UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFLUENCIA DE CARACTERÍSTICAS ANTRÓPICAS DE TRES ZONAS DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO EN LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM_{10} Y $PM_{2.5}$, UCAYALI, PERÚ

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AMBIENTAL

ABEL LUIS SÁNCHEZ MEZA

DEIVY ANTONNY ALDABA YUMBATO

PUCALLPA - PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 149 /2022-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 10:30 a.m. del viernes 08 de julio de 2022, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma presencial los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple N.º 079-2022-UNU-FCFyA, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Grober Panduro Pisco	Presidente
Dr. David León Moreno	Miembro
M. Sc. Tedy Tuesta Torrejón	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"Influencia de características antrópicas de tres zonas de la provincia de Coronel Portillo en la concentración de material particulado PM10 y PM2.5, Ucayali, Perú"**, presentado por los bachilleres **Sánchez Meza Abel Luis y Aldaba Yumbato Deivy Antonny**, asesorado por el Dr. Jorge Mori Vasquez, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR MAYORÍA,** quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL,** después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 11:50 a.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Grober Panduro Pisco
Presidente

Dr. David León Moreno
Miembro

M. Sc. Tedy Tuesta Torrejón
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis ha sido aprobada por los miembros del jurado evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambiental de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisado para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. GROBER PANDURO PISCO	PRESIDENTE
Dr. DAVID LEON MORENO	MIEMBRO
M.Sc. TEDY TUESTA TORREJON	MIEMBRO
DR. JORGE ARTURO MORI VASQUEZ	ASESOR
BACH. ABEL LUIS SÁNCHEZ MEZA	TESISTA
BACH. DEIVY ANTONNY ALDABA YUMBATO	TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Nº V/0340-2022

La **Dirección de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis, **titulado:**

"INFLUENCIA DE CARACTERÍSTICAS ANTRÓPICAS DE TRES ZONAS DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO EN LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM10 Y PM2.5, UCAYALI, PERÚ".

Autor(es)	:	**SÁNCHEZ MEZA, ABEL LUIS** **ALDABA YUMBATO, DEIVY ANTONNY**
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	ING. AMBIENTAL
Asesor	:	DR. MORI VÁSQUEZ, JORGE ARTURO

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 6%**

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el articulo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia.

FECHA 10/06/2022

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Abel Luis Sánchez Meza
Autor de la TESIS titulada:
"Influencia de Características Antrópicas de Tres Zonas de la Provincia de Coronel Portillo en la concentración de Material Particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$. Ucayali, Perú"

Sustentada el año: 2022
Con la asesoría de: Dr. Jorge Arturo Mori Vasquez
En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales
Carrera Profesional de: Ing. Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

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 y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 08 / 07 / 2022

Email: abelucho.s96@gmail.com
Firma: 

Teléfono: 931303921
DNI: 71179765

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, DEINY ANTONNY ALDABA YUMBATO
Autor de la TESIS titulada:
"INFLUENCIA DE CARACTERISTICAS ANTROPICAS DE TRES ZONAS DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO EN LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM10 Y PM2.5, UCAYALI, PERÚ"

Sustentada el año: 2022
Con la asesoría de: DR. JORGE ARTURO MORI YÁSQUEZ
En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Carrera Profesional de: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [x] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

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 y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 08 / 07 / 2022

Email: deiny4510@gmail.com Firma:

Teléfono: 927831105 DNI: 47100338

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres Antonio y Liria por ser el motor y motivo para seguir siempre adelante, quienes con su amor y paciencia me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de superación, esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. A mis hermanos (as), y a todas las personas que me apoyaron durante el proceso de este trabajo.

Deivy Antonny

¡Dedicado a Dios y las a las personas cuyas ganas de superación son inquebrantables ante las adversidades de la vida, jamás se rindan!

A las dos personas más importantes en mi vida: mis padres, que son mi fuerza e inspiración para este importante logro.

Abel Luis

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por ser nuestra guía y acompañarnos en el transcurso de la vida, brindándonos fortaleza y sabiduría para culminar con éxito nuestras metas propuestas.

Nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de Ucayali, por la oportunidad que me brindaron en el desarrollo de mi formación profesional.

Agradecemos a nuestros docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra preparación profesional.

A nuestro Asesor, el Dr. Jorge Arturo Morí Vásquez, por su tiempo, sugerencias, confianza, paciencia y aportes fundamentales en la elaboración y desarrollo del trabajo de investigación.

Asimismo, agradecer también a nuestro Coasesor de tesis el Dr. Luigi Roberto Vargas Mera, por sus sabios conocimientos en guiarnos al desarrollo de la presente tesis

ÍNDICE DE CONTENIDO

Pág.

DEDICATORIA VII

AGRADECIMIENTO VIII

ÍNDICE DE TABLAS XI

ÍNDICE DE FIGURAS XIII

RESUMEN…….. XIV

ABSTRACT…. XV

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I…..... 3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 3

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 5

1.2.1. Problema General 5

1.2.2. Problemas Específicos 5

1.3. OBJETIVOS 5

1.3.1. Objetivo General 5

1.3.2. Objetivos Específicos 6

CAPITULO II…..... 7

MARCO TEÓRICO 7

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 7

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA 10

2.2.1. Contaminación del aire 10

2.2.2. Importancia de las plantas para el ser humano 10

2.2.3. El material particulado 11

2.2.4. Calentamiento global 13

2.2.5. Índice de Calidad Ambiental (INCA) 14

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 15

CAPITULO III.. 19

METODOLOGÍA 19
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 19
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 20
3.2.1. Población.....20
3.2.2. Muestra 22
3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 23
3.3.1. Técnicas 23
3.3.2 Instrumentos.....24
3.3.3. Materiales y Equipos 24
3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS 25
3.5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS 26
CAPITULO IV……27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....27
4.1. RESULTADOS 27
4.2. DISCUSIÓN 45
CAPÍTULO V.….....48
5.1. CONCLUSIONES 48
5.2. RECOMENDACIONES.....49
BIBLIOGRAFÍA 50
ANEXO…….....54

ÍNDICE DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Estándares de Calidad Ambiental para Aire 14

Tabla 2. Clasificación de los valores INCA 15

Tabla 3. Calculo inca para material particulado (PM10) 24 horas. 15

Tabla 4. Calculo inca para material particulado (PM2.5) 24 horas 15

Tabla 5. Estaciones de monitoreo en la ciudad de Pucallpa. 22

Tabla 6. Análisis de correlación y regresión del PM10, tránsito vehicular en 3 zonas.....27

Tabla 7. Análisis de correlación y regresión del PM2.5 tránsito vehicular en 3 zonas.....28

Tabla 8. Análisis de correlación y regresión del PM10, cobertura vegetal.....30

Tabla 9. Análisis de correlación y regresión del PM2.5 cobertura vegetaL 31

Tabla 10. Características meteorológicas durante la investigación 32

Tabla 11. Análisis de varianza para PM10 en 3 zonas de Coronel Portillo (anova) 40

T**abla 12.** Prueba de comparación de medias (tukey) 41

Tabla 13. Análisis de varianza de pm 2.5 en 3 zonas de Coronel Portillo. (anova) 41

Tabla 14. Prueba de comparación de media (tukey) 42

T**abla 15.** Valores del material particulado PM10. 43

Tabla 16. Valores del material particulado PM2.5. 43

Tabla 17. Valores sobre el tránsito vehicular y cobertura vegetal.....44

Tabla 18. Registro de monitoreo calidad del aire promedio durante tres meses.....54

Tabla 19. Material particulado PM10 pruebas de efectos inter-sujetos 55

Tabla 20. Pruebas de comparaciones múltiples 55

Tabla 21. El test de hsd (honestly-significant-diference) tukey **.....**56

Tabla 22. Material particulado PM 2.5 pruebas de efectos inter-sujetos **.....**56

Tabla 23. Pruebas de comparaciones múltiples (PM2.5) **.....**57

Tabla 24. El test de hsd (honestly-significant-diference) tukey (PM2.5) **.....**57

ÍNDICE DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Distribución típica de las partículas en la atmosfera 12

Figura 2. Diseño de investigación 20

Figura 3. Área de estudio Plaza de Armas Pucallpa 21

Figura 4. Área de estudio CFB km10. 21

Figura 5. Área de estudio caserío Santa Sosa.....22

Figura 6. Incidencia de tránsito vehicular en la concentración de PM10…….27

Figura 7. Incidencia tránsito vehicular en la concentración PM2.5……...29

Figura 8. Incidencia cobertura vegetal en la concentración de PM10. ….....30

Figura 9. Incidencia cobertura vegetal en la concentracion de PM2.5…...…31

Figura 10. velocidad del viento - enero a marzo 2022….....……32

Figura 11. Temperaturas enero a marzo 2022…...……33

Figura 12. Humedad relativa enero a marzo 2022……..……..……...33

Figura 13. Precipitaciones (mm) enero a marzo 2022…..……34

Figura 14. Presión atmosférica enero a marzo 2022……..……..35

Figura 15. Concentración por horas para PM10 Plaza Pucallpa.....36

Figura 16. Concentración por horas para PM2.5 Plaza Pucallpa.....36

Figura 17. Concentración por horas para PM10 CFB km10.....37

Figura 18. Concentración por horas para PM2.5 CFB km10.....37

Figura 19. Concentración por horas para PM10 carretera Santa Rosa.....38

Figura 20. Concentración por horas para PM2.5 carretera Santa Rosa.....38

Figura 21. PM10 en las tres (3) zonas 39

Figura 22. PM2.5 en las tres (3) zonas 40

Figura 23. Tránsito vehicular por zonas 44

Figura 24. Cobertura vegetal por zonas 45

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la influencia de las características antrópicas en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$ en tres zonas de la provincia de Coronel Portillo. Se establecieron 3 zonas de estudio con características diferentes, Plaza de Pucallpa, CFB km10 y carretera Santa Rosa.

Los resultados obtenidos indican que existe una relación altamente significativa y significativa en la concentración de PM_{10} y $PM_{2,5}$ influenciado por el tránsito vehicular en la plaza de Pucallpa. En la Carretera Federico Basadre KM 10 se obtuvo una relación significativa en concentración de PM_{10} y altamente significativa en $PM_{2,5}$ influenciados por características antrópicas de la zona. Finalmente, la concentración de PM_{10} y $PM_{2,5}$ en la Carretera Santa Rosa mantiene una relación moderada en cuanto a la influencia del tránsito vehicular de la zona.

En cuanto a la influencia de la cobertura vegetal en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$ en las zonas de estudio los resultados obtenidos R (0.65, 0.60) indican una relación positiva moderada.

Por otro lado, se pudo evidenciar el incremento en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$ en horas puntas, en la cual se da una mayor influencia de tránsito. En las tres zonas de estudio se obtuvieron concentraciones de 126.99 $\mu g/m^3$, 220.08 $\mu g/m^3$, 136.79 $\mu g/m^3$ en material particulado PM_{10} los cuales superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.

Palabras claves: Concentración, características antrópicas, material particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the influence of anthropic characteristics on the concentration of particulate material PM10 and PM2.5 in three areas of the province of Coronel Portillo. Three study areas with different characteristics were established: Plaza de Pucallpa, CFB km10 and Santa Rosa highway.

The results obtained indicate that there is a highly significant and significant relationship in the concentration of PM10 and PM2.5 influenced by vehicular traffic in the Pucallpa plaza. On the Federico Basadre KM 10 highway, a significant relationship was obtained in the concentration of PM10 and highly significant in PM2.5, influenced by anthropic characteristics of the area. Finally, the concentration of PM10 and PM2.5 on the Santa Rosa Highway maintains a moderate relationship in terms of the influence of vehicular traffic in the area.

Regarding the influence of vegetation cover on the concentration of particulate material PM10 and PM2.5 in the study areas, the results obtained R (0.65, 0.60) indicate a moderate positive relationship.

On the other hand, the increase in the concentration of PM10 and PM2.5 particulate matter in peak hours was evidenced, in which there is a greater influence of traffic. In the three study areas, concentrations of 126.99 µg/m3, 220.08 µg/m3, 136.79 µg/m3 in PM10 particulate material were obtained, which exceed the Environmental Quality Standard (ECA) for Air.

Keywords: Concentration, anthropic characteristics, PM10 and PM2.5 particulate matter

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un problema de salud mundial. En el Perú la contaminación de aire afecta mayormente a las zonas urbanas originado principalmente por factores antropogénicos. Uno de los principales contaminantes del aire es el material particulado atmosférico, es por ello que el material particulado actualmente es uno de los contaminantes más estudiados en el mundo. La emisión de partículas contaminantes al aire es uno de los temas más relevantes, con gran impacto mundial, que durante mucho tiempo han ocasionado polémica, pero sin alguna mejora en el mundo actual lo cual afecta nuestro entorno social, físico y cultural, por lo que la investigación influencia de las características antrópicas de tres zonas de la Provincia de Coronel Portillo en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$ nos visualizara la emisión de partículas contaminantes en estas zonas de investigación.

En la ciudad de Pucallpa, debido a su geografía, condiciones meteorológicas y otros factores como: el crecimiento del parque automotor, deforestación, aumento de la actividad industrial, calles no pavimentadas, etc.; se observa gran contaminación del aire por material particulado, que en tiempo de secas es arrastrado por el viento y puede ser respirado por la población, causando efectos perjudiciales en la salud y el ambiente.

La investigación que a continuación presentaremos, no solamente es de información sino de conciencia para el mejoramiento de una sociedad y un país competitivo en hechos ya que se puede saber las principales causas de contaminación del aire por la emisión de partículas contaminantes.

El tema que exploráramos nos lleva a la búsqueda, a la investigación y al análisis de la concentración de partículas como PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire y en nuestro ecosistema que es vital para todo ser vivo que habita en la faz de la tierra; la influencia de las características antrópicas como tránsito vehicular, cobertura vegetal y la influencia del tiempo en horas en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$. Siendo estas partículas agentes de gran

impacto sobre el ambiente y la salud de los pobladores es necesario determinar sus concentraciones y ver procesos que permitan disminuir la concentración de los mismos en el aire de la Carretera Santa Rosa, Carretera Federico Basadre Km10 y en especial de la plaza de Pucallpa.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Aunque las actividades fisicoquímicas naturales pueden liberar diferentes contaminantes en el ambiente, las actividades antrópicas son la mayor causa de contaminación ambiental de la atmosfera, donde elementos químicos pueden escapar al ambiente deliberadamente por las actividades antrópicas como por ejemplo la actividad industrial, aumento del parque automotor, deforestación y otras actividades extractivas, que causan efectos negativos sobre la salud y el ambiente.

La contaminación atmosférica por actividades antrópicas es un problema común en el mundo, debido en muchos de los casos al crecimiento de las ciudades y al incremento del transporte urbano. La ciudad de Pucallpa no es ajena a esa realidad ya que, en los últimos años, ha tenido un crecimiento económico acelerado debido al posicionamiento de nuevas industrias.

Tres factores condicionan el riesgo de lesión tóxica por estas sustancias: sus propiedades físico-químicas, las dosis de las sustancias que entran en contacto con los tejidos críticos y la respuesta de los organismos a estas sustancias. (Romero et al., 2006). A esto hay que agregar que esta situación se trata de un problema con un severo aumento en las ciudades del mundo donde cada vez más se generan éstas micro partículas.

El origen de este problema en la ciudad de Pucallpa se encuentra en las emisiones originadas por la industria forestal, quema de pastizales para agricultura migratoria, calles sin pavimentar, zonas con pocas áreas verdes, el aumento del parque automotor, entre otros. Este último es uno de los principales responsables del problema que se agudiza de forma

alarmante en la ciudad, porque genera contaminación del aire por material particulado y emisiones de gases.

A las emisiones del parque automotor, producción de carbón vegetal, zonas industriales, se agrega las emisiones producidas por la quema de bosques para implantar la agricultura industrial y de subsistencia, emisiones producidas que algunas veces llega a las ciudades, por ejemplo un estudio realizado el 2015 en el Distrito de Nueva Requena, perteneciente a la provincia de Coronel Portillo, da cuenta que 12,188 hectáreas han sido deforestadas(Villacorta & Farfán, 2019).

La concentración de niveles elevados que se puede encontrar del material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), en el medio ambiente genera impactos negativos en los seres vivos y hasta en ocasiones máximas se puede llegar a la muerte por ende es importante realizar estudios que determinen la concentración de dichos contaminantes atmosféricos en nuestra región con el fin de tomar medidas de corrección y anticipación ante la actual problemática para el desarrollo y el bien común entre todos los seres vivos de nuestra región.

El tamaño de las partículas se encuentra directamente vinculado con el potencial para provocar problemas de salud. Las partículas pequeñas de menos de 10 micrómetros de diámetro suponen los mayores problemas, debido a que pueden llegar a la profundidad de los pulmones, y algunas hasta pueden alcanzar el torrente sanguíneo.

La exposición a estas partículas puede afectar tanto a los pulmones como al corazón. Múltiples estudios científicos vincularon la exposición a la contaminación por partículas a una variedad de problemas, que incluyen muerte prematura en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, infartos de miocardio no mortales, latidos irregulares, asma agravada, función pulmonar reducida, síntomas respiratorios aumentados, como irritación en las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar. (EPA. Agencia de Protección ambiental de estados unidos – página principal- marzo 30/2021)

Teniendo en cuenta lo expuesto en los párrafos anteriores se plantea el siguiente problema a contestar

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

- ¿Cuál es la influencia de las características antrópicas de tres zonas de la provincia de Coronel Portillo en la concentración de material particulado PM_{10} y PM_{25}, Ucayali, Perú?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la influencia del tránsito vehicular de tres zonas de la provincia de Coronel Portillo en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, Ucayali, Perú?
- ¿Cuál es la influencia de la cobertura vegetal de tres zonas de la provincia de Coronel Portillo en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, Ucayali, Perú?
- ¿Cuál será la influencia del tiempo en horas en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, en las tres zonas de investigación?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la influencia de las características antrópicas de tres zonas de la provincia de Coronel Portillo en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, Ucayali, Perú.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la influencia del tránsito vehicular de tres zonas de la provincia de Coronel Portillo en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, Ucayali, Perú.
- Evaluar la influencia de la cobertura vegetal de tres zonas de la provincia de Coronel Portillo en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, Ucayali, Perú.
- Evaluar la influencia del tiempo en horas en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, en las tres zonas de investigación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Blanco et al., (2015), sugieren como fuentes generadoras de las $PM_{2.5}$, la quema de combustibles por automotores que aporta el material orgánico, la quema de combustibles en la industria, así como el diésel usado por el transporte pesado, la erosión y suspensión del suelo y actividades extractivas como las fuentes del material del suelo que se encuentra en las partículas.

Carrillo et al., (2014), al monitorear las concentraciones diarias sobre el material particulado observó una relación directamente proporcional con las direcciones del viento y la temperatura.

Desamparados (2012), afirma que los factores ambientales como la temperatura y el viento afectan a la dispersión de los contaminantes atmosféricos particulados $PM_{2.5}$ y PM_{10}, pues durante los meses más fríos al existir un estancamiento de las masas de aire existe una disminución de los niveles de concentración de partículas en el aire y cuando se interrelacionan con el viento se observan que hay un alejamiento de las fuentes de emisión.

Otro estudio realizado en Perú permite conocer el desplazamiento de partículas y gases emitidos por una central térmica, ubicada en el distrito de Ventanilla, mediante el modelo Aermod de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), y así poder evaluar las concentraciones de los contaminantes en las zonas de deposición, y verificar si se cumplen los estándares de calidad ambiental. Para llevar a cabo el modelamiento de dispersión de los contaminantes, se realizó un estudio meteorológico en la zona, con un equipo automático de marca

Davis y el procesamiento de los datos obtenidos se realizaron en los programas Microsoft Excel y Wrplot (Espinoza, 2017).

También se efectuó monitoreos en la fuente de emisión (TG-34), de la central térmica de la empresa ENEL Generación Perú S.A, evaluando y analizando los parámetros de NOx, CO, SO_2 y Partículas PM_{10} con los métodos del EPA, CTM-030, método 6 y método 5 respectivamente. Todos estos datos fueron incluidos en el programa Aermod y Aermed, para demostrar la variabilidad y la dispersión de los contaminantes en el aire. La modelación de los parámetros medidos generó mapas de dispersión de los contaminantes, los cuales mostraron las zonas receptoras de mayor influencia. Como resultado se obtuvo una concentración de 58.16 mg/Nm3 de NOx y 19.28 mg/Nm3 de CO y la concentración promedio más alta, alcanzados en una hora, se encuentran a 0.6 km de la fuente de emisión. Con este estudio se determinó que la medición de las emisiones de NOx, CO, SO2 y Partículas PM10 provenientes de la central térmica y la modelación de ellas, son herramientas de gran ayuda para la gestión ambiental de la empresa y así seguir con su compromiso con el cuidado del ambiente. (Espinoza, 2017)

De La Cruz, (2015). Concluye que se emitió 56 286,14 toneladas anuales de contaminantes a la atmosfera por las fuentes móviles en la ciudad de Huancayo en el año 2012. La concentración de los contaminantes del aire superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, en partículas totales en suspensión superan en 12.37%, en dióxido de azufre superan en 77,52% y en plomo en 6.67%, el monóxido de carbono constituye el 54.21% le sigue los compuestos orgánicos volátiles con 29.10% luego están los óxidos de nitrógeno con 12.58%, estimó la emisiones de contaminantes atmosféricos empleando la técnica para el inventario rápidos de la contaminación ambiental de Alexander P. Economopoulos.

Herrera. D, (2011). Analizó que la distribución de la concentración de partículas PM10 en la población de Segunda Jerusalén, realizados en

el año 2009, en las épocas de invierno y verano, cuya concentración máxima es de 19,20 (mg/m^3) y 25,59 (mg/m^3) y la concentración mínima de 3,48 (mg/m^3) y 4,44 (mg/m^3) respectivamente, la misma que presentan valores menores en la épocas de invierno. La concentración de partículas PM_{10} en la población de Segunda Jerusalén, se encuentra mayormente distribuidas por debajo de los 6:0 m, resultados obtenidos para el presente proyecto de investigación, en los 16 puntos de muestreo realizados El proceso de inmisión de material particulado PM_{10} en suspensión en el medio atmosférico en Segunda Jerusalén, tiene incidencia sobre todos los factores ambientales analizados (abióticos, bióticos y sociales), la calificación general que resulta de los impactos es de óptimo alto, para el presente estudio realizado

A lo dicho, hay que agregar el estudio llevado a cabo en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, que buscó comparar la influencia de zonas arboladas urbanas en la calidad de aire para los parámetros PM_1, $PM_{2.5}$, PM_4, PM_{10} y PM Total en dos lugares (uno arbolado y otro no) durante el mes de noviembre de 2014, ambos sitios se ubicaron aproximadamente en la misma zona, para tener homogeneidad sobre los efectos de la dispersión por orografía o estructuras urbanas. Los valores más altos de concentración de partículas en todas las fracciones se observaron en el punto menos arbolado. Durante el periodo de estudio, con excepción de los días 19 y 20 de noviembre, las concentraciones están dentro del límite máximo permisible de 45 µg. m^3 para para las cinco fracciones de partículas, sin embargo, se observa que a partir de una concentración de 20.0 µg. m^3 el comportamiento del sitio sin árboles comienza diferir del sitio arbolado, incrementando los valores de concentración.(Baca & Vazquez, 2015).

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1. Contaminación del aire

La contaminación del aire es la presencia de material indeseable en ese aire, en cantidades bastantes grandes como para producir efectos nocivos. Esta definición no restringe la contaminación de aire a causas humanas, aunque normalmente solo hablamos acerca de éstas. Los materiales indeseables pueden dañar a la salud humana, la vegetación, los bienes humanos o el medio ambiente, así. Se sabe que los contaminantes pueden hacer todas estas cosas. Muchos de estos materiales nocivos entran a la atmósfera provenientes de fuentes, que, a la actualidad, se encuentran más allá del control humano. Sin embargo, en las partes más densamente pobladas del globo, en particular en los países industrializados, las fuentes principales de estos contaminantes son actividades humanas, el remedio propuesto en la mayor cantidad de países industriales es continuar con las actividades y controlar las emisiones contaminantes del aire que provengan de ellas. (Ministerio del Ambiente).

2.2.2. Importancia de las plantas para el ser humano

No se puede subestimar la importancia que tienen las plantas para el ser humano. Sin ellas, ni nosotros ni la mayoría de las especies de animales podría existir. La fotosíntesis en las plantas y otros grupos de organismos fotosintéticos más pequeños ha cambiado la Tierra en dos formas. La primera es la fijación del dióxido de carbono y la liberación de moléculas de oxígeno que directamente alteraron la atmósfera del planeta en estos últimos miles de millones de años. Lo que solía ser una atmósfera deficiente en oxígeno sufrió un cambio gradual. A medida que una masa de oxígeno se acumuló en la atmósfera, la selección por una respiración dependiente de oxígeno ocurrió (principalmente a través de las

mitocondrias), lo que debe haber sido un precursor de la aparición de muchos organismos multicelulares, incluyendo a todos los animales. Además, la atmósfera rica en oxígeno permite la acumulación de una capa de ozono en la parte superior, que no permite el acceso a la superficie de un exceso de radiación UV. Esto permitió a los organismos ocupar nichos ecológicos expuestos a la radiación que antes habían sido inaccesibles (Mediavilla, 2010).

En segundo lugar, los compuestos producidos por las especies fotosintéticas son utilizados, directa o indirectamente, por organismos no fotosintéticos, heterotróficos. Para prácticamente todas las criaturas que viven en la superficie terrestre, y para muchas acuáticas, las plantas terrestres son lo que se llama el productor primario de la cadena alimentaria, la fuente de compuestos que almacenan energía como carbohidratos, fuente de compuestos que generan estructuras como los aminoácidos, y otros compuestos esenciales para el metabolismo de algunos heterótrofos. Entonces, la mayoría de las especies de la superficie terrestre hoy en día son absolutamente dependiente de las plantas para su supervivencia. Como productores primarios, las plantas son los componentes principales de muchas comunidades y ecosistemas. La supervivencia de las plantas es esencial para mantener la salud de esos ecosistemas, la disrupción de los cuales traería como consecuencia la desaparición de especies y cambios desastrosos en la erosión, el flujo de agua, y en última instancia del clima (Edding et al., 2006).

2.2.3. El material particulado

El material particulado es un conjunto de partículas sólidas y líquidas que se encuentran en el aire, puede ser hollín de diésel, polvo de vías, entre otros. Estas partículas en suspensión son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos orgánicos volátiles, compuestos volátiles, etc. Debido a su diferente composición y forma se clasifican por

su diámetro aerodinámico , de acuerdo con esto pueden ser clasificados como finas y gruesas (SUÁREZ, 2012).

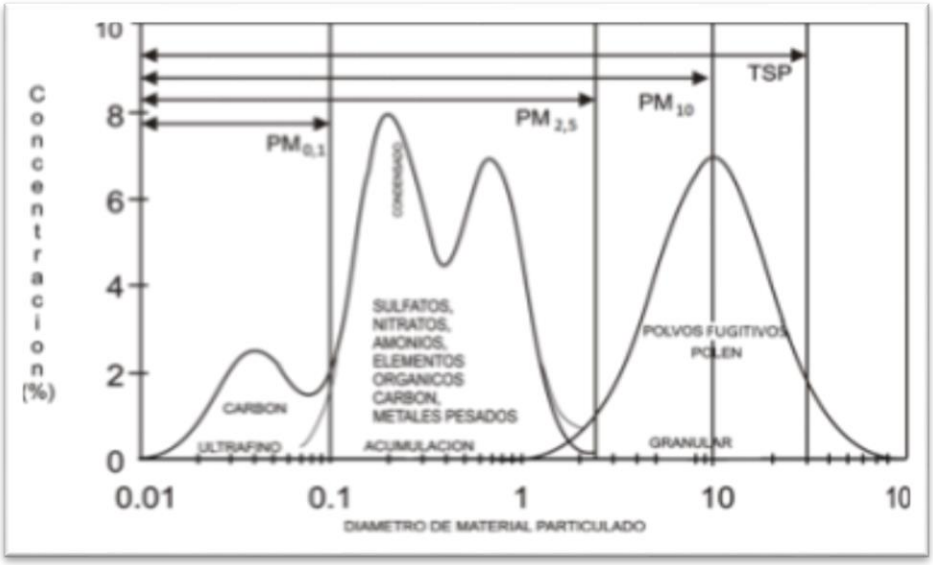


Figura 1. Distribución típica de las partículas en la atmosfera

La existencia de una relación entre concentración de material particulado, especialmente el PM_{10}, y los efectos nocivos de corto plazo sobre la salud de las personas, ha sido ampliamente estudiada en países desarrollados. Dichos estudios se han centrado, principalmente, en la relación de corto plazo (diaria) entre las concentraciones de PM_{10} y otros contaminantes, con mortalidad y morbilidad por causas respiratorias y cardiovasculares. Los hallazgos confirman una relación positiva y significativa entre estas variables, indicando además, que el aumento de riesgo de mortalidad ante incrementos de PM_{10} de 100 $\mu g/m^3$ sería del orden de 3 a 15%, dependiendo de la ciudad estudiada (Pedro, 2006)

Los árboles de las zonas urbanas mejoran la calidad del aire gracias a la densa superficie que ocupan, en ellas pueden quedar atrapadas partículas contaminantes. Estos contaminantes puedes quedar fijados o ser disueltos. Por otra parte, los contaminantes gaseosos pueden quedar atrapados en las estomas de las plantas durante el proceso de intercambio gaseoso. Aún es muy poco lo que se conoce acerca del ritmo

en el que depositan los contaminantes en las zonas urbanas, que incluyen también a los árboles. (Nowak & McPherson, n.d.)

Una vez que el CO es emitido su evolución en la atmósfera depende de muchos factores. La meteorología es uno de los factores que más influye porque va a determinar cuánto se dispersa, o lo que es lo mismo se diluye. Además, el CO puede ser eliminado de la atmosfera por diferentes procesos, entre ellos los más importantes serían su conversión a CO_2 y su eliminación biológica. La forma en que el CO puede ser eliminado de la atmósfera es por absorción a partir de ciertos seres vivos. Existen ciertos hongos y bacterias en los suelos que absorben aproximadamente 7 mg CO/ hora m^2, aunque pueden llegar incluso hasta 109 mg CO/ hora m^2 de suelo. Además, el CO también es eliminado de la atmósfera por la vegetación, la cual puede llegar a absorber hasta 7,2 mg CO/ hora m^2, esta cantidad puede variar en función de la especie. (Baeza & Rodriguez, 2018)

2.2.4. Calentamiento global

El calentamiento global es el aumento a largo plazo de la temperatura media del sistema climático de la Tierra. Es un aspecto primordial del cambio climático actual, demostrado por la medición directa de la temperatura y de varios efectos del calentamiento (Caballero et al., 2007)

Según el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. La Tabla 1 indica los ECAs para los parámetros, objeto de estudio.

Tabla 1. Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor (ug/m3)	Criterios de evaluación	Método de análisis
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$)	24 horas	50	No exceder más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría) o método equivalente aprobado
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	No exceder más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría) o método equivalente aprobado
	Anual	50	Media aritmética anual	

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (Ministerio del Ambiente, MINAM, 2017)

2.2.5. Índice de Calidad Ambiental (INCA)

Tiene un valor óptimo comprendido entre 0 y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire. Para un mejor entendimiento, el INCA se divide en 4 categorías o calificaciones de la calidad del aire. La banda de color verde comprende valores del INCA de 0 a 50 y significa que la calidad del aire es buena, la banda de color amarillo comprende valores de 51 a 100 e indica una calidad moderada del aire; la banda de color anaranjado se encuentra comprendida entre los valores 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) de cada contaminante, lo que nos indica que la calidad del aire es mala; finalmente el color rojo de la cuarta banda nos indica que la calidad del aire es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante, a partir de este valor corresponde la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales por parte de la autoridad de Salud(MINAM, 2016). En las Tablas 4, 5 y 6 se señalan los cálculos para en INCA de los contaminantes referentes a este estudio.

Tabla 2. Clasificación de los valores inca

Calificación	Valores INCA	Colores
Bueno	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC*	Anaranjado
VUEC*	>VUEC*	Rojo

Fuente: Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM

Tabla 3. Calculo INCA para Material particulado (PM_{10}) 24 horas.

Material particulado (PM_{10}) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (ug/m^3)	Ecuación
0-50	0-75	I(PM10)= ([PM10]*100)/150
51-100	76-150	
101-167	151-250	
>167	>250	

Fuente: Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM

Tabla 4. Calculo INCA para Material particulado (PM2.5) 24 horas

Material particulado (PM2.5) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (ug/m^3)	Ecuación
0-50	0-12.5	I(PM2.5)= ([PM2.5]*100)/25
51-100	12.6-25	
101-500	25.1-125	
>500	>125	

Fuente: Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Medio Ambiente:** El medio ambiente es el espacio en el que se desarrolla la vida de los organismos y que permite su interacción**.** Está conformado por seres vivos (factores bióticos), por elementos sin vida (factores abióticos) y por elementos artificiales creados por el hombre. (Equipo editorial, 2 de febrero de 2022).

- **Atmósfera y Vida:** La vida depende de la atmosfera. El oxígeno, el dióxido de carbono, la humedad atmosférica, son imprescindibles para el desarrollo de los organismos. Pero sin olvidar que la atmósfera que conocemos en la Tierra ha sido, a su vez, construida en gran parte con la actividad de los seres vivos. Si no fuera por la fotosíntesis no habría oxígeno; y el equilibrio actual de gases como el oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua dependen estrechamente de los seres vivos, de su respiración, de la fotosíntesis y de la transpiración. (Echarri, 1998).

- **Contaminación atmosférica**: Se entiende por contaminación atmosférica la presencia en el aire de materias o formas de energía que implican riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. (Astre, 2019)

- **El Aire**: Según Agencia de Sustancias Toxicas y el Registro de Enfermedades', (2019), es la capa inferior de la atmósfera, está formada por dos grupos de componentes, unos que se presentan en proporciones constantes y otros que aparecen en proporciones variables. La densidad del aire, en condiciones normales, es de 1,293 gramos por litro y su peso. Estructura de la atmósfera 9 molecular medio es de 28,95. Los componentes constantes son el nitrógeno, el oxígeno y los gases nobles.

- **Contaminantes Criterios del aire**: los contaminantes criterios son aquellos contaminantes normados a los que se les han establecido un límite máximo permisible de concentración en el aire ambiente, con la finalidad de proteger la salud humana y asegurar el bienestar de la población. Se miden de manera continua los contaminantes criterio: ozono (O3), dióxido de azufre (SO2), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO2), las partículas en suspensión (PM10, PM2.5) y el plomo (Pb). (Sanitarios, 31 de diciembre de 2017)

- **PM_{10}:** Se denomina PM10 a pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro aerodinámico es menor que 10 µm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados, entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín) (SUÁREZ, 2012).

- **$PM_{2.5}$:** La materia particulada o PM (por sus siglas en inglés) 2.5, son partículas muy pequeñas en el aire que tiene un diámetro de 2.5 micrómetros (aproximadamente 1 diezmilésimo de pulgada) o menos de diámetro. Esto es menos que el grosor de un cabello humano. La materia particulada, uno de los seis criterios de contaminantes del aire de la U.S. EPA, es una mezcla que puede incluir sustancias químicas orgánicas, polvo, hollín y metales. Estas partículas pueden provenir de los automóviles, camiones, fábricas, quema de madera y otras actividades(Ordoñez & Sánchez, 2017).

- **Tránsito Vehicular:** El tránsito vehicular o tránsito automovilístico (también llamado tráfico vehicular o, simplemente, tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista.

- **Cobertura Vegetal:** La cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales, hasta las áreas cubiertas por bosques naturales

- **Infraestructura Vial:** Constituye la vía y todos sus soportes que conforman la estructura de las carreteras y caminos.

- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Los Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada. (Ministerio del Ambiente, MINAM, 2019).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación no experimental: Es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad. En este tipo de investigación no hay condiciones ni estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural (Hernandez Sampieri y otros, 2004). En la presente investigación se realizará la evaluación de la calidad del aire sin interferir en las actividades de servicio y productivas.

Investigación correlacionar: Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular En ocasiones solo se analiza la relación entre 2 variables. Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlaciónales primero se miden cada una de estas y después se cuantifican, analizan y establecen vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba (Hernandez Sampieri y otros, 2004). En el presente estudio se evaluará la correlación entre las actividades antrópicas y como infiere en la calidad de aire en zonas de estudio.

El coeficiente de correlación:

El coeficiente de correlación r es un valor sin unidades entre -1 y 1. La significancia estadística se indica con un valor p. Por lo tanto, usualmente las correlaciones se escriben con dos números clave: r = y p =. Cuanto más se aproxima r a cero, más débil es la relación lineal.

El diseño de la investigación es descriptivo-correlacional

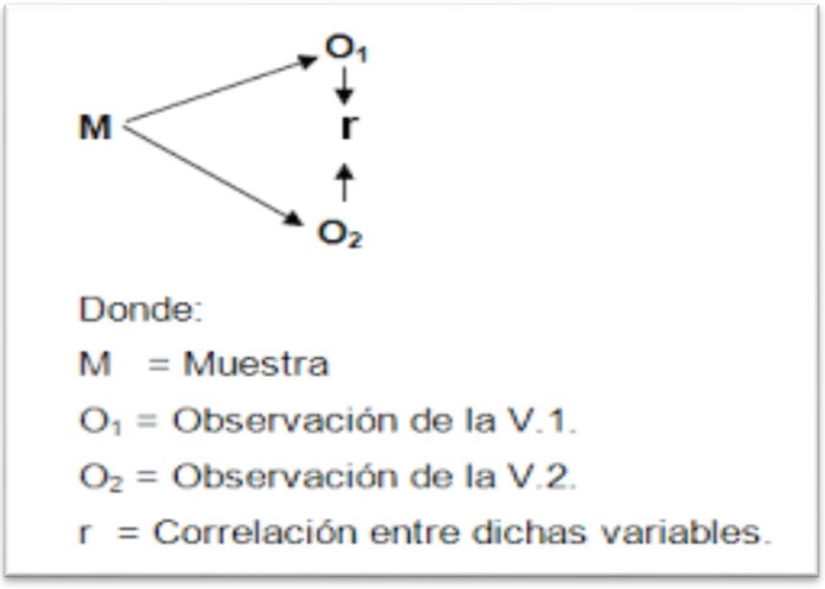
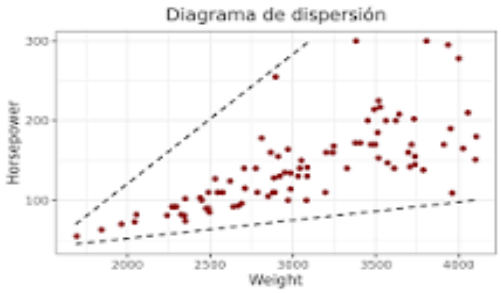


Figura 2. Diseño de investigación

Análisis de regresión y correlación lineal:



La correlación cuantifica cuan relacionadas están dos variables, mientras que la regresión lineal consiste en generar una ecuación (modelo) que, basándose en la relación existente entre ambas variables, permita predecir el valor de una a partir de la otra.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Son las emisiones de las partículas PM_{10} ; $PM_{2.5,}$, Plaza de Pucallpa, Carretera Santa Rosa y Carretera Federico Basadre Km10, generados durante los meses de enero del 2022 a marzo del 2022. Cada uno con un área de 4 hectáreas.



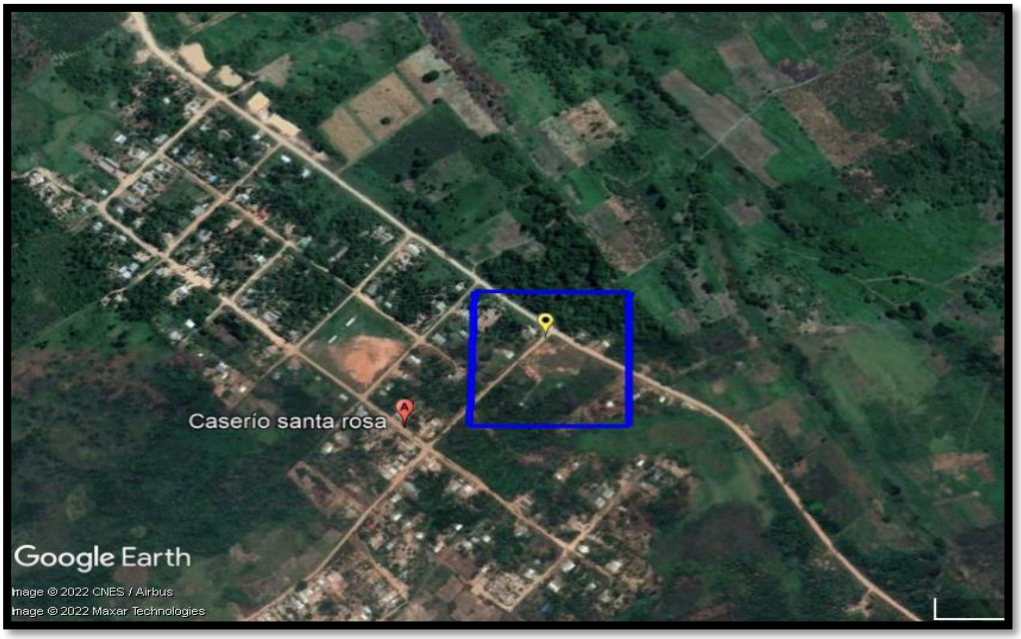
Fuente: Extraído de Google Earth Pro.

Figura 3. Área de Estudio Plaza de Armas Pucallpa



Fuente: Extraído de Google Earth Pro

Figura 4. Área de Estudio CFB Km 10.



Fuente: Extraído de Google Earth Pro

Figura 5*. Área de Estudio Caserío Santa Rosa*

3.3.2. Muestra

Las muestras de investigación, se tomó teniendo en cuenta las fuentes de emisión de contaminantes, estas muestras se tomaron por 12 horas continuas con intervalos de 60 minutos, tomando 6 muestras por estación de monitoreo durante los meses enero, febrero y marzo (18 muestras.

Tabla 5. Estaciones de monitoreo en la Ciudad de Pucallpa.

N°	Punto de monitoreo	Ubicación
01	Plaza de Pucallpa	Ubicada en la ciudad de Pucallpa
02	Carretera Santa Rosa	Ubicada a 17 km de la ciudad de Pucallpa.
03	Carretera Federico Basadre Km10	Ubicada a 10 km de la ciudad de Pucallpa

Fuente: Elaborado por Aldaba y Sánchez

La selección de los sitios de monitoreo y ubicación de los equipos requeridos se realizó teniendo en cuenta los criterios técnicos establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM - Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, a fin de generar información de calidad, comparable, confiable y representativa.

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Técnicas

3.3.1.1. Ficha datos de campo

Esta ficha contiene como primeros ítems, las Coordenadas en UTM, dirección referencial, código de punto de muestreo, fecha, hora, tiempo de monitoreo inicio y final, concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$, observación y código de imagen. Ver anexo.

3.3.1.2. Ficha de fuentes generadoras

Esta ficha contiene como primer ítem, las Coordenadas en UTM, dirección referencial, código de punto de muestreo, fecha, hora y croquis. Ver anexo.

3.3.1.3. Para los puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo, selección y la ubicación de los equipos para medir el material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) se ubicaron en lugares estratégicos, el equipo (HANDHELD 3016 AQ) cumple con la calibración ISO 21501-4, genera mediciones de material particulado (PM) para PM_{10} y $PM_{2.5}$, el cual se encarga de monitorear en tiempo real la calidad de aire; el cabezal del sensor de MP utiliza

un láser y un sensor óptico para medir la luz dispersada por las partículas que pasan a través del rayo láser.

El láser usado para medir la cantidad de MP se basó en el método de las razones de enfriamiento de la MP, donde es posible la diferenciación de tamaños. Este método tiene la ventaja de poseer un período muy corto de tiempo de medición (microsegundos), de manera que el efecto de los procesos que cambian rápidamente sobre la distribución de las partículas puede ser determinado. El método, conocido como “Transform method for Extinction-Scattering with Spatial resolution” (TESS), el método de transformación para la dispersión por extinción con resolución espacial”, es una técnica patentada basada en la dispersión de la luz de láser. El TESS mide la concentración total de las partículas.(Woodard, 1998).

3.3.2 Instrumentos

Como instrumento principal se utilizaron formatos (ver anexos) que oriente la colecta en el campo y donde se incluya espacios para información como área en estudio, ubicación geográfica, concentración de PM_{10}, y $PM_{2.5}$, presión atmosférica, velocidad del viento, dirección del viento y las características antrópicas (tránsito vehicular, cobertura vegetal y la variable tiempo).

3.3.3. Materiales y Equipos

- Equipo de medición de partículas en suspensión HANDHELD 3016 AQ (PM10 y PM2.5)
- Trípode
- GPS
- Cámara fotográfica
- Laptop

3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

En este paso se utilizó sistemas de información geográfica, con fotos satelitales con las suficientes bandas multi espectrales para poder identificar, el área a investigar.

Se preparó el contador de partículas en suspensión HANDHELD 3016 AQ que se utilizó para el muestreo de manera correcta con el fin de respetar a detalle la metodología del Protocolo Nacional de Calidad Ambiental de Aire, criterios o normas a respetar:

- El equipo de muestreo se ubicó a 1.5 m del nivel del suelo.
- Se consideró la distancia horizontal con respecto a obstáculos más altos que el equipo de monitoreo debe estar mayor o igual a 2.5 veces la diferencia de las alturas (altura del obstáculo – altura de la entrada de la muestra), considerando obstáculos a cualquier barrera física como paredes, edificaciones, árboles, entre otros.
- La distancia horizontal respecto a fuentes de emisiones cercanas debe estar mayor o igual a 20m, o desde los linderos hacia el exterior, en el caso de actividades extractivas, productivas o de servicios ubicadas en zonas urbanas.
- Las restricciones de flujo de aire hacia la estación de monitoreo:
- la estación de monitoreo debe estar ubicada de tal manera que los obstáculos no eviten el ingreso de flujo de aire en al menos 3 de los 4 cuadrantes (norte, oeste, este y sur). Una mayor restricción de flujos de aire libre pudiera afectar la representatividad espacial de la estación de monitoreo.
- Los equipos de monitoreo serán instalados de manera correcta asegurándose que la ubicación de la estación no afecte el desempeño del monitoreo.
- Para la recolección de datos sobre concentración de PM2.5 y PM10, se utilizará un equipo que mide la concentración de partículas en el centro de las áreas de las estaciones de monitoreo.

3.5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Método Estadístico

El método de análisis de datos se realizó en base a un Análisis de Varianza (ANOVA). Para el procesamiento de datos una vez obtenidos fueron analizados e interpretados mediante el programa estadístico SPSS Statistics.

La base de cálculo de varianza ANOVA es el análisis de resultados experimentales, en los que convenga comparar los resultados finales del tratamiento, respecto a las variables, donde se utilizó el nivel de significancia para la prueba de hipótesis, $\alpha = 0.05$, aplicándose el test de Tukey.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

INCIDENCIA DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LA CONCENTRACION DE PM_{10} EN 3 ZONAS

Tabla 6. Análisis de correlación y regresión del PM_{10} * tránsito vehicular en 3 zonas.

Zona	Variables	R	R^2	Ecuación	$R_{tabular}$ 0,95	0,99	SIG.
Plaza de Pucallpa	PM_{10} * Tránsito Vehicular	0,79	0,6225	$y = -0,2476x^2 + 55,84x - 2967,8$	0,5760	0,7079	**
Carretera Federico Basadre KM 10	PM_{10} * Tránsito Vehicular	0,61	0,377	$y = -0,1493x^2 + 22,008x - 447,16$	0,5760	0,7079	*
Carretera Santa Rosa	PM_{10} * Tránsito Vehicular	0,62	0,3824	$y = -1,0973x^2 + 30,624x - 36,298$	0,5760	0,7079	*

R: coeficiente de correlación. R^2: coeficiente de determinación. (*): relación significativa. (**): Relación altamente significativa.

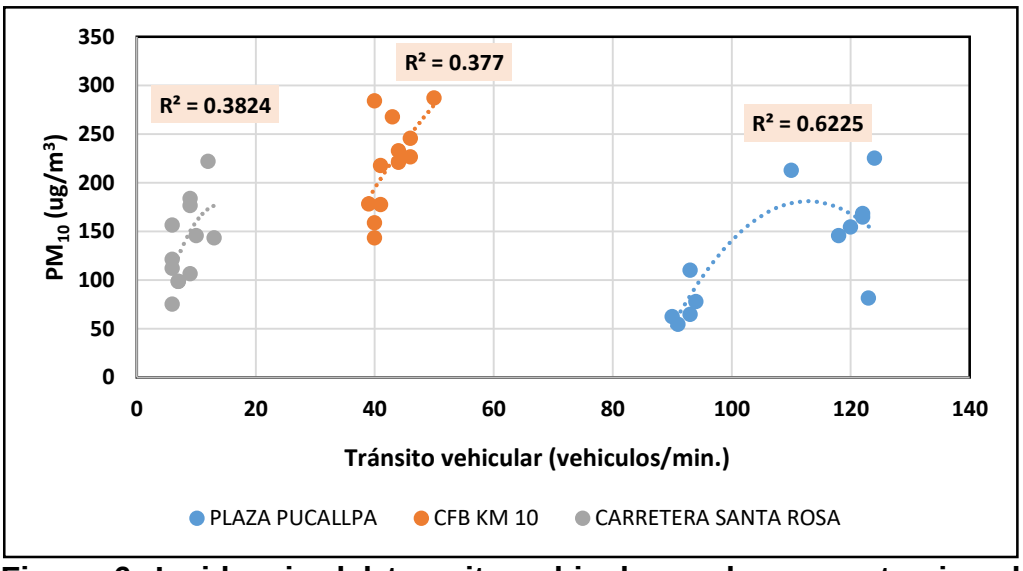


Figura 6. Incidencia del transito vehicular en la concentracion de PM_{10} en 3 zonas.

En la figura 6, se observa que a mayor número de vehículos/min mayor es la concentración de PM_{10} en la plaza de Pucallpa, presentando una correlación positiva altamente significativa de 0,79 entre el tránsito vehicular y la concentración de PM_{10} en la plaza de Pucallpa. en la cual indica que la concentración de PM_{10} en la plaza de Pucallpa depende en un 62,25% del tránsito vehicular. Además, se observa que existe una relación significativa entre el tránsito vehicular y la concentración de PM_{10} en la CFB KM 10 presentando una correlación positiva moderada de 0,6. La cual depende en un 37,7% del tránsito vehicular y el 62,3% depende de otros factores como la velocidad de los vehículos.

Finalmente, existe una relación significativa entre el número de vehículos/min y la concentración de PM_{10} de la Carretera Santa Rosa presentando una correlación positiva moderada de 0,62 la cual indica que la concentración de PM_{10} de la Carretera Santa Rosa depende en un 38,24% del tránsito vehicular y el 61,76% depende de otros factores.

INCIDENCIA DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LA CONCENTRACION DE $PM_{2,5}$ EN 3 ZONAS

Tabla 7. Análisis de correlación y regresión del $PM_{2,5}$ * tránsito vehicular en 3 zonas.

Zona	Variables	R	R^2	Ecuación	$R_{tabular}$ 0,95	0,99	SIG.
Plaza de Pucallpa	$PM_{2,5}$ * Tránsito Vehicular	0,61	0,3743	$y = -0,0415x^2 + 9,3015x - 480,99$	0,5760	0,7079	*
Carretera Federico Basadre KM 10	$PM_{2,5}$ * Tránsito Vehicular	0,78	0,6173	$y = -0,1204x^2 + 14,425x - 360,2$	0,5760	0,7079	**
Carretera Santa Rosa	$PM_{2,5}$ * Tránsito Vehicular	0,24	0,0685	$y = -0,6141x^2 + 13,289x - 4,8419$	0,5760	0,7079	NS

R: coeficiente de correlación. R^2: coeficiente de determinación. (*): relación significativa. (**): relación altamente significativa. (NS): no hay relación significativa.

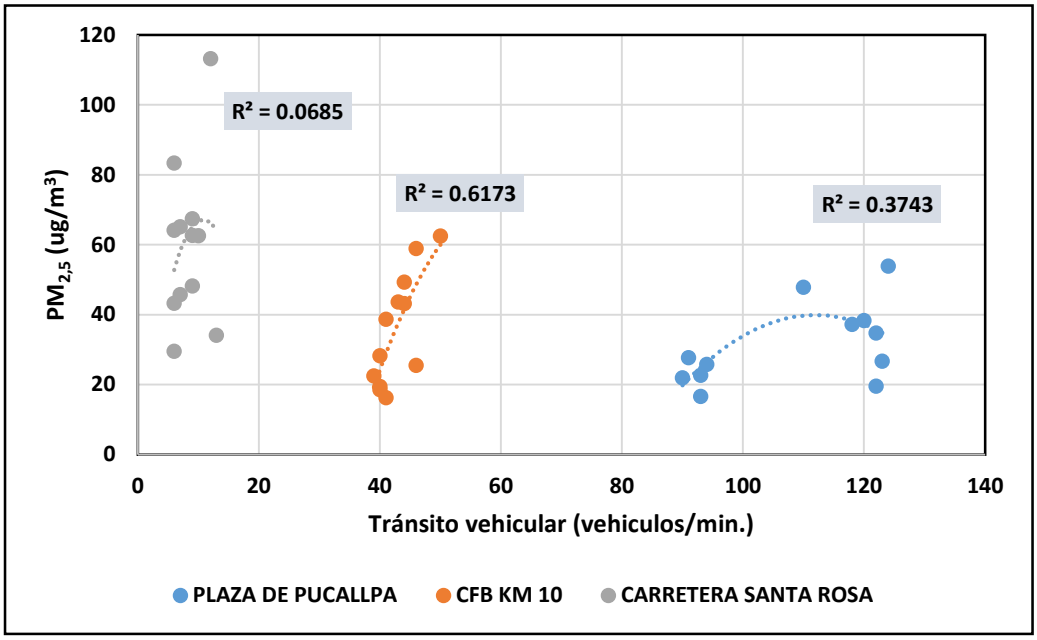


Figura 7. ***Incidencia del transito vehicular en la concentracion de $PM_{2,5}$ en 3 zonas***

En la figura 7, se observa que a mayor número de vehículos/min menor es la concentración de $PM_{2.5}$ en la plaza de Pucallpa, presentando una correlación positiva significativa de 0,61 entre el tránsito vehicular y la concentración de $PM_{2.5}$ en la plaza de Pucallpa. en la cual indica que la concentración de $PM_{2.5}$ en la plaza de Pucallpa depende en un 37.43% del tránsito vehicular. Además, se observa que existe una relación altamente significativa entre el tránsito vehicular y la concentración de $PM_{2,5}$ en la CFB KM 10 presentando una correlación positiva fuerte de 0,78 la cual indica que la concentración de $PM_{2,5}$ en la CFB KM 10 depende en un 61,73% del tránsito vehicular y el 38,27% depende de otros factores.

Finalmente, no existe una relación significativa entre el tránsito vehicular y la concentración de $PM_{2,5}$ de la CARRETERA SANTA ROSA presentando una correlación positiva débil de 0,24 cual indica que la concentración de $PM_{2,5}$ de la CARRETERA SANTA ROSA depende en un 6,85% del tránsito vehicular y el 93,15% depende de otros factores mencionados anteriormente.

INCIDENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA CONCENTRACIÓN DE PM_{10}

Tabla 8. Análisis de correlación y regresión del PM_{10} * cobertura vegetal

Variables	R	R^2	Ecuación	$R_{tabular}$ 0,95	0,99	SIG.
PM_{10} * Cobertura vegetal	0,65	0,4273	$y = 0,0698x^2 - 7,8587x + 322,27$	0,5760	0,7079	*

R: coeficiente de correlación. R^2: coeficiente de determinación. (*): relación significativa. (**): relación altamente significativa

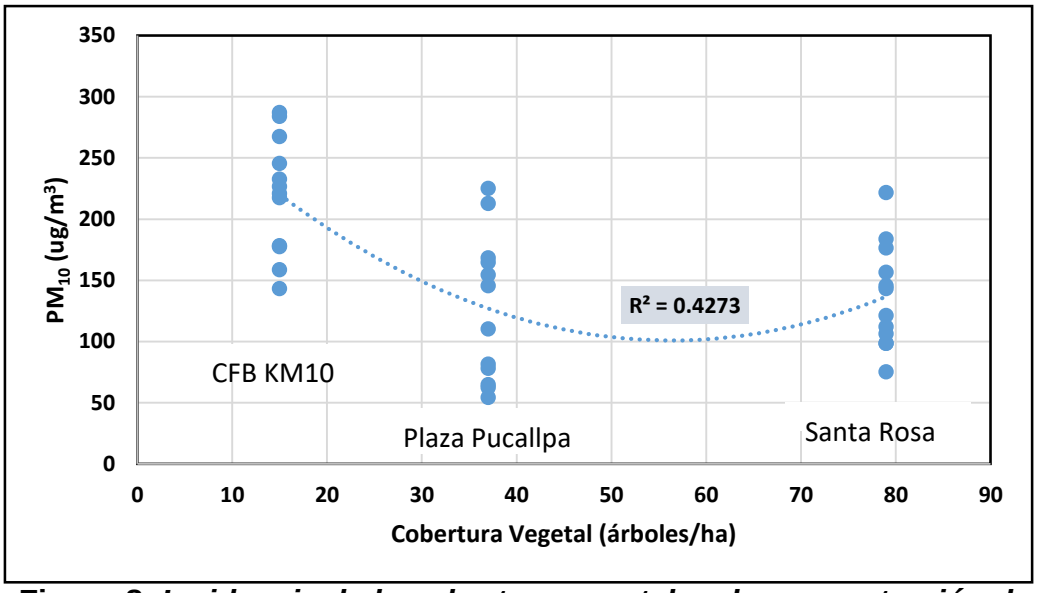


Figura 8. ***Incidencia de la cobertura vegetal en la concentración de PM_{10}.***

En la figura 8, se observa que existe una relación significativa entre la concentración de PM_{10} y la cobertura vegetal, presentando una correlación positiva moderada de 0,65 y la función que lo relaciona es de tipo polinómica en la cual indica que la concentración de PM_{10} depende en un 42,73% de la cobertura vegetal y el 57,27% depende de otros factores tales como velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, precipitación y presión atmosférica.

INCIDENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA CONCENTRACIÓN DE $PM_{2,5}$

Tabla 9. Análisis de correlación y regresión del $PM_{2,5}$ * cobertura vegetal

Variables	R	R^2	Ecuación	$R_{tabular}$ 0,95	$R_{tabular}$ 0,99	SIG.
$PM_{2,5}$ * Cobertura vegetal	0,60	0,3665	$y = 0,0139x^2 - 0,9259x + 46,308$	0,5760	0,7079	*

R: coeficiente de correlación. R^2: coeficiente de determinación. (*): relación significativa. (**): relación altamente significativa.

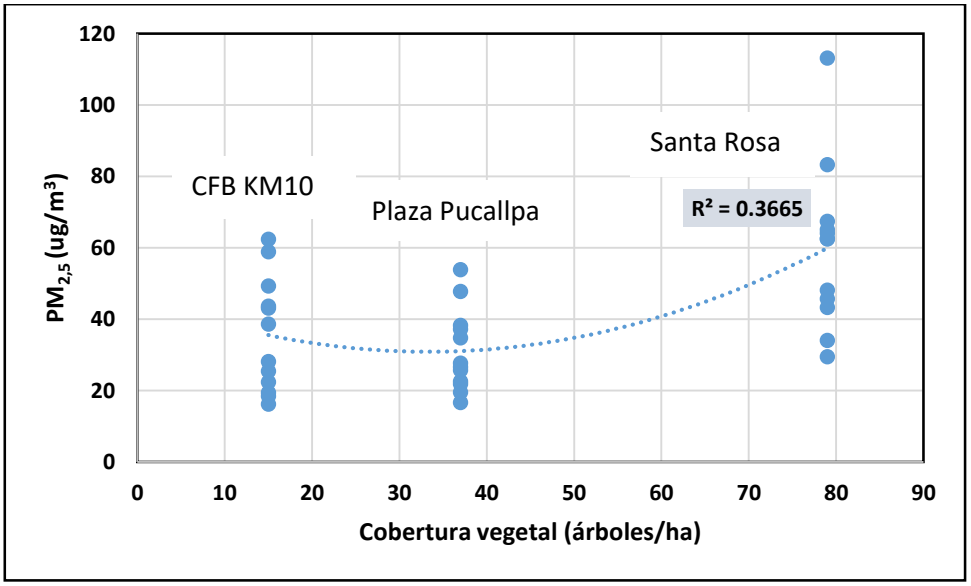


Figura 9. Incidencia de la cobertura vegetal en la concentración de $PM_{2,5}$

En la figura 9, se observa que existe una relación significativa entre la concentración de $PM_{2,5}$ y la cobertura vegetal, presentando una correlación positiva moderada de 0,60 y la función que lo relaciona es de tipo polinómica en la cual indica que la concentración de $PM_{2,5}$ depende en un 36,65% de la cobertura vegetal y el 63,35% depende de otros factores tales como velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, precipitación y presión atmosférica.

Tabla 10. Características meteorológicas durante la investigación

MES	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Velocidad de viento (m/s)
ENERO	27,0	96	10,1	0,9
FEBRERO	27,1	88	11,6	2,5
MARZO	27,3	87	6	2,7



Figura 10. Velocidad del viento – enero a marzo 2022

En la figura 10, se muestran los días 7 y 11 de enero tuvo mayor velocidad de viento con 4,6 m/s siendo estas los valores más altos registrados en el mes de enero/2022. El siguiente mes se registró un máximo valor el día 13 de febrero con 4,6 m/s siendo este el valor más alto registrado en el mes, y los valores más bajos fueron los días 2, 5 y 11 de febrero/2022. Finalmente, en el mes de marzo los días 15 y 23 se registró los valores más altos con 4,6 m/s y el día 18 se registró el valor más bajo con 0,6 m/s. Durante los primeros tres meses del año 2022 el comportamiento del viento fue cambiante presentando días con velocidades altas, intermedias y bajas.

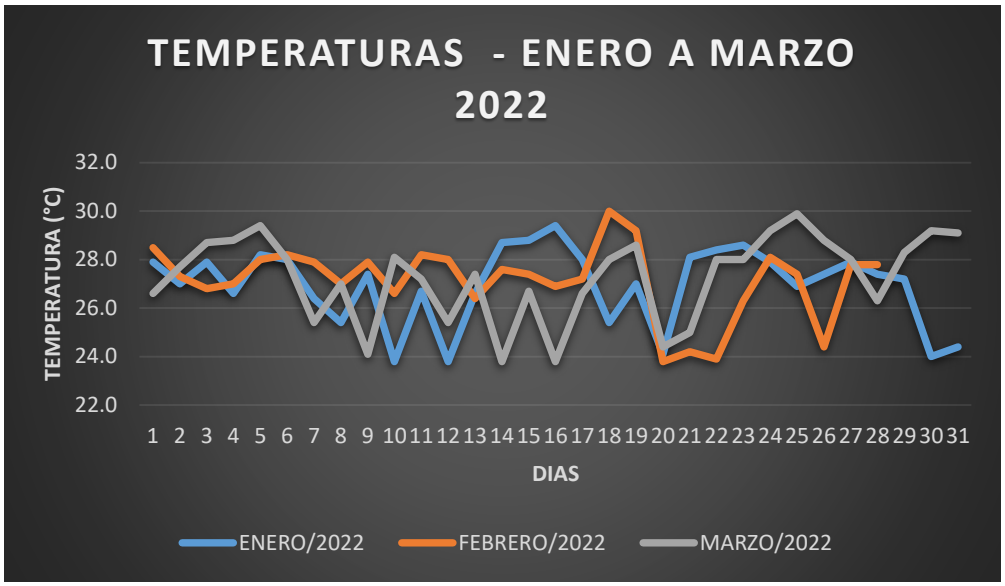


Figura 11. Temperaturas – enero a marzo 2022

En la figura 11, durante el mes de enero se presentó temperaturas bajas los días 10, 13, 20 y 29 con valores aproximadamente entre 23 a 24°C, y valores más alto los días 5, 6, 9, 16, 17 y 21 presentando valores superiores a 28°C, en el mes de febrero se presentó un aumento de temperatura llegando a 30°C el día 18 de febrero/2022. En el mes de marzo/2022 se registraron valores por encima de los 29°C los días 5, 23, 24 y 30. Como se aprecia la figura hubo días donde parcialmente no eran muy calurosos durante los primeros tres meses del año 2022.

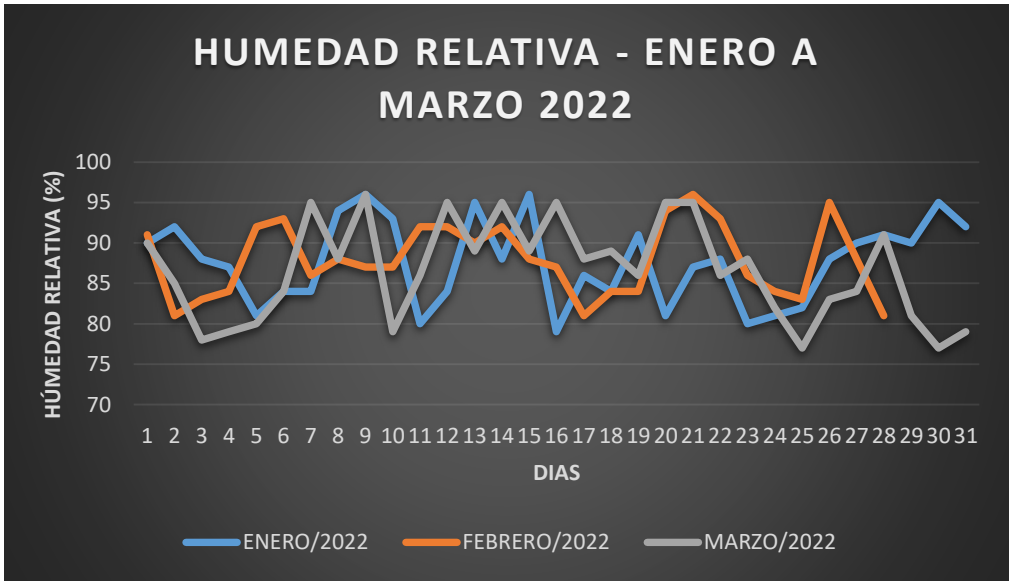


Figura 12. Humedad relativa – enero a marzo 2022

En la figura 12, en el mes de enero se observó un día de humedad relativa por debajo del 80% siendo esta el día 11 de enero y humedades relativas de 96% los días 8 y 15 de enero. En el mes de febrero/2022 se registró un valor máximo el día 21 de febrero con 96% y valores mínimos los días 2, 17 y 28 de febrero con 81%. En el mes de marzo 2022 se notó reducciones de humedad relativa siendo los valores más bajos registrados los días 25 y 30 de marzo con 77% y el valor más alto se registró el día 8 de marzo con 96%.

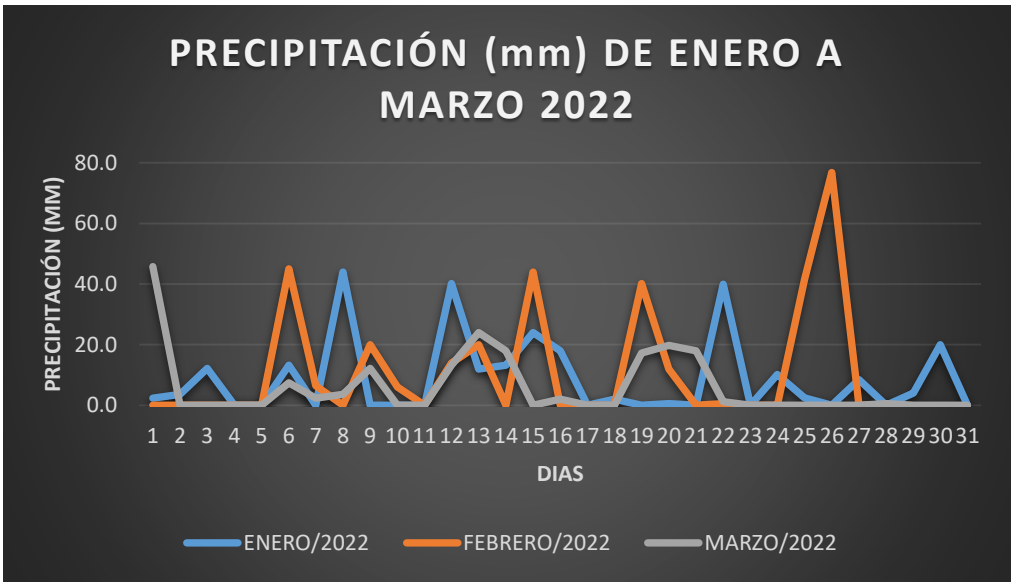


Figura 13. Precipitaciones (mm) de enero a marzo 2022

En la figura 13, en el mes de enero se registró días donde no hubo lluvia, los días 8, 12 y 22 se presentaron lluvias fuertes ya que tuvieron valores de 40 mm a más. En el mes de febrero se presentó lluvias intensas los días 6, 15, 19 y 26 esos días tuvieron valores encima de 40 mm de precipitación. En el mes de marzo se presentó el 1 de marzo una lluvia fuerte con 45,8 mm, como se observa en los primeros meses del año 2022 hubo épocas secas sin lluvias y épocas lluviosas haciendo que la condición meteorológica varíe.

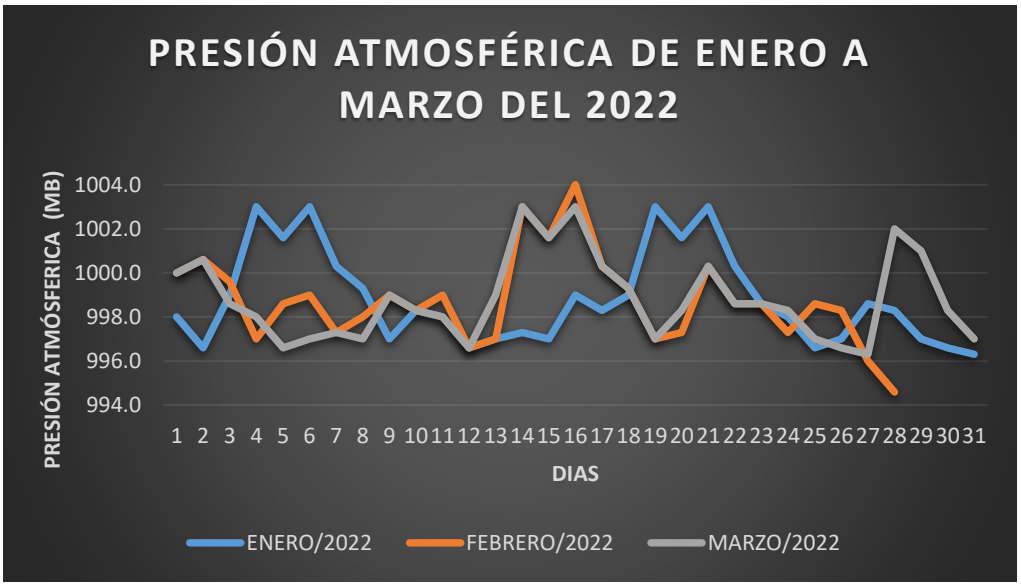


Figura 14. Presión atmosférica de enero a marzo 2022

En la figura 14, en el mes de enero/2022 se registró valores más altos los días 4, 6, 18 y 20 de enero con 1003 mb de presión atmosférica. En el mes de febrero/2022 hubo un día en donde subió la presión atmosférica llegando a 1004 mb siendo este el día 15 de febrero. En el mes de marzo/2022 se registró valores altos los días 13 y 15 con 1003 mb de presión atmosférica.

INFLUENCIA DEL TIEMPO EN HORAS EN LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM_{10} Y $PM_{2.5}$, EN LAS TRES ZONAS DE LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO

ZONA 1 PLAZA PUCALLPA

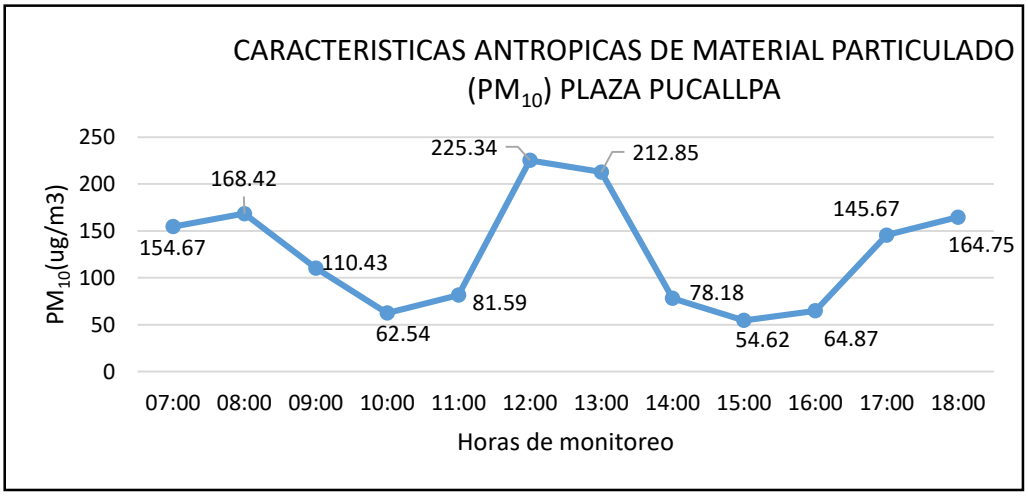


Figura 15. Concentración por horas para PM10 Plaza Pucallpa

En la figura 15, se evidencian valores más altos de PM10 a las 12:00 y 13:00 horas con concentraciones de 225.42 µg/m3 y 212.85 µg/m3, pero a partir de las 14:00 hasta las 16:00 horas los valores disminuye considerablemente, pero nuevamente empieza a incrementar hasta las 18:00 horas. Lo que evidencia que las horas puntas son las que concentran mayor cantidad de material particulado.

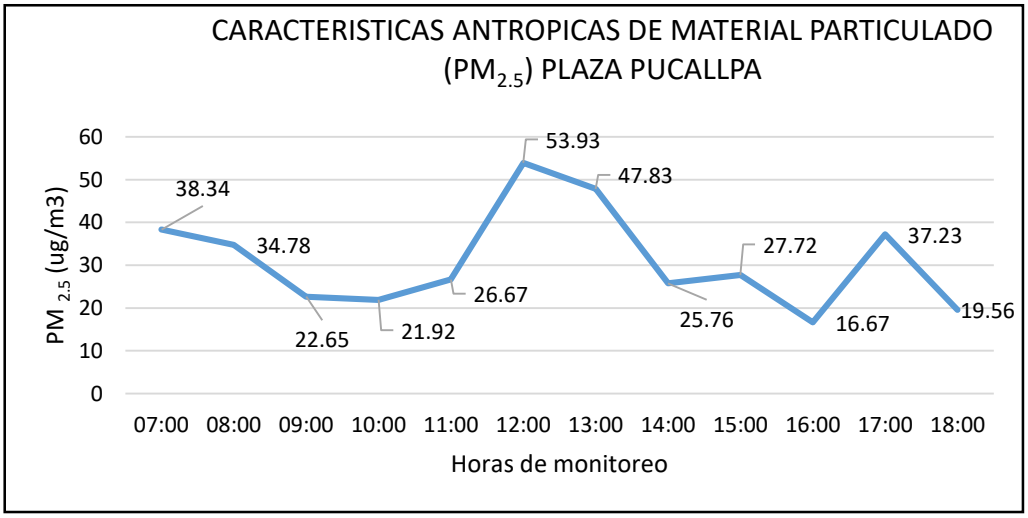


Figura 16. Concentración por horas para PM2.5 Plaza de Pucallpa

En la figura 16, se observa que a partir de las 7:00 hasta las 10:00 horas la concentración de PM 2,5 disminuye, subiendo ligeramente a las 11:00. La hora donde presentó mayor PM 2,5 fue a las 12:00. Sin embargo, esa decreció hasta las 16:00 horas, subiendo nuevamente en las últimas horas de evaluación.

ZONA 2 CARRETERA FEDERICO BASADRE, KM 10

.

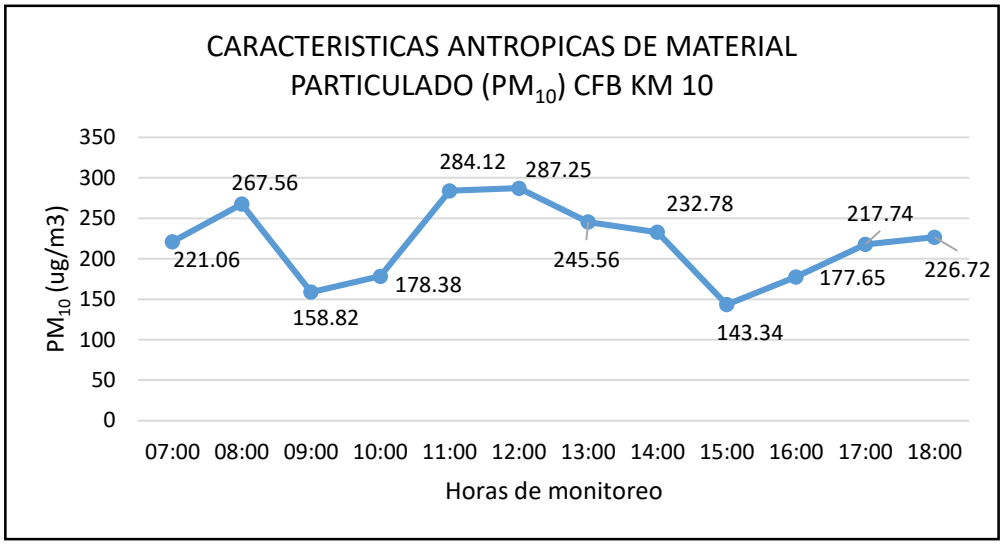


Figura 17. Concentración por horas para PM10 CFB Km 10

En la figura 17, se evidencia que desde las 11:00 a 12:00 horas presentaron valores más altos de PM10 en la CFB KM 10. Se demuestra que los valores aumentan y disminuyen en diferentes horas.

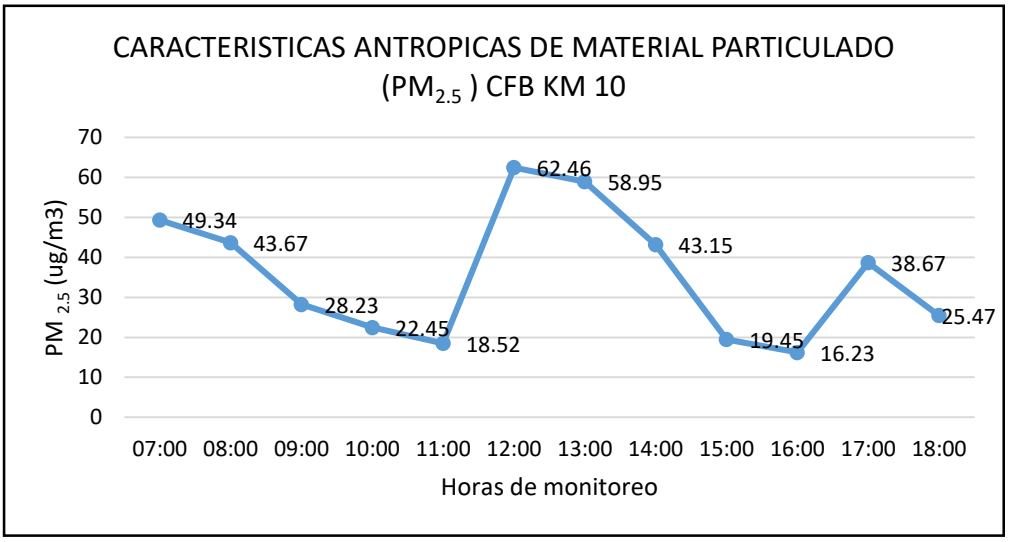


Figura 18. Concentración por horas para PM2.5 CFB Km 10

En la figura 18, se observa que a las 12:00 horas se presentó el máximo valor de PM 2,5. Y el valor mínimo se evidencio a las 9:00 horas. La dispersión de los valores no presenta una progresión ascendente continuo ya que por horas sube y baja la concentración de PM 2.5.

ZONA 3 CARRETERA SANTA ROSA

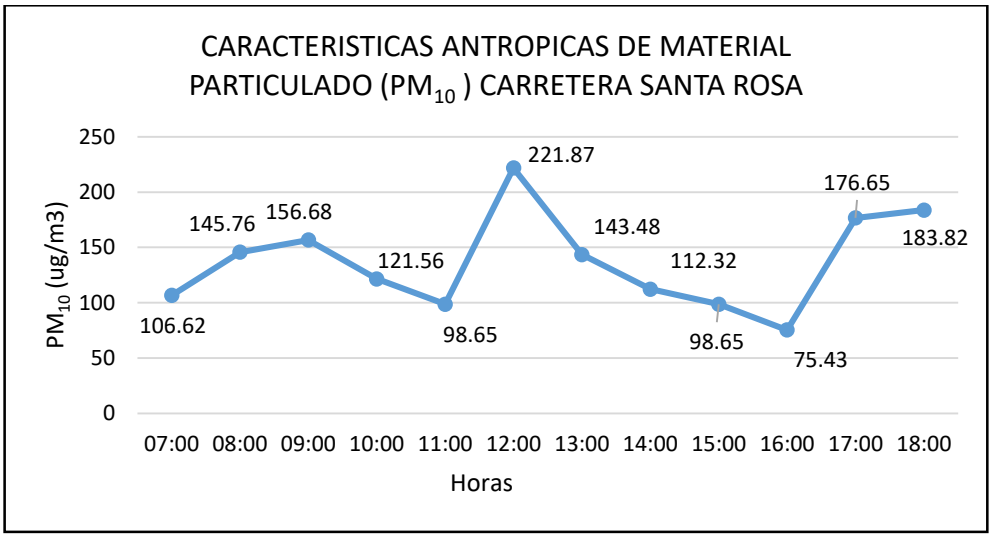


Figura 19. Concentración por horas para PM10 Carretera Santa Rosa

En la figura 19, Carretera Santa Rosa se evidencio que el máximo valor de PM10 se dio a las 12:00 horas y el mínimo a las 16:00 horas. Se observa también que a partir de las 17:00 horas empieza a incrementar la concentración de PM10.

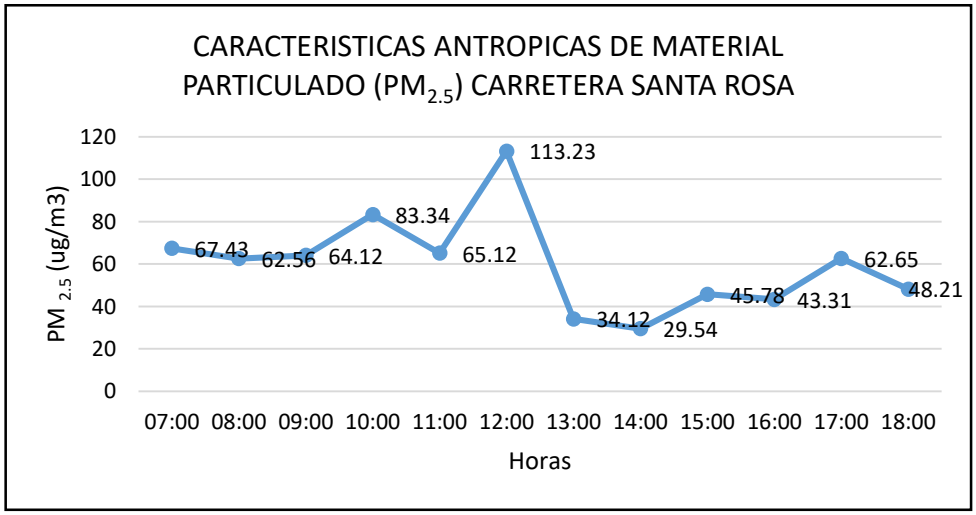


Figura 20. Concentración por horas para PM2.5 Carretera Santa Rosa

En la figura 20, Carretera Santa Rosa desde las 7:00 horas decrece ligeramente los valores de PM2.5, sin embargo, el máximo valor se presentó a las 12:00 horas, pero a partir de las 13:00 horas decrece rotundamente la concentración de PM2.5 subiendo levemente hasta las 18:00 horas.

LAS TRES (3) ZONAS EN UNA MISMA FIGURA Y EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (r) Y COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R^2).

MATERIAL PARTICULADO PM_{10}

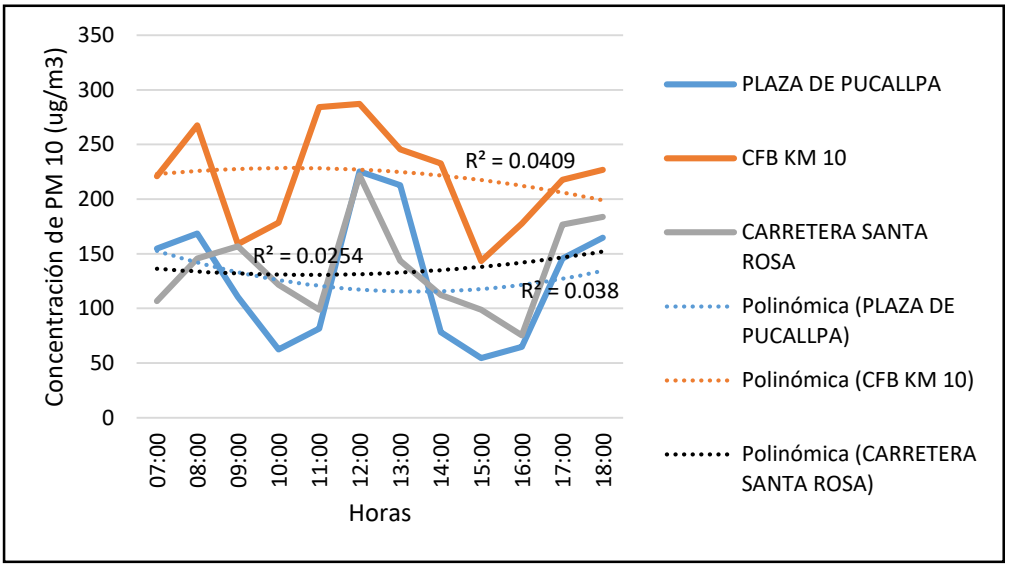


Figura 21. PM10 en las tres (3) zonas

En la siguiente figura 21, se observa que hay una correlación positiva débil ya que la CFB KM 10 presentó un R^2 de 0,0409 y un coeficiente de correlación (r) de 0,20 ; en la Carretera Santa Rosa un R^2 de 0,0254 y un r= 0,16 y en la plaza de Pucallpa un R^2 de 0,038 y un r= 0,19.

MATERIAL PARTICULADO PM 2.5

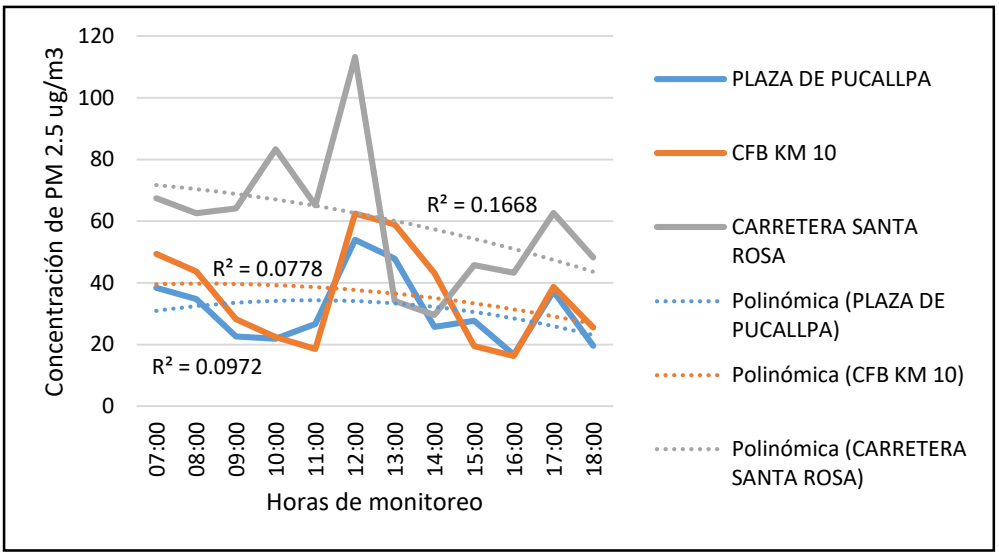


Figura 22. PM2.5 en las tres (3) zonas

En la figura 22, se observa que hay una correlación positiva débil ya que la Plaza de Pucallpa presenta un R^2 de 0,0972 y un coeficiente de correlación (r) de 0,31 ; en la Carretera Santa Rosa un R^2 de 0,1668 y un r= 0,41 y en la CFB KM 10 un R^2 de 0,0778 y un r= 0,28.

ANOVA

Material particulado PM_{10} ug/m^3

Tabla 11. Análisis de varianza para PM_{10} (ug/m^3) en 3 zonas de Coronel Portillo

(ANOVA2) – α=0,05 y α=0,01

FUENTE DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
ZONAS	62794,481	2	31397,241	12,312	0,000
Error	84154,717	33	2550,143		
Total	146949,198	35			

Según la tabla 11, existen diferencias estadísticas en la concentración de material particulado PM_{10} entre las 3 zonas de la Provincia de Coronel Portillo.

Tabla 12. Prueba de comparación de medias (Tukey= 0,05*)*

Zonas	N	Media (ug/m^3)	Grupos homogéneos
Plaza de Pucallpa	12	126,99	A
Carretera Santa Rosa	12	136,79	A
CFB KM 10	12	220,08	B

La tabla 12, indica que no existen diferencias estadísticas en la concentración de material particulado PM10 en la plaza de Pucallpa y la Carretera Santa Rosa, sin embargo, estas difieren significativamente con la CFB KM 10. La zona que presentó mayor concentración de material particulado PM10 fue la CFB KM 10 con 220,08 ug/m^3.

Material particulado PM2.5 ug/m^3

Tabla 13. Análisis de varianza de PM 2.5 (ug/m^3) en 3 zonas de Coronel Portillo.

(ANOVA2) – α=0,05 y α=0,01

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{obs}	P-Valor
ZONAS	5793,537	2	2896,769	9,547	0,001
Error	10013,350	33	303,435		
Total	15806,887	35			

La tabla 13, indica que existe diferencias estadísticas en la concentración de material particulado PM 2.5 entre las 3 zonas de la Provincia de Coronel Portillo.

Tabla 14. Prueba de comparación de media (Tukey=0,05)

Zonas	N	Media (ug/m^3)	Grupos homogéneos
Plaza de Pucallpa	12	31,08	A
CFB KM 10	12	35,55	A
CARRETERA SANTA ROSA	12	33,01	B

La tabla 14, indica que no existe diferencias estadísticas en la concentración de material particulado PM 2.5 entre la plaza de Pucallpa y la carretera Santa Rosa, sin embargo, estas difieren significativamente con la Carretera Federico Basadre. La zona que presentó mayor concentración de material particulado PM 2.5 es la Carretera Federico Basadre con 35,55 ug/m^3.

.

NORMA UTILIZADA PARA ANALISIS DEL AIRE. INCA

El índice de Calidad del Aire (INCA) tiene un valor óptimo comprendido entre 0 y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire. El INCA se divide en 4 categorías o calificaciones de la calidad del aire. La banda de color verde comprende valores del INCA de 0 a 50 y significa que la calidad del aire es buena, la banda de color amarillo comprende valores de 51 a 100 e indica una calidad moderada del aire; la banda de color anaranjado se encuentra comprendida entre los valores 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) de cada contaminante, lo que nos indica que la calidad del aire es mala; finalmente el color rojo de la cuarta banda nos indica que

la calidad del aire es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante, a partir de este valor corresponde la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales por parte de la autoridad de Salud.**Fuente especificada no válida.**.

INDICE DE CALIDAD DE AIRE PARA PM_{10}

Tabla. 15. Valores del material particulado PM10.

ZONA	Máximo (ug/m^3)	Mínimo (ug/m^3)	$\bar{X}$ PM 10 (ug/m^3)	ECUACIÓN INCA	CALIFICACION
PLAZA DE PUCALLPA	225,34	54,62	126,99	(126,99*100) /150=84,66	**Moderado**
CFB KM 10	287,25	143,34	220, 08	(220,08*100) /150= 146,72	**Mala**
CARRETERA SANTA ROSA	221,87	75,87	136, 79	(136,79*100) /150= 91,19	**Moderado**

En la tabla 15, se observa los valores del material particulado PM10 en las tres zonas de estudio supera el ECA para PM10 y el análisis del índice de calidad de aire “INCA”, en la Plaza de Pucallpa y Carretera Santa Rosa tuvo calificación de MODERADO y la CFB KM 10 tuvo una calificación de MALA.

INDICE DE CALIDAD DE AIRE PARA PM 2,5

Tabla. 16. Valores del material particulado PM2.5.

ZONA	Máximo (ug/m^3)	Mínimo (ug/m^3)	$\bar{X}$ PM 2,5 (ug/m^3)	ECUACIÓN INCA	CALIFICACION
PLAZA DE PUCALLPA	53,93	16,67	31,09	(31,09*100)/25=124,36	**Mala**
CFB KM 10	62,46	16,23	35,55	(35,55*100)/25 = 142,2	**Mala**
CARRETERA SANTA ROSA	113,23	29,54	43,01	(36,01*100)/25 = 144,04	**Mala**

En la tabla 16, se observa los valores del material particulado PM2.5 en las tres zonas de estudio no supera el ECA para PM2.5 y el análisis del índice de calidad de aire “INCA”, en la Plaza de Pucallpa, CFB KM 10 y Carretera Santa Rosa tienen una calificación de MALA.

Tabla. 17. Valores sobre el tránsito vehicular y cobertura vegetal.

Zonas	tránsito vehicular	cobertura vegetal
PLAZA DE PUCALLPA	108	37
CFB KM 10	43	15
CARRETERA SANTA ROSA	8	79

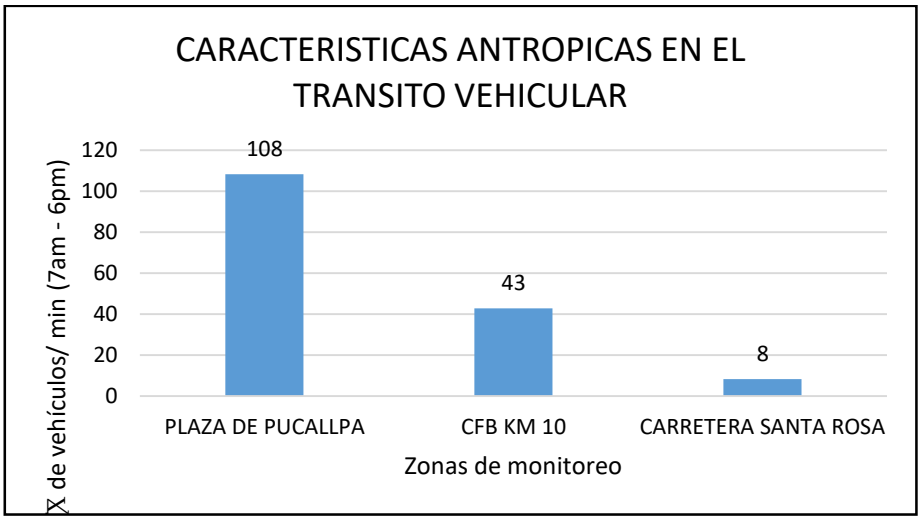


Figura 23. Tránsito vehicular por zonas

En la figura 23, se observa que hay mayor fluido de tránsito vehicular en la zona de Pucallpa, y la más baja en la zona de la carretera Santa Rosa.

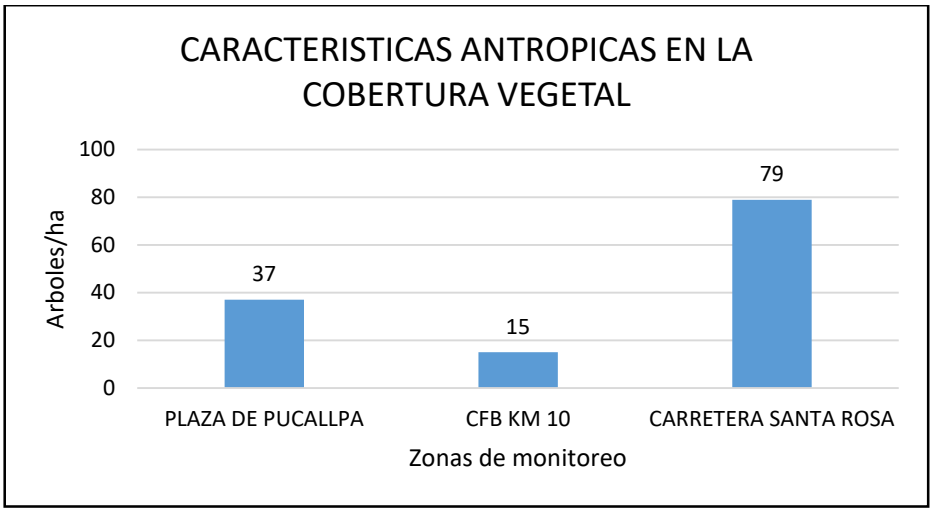


Figura 24. Cobertura vegetal por zonas

En la figura 24, se observa que la zona con mayor cobertura vegetal es en la carretera Santa Rosa y la más baja en la CFB KM10.

4.2. DISCUSIÓN

- Herrera. D, (2011). Analizó que la distribución de la concentración de partículas PM10 en la población de Segunda Jerusalén, realizados en el año 2009, en las épocas de invierno y verano, cuya concentración máxima es de 19,20 (mg/m^3) y 25,59 (mg/m^3) y la concentración mínima de 3,48 (mg/m^3) y 4,44 (mg/m^3) respectivamente, la misma que presentan valores menores en la época de invierno.

  La zona que presentó mayor concentración de material particulado PM_{10} fue la Carretera Federico Basadre KM 10 con 220,08 ug/m^3; y la menor en la Carretera Santa Rosa 136.79 ug/m^3, y para PM2.5 la zona que presento mayor concentración fue la Carretera Federico Basadre 35.55 ug/m^3 y la menor en la Plaza Pucallpa 31.08 ug/m^3. La concentración de PM no tiene una tendencia lineal, lo cual se asume que los valores de PM descienden y ascienden a medida que aumentan o disminuya el fluido vehicular y el número de árboles como indica los coeficientes de determinación esto se debe a los factores

como velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, precipitación y presión atmosférica.

- Desamparados (2012), afirma que los factores ambientales como la temperatura y el viento afectan a la dispersión de los contaminantes atmosféricos particulados $PM_{2.5}$ y PM_{10}, pues durante los meses más fríos al existir un estancamiento de las masas de aire existe una disminución de los niveles de concentración de partículas en el aire y cuando se interrelacionan con el viento se observan que hay un alejamiento de las fuentes de emisión.

  La investigación realizó monitoreo en días con promedios de temperatura que van desde 23°C hasta los 30°C. Durante el mes de enero se presentó temperaturas bajas los días 10, 13, 20 y 29 con valores aproximadamente entre 23°C a 24°C, correspondiéndose con la concentración de PM10 de 54.62 ug/m3 y PM2.5 de 37.72 en promedio. En contraste los días 5, 6, 14, 15 y 16 presentando valores superiores a 28°C los cuales de corresponden a 225.34 ug/m3 de PM10 y 83.93 ug/m3 de PM2.5, viendo así que existe una disminución de la concentración de material particulado en días más fríos.

- Guillén, V., & Orellana, D. (2016). Así como la cobertura vegetal es una variable que reduce la carga de sedimento, también se observó en campo y en los referentes bibliográficos que existen más variables que pueden aumentar la carga de sedimento tales como: la calidad de pavimento, cercanía a construcciones e intensidad del flujo vehicular. Pero también se observó en campo que la velocidad vehicular tiende a reducir la carga de sedimento, al igual que los eventos de precipitación que reduce drásticamente la carga de sedimento vial.

  De acuerdo a los escenarios de monitoreo se observa que en Plaza de Pucallpa, existe una mayor cantidad de flujo vehicular de 100 vehículos/min y con 37 árboles que indican concentraciones de 154.25 ug/m3 en promedio. En contraste en CFB KM10 existen aproximadamente 45 vehículos/min y con 15 árboles que indican concentraciones por encima de 200 ug/m3.

- Como principales fuentes de generación de material partículado, son el transporte urbano, calles sin pavimentar, acumulación y quema de residuos sólidos, desarrollo de actividades económicas, principalmente las dedicadas a la fabricación y comercialización de productos (LOZANO, 2012); en los resultados obtenidos se observa que el estación de la CFB km10 presenta mayor concentración de material particulado PM10 con valores de 287.25 ug/m3 y 221.87 ug/m3 respectivamente, esto se debe a la presencia de calles no pavimentadas, aumento al tránsito vehicular, expansión urbana, zona de fábricas, etc

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos indican que existe una relación altamente significativa y significativa en la concentración de PM_{10} y $PM_{2,5}$ influenciado por el tránsito vehicular en la plaza de Pucallpa. En la Carretera Federico Basadre KM 10 se obtuvo una relación significativa en concentración de PM_{10} y altamente significativa en $PM_{2,5}$ influenciados por características antrópicas de la zona. Finalmente, la concentración de PM_{10} y $PM_{2,5}$ en la Carretera Santa Rosa mantiene una relación moderada en cuanto a la influencia del tránsito vehicular de la zona.

- En cuanto a la influencia de la cobertura vegetal en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$ en las zonas de estudio los resultados obtenidos indican una disminución de material particulado debido a la influencia de las hojas de los arboles.

- Por otro lado, se pudo evidenciar el incremento en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$ en horas puntas, en la cual se da una mayor influencia de tránsito.

- En las tres zonas de estudio se obtuvieron concentraciones de 126.99 $\mu g/m^3$, 220.08 $\mu g/m^3$, 136.79 $\mu g/m^3$ en material particulado PM_{10} los cuales superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.

- Las concentraciones de $PM_{2,5}$ en las tres zonas de estudio fueron 31.09 $\mu g/m^3$, 35.55 $\mu g/m^3$y 43.01 $\mu g/m^3$, los cuales no superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los Gobiernos Locales y población en general ampliar los entornos ecológicos con áreas verdes como la arborización de calles y avenidas, ya que esto disminuye la concentración de material particulado y otras sustancias suspendidas en la atmosfera.

- Tomando en referencia este trabajo hacer estudios similares en las zonas de mayor concentración de material particulado en la Provincia de Coronel Portillo.

- El material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ tiene una incidencia negativa en la salud humana, que se manifiesta especialmente por problemas cardiovasculares y respiratorios por lo que se recomienda a los pobladores que viven cerca de las zonas de estudios no exponerse en las horas puntas que son a las 7 horas, 12 horas y 18 horas.

BIBLIOGRAFÍA

Arrieta, A. J. (2016). Dispersión De Material Particulado (Pm10), Con Interrelación De Factores Meteorológicos Y Topográficos. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, *16*(2), 43–54. https://doi.org/10.19053/1900771x.v16.n2.2016.5445

Baca, C. E., & Vazquez, F. A. (2015). Estudio comparativo de la influencia de las zonas arboladas urbanas en la calidad del aire de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua*, *IX*(3), 171–179.

Baeza, M., & Rodriguez, A. (2018). *Entendiendo el origen y evolución del monóxido de carbono en el aire que respiramos*. RETEMA, Revista Técnica de Medio Ambiente. https://www.retema.es/articulo/entendiendo-el-origen-y-evolucion-del-monoxido-de-carbono-en-el-aire-que-respiramos-1AF4C

Blanco Jiménez, S. et al. (2015). Evaluación de Partículas Suspendidas PM2.5 en el Área Metropolitana de Monterrey. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). México. 34 pp

Carrillo, S. (2014). Estudio de los aerosoles – material particulado en la ciudad de Huancayo y su relación con la quema de biomasa en Brasil. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del centro del Perú. Huancayo, Perú

Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). EFECTO INVERNADERO, CALENTAMIENTO GLOBAL Y CAMBIO CLIMÁTICO: UNA PERSPECTIVA DESDE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA. *Revista Digital Universitaria*, *8*(10), 1067–6079. https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2006.04.002

Desamparados, R. (2012). Contaminantes atmosféricos particulados: Evaluación de las fuentes de origen y de su contribución a la contaminación atmosférica en el clúster cerámico de Castillón. (Tesis de pregrado) Universidad JAUME I. Castellón, España.

De La Cruz, (2015). Emisión de contaminantes atmosféricos empleando la

técnica para el inventario rápidos de la contaminación ambiental de Alexander P. Economopoulos

Espinoza Cruz, C. J. (2018). *Determinación De La Dispersión Geográfica De Los Gases NOX, CO, SO2 Y Partículas (PM10), Emitidos Por Una Central Térmica Aplicando El Modelo AERMOD*. *Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur*. Retrieved from http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/166

Edding, M., Tala, F., & Vásquez, J. (2006). *Capitulo Xi Fotosíntesis , Productividad Y Algas Marinas*. 1–39.

Herrera, J. (2011). Inventario de emisiones de contaminantes criterio de Costa Rica en 2011. Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci), 48(2), 5-19

Mediavilla, M. (2010). Origen y evolución del oxígeno atmosférico. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra: Revista de La Asociación Española Para La Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, *18*(1), 16–24.

MINAM. (2016). Resolución Ministerial N°181-2016-MINAM. Índice de calidad del aire. *Minam*, 1–6. http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N°-181-2016-MINAM.pdf

Nowak, D. J., & McPherson, E. G. (n.d.). Cuantificación del impacto ambiental de los árboles en Chicago. *Unasylva Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*, *44*(173). http://www.fao.org/3/u9300s/u9300s08.htm#cuantificación del impacto ambiental de los árboles en chicago

Ordoñez, C., & Sánchez, O. (2017). Caracterización quimica - morfológica del PM2,5 en Lima Metropolitana mediante microscopía electónica de barrido (MEB). *Acta Nova*, *8*, 397–420. https://bit.ly/2IYioa1

Pedro (2006). Impacto de la contaminación del aire por PM10 sobre la mortalidad diaria en Temuco. *Revista médica de Chile*, *134*(6), 754-761. https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872006000600012

Romero, M., Diego, F., & Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su

repercusión como problema de salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol*, *16*(44), 14. https://doi.org/10.1097/00003072-199110000-00018

SUÁREZ, C. A. A. (2012). DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO: PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES Y FRACCIÓN RESPIRABLE PM10. *Luna Azul*, *34*. https://doi.org/10.17151/luaz.2012.34.12

Villacorta, C. P., & Farfán, R. M. (2019). VALORACION ECONOMICA Y PERDIDA POR DEFORESTACION DE BOSQUES, CENTRO POBLADO NUEVA REQUENA- DISTRITO NUEVA REQUENA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, DEPARTAMENTO DE UCAYALI 2015. In *(Tesis de Grado,Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Económicas Administrativas y Contables, Peru, Pucallpa)*. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/2349/TSC_17.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXO

ANEXO 1

Tabla 18. Registro de monitoreo PM10 y PM2.5 durante tres meses.

ID	HORA	PM10 (ug/m3)	PM2.5 (ug/m3)	Vehículos/min	Arboles/ ha	
PLAZA DE PUCALLPA						
1	07:00	154.67	34.34	120	37	551489.00 m E
2	08:00	168.42	34.78	122	37	9073368.00 m N
3	09:00	110.43	22.65	93	37	
4	10:00	62.54	21.92	90	37	
5	11:00	81.59	26.67	123	37	
6	12:00	225.34	53.93	124	37	
7	13:00	212.85	47.83	110	37	
8	14:00	78.18	25.76	94	37	
9	15:00	54.62	27.72	91	37	
10	16:00	64.87	16.67	93	37	
11	17:00	145.67	37.23	118	37	
12	18:00	164.75	19.56	122	37	
CFB KM 10						
13	07:00	221.06	49.34	44	15	542375.00 m E
14	08:00	267.56	43.67	43	15	9071380.00 m N
15	09:00	158.82	28.23	40	15	
16	10:00	178.38	22.45	39	15	
17	11:00	284.12	18.52	40	15	
18	12:00	287.25	62.46	50	15	
19	13:00	245.56	58.95	46	15	
20	14:00	232.78	43.15	44	15	
21	15:00	143.34	19.45	40	15	
22	16:00	177.65	16.23	41	15	
23	17:00	217.74	38.67	41	15	
24	18:00	226.72	25.47	46	15	
CARRETERA SANTA ROSA						
25	07:00	106.62	67.43	9	79	542068.00 m E
26	08:00	145.76	62.56	10	79	9081937.00 m N
27	09:00	156.68	64.12	6	79	
28	10:00	121.56	83.34	6	79	
29	11:00	98.65	65.12	7	79	
30	12:00	221.87	113.23	12	79	
31	13:00	143.48	34.12	13	79	
32	14:00	112.32	29.54	6	79	
33	15:00	98.65	45.78	7	79	
34	16:00	75.43	43.31	6	79	
35	17:00	176.65	62.65	9	79	
36	18:00	183.82	48.21	9	79	

Tabla 19.

Material particulado PM_{10} Pruebas de efectos inter-sujetos

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: PM10 (ug/m^3)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	62794,481[a]	2	31397,241	12,312	0,000
Intersección	936507,804	1	936507,804	367,237	0,000
ZONAS	62794,481	2	31397,241	12,312	0,000
Error	84154,717	33	2550,143		
Total	1083457,003	36			
Total corregido	146949,198	35			

Tabla 20. Pruebas de comparaciones múltiples

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: PM10 ug/m3						
HSD Tukey						
					Intervalo de confianza al 95%	
(I) ZONAS	(J) ZONAS	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
PLAZA DE PUCALLPA	CFB KM 10	-93,0875*	20,61611	,000	-143,6752	-42,4998
	CARRETERA SANTA ROSA	-9,7967	20,61611	,883	-60,3844	40,7910
CFB KM 10	PLAZA DE PUCALLPA	93,0875*	20,61611	,000	42,4998	143,6752
	CARRETERA SANTA ROSA	83,2908*	20,61611	,001	32,7031	133,8785
CARRETERA SANTA ROSA	PLAZA DE PUCALLPA	9,7967	20,61611	,883	-40,7910	60,3844
	CFB KM 10	-83,2908*	20,61611	,001	-133,8785	-32,7031

Tabla 21. El test de HSD (honestly-significant-diference) tukey

HSD Tukey[a,b]			
		Subconjunto	
ZONAS	N	1	2
PLAZA DE PUCALLPA	12	126,9942	
CARRETERA SANTA ROSA	12	136,7908	
CFB KM 10	12		220,0817
Sig.		,883	1,000

Tabla 22

Material particulado PM 2.5 pruebas de efectos inter-sujetos

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: PM 2,5 ug/m^3					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	29633,080[a]	2	14816,540	23,035	0,000
Intersección	203560,385	1	203560,385	316,466	0,000
ZONAS	29633,080	2	14816,540	23,035	0,000
Error	21226,587	33	643,230		
Total	254420,052	36			
Total corregido	50859,667	35			

Tabla 23. Pruebas de comparaciones múltiples ($PM_{2.5}$)

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: PM 10 ug/m^3						
HSD Tukey						
					Intervalo de confianza al 95%	
(I) ZONAS	(J) ZONAS	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
PLAZA DE PUCALLPA	CFB KM 10	-65,1275*	10,35398	0,000	-90,5340	-39,7210
	CARRETERA SANTA ROSA	-9,6958	10,35398	0,621	-35,1024	15,7107
CFB KM 10	PLAZA DE PUCALLPA	65,1275*	10,35398	0,000	39,7210	90,5340
	CARRETERA SANTA ROSA	55,4317*	10,35398	0,000	30,0251	80,8382
CARRETERA SANTA ROSA	PLAZA DE PUCALLPA	9,6958	10,35398	0,621	-15,7107	35,1024
	CFB KM 10	-55,4317*	10,35398	0,000	-80,8382	-30,0251

Tabla 24. El test de HSD (honestly-significant-diference) tukey (PM2.5)

HSD Tukey[a,b]			
		Subconjunto	
ZONAS	N	1	2
PLAZA DE PUCALLPA	12	50,2550	
CARRETERA SANTA ROSA	12	59,9508	
CFB KM 10	12		115,3825
Sig.		,621	1,000

ANEXO 2

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA CADA PUNTO DE MUESTREO

Hora de Control	Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de PM_{10} ($\mu g/m^3$)	Concentraciones de $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)
		Norte	Este				
07: 00 a.m							
08: 00 a.m							
09: 00 a.m							
10: 00 a.m							
11: 00 a.m							
12: 00 p.m							
01:00 p.m							
02:00 p.m							
03:00 p.m							
04:00 p.m							
05:00 p.m							
06:00 p.m							
PROMEDIO							

ANEXO 3

FORMATO REGISTRO DEL TRÁNSITO VEHICULAR

REGISTRO DEL TRÁNSITO VEHICULAR						
Formato # 2					Fecha:	
Evaluador						
Coordenadas:	N		E			
Lugar						
Código:	Moto Lineal 	Mototaxi 	Motofurgon 	Auto/Camioneta 	Vehiculos Pesado  	TOTAL
8:00 a. m.						
9:00 a. m.						
10:00 a. m.						
11:00 a. m.						
12:00 p. m.						
1:00 p. m.						
2:00 p. m.						
3:00 p. m.						

ANEXO 4

FORMATO REGISTRO DEL NÚMERO DE ÁRBOLES POR HECTÁREA

REGISTRO DEL NÚMERO DE ÁRBOLES POR HECTÁREA			
Formato # 1			Fecha:
Evaluador			
Lugar			
Coordenadas	N	E	
	N	E	
	N	E	
	N	E	
Código	Árbol 	Arbusto 	TOTAL
Número de árboles			

ANEXO 5

REGISTRO DATOS METEOROLÓGICOS DE LOS MESES DE ENERO, FEBRERO Y MARZO

VELOCIDAD DEL VIENTO M/S				TEMPERATURA			HUMEDAD RELATIVA			PRECIPITACIÓN			PRESION ATMOSFERICA		
DIAS	1/01/2022	1/02/2022	1/03/2022	1/01/2022	1/02/2022	1/03/2022	1/01/2022	1/02/2022	1/03/2022	1/01/2022	1/02/2022	1/03/2022	1/01/2022	1/02/2022	1/03/2022
1	2.6	2.6	1.3	27.9	28.5	26.6	90	91	90	2.3	0.0	45.8	998.0	1000.0	1000.0
2	3.3	1.3	2.0	27.0	27.3	27.7	92	81	85	3.6	0.0	0.0	996.6	1000.6	1000.6
3	3.3	2.6	3.3	27.9	26.8	28.7	88	83	78	12.2	0.0	0.0	999.0	999.6	998.6
4	2.6	2.0	4.0	26.6	27.0	28.8	87	84	79	0.0	0.0	0.0	1003.0	997.0	998.0
5	3.3	1.3	2.6	28.2	28.0	29.4	81	92	80	0.0	0.0	0.0	1001.6	998.6	996.6
6	1.3	2.6	3.3	28.0	28.2	28.0	84	93	84	13.2	45.0	7.4	1003.0	999.0	997.0
7	2.6	3.3	2.0	26.4	27.9	25.4	84	86	95	0.0	6.5	2.3	1000.3	997.3	997.3
8	4.6	3.3	2.0	25.4	27.0	27.0	94	88	88	44.0	0.0	3.6	999.3	998.0	997.0
9	3.3	2.6	3.3	27.4	27.9	24.1	96	87	96	0.0	20.0	12.2	997.0	999.0	999.0
10	2.6	3.3	1.3	23.8	26.6	28.1	93	87	79	0.0	6.0	0.0	998.3	998.3	998.3
11	4.6	1.3	2.6	26.7	28.2	27.2	80	92	86	0.0	0.0	0.0	998.0	999.0	998.0
12	2.0	2.6	2.6	23.8	28.0	25.4	84	92	95	40.2	14.0	13.2	996.6	996.6	996.6
13	0.6	4.6	1.3	26.6	26.4	27.4	95	90	89	12.0	20.0	24.0	997.0	997.0	999.0
14	2.0	2.6	3.3	28.7	27.6	23.8	88	92	95	13.2	0.0	18.0	997.3	1003.0	1003.0
15	2.6	2.6	2.6	28.8	27.4	26.7	96	88	89	24.0	44.0	0.0	997.0	1001.6	1001.6
16	2.0	2.0	4.6	29.4	26.9	23.8	79	87	95	18.0	0.0	2.0	999.0	1004.0	1003.0
17	2.6	3.3	2.0	28.0	27.2	26.6	86	81	88	0.0	0.0	0.0	998.3	1000.3	1000.3
18	3.3	3.3	0.6	25.4	30.0	28.0	84	84	89	2.0	0.0	0.0	999.0	999.3	999.3
19	2.0	2.0	2.0	27.0	29.2	28.6	91	84	86	0.0	40.2	17.2	1003.0	997.0	997.0
20	2	2.0	2.6	24.1	23.8	24.4	81	94	95	0.5	12.0	19.8	1001.6	997.3	998.3
21	2.6	3.3	3.3	28.1	24.2	25.0	87	96	95	0.0	0.0	18.0	1003.0	1000.3	1000.3
22	2.0	2.0	2.6	28.4	23.9	28.0	88	93	86	40.0	0.5	1.2	1000.3	998.6	998.6
23	1.3	2.0	2.0	28.6	26.3	28.0	80	86	88	0.0	0.0	0.0	998.6	998.6	998.6
24	2.6	2.0	4.6	27.9	28.1	29.2	81	84	82	10.2	0.0	0.0	998.0	997.3	998.3
25	2.6	2.6	4.0	26.9	27.4	29.9	82	83	77	2.5	41.5	0.0	996.6	998.6	997.0
26	2.6	3.3	2.0	27.4	24.4	28.8	88	95	83	0.0	76.8	0.0	997.0	998.3	996.6
27	2.6	2.0	3.3	27.9	27.8	28.0	90	88	84	8.5	0.0	0.0	998.6	996.0	996.3
28	3.3	3.3	1.3	27.4	27.8	26.3	91	81	91	0.0	0.0	0.5	998.3	994.6	1002.0
29	2.6		2.6	27.2		28.3	90		81	4.0		0.0	997.0		1001.0
30	2.0		4.0	24.0		29.2	95		77	20.0		0.0	996.6		998.3
31	2.6		3.3	24.4		29.1	92		79	0.0		0.0	996.3		997.0

Fuente: Estación meteorológica sede en la Universidad Nacional de Ucayali.

ANEXO 6

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE CONTADOR DE PARTÍCULAS

OHLAB
OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.

Certificado de Calibración
OHLF131-190221

1.- SOLICITANTE

Nombre: GEOTECNICA INGENIEROS E.I.R.L.

Dirección: JR. TENIENTE CARLOS LOPEZ NRO. 119 URB. URBANIZACION (FRENTE AL PARQUE BOLOGNESI) UCAYALI - CORONEL PORTILLO - CALLERIA

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN Medidor de Material particulado

Marca :	LIGHTHOUSE
Modelo :	HANDHELD 3016-IAQ
N° de Serie :	140944006
Flujo establecido :	0,1 CFM / 2,83 L/min
Procedencia :	USA

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales (INACAL) y/o internacionales.
OHLAB S.A.C. custodia, conserva y mantiene sus patrones en Áreas con condiciones ambientales controladas, realiza mediciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el pais y contribuye a la difusión del sistema legal de unidades del medida del Perú.
OHLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

* El instrumento se calibró el 2021-02-19
* La calibración se realizó en el Área de Flujo del Laboratorio OHLAB S.A.C.

4.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	22,1 °C	±	0,4 °C
Humedad	49,2 % HR	±	1,4 % HR
Presión	1009,9 hPa	±	0,2 hPa

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB S.A.C.. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a calibración, el laboratorio OHLAB S.A.C. declina de toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciere de este certificado.

Fecha de emision: 2021-02-19

Sello

LABORATORIO DE METROLOGÍA Y ENSAYO OHLAB SAC

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY SAC
Juan Diego Arribasplata
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Laboratorio de Metrología
Avenida La Marina N° 365, La Perla Callao - Peru
Telf.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672
Email: comercial@ohlaboratory.com
Web: www.ohlaboratory.com

Certificado de Calibración
OHLF131-190221

5.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó según el ME-009: 1° Ed., "Procedimiento Calibración de Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología.

6.- TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM , en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo
LFG-205-2019 INACAL / DM	Medidor de Caudal, con una exactitud del 1 % de la indicación.	MesaLabs	Defender 530+H

OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración está en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza aproximado del 95%.

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Laboratorio de Metrología
Avenida La Marina N° 365, La Perla Callao - Peru
Telf.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672
Email: comercial@ohlaboratory.com
Web: www.ohlaboratory.com

Certificado de Calibración
OHLF131-190221

7.- RESULTADOS

CCV L/min	Indicación del Caudalimetro L/min	Error L/min	Incertidumbre L/min
2,98	2,83	-0,15	0,2
2,99	2,83	-0,16	0,2
2,99	2,83	-0,16	0,2

CCV: Caudal Convencionalmente Verdadero

Temperatura del aire: 22,1 °C ± 0,2 °C

(Fin del documento)

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Laboratorio de Metrología
Avenida La Marina N° 365, La Perla Callao - Peru
Telf.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672
Email: comercial@ohlaboratory.com
Web: www.ohlaboratory.com

ANEXO 7

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 25. Monitoreo Plaza de Armas de Pucallpa



Figura 26. Plaza de armas Pucallpa toma de datos



Figura 27. Plaza de armas Pucallpa toma de datos II



Figura 28. Plaza de armas Pucallpa control de monitoreo



Figura 29. CFB Km10 primera semana de monitoreo



Figura 30. CFB km 10 segunda semana de monitoreo



Figura 31. Carretera Federico Basadre km 10 toma de datos



Figura 32. Carretera Federico Basadre km 10, segunda semana de monitoreo



Figura 33. Monitoreo Carretera Federico Basadre km 10



Figura 34. Carretera Federico Basadre km 10 toma de datos tercera semana



Figura 35. Carretera Santa Rosa toma de datos primera semana



Figura 36. Carretera Santa Rosa toma de datos por hora



Figura 37. Carretera Santa Rosa control de monitores segunda semana



Figura 38. Carretera Santa Rosa control de monitoreo