa-Callería (Cielo cubierto).* 94

RESUMEN

Entre los parámetros meteorológicos que se relacionan con el incremento de la concentración de monóxido de carbono (CO) y por ende con la contaminación del aire en las ciudades, son temperatura ambiental y humedad relativa. El objetivo de la presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la temperatura ambiental y humedad relativa en la concentración de monóxido de carbono en el área urbana de la ciudad de Pucallpa, distrito Callería. La investigación fue de tipo no experimental, descriptiva y correlacional, la muestra fueron datos de temperatura, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono mensuales correspondientes al periodo de julio a diciembre de 2022. Para el análisis de datos se empleó el método estadístico y coeficiente de correlación de Pearson (r). Los resultados indican que el promedio mensual de temperatura fue de 28.1°C en julio. La humedad relativa promedio fue de 82.2% en julio, disminuyendo a 76.6% en agosto, y presentando valor máximo en diciembre (83.3%). Mientras que, las concentraciones de CO tuvieron un promedio de 33.8 µg/m³ en julio, alcanzando su punto más alto en septiembre con 36.1 µg/m³. Según Índice Nacional de Calidad del Aire (INCA), la calidad del aire de Pucallpa se mantuvo dentro de los rangos considerado como “buena” y “moderada”, aunque, se observaron picos de CO en agosto y septiembre que alcanzaron niveles de calidad del aire “Mala”. El análisis estadístico nos indica que, existe coeficiente de correlación (r) positiva significativa entre temperatura ambiental y concentración de CO (r = 0.95). Por otro lado, existe correlación negativa de Pearson entre la humedad relativa y la concentración de CO (r = -0.71). Los resultados de correlaciones nos sugieren que las condiciones climáticas locales **(**temperatura ambiental y humedad relativa) influyen significativamente en

la dinámica de la contaminación atmosférica del área urbana de la ciudad de Pucallpa, distrito Callería**.**

Palabras clave: Humedad relativa, Temperatura ambiental, Monóxido de carbono, Calidad del aire, Parámetros Meteorológicos.

ABSTRACT

Among the meteorological parameters associated with the increase in carbon monoxide (CO) concentration and therefore with air pollution in cities are ambient temperature and relative humidity. The objective of this research is to determine the influence of ambient temperature and relative humidity on carbon monoxide concentration in the urban area of the city of Pucallpa, Callería district. The study was non-experimental, descriptive, and correlational in nature. The sample consisted of monthly data on temperature, relative humidity, and carbon monoxide concentration corresponding to the period from July to December 2022. For data analysis, statistical methods and the Pearson correlation coefficient (r) were used. The results indicate that the average monthly temperature was 28.1°C in July. The average relative humidity was 82.2% in July, decreasing to 76.6% in August, and reaching its maximum value in December (83.3%). Meanwhile, CO concentrations had an average of 33.8 µg/m³ in July, reaching their highest point in September with 36.1 µg/m³. According to the National Air Quality Index (INCA), the air quality in Pucallpa remained within the ranges considered “good” and “moderate”; however, peaks of CO were observed in August and September that reached “poor” air quality levels. Statistical analysis indicates a significant positive correlation coefficient (r) between ambient temperature and CO concentration (r = 0.95). On the other hand, there is a negative Pearson correlation between relative humidity and CO concentration (r = -0.71). These correlation results suggest that local climatic conditions (ambient temperature and relative humidity) significantly influence the dynamics of atmospheric pollution in the urban area of the city of Pucallpa, Callería district.

Keywords: Relative humidity, ambient temperature, carbon monoxide, air quality, meteorological parameters.

INTRODUCCIÓN

La calidad del aire en las áreas urbanas ha sido un tema de creciente interés debido a los efectos adversos que los contaminantes atmosféricos pueden tener sobre la salud humana y el medio ambiente. En este contexto, el monóxido de carbono (CO) se considera uno de los contaminantes más preocupantes, debido a su origen principalmente antropogénico, proveniente de fuentes como los vehículos motorizados y procesos industriales. La ciudad de Pucallpa, ubicada en el distrito de Callería, departamento de Ucayali, no es ajena a esta problemática, ya que su rápido crecimiento urbano y aumento del tráfico vehicular han incrementado la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Uno de los factores que puede influir en la concentración de CO en el aire es la variabilidad de las condiciones climáticas, especialmente la temperatura ambiental y la humedad relativa. Diversos estudios han señalado que estas variables meteorológicas juegan un papel clave en la dispersión, transporte y transformación de los contaminantes en la atmósfera. Sin embargo, en regiones tropicales como la Amazonía peruana, donde el clima es cálido y húmedo, existen pocos estudios que analizan esta relación, particularmente en ciudades como Pucallpa, que están expuestas a fenómenos de contaminación por su desarrollo económico y actividad.

El presente estudio tiene como objetivo principal determinar la influencia de la temperatura ambiental y la humedad relativa en la concentración de monóxido de carbono en el área urbana de la ciudad de Pucallpa, distrito Callería durante el período de julio a diciembre de 2022. La investigación es de tipo no experimental,

descriptiva y correlacional, basado en el análisis de datos mensuales de temperatura, humedad relativa y concentraciones de CO. A través del uso del método estadístico y el coeficiente de correlación de Pearson, se busca entender cómo estas variables climáticas pueden afectar la calidad del aire en la región y generar información que contribuya a la formulación de políticas de gestión ambiental más efectivas para el control de la contaminación atmosférica en zonas urbanas.

Este estudio se plantea como una contribución relevante para la comprensión de las dinámicas de contaminación del aire en Pucallpa, lo que resulta de gran importancia para la salud pública y la sostenibilidad ambiental de la ciudad, especialmente en un contexto de cambio climático global que podría exacerbar los niveles de contaminación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Según las nuevas directrices sobre calidad del aire, publicado en 2021, se estima que anualmente la exposición al aire contaminado resulta en 7 millones de fallecimientos anticipados y conlleva la pérdida de millones de años de vida sana (OMS, 2021). La polución atmosférica representa una de las principales amenazas ambientales para la salud de las personas, al igual que el cambio climático. Mejorar la calidad del aire puede fortalecer los esfuerzos para combatir el cambio climático, y reducir las emisiones también contribuirá a la mejora de la calidad del aire. Al trabajar para alcanzar estos estándares, las naciones estarán cuidando la salud y ayudando a enfrentar el cambio climático global. En la región Ucayali, ciudad de Pucallpa y distrito de Callería; el sector industrial, comercial y vivienda ha crecido en los últimos años, reflejado en una tasa de crecimiento anual de 20% y de incremento del parque automotor de 8,319 en 2013 a 11,315 unidades en 2021 (INEI, 2021). Este aumento ha provocado efectos medioambientales como la liberación de gases, partículas suspendidas, modificaciones en la topografía, creación de desechos y otros. La atmósfera de Callería, presenta condiciones geográficas y climatológicas favorables para la concentración de monóxido de carbono (CO), la investigación llevada a cabo por DIGESA en 2010 estableció que los niveles de Partículas Menores a 10 Micras (PM10) en los puntos de monitoreo situados en Pucallpa varían entre 9. 9 µg/m3 y 77.

4 µg/m3, próximos a los umbrales de contaminación permitidos (100 µg/m3), lo cual es considerado alto, debido al crecimiento poblacional y crecimiento del parque automotor. Asimismo, la concentración de metales pesados como Cobre oscila entre 0.01 y 0.11 µg/m3, Fierro, entre 0.23 y 0.65 µg/m3 y Zinc, entre 0.4 y 0.05 µg/m3, los mismos que presentan valores por debajo de los Criterios de Calidad Ambiental de Ontario Canadá para promedios de 24 horas.

Por consiguiente, la presente investigación tiene el objetivo de analizar la relación que existe entre la variables meteorológicas de temperatura y humedad relativa y la concentración de monóxido de carbono de la ciudad de Pucallpa, ya que los contaminantes que se encuentran en el aire no solo dependen de la cantidad de emisiones, sino también de la transformación que estos contaminantes sufren en la atmósfera, los mismos que pueden tener relación con la concentración de CO que se encuentra presente en el ambiente de la zona urbana de Pucallpa. Según Organización de las Naciones Unidas (ONU), incrementar el número y la calidad de espacios verdes en las ciudades puede mitigar los contaminantes climáticos de corta vida que producen calentamiento global (Monóxido de carbono, por ejemplo); esta acción nos podría mejorar el control de las variables de temperatura y humedad relativa y por ende la calidad del aire y de cumplir con lo sugerido por la Organización Mundial de la Salud(OMS), donde la superficie de áreas verdes debe ser equivalente entre 10 y 15 m2/habitante.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿En qué medida la temperatura ambiental y humedad relativa influye sobre la concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la temperatura ambiental y humedad relativa promedio en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería-2022?
- ¿Cuál es la concentración promedio de monóxido de carbono en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería-2022?
- ¿Cuál es la relación que existe entre temperatura ambiental, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la relación que existe entre temperatura ambiental, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la temperatura ambiental y humedad relativa del ambiente en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería.
- Cuantificar la concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería.

- Establecer la relación que existe entre la temperatura ambiental, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Un estudio realizado en Ecuador por Barrionuevo y Martínez (2022) en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, evaluó la relación entre la concentración de CO y CO2 en el interior de vehículos SUV y los parámetros de temperatura y humedad relativa. La investigación, titulada "Análisis de la correlación de la concentración de CO y CO2 en el habitáculo de vehículos tipo SUV con la temperatura y humedad relativa en el interior de los vehículos", se centró en determinar cómo estas variables ambientales influyen en la calidad del aire dentro de los vehículos. Los resultados de este estudio indicaron que las concentraciones de CO y CO2 varían significativamente con los cambios en la temperatura y la humedad relativa. Se observó una correlación positiva entre la temperatura interior del vehículo y las concentraciones de CO, sugiriendo que, en condiciones más cálidas, la acumulación de este gas es mayor. Por otro lado, la humedad relativa mostró una influencia variable dependiendo de las condiciones específicas del habitáculo y el sistema de ventilación utilizado.

Hernández, et al (2004), desarrollaron la investigación denominada “Comportamiento del monóxido de carbono y el clima en la ciudad de Toluca (México) de 1995 a 2001”. El propósito de este estudio fue examinar la interacción entre el monóxido de carbono y factores meteorológicos como la humedad y la temperatura, llegando a la conclusión de que las

condiciones climáticas de invierno y verano influyen en la variación de la concentración de CO a lo largo del año. Durante el invierno, las bajas temperaturas provocan que este gas se acumule en la capa de la atmósfera más cercana al suelo, mientras que, en verano, las altas temperaturas, junto con la lluvia y el viento dominante, facilitan su dispersión y transporte a otras áreas. Adicionalmente, se observó que el patrón del monóxido de carbono presenta dos picos significativos a lo largo del día: uno entre las 7 y las 10 de la mañana y otro entre las 6 y las 9 de la noche; este fenómeno está vinculado a dos factores fundamentales: por un lado, las temperaturas bajas, y por el otro, la alta densidad del tráfico.

Un estudio realizado en China por (Lee & Cheong, 2016), titulado “Análisis del dióxido de carbono y los efectos de las nubes en Temperatura en el noreste de China”, cuyo objetivo fue analizar el dióxido de carbono y la influencia en la temperatura; se concluye que la relación entre la temperatura y la emisión de CO2 es proporcional con una correlación significativa. La relación entre la cobertura de nubes y la temperatura, se determinó que la relación entre las emisiones de CO2 y la cobertura de nubes es negativamente proporcional con correlaciones significativas.

Campo, Fernández y Gentili (2017) en su estudio “Variabilidad temporal del PM10 en Bahía Blanca (Argentina) y su relación con variables climáticas”, cuyo objetivo fue determinar la variabilidad de la concentración de PM10 y su relación con la temperatura ambiental; Se notó que a medida que se elevan las temperaturas diarias promedio, también aumentan las lecturas promedio de PM10. Con temperaturas entre 0 y 10 grados Celsius,

el nivel de PM10 era de 54,17 µg/m3; en intervalos de 10,1 a 20 grados, alcanzaba 56,70 µg/m3, y cuando las temperaturas superaban los 20 grados, el valor rondaba los 65,4 µg/m3.

Lara, Gómez y Zamorategui (2017), en su investigación relacionado a “Monitoreo de contaminantes atmosféricos (PM2.5, PM10 y CO) y variables meteorológicas (Temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento) en la ciudad de Guanajuato”, con el objetivo de determinar la relación que existe entre material particulado y la humedad relativa, temperatura, velocidad y dirección del viento. Para esto se definieron tres ubicaciones de monitoreo “La Venada”, “Mina de Rayas” y “Casa Colorada”, se emplearon dispositivos portátiles para medir los niveles de CO2 y Material Particulado, registrando concentraciones de 45µg/m3 para PM2.5 y de 75µg/m3 para PM10.

En el estudio “Análisis temporal de las condiciones meteorológicas y concentración de Material Particulado en San Paulo” Se llevó a cabo un análisis temporal de las condiciones meteorológicas y la concentración de Material particulado (PM10), realizándose estudios en dos estaciones de seguimiento de calidad del aire con el objetivo de vincular las condiciones climáticas (velocidad del viento, humedad relativa, temperatura y lluvia) con la concentración de PM10, para lo que se emplearon técnicas como la correlación lineal y la regresión lineal. Los resultados mostraron que la concentración de PM_{10} está correlacionada con Velocidad del viento y Humedad Relativa en las dos estaciones de monitoreo. Además, la mayoría de los días desfavorables para la dispersión de PM_{10} en 2014 ocurrieron en junio y agosto. Meses en los que se presentaron las mayores

concentraciones de PM_{10} en ambas estaciones de monitoreo (Tavares et al., 2018).

Gonzáles Torres (2015), realizaron la investigación titulada “Incidencia de las variables meteorológicas en el comportamiento de la concentración de PM10 y NO_x” durante el periodo trimestral del año 2013 en la ciudad de Bogotá D.C, el objetivo fue identificar la conexión entre factores climáticos como la humedad y la temperatura, y los niveles de PM10 y NOx registrados en el Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire de la Universidad Distrital, en las sedes ASAB y Tecnológica. A través de diversos gráficos, se determinaron las relaciones entre los contaminantes y las variables climáticas. El promedio de las concentraciones de NOx en los tres meses fue de 142. 83 µg/m3, mientras que las temperaturas y humedades relativas promedios fueron de 15. 87°C y 65. 65% en junio, 14. 73°C y 67. 03% en julio, y finalmente 16. 13°C y 71. 51% en agosto, respectivamente, para cada uno de los meses.

Machado et al., (2007) realizaron la investigación titulada “Determinación y estudio de dispersión de las concentraciones de monóxido de carbono en la zona oeste de la ciudad de Maracaibo – Venezuela”, el propósito primordial consistió en analizar los niveles de monóxido de carbono (CO) en el aire, producido por vehículos en una zona con una gran cantidad de tráfico y población. Para la captación de muestras se utilizaron bolsas de muestreo, y el análisis del CO se realizó mediante Cromatografía de Gases. El periodo total de muestreo se mide en dos épocas climatológicas: los meses de septiembre-octubre (época lluviosa) y

enero-febrero (época seca). Las concentraciones de CO para el periodo total de muestreo superaron la norma venezolana en un 36% en los días muestreados en la zona de emisión, señalando la conveniencia de implementar medidas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Una investigación llevada a cabo en Lima Metropolitana por Benites y Pacsi (2023) se enfocó en el estudio temporal de los contaminantes atmosféricos (NO2, O3 troposférico y CO), así como su vínculo con la temperatura atmosférica y la radiación solar. Los objetivos de esta investigación fueron cuantificar y comparar las concentraciones de estos contaminantes en diferentes meses y horarios del día. Los investigadores utilizaron un método de análisis temporal descriptivo, correlacional y de regresión, realizando muestreos en diferentes zonas de la ciudad durante los años 2015 al 2018. Los hallazgos señalaron que las concentraciones de los gases analizados estaban en su mayoría por debajo de los estándares establecidos en Perú y las recomendaciones proporcionadas por la Organización Mundial de la Salud, por lo que su impacto en la salud pública fue insignificante. La variación horaria de estos gases mostró un patrón bimodal, siendo afectado por el tráfico automovilístico para el NO2 y el CO, y por la irradiación solar con respecto al O3 en la troposfera. Adicionalmente, se desarrollaron modelos de regresión lineal múltiple que lograron prever con precisión los niveles históricos de O3 en la troposfera (Benites-Morales & Pacsi-Valdivia, 2023).

Un estudio realizado en el Distrito de Mariano Melgar, Arequipa, Perú, por (Canales et al., 2023), se centró en evaluar la concentración de monóxido de carbono (CO) en tres avenidas principales durante el año 2019. Los objetivos de esta investigación fueron cuantificar y comparar las concentraciones de CO en diferentes meses y horarios del día. Los investigadores utilizaron un método de medición in situ con sensores de CO, realizando muestreos en las avenidas Mariscal Castilla, Argentina y Perú, durante los meses de julio, agosto y septiembre, y en dos franjas horarias: de 06:00 a 08:00 h y de 17:00 a 19:00 h. Además, se elaboraron mapas de reordenamiento vehicular para contextualizar las mediciones. Los resultados indicaron que la Avenida Mariscal Castilla presentó la mayor concentración de CO con 2.33 mg/m³, mientras que la Avenida Argentina tuvo la menor concentración con 0.37 mg/m³. La mayor concentración mensual se registró en julio con 1.69 mg/m³, y las concentraciones más altas se detectaron en horario vespertino con 1.59 mg/m³ de CO.

Huamán (2018), en su investigación titulada “Relación de las variables meteorológicas y la concentración de PM10 y PM2.5 en el distrito de Puente Piedra, en el mes de diciembre 2017”, en la ciudad de Lima-Perú. El propósito del estudio fue determinar cómo se relacionan las partículas suspendidas en el aire con la temperatura y la humedad relativa. Se llegó a la conclusión de que la correlación de la temperatura con el PM10 es de 0. 419, con un nivel de relevancia de 0. 01. Por otro lado, la humedad relativa presenta una asociación de -0. 456 y un nivel de significancia de 0. 01. Esto implica que, al reducirse la humedad relativa, la concentración de material particulado tiende a incrementarse y viceversa.

Ríos (2020), en su investigación denominado “Correlación entre las variables meteorológicas y concentración de los contaminantes atmosféricos, tuvo como objetivo relacionar la temperatura ambiental y la humedad relativa entre concentración de material particulado (PM10); los resultados indican una relación importante y opuesta entre la temperatura y las partículas en suspensión. Esto implica que cuando la temperatura del aire disminuye, la cantidad de PM10 se eleva, alcanzando un valor bilateral de 0. 003 en comparación con 0. 05. De igual manera, la humedad relativa muestra una conexión inversa, lo que significa que a medida que la humedad relativa aumenta, la concentración de PM10 se reduce.

En el estudio realizado por Farroñan (2017) sobre la presencia de gases en las gasolineras de Chiclayo, se determinó que las concentraciones de los gases evaluados, como el monóxido de carbono (CO) y el sulfuro de hidrógeno (H2S), están por debajo de los límites permitidos de calidad del aire, donde la media es de 2,247. 45 µg/m3 de CO.

Canales (2019), en su investigación “Monitoreo y evaluación de los gases monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO2), hidrógeno sulfurado(H2S) presentes en el distrito de Selva Alegre-Arequipa”, Canales (2019), en su investigación “Monitoreo y evaluación de los gases monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO2), hidrógeno sulfurado(H2S) presentes en el distrito de Selva Alegre-Arequipa”, tuvo el objetivo de evaluar los niveles de CO2, CO y H2S en el aire, así como elaborar un mapa de los niveles de concentración de estos gases en las zonas de

monitoreo. Los resultados registraron un promedio de monóxido de carbono de 4453.50 µg/m3 en 8 horas existiendo diferencia estadística entre las 9 zonas de muestreo.

Pando (2021 llevó a cabo un estudio titulado “Evaluación e interpretación de la dinámica del monóxido de carbono en el aire de Lima Este 2019”. El propósito del estudio fue analizar e interpretar la distribución espacial de la cantidad de monóxido de carbono (CO) en el aire de Lima Este durante el año 2019. Se examinaron las cantidades de monóxido de carbono junto con datos meteorológicos (temperatura del aire, velocidad y orientación del viento) que fueron documentadas en el año 2019 por las cuatro (04) estaciones de vigilancia situadas en Lima Este (EM Ate, EM Santa Anita, EM Lurigancho y EM San Juan de Lurigancho). Se realizó un análisis por año, por estaciones del año, mensual y semanal, utilizando gráficos de series temporales. De acuerdo a los resultados, en lo que concierne a la relación de la temperatura ambiental y el monóxido de carbono; se determinó que no existe evidencia suficiente para afirmar que la temperatura haya influido significativamente en la concentración del monóxido de carbono.

Valeriano (2021) estudió la relación entre variables meteorológicas y la dispersión de contaminantes atmosféricos (PM2.5, PM10, SO2, NO2, O3) en el distrito de Pacocha, Moquegua, durante el período 2019-2020. La investigación abordó cómo las condiciones meteorológicas afectaban la concentración de estos contaminantes en diferentes zonas del distrito. Los resultados mostraron que las variables meteorológicas como la

temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa tienen una influencia significativa en la dispersión de los contaminantes atmosféricos. Este estudio proporciona una comprensión valiosa sobre la dinámica de la calidad del aire en Moquegua y su relación con factores meteorológicos.

En la investigación titulada “Evaluación de Emisiones de Monóxido de Carbono y su Efecto en la Salud de la Población de Huamanga”, emplearon la metodología aprobada en el Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del Aire, se utilizó la metodología establecida en el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad del aire. Con el uso del instrumento medidor de gases CROWCON – GASPRO IR y el Sistema de información geográfica Arcgis, se concluyó que los habitantes de Huamanga están expuestos a niveles peligrosos de Monóxido de Carbono. Esto se refleja en los indicadores de calidad ambiental, que muestran que las concentraciones en todas las áreas monitoreadas superan los límites establecidos por las normativas, además de un crecimiento en las enfermedades relacionadas a su presencia, lo cual concuerda con la apreciación de la población que considera que está expuesto al riesgo de la contaminación por las emisiones (Acosta & López, 2021).

En su investigación, Benites (2021) examinó los niveles de NOX y O3 en Lima Metropolitana durante los años 2015-2018, estudiando su relación y el impacto de la temperatura atmosférica y la radiación solar. Utilizó información horaria de NO2, NO, O3, temperatura del aire y radiación solar de estaciones de SENAMHI y PROTRANSPORTE, calculando la concentración horaria de NOX y llevando a cabo múltiples

análisis de correlación y regresión lineal. Los resultados mostraron que ni los niveles horarios ni anuales de NO2 y O3 superaron los estándares nacionales ni las guías de la OMS. Se observaron correlaciones positivas significativas entre los NO_X y negativas entre el O3 y los NO_X, con ecuaciones de regresión lineal múltiple que consideraron parámetros meteorológicos. Concluyó que el comportamiento horario de estos gases fue influenciado por el tráfico vehicular y la radiación solar, mientras que el comportamiento diario mostró el "efecto fin de semana", y el comportamiento mensual y estacional estuvo afectado por la intensidad de la capa de inversión térmica y la radiación solar. Además, el comportamiento multianual mostró una ligera tendencia ascendente en los niveles.

2.1.3. Antecedentes locales

Gomez y Gonzales (2020), en su investigación titulada “Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO) del Parque Automotor de las Ciudades de Pucallpa y Aguaytía”, concluyeron que el nivel de monóxido de carbono en Pucallpa promedia 6 822. 13 µg/m3. En contraste, en Aguaytía, el promedio de este contaminante es de 3 632 µg/m3, cifras que se encuentran por debajo del Estándar de Calidad Ambiental del Aire. Sin embargo, en la intersección de Av. Centenario y Av. Aviación en Pucallpa (Centro Comercial Open Plaza), la cantidad de monóxido de carbono registrada es de 10 171,2 µg/m3, lo que supera el Estándar de Calidad Ambiental del aire (10 000 µg/m3) establecido en el país. En Aguaytía, se observó la concentración más baja, con un valor de 3 327. 2 µg/m3, en la entrada principal a la ciudad ubicada en la Carretera

Federico Basadre con Jr. Los Helechos, representando esta cifra el 33% del Estándar de Calidad Ambiental del aire definido en el país.

Guadalupe (2016), en su investigación denominada “Análisis y Simulación de las Variables Meteorológicas: Temperatura y Precipitación y sus Impactos Socioambientales en la Provincia de Coronel Portillo, llevó a cabo un análisis de la Temperatura Media Mensual y la Precipitación Total Mensual utilizando datos de seis estaciones meteorológicas. Los meses más calurosos fueron de octubre a diciembre, con temperaturas entre 26°C y 27°C. Los valores máximos de precipitación oscilaron entre 219 mm y 1080 mm, mientras que los valores mínimos variaron de 0 a 24.5 mm. La variabilidad en temperatura y precipitación provocó inundaciones, deslizamientos, aluviones y sequías, impactando directamente en los aspectos socioambientales. Estos eventos resultaron en pérdidas humanas, daños materiales, afectaciones a los medios de producción, la salud, la agricultura y el medio ambiente. En el ámbito de la salud, se encontró una prevalencia de dengue, diarreas y enfermedades respiratorias. Los modelos simulados indicaron cambios ligeros en la precipitación dentro de su variabilidad (+/-5%), mientras que la temperatura del aire aumentó en +1.5°C.

GOREU (2005), realizó el “Estudio de calidad del aire en la ciudad de Pucallpa”, cuyo objetivo fue determinar los niveles de contaminación atmosférica en las zonas circundantes a los Distritos de Callería y Yarinacocha, comparándolos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. Se establecieron ocho (08) estaciones de muestreo

para la determinación de Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Partículas Menores a 10 Micrones, Metales Pesados, mediante las metodologías de Trenes de Muestreo para gases y Muestreadores de Alto Volumen para partículas; a fin de determinar las concentraciones contaminantes de éstos en la Ciudad durante las 24 horas del día. Los parámetros meteorológicos incluyen la medición de velocidad y dirección del viento, temperatura atmosférica y humedad relativa. Los resultados de monóxido de carbono (CO) se refieren al valor diario máximo de 9,496.12 µg/m3 en el Jirón Los Cedros y la mínima concentración de 5,152 µg/m3 en el Jirón Lobo Caño, siendo estos valores no superables al Estándar de Calidad Ambiental, pero si con concentraciones elevadas a más del 50% del límite mencionado en el ECA aire.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Temperatura

La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, afirma que la temperatura es una de las variables más comunes para caracterizar las condiciones de la atmósfera. De hecho, la información meteorológica que aparece en los medios de comunicación casi siempre incluye una sección dedicada a las temperaturas. Se sabe que la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre diferentes ubicaciones geográficas. En invierno puede llegar a estar por debajo de los 0 ºC y en verano puede superar los 40 ºC (FECYT, 2015). Por otro lado (SENAMHI, 2001), sostiene que la temperatura es el factor climático que muestra el nivel de calor o frío percibido en el aire. Este elemento representa el nivel de actividad de las moléculas o calor, según la rapidez

del movimiento o la frecuencia de vibración de las partículas que la conforman.

La temperatura es una cantidad física escalar asociada con el calor que puede transferir un cuerpo, aunque el calor y la temperatura en sí son conceptos diferentes. Es una variable fundamental para definir las condiciones climáticas de un espacio o región. (INIA, 2020).

- ✓ **Temperatura Máxima °C:** Es el Temperatura Máxima registrada en la casilla meteorológica en el día (09 horas a 09 horas).
- ✓ **Temperatura Media °C (24hs):** Es el promedio de temperatura de las 24 del día (00 horas a 24 horas).
- ✓ **Temperatura Mínima °C:** Es la Temperatura mínima registrada en la casilla meteorológica en el día (09 horas a 09 horas).

2.2.2. Humedad relativa (Hr)

Es la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a esa temperatura (humedad absoluta de saturación) (SENAMHI, 2004). Así mismo Cuadrat y Pita (2011), expresan que la humedad relativa en porcentaje (%) indicando que es la cantidad de vapor de agua que existe en la atmosfera en relación con el de saturación.

$$HR = (e_p \, / \, e_s) * 100$$

Donde:

e_p = $Presión\ parcial\ del\ vapor\ de\ agua.$

e_s = $Presión\ de\ saturación\ del\ vapor.$

- ✓ **H. Relativa Máxima %:** Valor más alto de Humedad Relativa en el día (0hrs a 24hrs).
- ✓ **H. Relativa media %:** Promedio (suma de las HR% de las 24 horas/24) de la humedad relativa en el día (0 hrs a 24 hrs).
- ✓ **H. Relativa mínima %:** Valor más bajo de HR% en el día (0 a 24 hrs).

2.2.3. Variación temporal de la humedad relativa

Como la humedad relativa es función de la temperatura su comportamiento temporal indica valores máximos en las horas frías de la mañana o meses fríos de invierno y los valores mínimos en las horas calurosas de la tarde y meses calurosos de verano. De manera semejante se explica su variación latitudinal, es decir en las latitudes con temperaturas altas se darán los valores bajos y viceversa (Centro de Recursos Ambientales de Navarra, 2019).

Por otro lado, El Instituto de ecología del Estado (2014), manifiesta que la humedad relativa es un factor importante en la dispersión de ciertos contaminantes, ya que una atmósfera saturada o muy húmeda puede producir la acidificación de los óxidos. Este término se refiere al contenido de vapor de agua en el aire, indicando cuán saturada está la atmósfera, y se mide en porcentaje.

2.2.4. Monóxido de carbono (CO)

Según **(Téllez et al., 2006)**, Monóxido de carbono (CO) es un gas que no se puede observar ni detectar mediante el olfato, pero que puede ser mortal al inhalarse en cantidades altas. El monóxido de carbono se encuentra entre los contaminantes atmosféricos más comunes en la parte

baja de la atmósfera, especialmente en áreas urbanas extensas. El monóxido de carbono es un gas sin color, sin olor y sin sabor, y es bastante ligero, con una solubilidad mínima en el agua. Es un gas que se puede incendiar y se distingue por su capacidad notable para dispersarse. **(Carnicer, 2008)**

El CO se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono. Es un gas inestable que se oxida generando dióxido de carbono (CO2). Alrededor del 70 por ciento del CO provienen de los vehículos **(Téllez et al., 2006)**. La queman materiales combustibles como gas, gasolina, queroseno, carbón, petróleo o madera en condiciones de déficit de oxígeno (combustión ineficiente). Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustibles fósiles o derivador del petróleo, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores de queroseno, también pueden producir CO si no están bien. Los automóviles parados con el motor encendido también despiden CO. **(Berenger & Bernal, 2000)**

El monóxido de carbono (CO) tiene una afinidad mucho más alta que el oxígeno por la hemoglobina de la sangre. Así, se forma carboxihemoglobina que impide a la hemoglobina transportar oxígeno a las células, y por tanto, el organismo no puede obtener la energía necesaria para sobrevivir. Es el contaminante más abundante en la capa inferior de la atmósfera.

Tabla 1.
Índice de Calidad del Aire para CO.

Monóxido de carbono (CO) promedio 8 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m3)	Ecuación
0 - 50	0-5049	I (CO)=[COug/M^3]* 100/10000 COug/M^3=Concentración del contamínate **-10000** = Valor del estándar del ECA Aire para Monóxido de Carbono
51 - 100	5050-10049	
101 - 150	10050-15049	
>150	>15050	

según (MINAM, 2016), El índice de la Calidad del AIRE (INCA) tiene valores comprendido entre 0 y 150 , el cual concuerda con los Estándares de Calidad Ambiental del Aire. El INCA como se aprecia en la tabla 1, se divide en 4 categorías o clasificadores de calidad de aire:

- La banda de color verde incluye los valores del INCA desde 0 hasta 50, lo que señala que el aire es de buena calidad.
- La banda de color amarillo abarca valores que van del 51 al 100, indicando que la calidad del aire es moderada.
- La banda anaranjada se sitúa entre los números 101 y el valor umbral de alerta (VUEC) para cada contaminante, lo que muestra que el aire tiene una calidad deficiente.
- El color rojo señala que la calidad del aire supera el valor límite de alerta para el contaminante.

2.2.5. Influencia de las variables meteorológicas en la contaminación atmosférica

Según el Programa de Investigación del Cambio Climático (GCRP, 2019) las variables meteorológicas influyen significativamente en el transporte y dispersión de los contaminantes, las variables en asociación a las emisiones contaminantes, generan efectos negativos en la calidad de aire en la salud de la población. A su vez indica que las variables meteorológicas de mayor interés son:

Temperatura: La temperatura genera condiciones para la formación de contaminantes secundarios por reacción de contaminantes primarios en la atmósfera. El estado de la atmósfera puede ser descrita por la temperatura, la temperatura del aire varía entre el día y la noche, y entre una zona geográfica y otra; se puede encontrar temperaturas máximas y mínimas dentro de un periodo de tiempo con los valores más altos y más bajos.

Humedad relativa y Precipitación: La humedad relativa representa lo cerca que está una masa de aire de alcanzar la saturación (Rodríguez, et al., 2004). La acción en procesos de lavado atmosférico puede influir en la concentración de contaminantes en el aire

2.2.6. Reacción a elevada temperatura entre CO y materiales de carbono

Según el Centro de Recursos Ambientales de Navarra (2019), esta reacción tiene lugar con rapidez a las elevadas temperaturas comunes en muchos mecanismos industriales. El CO desprendido de esta forma es beneficioso y necesario en ciertas aplicaciones, como en los altos hornos, donde actúa como agente reductor en la producción de hierro a partir de

minerales de óxido de hierro. No obstante, puede escapar cierta cantidad de CO a la atmósfera y actuar como contaminante.

2.2.7. Valores estándar de calidad ambiental de CO

Las evaluaciones de monóxido de carbono (CO) el Estándar de Calidad Ambiental que exige el D.S.003-2008-MINAM y el D.S.074-2001-PCM una concentración no mayor de 30000 µg/m3. Las estaciones del monitoreo, están indicadas en los diferentes documentos de gestión ambiental aprobados por la autoridad competente, que incluye los estudios de Impacto Ambiental – EIA. El monóxido de carbono resulta dañino ya que contamina la sangre, obstaculizando la circulación del oxígeno. Se adhiere fuertemente a la hemoglobina de la sangre y disminuye notablemente la habilidad de la sangre para llevar oxígeno. Su presencia causa la muerte de numerosas personas en minas de carbón, incendios y espacios cerrados (MINAM, 2019).

2.2.8. Definiciones conceptuales

- **Aire.** Capa delgada de gases que rodea el planeta y está compuesta por nitrógeno, oxígeno y otros gases como el dióxido de carbono, vapor de agua y gases inertes. Es fundamental para la existencia de los seres vivos. Los humanos respiran 14,000 litros de aire diariamente (CONAGUA, 2010)
- **Concentración:** Cantidad de una sustancia dada que se encuentra disuelta en un volumen especifico de solvente.
- **Contaminación.** Situación que surge cuando se introducen sustancias nocivas en el entorno en cantidades y/o concentraciones

que superan los límites máximos permitidos, considerando la naturaleza acumulativa o sinérgica de los contaminantes en el medio ambiente (Téllez et al., 2006)

- **Coeficiente de correlación de Pearson**: Es la principal medida de asociación lineal entre dos variables cuantitativas.
- **Estándar de calidad ambiental (ECA):** Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) determinados por el MINAM establecen los límites máximos permitidos de contaminantes en el entorno. Su objetivo es asegurar la protección de la calidad ambiental a través de la aplicación de herramientas de gestión ambiental avanzadas y una evaluación minuciosa (MINAM, 2019)
- **Monóxido de carbono:** Es un producto de la combustión incompleta y ocurre cuando el carbono en el combustible se oxida solo parcialmente.
- **Meteorología:** Son partículas en fase sólida o líquida que están dispersos en el aire.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. Método de la investigación

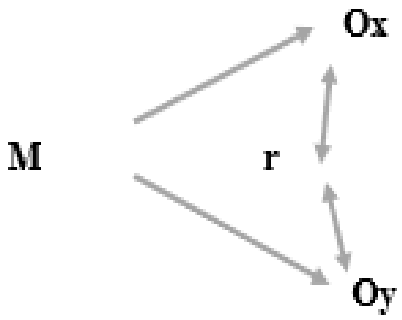
3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es descriptiva y tuvo un enfoque cuantitativo, de alcance o nivel descriptivo – correlacional. Descriptivo, porque describió las propiedades, características o fenómenos que se analizaron, es decir, se medió y recogió la data de manera independiente o grupo de las variables estudiadas. Correlacional, porque se determinó la relación entre las variables meteorológicas (temperatura y humedad relativa) y el contaminante atmosférico de monóxido de carbono (CO), empleando la prueba estadística de Pearson. De acuerdo a lo manifestado por (Monje, 2011), la investigación cuantitativa, es un proceso sistemático y ordenado que se lleva a cabo siguiendo determinados pasos. Planear la investigación proyectando el trabajo de acuerdo con la estructura lógica de decisiones y con una estrategia que oriente la obtención de respuestas a los problemas de indagación propuestos, las cuales pueden organizarse en fases y etapas.

El diseño del estudio fue no experimental; porque no se manipularon las variables, solo se observó y registró los datos de temperatura, humedad relativa y monóxido de carbono del medio ambiente; para después procesarlos y analizarlos. Asimismo, fue de corte transversal, porque los datos de las variables estudiadas se recolectaron en un momento determinado.

3.1.2. Diseño y esquema de la investigación

El diseño es no experimental, tal como refiere (Guevara, 2014), cuando se desea establecer la relación entre dos series climáticas, o entre una de ellas y otra variable de naturaleza no climática, usualmente se recurre a métodos paramétricos como el coeficiente de correlación lineal y la correlación de Pearson.



Dónde:

M = Temperatura mensual (variable independiente).

Ox = Humedad relativa (variable independiente).

Oy **=** Monóxido de Carbono (variable dependiente).

r = Correlación entre variables (Ox y Oy).

3.2. Población y tamaño de muestra

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por datos de temperatura, humedad relativa, concentración de monóxido de carbono:

- Datos diarios de los niveles de temperatura máxima, mínima y media de los 12 meses del año 2022, monitoreados por el equipo de medición (qHUAX) de calidad del aire de la UNU.

- Datos diarios de humedad relativa máxima, mínima y media de los 12 meses del año 2022, monitoreados por el equipo de medición de calidad del aire de la UNU.
- Datos diarios de la concentración de monóxido de carbono máxima, mínima y media de los meses del año 2022, monitoreados por el equipo de medición (qHUAX) de calidad del aire de la UNU.

3.2.2. Muestra

La muestra fue de tipo no probabilística e intencional y constituida por datos mensuales de temperatura, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono:

Variables	Periodo de evaluación	Duración (meses)
Temperatura	01/07/2022 al 31/12/2022	6
Humedad relativa	01/07/2022 al 31/12/2022	6
Concentración de monóxido de carbono	01/07/2022 al 31/12/2022	6

Tabla 2.

Características de la muestra

PM	Intersección	Ubicación Coordenadas UTM	Periodo	Repetición por punto (días)
1	Jr. Inmaculada /Jr. Libertad	E = 551549 N = 9073765	Inicio: 1 de Julio. Término: 30 de Agosto.	44
2	Jr. 7 de Junio/Jr. Zavala	E = 550936 N = 9073399	Inició: 1 Setiembre Término: 30 de Octubre.	53
3	Jr. Coronel Portillo/Jr. A. Vargas Guerra	E = 551631 N = 9072760	Inicio: 1 de Noviembre Término: 30 Diciembre.	40
	Total muestras			137

PM = Punto de muestreo**.**

3.3. Procedimiento de recolección de datos

3.3.1. Ubicación y registro del punto de monitoreo

Se procedió a ubicar y registrar el punto de monitoreo de acuerdo a los siguientes criterios:

- Condiciones logísticas (fácil acceso)
- Seguridad (lugar fuera de peligro)
- Condiciones técnicas (lugares libres y sin presencia de árboles o edificios, cercanos a 10 metros lineales como mínimo).
- Concentración de la población
- Mayor actividad comercial
- Mayor tránsito vehicular.

3.3.2. Instalación del equipo

- Se colocó el trípode del equipo en el lugar seleccionado, asegurándose de que no interfiriera con el movimiento de las personas y sus actividades correspondientes.
- Inmediatamente después, se retiró el dispositivo con precaución, sosteniéndolo por la base y los laterales donde no hay detectores. Se evitó sujetar el dispositivo por la parte de arriba, ya que allí se encuentra el sensor de partículas, para evitar daños.
- La base del dispositivo se colocó al trípode utilizando tornillos, alcanzando una altura de 1. 60 metros. Luego, en el equipo se presenta el diseño de una hoja, que se alineó con la orientación "Este" (por donde sale el sol), para posteriormente ajustar el trípode de modo de asegurar el equilibrio del equipo y no sufra caídas.
- Posteriormente, se sujetó el trípode, con cuerdas de nylon, a diferentes superficies con el fin de anclarlo al suelo, para prevenir de los vientos o la lluvia. Para fijar el anclaje del equipo, se aseguró usando clavos y martillo.
- En la base del dispositivo se encuentra el cable de conexión, el mismo que fue colocado en una hendidura y se fijó de forma que funcione como una tapa rosca.
- Luego, el equipo se conectó con la extensión, asegurándose de que no existieran aberturas o huecos, para prevenir posibles daños debido a lluvias o cortocircuitos.
- Finalmente, se enchufó al tomacorriente principal y se encendió el dispositivo utilizando el botón ubicado en la parte baja. Una vez

prendido, el equipo mostró luces azules, indicando que el equipo está correctamente funcionando, durante aproximadamente 5 minutos y después cambió a color verde, indicando su correcto funcionamiento.

3.3.3. Funcionamiento del sistema

- **Módulo estático para monitoreo continuo de la calidad del aire:** El módulo estático que forma parte del sistema monitorea a través de sensores. Los sensores del dispositivo detectaron los gases nocivos medidos en ug/m3 (CO, SO2, H2S, NO2 y O3) que operan con celdas electroquímicas, que producen un movimiento de electrones. El dispositivo se nutre de corriente eléctrica y está enlazado a una red wifi (interfaz celular GSM).).
- **Software especializado que muestra la información de calidad del aire en tiempo real:** El sistema cuenta con un software específico que se nutre de la plataforma en línea, en la que se puede observar información vinculada a la supervisión de los parámetros tanto en horarios establecidos como en tiempo real, así como también el panel de control con los indicadores de los parámetros que determinan la calidad del aire en el área donde está instalado el equipo.

3.3.4. Monitoreo de datos

El equipo registró datos de manera continua y con el soporte de sensores y del sistema que posee, generó información de concentración horaria en la fecha y hora indicada de los siguientes parámetros:

a. CO (monóxido de carbono) en ug/m3

b. Temperatura del aire en °C

c. Humedad relativa del aire en %

d. Fecha y hora.

3.3.5. Acceso y uso de la plataforma virtual

El ingreso y la utilización de la plataforma en línea se realizó mediante un correo electrónico y una contraseña. Este ingreso y uso no tienen límite de tiempo mientras el equipo esté operativo y el usuario disponga de la debida autorización. El sistema no solo produce datos sobre la concentración de parámetros, también proporciona información sobre el índice de calidad del aire, conocido como INCA, de manera cuantitativa, lo que significa que asigna una clasificación basada en colores (verde: buena calidad del aire, amarillo: calidad del aire moderada, naranja: calidad del aire en riesgo y rojo: calidad del aire en nivel crítico).

3.3.6. Descarga de datos

Los documentos fueron bajados en un archivo con formato "csv", y tras esta descarga, es posible transformar los archivos a formato Excel. Para ello, se emplea la función de datos de Excel y la opción para importar datos externos, gracias a la cual se genera una tabla organizada según criterios y fechas de seguimiento.

3.3.7. Tabulación de datos recopilados

Después de organizar la información, se llevó a cabo su tabulación y recopilación según los criterios evaluados y el intervalo temporal en que se realizaron las mediciones; con el objetivo de finalmente obtener los resultados en forma de promedios, valores mínimos, valores máximos, desviación estándar y coeficiente de variación.

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Técnicas y métodos.

3.4.1.1. Determinación de la concentración de monóxido de carbono

Para la recolección de datos de monóxido de carbono (CO) se empleó el equipo de medición continua “qHuax”, siguiendo la metodología de medición de gases establecida en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire (Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM). Posteriormente, estos datos fueron procesados y analizados mediante la prueba estadística de Pearson para establecer la correlación entre variables estudiadas.

3.4.1.2. Determinación de temperatura ambiental y humedad relativa

La técnica para la recolección de datos de temperatura ambiental y humedad relativa fue mediante observación directa utilizando formatos y equipo de medición de calidad del aire, también se empleó el equipo automático de monitoreo continuo “qHAWAX”, programados a intervalos de 60 minutos y de manera ininterrumpida durante 24 horas del día.

3.4.2. Instrumentos de recolección

Se utilizaron los siguientes instrumentos de recolección de datos, que sirvieron para recopilar información de las variables a estudiadas.

- Los valores de monóxido de carbono (CO), temperatura ambiental y humedad relativa; se recopilaron mediante el equipo qHuax, en

intervalos de tiempo de 60 minutos; dicho equipo ha sido proporcionado, en calidad de préstamo, por la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la UNU.

- Formato de recopilación de datos para de CO.
- Formato de recopilación de datos para temperatura y humedad relativa.
- Protocolo nacional sobre monitoreo de calidad del aire (MINAM, 2019).
- Estándares de calidad ambiental del aire (MINAM, 2017).
- Guía para la determinación del ííndice de Calidad del aire “INCA”- (MINAM, 2016).

Formatos de recolección de datos para el registro de temperatura ambiental y humedad relativa en el distrito Callería.

Tabla 3.

Formato de recolección de datos para registrar la temperatura y humedad relativa del ambiente en el distrito Callería.

N°	Fecha	Humedad relativa % Rh	Temperatura °C
1			

Tabla 4.

Formato para la recolección de datos para el registro de la concentración de monóxido de carbono (CO) en el distrito Callería.

N°	Fecha	Hora	Monóxido de carbono CO [ug/m3]
1			

Tabla 5. *Formato de tabulación de datos de temperatura, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono (CO).*

N°	Fecha	Temperatura °C	Humedad relativa-HR %	Monóxido de carbono CO (ug/m3)
1				
Significativo (Estadísticamente es el valor p de una prueba de hipótesis y está vinculado a la aceptación o rechazo de una hipótesis científica).				• 0.01 • 0.05

3.4.2.1. Materiales y/o equipos

Materiales:

- Útiles de escritorio.
- Mapa de los lugares de monitoreo

Equipos:

- Equipo automático: El equipo qHAWAX, es un módulo de monitoreo continuo de calidad del aire desarrollado por qAIRa, el cual se empleó para la medición de temperatura, humedad relativa y monóxido de carbono. Dicho equipo, fue proporcionado por el Proyecto de Investigación en Calidad del Aire que ejecuta la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.
- Laptop: Computadora portátil de peso y tamaño ligero, fue utilizada para el procesamiento y tratamiento de datos, así como, para la digitación del informe final.
- Navegador, GPS GARMIN 60: La recopilación de datos durante el monitoreo se almacenó en una memoria de 36 Gb el cual fue

descargado y procesado para el desarrollar las pruebas estadísticas a través del Software IBM SPSS 22.

3.5. Análisis estadístico

Para determinar si existe una correlación entre la temperatura y humedad relativa con el monóxido de carbono, se aplicó la prueba de hipótesis utilizando el enfoque probabilístico; para decidir si rechazar o aceptar la hipótesis planteada. Así mismo, para determinar el comportamiento directo o inverso entre las variables se realizó utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. En base a lo detallado por (Martínez, 2009) “la correlación estimada entre X e Y se halla calculando el coeficiente de correlación de Pearson para el conjunto de rangos apareados, transformado las puntuaciones en rangos”.

- ***Variable independiente (X_2):*** Humedad relativa, es la cantidad de vapor de agua que se encuentra en la atmosfera el cual ayuda a la formación de las nubes.
- ***Variable dependiente (Y):*** Monóxido de Carbono, es un gas venenoso que no tiene olor ni color, emitido por la quema de combustible (como en el caso del escape de los automóviles o las chimeneas).
- ***Variable independiente (X_1):*** Temperatura, es un parámetro al grado de calor especifico del aire en un lugar y momento determinado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Temperatura ambiental y humedad relativa en el área urbana de la ciudad de Pucallpa-Distrito Callería.

A continuación, se muestran los resultados del monitoreo continuo de la temperatura ambiental y la humedad relativa en el área urbana de la ciudad de Pucallpa, distrito de Callería.

4.1.1. Temperatura ambiental en el distrito de Callería.

En la tabla 6, se muestran los valores del monitoreo de la temperatura ambiental en el distrito de Callería se efectuó durante los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, con registros diarios de temperatura promedio, máxima y mínima. Este análisis permitió caracterizar la variabilidad de la temperatura en 3 puntos de muestreo específicos en el distrito de Callería. Los datos registrados evidencian una variación significativa en la temperatura ambiental, con valores mínimos observados durante la madrugada y máximos durante las horas de la tarde.

Tabla 6.

Temperatura promedio mensual (ºC) en Pucallpa-Distrito de Callería

Punto de Monitoreo	Periodo	Fecha y hora inicial	Fecha y hora final	Promedio mensual de Temperatura (ºC)	T (ºC)
P "1" Jr. Inmaculada /Jr. Libertad	Julio	01/07/2022 01:00 am	21/07/2022 24:00 pm	28.11	28.08
	Agosto	07/08/2022 01:00 am	30/08/2022 24:00 pm	28.05	
P "2" Jr. 7 de Junio/Jr. Zavala	Setiembre	01/09/2022 01:00 am	30/09/2022 24:00 pm	28.71	28.02
	Octubre	01/10/2022 01:00 am	31/10/2022 24:00 pm	27.69	
P "3" Jr. Coronel Portillo/Jr. A. Vargas Guerra	Noviembre	01/11/2022 01:00 am	27/11/2022 24:00 pm	27.86	27.68
	Diciembre	14/12/2022 01:00 am	31/12/2022 24:00 pm	27.50	
Promedio:				28.15	
Temperatura mínima:				21.03	
Temperatura máxima:				36.88	

Los resultados muestran un promedio general de temperatura ambiental de 28.15°C, con una temperatura máxima promedio de 36.88°C y una mínima promedio de 21.03°C. Estos valores reflejan las condiciones térmicas típicas de una zona tropical, donde se observa una marcada diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas.

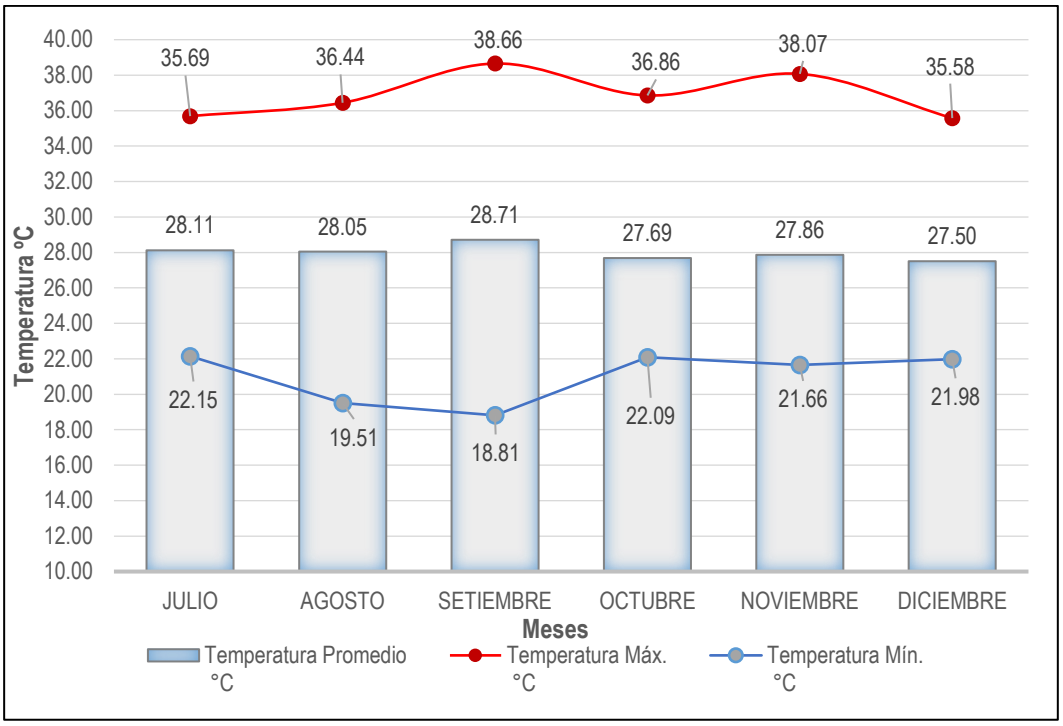
Durante el periodo de estudio, se observó que en el mes de septiembre registró la temperatura máxima más elevada (38.66°C) en el punto de monitoreo "P2" ubicado en la intersección de Jr. 7 de Junio y Jr. Zavala, mientras que en setiembre registró la temperatura mínima más baja (18.81°C) en el punto de monitoreo "P2" ubicado en la intersección de Jr. Jr. 7 de Junio y Jr. Zavala, probablemente debido a noches más despejadas

que favorecen la pérdida de calor por radiación. Los valores de temperatura encontrados en el presente estudio, son superiores hasta casi en 2 grados de diferencia, respecto a los encontrados en la provincia de Coronel Portillo por Guadalupe en 2016, donde se indica que los meses más calurosos son de octubre a diciembre con temperaturas que oscilan de 26°C a 27°C. La ciudad de Pucallpa, también ha experimentado incrementos de temperatura en los últimos años, producto de esta situación se ha generado incendios a nivel de la ciudad de Pucallpa y a nivel del campo, tal es el caso de la sequía ocurrida en 2004 (Memoria GOREU, 2005), que generó pérdidas económicas a los agricultores en más 5 millones de soles y en el presente año, que también se experimentó un evento similar, justamente en los meses donde se realizó la evaluación del presente estudio.

En resumen, el comportamiento térmico en el distrito de Callería se caracteriza por una amplitud térmica considerable, con fluctuaciones diarias y estacionales que son típicas de regiones tropicales. Este análisis es fundamental para la comprensión de las condiciones climáticas locales y su impacto potencial en las actividades socioeconómicas y ambientales.

Figura 1

Variabilidad de las temperaturas promedio, máximas y mínimas registradas durante los meses de estudio.



La figura 1, proporciona una visualización clara de las temperaturas promedio, máximas y mínimas registradas durante los seis meses de estudio. La línea roja en el gráfico muestra las temperaturas máximas mensuales, destacando que septiembre tiene la mayor temperatura máxima (38.66°C), seguida por noviembre (38.07°C). Las barras representan las temperaturas promedio mensuales. Se observa una relativa estabilidad en las temperaturas promedio, con valores que oscilan entre 27.50°C y 28.71°C. La línea azul indica las temperaturas mínimas mensuales, mostrando que setiembre tiene la menor temperatura mínima (18.81°C), reflejando las noches más frías de ese mes.

4.1.2. Humedad relativa en el distrito de Callería

El monitoreo de la humedad relativa del distrito Callería se realizó durante los meses de julio a diciembre, del año 2022, registrando datos diarios de humedad relativa promedio, máxima y mínima. Este análisis es crucial para entender las condiciones climáticas del distrito, que influyen directamente en la calidad del aire y en la concentración de contaminantes atmosféricos.

Tabla 7.

Humedad relativa (%) promedio mensual del Distrito Callería.

Punto de Monitoreo	Sector	Fecha y hora inicial	Fecha y hora final	Humedad Relativa Promedio (%)	H.R. Promedio (%)
P "1" Jr. Inmaculada /Jr. Libertad	Julio	01/07/2022 01:00 am	21/07/2022 24:00 pm	82.16	79.38
	Agosto	07/08/2022 01:00 am	30/08/2022 24:00 pm	76.60	
P "2" Jr. 7 de Junio/Jr. Zavala	Setiembre	01/09/2022 01:00 am	30/09/2022 24:00 pm	76.46	80.16
	Octubre	01/10/2022 01:00 am	31/10/2022 24:00 pm	83.87	
P "3"Jr. Coronel Portillo/Jr. A. Vargas Guerra	Noviembre	01/11/2022 01:00 am	27/11/2022 24:00 pm	81.50	83.32
	Diciembre	14/12/2022 01:00 am	31/12/2022 24:00 pm	83.32	
Humedad Relativa Promedio (%):				80.65	
Humedad Relativa Mínima (%):				55.31	
Humedad Relativa Máxima (%):				97.08	

En la tabla 8, se visualiza los resultados del monitoreo realizado de la humedad relativa en el distrito de Callería, basado en mediciones sistemáticas en tres puntos de monitoreo durante el periodo de julio a

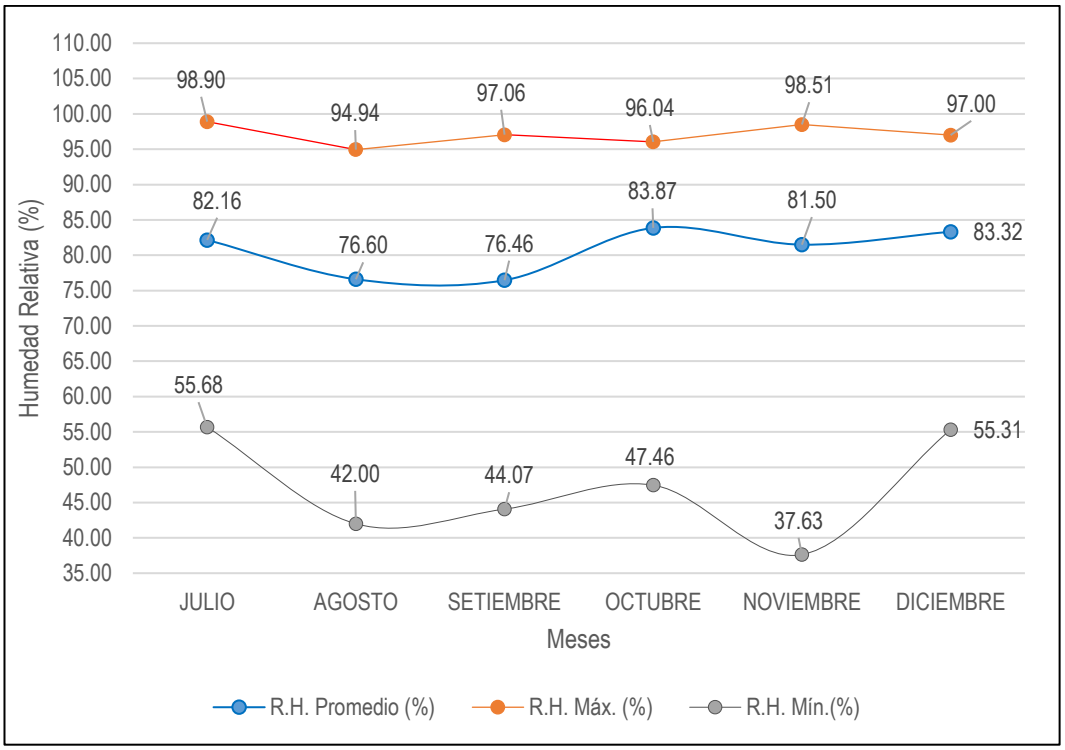
diciembre de 2022. En el punto de monitoreo P “1” (Jr. Inmaculada /Jr. Libertad), se registraron valores de humedad relativa promedio de 82.16% en julio y 76.60% en agosto. En el punto de monitoreo P “2” (Jr. 7 de Junio/Jr. Zavala), el promedio fue de 76.46% en septiembre y 83.87% en octubre. En el punto de monitoreo P “3” (Jr. Coronel Portillo/Jr. A. Vargas Guerra), se observó un promedio de 81.50% en noviembre y 83.32% en diciembre. Estos datos evidencian un incremento progresivo en la humedad relativa desde agosto hasta diciembre, coincidiendo con la transición hacia la temporada de lluvias.

El promedio general de humedad relativa fue de 80.65%, con valores extremos de 55.31% como mínimo y 97.08% como máximo. Estos resultados reflejan una variabilidad estacional influenciada por factores meteorológicos, como las precipitaciones y las fluctuaciones de temperatura. Los bajos valores de humedad mínima pueden estar asociados a períodos de menor actividad de lluvia y mayores temperaturas diurnas que promueven la evaporación.

En la figura 2, en el que se visualiza las variaciones de humedad relativa promedio, máxima y mínima a lo largo de los meses de estudio.

Figura 2

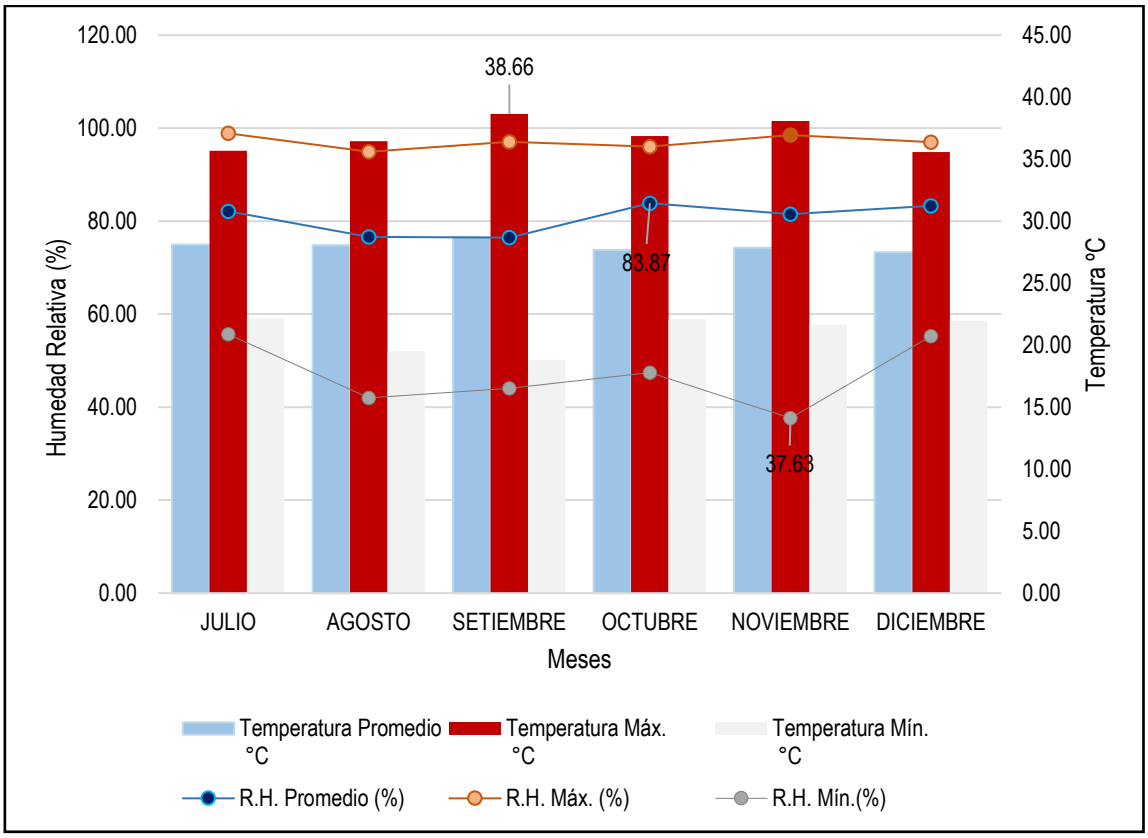
Fluctuaciones mensuales en la humedad relativa (%) en el distrito de Callería.



La figura 2, muestra las fluctuaciones mensuales de la humedad relativa. Línea azul, representa la humedad relativa promedio mensual, con valores oscilando entre aproximadamente 76% y 83%. Línea naranja, indica la humedad máxima mensual, que en su mayoría supera el 95%, destacando las condiciones de alta humedad típicas de un clima tropical. La línea ploma, muestra los valores mínimos mensuales de humedad relativa, que varían de manera significativa, especialmente en los meses de menor precipitación como noviembre, donde se registró la humedad promedio de 37.63%.

Figura 3

Variabilidad de la temperatura ambiental y la humedad relativa en el distrito de Callería.



La figura 3, ilustra la variabilidad de la temperatura ambiental y la humedad relativa en el distrito de Callería, representando datos mensuales desde julio hasta diciembre. La temperatura promedio se mantuvo relativamente constante, con ligeras fluctuaciones a lo largo de los meses. La temperatura máxima alcanzó su pico en septiembre con 38.66 °C y mantuvo valores elevados en los meses siguientes. Mientras que la temperatura mínima mostró una ligera tendencia decreciente, con el valor más bajo registrado en noviembre (37.63 °C).

Por otro lado, la humedad relativa promedio exhibió un patrón de incremento gradual desde agosto hasta diciembre, coincidiendo con la transición hacia la temporada de lluvias. Los valores más altos de humedad relativa se

registraron en octubre (83.87%) y diciembre, mientras que los valores mínimos se observaron en septiembre (38.66%) y noviembre (37.63%).

La correlación entre el aumento de la humedad relativa y las temperaturas más bajas en los últimos meses del año es evidente, sugiriendo un impacto significativo de las condiciones meteorológicas estacionales en el clima local. Este análisis es esencial para comprender las dinámicas climáticas del distrito.

4.2. Concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería

El monitoreo de la concentración de monóxido de carbono (CO) se realizó durante el periodo de julio a diciembre del 2022, lo que representa 137 días de datos de concentración de este contaminante. Los puntos de monitoreo seleccionados fueron "P1", "P2" y "P3", estratégicamente ubicados en del distrito de Callería.

Tabla 8.

Concentración de monóxido de carbono promedio mensual en el distrito de Callería.

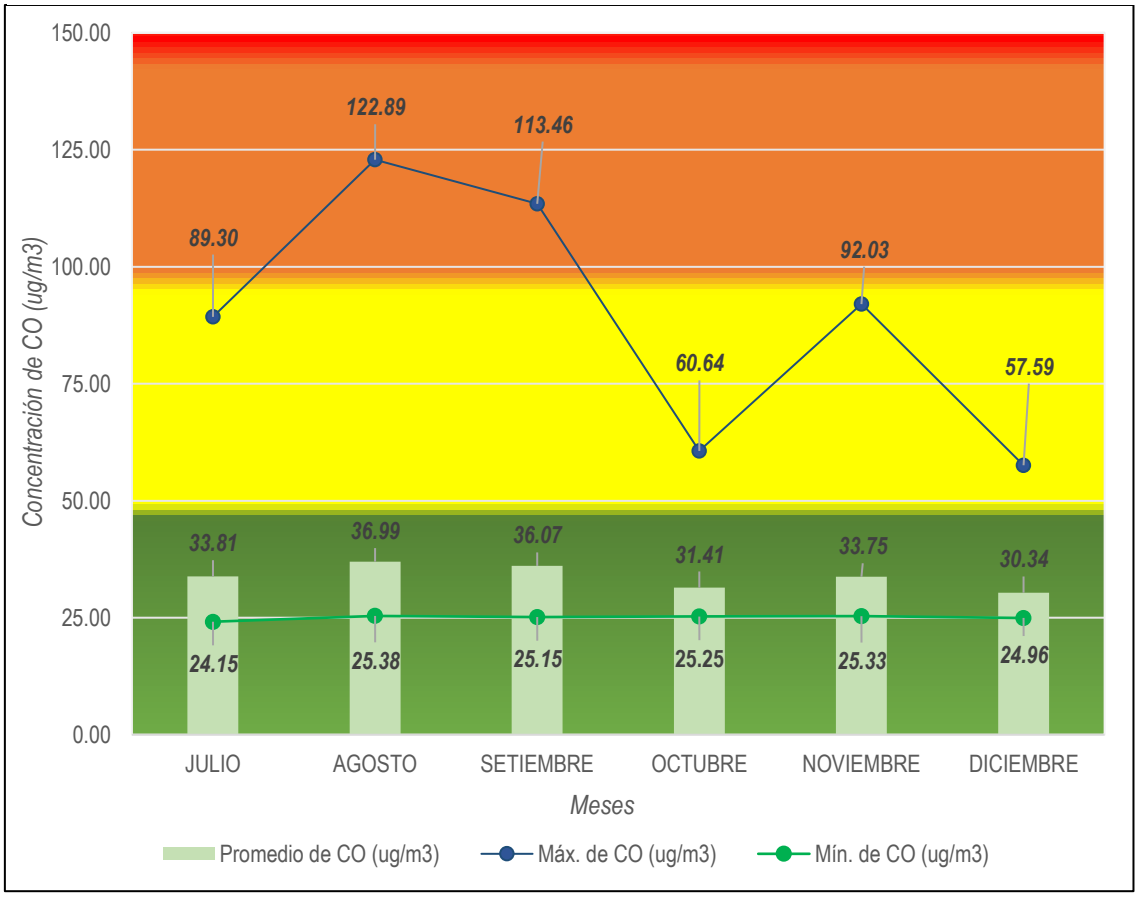
Punto de Muestreo	Dirección	Fecha y hora inicial	Fecha y hora final	Promedio de CO (ug/m³)	Intervalo del INCA (ug/m³)
P "1" Jr. Inmaculada /Jr. Libertad	Julio	01/07/2022 01:00 am	21/07/2022 24:00 pm	33.81	0-50
	Agosto	07/08/2022 01:00 am	30/08/2022 24:00 pm	36.99	
P "2" Jr. 7 de Junio/Jr. Zavala	Setiembre	01/09/2022 01:00 am	30/09/2022 24:00 pm	36.07	
	Octubre	01/10/2022 01:00 am	31/10/2022 24:00 pm	31.41	
P "3"Jr. Coronel Portillo/Jr. A. Vargas Guerra	Noviembre	01/11/2022 01:00 am	27/11/2022 24:00 pm	33.75	
	Diciembre	14/12/2022 01:00 am	31/12/2022 24:00 pm	30.34	
Promedio monóxido de carbono-CO (ug/m³):				**33.73**	
Mínimo de CO (ug/m³):				**25.04**	
Máximo de CO (ug/m³):				**89.32**	

En la Tabla 8, se puede observar que las concentraciones de CO se mantuvieron dentro del rango considerado como bueno (0-50 µg/m³) según el Índice de Calidad del Aire (INCA). El promedio general de CO en los tres puntos fue de 33.73 µg/m³ (bueno), con un valor mínimo registrado de 25.04 µg/m³ (bueno) y un máximo de 89.32 µg/m³ (moderado). El punto "P1", ubicado en Jr. Inmaculada / Jr. Libertad, tuvo un promedio de CO de 33.81 µg/m³ en julio y 36.99 µg/m³ en agosto, ambos dentro del rango bueno (0-50 µg/m³). Asimismo, el punto

"P2", situado en Jr. 7 de Junio / Jr. Zavala, mostró un promedio de 36.07 µg/m³ en septiembre y 31.41 µg/m³ en octubre, también dentro del rango bueno.

Figura 4

Concentración de monóxido de carbono en el distrito de Callería.



Finalmente, el punto "P3", localizado en Jr. Coronel Portillo / Jr. A. Vargas Guerra, tuvo un promedio de 33.75 µg/m³ en noviembre y 30.34 µg/m³ en diciembre, ambos dentro del rango bueno.

La figura 4, los datos de concentración de monóxido de carbono (CO) en el distrito Callería, se analizan en función del INCA, en el mes de julio: El promedio de CO fue de 33.81 µg/m³, clasificado como buena calidad (banda verde). El máximo de 89.30 µg/m³ cae en la categoría moderada (banda amarilla), mientras

que el mínimo de 24.15 µg/m³ permanece en la categoría buena. Así mismo en el mes de agosto, el promedio de CO fue de 36.99 µg/m³ (banda verde). Sin embargo, el máximo de 122.89 µg/m³ se clasifica como calidad del aire “mala” (banda anaranjada), y el mínimo de 25.38 µg/m³ se mantiene en la categoría “buena”. Por otro lado, en el mes de septiembre, el promedio de CO fue de 36.07 µg/m³ (banda verde). El máximo de 113.46 µg/m³ entra en la categoría “mala” (banda anaranjada), mientras que el mínimo de 25.15 µg/m³ permanece en la categoría “buena”.

En general, la calidad del aire se mantuvo mayoritariamente dentro de los rangos considerados como buenos y moderados según valores de índices de calidad del aire establecidos por MINAM (2016). Sin embargo, se observaron picos de concentración de CO en agosto y septiembre que alcanzaron niveles de calidad del aire “mala”, lo que sugiere la necesidad de un monitoreo continuo y medidas de control para mantener una calidad del aire saludable.

Al respecto, Hernández (2004) manifiesta que en todos los casos, las concentraciones de monóxido de carbono son más acentuadas en invierno que en verano (Hernández, 2004). Sin embargo, teniendo en cuenta la realidad de la zona, se observa que en la “época de lluvias” los valores de CO se acentúan, a pesar que se recién en estos meses, principalmente diciembre, en el hemisferio sur se inicia la estación de verano. En consecuencia, se podría concluir que la concentración de monóxido de carbono (CO) depende de la humedad relativa.

4.3. Análisis de la relación entre la temperatura ambiental, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería

Se analizó la relación entre las variables meteorológicas (temperatura ambiental y humedad relativa) y la concentración de monóxido de carbono (CO) en el distrito Callería. El análisis se basa en datos recogidos durante los meses de julio a diciembre. Para este análisis, se consideraron las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula (H_0):** No existe relación significativa entre la temperatura ambiental, humedad relativa y la concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de Pucallpa.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** Existe una relación significativa entre la temperatura ambiental, humedad relativa y la concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de Pucallpa, del distrito de Callería.

Se realizó una recolección de datos durante un periodo de seis meses de julio a diciembre del 2022, abarcando 3 puntos de monitoreo, para obtener una representación adecuada de las variaciones climáticas. Los resultados obtenidos de la medición se presentan en las siguientes tablas y gráficos.

Tabla 9. *Valores de temperatura ambiental, humedad relativa y concentración de CO promedio mensual.*

Meses	Humedad Relativa (%)	Temperatura (ºC)	Monóxido de Carbono (ug/m^3)
Julio	82.16	28.11	33.81
Agosto	76.60	28.05	33.81
Setiembre	78.46	28.71	36.07
Octubre	83.87	27.69	31.41
Noviembre	81.50	27.86	33.75
Diciembre	83.32	27.50	30.34

Se sometieron los datos del promedio de temperatura ambiental en ºC y la concentración de monóxido de carbono a una prueba de correlación de Pearson, que mide la fuerza y la dirección lineal entre variables.

Tabla 10.

Prueba de correlación de Pearson entre temperatura, humedad relativa y monóxido de carbono.

Variables	***Temperatura***	***Humedad relativa***	***Monóxido de carbono***
Temperatura	1		
Humedad relativa	-0.667	1	
Monóxido de carbono	0.945	-0.7133	1

La tabla 10, muestra la correlación entre humedad relativa y monóxido de carbono (CO), con un coeficiente de correlación de - 0.7133, demostrando que existe una correlación negativa fuerte entre humedad relativa y concentración de monóxido de carbono. Esto indica que a medida que aumenta la humedad relativa, la concentración de CO tiende a disminuir. Es decir, condiciones más secas tienden a estar asociadas con mayores niveles de CO en el ambiente.

Asimismo, la correlación entre temperatura y humedad relativa, tiene un coeficiente de correlación de -0.667, demostrando la existencia de una correlación

negativa de moderada a fuerte. Esto significa que, al aumentar la temperatura ambiental, la humedad relativa disminuye**,** lo cual es consistente con el comportamiento físico de la atmósfera en climas tropicales como la de Pucallpa. Las temperaturas más altas suelen estar asociadas a menor humedad en el aire.

En estudio sobre correlación entre variables meteorológicas y concentración de contaminantes atmosféricos en el distrito de Villa María del Triunfo-Lima, realizado por Ríos (2020), encontró que la temperatura del aire horaria (°C) mantiene una relación negativa baja (r= - 0.191) con el nivel de concentración de CO (µg/m3), siendo estadísticamente significativo (sig. bilateral= 0.000 < 0.05), es decir, a medida que la temperatura del aire horaria presenta valores altos, la concentración de monóxido de carbono (CO) disminuye o viceversa.

Por otro lado, la relación entre la temperatura y monóxido de carbono (CO), tiene un coeficiente de correlación de 0.945, lo que demuestra la existencia de una correlación positiva muy fuerte entre la temperatura y la concentración de monóxido de carbono. Esto implica que cuando la temperatura aumenta, también lo hace la concentración de CO**.** Este comportamiento puede deberse a una mayor actividad antrópica (como el tráfico vehicular o combustión de biomasa) en horarios o días más cálidos, o también a la acumulación de contaminantes en capas más bajas de la atmósfera por condiciones de inversión térmica.

Según Ríos (2020), encontró también que la humedad relativa horaria (%) mantiene una relación positiva baja (r= 0.101) con el nivel de concentración de CO, siendo estadísticamente significativo (sig. bilateral= 0.037 < 0.05), es decir, a

medida que la humedad presenta valores altos, la concentración de CO aumentará.

En las tablas 11, 12 y 13 se muestran los resultados del análisis estadístico que sirvieron para contrastar la hipótesis.

Tabla 11.

Estadísticas de la regresión de temperatura y monóxido de carbono.

Estadísticas	Valores
Coeficiente de correlación	0.9458
Coeficiente de determinación(R2)	0.894
R2 ajustado	0.868
Error típico	0.153
Observaciones	6

En la tabla 11, se observan los resultados del análisis de varianza, cuya interpretación se realiza utilizando el criterio: Si el valor crítico de F es menor o igual a 0.05, no se acepta la hipótesis nula; por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula H_0 puesto que el valor crítico de F=0.0043250.

Tabla 12.

Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	Sig. (0.05)
Regresión	1	0.79	0.79	33.93	0.004325	**
Residuos	4	0.09	0.02			
Total	5	0.89				

Por lo que se infiere que a un nivel de confianza del 95%; que existe evidencia suficiente para decir que el modelo es válido para estimar la temperatura ambiental.

Tabla 13. Análisis de varianza (probabilidad)

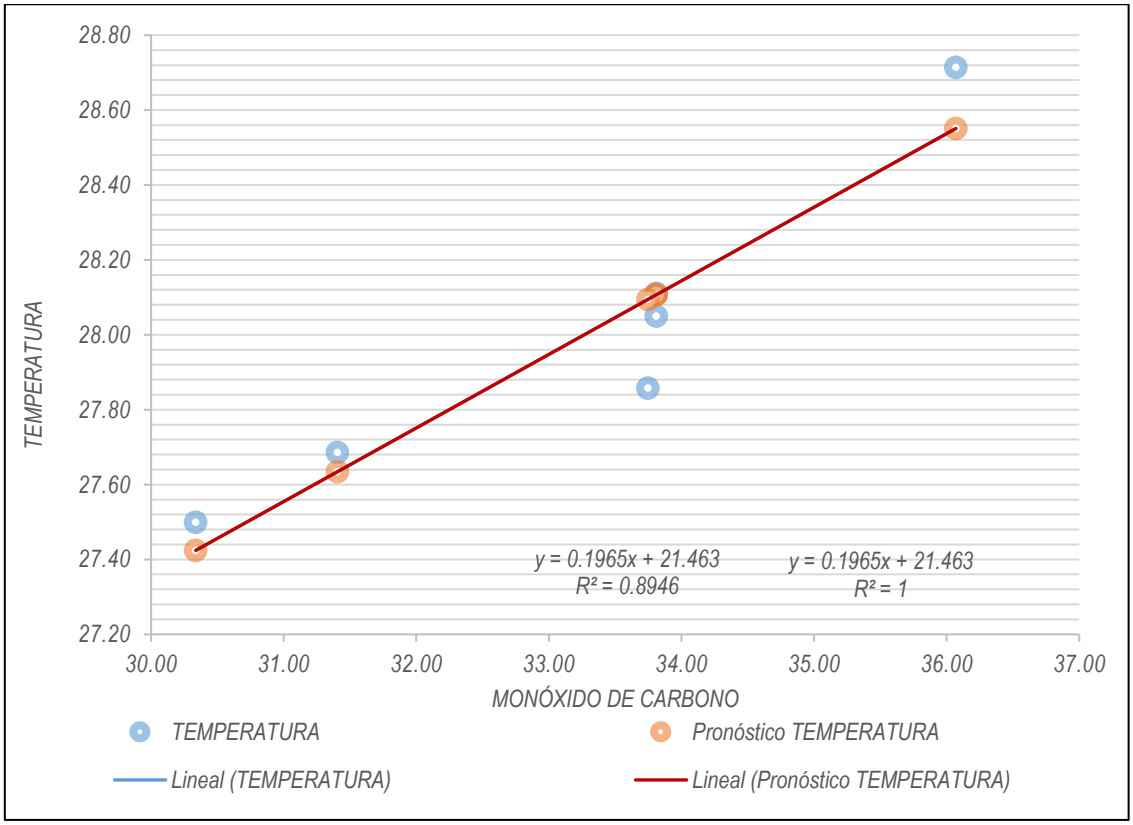
	Coeficientes	*Error típico*	*Estadístico t*	*Probabilidad*	*Inferior 95%*	*Superior 95%*	*Inferior 95.0%*	*superior 95.0%*
Intercepción	21.46	1.12	19.13	4.39	18.34	24.57	18.34	24.5
CO	0.196	0.033	5.82	0.004	0.10	0.29	0.10	0.29

Y= 0.19 X + 21.46

Así mismo se aprueba la hipótesis H1, con un 89% (Coeficiente de determinación R^2: 0.894699581), Existe una relación significativa entre la temperatura ambiental y la concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de Pucallpa, del distrito de Callería.

Figura 5

Relación entre temperatura ambiental y CO.



En el mismo contexto la figura 5, muestra la prueba de la relación entre la temperatura y la concentración de monóxido de carbono en el distrito de Callería, La correlación positiva entre la temperatura y la concentración de monóxido de carbono implica que, en días más cálidos, es probable que la calidad del aire se deteriore debido a mayores niveles de monóxido de carbono. Los datos indican que hay relaciones significativas entre las variables meteorológicas y la concentración de monóxido de carbono, lo que debe ser considerado en el diseño de políticas y estrategias para mejorar la calidad del aire en el área urbana de Pucallpa.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La relación entre temperatura ambiental y concentración de monóxido de carbono (CO) es significativa, concluyendo que la **temperatura** tiene una **alta influencia positiva** sobre los niveles de CO. En cambio, la relación entre humedad relativa y concentración de monóxido de carbono (CO), está **inversamente relacionada** con la concentración de CO.
- Los promedios mensuales de temperatura variaron ligeramente, con valores promedio de 28.1°C en julio y disminuyendo hasta 27.5°C en diciembre. La humedad relativa también mostró variaciones, con promedio de 82.2% en julio, disminuyendo hasta 76.6% en agosto, y presentando ligeras fluctuaciones, hasta alcanzar 83.3% en diciembre.
- La concentración promedio de CO fue de 33.8 µg/m³ en julio, aumentando a 36.9 µg/m³ en agosto y alcanzando su valor más alto en septiembre (36.1 µg/m³). En los meses siguientes, la concentración promedio de CO disminuyó ligeramente, con 31.4 µg/m³ en octubre y 30.3 µg/m³ en diciembre. En tanto, se concluye que la calidad del aire, en general, se mantuvo como “buena” y “moderada”, sin embargo, el nivel de calidad “Mala” por CO se alcanzó en agosto y septiembre.
- Según coeficiente “r” de Pearson, existe correlación positiva significativa entre temperatura ambiental y concentración de monóxido de carbono-CO (r = 0.95), concluyendo que, a mayor temperatura, mayor concentración de CO. Asimismo, se encontró correlación negativa entre humedad

relativa y concentración de CO (r = -0.71), concluyendo que los niveles más altos de humedad relativa están asociados a menores concentraciones de CO.

5.2. Recomendaciones.

- Fortalecer el monitoreo ambiental continuo, es decir, implementar un sistema de monitoreo constante de la calidad del aire en Pucallpa, especialmente enfocado en la medición de monóxido de carbono (CO) y otras variables ambientales como la temperatura y la humedad relativa. Este monitoreo proporcionará datos en tiempo real que permitan detectar y gestionar situaciones críticas de contaminación y sus variaciones estacionales, contribuyendo a una mejor toma de decisiones en políticas ambientales.
- Desarrollar políticas públicas de reducción de emisiones vehiculares, dado que las fuentes móviles, como los vehículos, son probablemente una de las principales causas de las emisiones de CO en el área urbana de Pucallpa, es por ello, se recomienda el desarrollo de políticas públicas para reducir dichas emisiones. Esto podría incluir incentivos para la renovación de flotas vehiculares hacia opciones más eficientes y menos contaminantes, así como la promoción de medios de transporte sostenible, como bicicletas y transporte público.
- Fomentar la educación y concientización ambiental, promover campañas de concientización dirigidas a la población sobre la importancia de reducir las emisiones de CO, así como los impactos negativos de este contaminante en la salud humana. La ciudadanía debe estar informada

sobre la influencia que tienen las variables meteorológicas, como la temperatura y la humedad relativa, en la calidad del aire, para que puedan tomar medidas preventivas, como limitar el uso de vehículos motorizados en días con altas concentraciones de CO.

- Realizar estudios a largo plazo sobre la calidad del aire, si bien el estudio abarca un período de seis meses, se recomienda llevar a cabo investigaciones a más largo plazo que cubran todas las estaciones del año. Esto permitiría observar las tendencias anuales de la calidad del aire en Pucallpa y analizar en mayor profundidad la relación entre las variables meteorológicas y las concentraciones de CO a lo largo del tiempo. La inclusión de otras variables, como la radiación solar y la velocidad del viento, podría mejorar la comprensión de la dinámica de los contaminantes atmosféricos.
- Promover la reforestación urbana y áreas verdes, la reforestación y la creación de áreas verdes dentro del área urbana de Pucallpa pueden contribuir a la mejora de la calidad del aire, al actuar como sumideros de carbono y ayudar a mitigar los efectos de las emisiones de CO. Las autoridades locales deberían incentivar proyectos de arborización y conservación de áreas verdes para reducir los niveles de contaminación en la ciudad.

- Aplicación de medidas de control en días críticos de contaminación, en base a los resultados del estudio, que muestran un aumento en las concentraciones de CO en ciertos meses del año, se recomienda que las autoridades implementen medidas temporales en días donde las

concentraciones de monóxido de carbono sean elevadas. Estas podrían incluir restricciones temporales al tráfico vehicular, el uso de fuentes industriales o la quema de biomasa, con el fin de mitigar picos de contaminación.

- Evaluar el impacto de la planificación urbana en la calidad del aire, es importante que las autoridades consideren el impacto de la planificación urbana en la calidad del aire de la ciudad. Se deben integrar enfoques de planificación urbana sostenible, que incluyan la promoción de espacios abiertos, infraestructuras verdes y el control de la expansión desordenada de la ciudad, para minimizar el impacto negativo en la calidad del aire y reducir las concentraciones de CO en áreas densamente pobladas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Acosta, J., & López, S. (2021). Evaluación de Emisiones de Monóxido de Carbono y su Efecto en la Salud de la Población de Huamanga 2019. *UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO {Tesis de Pregrado Para Optar Por el Título Profesional de Ingeniero Ambiental}*.

Barrionuevo, & Martínez Espinoza, E. (2022). *Análisis de la correlación de la concentración de CO y CO2 en el habitáculo de vehículos tipo SUV con la temperatura y humedad relativa en el interior de los vehículos.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Benites Vela, E. R., & García Arce, S. A. (2020). *“Evaluación de la calidad de aire por CO y H2S en las intersecciones con mayor flujo vehicular del “Sector Cercado”.* Tesis de grado , Universidad Peruana Unión. https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3372?show=full

Benites, O. (2021). *"Análisis temporal de los NOx Y el Ozono y su relación con las variables meteorológicas en Lima Metropolitana".* {Universidad Agraria la Molina, tesis para optar por el título de Ingeniero Ambiental}.

Benites, O., & Pacsí, S. (2023). ANÁLISIS TEMPORAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS (NO2, O3 TROPOSFÉRICO Y CO) Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA DEL AIRE Y LA RADICIÓN SOLAR EN LIMA METROPOLITANA. *Ecología Aplicada, 1*, 22. https://doi.org/726-2216

Berenger, J., & Bernal, F. (2000). NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior. *Instituto de Seguridad e Higuiere en el*

Trabajo. https://doi.org/https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074

Bernal , C. Á. (2010). *Métodología de la investigación.* Bogotá: Pearson-Prenticel Hall.

Calderón, A. E. (2019). *“DETERMINACIÓN DEL SULFURO DE HIDRÓGENO Y VARIABLESMETEOROLÓGICAS EN EL AA. HH. EL MILAGRO DEL DISTRITO DE INDEPENDENCIA”.* Lima.

Campo, A., Fernández, M., & Gentili, J. (2017). *Variabilidad temporal del PM10 en Bahía Blanca (Argentina) y su relación con variables climáticas. Cuadernos Geográficos,*. : https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/43841

Canales, M., Canales, M., & Canales, G. (2023). Calidad del aire en relación a los niveles de concentración del monóxido de carbono. *ATELIÉ GEOGRÁFICO, 17*(1), 50-68. https://doi.org/http://www.revistas.ufg.br/index.php/atelie

Carnicer, J. (2008). Módulo I: Contaminación Ambiental (Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua).

Cuadrat, J., & Pita, F. (2011). Climatología. *6ta*.

Farroñan, C. (2017). CONCENTRACIONES DE GASES Y NIVELES DE RUIDO SEGÚN LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) EN LAS ESTACIONES DE SERVICIO EN LA CIUDAD DE CHICLAYO. *Universidad Nacional de Lambayeque*. https://doi.org/https://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/79

FECYT. (2015). Meteorología y Climatología. *Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.* https://doi.org/http://www.fecyt.es/.

GCRP. (2019). Climate and Health Assessment. *Global Change Research Program*. https://doi.org/ https://health2016.globalchange.gov/

Gomez, A., & Gonzales, H. (2020). *DETERMINACION DE LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) DEL PARQUE AUTOMOTOR D ELAS CIUDADES DE PUCALLPA Y AGUAYTIA.* Universidad Nacional de Ucayali. TESIS DE PREGRADO, PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL}.

Gonzáles, M., & Torres, C. (2015). *¨Incidencia de las variables meteorológicas en el comportamiento de la concentración de PM10 y NOx¨. .* Universidad Francisco José de Caldas, Bogotá {Tesis de Pregrado.

GOREU. (2005). *¨Estudio de la calidad del aire de la ciudad de Pucallpa-2004".* Gobierno Regional de Ucayali, Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Tecnologías y Consultorías Ambientales-TECONEC, Informe de Consultoría, Pucallpa, Perú.

Guadalupe, N. (2016). *ANALISIS Y SIMULACIÓN DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACION Y SUS IMPACTOS SOCIOAMIENTALES EN LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO.* Universidad Nacional Hermilio Valdizán {Tesis para Optar por el Grado Academico de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible}.

Guevara, J. (2014). Uso correcto de la correlación cruzada en Clinatología: El caso de la presión atmosférica entre Taití y Darwin. *TERRA NUEVA ETAPA, 30(47)*, 79-102.

Hernandez R., et al. (2004). Comportamiento del monóxido de carbono y el clima en la ciudad de Toluca, de 1995 a 2001. Ciencia Ergo Sum, vol. 11, núm. 3, noviembre, 2004, pp. 263-274 Universidad Autónoma del Estado de México.

Huamán, C. (2018). Relación de las variables meteorológicas y la concentración de PM10 y PM2.5 en Puente Piedra.

IEE. (2014). Estado y Tendencia de la Calidad de Aire. *ECOLOGIA*, 17-19. https://doi.org/http://www.ecologia.guanajuato.gob.mx/

INIA. (2020). Definiciones de variables meteorológicas. . https://doi.org/http://www.inia.uy/Documentos/Privados/GRAS/Sistemas-informacion-teledeteccion/Variables%20en%20Banco%20de%20datos%20Agroclim%C3%A1ticos%20-%20Detalle.pdf

Lara, K., Gómez, Z., & Zamorategui, A. (2017). Monitoreo de contaminantes atmosféricos (PM2.5, PM10 y CO2) y variables meteorológicas (Temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento) en la ciudad de Guanajuato. *Jóvenes en la ciencia, , 6*(4). https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/321361272_Air_pollution_due_to_road_transpor

Lay Luna , M. M., & Rios Rodriguez, P. J. (2021). *Evaluación de los niveles de monóxido de carbono (Co) y sulfuro de hidrógeno (H2S) en el centro urbano de la provincia de Coronel Portillo - región Ucayali.* Universidad Nacional de Ucayali , Pucallpa. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5089?show=full

Lee, H., & Cheong, W. (2016). Analysis of Carbon Dioxide and Cloud Effects on Temperature in Northeast China. *Procedia Computer Science*(91). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.172

Machado, A., García, N., García, C., Cordova, A., Linares, M., Alaña, J., & Huertas, J. (2007). Determinación y estudio de dispersión de las Concentraciones de monóxido de carbono en la zona oeste de la ciudad de Maracaibo-Venezuela. *Multiciencias, 7*(2), 115-125. https://doi.org/1317-2255

Manrique, J. (2017). *La contaminación atmosférica y la gestión de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz, 2014.* Tesis para optar el grado de Doctor , Universidad Nacional “Santiago Antunez De Mayolo”. http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1893

Marin Linares, M. V. (2019). *Relación entre la contaminación del aire y la salud de los pobladores del sector nueva esperanza, en el distrito de Villa María del Triunfo, mes de agosto 2018.* Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villareal, Lima. http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3952

Martínez, R. (2009). EL COEFICIENTE DE CORRELACION DE LOS RANGOS DE SPEARMAN. *Revista Habanera de Ciencias Medicas , 8*(2).

https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017

MedlinePlus. (18 de marzo de 2021). *MEDLINEPLUS*. https://medlineplus.gov/spanish/carbonmonoxidepoisoning.html

MINAM. (2016). INDICE DE CALIDAD DEL AIRE. *El Peruano*. https://doi.org/https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%c2%b0-181-2016-MINAM.pdf

MINAM. (2019). INFORME NACIONAL DE CALIDAD DE AIRE 2013-2014. https://doi.org/http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf

Monje, A. (2011). Libro didáctico de la investigación en ciencias sociales elaborando durante el año sabatico concedido por la Universidad Surcolombiana al docente. . *UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA* . https://doi.org/https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf

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

OMS. (2013). *Investigaciones para una cobertura sanitaria universal.* https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/85763/9789240691223_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pando H., Dennis. (2021). Evaluación e interpretación de la dinámica del monóxido de carbono en el aire de Lima Este 2019. Universidad

Continental, Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Huancayo, Perú.

Reátegui Ramos, P. K., Esteban Robladillo, I., Parí Quispe, D., Zeña Rubio, J. P., Caruzo Sangama, P., & Bernal Apaestegui, S. (2021). Niveles de Monóxido de Carbono causado por la festividad de “San Juan” en la ciudad de Pucallpa 2021. *Revista de Investigación Universitaria, 11*(2), 615-629. http://revistas.unu.edu.pe/index.php/iu/article/view/67/102

Ríos, L. (2020). . Correlación entre las variables meteorológicas y concentración de los contaminantes atmosféricos, en el distrito de villa maría del triunfo, en mayo de 2018. .

Rodríguez Calampa, N. Y. (22 de Marzo de 2017). "Determinación de la concentración de material particulado menor a 10 micras (PM10) en vias urbanas de la ciudad de Tarapoto, Perú.". *INDES*.

SENAMHI. (2001). Guía Básica de Meteorología General.

SENAMHI. (2004). Guía básica de meteorología genera. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*.

Tavares, M., Costa, C., Basílio, M., Nóbrega, B., Vieira, J., & Silva, E. (2018). Análise temporal das condições meteorológicas e concentração de Material Particulado (MP10) naRegião Metropolitana de São Paulo). *Revista Brasileira de Geografía Física*. https://doi.org/https://www.researchgate.net/profile/Madson-Silva/publication/326654382_Analise_temporal_das_condicoes_meteorologicas_e_concen

Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, Á. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. *Revista de Salud Pública*.

Valeriano Zapana, J. (2021). 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. *UNIVERSIDAD CONTINELTAL. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental*.

ANEXOS.

Anexo 1. Datos recolectados de monóxido de carbono, humedad relativa y temperatura ambiental.

Punto de Muestreo	Nº	FECHA	Promedio de CO (ug/m3)	Máx. de CO (ug/m3)	Mín. de CO (ug/m3)	Promedio de Humedad (%)	Máx. de Humedad (%)	Mín. de Humedad (%)	Promedio de Temperatura (C)	Máx. de Temperatura (C)	Mín. de Temperatura (C)
P "1" Jr. Inmaculada /Jr. Libertad	1	1-Jul	40.59	89.30	24.71	78.39	94.88	57.36	28.53	34.31	23.78
	2	2-Jul	43.00	86.79	24.33	78.07	95.54	57.29	28.33	34.13	23.06
	3	3-Jul	38.25	65.54	27.04	76.84	93.55	56.86	29.26	35.36	24.01
	4	4-Jul	37.62	55.40	26.28	78.05	94.19	56.59	29.05	35.01	23.57
	5	5-Jul	38.90	47.26	29.20	88.40	91.87	83.95	27.33	28.39	26.38
	6	6-Jul	29.24	37.16	25.60	86.99	95.57	66.01	26.83	32.92	23.62
	7	7-Jul	39.18	79.68	25.72	82.52	97.90	58.85	27.58	34.20	22.15
	8	8-Jul	30.62	43.04	26.52	89.36	98.90	68.24	26.34	32.96	22.22
	9	9-Jul	30.70	39.49	26.08	84.68	95.83	63.44	27.85	33.94	24.01
	10	10-Jul	29.34	43.05	25.20	83.84	98.00	63.52	27.97	33.65	23.23
	11	11-Jul	28.75	35.90	25.29	82.75	95.56	64.37	27.89	33.04	23.50
	12	12-Jul	30.98	41.54	25.10	80.28	95.50	59.35	28.60	34.50	23.64
	13	13-Jul	33.81	55.12	25.90	80.51	95.24	60.38	28.84	34.30	23.97
	14	14-Jul	30.97	47.42	24.15	82.05	95.19	62.82	28.50	33.85	24.22
	15	15-Jul	29.55	43.06	25.33	81.23	95.37	62.68	28.69	33.82	23.99

	16	16-Jul	28.96	32.96	26.46	77.41	88.60	66.68	30.05	32.92	26.36
	17	17-Jul	30.53	39.35	26.91	84.93	96.62	62.47	27.06	33.74	22.87
	18	18-Jul	31.82	40.99	26.10	89.07	96.66	74.17	25.98	30.62	22.91
	19	19-Jul	33.04	50.46	26.73	83.77	98.38	58.32	27.55	35.06	22.57
	20	20-Jul	34.91	55.33	27.04	78.47	95.41	55.68	28.95	35.69	23.53
	21	21-Jul	39.28	59.37	26.11	77.75	95.27	58.21	29.14	34.40	23.66
	22	7-Ago	34.39	35.34	33.44	90.24	90.84	89.63	25.91	26.24	25.58
	23	8-Ago	30.91	36.04	28.19	81.65	94.11	61.45	28.52	34.71	24.55
	24	9-Ago	33.12	51.78	27.21	74.41	92.55	60.96	30.53	34.41	25.71
	25	10-Ago	29.70	41.70	26.73	88.65	94.28	77.85	23.21	25.07	20.60
	26	11-Ago	33.11	62.01	26.07	78.13	94.94	54.42	25.65	33.95	19.51
	27	12-Ago	39.46	68.88	25.56	78.55	94.56	57.48	27.56	33.84	22.50
	28	13-Ago	41.99	####	25.38	77.64	94.81	55.51	28.52	34.69	22.99
	29	14-Ago	47.58	####	27.26	76.02	94.32	55.40	29.22	35.01	23.39
	30	15-Ago	32.02	65.59	25.53	79.79	94.87	57.65	28.66	34.91	23.23
	31	16-Ago	30.38	48.13	26.23	78.74	94.63	59.93	28.96	34.43	23.78
	32	17-Ago	29.82	40.53	25.93	75.75	92.35	57.93	29.65	35.15	24.55
	33	18-Ago	28.77	39.91	25.85	75.55	92.69	56.89	29.35	35.70	23.54
	34	19-Ago	30.35	38.54	27.10	86.84	90.89	78.15	26.82	28.42	25.83
	35	22-Ago	46.28	93.42	28.98	57.12	76.12	42.00	29.21	34.08	23.76
	36	23-Ago	37.09	66.21	26.72	67.30	90.31	45.66	27.22	35.22	19.77
	37	24-Ago	42.85	85.17	26.52	70.06	91.94	46.67	28.09	35.48	21.29

	38	25-Ago	39.61	57.43	27.87	68.91	90.81	44.27	28.78	35.94	21.91
	39	26-Ago	39.84	62.30	29.09	58.70	79.42	44.49	32.44	36.44	26.73
	40	27-Ago	39.68	67.29	29.73	77.50	93.03	58.44	28.44	34.37	23.58
	41	28-Ago	35.99	59.31	29.17	76.30	94.18	56.25	29.25	35.18	23.97
	42	29-Ago	42.27	51.27	34.77	87.98	94.26	77.53	24.52	27.00	23.62
	43	30-Ago	37.54	73.97	28.51	78.99	94.92	52.42	26.94	33.73	22.33
	44	31-Ago	48.05	####	27.86	77.01	94.78	55.46	27.71	34.65	21.58
P "2" Jr. 7 de Junio/Jr. Zavala	45	1-Set	48.78	####	28.04	76.60	94.47	51.83	28.71	35.23	22.63
	46	2-Set	49.36	91.78	28.47	74.70	94.27	53.12	29.84	35.94	23.93
	47	3-Set	37.61	49.07	29.12	74.60	93.24	44.70	29.75	38.66	24.44
	48	4-Set	35.37	58.52	28.60	75.39	87.85	57.78	27.40	33.15	23.69
	49	5-Set	36.91	46.66	28.18	73.30	92.49	49.65	28.09	34.77	23.82
	50	6-Set	39.72	65.00	29.51	73.00	91.16	51.58	28.50	35.68	23.29
	51	7-Set	39.04	53.63	29.34	78.30	94.30	58.99	28.18	34.10	22.67
	52	8-Set	37.15	49.59	31.02	79.44	94.58	59.24	29.07	35.06	23.52
	53	9-Set	38.94	60.49	27.55	72.69	93.70	44.07	30.11	37.38	23.91
	54	10-Set	31.41	41.14	27.57	79.73	93.09	63.81	27.84	33.37	23.94
	55	11-Set	33.97	41.76	27.78	77.27	94.67	54.72	28.33	34.25	22.92
	56	12-Set	32.08	51.03	25.18	73.36	93.81	44.51	30.00	36.61	24.20
	57	13-Set	33.91	74.69	27.30	71.88	89.57	51.49	30.70	37.13	25.28
	58	14-Set	36.35	54.76	26.70	77.12	89.94	58.38	29.00	35.78	25.27
	59	15-Set	31.27	39.45	27.98	93.83	97.06	87.28	22.45	26.49	18.81

	60	16-Set	30.98	47.00	27.06	76.76	94.16	54.38	24.42	31.42	18.90
	61	17-Set	34.27	57.62	27.45	75.66	94.86	54.88	27.80	33.84	21.15
	62	18-Set	38.26	67.63	26.44	76.27	94.54	54.40	29.40	35.28	23.53
	63	19-Set	35.44	48.85	26.35	73.98	92.47	51.44	30.20	36.33	24.18
	64	20-Set	33.09	42.71	26.79	74.14	91.97	51.78	30.47	36.71	24.76
	65	21-Set	31.55	56.88	25.15	74.55	91.77	54.41	29.45	35.64	23.66
	66	22-Set	30.31	34.19	28.12	87.63	92.12	80.54	26.45	28.33	25.07
	67	26-Set	30.91	35.11	28.63	66.54	86.35	51.05	32.48	36.88	26.71
	68	27-Set	36.20	77.74	27.59	72.17	93.89	46.73	30.58	37.33	24.48
	69	28-Set	37.36	59.61	26.99	70.60	92.30	48.84	31.60	37.73	25.51
	70	29-Set	42.38	94.45	27.56	70.85	90.05	49.70	31.42	37.60	25.96
	71	30-Set	31.27	43.21	28.37	94.14	96.83	85.76	23.09	26.00	21.84
	72	1-Oct	34.38	55.17	28.19	80.36	95.36	56.55	27.18	34.94	22.09
	73	2-Oct	33.15	50.90	27.68	77.00	94.66	56.33	29.15	35.38	23.29
	74	3-Oct	29.17	33.00	26.40	80.00	94.49	57.95	28.95	35.24	23.62
	75	4-Oct	32.26	60.64	27.23	79.36	94.48	54.20	28.93	35.55	24.08
	76	5-Oct	32.17	46.18	26.45	71.79	93.69	47.46	30.79	36.76	24.80
	77	6-Oct	33.70	45.38	27.40	75.95	91.93	54.65	30.66	36.86	25.91
	78	7-Oct	32.00	41.01	28.72	92.94	94.94	87.46	24.43	27.18	23.33
	79	8-Oct	31.99	44.14	28.68	86.75	94.63	66.17	26.15	32.58	23.00
	80	9-Oct	28.81	30.93	27.55	94.76	96.04	94.02	22.74	23.17	22.28
	81	16-Oct	34.12	34.96	33.29	93.78	94.25	93.32	24.61	24.88	24.35

	82	17-Oct	32.44	43.49	27.89	88.75	94.37	76.34	26.23	30.16	23.24
	83	18-Oct	32.44	37.84	28.29	86.02	94.24	65.57	27.07	33.54	22.96
	84	19-Oct	30.14	32.58	26.99	84.00	94.50	61.75	27.86	33.99	23.67
	85	20-Oct	28.54	31.42	26.47	84.40	94.59	68.40	27.53	32.95	23.66
	86	21-Oct	28.66	34.33	25.99	82.03	94.62	59.71	27.74	34.81	22.50
	87	22-Oct	30.00	41.15	26.09	84.94	93.99	61.74	27.64	34.98	24.36
	88	23-Oct	30.12	33.34	27.09	88.92	95.19	74.90	26.00	30.70	23.70
	89	24-Oct	29.87	36.92	26.40	86.32	95.81	63.32	26.91	33.92	23.21
	90	25-Oct	29.83	39.01	25.25	77.79	94.98	55.81	29.65	36.27	23.74
	91	26-Oct	31.15	45.94	25.56	73.32	94.71	54.85	31.52	36.52	25.17
	92	27-Oct	28.79	37.91	25.59	78.15	93.34	62.82	30.98	35.95	26.17
	93	28-Oct	35.65	41.51	30.36	94.46	94.76	94.14	24.55	24.77	24.25
	94	29-Oct	32.00	58.83	26.31	87.66	94.67	74.48	27.28	31.59	23.77
	95	30-Oct	31.75	51.06	25.80	84.88	94.98	67.57	28.28	33.38	24.30
	96	31-Oct	32.05	40.73	25.55	82.31	94.56	59.41	29.34	35.28	25.15
P "3" Jr. Coronel Portillo/Jr. A. Vargas Guerra	97	1-Nov	30.71	36.25	27.31	90.86	95.07	79.34	26.59	29.93	24.79
	98	4-Nov	49.45	79.56	31.57	59.88	77.60	39.37	28.91	34.71	24.91
	99	5-Nov	39.92	65.49	27.05	63.57	90.12	37.63	28.65	36.13	21.66
	100	6-Nov	40.89	92.03	27.32	63.77	90.77	42.55	30.04	36.89	23.05
	101	7-Nov	42.28	84.84	27.37	66.84	88.92	47.50	30.33	36.42	23.56
	102	8-Nov	40.79	71.31	27.55	69.10	94.44	44.27	30.96	37.51	24.49
	103	9-Nov	33.86	49.91	27.10	71.60	93.52	52.92	31.47	36.94	25.61

	104	10-Nov	33.54	43.75	29.16	94.15	95.51	86.27	24.08	26.95	22.93
	105	11-Nov	31.46	40.77	27.51	85.44	94.74	65.83	27.09	33.44	23.12
	106	12-Nov	30.94	41.32	26.43	81.17	94.93	59.16	29.00	35.65	24.19
	107	13-Nov	29.77	40.30	25.57	80.09	95.03	60.87	29.37	35.74	23.96
	108	14-Nov	32.30	40.40	25.69	88.04	95.28	65.98	27.37	34.58	23.97
	109	15-Nov	31.18	41.29	26.78	87.38	95.52	68.76	27.32	33.77	23.69
	110	16-Nov	31.56	54.93	26.69	96.41	98.51	93.95	23.26	24.57	22.35
	111	17-Nov	31.76	64.62	26.81	86.56	97.18	65.93	26.47	33.45	22.18
	112	18-Nov	33.43	42.64	25.82	84.00	95.81	64.03	28.79	35.24	24.02
	113	19-Nov	29.31	33.88	26.00	86.69	95.23	61.31	27.93	35.37	25.25
	114	20-Nov	28.72	33.13	25.42	82.90	95.34	63.97	28.63	34.43	23.69
	115	21-Nov	28.67	37.52	26.02	80.92	95.15	62.65	29.12	34.72	24.03
	116	22-Nov	27.83	31.62	25.33	87.44	94.36	72.17	27.36	32.98	25.07
	117	25-Nov	35.32	35.32	35.32	95.85	95.85	95.85	23.07	23.07	23.07
	118	26-Nov	32.17	39.46	28.30	79.62	95.81	53.96	28.73	38.07	22.53
	119	27-Nov	30.32	35.77	27.80	92.15	94.08	91.27	26.22	26.66	25.64
	120	14-Dic	33.32	36.36	30.19	83.12	91.69	71.63	28.15	31.73	25.91
	121	15-Dic	29.53	38.02	27.03	77.27	95.35	56.45	29.25	34.88	23.90
	122	16-Dic	30.27	41.33	26.32	84.40	93.98	67.74	27.42	32.36	25.01
	123	17-Dic	30.94	36.33	26.54	91.91	97.00	70.58	24.62	31.26	22.25
	124	18-Dic	29.63	41.16	25.15	82.67	95.54	63.54	27.34	33.94	22.68
	125	19-Dic	29.26	44.81	26.09	81.45	95.57	60.62	28.20	34.51	23.86

	126	20-Dic	28.22	31.51	26.11	84.65	95.14	66.90	26.83	32.79	23.21
	127	21-Dic	29.35	39.95	25.53	84.93	95.82	65.70	27.38	32.55	23.71
	128	22-Dic	29.02	38.48	26.29	83.22	94.38	62.90	28.13	33.36	25.12
	129	23-Dic	29.46	45.84	25.91	79.02	95.37	58.48	29.10	35.39	23.87
	130	24-Dic	28.93	37.18	25.98	76.59	94.84	55.31	29.60	35.58	24.41
	131	25-Dic	28.52	39.31	25.40	76.33	95.10	55.83	29.56	35.07	24.40
	132	26-Dic	39.98	57.59	27.44	83.65	95.84	64.13	26.01	31.18	22.83
	133	27-Dic	30.90	50.44	25.53	82.07	95.23	62.52	27.20	33.52	21.98
	134	28-Dic	32.15	52.15	25.56	78.77	95.83	58.44	29.31	35.28	24.23
	135	29-Dic	30.18	36.99	25.89	87.42	95.53	67.06	27.27	33.48	24.53
	136	30-Dic	28.91	34.03	24.96	87.78	95.87	69.80	26.21	32.25	23.22
	137	31-Dic	27.51	27.51	27.51	94.60	94.60	94.60	23.41	23.41	23.41
PROMEDIO			33.26	51.38	27.15	82.74	98.90	37.63	27.53	38.66	14.94

Anexo 2. Panel fotográfico.

Figura 6

Registro de datos con equipo automático de monitoreo continuo “qHUAX”, en los puntos de muestreo N° 1 y 2 de Pucallpa-Callería.

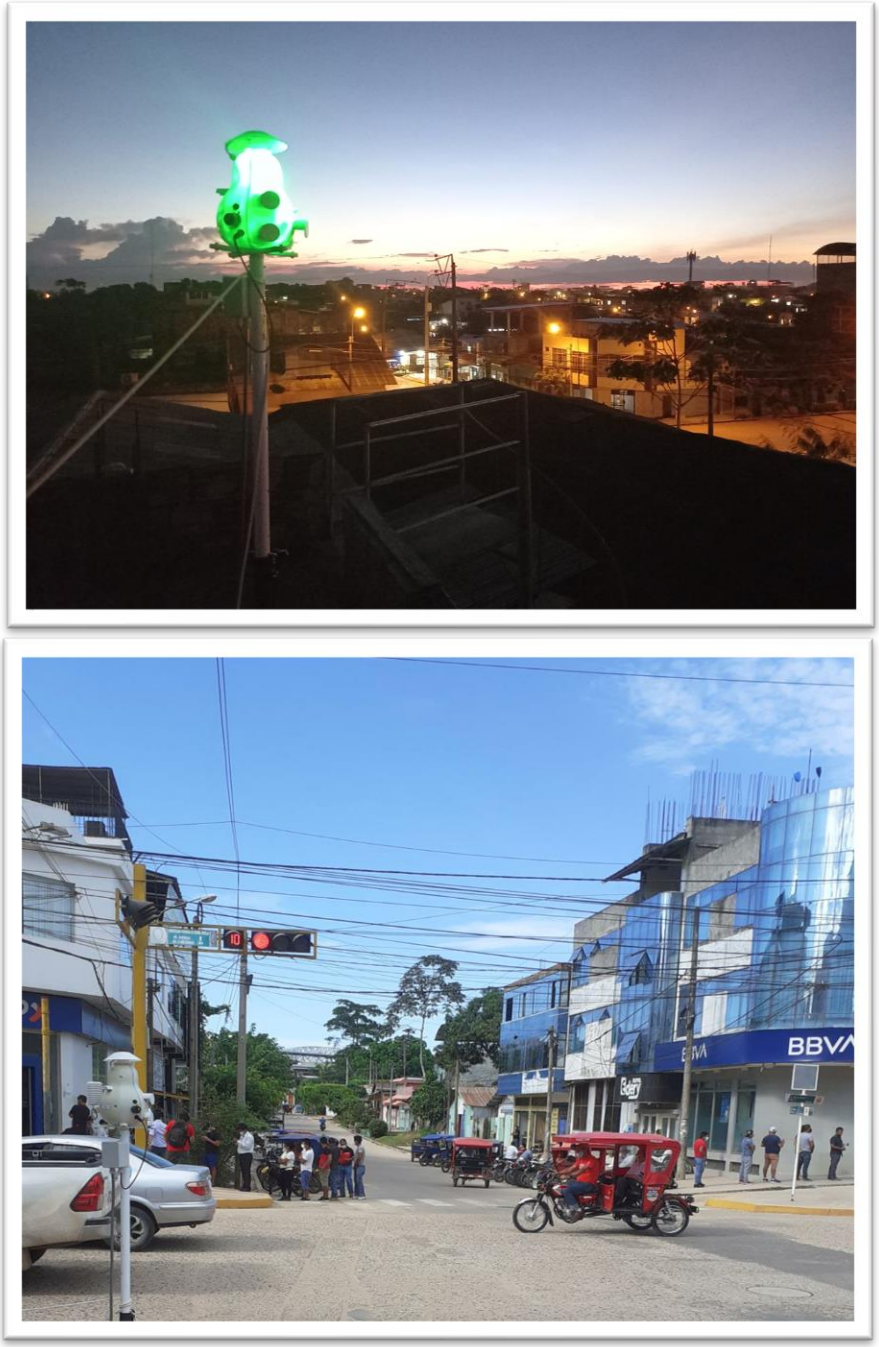


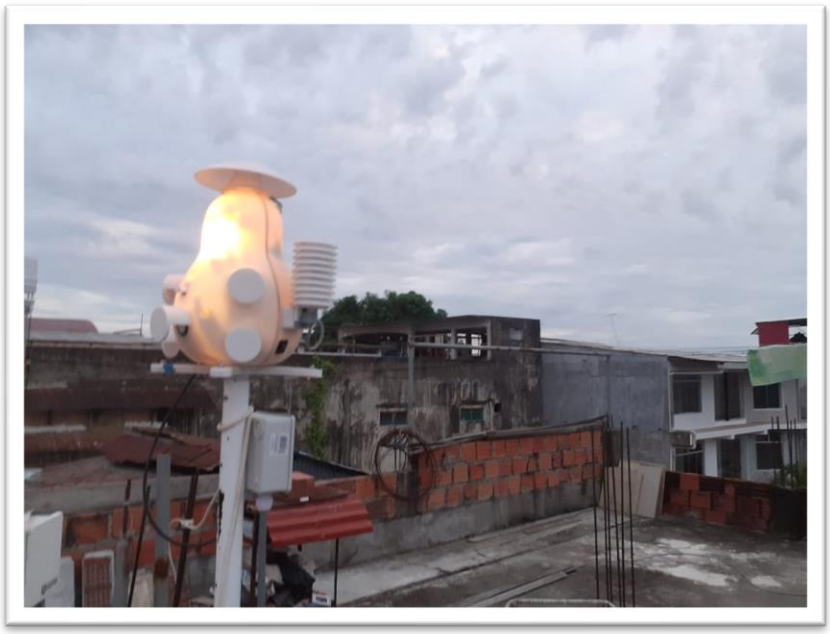
Figura 7

Registro de monóxido de carbono (CO), temperatura ambiental y humedad relativa en el punto de muestreo N° 3 de Pucallpa-Callería (Cielo despejado).



Figura 8

Registro de monóxido de carbono (CO), temperatura ambiental y humedad relativa en el punto de muestreo N° 3 de Pucallpa-Callería (Cielo cubierto).





Anexo 3. Matriz de consistencia.

Tabla 14. Matriz de consistencia

TESIS: "INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y HUMEDAD RELATIVA EN LA CONCENTRACIÓN DE MONOXIDO DE CARBONO (CO) EN EL DISTRITO DE CALLERIA-2022"

	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR /INDICE
GENERAL	¿En qué medida la temperatura ambiental y humedad relativa influyen en la concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería?	Determinar la influencia de la temperatura ambiental y humedad relativa en la concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería.	Existe influencia significativa de la temperatura ambiental y humedad relativa sobre la concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería.	INDEPENDIENTE (X): Temperatura ambiental. Humedad relativa	Temperatura máxima del aire. Temperatura mínima del aire. Temperatura promedio del aire	Grados de temperatura/Grados Celsius
ESPÉCIFICOS	¿Cuál es la temperatura ambiental y humedad relativa promedio en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería?	Determinar la temperatura y humedad relativa del ambiente en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería.	La temperatura ambiental y humedad relativa promedio en el área urbana de la ciudad de Pucallpa poseen valores significativamente altos.	DEPENDIENTE(Y): Monóxido de carbono (CO)	Humedad relativa máxima Humedad relativa media. Humedad relativa mínima	% de humedad relativa (hr)
	¿Cuál es la concentración promedio de monóxido de carbono en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería?	Cuantificar la concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería.	Los valores de concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa superan a los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos a nivel nacional.		Concentración de monóxido de carbono máxima del aire Concentración de monóxido de carbono media del aire.	Concentración de CO [ug/m^3]

					Concentración de monóxido de carbono mínima del aire.	
	¿Cuál es la relación que existe entre temperatura ambiental, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería?	Establecer la influencia que existe entre la temperatura ambiental, humedad relativa y concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa del distrito Callería.	Existe una relación significativa entre la temperatura ambiental, humedad relativa y la concentración de monóxido de carbono (CO) en el área urbana de la ciudad de Pucallpa, del distrito de Callería.			