

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**RELACIÓN ENTRE EL MATERIAL PARTICULADO GENERADO
POR LA CALERA SAN GERÓNIMO S.C.R.L Y LAS INFECCIONES
RESPIRATORIAS AGUDAS EN LA POBLACIÓN DE LA
LOCALIDAD DE PARIAHUANCA – CARHUAZ, MARZO – AGOSTO
2021**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

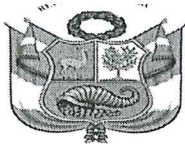
Tesista: Br. Jenner Martin Flores Rodriguez

Asesor: Ing. Maximiliano Loarte Rubina

Huaraz-Perú

2022





“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los miembros del Jurado Evaluador de Tesis, en pleno que suscriben, reunidos a los veintidós días de octubre del dos mil veintidós, en el Auditorium de la Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM) de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), de conformidad a la normatividad vigente condujeron el acto académico público de sustentación y defensa de la tesis **“RELACIÓN ENTRE EL MATERIAL PARTICULADO GENERADO POR LA CALERA SAN GERÓNIMO S.C.R.L Y LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS EN LA POBLACIÓN DE LA LOCALIDAD DE PARIHUANCA – CARHUAZ, MARZO – AGOSTO 2021”** que presentó **JENNER MARTÍN FLORES RODRÍGUEZ** para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**.

Después de haber atendido la sustentación y defensa oral, y haber escuchado las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

..... *APROBADO*

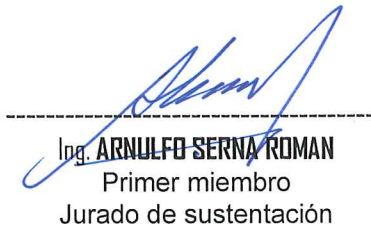
Con el calificativo de: *QUINIE* (*15*)

En consecuencia, **JENNER MARTÍN FLORES RODRÍGUEZ** queda expedito para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° y 4ta. disposición complementaria del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM), el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 232-2017-UNASAM).

Huaraz, 21 de octubre de 2022



DR. JERÓNIMO VÍCTOR MANRIQUE
Presidente
Jurado de sustentación



Ing. ARNULFO SERNA ROMAN
Primer miembro
Jurado de sustentación



Ing. GREGORIO SANTIAGO SAENZ POHL
Segundo miembro
Jurado de sustentación



Dr. MAXIMILIANO LOARTE RUBINA
Asesor de tesista

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios que siempre ilumina mi camino y me da fuerzas para seguir adelante.

A mi padre Jenaro, a mi querida madre Rosa y a mis hermanas Angela y Breni, por el constante apoyo incondicional que me brindan y por ser el motor para cada paso que doy en las diferentes etapas de mi vida.

A Emely, porque en tan poco tiempo me ha demostrado su inmenso amor, preocupación y apoyo, motivo por el cual seguiré luchando para superarme cada día más.

Y finalmente a mi recién nacida Luciana, que llego a iluminar mis días de incertidumbre y a enseñarme muchas cosas más de la vida.

Jenner Martin Flores Rodriguez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas esas personas que desinteresadamente me han apoyado en este trabajo y cuyos comentarios, sugerencias y perspectivas me han ayudado a visualizar mejor los problemas, desarrollos y conclusiones de este trabajo.

De manera especial quiero agradecer al ingeniero Rafael Figueroa Tauquino por su apoyo docente y profesional durante este trabajo, y al ingeniero Maximiliano Loarte Rubina por su aliento y asesoramiento durante la elaboración de la tesis.

Agradezco también a los responsables y al personal del Centro de Investigación Ambiental y Desarrollo, CIAD, por haberme proporcionarme los equipos de manera oportuna y desinteresada. Además, al personal del Laboratorio de Calidad Ambiental por su apoyo en el transporte de equipos, toma de muestras, mediciones y toma de datos.

Finalmente, a los responsables del Puesto de Salud de Pariahuanca los cuales me proporcionaron los reportes necesarios de manera desinteresada para la presente investigación y a los señores Efraín Sánchez y Luis Gómez por prestarme un espacio de sus hogares para realizar el muestreo de material particulado.

RESUMEN

El pueblo de Pariahuanca se encuentra localizado próximo a las operaciones de la cantera de roca caliza y planta de fabricación de óxido de calcio (cal) de la calera “San Gerónimo S.C.R.L.”. Por ende, la presente investigación pretende determinar la relación que existe entre las partículas suspendidas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) generadas por las actividades que realiza calera “San Gerónimo S.C.R.L.” y las infecciones respiratorias agudas (IRAs) que afectan a los individuos de la localidad de Pariahuanca, entre los meses de marzo a agosto del 2021. Se evaluó las particularidades físicas y demográficas del pueblo de Pariahuanca para determinar 2 estaciones de muestreo de calidad de aire, donde se cuantificó la concentración de partículas suspendidas y para determinar la cantidad de habitantes con infecciones respiratorias agudas (IRAs) se visitó el puesto de salud de Pariahuanca.

El tipo de investigación fue correlacional, cuantitativa y retrospectiva; con diseño no experimental de corte longitudinal; con muestreo no probabilístico por conveniencia. Del muestreo de partículas suspendidas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) en el punto P-01 se obtuvo valores ascendentes a medida que la época de lluvia iba terminando y la época seca iba comenzando, valores que al final del muestreo sobrepasan ligeramente los ECA para aire. Con respecto al muestreo de partículas suspendidas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) en el punto P-02 los valores fueron bajos y no presentaron un aumento significativo durante el tiempo de estudio. Los pacientes diagnosticados con IRAs en el puesto de salud en el mes de marzo del 2021 fueron 11, aumentando gradualmente hasta llegar a 36 pacientes el mes de agosto del 2021.

La prueba estadística aplicada para el test de hipótesis fue la correlación de Pearson para ambos puntos de muestreo, resultados que nos facilitó arribar a la conclusión que el partículas suspendidas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) generado por las actividades de la calera “San Gerónimo S.C.R.L.” representan un riesgo latente para la salud de los individuos del pueblo y que los accidentes geográficos junto a las variables meteorológicas hacen más vulnerable a la personas que viven en la parte baja de la localidad de Pariahuanca.

Palabras claves: Producción de cal, material particulado, IRAs.

ABSTRACT

The town of Pariahuanca is located close to the operations of the limestone quarry and calcium oxide (lime) manufacturing plant of the calera "San Gerónimo S.C.R.L.". For this reason, this research seeks to determine the relationship between particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) generated by the activities carried out by calera "San Gerónimo S.C.R.L." and acute respiratory infections (ARIs) that affect the population of the town of Pariahuanca, during the months of March to August 2021. The physical and demographic particularities of the town of Pariahuanca were evaluated to determine 2 air quality sampling stations, where the concentration of particulate matter was quantified and to determine the number of inhabitants with acute respiratory infections (ARIs), the Pariahuanca health station was visited.

The type of scientific investigation was correlational, quantitative and retrospective with a non-experimental design of longitudinal section, with a non-probabilistic sampling for convenience. From the sampling of particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) at point P-01, ascending values were obtained as the wet season ended and the dry season began, values that at the end of the sampling slightly exceed the ECA for air. Regarding the sampling of particulate material ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) at point P-02, the values were low and did not show a significant increase during the study period. The patients diagnosed with ARIs in the health station in the month of March 2021 were 11, gradually increasing until reaching 36 patients in the month of August 2021.

The test statistic applied to contrast the hypothesis was Pearson's correlation for both sampling points, results that allowed us to conclude that the particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) generated by the activities of the calera "San Gerónimo S.C.R.L." represent a potential risk to the health of the population and that the landform together with the meteorological variables make the population living in the lower part of the town of Pariahuanca more vulnerable.

Keywords: Lime production, particulate matter, acute respiratory infections.

ÍNDICE

	Página
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN REPOSITORIO	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE MAPAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. Hipótesis	3
1.2.1. Hipótesis general.....	3
1.2.2. Hipótesis específica	3
1.3. Variables.....	4
CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	7
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. Minería no metálica en el Perú.....	11
2.2.2. Producción de la minería no metálica	13
2.2.3. La roca caliza	16

2.2.4. La cal.....	18
2.2.5. Calidad de aire	22
2.2.6. Variables meteorológicas que condicionan el transporte y dispersión de los contaminantes del aire.....	26
2.2.7. Material Particulado (PM).....	28
2.2.8. Infecciones respiratorias agudas (IRAs).....	34
2.3. Marco legal	35
2.4. Definición de términos básicos	37
CAPITULO III.....	42
MARCO METODOLÓGICO	42
3.1. Tipo de investigación	42
3.1.1. Según su naturaleza, profundidad y/o alcance.....	42
3.1.2. Según su enfoque	42
3.1.3. Según el tiempo de ocurrencia de hechos investigados	42
3.2. Diseño de investigación	43
3.3. Procedimiento.....	43
3.3.1. Etapa de Pre – campo.....	43
3.3.2. Etapa de campo	44
3.3.3. Etapa de gabinete	44
3.4. Ámbito de estudio	44
3.5. Instrumentos y técnicas de recolección de datos.....	47
3.5.1. Instrumentos validados de recolección de datos.....	47
3.5.2. Técnicas de recolección de datos	47
3.6. Población y muestra	48
3.7. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información	52
3.7.1. Plan de procesamiento.....	52
3.7.2. Análisis de datos	52
3.7.3. Comprobación de hipótesis.....	53
CAPITULO IV.....	54
RESULTADOS.....	54
4.1. Actividades generadoras de emisiones de partículas de la calera San Gerónimo S.C.R.L.....	54

4.2. Concentración de partículas en suspensión $PM_{2,5}$ y PM_{10} en el pueblo de Pariahuanca.....	55
4.3. Variables Meteorológicas que influyen en el comportamiento de los contaminantes atmosféricos	57
4.4. Modelación del transporte y dispersión de las partículas en suspensión $PM_{2,5}$ y PM_{10} sobre el pueblo de Pariahuanca.....	72
4.5. Concentración de partículas en suspensión $PM_{2,5}$ y PM_{10} en cada punto de muestreo y las IRAs.....	85
CAPITULO V.....	87
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87
5.1. Identificación de las actividades generadoras de emisiones de partículas de la calera San Gerónimo S.C.R.L.....	87
5.2. Estimación de la calidad del aire en el pueblo de Pariahuanca respecto a las partículas suspendidas $PM_{2,5}$ y PM_{10}	88
5.3. Análisis de las variables meteorológicas que influyen en el comportamiento de los contaminantes atmosféricos.....	89
5.4. Análisis del modelado de transporte y dispersión de material particulado.	102
5.5. Correlación entre la concentración de partículas en suspensión $PM_{2,5}$ y PM_{10} en cada punto de muestreo y las IRAs	102
CAPITULO VI.....	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
5.6. Conclusiones	104
5.7. Recomendaciones	105
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	108
ANEXOS	
ANEXO 1: Reporte de correlación estadística	
ANEXO 2: Reportes de análisis de laboratorio	
ANEXO 3: Ficha de recolección de datos (IRAs)	

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Producción no metálica nacional	13
Figura 2. Etapas de producción en la minería no metálica.....	14
Figura 3. Diagrama de actividades para la obtención de cal viva y cal apagada y sus respectivos aspectos ambientales.	55



ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Estándares de la Calidad Ambiental para Aire.....	25
Tabla 2. Penetrabilidad de las partículas en el tracto respiratorio según tamaño.	33
Tabla 3. Ubicación de los puntos de muestreo	48
Tabla 4. Muestreo de Material Particulado	50
Tabla 5. Recopilación de información meteorológica.....	51
Tabla 6. Concentración de partículas PM _{2.5} en los 2 puntos de muestreo	56
Tabla 7. Concentración de partículas PM ₁₀ en los 2 puntos de muestreo.	57
Tabla 8. Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 29 de marzo del 2021.	58
Tabla 9. Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 25 de abril del 2021.....	59
Tabla 10. Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 21 de mayo del 2021.....	60
Tabla 11. Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 17 de junio del 2021.....	61
Tabla 12. Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 15 de julio del 2021.....	62
Tabla 13. Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 14 de agosto del 2021.....	63
Tabla 14. Valores promedios diarios de las variables meteorológicas durante los meses de marzo a agosto del 2021.....	64
Tabla 15. Número de pacientes con IRAs por mes y por estación	85

ÍNDICE DE MAPAS

	Página
Mapa 1. Mapa de ubicación del ámbito de estudio	46
Mapa 2. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo del ámbito de estudio ...	49
Mapa 3. Mapa de transporte y dispersión de PM _{2,5} , marzo 2021.....	73
Mapa 4. Mapa de transporte y dispersión de PM _{2,5} , abril 2021	74
Mapa 5. Mapa de transporte y dispersión de PM _{2,5} , mayo 2021	75
Mapa 6. Mapa de transporte y dispersión de PM _{2,5} , junio 2021	76
Mapa 7. Mapa de transporte y dispersión de PM _{2,5} , julio 2021	77
Mapa 8. Mapa de transporte y dispersión de PM _{2,5} , agosto 2021	78
Mapa 9. Mapa de transporte y dispersión de PM ₁₀ , marzo 2021	79
Mapa 10. Mapa de transporte y dispersión de PM ₁₀ , abril 2021	80
Mapa 11. Mapa de transporte y dispersión de PM ₁₀ , mayo 2021	81
Mapa 12. Mapa de transporte y dispersión de PM ₁₀ , junio 2021.....	82
Mapa 13. Mapa de transporte y dispersión de PM ₁₀ , julio 2021	83
Mapa 14. Mapa de transporte y dispersión de PM ₁₀ , agosto 2021	84
Mapa 15. Mapa de rosa de los vientos, marzo 2021.....	96
Mapa 16. Mapa de rosa de los vientos, abril 2021	97
Mapa 17. Mapa de rosa de los vientos, mayo 2021	98
Mapa 18. Mapa de rosa de los vientos, junio 2021	99
Mapa 19. Mapa de rosa de los vientos, julio 2021	100
Mapa 20. Mapa de rosa de los vientos, agosto 2021	101

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Concentración de partículas $PM_{2,5}$ en $\mu g/m^3$ muestreadas de marzo a agosto del 2021.....	56
Gráfico 2. Concentración de partículas PM_{10} en $\mu g/m^3$ muestreadas de marzo a agosto del 2021.....	57
Gráfico 3. Variación de temperatura promedio con el pasar de los meses	64
Gráfico 4. Variación de la humedad relativa promedio con el pasar de los meses.....	64
Gráfico 5. Variación de la presión atmosférica promedio con el pasar de los meses.....	65
Gráfico 6. Variación de la velocidad del viento promedio con el pasar de los meses.....	65
Gráfico 7. Variación de la precipitación promedio con el pasar de los meses.....	65
Gráfico 8. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 29 de marzo del 2021.....	66
Gráfico 9. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 25 de abril del 2021.....	66
Gráfico 10. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 21 de mayo del 2021.....	68
Gráfico 11. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 17 de junio del 2021.....	69
Gráfico 12. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 15 de julio del 2021.....	70
Gráfico 13. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 14 de agosto del 2021.....	71
Gráfico 14. Variación del número de pacientes con respecto a los meses	85

Gráfico 15. Relación entre la concentración de partículas PM _{2,5} y PM ₁₀ en Punto P-01 y número de pacientes con IRAs.....	86
Gráfico 16. Relación entre la concentración de partículas PM _{2,5} y PM ₁₀ en Punto P-02 y número de pacientes con IRAs.....	86
Gráfico 17. Relación entre la Concentración de PM _{2,5} (µg/m ³) y Temperatura promedio (°C).....	90
Gráfico 18. Relación entre la Concentración de PM ₁₀ (µg/m ³) y Temperatura promedio (°C).....	90
Gráfico 19. Relación entre la Concentración de PM _{2,5} (µg/m ³) y Humedad Relativa promedio (%).....	91
Gráfico 20. Relación entre la Concentración de PM ₁₀ (µg/m ³) y Humedad Relativa promedio (%).....	91
Gráfico 21. Relación entre la Concentración de PM _{2,5} (µg/m ³) y Velocidad del Viento promedio (m/s).....	92
Gráfico 22. Relación entre la Concentración de PM ₁₀ (µg/m ³) y Velocidad del Viento promedio (m/s).....	92
Gráfico 23. Relación entre la Concentración de PM _{2,5} (µg/m ³) y Precipitación Pluvial promedio (mm).....	93
Gráfico 24. Relación entre la Concentración de PM ₁₀ (µg/m ³) y Precipitación Pluvial promedio (mm).....	93

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La calidad del aire es un elemento fundamental que afecta la vida, aunque, en muchas partes del mundo, se está siendo afectada por el aumento de la contaminación por partículas suspendidas, lo que ha provocado un conjunto de problemas nocivos para el ambiente y las personas; problema que ha sido exacerbado por la sobreexplotación de las materias primas en las últimas décadas, estas materias primas son la base del desarrollo industrial y tecnológico de nuestra sociedad. La sobreexposición de la población a partículas en suspensión es ubicua e involuntaria, por lo que se estima actualmente que es uno de los principales problemas de salud pública.

Las fuentes de contaminación primordiales del aire por partículas suspendidas en el Perú rural son: polvo y smog de las industrias de cal y piedra, actividades mineras artesanales y de pequeña escala, uso de fertilizantes y pesticidas químicos en actividades agrícolas, desertificación, quema de pastizales, polvo generado por conducción de vehículos en caminos sin pavimentar y polen de ciertas plantas (Grupo de Trabajo Multisectorial - Preparación del Ministerio del Ambiente, 2008).

El Pueblo de Pariahuanca se encuentra ubicado sobre yacimientos de roca calcárea, por tal motivo se ubica en las proximidades de la localidad la calera "San Gerónimo S.C.R.L.", que extrae del tajo a cielo abierto la roca caliza, para después darle la rentabilidad al mineral a través métodos de procesado tradicionales, como

son: chancado, calcinado, que tiene lugar en hornos con un volumen aproximado para procesar 8 toneladas por día, teniendo en sus instalaciones esta calera dos hornos, lo que le permite transformar el contenido mineral de 16 toneladas por día a óxido de calcio, finalmente para su comercialización se tritura. De las actividades de extracción y beneficio de la roca caliza se desprende gran proporción de partículas en suspensión que por acción predominante de las corrientes de aire son transportados hacia el pueblo de Pariahuanca y afectan la salud de los habitantes, que se manifiesta a través de enfermedades respiratorias de tipo infecciosa.

El impacto negativo del material particulado con respecto a la salud humana se describe desde la antigüedad. Uno de los primeros registros documentados de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud se registra hace 1800 años antes de nuestra época; durante el examen de una momia conocida como Loulan Betty encontrada en el desierto de Gobi, se descubrió que tenía los pulmones gravemente afectados. Los arqueólogos han atribuido su deceso a una posible enfermedad respiratoria provocada por la quema de leña y a pequeños granos de arena (Morales Hermosillo, 2017) .

En Perú, las investigaciones epidemiológicas que relacionan las enfermedades respiratorias con el medio rural son escasas e incipientes; esto combinado a la poca fiscalización de actividades extractivas en zonas rurales por parte de las autoridades, hace que el monitoreo de los contaminantes del aire sea importante porque brinda información sobre la concentración de contaminantes a las cuales las poblaciones circundantes están expuestas.

Ante este panorama se buscó dar a conocer la cantidad de partículas en suspensión generadas por la calera San Gerónimo S.C.R.L. sobre el pueblo de Pariahuanca; para determinar el grado de contaminación al que se encontraba expuesta la población, además se comparó dicha concentración con los datos de incidencia de infecciones respiratorias agudas para evaluar si existía relación entre ambas.

En la práctica, el contenido del trabajo de investigación se organiza como a continuación se menciona: Introducción, Marco teórico, Marco metodológico, Resultados, Discusión, Conclusiones y Recomendaciones.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar la relación que existe entre el material particulado generado por las operaciones de la calera “San Gerónimo S.C.R.L” y las infecciones respiratorias agudas (IRAs) de los habitantes del pueblo de Pariahuanca – Carhuaz, en los meses de marzo a agosto 2021.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación existente entre las partículas en suspensión generadas por las operaciones de la calera “San Gerónimo S.C.R.L” en época lluviosa y seca y las infecciones respiratorias agudas (IRAs) en la población de 5 a 65 años de edad en el pueblo de Pariahuanca.
- Identificar que actividades de la calera San Gerónimo S.C.R.L. son generadoras de emisiones de partículas.
- Estimar la calidad del aire en el pueblo de Pariahuanca en coherencia a los estándares de calidad ambiental (ECAs) para aire y los resultados de los muestreos realizados.
- Cuantificar, temporal y espacialmente, los parámetros meteorológicos que contribuyen en el comportamiento del material particulado en el mismo periodo de estudio.

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis general

Existe relación significativa entre las partículas suspendidas generado por la calera “San Gerónimo S.C.R.L” y las infecciones respiratorias agudas en los habitantes del pueblo de Pariahuanca, en el periodo de investigación.

1.2.2. Hipótesis específica

- Existe una relación significativa entre material particulado generado por la calera “San Gerónimo S.C.R.L” en época lluviosa

- y época seca y la cantidad de pacientes de entre 5 a 65 años de edad reportados con IRAs en el centro de salud de Pariahuanca.
- La mayoría de actividades en la calera San Gerónimo S.C.R.L están asociadas a la generación de gran cantidad de material particulado.
 - La contaminación atmosférica por partículas suspendidas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) en el pueblo de Pariahuanca se manifiesta en un nivel moderado, superando a los estándares de calidad ambiental para aire. Lo que revela que la condición del aire es mala y por tanto dañina para la salud.
 - La velocidad y dirección del viento son las responsables principalmente del transporte y dispersión del material particulado hacia el pueblo de Pariahuanca.

1.3. Variables

En el trabajo de investigación desarrollado se definieron como variable independiente el material particulado y como variable dependiente las infecciones respiratorias agudas.

La generación de partículas en suspensión ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) por parte de la calera influye en la aparición de enfermedades de clase respiratoria como las IRAs en la población de Pariahuanca, por lo tanto, el material particulado viene a ser el factor condicionante para que el número de pacientes con IRAs aumente o disminuya durante un lapso de tiempo determinado.

Por otro parte se considerará a los parámetros meteorológicos como variables intervinientes, ya que estos son los responsables del transporte y dispersión del material suspendido generado por la calera San Gerónimo S.C.R.L, llegando hasta la localidad de Pariahuanca y por lo tanto afectando la salud de los habitantes, generando así una serie de trastornos respiratorios como son las infecciones respiratorias agudas.

Operacionalización de variables

VARIABLE	Material particulado (Independiente)	Infecciones respiratorias agudas (Dependiente)
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	Es una mezcla compleja de una gran diversidad de pequeñas partículas sólidas, líquidas o sólidas y líquidas, tanto orgánicas como inorgánicas, naturales y antropogénicas, de distinta composición y que se encuentran suspendidas en el aire.	Son padecimientos infecciosos de las vías respiratorias que comienzan de manera imprevista y duran menos 15 días. En el mundo es la infección más común y se estima que es uno de los problemas de mayor preocupación de salud pública.
DEFINICIÓN OPERACIONAL	Muestreo de partículas en suspensión en el aire con equipos como el Partisol para PM _{2.5} y el Hi – Vol. para PM ₁₀ en 2 puntos de la localidad de Pariahuanca – Carhuaz.	Revisión y conteo de historias clínicas de pacientes diagnosticados con infección respiratoria aguda en el puesto de salud del pueblo de Pariahuanca – Carhuaz.
DIMENSIONES	Partículas suspendidas en el aire con diámetro menor a 2,5 micrones (PM _{2.5})	Infecciones de vías respiratorias superiores como laringitis, faringitis aguda, epiglotitis y rinitis.
	Partículas suspendidas en el aire con diámetro menor a 10 micrones (PM ₁₀)	Infecciones de las vías respiratorias inferiores como bronquiolitis y neumonía.
INDICADORES	Partículas suspendidas en el aire con tamaño menor a 10 y 2.5 micrones que es recolectado por un filtro que se encuentra dentro de los equipos.	Pacientes que son atendidos con sintomatología de infecciones respiratorias agudas (IRAs) en el puesto de salud.
TIPO DE VARIABLE	Numérica Continua	Numérica Discreta

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Amable et al. (2017) en su trabajo de investigación titulado *Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud* publicado en la Revista Médica Electrónica Scielo, que tuvo como objetivo identificar los principales contaminantes atmosféricos de origen natural y antropogénico que producen enfermedades, en lo que respecta a su metodología consiste de una investigación de enfoque cualitativo con un nivel descriptivo y diseño no experimental; teniendo como población y muestra una serie de publicaciones relacionadas con los impactos en la salud humana de la contaminación del aire en México y países vecinos. Con respecto a los datos recopilados, los últimos cálculos basados en la mejor información disponible muestran que considerando solo los niveles anuales de PM₁₀, PM_{2,5} y ozono, aún se registran más de 1000 muertes al año en la Ciudad de México por la contaminación atmosférica, además que gran cantidad de grandes y medianas ciudades no han desarrollado un plan para mejorar la calidad del aire. En base a evidencia recopilada y analizada de la literatura, los autores aseguran que la responsabilidad de proteger, tratar y promover la salud no es solo responsabilidad del personal de salud, sino también

de todos aquellos que de alguna manera afectan el medio ambiente, desde el entorno inmediato al trabajo y el hogar, así como en los dominios nacionales e internacionales, en consecuencia, todos tenemos la responsabilidad de cuidar y conservar un ambiente limpio y seguro para la supervivencia de las generaciones presentes y futuras. La población, la industria y el tráfico de automóviles se concentran en las ciudades, provocando un desequilibrio ecológico y afectando gravemente el saneamiento ambiental.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Robles (2020) publicó un artículo, donde da a conocer *La contaminación del aire por material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco, 2010 y 2016* ya que los habitantes de Cerro de Pasco se encuentran asentados cerca de tajos abiertos donde se ubicaba las actividades mineras, el propósito de la investigación fue determinar vinculación existente entre materiales particulados (PM_{10}) por las operaciones de las minas a cielos abiertos “Raúl Rojas” y la enfermedad respiratoria aguda (IRAs) que afecta a las personas de la ciudad de Cerro de Pasco en el transcurso de 2 años. Se midió la concentración de materiales particulados en 4 estaciones de monitoreos de las calidades de aires y la visita a hospitales en la temporada de sequías. La investigación fue de tipo exploratoria y explicativa, con diseños no experimental, con tamaño muestral de 10029, y muestreos no probabilísticos discrecionales, los estadísticos de pruebas utilizados para comparar hipótesis es la t de Student, obteniendo una estimación de $p=0.041 < 0.05$ en el año 2010, estimación de $p=0,00 < 0,05$ para 2016 con niveles de confianzas de 95%. Este resultado lleva a concluir que hay relaciones significativas entre los materiales particulados PM_{10} de tajos abiertos de las unidades mineras Cerro de Pasco y la infecciones respiratorias agudas que alteraron la salud de las personas de la ciudad de Cerro de Pasco en 2010 y 2016.

Paredes y Surco (2020) en su artículo de investigación denominada *Relación entre las enfermedades respiratorias y la concentración de material particulado PM10 en Arequipa 2019* tuvo como finalidad la detreminación de las concentraciones de particulas suspendidas en el aire (PM₁₀) y las enfermedades respiratorias como enfermedad pulmonar obstructiva crónica, bronquitis y asma, tomando 5 estaciones de monitoreo (Filtros, Paucarpatas, Uchumayo, Socabaya y Cono Norte) todas en la provincia de Arequipa durante el año 2019. En relación a la información utilizada, esta fue proporcionada por la Dirección ejecutiva de salud ambiental, encargadas de monitoreos de calidad de aire en Arequipa, de la misma forma que en 2019 se hizo el registro de enfermedades respiratorias. La investigación fue de tipo correlacional y su finalidad fue determinar vinculación entre PM₁₀ y grupos de enfermedad respiratoria seleccionada. Se cuantificaron en funciones de números totales de persona con enfermedades respiratorias y la cantidad anual de particulas en suspensión en 5 estaciones de monitoreos en Arequipa. Para determinar si hay vinculación, se usó la correlación de Pearson y gráficos de dispersiones, y se usó el paquete estadístico como Microsoft Excel y Statgraphics para verificar el resultado. Finalmente, hubo correlaciones positivas entre el grupo de enfermedad y la concentración de PM₁₀ en la provincia de Arequipa del 2019.

Martínez (2018), en su estudio sobre el *Impacto ambiental producido por la calera "J&S Hermanos" en la calidad del aire y la salud de las personas en el distrito de Baños del Inca, Cajamarca*, presenta como objetivo general calcular el efecto de la producción de cal sobre la población y ambiente. En cuanto a la metodología se adopta el método hipotético deductivo y el método de inducción, así mismo fue de tipo aplicada de enfoque mixto, estudio de tipo descriptivo explicativo, de diseño no experimental y transversal; la población objetiva de la tesis estuvo conformada por familias del caserío La Victoria en la centro residencial Otuzco, conformado por 130 familias, de las cuales 70 fueron consideradas como muestras, también para la

cuantificación de partículas suspendidas se observó niveles elevados debido a la ubicación de los puntos de muestreo, ya que estuvieron cerca de la afluencia de vehículos que transportaban cal, además, por la gran cantidad de partículas de polvo, en cada uno de los puntos, se instalaron placas receptoras alrededor de casas que se encuentran cerca a la calera, ya que están más expuestos a partículas suspendidas y corren el riesgo de contraer enfermedades respiratorias por partículas sólidas (polvo). Con base en los datos recolectados, se concluyó que el impacto ambiental fue negativo para la calidad del aire, debido a que el 53% de las estaciones monitoreadas excedieron el límite máximo permisible, determinando una correlación de Spearman muy significativa entre la producción de cal viva y la salud de la población. Se encontró que la abundancia de partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} en el smog de polvo era del 36 % y el 45 %, respectivamente, y el 19 % de ellas tenía más de $10\mu m$. Finalmente, se caracterizaron las condiciones meteorológicas desde mayo de 2016 hasta septiembre de 2016. La mayor temperatura en el área de estudio fue de $17,8\text{ }^{\circ}C$ y la temperatura mínima de $8,8\text{ }^{\circ}C$, fue una temporada sin lluvias y la velocidad del viento fue de $0,7\text{ m/s}$ SE, lo que aumentó el riesgo de enfermedades en las familias de los alrededores.

Pérez y Ríos (2005) en su artículo de investigación *Evaluación de material particulado y su impacto en la salud de la población de la ciudad de Moyobamba - San Martín 2003 – 2004*, en el cual el propósito fue evaluar el material suspendido para determinar sus efectos sobre la población de Moyobamba. Se monitoreó tanto los materiales particulados sedimentables como los suspendidos. La muestra de materiales particulados sedimentados se obtuvo colocando placa de Petri con papeles de filtros debidamente pesados en 8 estaciones de monitoreo escogidas por 30 días por mes, durante 7 meses, cabe resaltar que las cantidades de partículas en suspensión se cuantificaron haciendo uso de un equipo medidor de volumen de partículas, durante periodos de muestreos de 24 horas. Se utilizaron Matrices de Identificaciones y Evaluaciones de Impactos de Leopold para

determinar los impactos a la salud, al igual que pruebas de autoevaluaciones que miden el nivel de ansiedad de los mototaxistas ya que son los más perjudicados, todo esto obtenido por encuestas. Las cantidades medias de materiales particulados sólidos sedimentables obtenidos fueron de 7.059 Tn/Km²/30 días, superando los límites máximos permisibles de 5 Tn/Km²/30 días estipulados por la OMS, y los caudales medios de materiales particulados en suspensiones obtenidos fue de 0,23 mg/m³/24 horas, no superó los límites máximos permisibles de 0,260 mg/m³/24 horas estipulados por OPS. Según al resultado obtenido, de Moyobamba presentan contaminaciones por material particulado que repercuten negativamente en la salud, porque la medida propuesta en los planes de manejos ambientales, como las pavimentaciones de vías y las propuestas de ruta alternativa, permitirá disminuir los impactos en la salud.

Panduro (2020) en el trabajo de investigación titulado *Efectos de la contaminación atmosférica por PM₁₀ y su relación con los efectos en la salud de la población del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018* busca comprender los efectos del material particulado PM₁₀ y su vínculo con la salud de los habitantes del distrito de Yarinacocha. Para ello optó por un diseño muestral descriptivo explicativo, esta elección resultó en la recolección de datos en un solo momento para todos los indicadores y variables propuestas en la hipótesis. Usando estos hallazgos, Panduro hizo una relación entre en partículas suspendidas PM₁₀ del aire y el incremento de las enfermedades de la población de Yarinacocha, encontrando una concentración elevada en la Av. Yarinacocha, Av. Dos de Mayo, Av. La Marina y Av. Arborización. En el distrito de Yarinacocha se observan niveles excesivos de partículas en suspensión, también conocido como PM₁₀, lo que se ve evidenciado en una alta tasa de enfermedades respiratorias en el distrito de Yarinacocha. Cabe resaltar que en la investigación se encontró la relación entre el cromo y la bronquitis aguda y crónica, el molibdeno con asma y con bronquitis crónica, el

arsénico con infección aguda de vías respiratorias inferiores, el plomo con enfermedades de la tráquea y de los bronquios, el litio con bronquiolitis, el arsénico con infección aguda de las vías respiratorias. Por lo tanto, se obtuvo que la composición química de las partículas en suspensión en este lugar está compuesta por cadmio, hierro, cromo, manganeso, arsénico, cobalto, molibdeno, litio, hierro, mercurio, manganeso, antimonio, selenio, níquel y plomo, superando los Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

Cabrera (2019) en su tesis denominada *Material particulado 2.5 micrómetros (μm) y la morbilidad respiratoria en los habitantes de Santa Luzmila en el distrito de Comas* trato de establecer la relación entre partículas en suspensión ($\text{PM}_{2,5}$) y las infecciones respiratorias como: faringitis aguda, nasofaringitis aguda, rinitis aguda, amigdalitis aguda, bronquitis aguda y asma, en la ciudad de Santa Luz Mira, Distrito de Comas-Lima, estudio realizado del año 2012 al 2017. Utilizando un diseño de tipo no experimental y corte longitudinal, con información dada por el Centro de Salud Santa Luzmila y la Dirección General de Saneamiento Ambiental e Inocuidad de los Alimentos DIGESA. Se concluyó que las partículas con un tamaño de 2,5 micras o menos se asociaron con una enfermedad respiratoria, teniendo a la amigdalitis aguda, con un grado de correlación de $r = 0,265$, que mostro un patrón estadístico significativo. Todas las otras pruebas de hipótesis para las 6 enfermedades respiratorias restantes fueron insignificantes. Las partículas en suspensión $\text{PM}_{2,5}$, que es el principal perturbador de la buena calidad del aire en la urbanización de Santa Luzmila, distrito de Comas, puede ser considerado como uno de los causantes de amigdalitis aguda, pudiendo estar asociados con otras enfermedades respiratorias. No es la razón principal, pero es al menos una de ellas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Minería no metálica en el Perú

En el país la actividad minera no metálica propulso el crecimiento económico generando 55,6 millones de toneladas de mineral no

metálico, consiguendo un crecimiento del 0,6 % en relación al año 2014 y beneficiando principalmente a los pueblos ubicados a más de 3000 m. s. n. m. Es de consideración destacar que la extracción se da principalmente en: Lima Junín, Arequipa y Cajamarca (Rumbo Minero, 2015).

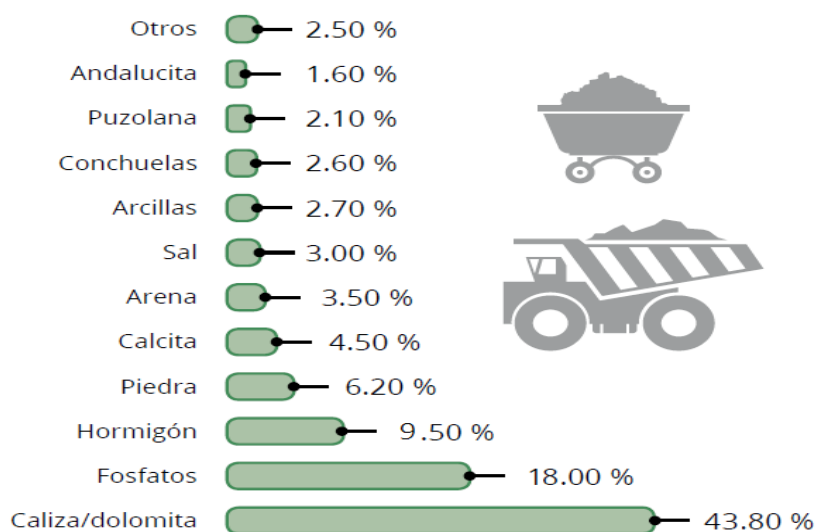
El Perú produce alrededor de 34 variedades de minerales no metálicos, como son: caliza, mármol, yeso, cuarzo, fosfato, arcilla, etc. Entre los principales minerales no metálicos que se extrae tenemos a la dolomita y la caliza, lo que representa el 43,8 % del total, con 24.4 millones de toneladas. También, suministran de insumos nacionales a otros sectores, proporcionándoles un valor adicional, tales como la industria agrícola, avícola, textil, de alimentos, bebidas, química, farmacéutica, mineras, petroleras y muchas más. Cabe resaltar que la abundancia altoandina del Perú en minerales no metálicos es vasta, pero están subutilizados debido a la ausencia de un marco legal especial para desbloquear la inversión (Rumbo Minero, 2015).

Según la Asociación de Exportadores (ADEX) la minería no metálica representó el 1.34 % del producto bruto interno en el 2014, proporcionando alrededor de 3,404 millones de soles en ganancia al país, asimismo de generar trabajo para más de 48 mil de profesionales, técnicos, obreros, transportistas, entre otros. Es necesario subrayar que el efecto en el ambiente que genera la actividad minera no metálica en el Perú es mucho menor de la que genera la minería metálica, debido a que no se emplean insumos químicos para la extracción del mineral.

La mayor parte de productores de minerales no metálicos son empresas pequeñas que abastecen el mercado nacional, ya que hay un gran potencial debido a que el sector de la construcción necesita de insumo la caliza para sus productos. La caliza se utiliza principalmente para la fabricación de cemento (Osinergmin, 2015).

Figura 1

Producción no metálica nacional



Nota. Fuente Osinergmin (2015)

2.2.2. Producción de la minería no metálica

La exploración es la primera etapa de la producción y consiste en encontrar yacimientos no metálicos para aumentar la producción y las reservas. Aquí se determina la calidad, la cantidad y el beneficio económico de la extracción de los recursos descubiertos (Ministerio de Energía y Minas, 2016).

La extracción es la etapa de la minería no metálica que se realiza principalmente a tajo abierto, mediante la remoción de cobertura vegetal, piedra común o materiales inservibles de la zona, perforación y voladura. Una vez se encuentra la cantera, se extrae la materia prima y se trasladan a una zona para su almacenamiento. Una vez que se acumulan los minerales extraídos del yacimiento, se transportan mediante volquetes o cintas transportadoras a las plantas de transformación donde se inicia la etapa de beneficio (Ministerio de Energía y Minas, 2016). Es fundamental mencionar que la actividad minera no metálica requiere tan solo de la etapa de beneficio primario,

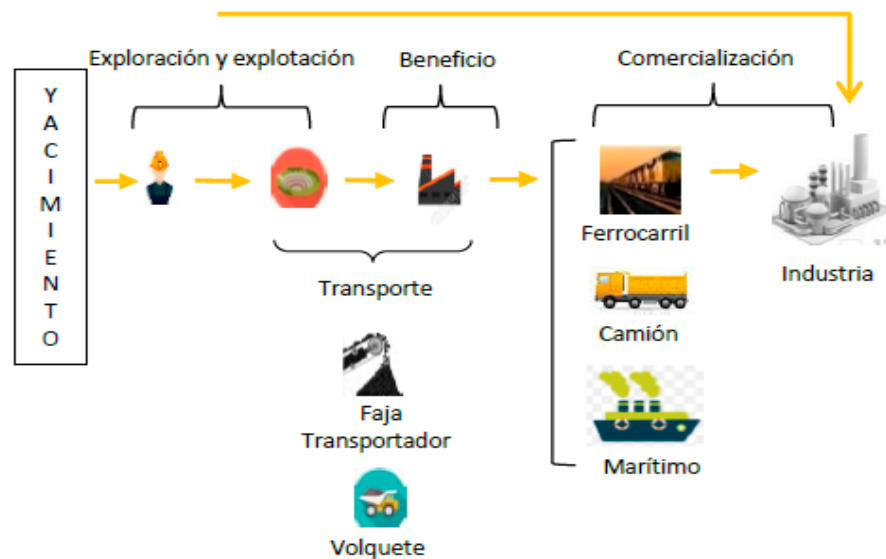
donde se lleva a cabo los procesos de chancado y secado; con respecto de la actividad minera metálica donde además se incluyen los

procesos de flotación o lixiviación. Es de suma importancia toda la variedad de minerales no metálicos puesto que los sirven para diferentes procesos industriales, como insumo para la fabricación del cemento por mencionar un caso. Sin embargo, hay minerales no metálicos tales como el granito, mármol y cuarzo que no necesitan pasar por ningún proceso en la etapa de utilidad (Ministerio de Energía y Minas, 2016).

Finalmente, el material generado por la actividad minera no metálica es transportado vía terrestre o marítima, desde la planta procesadora hacia los puntos de venta final para su uso en diferentes sectores industriales. El transporte final de minerales no metálicos desde la planta de procesado hasta la comercialización para las diferentes industrias es considerado la etapa más costosa, por estar en zonas alejadas y de gran altitud, donde las vías no están pavimentadas o asfaltadas; es por ello que las grandes industrias se localizan cerca de yacimientos de productos minerales no metálicos, ya que se ahorra mucho dinero a través de menores costos de transporte (Ministerio de Energía y Minas, 2016).

Figura 2

Etapas de producción en la minería no metálica



Nota. Fuente Osinergmin (2015)

Impacto ambiental generado por la minería no metálica

Los minerales no metálicos exceden largamente en volumen de producción a la de los minerales metálicos, sin embargo, su precio por unidad de volumen es mucho más bajo, por lo tanto, el efecto sobre el ambiente generado por la actividad minera no metálica es mayor, pero su fiscalización por parte de las autoridades es mucho menor debido las utilidades que genera. Generalmente, las actividades mineras no metálicas son a tajo abierto y tienen en el lugar aledaño del proyecto plantas de procesamiento para las minerales no metálicos extraídos, también están ubicadas en lugares próximos a sitios urbanos por la accesibilidad de insumos, materiales y vías de comunicación, lo que implica impactos a su entorno físico, ambiental y sociocultural (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2017).

Los medios afectados y los impactos ambientales potenciales en cada una de ellas se mencionan a continuación:

- Aire
 - Contaminación potencial por material particulado y emisiones gaseosas de maquinaria, equipo y actividades de trabajo de minería de minerales.
 - Contaminación potencial debido al ruido y la vibración de la maquinaria y las voladuras que estarán operando en el proyecto.
 - “Explosión de aire” producido por voladuras.
- Suelo
 - Pérdida del estrato fértil del suelo (erosión).
 - Contaminación potencial por eventuales derrames de hidrocarburos, (por ruptura de mangueras de abastecimiento o por goteo de la maquinaria).
 - Potencial contaminación por residuos sólidos.
 - Alteración eventual del uso de la tierra.
 - Alteración en la morfología del suelo.
 - Desgaste de las particularidades químicas y físicas del suelo.
 - Vibración del suelo.

- Hundimiento y compactación del suelo.
- Aguas superficiales
 - Perturbación de la red de drenaje pluvial de la zona.
 - Probable contaminación por contribución de partículas en suspensión al agua (turbiedad) o por derrame de hidrocarburos procedentes de la maquinaria, vehículos y equipos.
 - Potencial contaminación por residuos sólidos.
 - Contaminación potencial por la generación de aguas grises y negras generadas por los trabajadores.
- Aguas subterráneas
 - Alteración de la capacidad de recarga de infiltración debajo de la zona de extracción y operación.
 - Posible contaminación por derrames de hidrocarburos procedentes de la maquinaria, vehículos y equipo.
 - Contaminación potencial por las aguas grises y negras generadas por los usuarios.
- Fauna
 - Posible alteración a nichos de fauna de la zona por la eliminación de la cubierta vegetal.
 - Pérdida de biodiversidad.
- Flora
 - Eliminación o perturbación de las especies vegetales, como matorrales y árboles.
- Paisaje
 - Impacto visual por la eliminación o perturbación de la vegetación.
 - Impacto visual por la presencia de vehículos y maquinarias.
 - Impacto visual por la apertura de la mina a cielo abierto.

Fuente: (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2017)

2.2.3. La roca caliza

La caliza o piedra caliza es una roca de tipo sedimentaria que contiene por lo menos 50% de carbonato de calcio (CaCO_3) a manera

de calcita, su procedencia es bioquímico-orgánico principalmente, este se originó en un ambiente marino somero, que normalmente pudo ser formada por el depósito de conchas y caparazones de organismo marinos (Ramos Guillen, 2009).

Composición química

Con respecto a la constitución química de las piedras calizas, es de suma importancia la relación de calcio (calcita) y magnesio (dolomita) que se encuentre presente en la roca.

- Al respecto, cabe mencionar que la caliza teóricamente pura tiene una composición de más del 95% de calcita y probablemente del 4% de magnesio (dolomita).
- En tanto que, si la roca posee un contenido de calcita entre el 90% y un contenido de dolomita del 10%, se denomina caliza magnésiana.
- Si la calcita representa únicamente del 50% al 90% de la composición de la roca y la dolomita ya se encuentra entre el 10% y el 50%, entonces se llama caliza dolomítica.
- Por último, si la dolomita empieza a dominar la roca, más del 50% del volumen total, pasa a denominarse dolomita o roca dolomítica.

Fuente: (Guerrero Hernandez, 2001)

Características físicas

Calizas calcáreas y calizas dolomíticas tienden a tener una coloración blanca cuando son puras, de color gris negruzcas debido a las impurezas carbonáceas, los óxidos de hierro hacen que las calizas sean amarillas, rojas o marrones, los sulfuros como la piritita y siderita al oxidarse al estar expuestos a agentes atmosféricos las hacen tornarse de color rojizo. Las cales comerciales son de color blanco o gris claro (Guerrero Hernandez, 2001).

La resistencia es una propiedad importante de la piedra caliza, su resistencia a la compresión fluctúa entre 97,4 y 582,7 kg/cm²;

mientras que la resistencia a la tracción de la piedra caliza es difícil de determinar; fluctúa entre 0 y 26 kg/cm² (Guerrero Hernandez, 2001).

La caliza comercial de secado al aire libre tiene una densidad aparente de 1.92 kilogramos por decímetro cúbico. Cuando se expone a niveles normales de humedad, la densidad aparente total puede aumentar a 2,24 kilogramos por decímetro cúbico. Si la roca es más porosa (tiene bolsas de aire) o tiene una textura más fina, su densidad aparente puede aumentar aún más. Las calizas ricas en calcio tienen una densidad de entre 2,65 y 2,75 kilogramos por decímetro cúbico, mientras que la caliza dolomítica tiene una densidad en promedio de entre 2,85 y 2,95 kilogramos por decímetro cúbico (Guerrero Hernandez, 2001).

Principales derivados de la caliza

Por su gran valor comercial, los más importantes subproductos de la piedra caliza son: la cal, carbonato de calcio y es fundamental para la elaboración de cemento.

2.2.4. La cal

Es el resultado que se consigue de calcinar la roca caliza por debajo de la temperatura de descomposición (903 °C) del óxido de calcio. En ese primer estado se le nombra como cal viva (óxido de calcio) y cuando se hidrata vertiéndole agua, se le denomina cal apagada (hidróxido de calcio) (Acevedo & Guerra, 2005).

Las variedades comerciales que existen son:

- Cal Viva: Material que se consigue por medio de calcinación de la caliza, que se convierte en óxido de calcio mediante la liberación de dióxido de carbono (Sinaluisa Lozano, 2013).
- Cal apagada o hidratada: El hidróxido de calcio, un químico conocido comercialmente con el nombre de cal apagada, hidratada o muerta, que está formada por calcio metálico unido a dos grupos de hidróxidos. El óxido de calcio que cambia a hidróxido de calcio

cuando se combina con agua desprende gran cantidad de calor (Sinaluisa Lozano, 2013).

- Cal hidráulica: Es una cal resultado de la cocción de rocas calizas con composición de hidróxido de calcio, sílica (SiO_2) y alúmina (Al_2O_3). Tiene propiedades como el endurecimiento debajo del agua y por reacción con el dióxido de carbono del aire (Sinaluisa Lozano, 2013).

Usos y aplicaciones más comunes de la cal

La cal puede ser utilizada para diversos usos y en distintas aplicaciones, entre las que se hallan:

- Construcción: Es ampliamente utilizado como adhesivo para todo tipo de estuco, mampostería y subsuelos.
- Siderurgia: Agente de escoria en el proceso de fabricación de acero, además ayuda en los procesos de desulfuración para fabricar aceros de alta calidad y para mejorar la vida útil del revestimiento refractario.
- Minería: Se utiliza como inhibidor y alcalinizante en la flotación de minerales de plomo, cobre, zinc, y níquel, como regulador de pH en la extracción de oro y plata en la lixiviación por cianuración y como precipitado de magnesio en la extracción de litio.
- Productos químicos: Fabricación de conservantes de alimentos, obtención de calcio para diversos usos y para el desarrollo de fármacos.
- Azucareras: Control del pH durante el procesamiento y clarificación o excreción del jugo de caña de azúcar y remolacha.
- Agricultura: Como regulador de pH y aporte de nutrientes esenciales como Ca y Mg.
- Curtiembres: En el proceso de curtido del cuero, se utiliza cal para encerar y dorar la piel.
- Ambiente: Potabilización del agua, tratamiento de aguas residuales, tratamiento de suelos contaminados y depuración de gases tóxicos.

Fuente: (Cooperación Mycal, 2018)

Etapas de producción de la cal

Las distintas etapas que conforman la cadena de valor de la cal en la pequeña minería comienzan desde la exploración del yacimiento hasta la comercialización del producto obtenido, en cada etapa encontraremos diversas actividades, como se presenta a continuación:

Exploración: En esta fase se realiza la exploración general de una gran área para determinar las condiciones propicias para la existencia de un yacimiento mineral. Una vez que se detecta el depósito del mineral, se puede determinar con mayor precisión su forma, extensión y composición mineralógica que predomina (Acevedo & Guerra, 2005).

Extracción: Esta etapa consiste en extraer el mineral del macizo rocoso de la cantera. En esta etapa encontramos 6 actividades principales:

- Se quita la cobertura vegetal y suelo orgánico (descapote).
- Perforación de la roca madre con la ayuda de un barreno, cada agujero estará distanciado entre sí, generalmente entre 10 a 12 metros.
- La voladura hace que se fragmente la roca, se rellena cada agujero con material explosivo y se inserta un detonador de encendido eléctrico, el cual se acciona con control remoto, con una mínima diferencia de tiempo entre cada una detonación.
- Desquinche manual de la roca madre fracturada, que comprende la remoción de rocas de tamaño mediano con herramientas como picos y barretas.
- Carguío de la caliza en camiones de gran tonelaje mediante cargadores frontales o palas.
- Transporte de la roca caliza al área de chancado y el material estéril a botaderos.

Fuente: (Acevedo & Guerra, 2005)

Chancado y zarandeado: En esta etapa la roca caliza se fragmenta manualmente con ayuda de combas, para obtener trozos de tamaño pequeño, luego pasan por zarandas para clasificarlas según el tamaño deseado que normalmente son de 3" a 4" de diámetro aproximadamente. Estos tamaños son necesarios para asegurar la calcinación de toda la materia prima (Dirección General de Desarrollo Minero de México, 2019).

La calcinación: Radica en la utilización de hornos, donde se somete la roca caliza a temperaturas entre 900 y 1000° Celsius, para su posterior descomposición (reacción térmica). Durante esta conversión se pierde aproximadamente la mitad de peso, por la descarbonatación o pérdida del dióxido de carbono (CO_2) en forma de gas hacia la atmosfera. La calcinación o quemado es una transformación que necesita mucha energía (mucho material combustible como carbón mineral o vegetal) para que la pérdida del dióxido de carbono pueda producirse y es en este paso cuando la roca caliza (CaCO_3) se convierte en cal viva (CaO) (Sinaluisa Lozano, 2013).

El horno de Cal es el lugar donde se da la calcinación de las rocas calizas o dolomitas, se lleva a cabo en estructuras herméticas y tiene una chimenea para la expulsión de gases. De forma industrial, se da en hornos rotativos u horizontales verticales; de forma artesanal puede ser en un horno tradicional, construido de hormigones refractarios o con piedra y barro, que, con la ayuda de carbón vegetal, mineral u otro material alcance altas temperaturas (Dirección General de Desarrollo Minero de México, 2019).

Enfriamiento: Esta etapa consiste en enfriar a temperatura ambiente la cal viva luego de que los hornos estén apagados; la cal viva se enfría en el propio horno para que la cal pueda ser manejada posteriormente (Dirección General de Desarrollo Minero de México, 2019).

Molienda: En esta etapa, la cal viva se introduce en el molinillo, que rompe los grumos de cal cocida a tamaños más pequeños y uniformes, dando como resultado una cal viva molida y triturada (Dirección General de Desarrollo Minero de México, 2019).

Hidratación: En esta etapa el óxido de calcio (CaO) conocida como cal viva obtenido en la calcinación de la caliza es transferida a una máquina donde se le añade agua al producto, la reacción libera calor (proceso exotérmico). El óxido de calcio (CaO) reacciona al instante y se convierte en hidróxido de calcio (Ca(OH)₂). A este acontecimiento se le denomina como apagado o hidratación de la cal viva (CaO). El resultado es un polvo fino de color blanco (Sinaluisa Lozano, 2013).

Envasado: Finalmente, se procede a envasar el producto, el mismo que se lleva a cabo con la ayuda de palas mecánicas. La cal viva o hidratada es empacada en fardos tipo “big bags” de una tonelada, luego de ser pesadas y cerradas, se almacenan hasta el momento de su comercialización (Dirección General de Desarrollo Minero de México, 2019).

2.2.5. Calidad de aire

La calidad del aire funciona como un marcador de existencia de contaminantes en el aire, considerando su impacto en la salud de los individuos y el ambiente, su importancia es evidente, cuando la calidad del aire es buena (pocos contaminantes), los seres humanos pueden respirarlo sin afectar su salud y cuando la calidad es mala, pueden presentarse diversos problemas respiratorios y/o cardíacos (Colman, 2020).

Los tres principales instrumentos para estimar la calidad del aire son:

- Monitoreo
- Modelos
- Inventario de emisiones

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2021)

El objetivo fundamental del monitoreo ambiental no es solamente compilar información, sino brindar a los investigadores una base científica relevante para poder formular políticas y estrategias basadas en objetivos, metas y medidas coercitivas establecidas con anterioridad. La toma de decisiones acertadas hará que se haga una buena gestión por consiguiente la mejora del ambiente. (Organización Mundial de la Salud, 2021).

Sin embargo, se debe reconocer que todo monitoreo puede tener sus restricciones, desde la perspectiva geográfica el monitoreo no puede cubrir todas las áreas que se demandan, y el no fijar una red adecuada de monitoreo, pueda que no refleje en los puntos elegidos el fenómeno que se quiere estudiar. Es imposible para cualquier programa de monitoreo, sin importar cuán bien establecido y diseñado este, cuantifique completamente los modelos espaciales y temporales de la contaminación del aire. En muchos casos, la medición por sí sola puede ser insuficiente o poco práctica para determinar completamente la afectación de la población de una determinada región o ciudad. Por lo tanto, el monitoreo con frecuencia debe usarse junto con otras prácticas de valoración objetiva, dentro de las cuales están: el modelado, las mediciones e inventarios de emisiones y el mapeo. Inmejorablemente, el monitoreo proporciona una representación incompleta pero útil de la calidad del aire de una zona determinada (Organización Mundial de la Salud, 2021).

De igual manera, confiar solamente en la representación de un modelado no sería lo correcto. Aunque estas herramientas pueden ser importantes para predecir, interpolar y optimizar medidas de vigilancia, la capacidad de usarlas de manera efectiva está sometida de la existencia de información de monitoreos auténticos debidamente verificados. Asimismo, es fundamental que los modelos utilizados sean propicios para las circunstancias climáticas y geográficas de la zona, también que este acorde con la información meteorológica y de emisiones disponibles. Diversos modelos precisan de la existencia de

información fidedigna de emisiones. Un registro de emisiones completo para una urbe puede necesitar emisiones de fuentes puntuales, fugitivas y móviles. En casos específicos, se debe examinar el transporte de los contaminantes a la zona de estudio. Los inventarios se suelen estimar utilizando factores de emisión aplicables a diferentes tipos de fuentes y se usaran conjuntamente con la estadística de la densidad de población, el tipo de combustible a usar, el kilometraje de los vehículos y el tipo de industria existente en la zona. Las mediciones de emisiones regularmente están disponibles solo para grandes fuentes puntuales industriales o tipos de vehículos representativos en condiciones de manejo estándar (Organización Mundial de la Salud, 2021).

En cuanto a la protección de la calidad del aire la Ley N.º 28611, 2017 se hace mención que las jurisdicciones públicas del estado, en practica de sus funciones y competencias, toman medidas preventivas, de supervisión - control ambiental y epidemiológico para garantizar la protección, la mejora y la restauración de la calidad del aire, según sea la circunstancia, se puede actuar de manera prioritaria, en los lugares en los cuales se supere el valor crítico por la presencia de contaminantes atmosféricos, es necesario adoptar planes contra alguna contingencia para prevenir o disminuir los riesgos a la salud y el ambiente.

Referente a los Estándares de Calidad Ambiental, el ente que actúa como autoridad competente es el Ministerio del Ambiente, es el encargado de establecer niveles para el aire como referencias obligatorias que aplica para todos aquellos parámetros que caracterizan las emisiones de los sectores de producción, extracción y de servicios, los mismo que expresan lo siguiente según el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM (2017).

Tabla 1

Estándares de la Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Período	Valor [µg/m ³]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Benceno (C₆H₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de azufre (SO₂)	24 horas	250	No exceder más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
	1 hora	200	No exceder más de 24 veces al año	
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)	Anual	100	Media aritmética anual	Quimioluminiscencia (Método automático)
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)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀)	24 horas	100	No exceder más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	No exceder más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O₃)	8 horas	100	Máxima media diaria No exceder más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM₁₀	Mensual	1,5	No exceder más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Nota. Fuente Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, 2017

2.2.6. Variables meteorológicas que condicionan el transporte y dispersión de los contaminantes del aire

El problema de la contaminación del atmosférica se puede representar como un sistema que consta de tres componentes básicos: fuentes de emisión, atmósfera y receptores. Las raíces de la contaminación atmosférica se localizan en la fuente de las emisiones. Los contaminantes son expulsados a la atmósfera que actúa como medio de transporte, dilución y mezcla, remoción, acumulación y transformación física y química. Finalmente, los receptores son los seres vivos que se ven afectados por los contaminantes (Mazzeo & Venegas, 2010).

Nos referimos al proceso por el cual los contaminantes son llevados de un lugar a otro y se esparcen en la atmósfera como "transporte y dispersión de contaminantes". Los contaminantes que son emitidos a la atmósfera son transportados en la dirección del viento dominante y dispersados por el desplazamiento del aire perpendicular al viento y por la turbulencia. La emisión de contaminantes atmosféricos y sus mecanismos de transporte y dispersión son generados en la capa pegada a la superficie del planeta, conocida como "capa límite atmosférica". El espesor de esta capa se extiende desde el suelo hasta 1 kilómetro de altura y está influenciado estrechamente por las características superficiales de la tierra (Mazzeo & Venegas, 2010).

Los factores determinantes en el transporte y la dispersión de contaminantes atmosféricos se componen de dos grupos: los meteorológicos y los físicos, en el primer grupo tenemos:

El viento: Es el desplazamiento de la corriente de aire respecto de la superficie terrestre, es generado por las desigualdades en la presión atmosférica y las masas de aire con distinta temperatura.

Se puede decir con certeza que el viento afecta en gran parte la cantidad de contaminantes en un lugar determinado. Cuando la velocidad del viento es alta, la cantidad de contaminante en el lugar de

emisión será baja. El viento puede disolver y desplazar rápidamente los contaminantes en las zonas adyacentes (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2010).

Estabilidad atmosférica: Es un movimiento vertical, que altera el transporte y dispersión de contaminantes que están en la atmósfera. Normalmente, el aire cercano a la superficie de la tierra se calienta durante el día debido a la absorción de energía solar. El aire más cálido y ligero de la superficie asciende y se mezcla con el aire más frío y pesado de la atmósfera superior. Este movimiento invariable de aire crea condiciones inestables y propaga el aire contaminado.

Cuando el aire más cálido está más arriba que el aire más frío, se produce un efecto de inversión que impide la mezcla vertical de la atmósfera. Este estado se denomina inversión térmica y normalmente persiste durante mucho tiempo. Ciertos contaminantes permanecen más cerca del suelo ya que se produce poco movimiento vertical, esto lleva a que los contaminantes cerca del suelo se aparezcan en mayor concentración (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2010).

La turbulencia: Es considerada como la variabilidad del desplazamiento de vientos y se distingue por el entrecruzamiento de las masas de aire. El movimiento en todas las direcciones (horizontal y vertical) del aire contribuye a la turbulencia. Los contaminantes se dispersan más cuanto más turbulento es el aire que los rodea. El proceso de turbulencia más importante es la dispersión de tipo torbellino, esta ocurre a pocos metros del nivel del suelo y aumenta altamente la dispersión de los contaminantes (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2010).

La precipitación: Es agua en forma de gas que se forma en la atmósfera y cae a la superficie terrestre en forma de agua líquida. Es beneficiosa ya que arrastra el material particulado del aire y ayuda a disminuir el material particulado que generan el transporte, la construcción y ciertos procesos industriales. (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2010).

Los factores físicos: Son principalmente obstáculos tales como los accidentes geográficos de una zona y los edificios de la ciudad que pueden llegar a modificar la dirección y velocidad del viento. Asimismo, el viento puede tener recorridos prioritarios en una llanura entre montañas o vías amplias dentro de grandes urbes. Cabe señalar que las zonas con vegetación actúan como barrera física ante los vientos, haciendo que se aminore o frene la velocidad del viento, provocando y ayudando a la deposición de los contaminantes atmosféricos. A esto se le suma que la vegetación absorbe CO₂ (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2010).

2.2.7. Material Particulado (PM)

En el ambiente se encuentra un gran número de contaminantes y sus consecuencias sobre el aire y la salud humana varían. Las partículas del aire destacan entre estos contaminantes, se les conoce también como: partículas en suspensión, aeropartículas, material particulado (del inglés *particulate matter*) y aerosoles, términos utilizados para describir una gran variedad de compuestos microscópicos suspendidos en el aire, entre los que tenemos humo, polvo, hollín, neblinas y demás. En zonas rurales, las partículas suspendidas de espesor grueso suelen ser las características del suelo de la zona y por lo tanto su composición es la del polvo y rocas superficiales en meteorización. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2011).

Las partículas se clasifican de varias maneras según diferentes criterios; las descripciones más comunes son las siguientes.

Partículas según su origen

Se considera la clasificación más fundamental de partículas ambientales y demás contaminantes atmosféricos; se diferencia partículas primarias de secundarias de acuerdo a la siguiente definición.

- Partículas primarias: se refiere al material particulado emitido directamente a la atmósfera desde varias fuentes (por ejemplo, humo negro del escape de automóviles y maquinarias, polvo de la calle, etc.).
- Partículas secundarias: son partículas formadas en la atmósfera debido a procesos químicos en presencia de sustancias gaseosas (llamadas precursores). Los gases precursores del material particulado incluyen principalmente óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoníaco (NH₃), que forman principalmente partículas de nitratos y sulfatos, también se forma partículas en suspensión de origen secundario y orgánicos de la oxidación fotoquímica de los compuestos orgánicos.

Fuente: (SEMARNAT, 2011)

Partículas según su tamaño

Por la gran variedad de formas que poseen las partículas ambientales, es imposible calificarlas con un único tamaño geométrico verdadero. Por consiguiente, se usa el diámetro aerodinámico como índice del tamaño de las partículas, este índice es equivalente al diámetro de las partículas esféricas. Usando esta definición también es posible determinar el transporte y dispersión en la atmósfera, además ayuda a seguir el desplazamiento dentro del sistema respiratorio de las partículas, ya que cuanto menor es su diámetro, mayor es su capacidad de introducirse en regiones más recónditas de las vías respiratorias, por lo que en base a esta propiedad también se ha revisado la clasificación del material particulado a lo largo del tiempo, en gran parte como resultado de los extensos hallazgos sobre las consecuencias de las partículas ambientales en la salud humana (SEMARNAT, 2011).

La mayor parte de las partículas suspendidas en la atmósfera tienen un diámetro aerodinámico de menos de 40 micrones o micrómetros y algunos estudios sobre las consecuencias del material

particulado sobre la salud humana se han centrado en las que pueden ser aspiradas por las vías respiratorias y han encontrado diámetros aerodinámicos de menos de 10 μm que tienen esta propiedad, estas partículas también se conocen como fracción inhalable o respirable. No obstante, hoy en día la gente está menos preocupada por las partículas gruesas y más por las partículas finas y ultrafinas que están incluidos dentro del PM_{10} . Las partículas gruesas consisten en partículas con un diámetro aerodinámico entre 2,5 y 10 μm ($\text{PM}_{2.5-10}$), las partículas finas consisten en partículas con un diámetro aerodinámico entre 2,5 y 1 μm ($\text{PM}_{1-2.5}$) y las partículas ultrafinas se definen como menos de 1 μm (PM_1) de diámetro aerodinámico (SEMARNAT, 2011).

Al igual que las partículas finas, las partículas gruesas pueden ser de origen primario, es decir, emitidas directamente por la fuente; no obstante, por lo general se estima que las partículas finas son principalmente de origen secundario, o sea, formadas en la atmósfera a través de procesos químicos (SEMARNAT, 2011).

Partículas según su tiempo de sedimentación

Las partículas por lo general se van a depositar sobre superficies, estas serán eliminadas de la atmósfera forma natural mediante diferentes procesos, uno de ellos la deposición seca (sedimentación), siendo el tamaño de las partículas, el que determina el tiempo de estancia de las partículas en la atmósfera. Las partículas con menos de 10 μm pueden estar minutos suspendidas en el aire, en tanto las partículas entre 10 y 5 μm se mantienen en el aire durante algunas horas, mientras que las partículas entre 5 y 1 μm logran estar de 2 a 4 días. Las que mayor tiempo de permanencia muestran son las partículas en un rango de tamaño 0.1-1 μm , su estancia en el aire puede variar desde días hasta semanas, y son removidas del aire fundamentalmente por la lluvia (deposición húmeda) (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2014).

Impacto del material particulado sobre la salud

La evidencia sobre las partículas suspendidas en el aire y su impacto sobre la salud humana depende de la concentración y el tiempo de exposición, por un lado, y de la predisposición de las personas comprometidas, por el otro. Los resultados son consistentes con los efectos negativos para la salud que revelan las exposiciones actuales por las que las poblaciones urbanas son sometidas. Aunque las partículas suspendidas con un diámetro de 10 micrones o menos pueden introducirse hondo en los pulmones, también hay partículas que son más nocivos para la salud humana, estas son las partículas con un diámetro de 2,5 micrones o menos, dado que pueden penetrar la barrera pulmonar e ingresar al aparato circulatorio, se dice que la exposición a largo plazo a estas partículas incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias y cáncer de pulmón (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Hay una fuerte relación entre la exposición a altas concentraciones de material particulado y el crecimiento de las enfermedades y muertes diarias y a largo plazo. Al contrario, cuando la concentración material particulado es menor, la tasa de mortalidad asociada también es menor, suponiendo que los demás factores permanezcan constantes. Esto permite a los entes reguladores predecir las mejoras en la salud de la población cuando se reduce la contaminación del aire por material particulado (Organización Mundial de la Salud, 2018).

La contaminación por partículas en suspensión del aire puede tener consecuencias sobre la salud aun en cantidades muy pequeñas; efectivamente, no se ha hallado ningún valor por debajo del cual no se produzcan daños a la salud, como enfermedades; en consecuencia, los límites de las directrices de la OMS indican la importancia de lograr la menor generación de material particulado posible (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Valores mínimos fijados en las Directrices:

- Partículas finas (PM_{2,5}):
 - 15 µg/m³ de media en 24 h
 - 5 µg/m³ de media anual
- Partículas gruesas (PM₁₀):
 - 45 µg/m³ de media en 24 h
 - 15 µg/m³ de media anual

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2021).

En general, los valores que se miden de material en suspensión menor a 10 micras se informan como concentraciones promedio diarias o anuales. Las evaluaciones rutinarias de la calidad del aire que se hace en campo con equipos automatizados estacionarios describen estas concentraciones de partículas en suspensión expresadas en microgramos por metro cubico de aire (µg/m³). Las concentraciones de partículas finas también se pueden informar si se tiene instrumentos y/o equipos de medición modernos y suficientemente sensibles (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Interacción del material particulado y las vías aéreas

Las partículas suspendidas en el aire afectan directamente a los órganos del sistema respiratorio, ya que son inhalados involuntariamente junto al aire y su ingreso se de a través de la nariz y dependiendo principalmente del tamaño de las partículas, pueden pasar de las fosas nasales a los alvéolos, alterando su función e incluso dificultando el normal intercambio gaseoso. Logrando generar molestias y dolores en el cuerpo, nos referimos a estas condiciones como enfermedades respiratorias (SEMARNAT, 2011).

Tabla 2

Penetrabilidad de las partículas en el tracto respiratorio según su tamaño

Tamaño de partícula (μm)	Región hasta donde puede ocurrir la penetración
>11	Capturadas en orificios nasales; no penetran en la parte baja del tracto respiratorio
7 - 11	Pasaje nasal
4.7 - 7	Región de la laringe
3.3 - 4.7	Tráquea y región primaria bronquial
2.1 - 3.3	Región bronquial secundaria
1.1 - 2.1	Región bronquial terminal
0.65 - 1.1	Bronquiolos
0.43 - 0.65	Alveolos

Nota. Fuente SEMARNAT (2011)

En los pulmones, las partículas en suspensión pueden interactuar con el fluido de los pulmones y el conjunto de células de las vías respiratorias. Las células epiteliales pulmonares y los macrófagos residentes son los principales objetivos de las partículas inhaladas. Las respuestas celulares iniciales antes mencionadas tras la exposición a material particulado son esenciales para dar inicio y desencadenar las respuestas inmunitarias innata y adaptativa. Estas respuestas pueden originarse de interacciones con la membrana plasmática y sus receptores o canales iónicos, o con elementos intracelulares que directa o indirectamente inducen respuestas que conducen a la activación transcripcional de genes proinflamatorios. La identificación de estos eventos moleculares iniciadores y su relación con la regulación de los genes proinflamatorios es elemental para comprender cómo el material particulado ejerce sus consecuencias nocivas. (Otero, Montero, Toubes, Valiño & Vereá, 2011).

La inhalación de material particulado del aire altera los mecanismos de defensa respiratorios. El revestimiento de moco y las células ciliadas son la primera línea de defensa y la más fundamental contra los contaminantes del aire que invaden las vías respiratorias,

pero pueden influir en la elaboración o estructura de moco y alterar el desempeño del epitelio ciliar. Asimismo, los contaminantes pueden dañar las células sensoriales que terminan en todo el epitelio de las vías respiratorias, afectando el músculo liso y causando hiperreactividad de las vías respiratorias, generando aumento de la producción de mucosidad, provocando tos y secreción. En el sistema respiratorio, los contaminantes atmosféricos afectan las líneas secundarias de defensa, como los macrófagos alveolares y capas celulares responsables del intercambio de gases (Goldizen, Sly, & Knibbs, 2016).

2.2.8. Infecciones respiratorias agudas (IRAs)

Es un espectro de infecciones respiratorias causadas por virus, bacterias y/o microorganismos parasitarios, exacerbadas por contaminantes ambientales, que duran menos de 15 días y se acompañan de uno o más síntomas o signos clínicos, tales como: Tos, secreción nasal, congestión nasal, dolor de garganta, respiración ruidosa, dolor de oído, dificultad respiratoria, disfonía, que puede ir acompañada o no de fiebre (Morales De León & Acosta, 2008).

Las infecciones respiratorias agudas (IRAs) son generadas esencialmente por virus, seguidos por bacterias, con variación estacional predominantemente en invierno. Las IRAs de origen viral y bacteriano son el principio más común de mortalidad y morbilidad en niños menores de 5 años, quienes presentan en promedio de tres a seis episodios de infecciones al año, otro grupo inmensamente vulnerable son las personas mayores de 65 años que presentan de dos a tres IRAs al año (Morales De León & Acosta O., 2008).

Las infecciones respiratorias agudas (IRAs) se clasifican en dos tipos:

- Infecciones de las vías respiratorias superiores: También llamada infección respiratoria alta, es un padecimiento originado por una infección aguda del tracto respiratorio superior, que comprende la

fosa nasal hasta las cuerdas vocales en la laringe, incluyendo los senos paranasales y el oído medio. Las infecciones de vías respiratorias superiores incluyen: rinitis (resfriado común), sinusitis, infecciones al oído, faringoamigdalitis, epiglotitis y laringitis principalmente.

- Infecciones de las vías respiratorias inferiores: También llamada infección respiratoria baja, donde el contaminante afecta o lesiona el tracto respiratorio inferior, que comprende desde la tráquea y los bronquios hasta los bronquiolos y los alvéolos. Las infecciones respiratorias inferiores más comunes incluyen: bronquiolitis y neumonía.

Fuente: (Muñoz Retana, 2016)

2.3. Marco legal

La Constitución Política del Perú indica que:

- El artículo 2°, inciso 22 declara el derecho de toda persona a gozar de un ambiente armónico y adecuado al desarrollo de su vida (Gobierno del Perú, 1993).
- El artículo 66°, los recursos naturales renovables y no renovables son propiedad del estado. El Estado es independiente en su aprovechamiento. Mediante la Ley Orgánica (Ley N.º 26821) para el Aprovechamiento Sostenido de los Recursos Naturales, se determina condiciones para su uso y entrega a particulares (Gobierno del Perú, 1993).
- El artículo 67° manifiesta que el Estado Peruano establece la política nacional del ambiente y fomenta el uso sostenible de los recursos naturales (Gobierno del Perú, 1993).

La Ley N.º 28611 – Ley General del Ambiente manifiesta:

- En su artículo I establece que todo ser humano tiene el derecho inalienable de vivir en un medio ambiente sano, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a la efectiva gestión y protección del ambiente, como también sus componentes (Ley N° 28611, 2017).

- El artículo 31, en el numeral 31.1, de la ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como medida para determinar los niveles o grados de concentración de sustancias, elementos o parámetros físicos, biológicos y químicos que estén presentes en el aire, el agua y el suelo como medios receptores y que no supongan un riesgo relevante para la salud humana o el ambiente (Ley N° 28611, 2017).
- El artículo 118, de la ley, establece que, para la protección de la calidad del aire, las autoridades públicas, en el ejercicio de sus funciones y atribuciones, adoptarán las medidas preventivas, de vigilancia y de control ambiental y epidemiológico que aseguren la protección, mejora y restauración de la calidad del aire.

La ley N° 27446 – Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, manifiesta:

- Su finalidad es identificar, prevenir, supervisar, controlar y corregir de manera efectiva los impactos ambientales nocivos de los proyectos de inversión de la actividad humana expresados en las políticas, planes y programas públicos mediante el establecimiento del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA (Ley N° 27446, 2009).

Asimismo, existe un cúmulo de estándares relacionados con la calidad del aire que deben tenerse en cuenta, entre los cuales tenemos:

- Mediante el Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM, 2017 se aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire; que son de referencia obligatorio para diseñar y aplicar los instrumentos de gestión ambiental que estarán a cargo de los titulares de actividades productivas, extractivas y de servicios. Teniendo por objetivo establecer los Estándares de Calidad Ambiental para aire y los lineamientos de estrategia para la realización gradual del control de emisiones.
- Mediante el Decreto Supremo N.° 001-2020-MINAM, 2020 se aprueban límites máximos permisibles para emisiones atmosféricas de plantas industriales de fabricación de cemento y/o cal.

2.4. Definición de términos básicos

- **Aire:** Es un fluido que compone la atmosfera terrestre, constituido por un conjunto de gases, de los que aproximadamente el 78 % es nitrógeno, 21 % es oxígeno, 1% es argón y el resto en proporciones cambiables que son gases inertes y vapor de agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2019).
- **Altura de mezcla:** Altura donde no sube más un contaminante y no se dispersa más en su movimiento vertical (IDEAM, 2019).
- **Autoridad Competente:** Organismo del Estado del nivel nacional, regional o local, que de acuerdo a sus facultades y conforme lo disponga su normativa específica, ejerce competencias en materia ambiental, recursos naturales, población, diversidad biológica, factores climáticos, salud humana, áreas naturales protegidas, evaluación y fiscalización ambiental (Ley N° 27446, 2009).
- **Barlovento:** Hace referencia al lugar del que proviene las corrientes de aire, es ahí de donde surge el viento (IDEAM, 2019).
- **Calidad del aire:** Es el índice que nos alerta de la presencia de contaminantes, cualquiera que sea la causa que la genere, tal que esta cantidad de contaminante atmosférico, no suponga molestia, riesgo o daño inmediato o posterior, para los seres humanos, animales y vegetación (IDEAM, 2019).
- **Clima:** Conjunto de las condiciones meteorológicas particulares de un lugar determinado en cierto periodo de tiempo (IDEAM, 2019).
- **Contaminación atmosférica:** Producto de las emisiones al aire, como polvo, gas, aerosoles, humo, vapor, olor o niebla, que en proporciones, características y duracion pueden ser perjudiciales para las personas, vegetación y animales (IDEAM, 2019).
- **Emisión atmosférica.** Es la descarga de materias o sustancias contaminantes a la atmósfera desde cualquier foco contaminador (Andrews, 2010).

- **Estándares de Calidad Ambiental (ECA):** Son instrumentos de gestión en los cuales se establece niveles de concentración máxima de contaminantes que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgos a la salud humana (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, 2017).
- **Estabilidad atmosférica:** Es una condición de igualdad. De manera que, cuando se produce una perturbación en el flujo de la atmosfera estable, esta vuelve al estado original y se le considera estable. El gradiente real de temperatura regula la estabilidad atmosférica del entorno (IDEAM, 2019).
- **Estación de muestreo:** Conjunto compuesto por equipos e instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos, además de equipos de medición meteorológica automática o manual, ubicados en sitios decisivos considerados en el diseño de la red (IDEAM, 2019).
- **Estudio de correlación:** Es un estudio estadístico que permite establecer si dos variables están relacionadas o no. Esto quiere decir que entiende y evalúa la relación estadística entre ellas, en pocas palabras examina si un aumento o disminución en una variable coincide con un aumento o disminución en la otra variable (Ramón, 2005).
- **Fuente fija de contaminación:** Es aquella fuente de emisión ubicada en un lugar específico e inmóvil. Se caracteriza por lanzar gases, vapores y material particulado principalmente, al aire por chimeneas, tuberías o ductos (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2016).
- **Fuente móvil de contaminación:** Son todas aquellas fuentes que son susceptibles de trasladarse, a estas se asocian las emisiones de gases en tubos de escape, desgaste de frenos y fricción de elementos como neumáticos con superficies, todo esto generado por distintos tipos de transporte motorizado, como automóviles, camiones, buses y motocicletas (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2016).
- **Fuente fugitiva de contaminación:** Son aquellas fuentes que surgen de la interacción de 2 o más cuerpos, tales como aquellas provenientes de la

fricción de vehículos con calles sin pavimentar, de la construcción y las demoliciones de viviendas y edificios, entre muchas otras (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2016).

- **Gradiente vertical de temperatura:** Tasa de disminución de la temperatura con el aumento de la altitud (IDEAM, 2019).
- **Grupo etario:** Clasificación por grupos de edad, está integrado por personas de la misma edad o de una edad similar (Asociación para la prevención de enfermedades, 2019).
- **Grupo vulnerable:** Grupos o individuos que, por su edad, género, nivel educativo, raza, circunstancia o condición física y/o mental, se encuentran en desventaja y requieren de un esfuerzo extra para incorporarse al desarrollo y la convivencia social (Asociación para la prevención de enfermedades, 2019).
- **Impacto ambiental:** Alteración positiva o negativa que produce una determinada acción humana en uno o más de los componentes del ambiente (Ley N° 27446, 2009).
- **Inmisión a la atmósfera:** Es la cantidad de contaminantes atmosféricos a nivel del suelo y que en un determinado periodo de tiempo que puede causar efectos nocivos a las personas, animales o vegetación (Andrews, 2010).
- **Inventario de emisiones:** Es un recuento de la cantidad de contaminantes liberados a la atmósfera y que a través de un conjunto de datos que se caracterizan y consolidan, determinan las emisiones de contaminantes atmosféricos que emanan de diversos tipos de fuentes, en un lugar y en un intervalo de tiempo determinados (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2017).
- **Medidor de material particulado por flujo:** Es un sistema electrónico que aspira un volumen determinado de aire a una tasa de flujo constante por medio de una entrada de tamaño selectivo y un filtro expuesto para recolectar partículas. (IDEAM, 2019).

- **Dispersión de contaminantes atmosféricos:** Es movimiento del aire perpendicular al viento y por la turbulencia, que hacen que el contaminante se extienda por una gran área geográfica (Andrews, 2010).
- **Modelo de transporte y dispersión de contaminantes:** Son aproximaciones numéricas que describen la dinámica atmosférica y proporcionan un vínculo fundamental entre las emisiones y los cambios en el aire del ambiente. Concretamente, es un instrumento diseñado para imitar los procesos físicos y químicos que influyen en los contaminantes a medida que se movilizan e interactúan en la atmósfera con otros contaminantes. Se basan en datos meteorológicos, topográficos, tasas de emisión de contaminantes en la fuente y características físicas de la fuente (IDEAM, 2019).
- **Monitoreo de la calidad del aire:** Grupo de metodologías diseñadas para realizar la toma de muestras, analizar y procesar continuamente la concentración de una sustancia, generalmente un contaminante, que se encuentra en la atmósfera en un lugar establecido y en un momento específico (IDEAM, 2019).
- **Morbilidad:** Es el indicador que nos sugiere la cantidad de individuos enfermos en una zona y en un periodo específico con relación al total de la población (Asociación para la prevención de enfermedades, 2019).
- **Mortalidad:** Es el indicador que nos sugiere la cantidad de muertes en una zona y en un período específico con relación al total de la población (Asociación para la prevención de enfermedades, 2019).
- **Muestreo atmosférico:** Es un proceso organizado de medición de la contaminación del aire por medio de la toma de muestras en una red de puntos, se da de forma discontinua (IDEAM, 2019).
- **Programa de vigilancia de calidad del aire:** Incluye la recopilación, análisis e interpretación de datos obtenidos de inventarios de emisiones, redes de monitoreo de calidad del aire, modelos y programas para estimar los impactos de la contaminación atmosférica en las comunidades (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2017).

- **Rosa de vientos:** Es una representación gráfica en forma de estrella, que señala los puntos cardinales norte, sur este y oeste, y sus puntos intermedios (IDEAM, 2019).
- **Sotavento:** Referido al lugar por donde se va el viento, es la zona a la cual se dirige (IDEAM, 2019).
- **Variables meteorológicas:** Son parámetros caracterizadores del estado del tiempo que son medibles y que a través de su comportamiento permiten conocer cuál es la condición que presenta la atmósfera en un momento y lugar dados (IDEAM, 2019).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Según su naturaleza, profundidad y/o alcance

Correlacional: La finalidad de este tipo de investigación es comprender el grado de relación o asociación que existe entre dos o más variables, categorías o conceptos en un contexto determinado.

3.1.2. Según su enfoque

Cuantitativa: Este tipo de investigación trata de ser lo más objetiva posible para evitar que influyan en la percepción del propio investigador, y así mismo, utiliza las matemáticas para el procesamiento de datos.

3.1.3. Según el tiempo de ocurrencia de hechos investigados

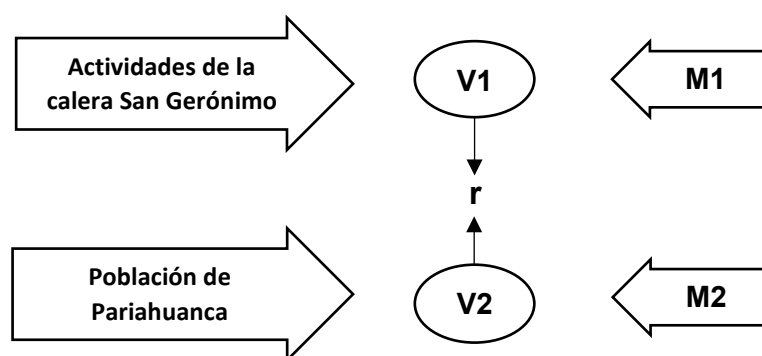
Retrospectivo: Estudio cuyos datos se consiguieron anteriormente a su planeación con fines independientes al trabajo de investigación que se pretende realizar. Por ejemplo: expedientes clínicos, actas de defunción, actas de nacimiento, etc.



3.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental de corte longitudinal; no experimental en el sentido de que los datos recolectados no serán manipulados intencionalmente, es decir, los datos o la información serán tratados de la misma forma que se obtuvo en la muestra seleccionada y así mismo, se dice que es longitudinal, porque la recolección de datos será en diferentes momentos (Arias, 2012).

A continuación, se describe en el diagrama los pasos a seguir:



Donde:

M1 = Muestra de $PM_{2.5}$ y PM_{10} recolectado por los equipos de muestreo

M2 = Muestra de la cantidad de pacientes reportados con IRAs en el centro de salud de Pariahuanca.

V1 = Material particulado (variable independiente)

V2 = Infecciones respiratorias agudas (variable dependiente)

r = Relación entre las variables material particulado e infecciones respiratorias agudas.

3.3. Procedimiento

3.3.1. Etapa de Pre – campo

Se procedió a hacer cotizaciones para el alquiler de equipo de monitoreo de material particulado y estación meteorológica del laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM, así como de la movilidad para trasladar los equipos. Además de la contratación de personal de apoyo para el montaje y manipulación de los equipos.

Para la recopilación de información de la calera San Gerónimo S.C.R.L se preparó previamente un cuestionario y para el acopio de información de la cantidad de pacientes con IRAs en el pueblo de Pariahuanca se elaboró una ficha de recolección de datos.

3.3.2. Etapa de campo

Previamente se hizo las coordinaciones para el préstamo de 2 azoteas donde se ubicarían la estación meteorológica y equipo de monitoreo de material particulado.

Con respecto al acopio de información de la calera San Gerónimo S.C.R.L se pidió el permiso correspondiente al encargado para hacer una visita guiada por sus instalaciones. Para la obtención de datos de personas con IRAs en la localidad de Pariahuanca, se procedió a hacer las coordinaciones con la encargada del Centro de Salud de Pariahuanca.

3.3.3. Etapa de gabinete

Una vez culminado los monitoreos de material particulado y meteorológico se obtuvieron los datos cuantitativos a través de reportes expedidos del laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM, para su posterior procesamiento.

De la visita a la calera San Gerónimo S.C.R.L se pudo obtener una visión de los procesos generadores de material particulado y, por último, se obtuvo la cantidad de personas que padecen IRAs a través de la revisión de historias clínicas del centro de salud.

3.4. Ámbito de estudio

La localidad o también llamado pueblo de Pariahuanca es la capital política del distrito de Pariahuanca, provincia de Carhuaz, departamento de Áncash, se encuentra a 18 Km al norte de la ciudad de Huaraz y tiene una altitud media de 2811 m s. n. m.; geográficamente está situada al margen derecho del río Santa, a las faldas de la Cordillera Blanca.

La población de la localidad de Pariahuanca tiene como principal ingreso económico la agricultura y ganadería. El pueblo cuenta con todos los servicios básicos, cuenta con veredas y pistas pavimentadas, su principal vía de acceso tiene un recubrimiento ligero de asfalto, al que se le llama camino vecinal y por donde solo está permitido el tránsito de vehículos ligeros. El pueblo de Pariahuanca cuenta con un solo puesto de salud, ubicado cuerdas arriba de la plaza principal.

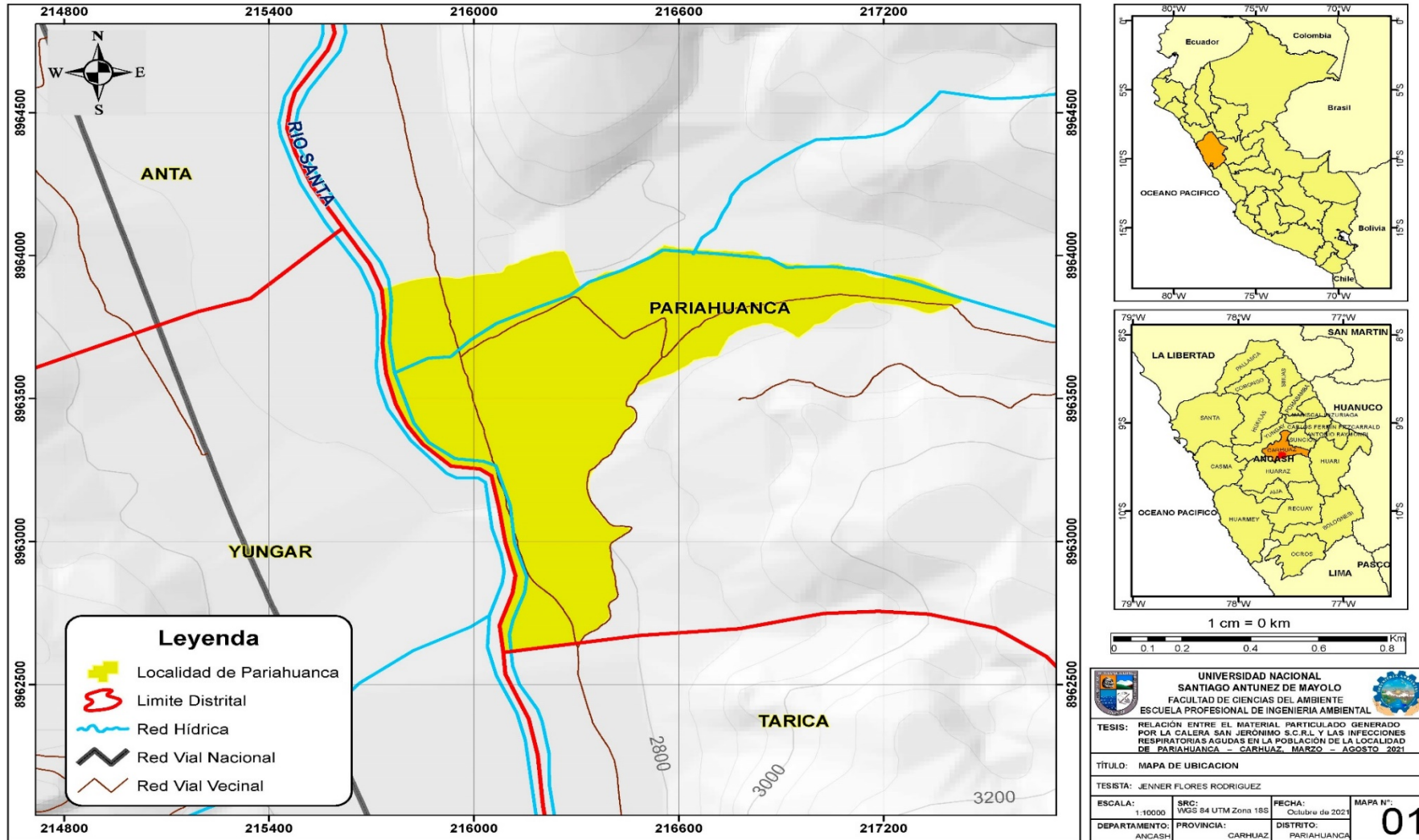
Del diagnóstico de fuentes de contaminación se tiene como principal fuente de polución a la calera San Gerónimo S.C.R.L que se encuentra a las afueras del pueblo, a una distancia de 900 metros al norte del pueblo de Pariahuanca. En las canteras (cerro a un costado de la carretera central) ocurre la etapa de extracción y en la fábrica de cal (entre la carretera central y un margen derecho del río Santa) se da la etapa de beneficio de la roca calcárea. Dichas etapas generan gran cantidad de material particulado.

La calera San Gerónimo S.C.R.L cuenta con 20 trabajadores en sus instalaciones, su producción media mensual fue de 1000 toneladas métricas en el año 2019 según cifras del Ministerio de Energía, Minería e Hidrocarburos. La actividad minera no metálica que ejecuta la calera en mención es clasificada como pequeña minería por sus características de producción y extensión, como lo señala la Ley N.º 27651, del 24 de enero del 2002, "Ley de Promoción y Formalización de la Pequeña Minería y Minería Artesanal".

La entidad encargada de la supervisión y fiscalización de actividades en el rubro de pequeño productor minero es la Dirección Regional de Energía, Minería e Hidrocarburos de cada gobierno regional. El IGAFOM es el "Instrumento de Gestión Ambiental para la Formalización" de actividades del pequeño productor minero y minero artesanal, y su aprobación es requisito necesario y elemental para desarrollar actividades extractivas y de transformación.

La importancia del IGAFOM radica en la identificación de los impactos negativos del pequeño productor minero sobre el ambiente para poder prevenir riesgos a futuro y demostrar un compromiso de buenas prácticas ambientales.

Mapa 1. Mapa de ubicación del ámbito de estudio



3.5. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

3.5.1. Instrumentos validados de recolección de datos

Para la recolección de datos de material particulado se ha contado con dos equipos:

- Para PM_{2.5} se utilizó un muestreador de bajo volumen Thermo Cientific Partisol 2000i Air Sampler, más conocido como “Partisol”.
- Para PM₁₀ se utilizó un muestreador de alto volumen Thermo Cientific VFC, más conocido como “Hi – Vol.”.

Cada recolección de datos en los 2 puntos de muestreo antes mencionados se realizó de manera simultánea, cada equipo recopiló datos por 24 horas, periodo requerido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, con una frecuencia de una vez por mes, es decir, un muestreo mensual, durante 6 meses en cada punto.

Para la recolección de información de las variables meteorológicas se ha contado con 1 equipo:

- Estación meteorológica móvil automática *Campbell Scientific*.

El equipo recolectó datos durante 24 horas, en simultáneo con la recolección de datos de material particulado.

3.5.2. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos de los pobladores que padecen de Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs), se recopiló la información de los pacientes que son atendidos en el puesto de salud de Pariahuanca, a través de una ficha de recolección de datos (Anexo 3) obtenida de la documentación de las historias clínicas de los pacientes diagnosticados con IRAs entre marzo y agosto del 2021.

Con respecto a la identificación de las actividades generadoras de material particulado en la calera San Gerónimo S.C.R.L se hizo uso de la observación del entorno y de sus instalaciones para recabar la información pertinente.

3.6. Población y muestra

La población de estudio estará conformada por el total de personas que habitan los 0.9 km² de superficie que abarca el pueblo de Pariahuanca, que son un total de 624 habitantes, distribuidos en 339 mujeres y 285 varones de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

La muestra para pacientes con infecciones respiratorias agudas (IRAs) se obtuvo de un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que el pueblo de Pariahuanca cuenta con pocos habitantes y tienen la misma probabilidad de caer enfermos, además de ser más accesibles, por tal motivo se consideró a todos los pacientes con padecimiento de infección respiratoria aguda (IRAs), que incluye las vías respiratorias superiores e inferiores, todas atendidas en el centro de salud de Pariahuanca durante los meses de marzo a agosto del 2021.

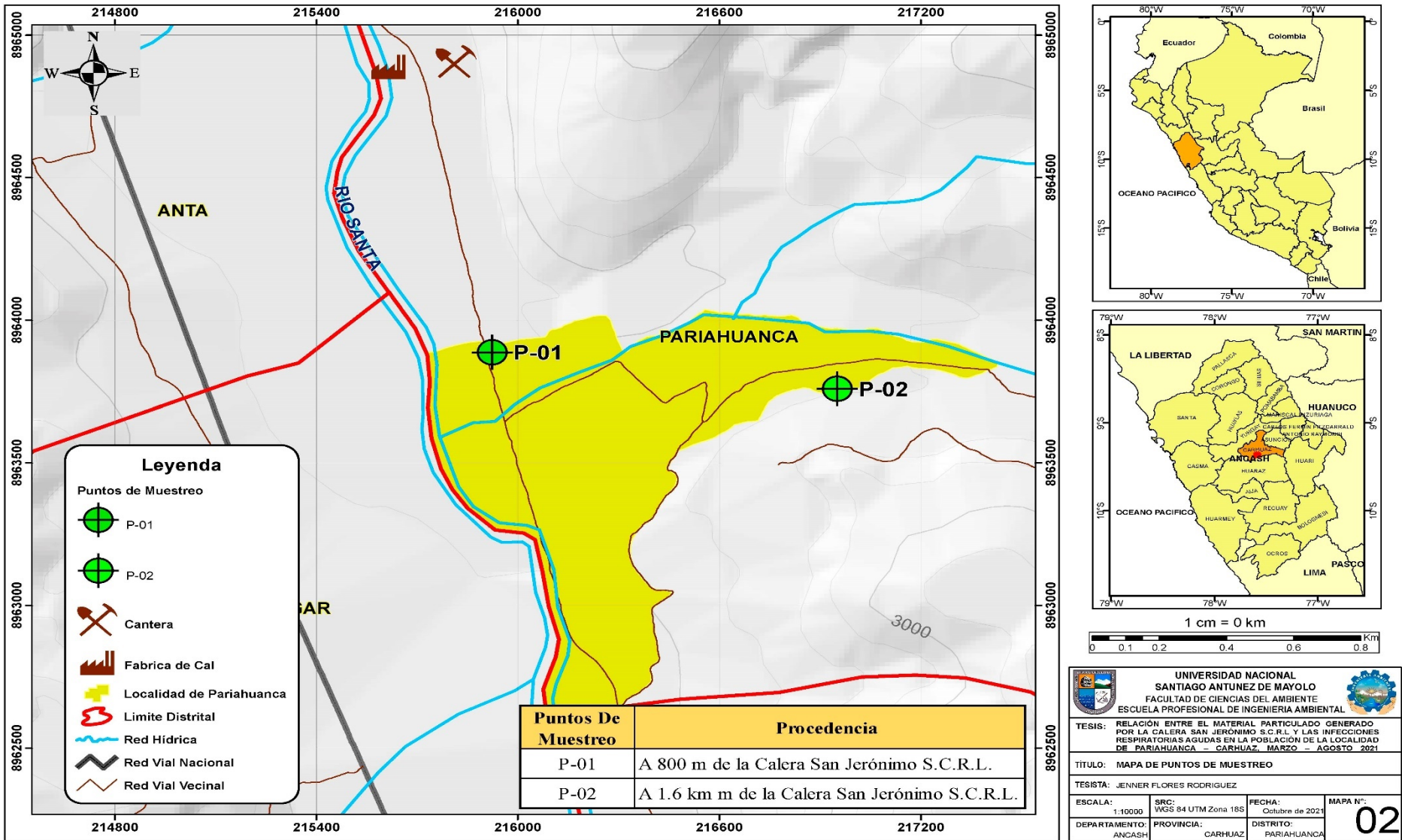
La muestra para partículas suspendidas (PM_{2,5} y PM₁₀) estuvo constituida por dos puntos de muestreo representativos (a barlovento y sotavento) ubicados dentro del pueblo de Pariahuanca, cada uno de ellos está separado del otro por un kilómetro de distancia. La ubicación específica de cada punto de muestreo fue en la azotea de 2 casas de 2 pisos cada una, donde no había un cerco perimétrico alrededor.

Tabla 3

Ubicación de los puntos de muestreo

N.º	Punto de Muestreo	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud
			Norte	Este	
1	P-01	900 m al sur de la calera San Gerónimo (Barlovento)	8963887	215923	2764 m s. n. m
2	P-02	1.6 Km al sureste de la calera San Gerónimo (Sotavento)	8963759	216951	2854 m s. n. m

Mapa 2. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo del ámbito de estudio



En cuanto a la variable independiente (material particulado)

Tipo de muestreo: Muestreo no probabilístico, por conveniencia.

Muestra: Se establecieron 2 puntos de muestreo, basados en criterio poblacional, del Decreto Supremo N.º 10-2019-MINAM (2019) “Protocolo Nacional de Monitoreo de la calidad ambiental del aire del MINAM – 2019”, donde la cantidad de puntos de muestreo de calidad de aire a implementar en un área de estudio, depende del número de personas que viven en un área denominada Zona de Atención Prioritaria (ZAP) donde se encuentran localizados centros rurales, en las cuales las fuentes fijas y fuentes móviles adquieren una importancia significativa por su nivel de aporte de contaminantes atmosféricos vinculados a probables consecuencias a la salud humana. El protocolo nos indica en uno de sus intervalos que si nuestro número de habitantes esta entre 250 y 749 debemos de tener como mínimo 2 puntos de muestreo. La población del pueblo de Pariahuanca es de 624 personas. Se realizó seis muestreos por cada punto: 3 en época seca y 3 en época lluviosa.

Además de temas netamente financieros (Recursos económicos limitados).

Tabla 4

Muestreo de Material Particulado

Material Particulado	Muestreo	Punto	Mes	Temporada
PM _{2,5} – PM ₁₀	1	P-01 y P-02	Marzo	Época Lluviosa
PM _{2,5} – PM ₁₀	2	P-01 y P-02	Abril	Época Lluviosa
PM _{2,5} – PM ₁₀	3	P-01 y P-02	Mayo	Época Lluviosa
PM _{2,5} – PM ₁₀	4	P-01 y P-02	Junio	Época Seca
PM _{2,5} – PM ₁₀	5	P-01 y P-02	Julio	Época Seca
PM _{2,5} – PM ₁₀	6	P-01 y P-02	Agosto	Época Seca

En cuanto a la variable interviniente (Variables meteorológicas)

El muestreo meteorológico es esencial e imprescindible en todo muestreo de la calidad del aire, debido a que los parámetros meteorológicos intervienen en el transporte y dispersión del contaminante.

Tipo de muestreo: No probabilístico por conveniencia.

Muestra: Se estableció un punto de muestreo, basados en el criterio de tamaño del área de estudio, del Decreto Supremo N.° 10-2019-MINAM (2019) “Protocolo Nacional de Monitoreo de la calidad ambiental del aire del MINAM – 2019”, donde la red de muestreo debe tener mínimamente una estación meteorológica por cada km² de área a estudiar. El tamaño del pueblo de Pariahuanca de 0.9 km². Se realizó seis muestreos: 3 en época seca y 3 en época de lluvia.

Además de temas netamente financieros (Recursos económicos limitados).

Tabla 5

Recopilación de información meteorológica

Variables meteorológicas	Muestreo	Punto	Mes	Temporada
Temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, precipitación, velocidad y dirección del viento.	1	P-01	marzo	Época lluviosa
	2	P-01	abril	Época lluviosa
	3	P-01	mayo	Época lluviosa
	4	P-01	junio	Época seca
	5	P-01	julio	Época seca
	6	P-01	agosto	Época seca

En cuanto a la variable dependiente (Infecciones respiratorias agudas)

Tipo de muestreo: No probabilístico por conveniencia.

Muestra: La población está conformada por la cantidad de atenciones médicas por infecciones respiratorias agudas (IRAs) atendidas en el centro de salud de Pariahuanca que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión.

Criterio de inclusión:

- Personas que residan en la localidad de Pariahuanca.
- Personas atendidas en el centro de salud de Pariahuanca durante los meses de marzo a agosto del 2021.

Criterio de exclusión:

- Personas menores de 05 años de edad.
- Personas mayores de 65 años de edad.

3.7. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información

3.7.1. Plan de procesamiento

En esta parte de la investigación se recolectaron los datos mediante la aplicación de las técnicas e instrumentos antes mencionadas sobre la muestra descrita, obteniéndose como resultados la cantidad de las partículas en suspensión ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y las medidas de parámetros meteorológicos establecidos con anterioridad. Acerca de la cantidad de pacientes con Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) se cuantificó el número total de pacientes por mes. Los resultados que se registraron fueron ingresados y procesados con el programa correspondiente, para luego ser analizados y tomar una decisión acertada con respecto a la relación de las variables del estudio.

3.7.2. Análisis de datos

Se hizo uso de herramientas como el ArcGis 10.4, WRPLot view., Microsoft Excel 2016 y el SPSS v.25 para poder elaborar los

diversos mapas, gráficos y tablas. Producto del análisis se entregarán los siguientes:

- Mapas: con el fin de brindar una ayuda visual sencilla al momento de explicar la información, las cuales permitirán representar las particularidades primordiales del estudio en mención.
- Gráficos de columna y lineales: para una mejor distinción de los resultados.
- Tablas: con la finalidad de que los datos obtenidos sean presentados en categorías.

3.7.3. Comprobación de hipótesis

Este proceso se desarrolló por medio del software SPSS en su versión 25, siendo el procedimiento sustentado en las evidencias proporcionada por la muestra y la teoría de la probabilidad, empleadas con el propósito de establecer si la hipótesis es una afirmación lógica que debe ser aceptada o rechazada.

Es importante destacar que se trabajará con un nivel de confianza del 95 % y se permitirá un margen de error del 5 %.

Para comparar las hipótesis, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson porque el estudio tenía como objetivo general evaluar la relación entre el las partículas suspendidas en el aire generadas en la fabricación de cal y la cantidad de personas con infecciones respiratorias agudas.

CAPITULO IV

RESULTADOS

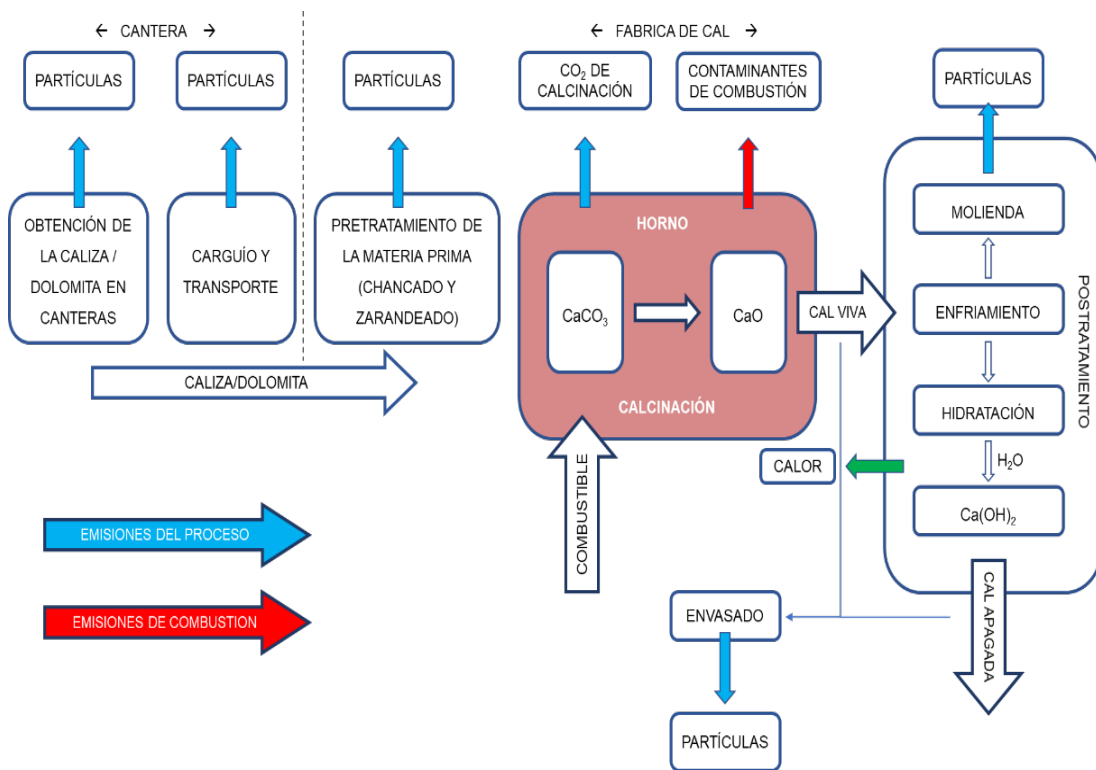
4.1. Actividades generadoras de emisiones de partículas de la calera San Gerónimo S.C.R.L.

La calera San Gerónimo S.C.R.L. produce cal viva y cal apagada, teniendo 2 etapas de producción principalmente: la extractiva que se ejecuta en la cantera y la de beneficio que se lleva a cabo en la fábrica, donde en cada una de ellas hay una serie de actividades que generan aspectos ambientales; a continuación, se identificó las actividades generadoras de partículas en la calera San Gerónimo S.C.R.L.:

- Remoción de la capa vegetal y suelo orgánico.
- Perforación de la roca madre.
- Voladura de la roca madre.
- Desquinche manual de la roca.
- Carguío y transporte de la caliza.
- Chancado y zarandeado de la caliza.
- Molienda de la cal.
- Envasado de cal viva y apagada.

Figura 3

Diagrama de actividades para la obtención de cal viva y cal apagada y sus respectivos aspectos ambientales.



4.2. Concentración de partículas en suspensión $\text{PM}_{2,5}$ y PM_{10} en el pueblo de Pariahuanca

Los resultados alcanzados por los muestreos a las partículas en suspensión $\text{PM}_{2,5}$ y PM_{10} en los dos puntos de muestreo, durante los meses de marzo a agosto del 2021, generados por el Laboratorio de Calidad Ambiental (Anexo 2) de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la UNASAM, se presentan a continuación:

Partículas $\text{PM}_{2,5}$

De los muestreos realizados por un periodo de 24 horas, entre los meses de marzo a agosto del 2021 (meses que contemplan las temporadas secas y lluviosas) se obtuvo la concentración de partículas en suspensión $\text{PM}_{2,5}$ en las 2 estaciones de muestreo, tal como se describen a continuación en la tabla 6 y gráfico 1.

Tabla 6

Concentración de partículas en suspensión $PM_{2.5}$ en los 2 puntos de muestreo

FECHA	Punto de Muestreo	
	P-01	P-02
	$PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
29/03/2021	23.96	8.22
25/04/2021	28.18	9.35
21/05/2021	32.25	9.16
17/06/2021	39.14	11.87
15/07/2021	46.81	10.42
14/08/2021	53.67	10.68

* ECA $PM_{2.5}$ = $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

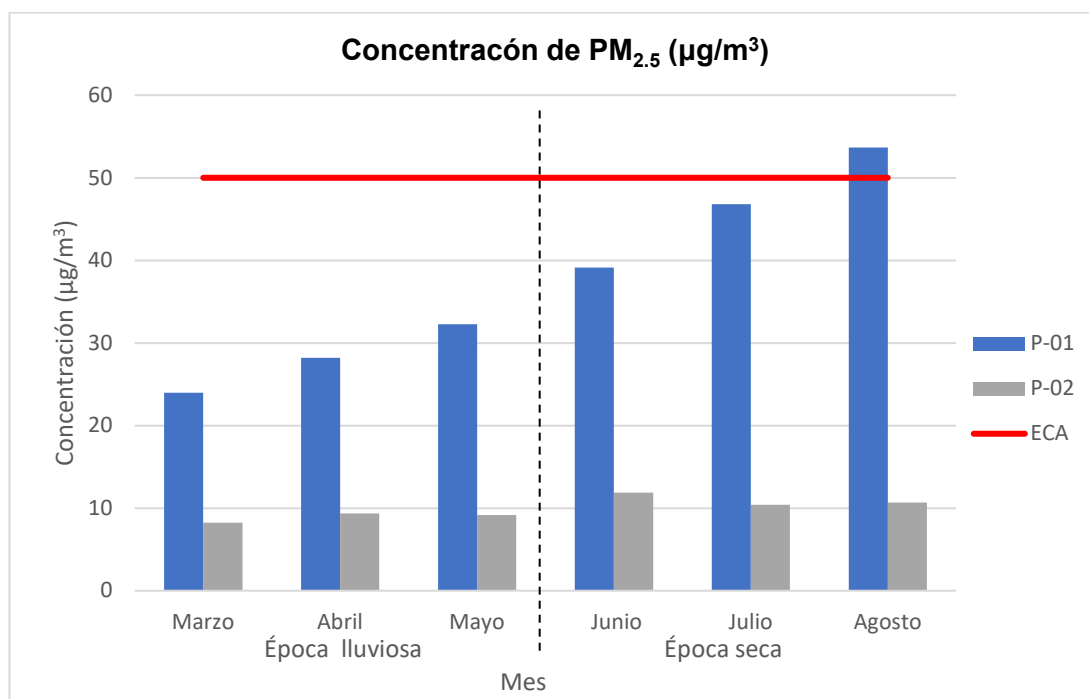


Gráfico 1. Concentración de partículas $PM_{2.5}$ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ muestreadas de marzo a agosto del 2021

Partículas PM_{10}

De los muestreos realizados por un periodo de 24 horas, entre los meses de marzo a agosto del 2021 (meses que contemplan las temporadas secas y lluviosas) se obtuvo la concentración de partículas en suspensión PM_{10} en las 2 estaciones de muestreo, tal como se describen a continuación en la tabla 7 y gráfico 2.

Tabla 7

Concentración de partículas PM_{10} en los 2 puntos de muestreo.

FECHA	Punto de Muestreo	
	P-01	P-02
	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
29/03/2021	51.63	17.69
25/04/2021	57.22	21.37
21/05/2021	61.43	18.85
17/06/2021	83.61	22.13
15/07/2021	95.74	24.42
14/08/2021	101.12	20.64

* ECA PM_{10} = 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

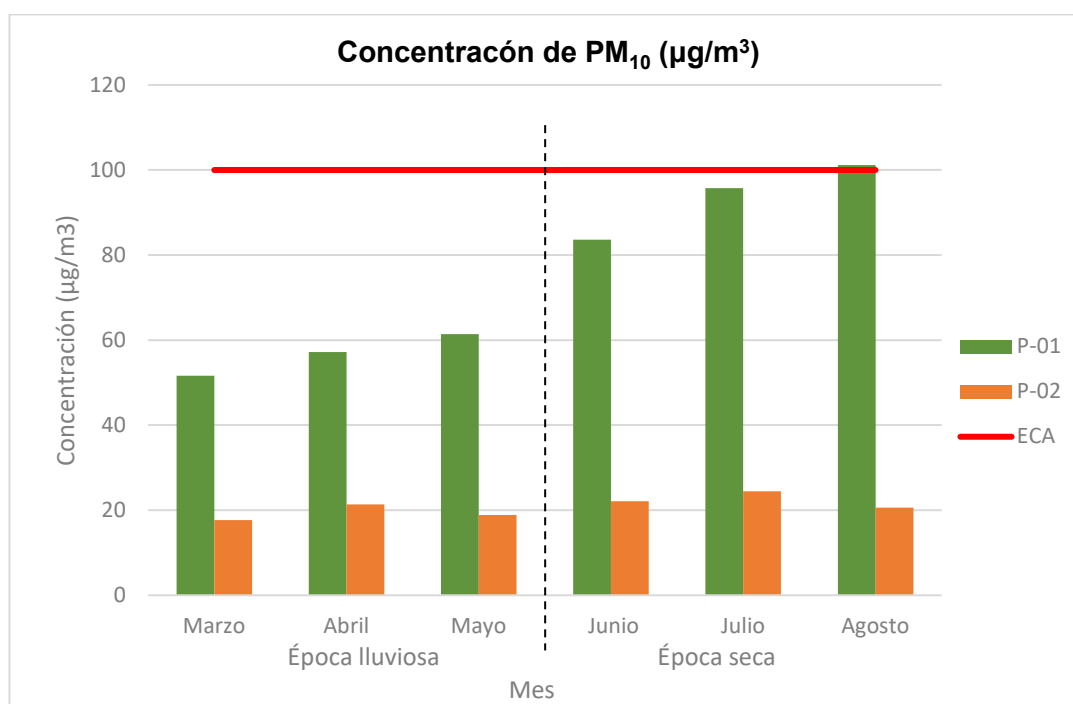


Gráfico 2. Concentración de partículas PM_{10} en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ muestreadas de marzo a agosto del 2021

4.3. Variables Meteorológicas que influyen en el comportamiento de los contaminantes atmosféricos

Entre los parámetros meteorológicas que condicionan el transporte y dispersión de los contaminantes del aire se tomaron mediciones durante los meses de marzo a agosto del 2021 de temperatura, humedad relativa, presión

atmosférica, precipitación, dirección y velocidad del viento. Estos datos se muestran en las tablas N° 8, 9, 10, 11, 12 y 13, además en la tabla N° 14 se obtuvo el consolidado de los valores promedios diarios de las variables meteorológica, todo esto como se muestra a continuación:

Tabla 8

Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 29 de marzo del 2021.

HORA	T (°C)	HR (%)	P (mmHg)	D (grados de burbuja)	V (m/s)	PP (mm)
00:00	8.3	76.57	534.68	277.85	0.60	0.00
01:00	8.6	73.48	535.05	282.89	0.69	0.00
02:00	7.7	77.64	536.18	307.20	0.57	0.00
03:00	6.8	82.20	536.70	284.73	0.57	0.00
04:00	6.6	82.88	537.60	275.76	0.59	0.00
05:00	5.7	84.04	539.10	308.83	0.62	0.00
06:00	6.2	86.27	538.65	299.95	0.55	0.00
07:00	6.3	85.20	538.43	300.30	0.57	0.00
08:00	7.6	94.45	538.13	310.46	0.50	0.00
09:00	10.9	81.46	538.13	281.47	0.69	0.00
10:00	15.0	65.80	537.98	313.65	0.71	0.00
11:00	18.8	50.29	537.68	291.00	0.87	0.00
12:00	20.7	45.77	537.08	278.20	0.76	0.00
13:00	23.1	40.30	536.55	283.00	0.81	0.00
14:00	23.2	38.46	536.10	271.00	0.92	0.00
15:00	16.0	69.91	537.15	307.94	0.84	2.96
16:00	15.8	66.31	536.70	291.27	0.77	2.75
17:00	15.1	59.80	536.70	297.10	0.87	1.94
18:00	14.4	47.29	535.88	288.50	1.12	1.74
19:00	13.1	51.40	534.90	265.40	0.93	2.13
20:00	11.7	58.40	534.68	309.20	0.64	1.81
21:00	9.9	67.16	533.63	319.70	0.60	0.00
22:00	8.9	71.05	532.58	305.34	0.56	0.00
23:00	8.6	73.82	533.25	276.70	0.57	0.00
Promedio	12.0	67.9	536.4	292.8	0.7	0.6

Tabla 9

Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 25 de abril del 2021.

HORA	T (°C)	HR (%)	P (mmHg)	D (grados de burbuja)	V (m/s)	PP (mm)
00:00	9.4	79.74	533.6	271.21	0.96	0.00
01:00	9.7	76.60	533.9	256.43	1.09	0.00
02:00	8.8	80.83	535.1	266.28	0.98	0.00
03:00	6.8	85.46	535.6	307.69	0.98	0.00
04:00	6.6	86.15	536.5	287.20	0.99	0.00
05:00	6.2	87.34	538.0	318.54	0.93	0.00
06:00	7.7	89.60	537.5	248.54	1.08	0.00
07:00	8.3	88.52	537.3	324.66	0.95	0.00
08:00	9.0	96.08	537.0	319.80	0.79	0.00
09:00	12.3	75.62	537.0	265.10	0.82	0.00
10:00	16.9	48.51	536.8	283.00	1.06	0.00
11:00	18.8	41.47	536.5	290.30	0.97	0.00
12:00	22.0	46.42	535.1	312.50	0.70	0.00
13:00	22.4	40.04	535.6	305.60	0.71	0.00
14:00	22.1	33.60	536.0	286.30	0.93	0.00
15:00	19.7	30.75	535.6	290.60	1.10	2.61
16:00	19.1	32.99	535.6	308.80	1.10	2.26
17:00	19.0	41.87	534.8	296.07	0.96	1.62
18:00	16.5	49.97	533.8	318.75	0.97	1.86
19:00	15.2	54.15	533.6	290.93	0.88	1.76
20:00	13.8	61.27	532.5	309.66	0.71	1.45
21:00	11.9	70.17	531.5	273.19	0.87	0.00
22:00	11.0	74.13	532.1	311.85	1.07	0.00
23:00	10.6	76.94	532.8	297.83	0.93	0.00
Promedio	13.5	64.5	535.1	293.4	0.9	0.5

Tabla 10

Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 21 de mayo del 2021.

HORA	T (°C)	HR (%)	P (mmHg)	D (grados de burbuja)	V (m/s)	PP (mm)
00:00	9.8	83.00	532.81	309.49	0.80	0.00
01:00	8.4	87.34	533.55	302.73	0.88	0.00
02:00	7.9	89.70	533.93	266.25	1.04	0.00
03:00	7.7	90.20	535.05	314.21	1.65	0.00
04:00	6.5	91.77	535.58	301.39	1.06	0.00
05:00	6.1	93.05	536.47	307.52	0.76	0.00
06:00	7.6	93.84	537.97	290.90	0.84	0.00
07:00	7.7	93.94	537.52	321.46	0.78	0.00
08:00	9.9	92.69	537.29	311.00	1.10	0.00
09:00	14.4	71.70	536.99	258.00	0.92	0.00
10:00	17.1	55.01	536.99	273.80	1.26	0.00
11:00	18.8	45.57	536.84	324.00	1.31	0.00
12:00	21.6	39.16	536.54	297.50	0.68	0.00
13:00	22.4	32.14	535.43	294.30	0.93	0.00
14:00	23.7	28.85	534.98	289.80	1.05	0.00
15:00	24.2	27.85	536.03	279.00	1.83	1.56
16:00	24.2	30.66	535.58	302.90	1.65	1.62
17:00	22.6	38.13	535.58	311.10	1.75	0.86
18:00	17.5	51.25	534.75	324.07	1.28	0.76
19:00	15.3	61.25	533.78	267.87	1.34	0.55
20:00	14.2	66.01	533.55	300.76	1.56	0.00
21:00	11.2	70.65	532.51	327.03	1.58	0.00
22:00	10.5	80.24	531.46	286.81	1.18	0.00
23:00	10.8	80.24	532.13	278.72	0.91	0.00
Promedio	14.2	66.4	535.1	297.5	1.2	0.2

Tabla 11

Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 17 de junio del 2021.

HORA	T (°C)	HR (%)	P (mmHg)	D (grados de burbuja)	V (m/s)	PP (mm)
00:00	10.0	80.40	534.68	308.42	1.25	0.0
01:00	10.3	77.21	535.05	324.70	1.33	0.0
02:00	9.4	81.50	536.18	334.52	1.07	0.0
03:00	8.5	86.27	536.70	376.49	1.22	0.0
04:00	8.2	86.94	537.60	311.79	1.28	0.0
05:00	7.8	88.10	539.10	356.22	1.45	0.0
06:00	7.3	90.40	538.65	356.36	1.53	0.0
07:00	7.9	89.32	538.43	349.20	1.69	0.0
08:00	8.8	87.51	538.13	344.63	1.88	0.0
09:00	13.5	63.26	538.13	361.91	1.81	0.0
10:00	17.1	47.99	537.98	347.78	1.47	0.0
11:00	19.8	39.21	537.68	308.48	2.50	0.0
12:00	21.0	38.62	536.18	344.46	3.28	0.0
13:00	22.2	33.34	536.70	334.93	3.23	0.0
14:00	23.0	30.39	537.15	376.50	3.15	0.0
15:00	22.8	30.32	536.70	310.81	3.13	0.0
16:00	21.6	32.85	536.70	325.60	3.07	0.0
17:00	18.9	41.98	535.88	320.41	2.67	0.0
18:00	16.3	50.20	534.90	343.10	2.45	0.0
19:00	14.9	54.44	534.68	328.45	2.18	0.0
20:00	13.5	61.66	533.63	278.32	1.42	0.0
21:00	11.6	70.69	532.58	341.62	1.31	0.0
22:00	10.6	74.70	533.25	336.88	1.30	0.0
23:00	10.3	77.56	533.93	335.77	1.16	0.0
Promedio	14.0	63.1	536.3	335.7	2.0	0.0

Tabla 12

Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 15 de julio del 2021.

HORA	T (°C)	HR (%)	P (mmHg)	D (grados de burbuja)	V (m/s)	PP (mm)
00:00	10.5	83.7	533.93	322.12	1.23	0.0
01:00	9.1	88.1	534.68	336.45	1.31	0.0
02:00	8.3	90.5	535.05	339.78	1.27	0.0
03:00	7.8	91	536.18	271.24	1.17	0.0
04:00	7.1	92.6	536.70	258.19	1.19	0.0
05:00	7.7	93.9	537.60	320.21	1.22	0.0
06:00	7.2	94.7	539.10	324.93	1.56	0.0
07:00	7.2	94.8	538.65	355.86	1.61	0.0
08:00	8.9	83.2	538.43	282.57	1.73	0.0
09:00	13.4	59.96	538.13	268.68	1.69	0.0
10:00	16.7	47.09	538.13	323.39	2.10	0.0
11:00	18.6	42.22	537.98	278.63	2.86	0.0
12:00	20.7	32.04	537.68	267.59	3.18	0.0
13:00	22.1	27.6	537.08	340.3	3.66	0.0
14:00	23.0	24.71	536.55	277.58	3.71	0.0
15:00	22.5	31.11	537.15	325.41	4.54	0.0
16:00	21.9	33.51	536.70	268.76	4.15	0.0
17:00	20.2	40.37	536.70	349.81	4.08	0.0
18:00	17.3	51.5	535.88	281.74	3.98	0.0
19:00	15.0	61.64	534.90	224.83	3.92	0.0
20:00	13.9	66.47	534.68	334.24	2.93	0.0
21:00	12.9	71.18	533.63	284.37	2.13	0.0
22:00	11.2	80.9	532.58	299.82	0.71	0.0
23:00	11.4	80.9	533.25	290.8	0.44	0.0
Promedio	13.9	65.2	536.3	301.1	2.3	0.0

Tabla 13

Variables meteorológicas determinadas en forma horaria en el punto P-01 durante 24 horas, 14 de agosto del 2021.

HORA	T (°C)	HR (%)	P (mmHg)	D (grados de burbuja)	V (m/s)	PP (mm)
00:00	12.1	56.2	530.84	313.02	1.26	0.0
01:00	11.3	59.6	531.21	327.35	1.25	0.0
02:00	10.7	63.9	531.34	330.68	1.32	0.0
03:00	9.3	67.0	530.54	262.14	1.10	0.0
04:00	8.4	67.8	530.63	259.09	1.11	0.0
05:00	7.4	72.6	530.49	308.11	1.51	0.0
06:00	7.7	74.3	532.86	312.83	1.54	0.0
07:00	7.8	73.6	530.38	343.76	1.56	0.0
08:00	9.4	69.9	532.91	270.47	1.75	0.0
09:00	14.5	59.7	532.36	260.58	1.91	0.0
10:00	18.0	34.8	530.05	311.29	2.39	0.0
11:00	19.3	29.4	530.89	270.53	2.87	0.0
12:00	21.3	26.0	532.94	258.49	3.76	0.0
13:00	22.1	23.3	530.78	328.20	4.33	0.0
14:00	22.4	23.0	532.65	272.48	5.15	0.0
15:00	21.6	22.8	531.71	316.31	6.25	0.0
16:00	20.1	23.5	531.68	258.66	6.40	0.0
17:00	17.8	26.1	532.77	340.71	6.63	0.0
18:00	15.5	30.3	530.83	272.64	5.81	0.0
19:00	14.2	32.5	530.53	274.73	5.69	0.0
20:00	13.4	35.1	532.10	325.14	5.56	0.0
21:00	13.3	39.8	532.99	275.27	4.07	0.0
22:00	12.9	49.9	532.76	290.72	2.28	0.0
23:00	12.4	51.9	531.05	285.70	1.34	0.0
Promedio	14.29	46.38	531.55	294.54	3.20	0.00

Tabla 14

Valores promedios diarios de las variables meteorológicas durante los meses de marzo a agosto del 2021.

FECHA	T (°C)	HR (%)	P (mmHg)	V (m/s)	PP (mm)
29/03/2021	12.04	67.91	536.39	0.70	0.56
25/04/2021	13.48	64.51	535.15	0.94	0.48
21/05/2021	14.17	66.43	535.14	1.17	0.22
17/06/2021	13.97	63.12	536.27	1.95	0.00
15/07/2021	13.94	65.15	536.30	2.35	0.00
14/08/2021	14.29	46.38	531.55	3.20	0.00

* La dirección del viento se representó con la rosa de los vientos.

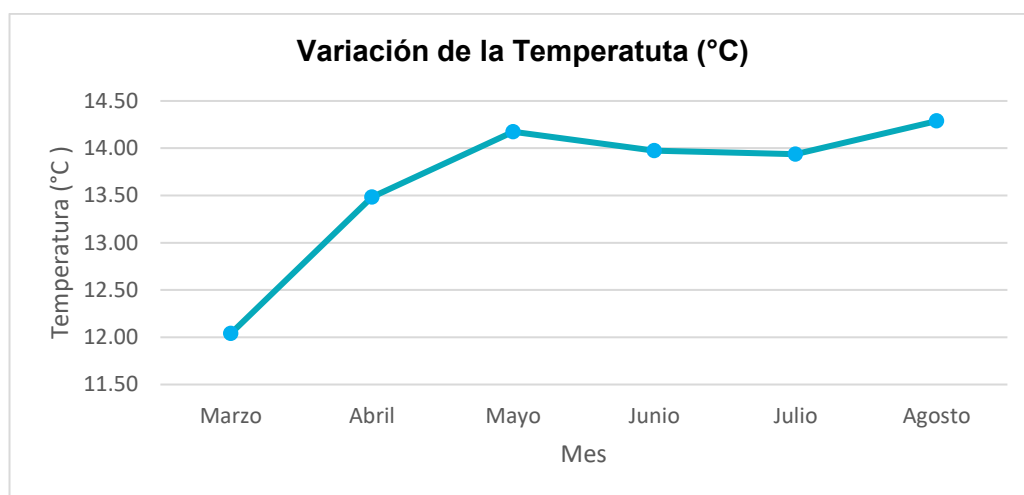


Gráfico 3. Variación de temperatura promedio con el pasar de los meses

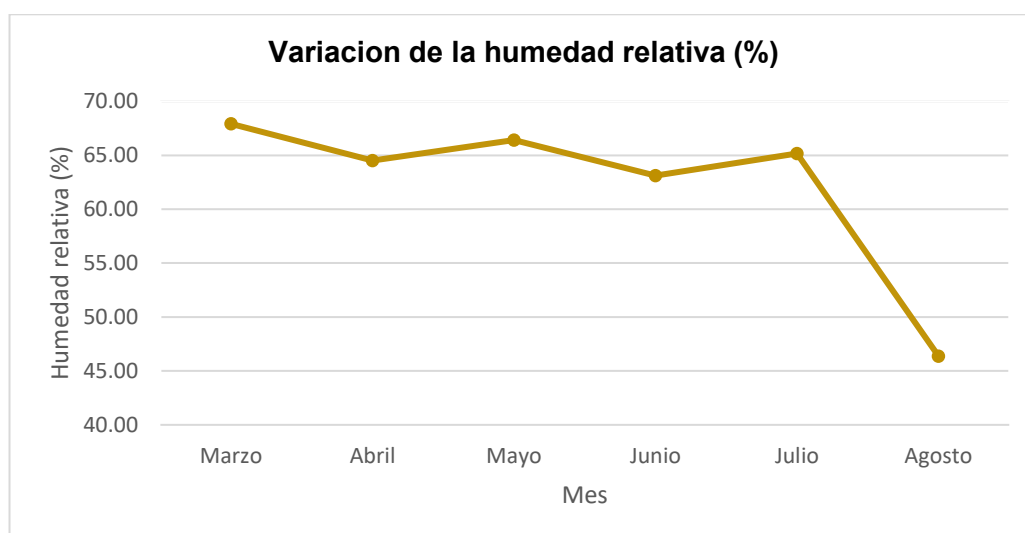


Gráfico 4. Variación de la humedad relativa promedio con el pasar de los meses

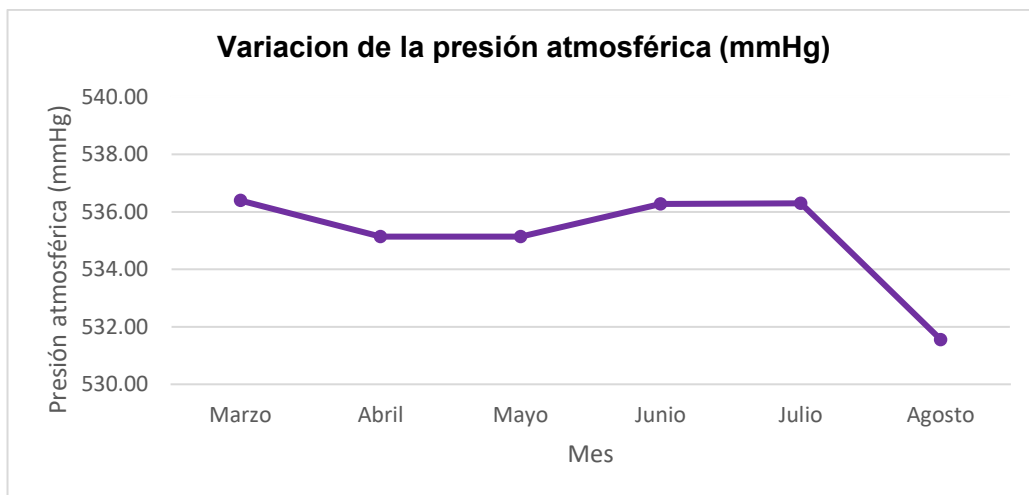


Gráfico 5. Variación de la presión atmosférica promedio con el pasar de los meses

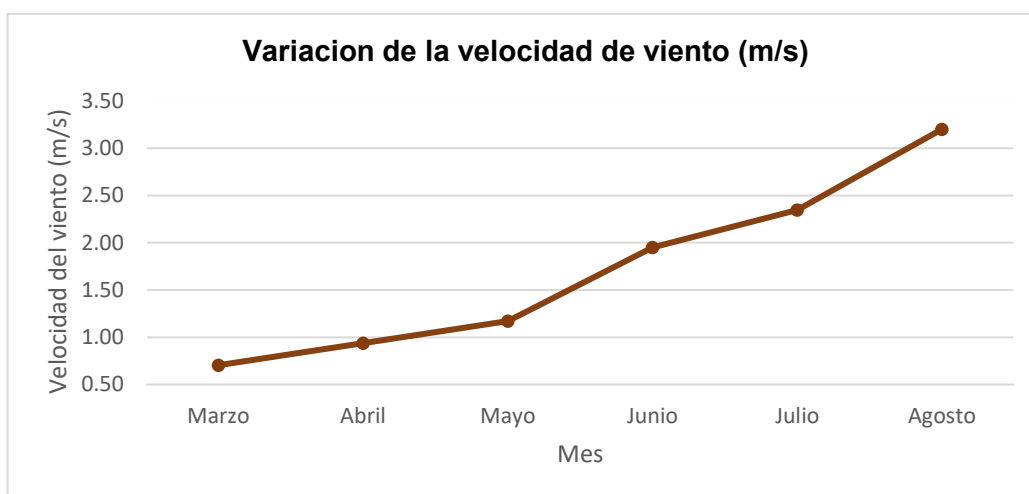


Gráfico 6. Variación de la velocidad del viento promedio con el pasar de los meses

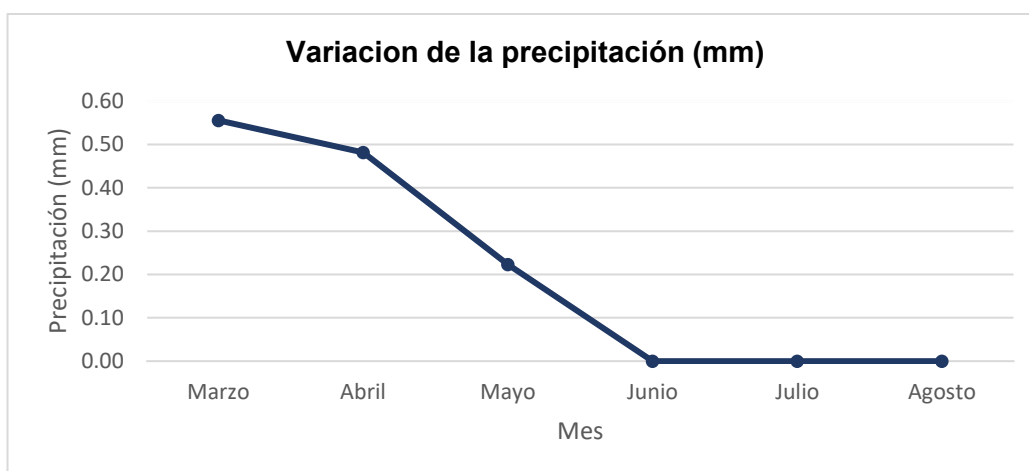


Gráfico 7. Variación de la precipitación promedio con el pasar de los meses

La variación en la dirección y velocidad de viento para el punto de muestreo P-01 y según el mes de muestreo figuran en los gráficos N° 8, 9, 10, 11, 12 y 13 de rosa de vientos y distribución de frecuencia de velocidad, que se muestran a continuación:

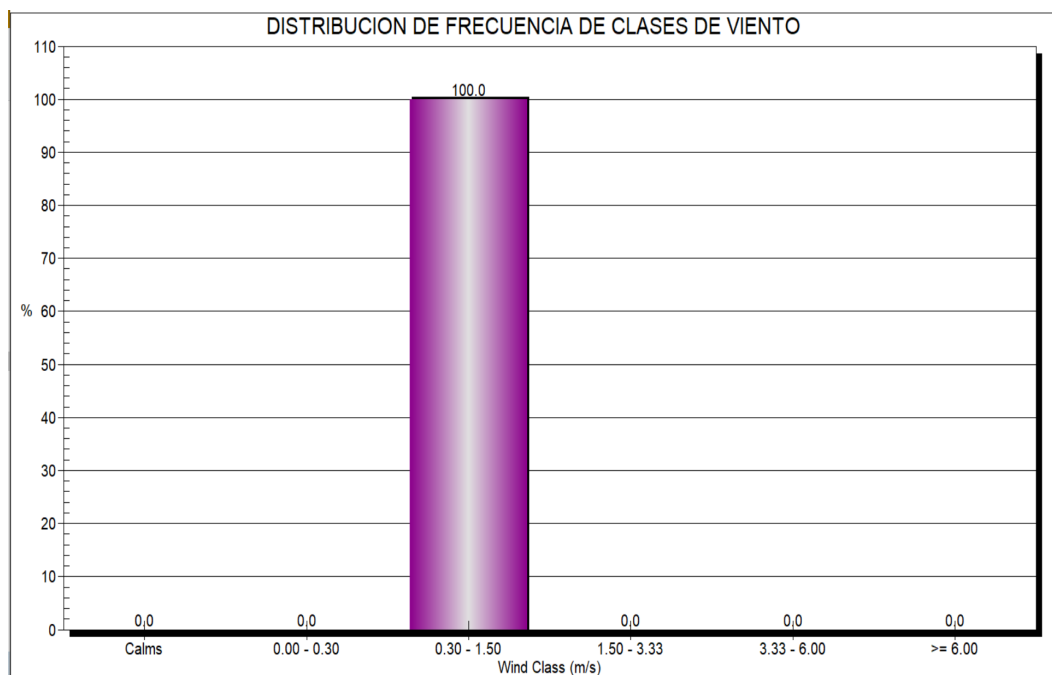
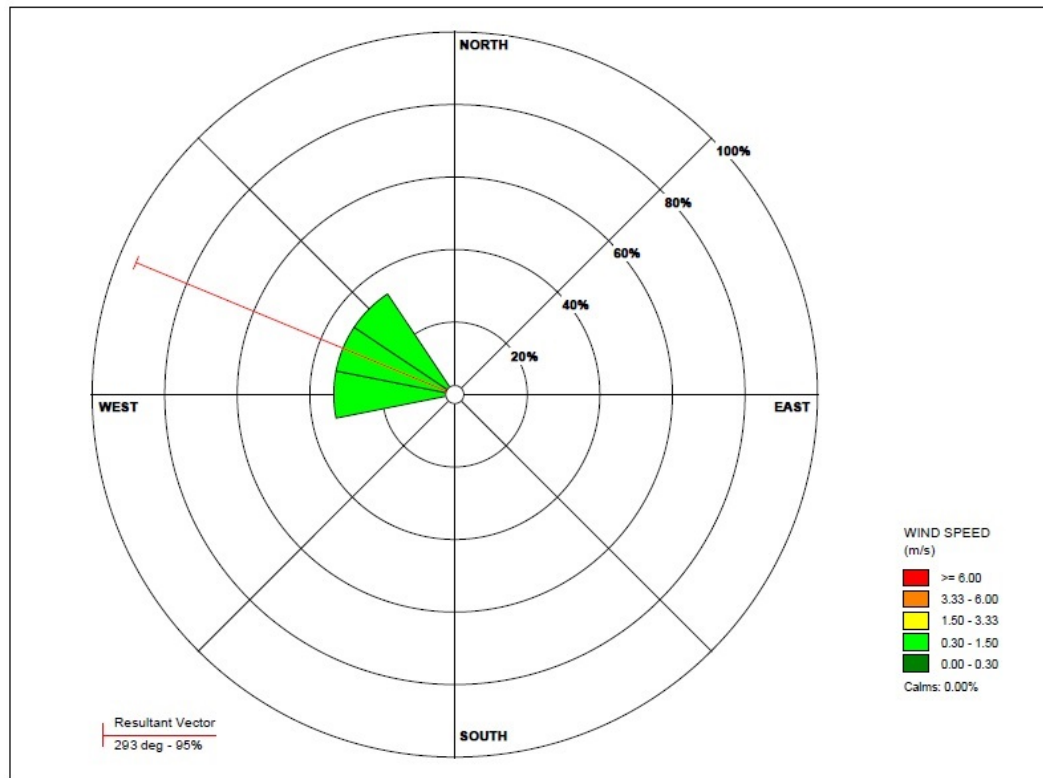


Gráfico 8. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 29 de marzo del 2021.

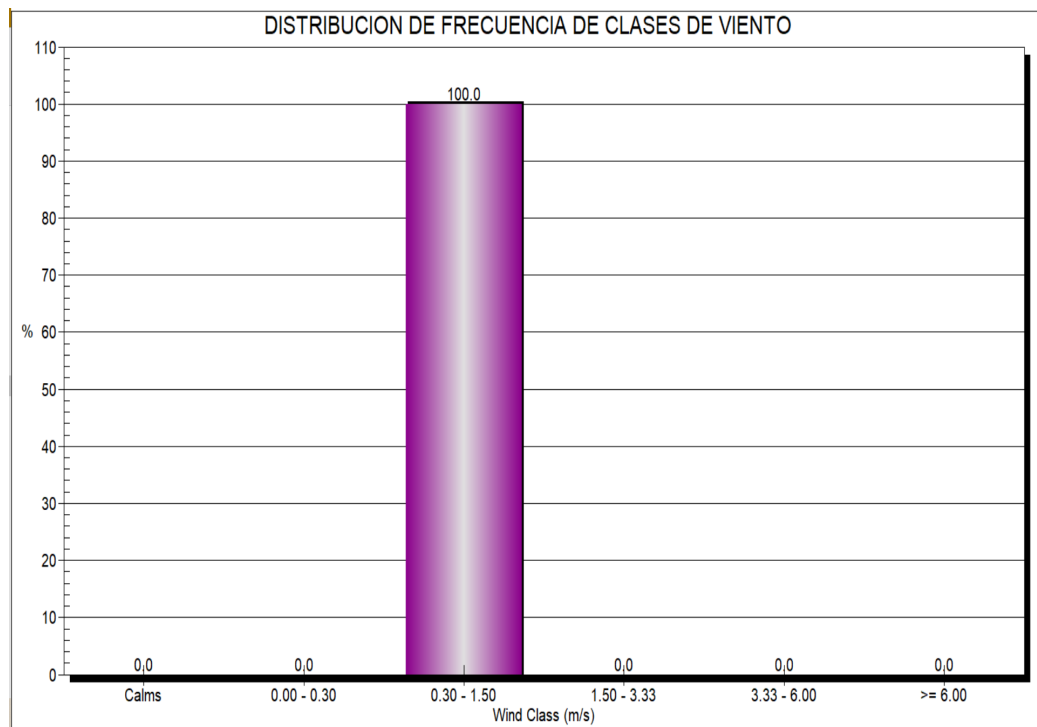
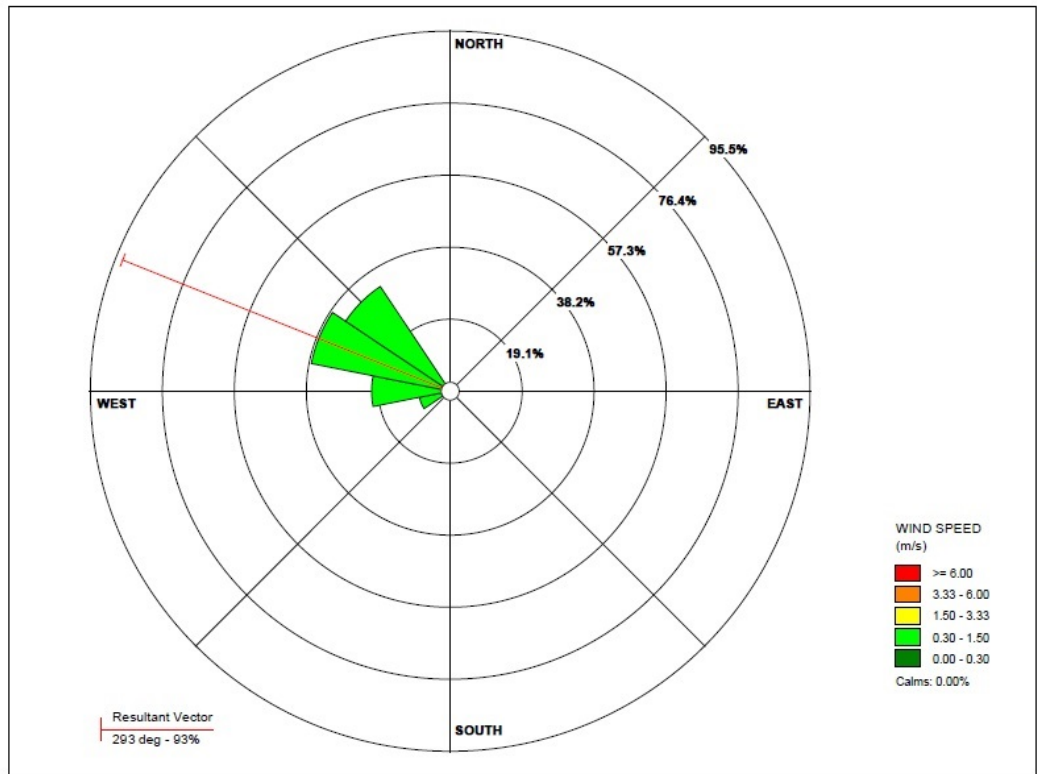


Gráfico 9. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 25 de abril del 2021.

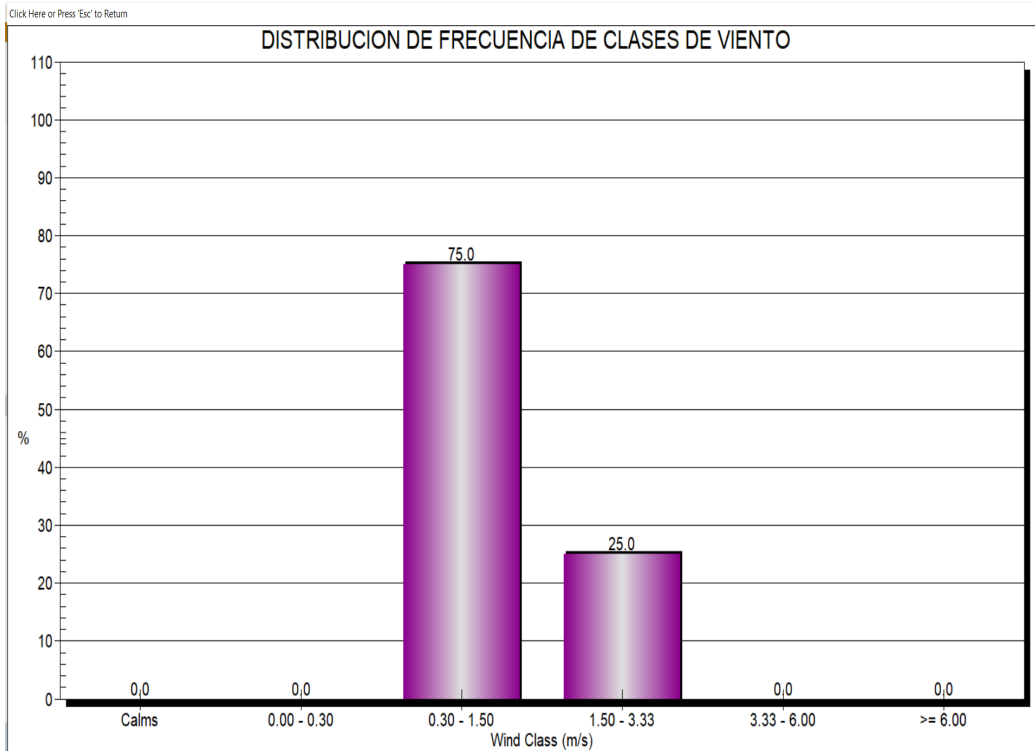
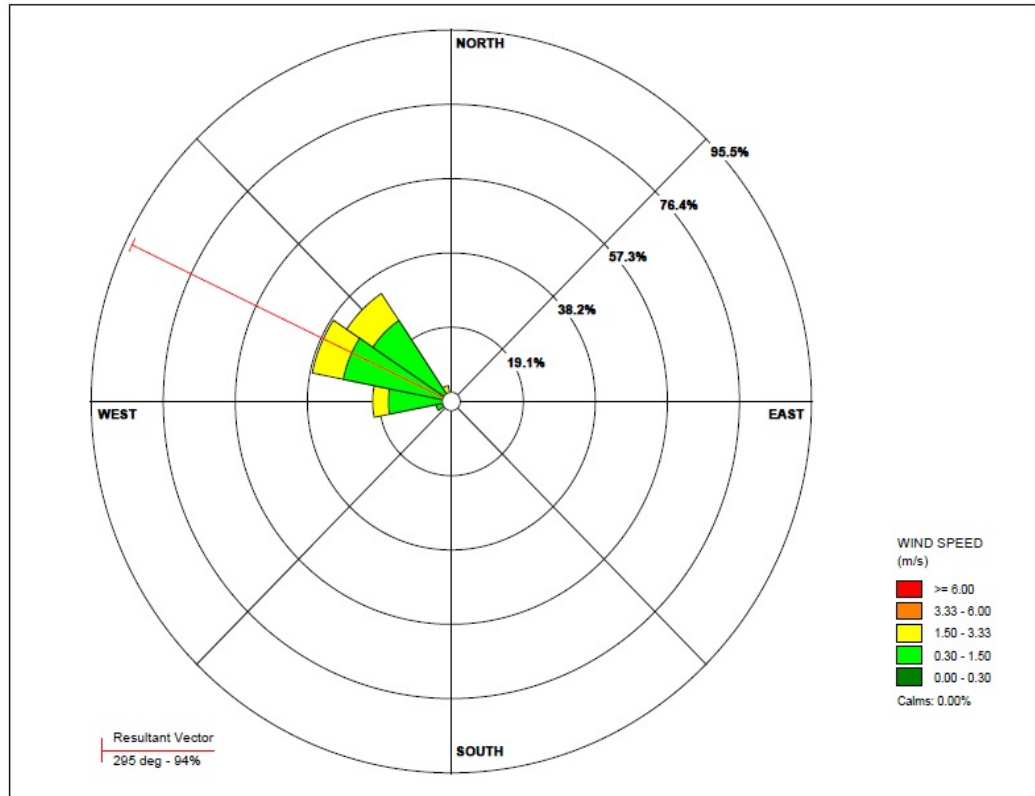


Gráfico 10. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 21 de mayo del 2021.

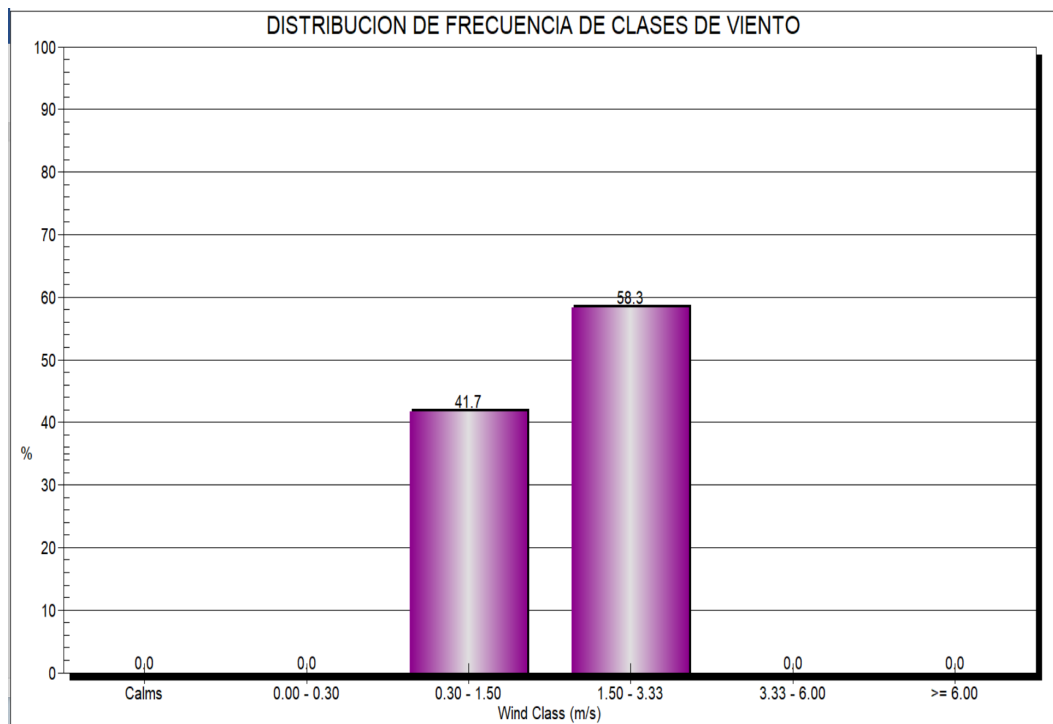
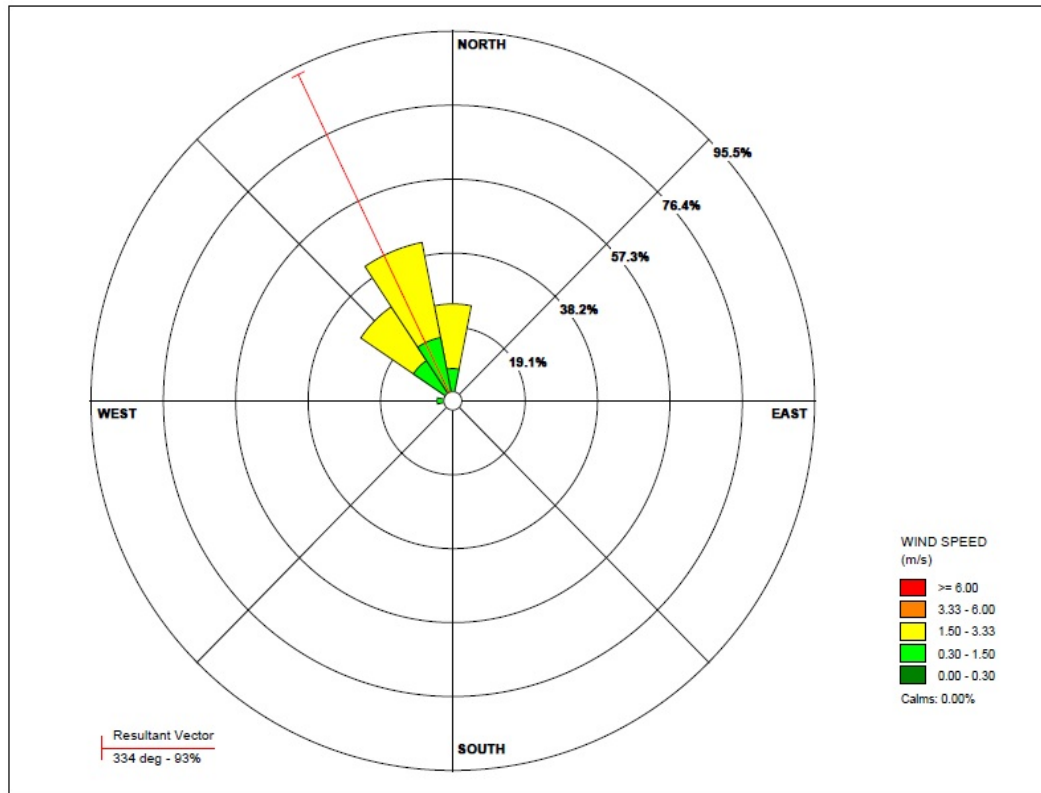


Gráfico 11. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 17 de junio del 2021.

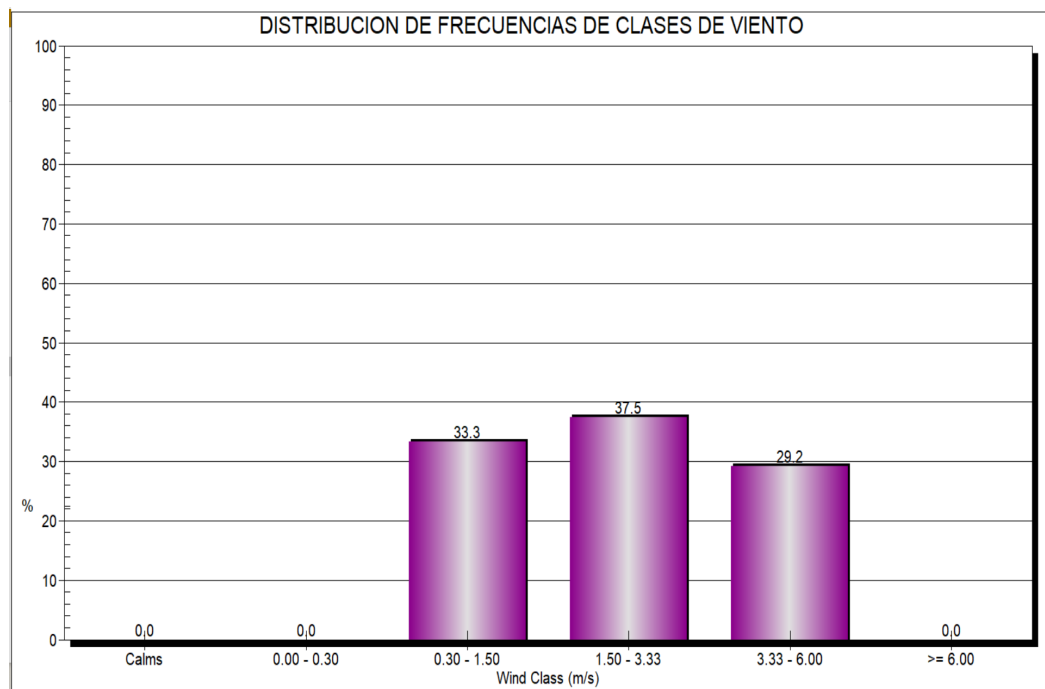
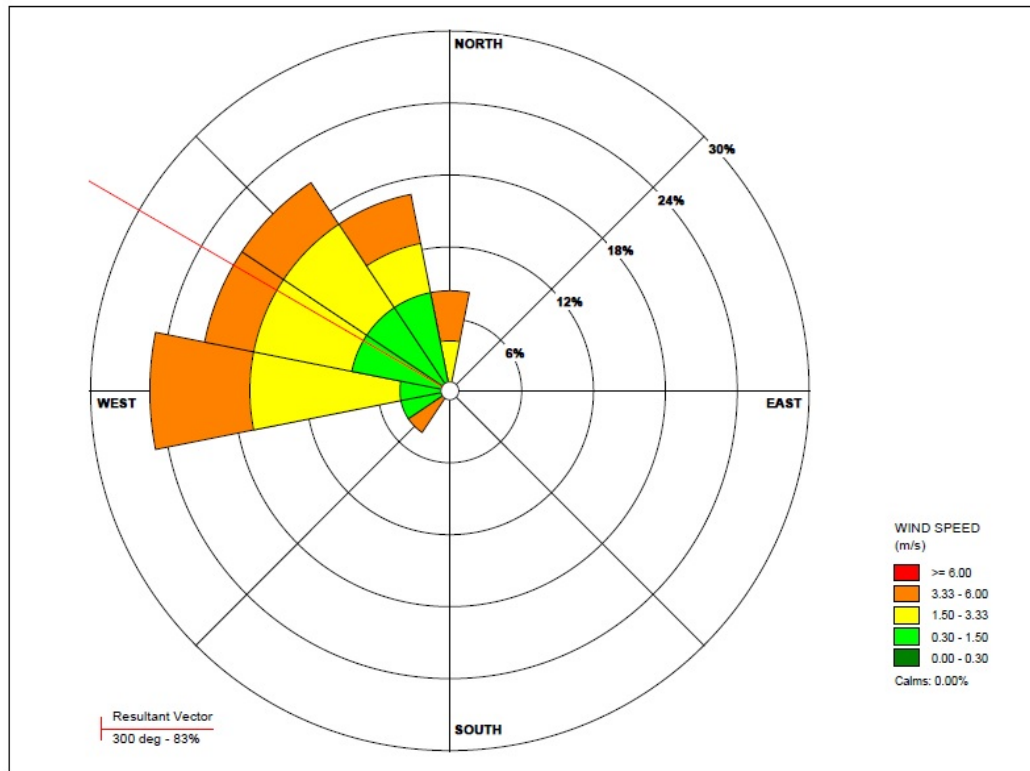


Gráfico 12. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 15 de julio del 2021.

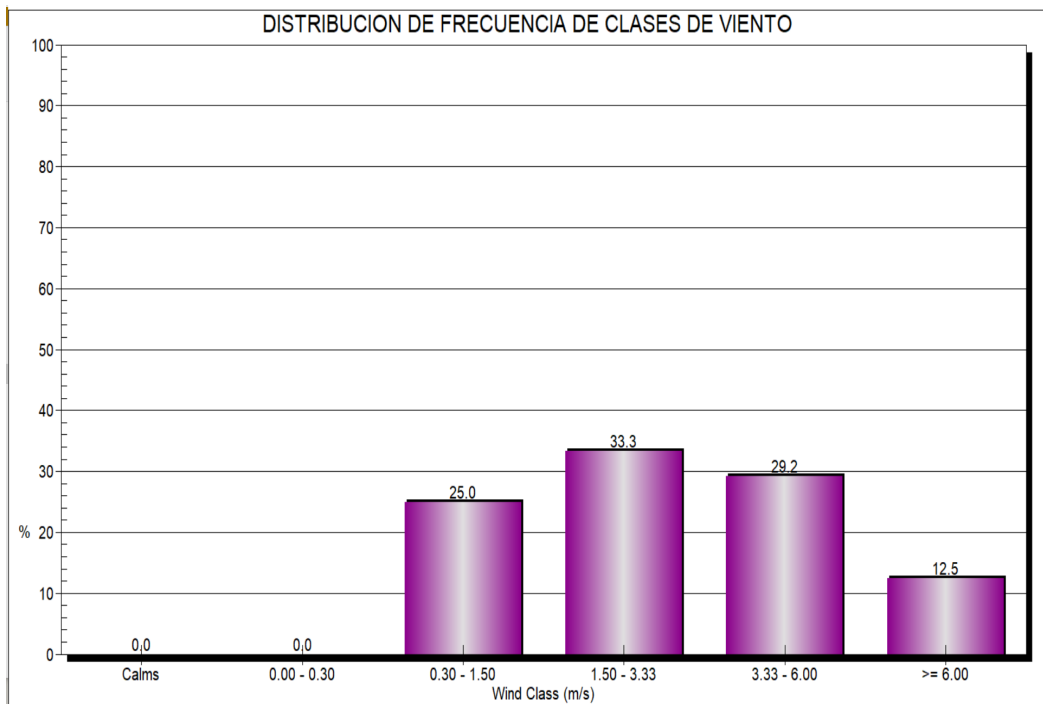
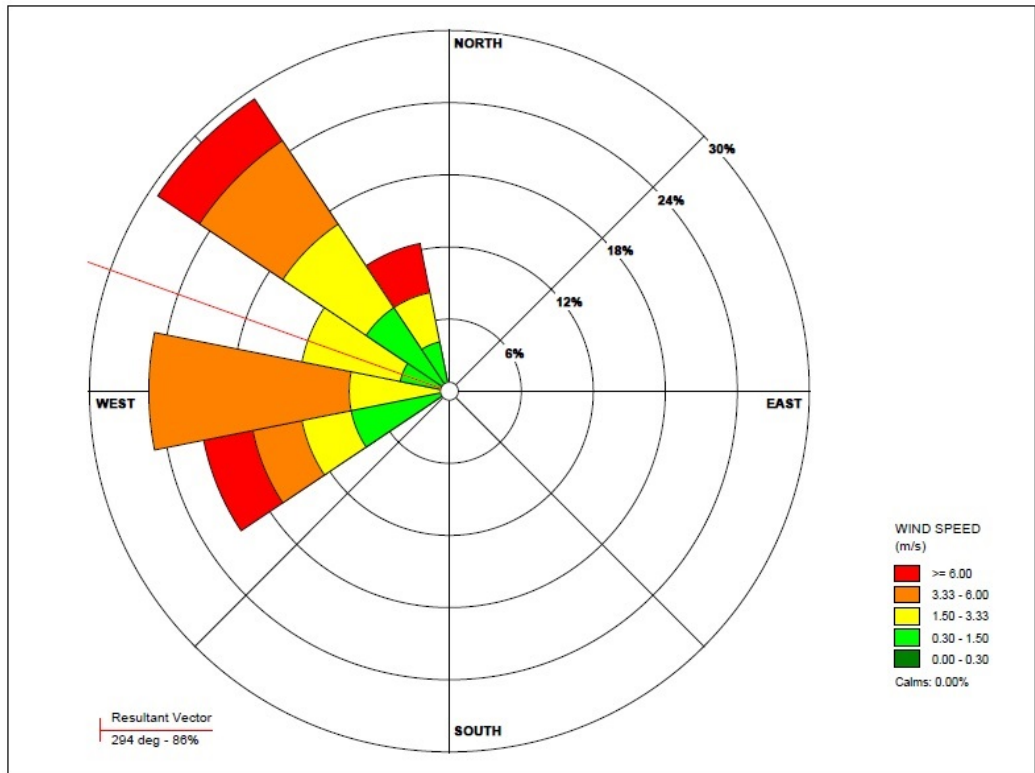
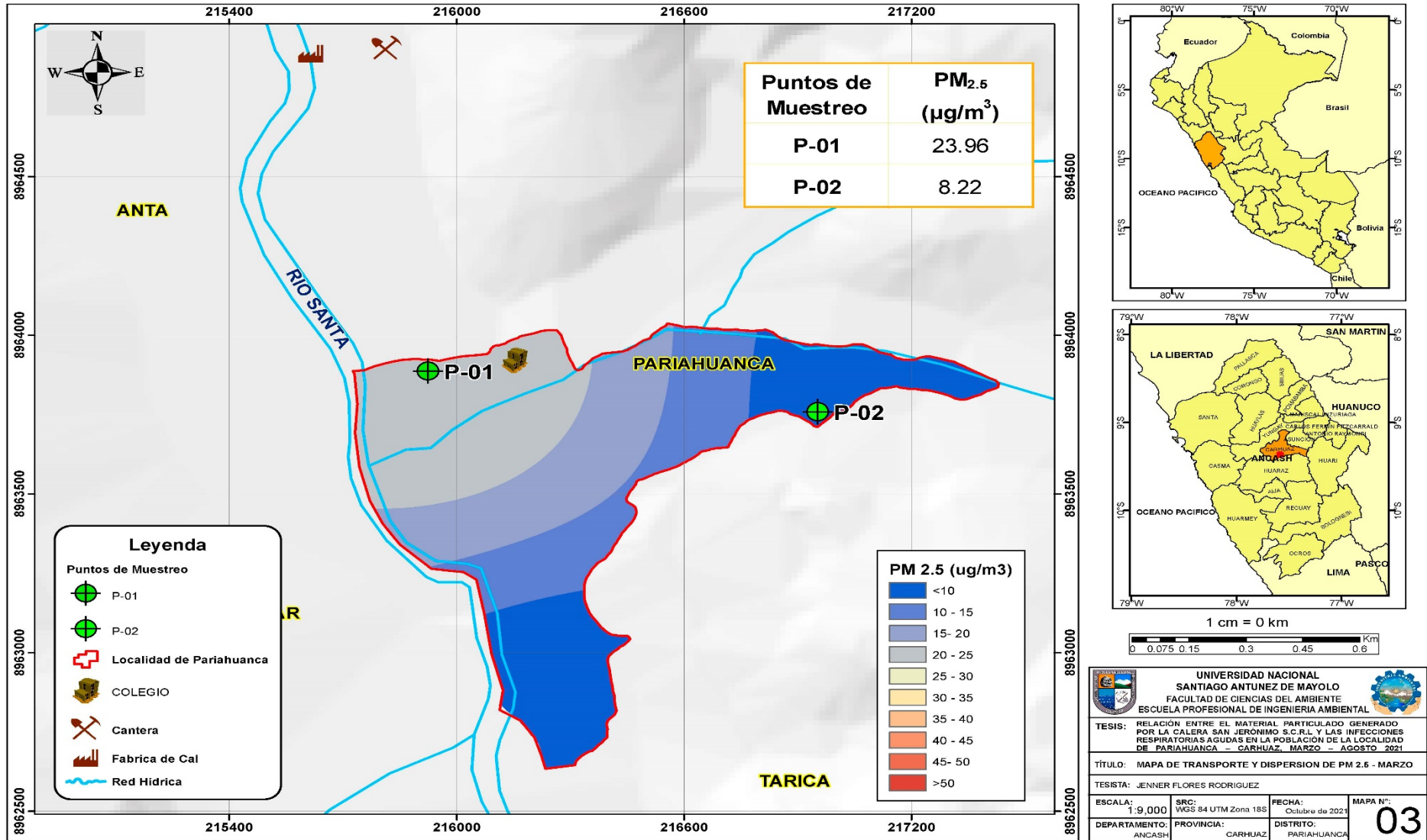


Gráfico 13. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad del viento en el punto P-01, 14 de agosto del 2021.

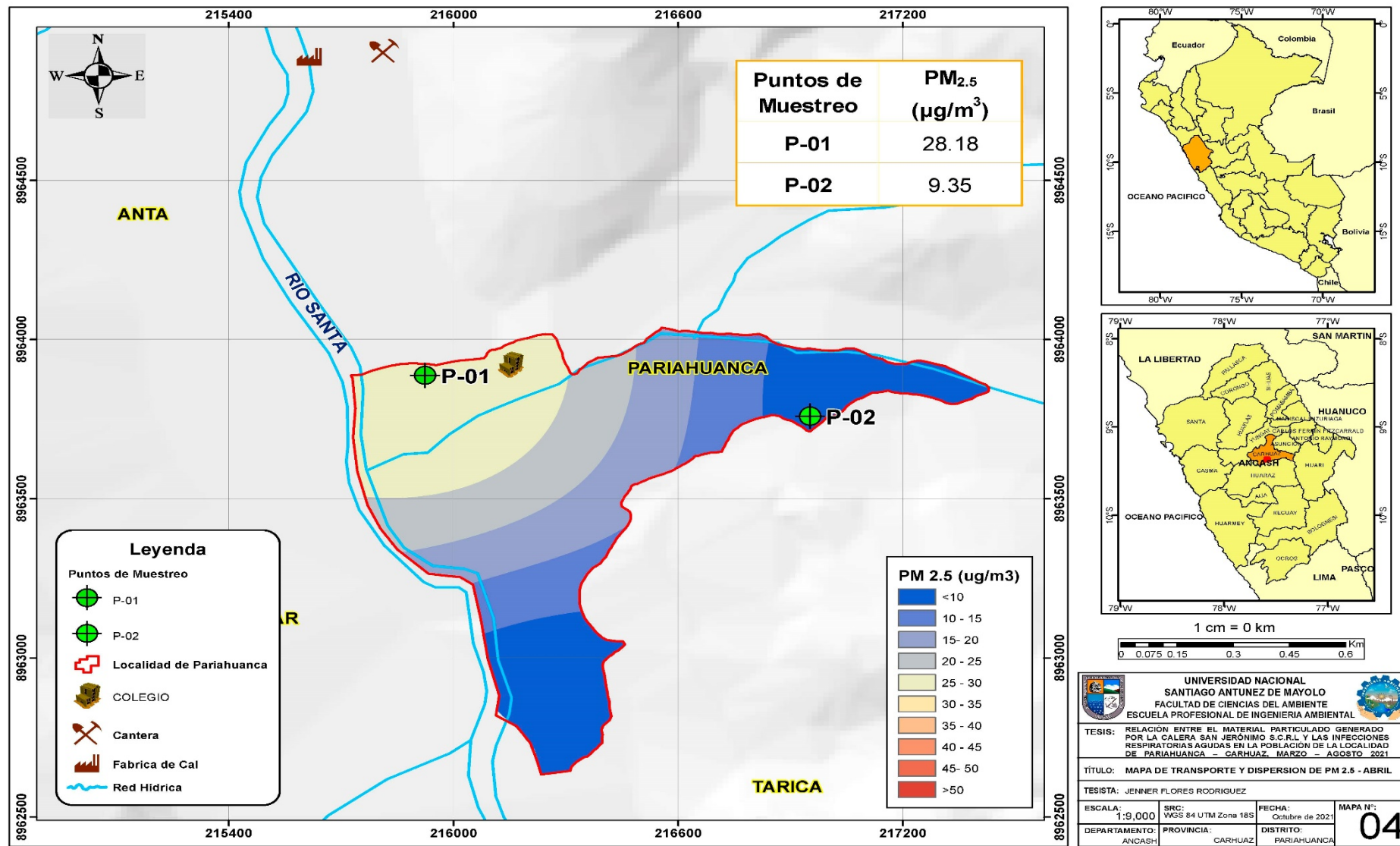
4.4. Modelación del transporte y dispersión de las partículas en suspensión $PM_{2,5}$ y PM_{10} sobre el pueblo de Pariahuanca

Con la información de campo obtenida y la información de los parámetros meteorológicos se pudo hacer el análisis espacial del transporte y dispersión de las partículas en suspensión ($PM_{2,5}$ y PM_{10}) a través del modelo Gaussiano de dispersión de contaminantes. Se realizó el modelado para cada estación de muestreo por cada mes de estudio, cuyos resultados se muestran en los mapas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

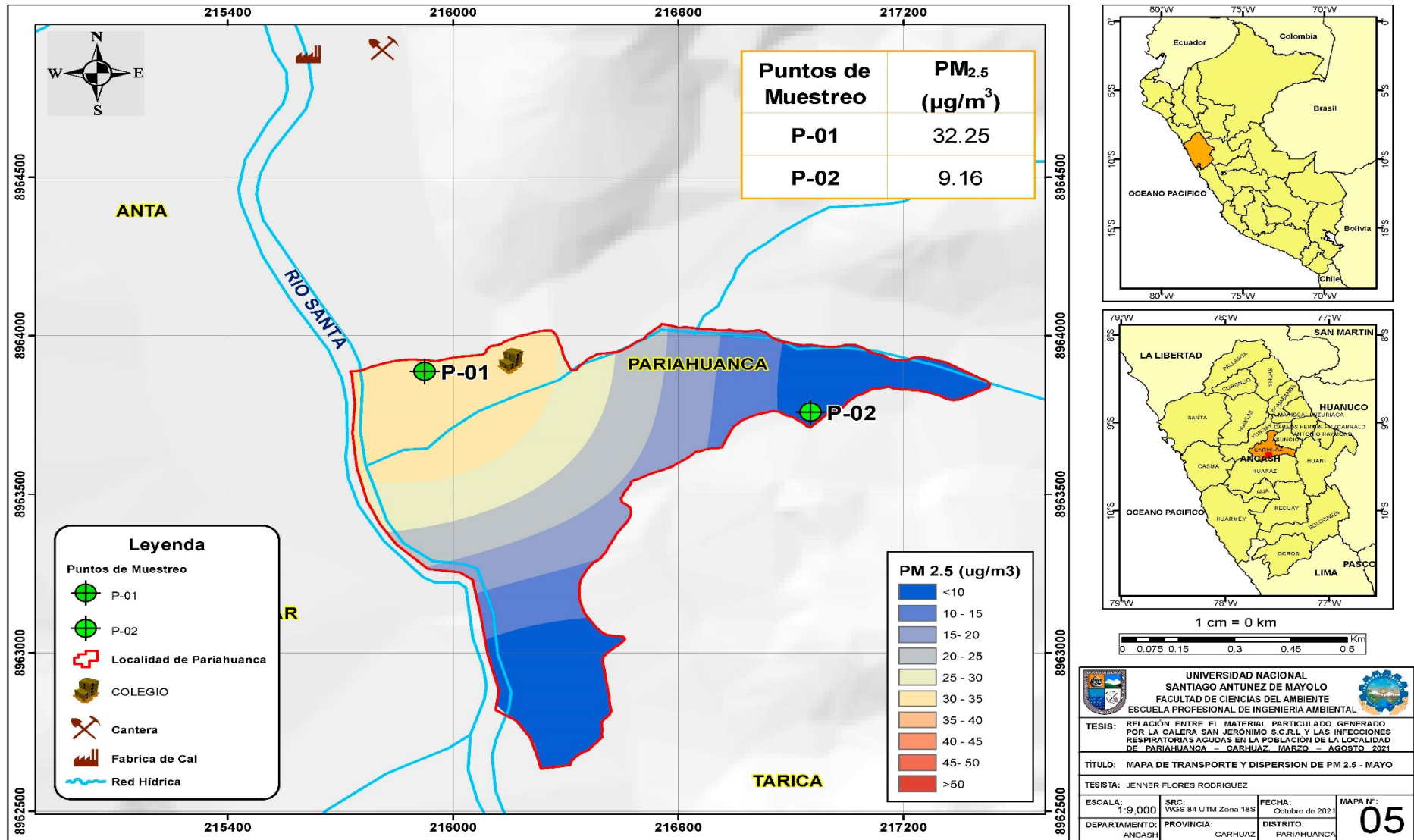
Mapa 3. Mapa de transporte y dispersión de PM_{2.5}, marzo 2021



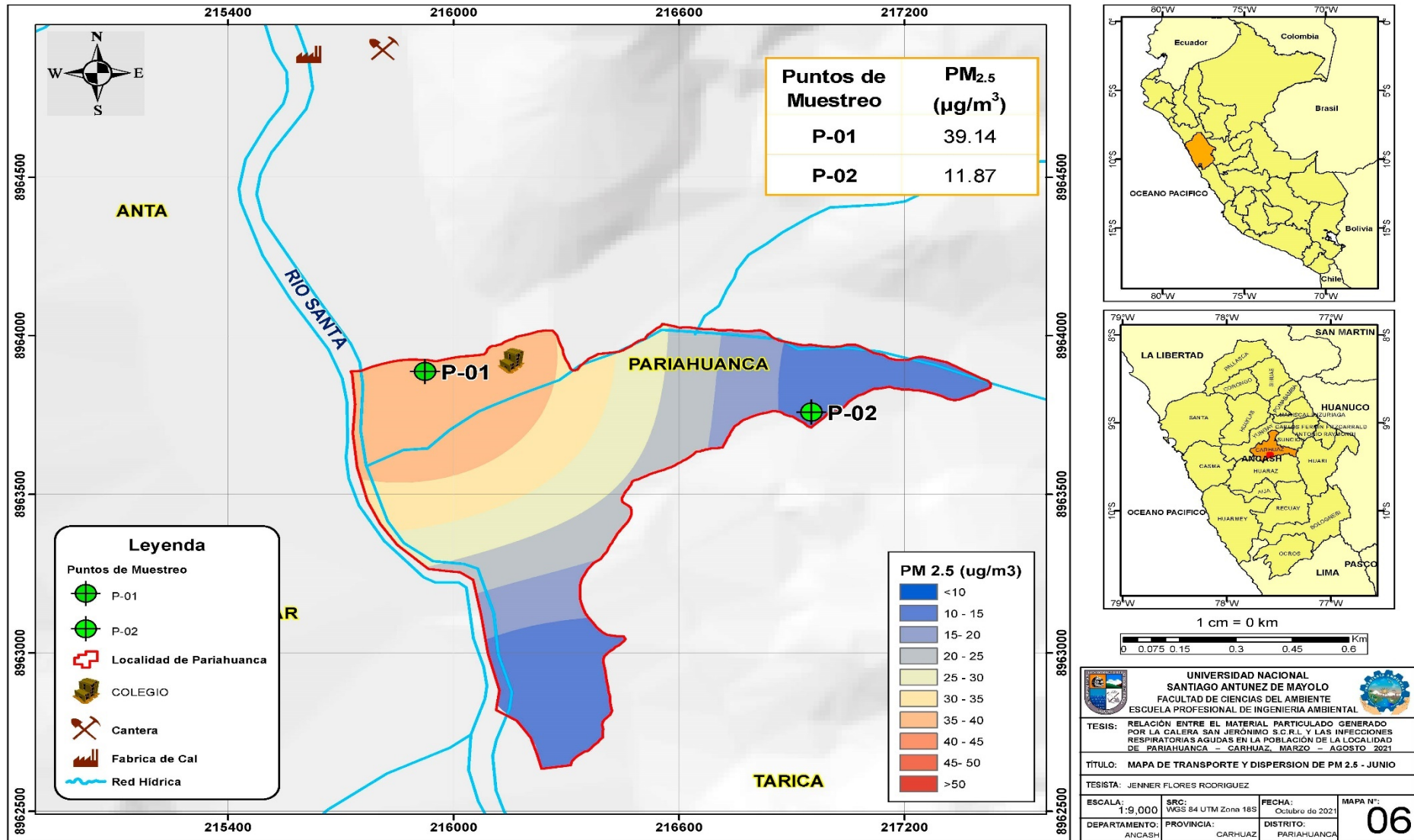
Mapa 4. Mapa de transporte y dispersión de PM_{2.5}, abril 2021



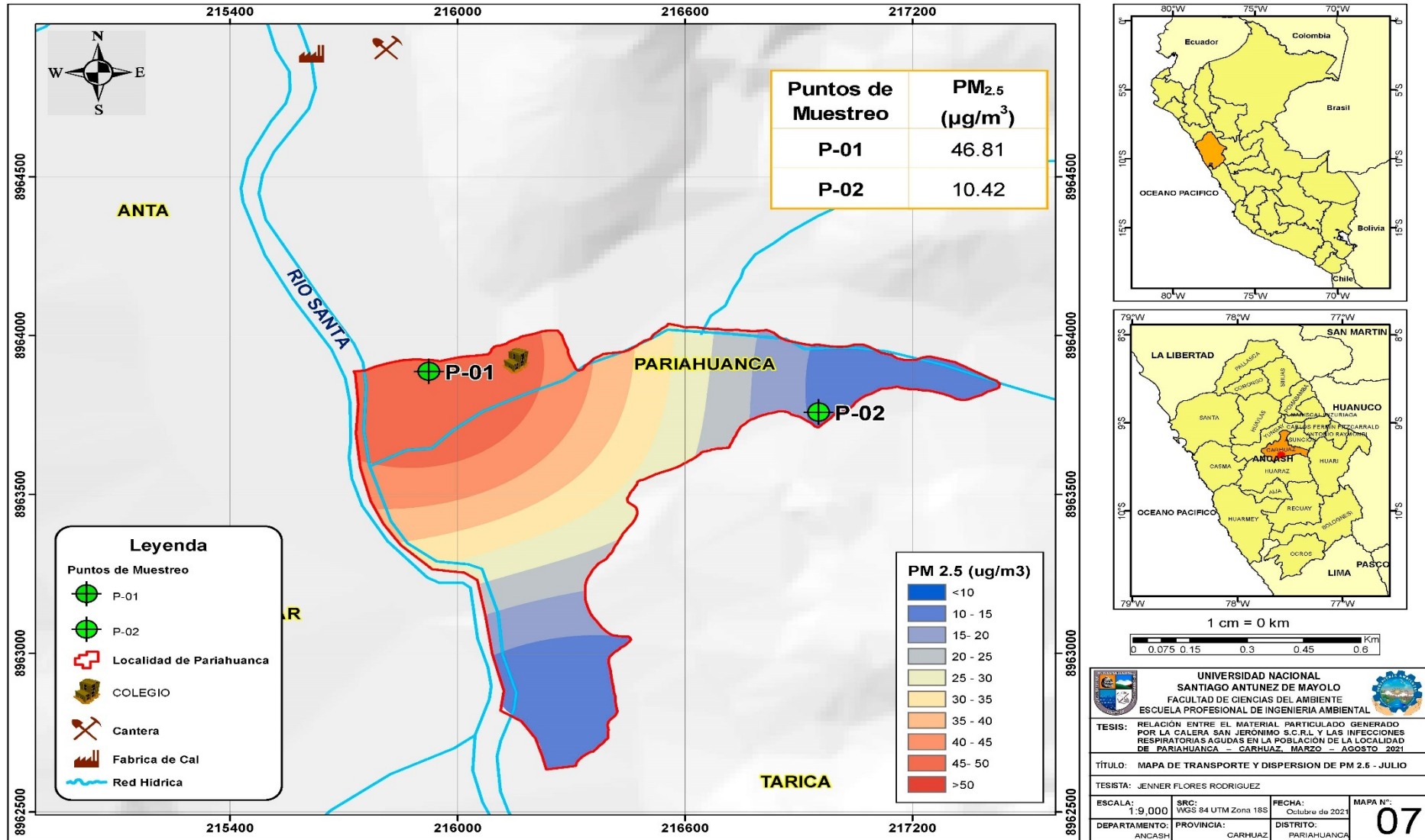
Mapa 5. Mapa de transporte y dispersión de PM_{2.5}, mayo 2021



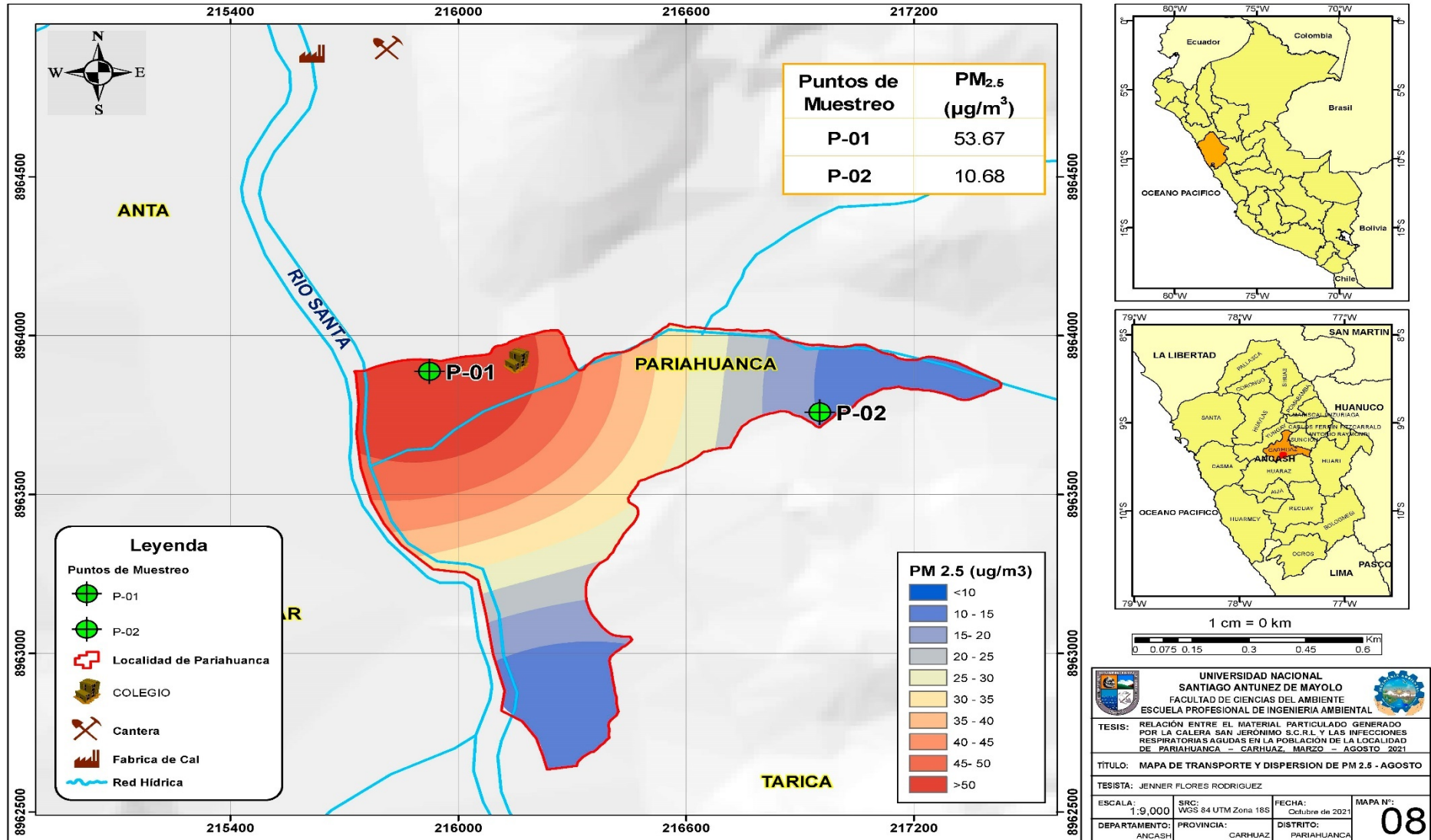
Mapa 6. Mapa de transporte y dispersión de PM_{2.5}, junio 2021



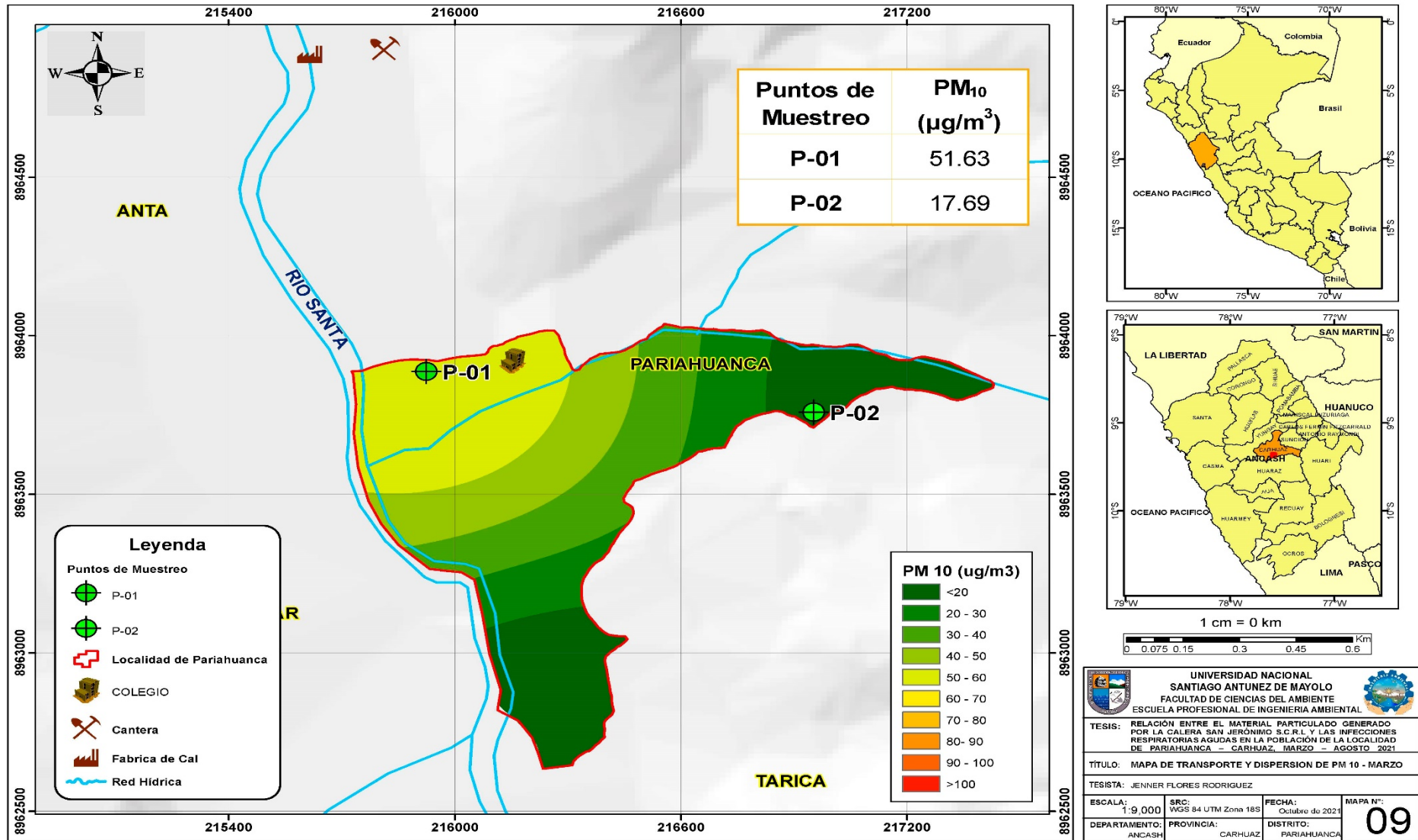
Mapa 7. Mapa de transporte y dispersión de PM_{2.5}, julio 2021



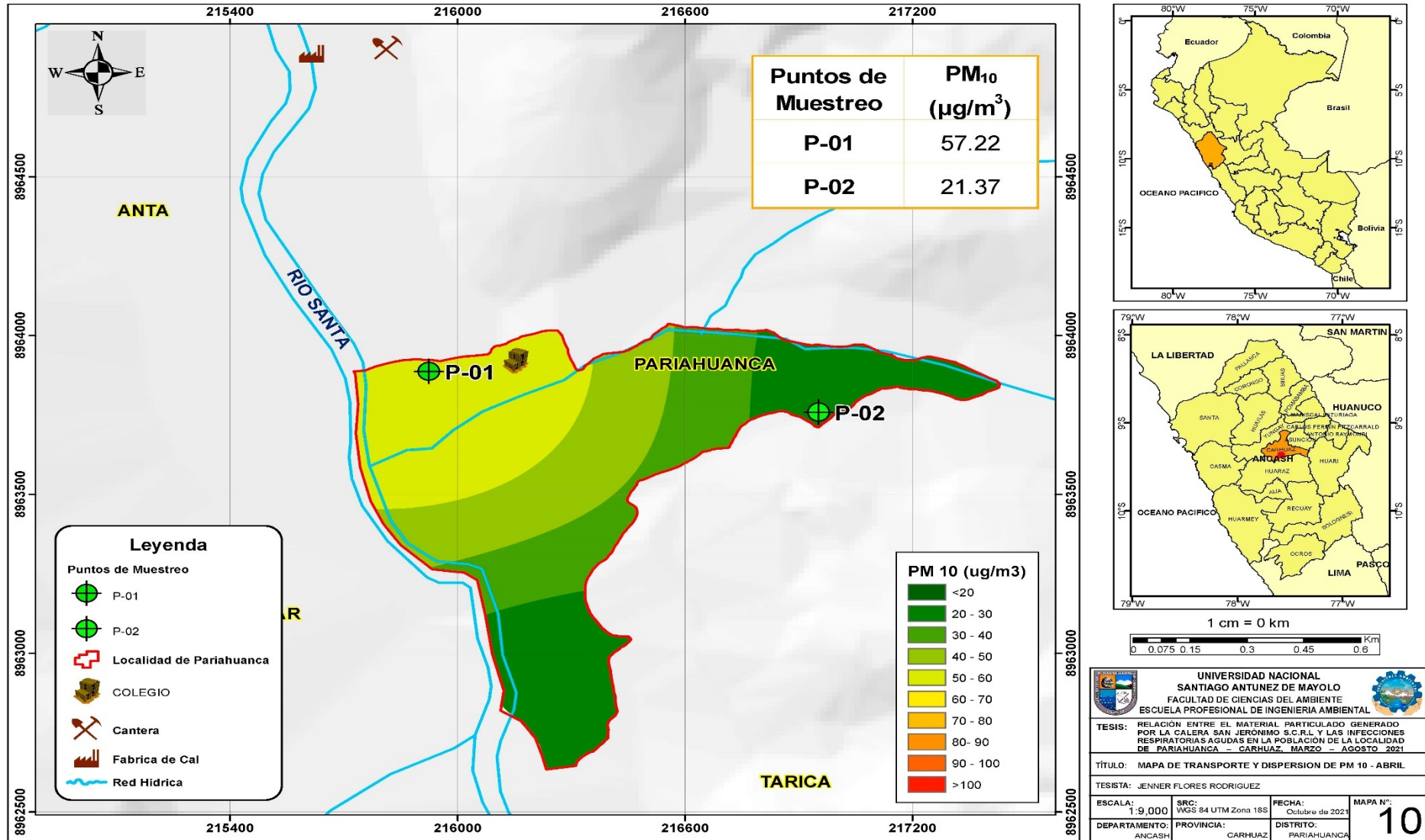
Mapa 8. Mapa de transporte y dispersión de PM_{2.5}, agosto 2021



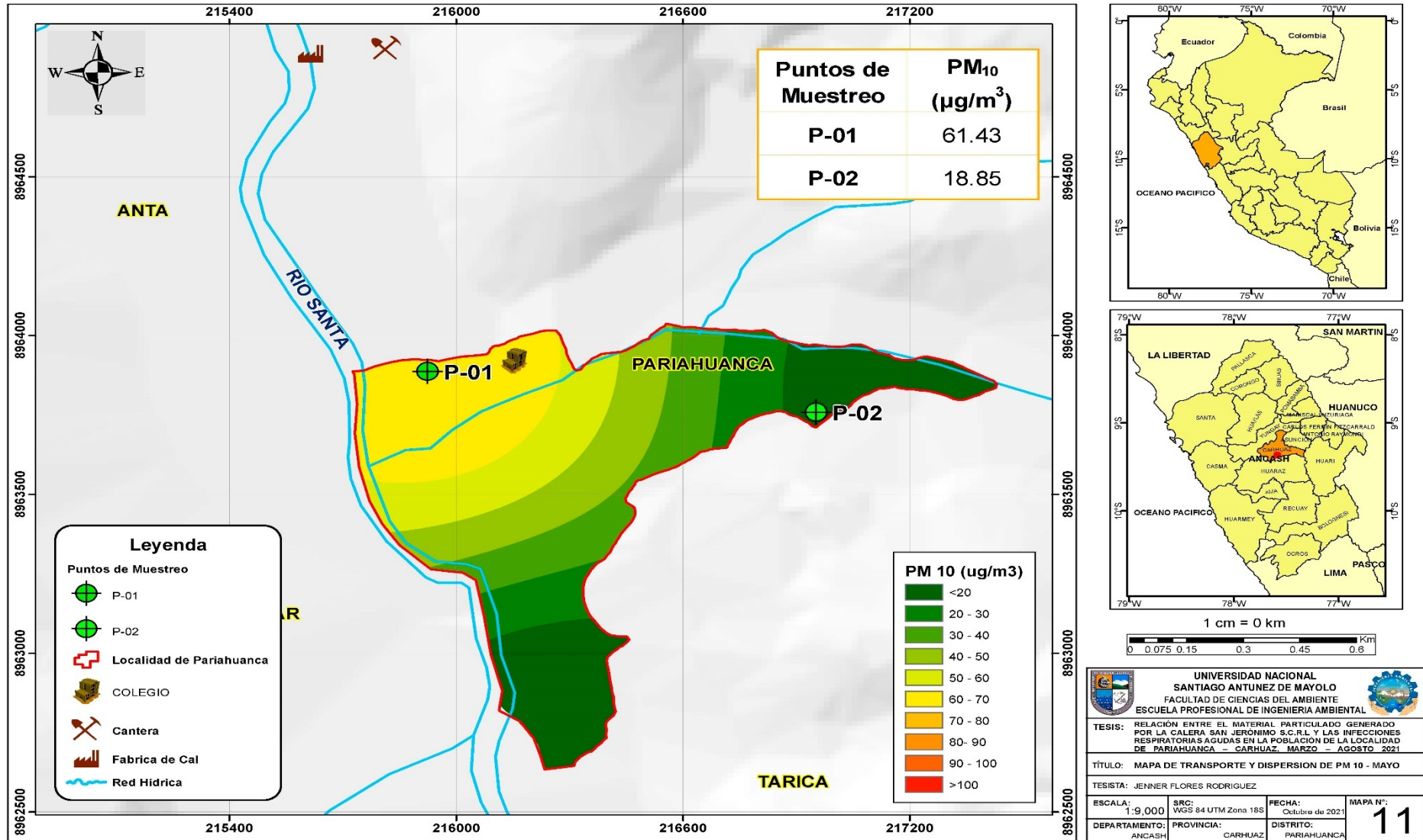
Mapa 9. Mapa de transporte y dispersión de PM₁₀, marzo 2021



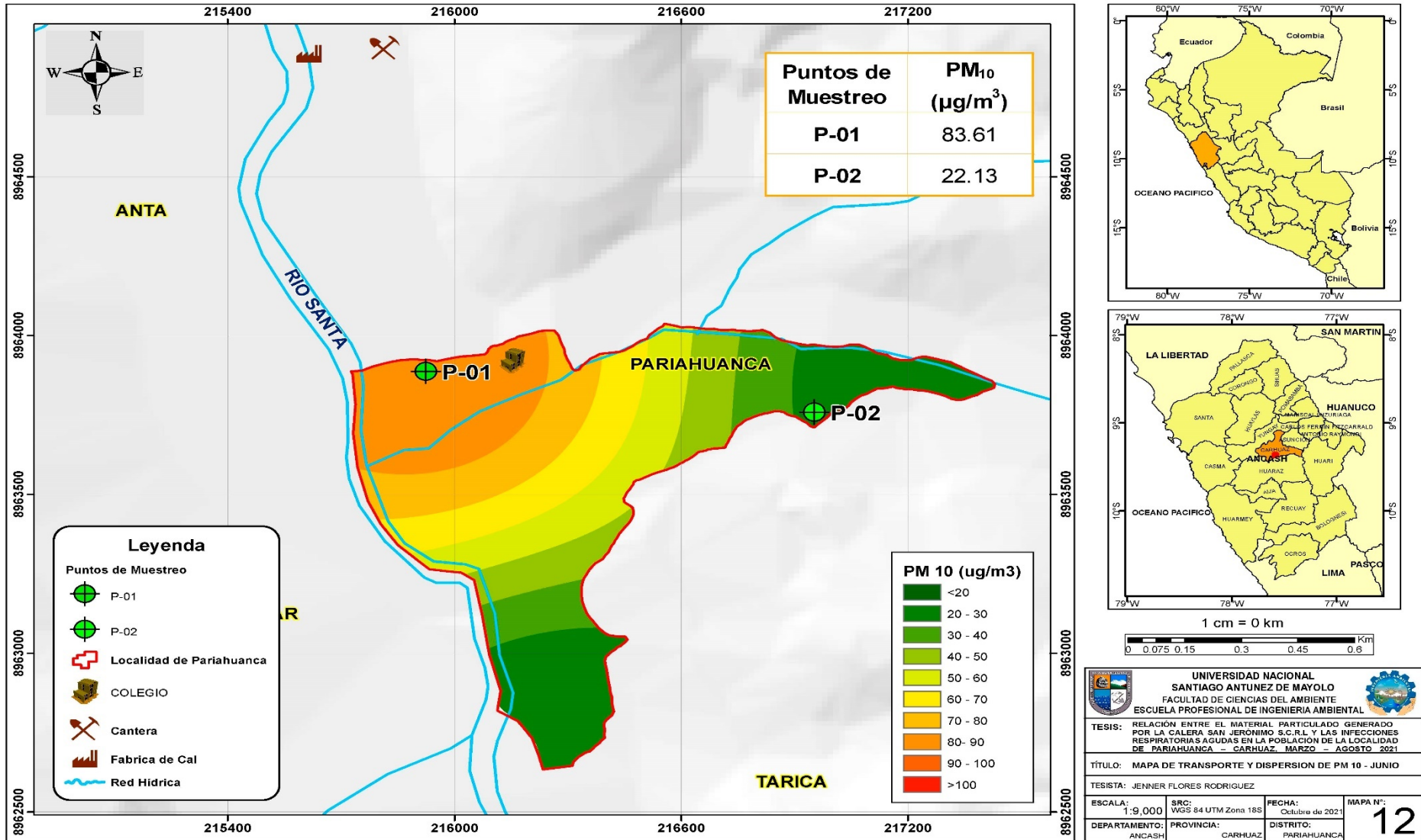
Mapa 10. Mapa de transporte y dispersión de PM₁₀, abril 2021



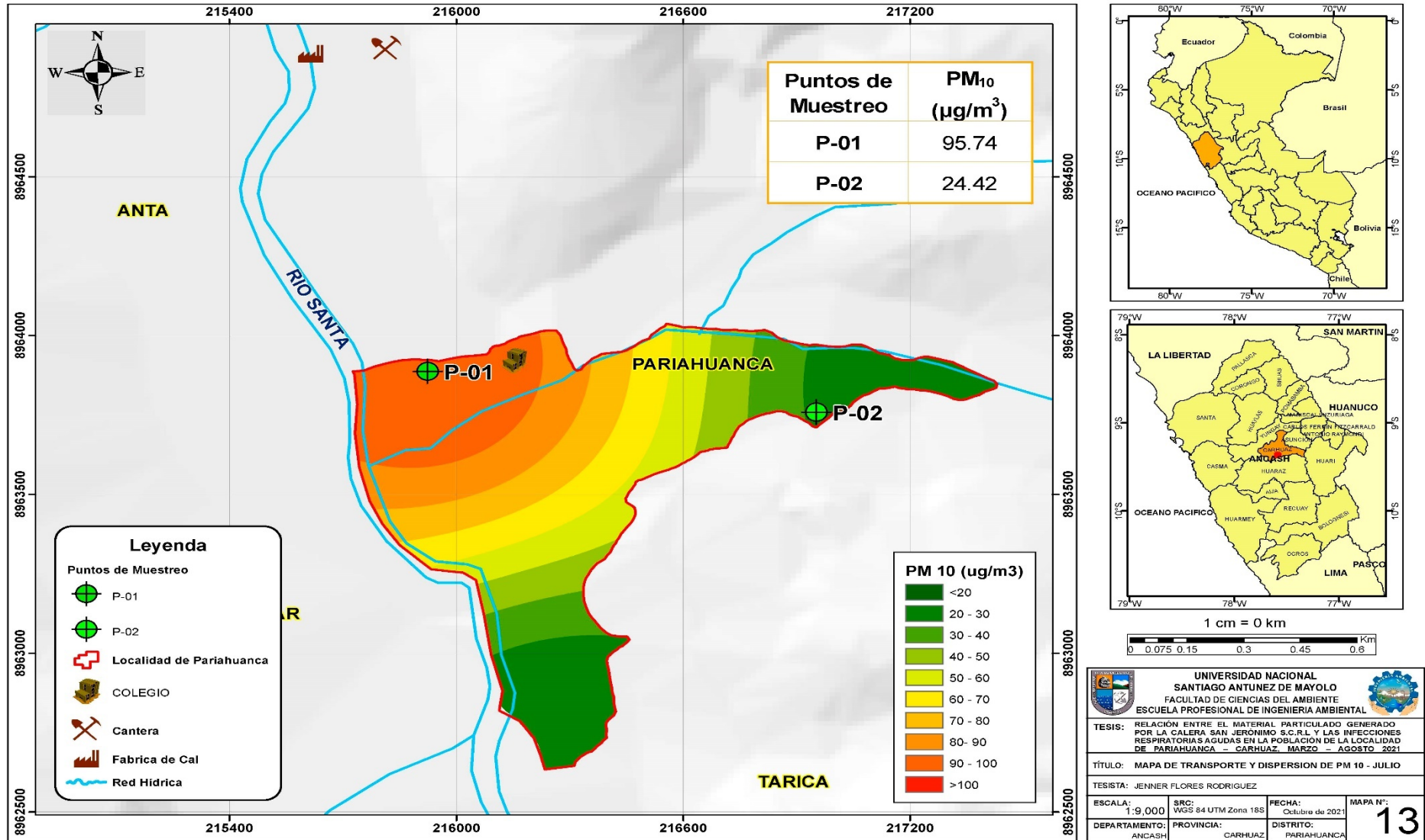
Mapa 11. Mapa de transporte y dispersión de PM₁₀, mayo 2021



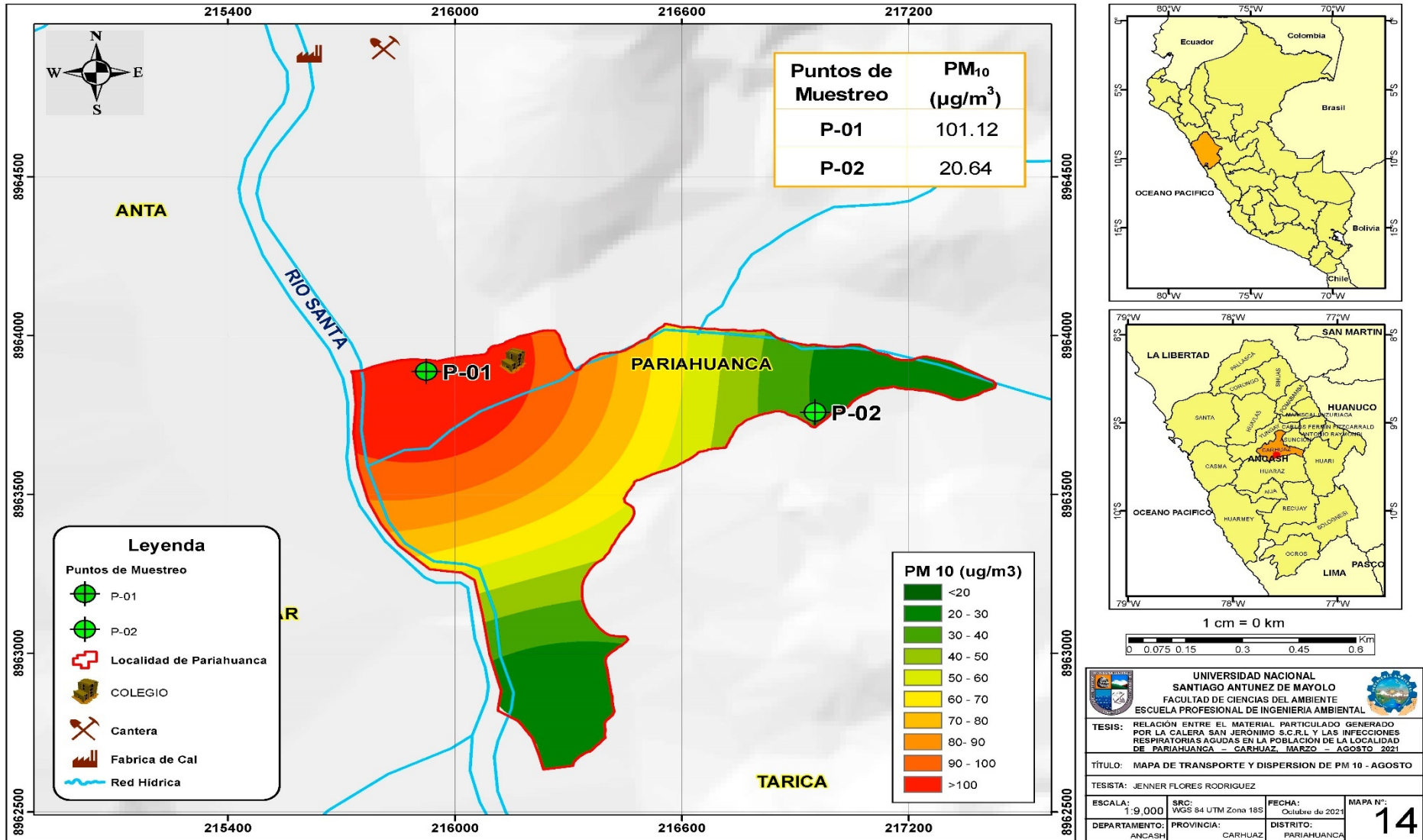
Mapa 12. Mapa de transporte y dispersión de PM₁₀, junio 2021



Mapa 13. Mapa de transporte y dispersión de PM₁₀, julio 2021



Mapa 14. Mapa de transporte y dispersión de PM₁₀, agosto 2021



4.5. Concentración de partículas en suspensión PM_{2,5} y PM₁₀ en cada punto de muestreo y las IRAs

Entre los pacientes diagnosticados con infecciones respiratorias agudas se hizo un conteo por mes del número total de pacientes atendidos en el “Puesto de Salud de Pariahuanca” con el principio de inclusión y exclusión correspondientes y se recolectó la información en una ficha de recolección de datos (Anexo 3). Se obtuvo el conteo de los meses de marzo a agosto del 2021 como se detalla enseguida:

Tabla 15

Número de pacientes con IRAs por mes y por estación (seca o lluviosa).

Mes	N° de Pacientes con IRAs	Estación	
Marzo	11	41	Lluviosa
Abril	13		
Mayo	17		
Junio	25	92	Seca
Julio	31		
Agosto	36		
Total	133		

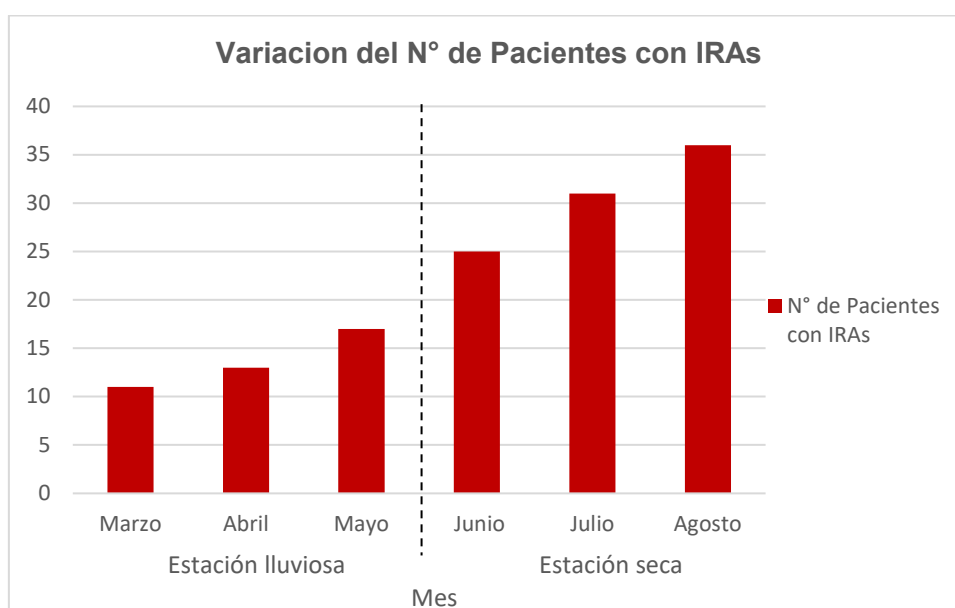


Gráfico 14. Variación del número de pacientes con respecto a los meses

Se realizó la comparación entre la cantidad de partículas en suspensión $PM_{2.5}$ y PM_{10} obtenido por cada punto de muestreo y el número de pacientes con infecciones respiratorias agudas para comenzar a visualizar si existe una correlación entre el material particulado generado por la calera San Gerónimo S.C.R.L y las IRAs en los residentes de la localidad de Pariahuanca. En los meses de junio, julio y agosto se presenta mayor incidencia de casos por día, teniendo de 1 a 2 casos diarios por IRAs.

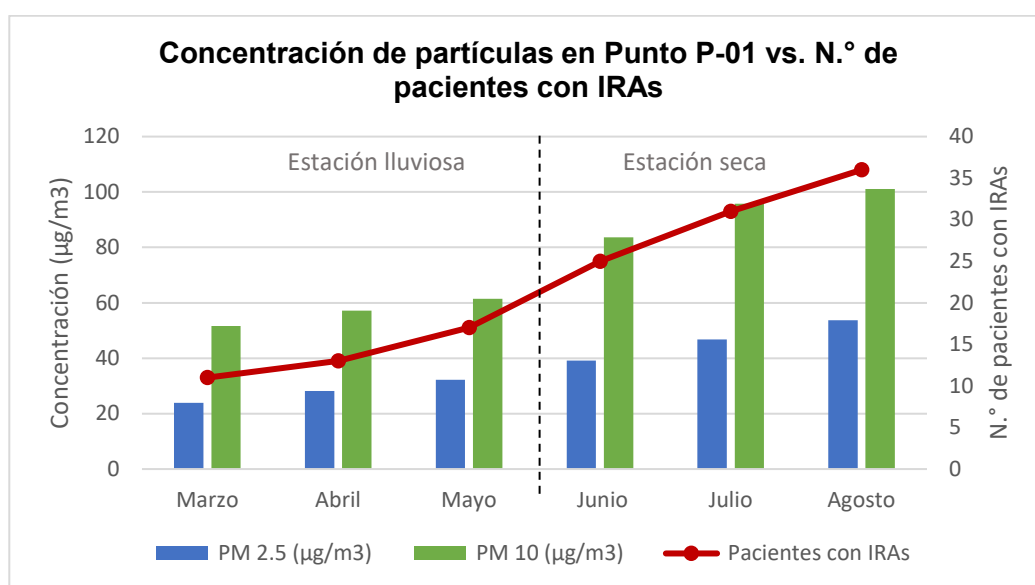


Gráfico 15. Relación entre la concentración de partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} en Punto P-01 y número de pacientes con IRAs

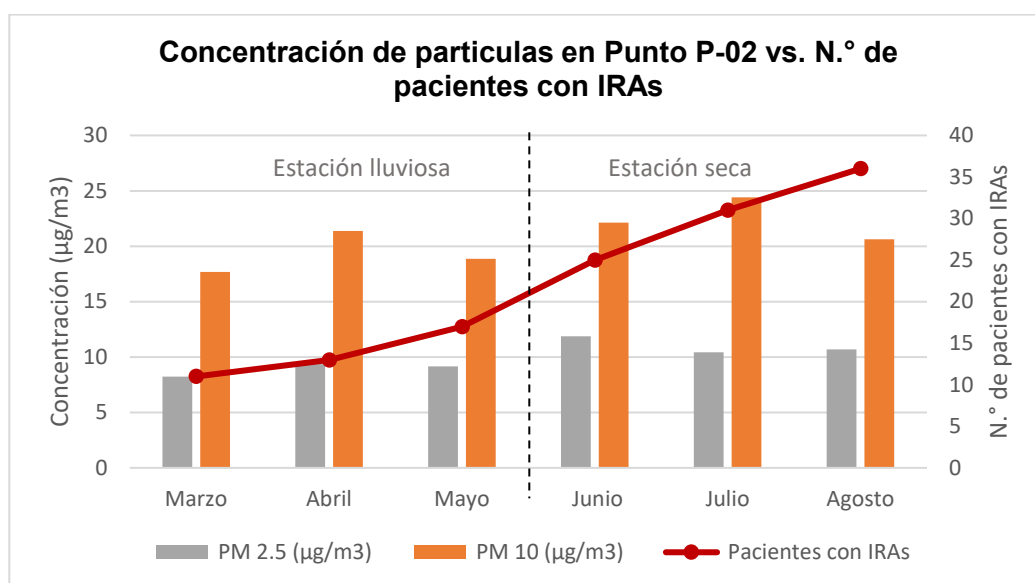


Gráfico 16. Relación entre la concentración de partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} en Punto P-02 y número de pacientes con IR

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Identificación de las actividades generadoras de emisiones de partículas de la calera San Gerónimo S.C.R.L.

Entre todas las actividades que se realiza para obtener cal, la que más genera partículas en suspensión es la actividad de la molienda de cal viva, donde la cal es depositada en molinos de martillos para su fragmentación y pulverización, la cual expulsa la cal pulverizada hacia la superficie, hasta formar cúmulos de 1.2 metros de altura. El tiempo que necesita una tonelada métrica para ser pulverizada es de aproximadamente 50 minutos, esta operación es la que está en constante funcionamiento durante todo el día y genera material muy fino. Esta actividad se realiza en patios techados con calaminas, pero que no cuentan con un cerco perimétrico.

Cabe mencionar que el transporte de vehículos pesados hacia la cantera y fábrica de cal en época seca también genera una cantidad considerable de material particulado.

También se puede observar una nube de partículas en suspensión al momento de la fractura de roca con explosivos, dicha actividad se lleva a cabo 1 o 2 veces a la semana.

5.2. Estimación de la calidad del aire en el pueblo de Pariahuanca respecto a las partículas suspendidas $PM_{2,5}$ y PM_{10}

De las concentraciones conseguidas en los muestreos y que se visualizan en las tablas 6 y 7 y los correspondientes gráficos 1 y 2 para partículas $PM_{2,5}$ y PM_{10} , podemos inferir:

De acuerdo la tabla 6 y el gráfico 1, respectivo a los muestreos realizados durante los meses de marzo a agosto del 2021, el aumento en la cantidad de partículas en suspensión $PM_{2,5}$ en el punto P-01 al pasar de los meses es considerable hasta llegar a valores que sobrepasan los estándares de calidad ambiental para aire. Si comparamos el resultado de los meses de julio y agosto, $46.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $53.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, con el ECA para aire en un tiempo de muestreo de 24 horas que equivale a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se obtiene uno de los valores un poco por debajo de este y otro por encima. Con respecto al punto P-02 la concentración de partículas $PM_{2,5}$ obtenidos están muy por debajo de los ECA para aire, valores que son en promedio $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De la tabla 7 y el gráfico 2, correspondiente a los muestreos realizados durante los meses de marzo a agosto del 2021, el incremento en la cantidad de partículas en suspensión PM_{10} en el punto P-01 al pasar de los meses es considerable hasta llegar a valores que sobrepasan los estándares de calidad ambiental para aire. Si comparamos el resultado de los meses de julio y agosto, $95.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $101.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, con el ECA para aire en un tiempo de muestreo de 24 horas que equivale a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se obtiene uno de los valores un poco por debajo de este y otro por encima. Con respecto al punto P-02 la concentración de partículas $PM_{2,5}$ obtenidos están muy por debajo de los ECA para aire, valores que son en promedio $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Con respecto a la época de muestreo lluviosa, la deposición húmeda hace que las partículas en suspensión se incorporen a las gotas de lluvia y sean depositados sobre superficies, por lo tanto, la contaminación atmosférica por partículas disminuye. Además, la lluvia ayuda a que no se genere polvo por el tránsito de vehículos pesados sobre la carretera y mantiene húmedas las superficies para que el viento no arrastre partículas.

De la época seca se deduce que la velocidad del viento aumenta considerablemente con respecto a la época lluviosa y hace posible que las partículas viajen en mayor concentración y mayores distancias.

Por lo tanto, la concentración de partículas en suspensión $PM_{2,5}$ y PM_{10} muestreados en los dos puntos del pueblo de Pariahuanca para un tiempo de 24 horas, muestra diferente comportamiento, en el punto P-01 la concentración de $PM_{2,5}$ y PM_{10} con el transcurrir del tiempo llega a niveles altos, superando en el mes de agosto el ECA para aire, el riesgo de exposición de los pobladores de Pariahuanca a este contaminante es alto, teniendo en cuenta la proximidad a este punto. Con respecto al punto P-02 las partículas $PM_{2,5}$ y PM_{10} con el transcurrir del tiempo se mantienen en concentraciones bajas y constantes, lo que significa que el riesgo de exposición de los pobladores de Pariahuanca a este contaminante es bajo, teniendo en cuenta la proximidad a este punto.

Si tenemos en cuenta las nuevas directrices de la OMS sobre la calidad del aire (setiembre del 2021) en el punto P-01 las concentraciones de partículas en suspensión $PM_{2,5}$ y PM_{10} superan por mucho los niveles mínimos permitidos en todos los meses que se realizó los monitoreos. Cabe señalar que para el punto P-02 las concentraciones de $PM_{2,5}$ y PM_{10} se mantienen por debajo de los niveles mínimos permitidos.

Por consiguiente, desde la perspectiva de la epidemiología ambiental y teniendo en cuenta los resultados de $PM_{2,5}$ y PM_{10} , podemos atribuir a estos contaminantes atmosféricos algunas afecciones a la salud que aquejan a los pobladores de la localidad de Pariahuanca y que son la causa de visita al centro de salud.

5.3. Análisis de las variables meteorológicas que influyen en el comportamiento de los contaminantes atmosféricos

Los parámetros meteorológicos y la concentración de partículas suspendidas en el aire se midieron simultáneamente en la misma estación de muestreo durante 24 horas consecutivas en el mismo día. Teniendo en cuenta que se realizó lo mismo una vez al mes durante 6 meses (de marzo a agosto

del 2021) para que la investigación sea más objetiva, Contando con una sola estación meteorológica debido al tamaño de la localidad de Pariahuanca. El proceder de los contaminantes atmosféricos esta sujeto al comportamiento de los parámetros meteorológicas, de tal manera se procedió a establecer relaciones simples entre las concentraciones de partículas y la temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento.

Como se muestran en los gráficos 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24 tendremos la información obtenida de los parámetros meteorológicos durante los meses de marzo a agosto del 2021 y las compararemos con las concentraciones de partículas en suspensión $PM_{2.5}$ y PM_{10} en nuestros 2 puntos de muestreo.

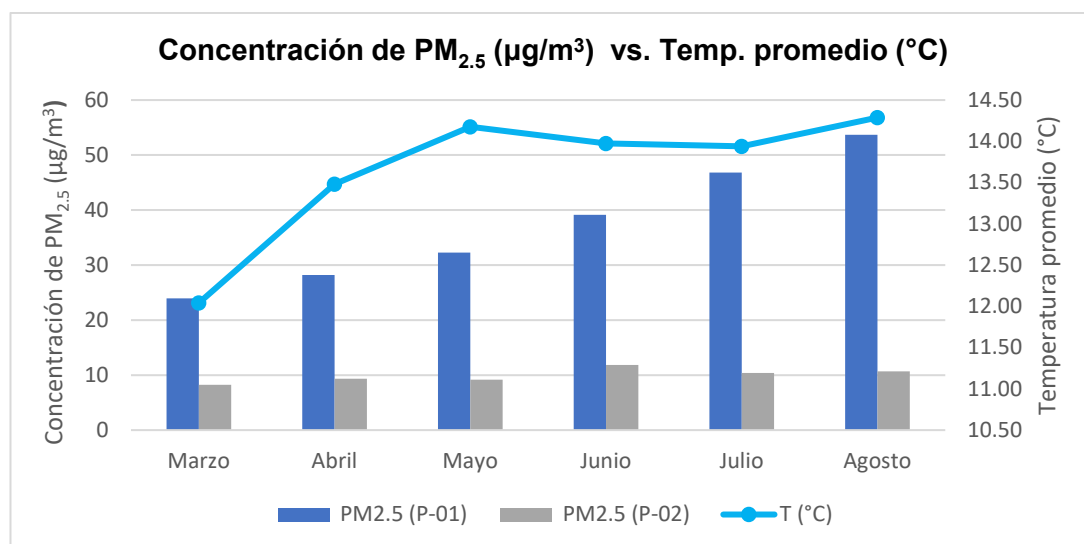


Gráfico 17. Relación entre la Concentración de $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) y Temperatura promedio ($^{\circ}C$)

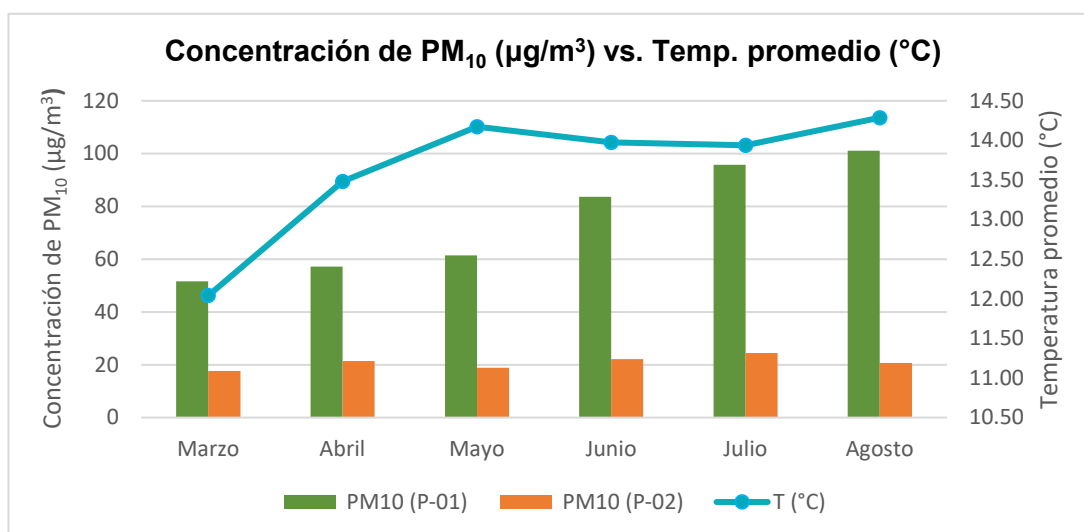


Gráfico 18. Relación entre la Concentración de PM_{10} ($\mu g/m^3$) y Temperatura promedio ($^{\circ}C$)

Como podemos observar en el gráfico 17 y 18, correspondientes a los meses de marzo a agosto del 2021, se encontró la siguiente relación: la cantidad de partículas en suspensión $PM_{2.5}$ y PM_{10} , de manera frecuente, sufrió una variación directa a la temperatura promedio, aumentando su concentración al ascender la temperatura al pasar de los meses en el punto P-01, pero en el punto P-02 no se observa ninguna relación. Este comportamiento nos da a entender que cuando la temperatura del aire se incrementa, se produce una mayor concentración del material particulado.

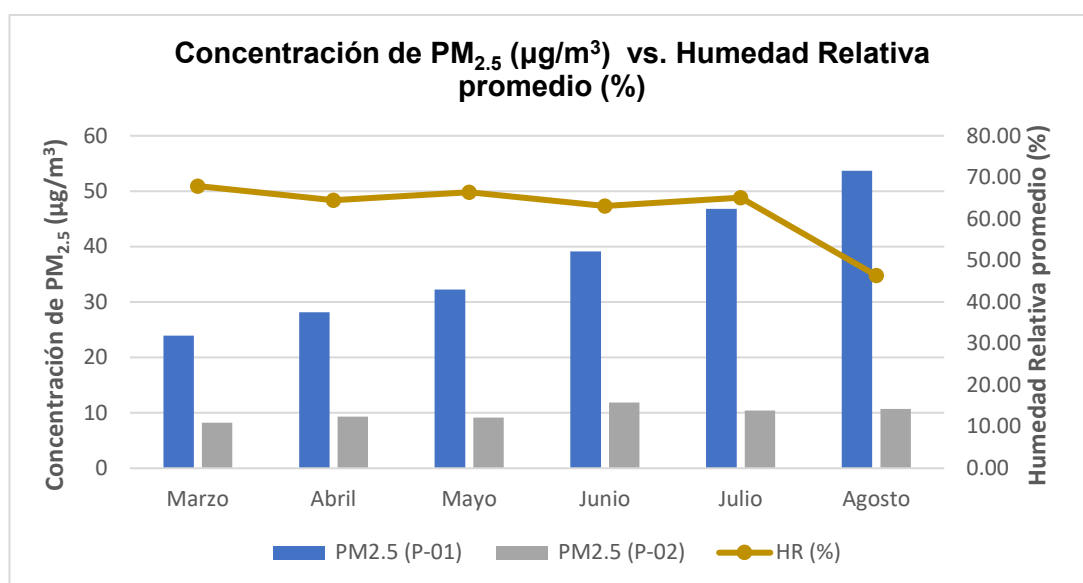


Gráfico 19. Relación entre la Concentración de $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) y Humedad Relativa promedio (%)

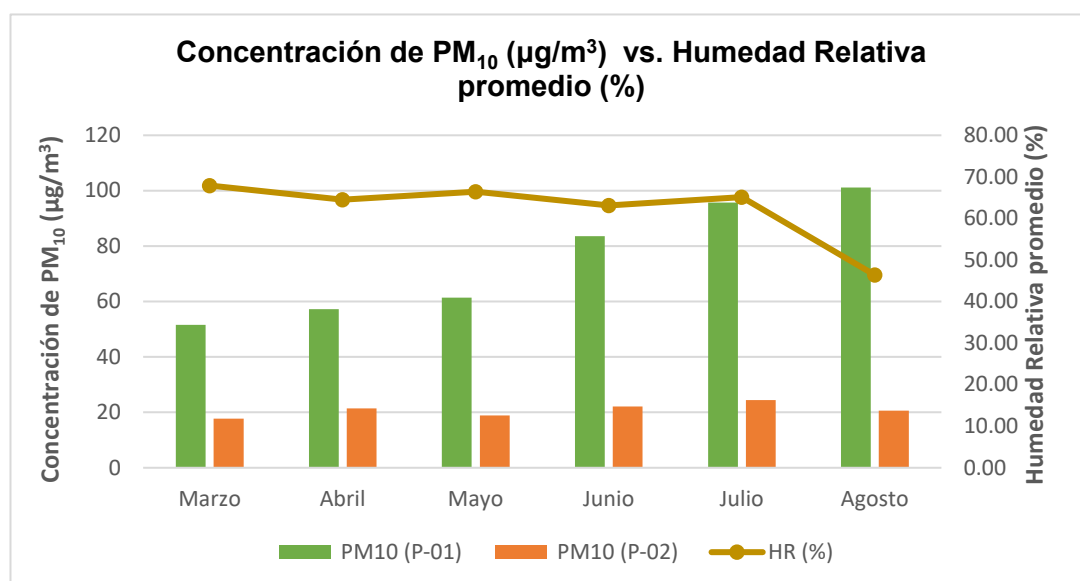


Gráfico 20. Relación entre la Concentración de PM_{10} ($\mu g/m^3$) y Humedad Relativa promedio (%)

Como podemos observar en el gráfico 19 y 20, correspondientes a los meses de marzo a agosto del 2021, se encontró la siguiente relación: la cantidad de partículas en suspensión $PM_{2.5}$ y PM_{10} , de un modo muy general, no experimenta alguna variación directa o inversa con la humedad relativa promedio, al pasar de los meses en punto P-01 ni el punto P-02. La humedad relativa tiene su importancia debido a que las partículas finas son bastante higroscópicas y pueden transformarse en compuestos más complejos y dañinos para la salud.

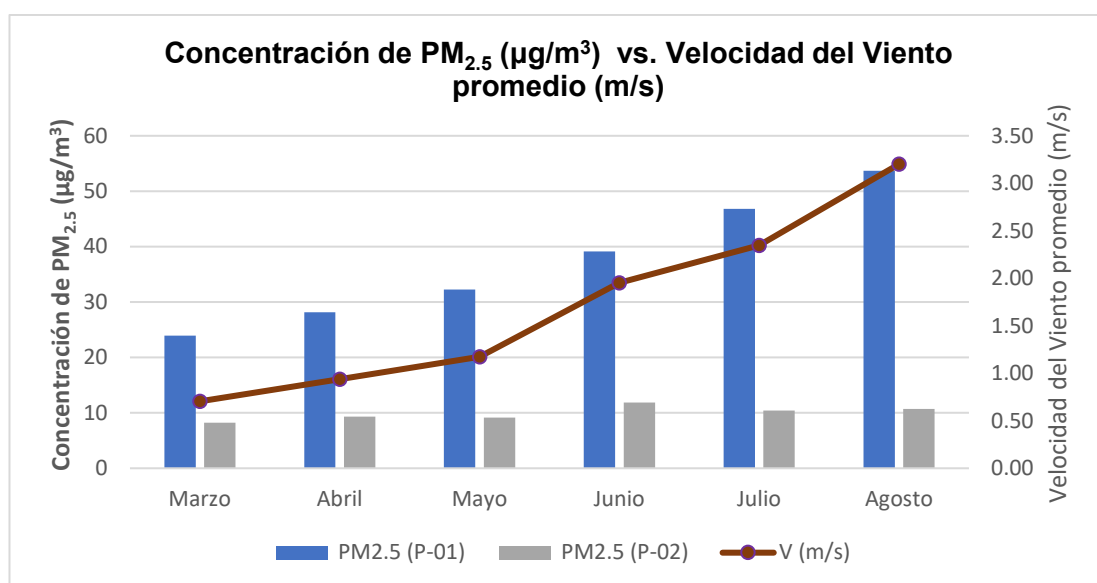


Gráfico 21. Relación entre la Concentración de $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) y Velocidad del Viento promedio (m/s)

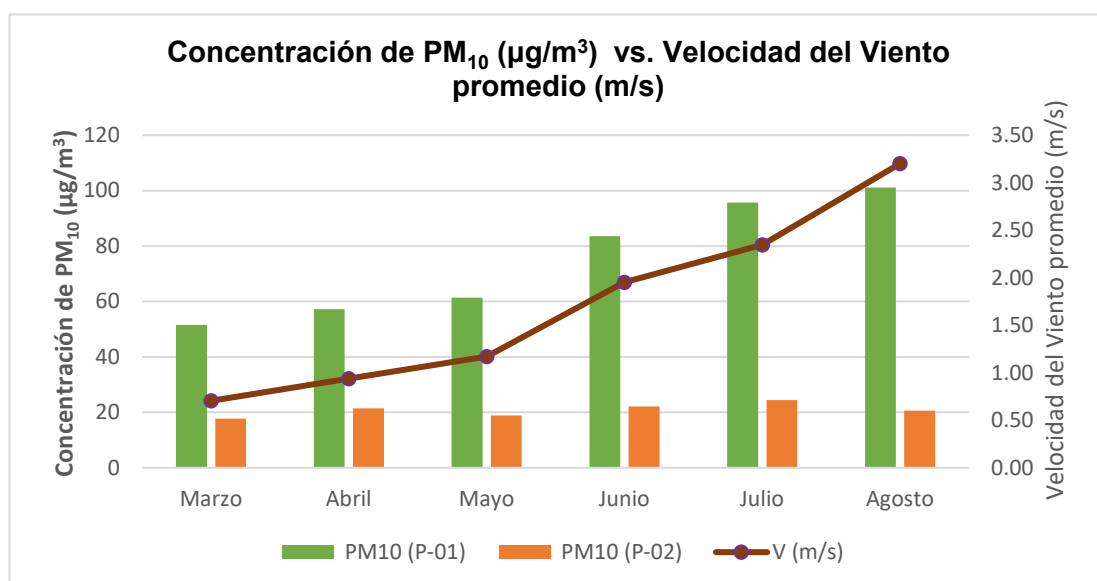


Gráfico 22. Relación entre la Concentración de PM_{10} ($\mu g/m^3$) y Velocidad del Viento promedio (m/s)

Como podemos observar en el gráfico 23 y 24, correspondientes a los meses de marzo a agosto del 2021, se encontró la siguiente relación: la cantidad de partículas en suspensión $PM_{2.5}$ y PM_{10} , de manera muy amplia, experimentó una variación directa a la velocidad del viento, aumentando su concentración al ascender la velocidad del viento al pasar de los meses en el punto P-01, pero en el punto P-02 no se observa ninguna relación. Esto significa que con el aumento de velocidad del viento llega más material particulado hacia el pueblo de Pariahuanca.

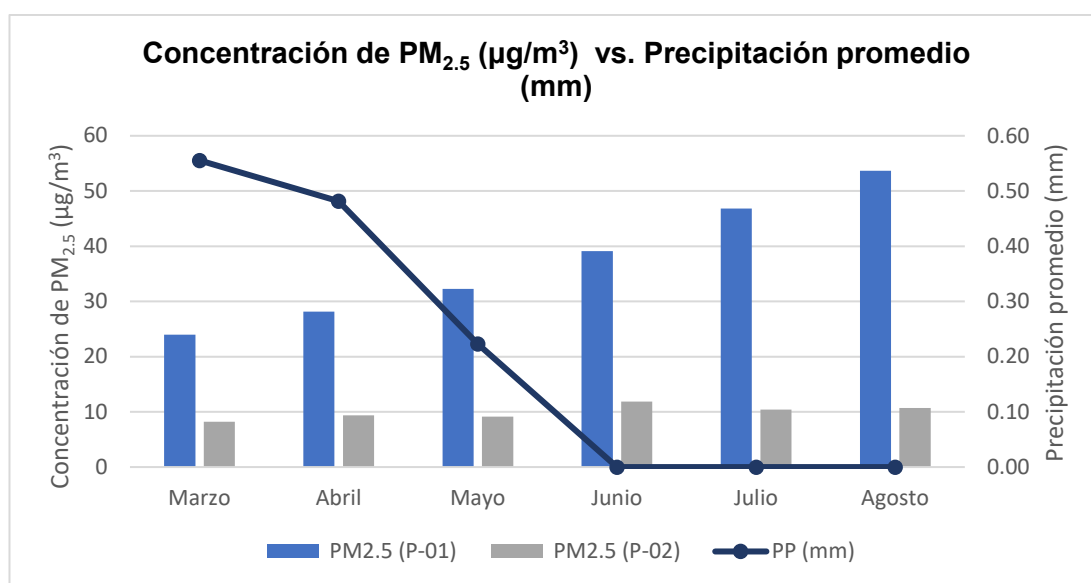


Gráfico 23. Relación entre la Concentración de $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) y Precipitación Pluvial promedio (mm)

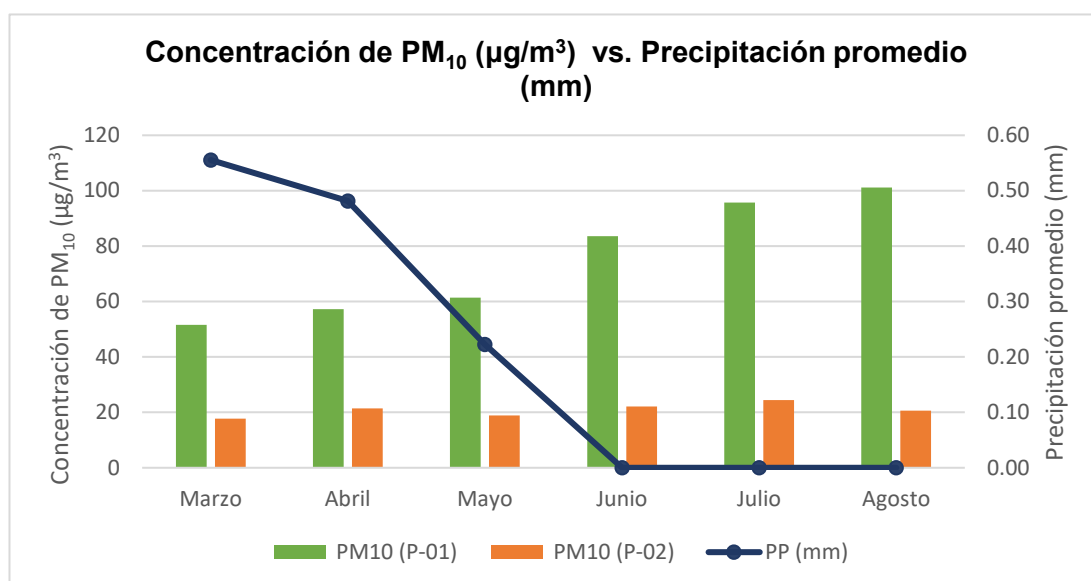


Gráfico 24. Relación entre la Concentración de PM_{10} ($\mu g/m^3$) y Precipitación Pluvial promedio (mm)

Como podemos observar en el gráfico 25 y 26, correspondientes a los meses de marzo a agosto del 2021, se encontró la siguiente relación: la cantidad de partículas en suspensión $PM_{2,5}$ y PM_{10} , de manera muy amplia, experimentó una variación inversa a la precipitación pluvial promedio, aumentando su concentración al descender la precipitación pluvial al pasar de los meses en el punto P-01, pero en el punto P-02 no se observa ninguna relación. Esto significa que con la precipitación hay mayor deposición húmeda y por lo tanto menos partículas suspendidas en la atmósfera.

En lo referente a la dirección de viento, según la rosa de los vientos en los gráficos 8, 9, 10, 11, 12 y 13, se advierte que: el viento dominante se origina en una dirección de 293 grados (vector resultante), representando el 95% de todos los datos generados durante el mes de marzo, 293 grados (vector de resultado) representan el 93% de toda la información registrada durante el mes de abril, 295 grados (vector de resultado) representan el 94% de todos los datos generados durante el mes de mayo y 334 grados (vector de resultado) representan el 93% de todos datos registrados durante el mes de junio, 300 grados (vector resultante) representa el 83% de todos los datos generados durante el mes de julio, 294 grados (vector generado) representa el 86% de todos los datos registrados durante el mes de agosto.

Entre 292.5 grados y 337.5 grados de dirección de origen se emplea el término de Noroeste para referirnos al lugar de donde proviene el viento. Nuestros datos fluctuaron de direcciones entre norte y oeste en el periodo de marzo a agosto del 2021.

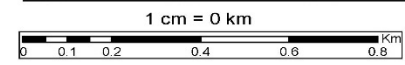
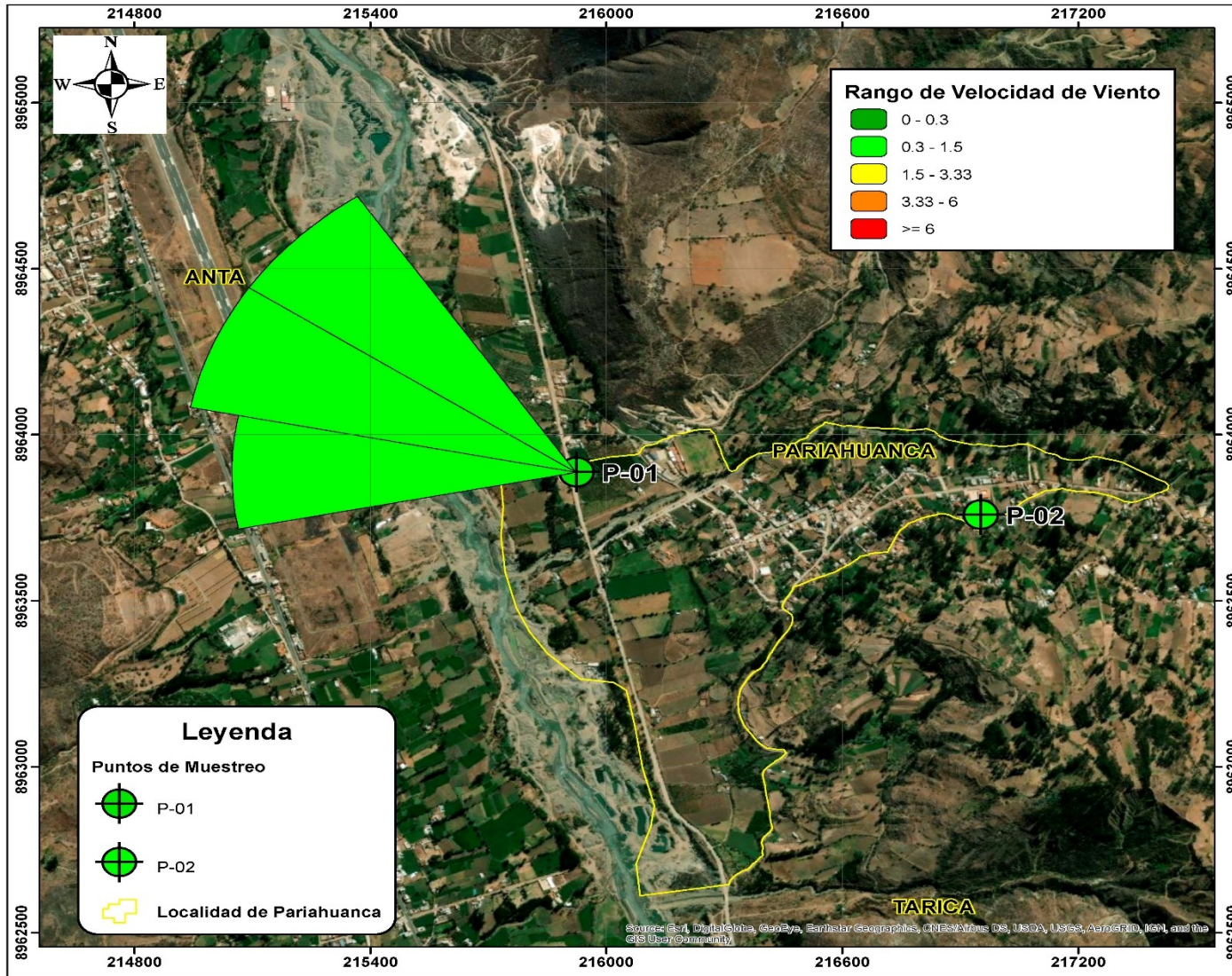
Con respecto a la velocidad de viento, según la distribución de frecuencia de velocidades de viento en los gráficos 8, 9, 10, 11, 12 y 13, se aprecia que:

- En el mes de marzo las velocidades comprendidas entre 0.3 y 1.5 m/s representaron el 100 % y son clasificadas como ventolina.
- En el mes de abril las velocidades comprendidas entre 0,3 y 1,5 m/s representaron el 100 % y son clasificadas como ventolina.

- En el mes de mayo las velocidades comprendidas entre 0.3 y 1.5 m/s representaron el 75 % y un 25 % velocidades comprendidas entre 1.5 y 3.3 m/s, siendo clasificadas como ventolina y viento suave respectivamente,
- En el mes de junio las velocidades comprendidas entre 0.3 y 1.5 m/s representaron el 41.7 % y un 58.3 % velocidades comprendidas entre 1.5 y 3.3 m/s, siendo clasificadas como ventolina y viento suave respectivamente,
- En el mes de julio las velocidades comprendidas entre 0.3 y 1.5 m/s representaron el 33.3 %, un 37.5 % velocidades comprendidas entre 1.5 y 3.3 m/s y un 29.2 % velocidades comprendidas entre 3.3 y 6 m/s, siendo clasificadas como ventolina, viento suave y viento leve respectivamente,
- En el mes de agosto las velocidades comprendidas entre 0.3 y 1.5 m/s representaron el 25 %, un 33.3 % velocidades comprendidas entre 1.5 y 3.3 m/s, un 29.2 % velocidades comprendidas entre 3.3 y 6 m/s y un 12.5 % velocidades comprendidas entre 6 y 8 m/s, siendo clasificadas como ventolina, viento suave, viento leve y viento moderado respectivamente.

A continuación, se presentan mapas que fueron elaborados a partir de la rosa de los vientos obtenidas desde marzo hasta agosto del 2021 sobre la imagen satelital del pueblo de Pariahuanca y su entorno, para la mejor visualización del comportamiento del viento y los obstáculos naturales que existen.

Mapa 15. Mapa de rosa de los vientos, marzo 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS: RELACIÓN ENTRE EL MATERIAL PARTICULADO GENERADO POR LA CALERA SAN JERÓNIMO S.C.R.L Y LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS EN LA POBLACIÓN DE LA LOCALIDAD DE PARIAHUANCA - CARHUAZ, MARZO - AGOSTO 2021

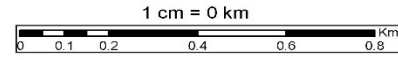
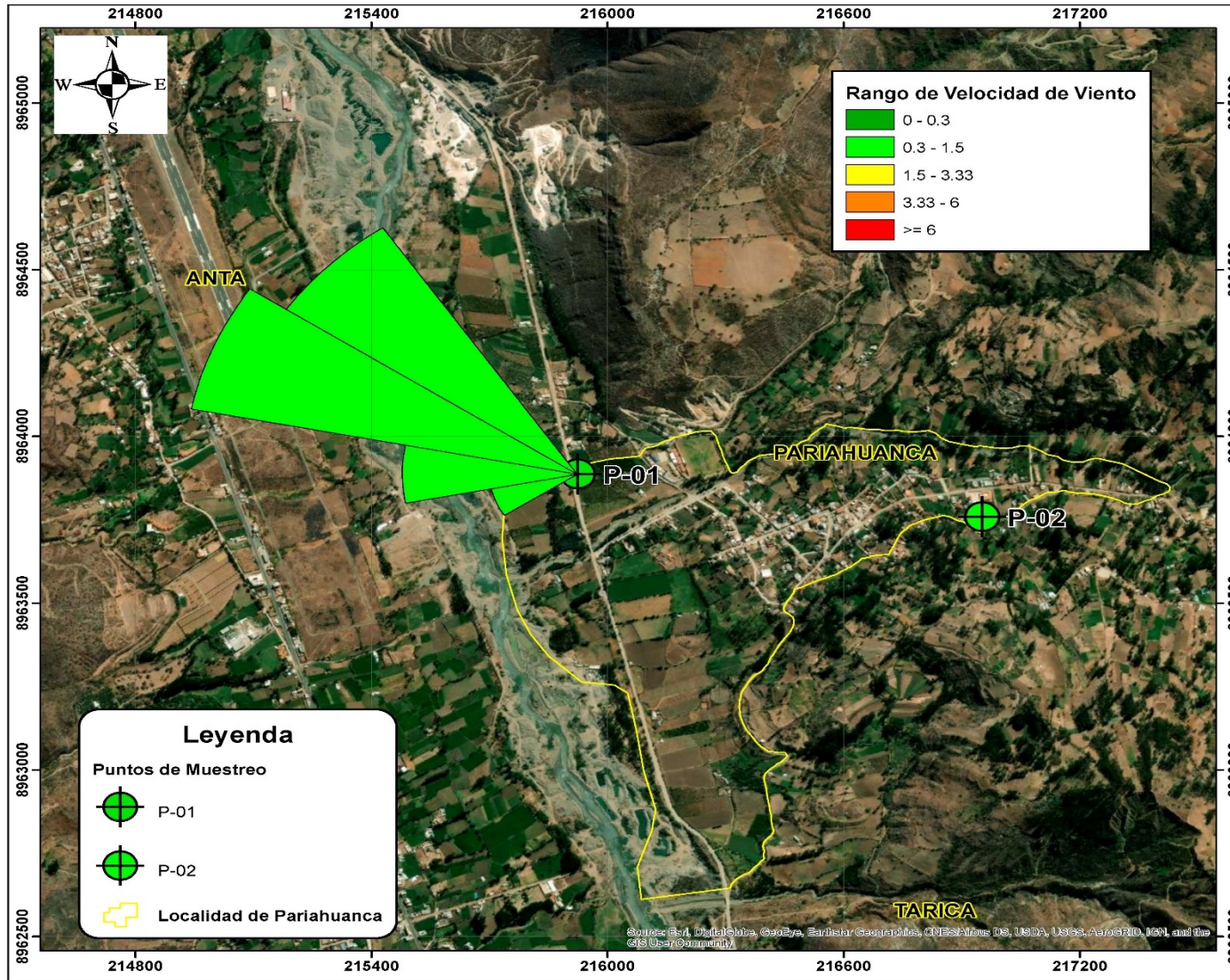
TÍTULO: MAPA DE ROSA DE VIENTO - MARZO

TESISTA: JENNER FLORES RODRIGUEZ

ESCALA: 1:10000	SRC: WGS 84 UTM Zona 18S	FECHA: Octubre de 2021	MAPA N°: 15
DEPARTAMENTO: ANCASH	PROVINCIA: CARHUAZ	DISTRITO: PARIAHUANCA	



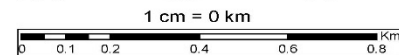
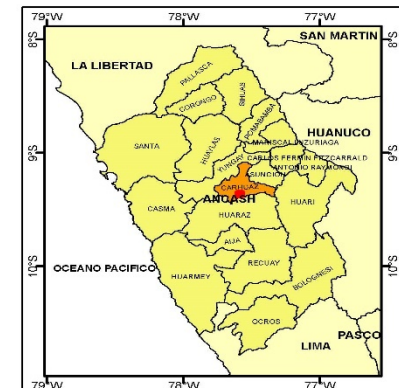
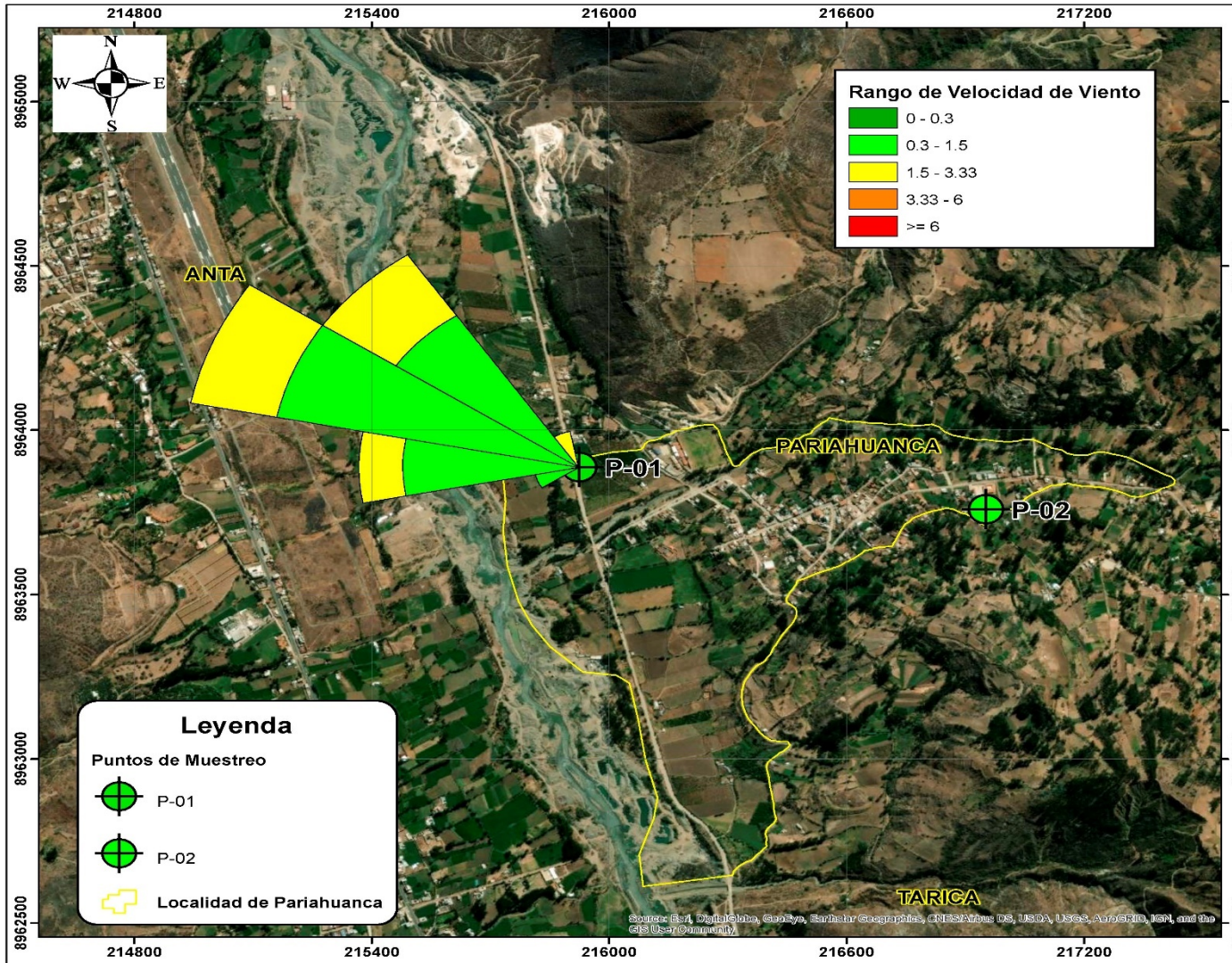
Mapa 16. Mapa de rosa de los vientos, abril 2021



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL</p>			
<p>TESIS: RELACION ENTRE EL MATERIAL PARTICULADO GENERADO POR LA GALERA SAN JERONIMO S.C.R.L Y LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS EN LA POBLACION DE LA LOCALIDAD DE PARIAHUANCA - CARHUJAZ, MARZO - AGOSTO 2021</p>			
<p>TITULO: MAPA DE ROSA DE VIENTO - ABRIL</p>			
<p>TESISTA: JENNER FLORES RODRIGUEZ</p>			
<p>ESCALA: 1:10000</p>	<p>SRC: WGS 84 UTM Zona 18S</p>	<p>FECHA: Octubre de 2021</p>	<p>MAPA N°: 16</p>
<p>DEPARTAMENTO: ANCASH</p>	<p>PROVINCIA: CARHUJAZ</p>	<p>DISTRITO: PARIAHUANCA</p>	



Mapa 17. Mapa de rosa de los vientos, mayo 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TESIS: RELACION ENTRE EL MATERIAL PARTICULADO GENERADO POR LA CALERA SAN JERONIMO S.C.R.L Y LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS EN LA POBLACION DE LA LOCALIDAD DE PARIAHUANCA - CARHUAZ, MARZO - AGOSTO 2021

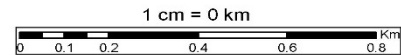
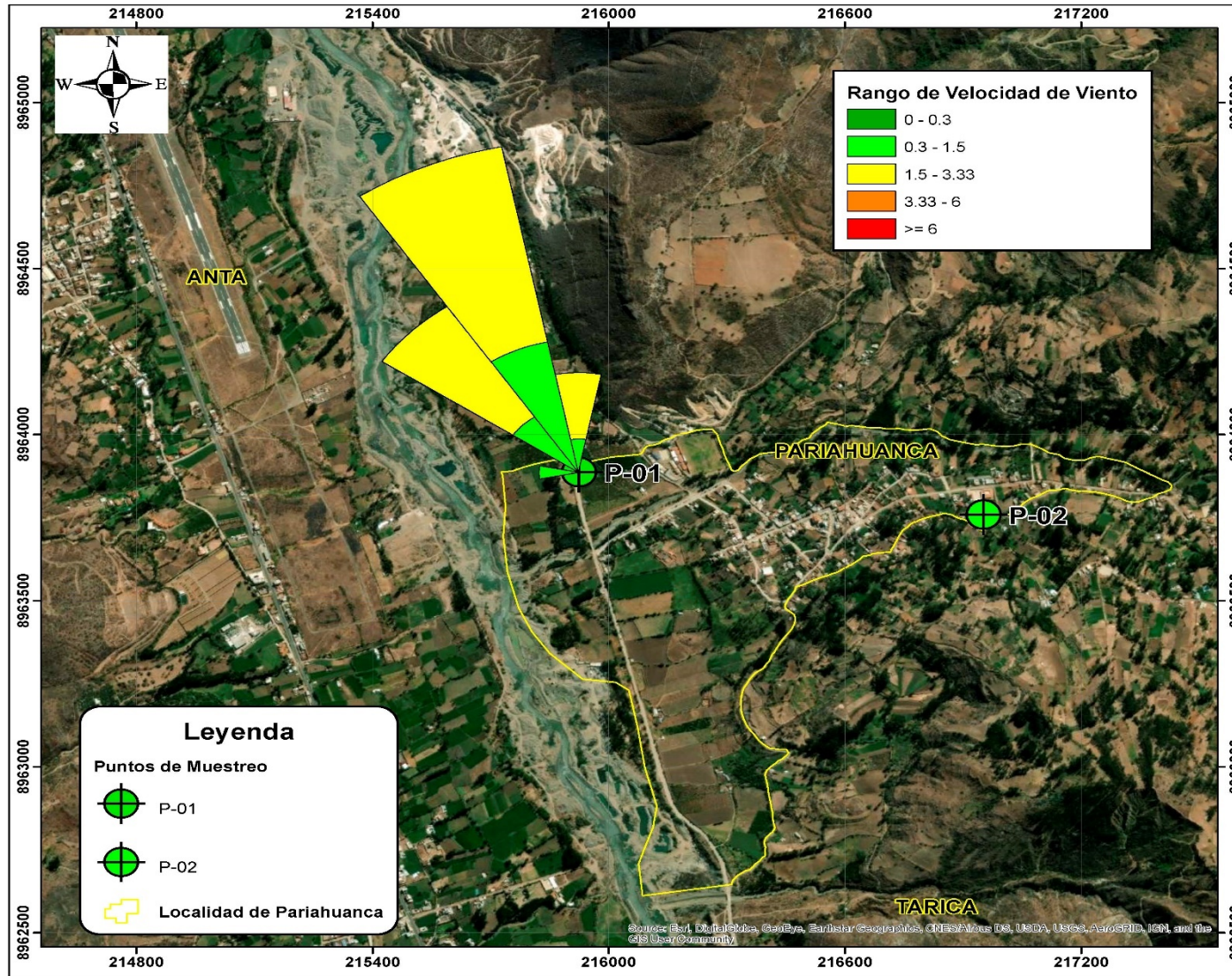
TÍTULO: MAPA DE ROSA DE VIENTO - MAYO

TESISTA: JENNER FLORES RODRIGUEZ

ESCALA: 1:10000	SRC: WGS 84 UTM Zona 18S	FECHA: Octubre de 2021	MAPA N°: 17
DEPARTAMENTO: ANCASH	PROVINCIA: CARHUAZ	DISTRITO: PARIAHUANCA	



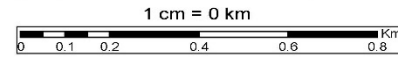
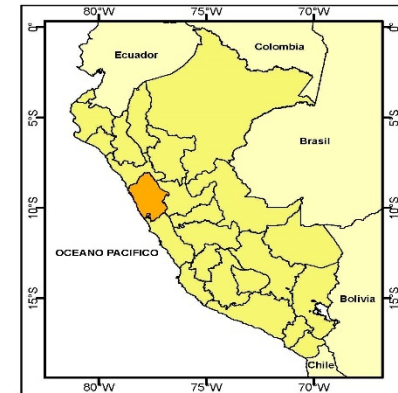
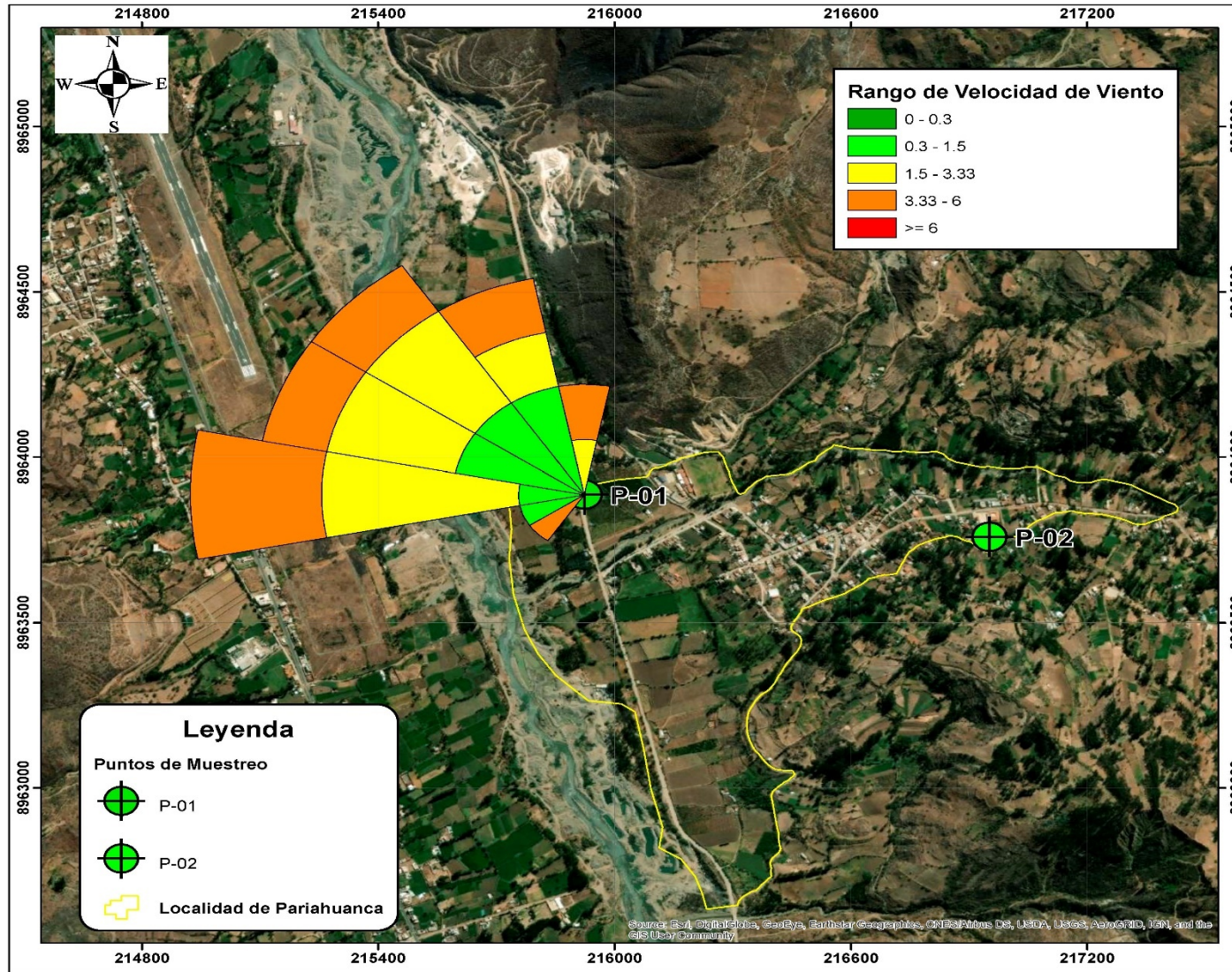
Mapa 18. Mapa de rosa de los vientos, junio 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
TESIS: RELACION ENTRE EL MATERIAL PARTICULADO GENERADO POR LA GALERA SAN JERÓNIMO S.C.R.L Y LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS EN LA POBLACIÓN DE LA LOCALIDAD DE PARIHUANCA - CARHUAZ, MARZO - AGOSTO 2021			
TÍTULO: MAPA DE ROSA DE VIENTO - JUNIO			
TESISTA: JENNER FLORES RODRIGUEZ			
ESCALA: 1:10000	SRC: WGS 84 UTM Zona 18S	FECHA: Octubre de 2021	MAPA N°: 18
DEPARTAMENTO: ANCASH	PROVINCIA: CARHUAZ	DISTRITO: PARIHUANCA	



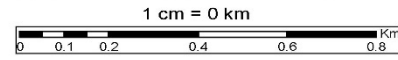
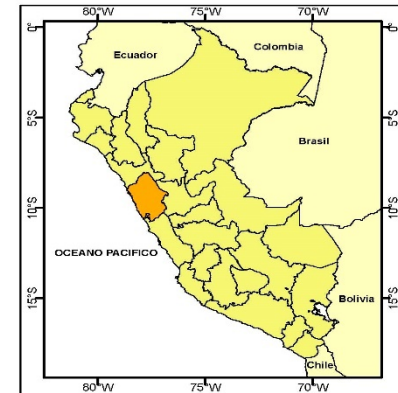
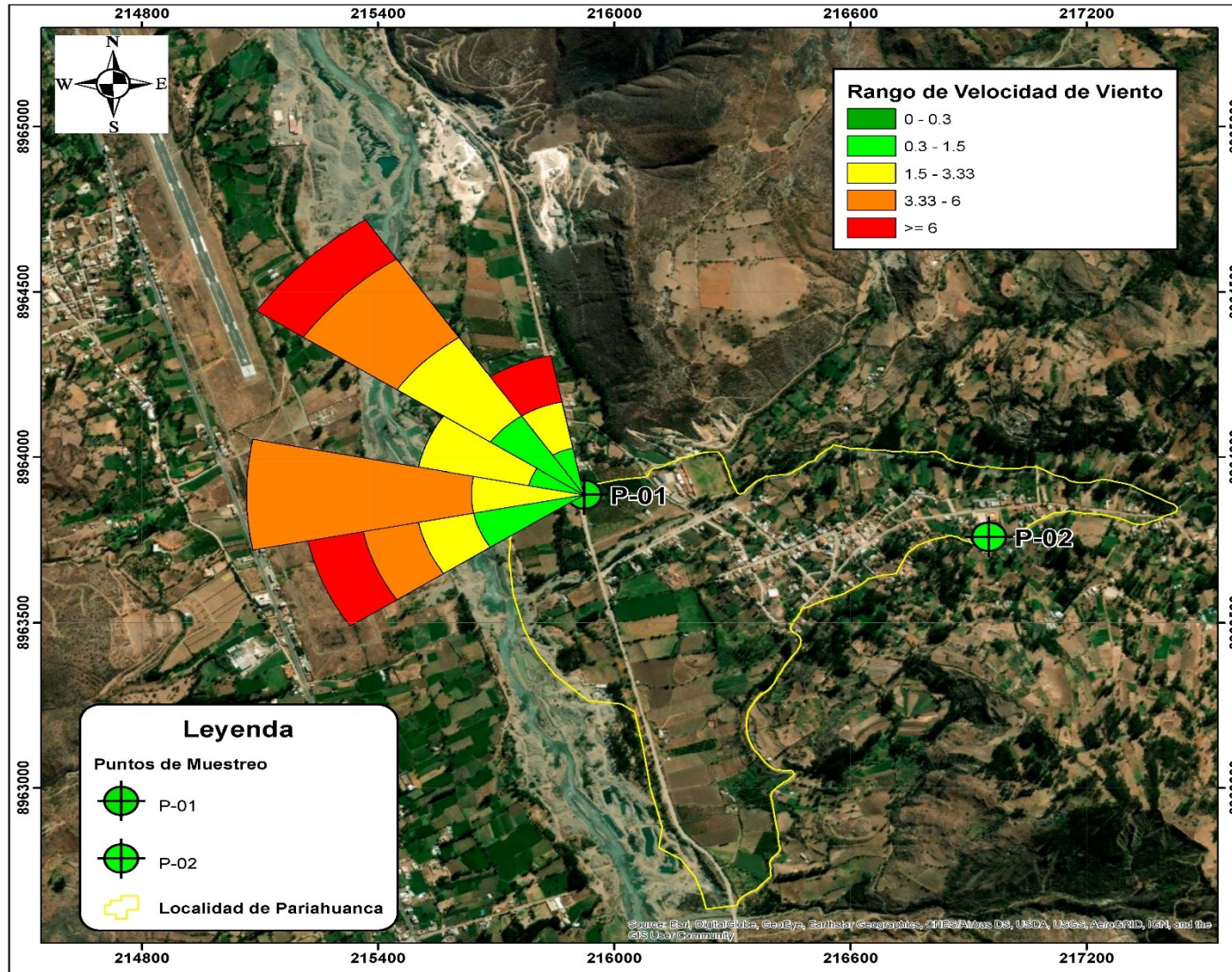
Mapa 19. Mapa de rosa de los vientos, julio 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
TESIS: RELACIÓN ENTRE EL MATERIAL PARTICULADO GENERADO POR LA CALERA SAN JERÓNIMO S.C.R.L Y LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS EN LA POBLACIÓN DE LA LOCALIDAD DE PARIHUANCA - CARHUAZ, MARZO - AGOSTO 2021			
TÍTULO: MAPA DE ROSA DE VIENTO - JULIO			
TESISTA: JENNER FLORES RODRIGUEZ			
ESCALA: 1:10000	SRC: WGS 84 UTM Zona 18S	FECHA: Octubre de 2021	MAPA N°: 19
DEPARTAMENTO: ANCASH	PROVINCIA: CARHUAZ	DISTRITO: PARIHUANCA	



Mapa 20. Mapa de rosa de los vientos, agosto 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TESIS: RELACION ENTRE EL MATERIAL PARTICULADO GENERADO POR LA CALERA SAN JERONIMO S.C.R.L Y LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS EN LA POBLACION DE LA LOCALIDAD DE PARIHUANCA - CARHUAZ, MARZO - AGOSTO 2021

TÍTULO: MAPA DE ROSA DE VIENTO - AGOSTO

TESISTA: JENNER FLORES RODRIGUEZ

ESCALA: 1:10000	SRC: WGS 84 UTM Zona 18S	FECHA: Octubre de 2021	MAPA N°: 20
DEPARTAMENTO: ANCASH	PROVINCIA: CARHUAZ	DISTRITO: PARIHUANCA	



5.4. Análisis del modelado de transporte y dispersión de material particulado

En primer lugar, se pudo observar que la dirección del viento predominante es la que viene del noroeste, con su origen en la dirección de 300 grados (vector resultante) en promedio, lo que nos hace corroborar que el material particulado que muestreamos en el pueblo de Pariahuanca proviene de las actividades de la calera.

En segundo lugar, en el modelado la cantidad de partículas en suspensión $PM_{2,5}$ y PM_{10} fue variable en los dos puntos de muestreo del pueblo de Pariahuanca. La mayor concentración la observamos en el punto P-01 y la menor en el punto P-02, esto debido a la proximidad del punto P-01 a la calera y por los accidentes geográficos de la zona (cerro entre la calera y el punto P-02) respectivamente.

Finalmente, se obtuvo en el modelado que la concentración del contaminante va aumentando en el punto P-01 a medida que van pasando los meses, puesto que la velocidad del viento aumenta progresivamente de marzo a agosto, por consiguiente, hay mayor arrastre de material particulado de la calera hacia el pueblo de Pariahuanca. Cabe señalar también que la precipitación que existe de marzo a mayo disminuye notablemente y esto hace que aumente el material particulado suspendido, esto debido a que como ya sabemos el agua de lluvia arrastra las partículas suspendidas hacia superficies, además de evitar que se levante polvo por el intenso tránsito de vehículos pesados.

5.5. Correlación entre la concentración de partículas en suspensión $PM_{2,5}$ y PM_{10} en cada punto de muestreo y las IRAs

A fin de contrastar la hipótesis, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (Anexo 2), obteniendo los siguientes resultados:

Para el punto P-01:

Como $p = 0 < 0,05$, por lo tanto, existe relación significativa entre las partículas en suspensión ($PM_{2,5}$) generado por la calera “San Gerónimo S.C.R.L.” y las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) en los habitantes de

la localidad de Pariahuanca. Esta relación es directa, es decir, a mayor generación de material particulado mayor cantidad de pobladores con IRAs, además la relación es muy alta ($r_{(4)} = 0.996$).

Como $p = 0 < 0,05$, por lo tanto, existe relación significativa entre las partículas en suspensión (PM_{10}) generado por la calera “San Gerónimo S.C.R.L.” y las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) en los habitantes de la localidad de Pariahuanca. Esta relación es directa, es decir, a mayor generación de material particulado mayor cantidad de pobladores con IRAs, además la relación es muy alta ($r_{(4)} = 0.993$)

Para el punto P-02:

Como $p = 0,093 > 0,05$, por lo tanto, no existe relación significativa entre el material particulado ($PM_{2.5}$) generado por la calera “San Gerónimo S.C.R.L.” y las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) en los habitantes de la localidad de Pariahuanca.

Como $p = 0,205 > 0,05$, por lo tanto, no existe relación significativa entre las partículas en suspensión (PM_{10}) generado por la calera “San Gerónimo S.C.R.L.” y las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) en los habitantes de la localidad de Pariahuanca.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.6. Conclusiones

- De acuerdo con el resultado estadístico de correlación de Pearson, la concentración de partículas en suspensión ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) tiene una relación directa muy alta con los casos de infecciones respiratorias agudas en los habitantes de la localidad de Pariahuanca, en los meses de marzo a agosto del 2021, al 95 % de confianza, dado que $p < 0,05$.
- De las actividades generadoras de emisiones de partículas de la calera San Gerónimo S.C.R.L. se determinó que la que genera mayor cantidad de partículas en suspensión es la molienda de la cal viva, ya que este producto se pulveriza prácticamente al aire libre.
- La cantidad de partículas en suspensión ($PM_{2.5}$ y PM_{10}), determinados en los meses de marzo a agosto del 2021 en la localidad de Pariahuanca, con respecto al punto de muestreo P-01, alcanzaron valores altos en el mes de agosto en equiparación a los estándares de calidad para aire; en cuanto al punto de muestreo P-02 los valores de partículas suspendidas en el aire fueron bajos y constantes en equiparación a los ECAs para aire.
- La concentración de partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} en el pueblo de Pariahuanca están directamente relacionadas con la velocidad y dirección del viento,

de acuerdo a los resultados conseguidos, los meses con mayores concentraciones de partículas encontradas son los meses de junio, julio y agosto, los cuales pertenecen a la época seca de la zona, donde el aumenta la velocidad del viento. Cabe destacar que en la época lluviosa de marzo a mayo la deposición húmeda permite que el material en suspensión se deposite sobre superficies, además de mantener carreteras y sitios de acumulación de polvo mojados, evitando el transporte y dispersión del mismo.

- El modelado de transporte y dispersión de partículas desde la calera San Gerónimo S.C.R.L hacia la localidad de Pariahuanca nos ayuda a entender que no solo las variables meteorológicas son determinantes en el comportamiento del material particulado, sino también los accidentes geográficos de la zona. Esto se demuestra en la variación de la concentración en nuestros 2 puntos de muestreo, donde el viento no encuentra impedimento para transportar el material particulado desde la calera hacia el punto P-01, en cambio el material particulado no llega en gran cantidad al punto P-02 debido a que hay un cerro de aproximadamente 200 metros de altitud que impide que las corrientes de viento lleguen a esta ubicación.

5.7. Recomendaciones

Para disminuir y controlar la generación de partículas en suspensión de la calera San Gerónimo S.C.R.L. se recomienda la implementación de medidas de reingeniería en sus actividades, como:

- Empleo de captadores de polvo en la perforación de la roca madre.
- Irrigación constante de áreas de trabajo, botaderos, caminos de acceso para movilización de volquetas y palas mecánicas.
- Los caminos de acceso, como carreteras o trochas tienen que estar en mantenimiento constante con el propósito de evitar el levantamiento de polvos. De ser factible compactación y asfaltado de la vía de acceso.

- Se deberá mantener velocidades medidas al momento de la conducción de vehículos, para ello hacer uso de infografías con velocidades máximas de manejo. Con el fin de evitar el levantamiento de polvo.
- Instalación de cortinas rompevientos para disminuir la erosión eólica del suelo y conservar la humedad del mismo.
- El área de molienda y envasado debe ser un lugar cerrado (con paredes y techo).
- Revegetación de áreas disturbadas en las etapas extractiva y de beneficio de la calera.

Para reducir el riesgo de la población de exposición a la contaminación por material suspendido, generado por la calera San Gerónimo S.C.R.L, es necesario reubicar la fábrica de cal en un sector alejado de la población; debido a que solo 900 metros separan las actividades de la calera de la población, debemos tener en cuenta que el colegio del pueblo de Pariahuanca donde estudian 180 niños es uno de los lugares más cercanos a la calera y más expuesto a la contaminación.

Recordar a la Dirección Regional de Energía, Minas e Hidrocarburos de la región Áncash ser vigilantes en el cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables para actividades mineras no metálicas.

A las autoridades locales y al centro de salud de Pariahuanca se le recomienda establecer reuniones con los propietarios de la calera para hacerle llegar la problemática ambiental existente y poder tomar las medidas que correspondan.

Implementación en la localidad de Pariahuanca de comités de monitoreo y vigilancia ambiental, para vigilar el entorno del pueblo y la biodiversidad que pueden ser afectados por la actividad minera no metálica.

A la Facultad de Ciencias del Ambiente de la UNASAM, se le recomienda incluir en el plan de estudios como curso obligatorio "Epidemiología Ambiental", debido a que el ser humano se encuentra expuesto involuntariamente a contaminantes ambientales fuera del ámbito

laboral, estos son nocivos para la salud humana, por lo que debe entenderse académicamente y estudiar las razones de esta interacción.

Se recomienda que dichos estudios continúen evaluando con mayor precisión el impacto de los contaminantes atmosféricos en la aparición de enfermedades respiratorias mediante la creación de un equipo multidisciplinario de expertos en salud y calidad del aire.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Acevedo, H., & Guerra, R. (2005). *Factibilidad técnica y económica de la explotación de un yacimiento de Caliza en la Región Metropolitana de Santiago*.
- Amable Álvarez, I., Bello Rodríguez, B., Benítez Fuentes, B., Escobar Blanco, L., Méndez Martínez, J., & Zamora Monzón, R. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Revista Médica Electrónica Scielo*, 1160-1170.
- Andrews, D. (2010). *Introducción a la Física de la Atmósfera*. Nueva York: Phisica Cambridge University Press.
- Arias Odón, F. (2012). *El proyecto de inversión (6ta ed.)*. Caracas: Editorial Episteme.
- Asociación de Exportadores (ADEX). (2014). *Repunte de beneficios económicos de la minería no metálica en el Perú*.
- Asociación para la prevención de enfermedades. (2019). *Grupos en situación de vulnerabilidad*.
- Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. (2010). *Plan municipal de gestión de la calidad de aire de Vitoria-Gasteiz*. 16 - 18.
- Belalcázar Franco, M. (2020). *Evaluación de la calidad del aire en el casco urbano del municipio de Vijes - Valle del Cauca*. Universidad Autónoma de Occidente.
- Cabrera Díaz, J. (2019). *Material particulado 2.5 micrómetros (μm) y la morbilidad respiratoria en los habitantes de Santa Luzmila en el distrito de Comas*.
- Carmona Hernández, J. C. (2012). *Infección respiratoria aguda en relación con la contaminación atmosférica*. *Archivos de Medicina*.
- Cooperación Mycal. (2018). *Principales usos y aplicaciones de la cal en la industria y el ambiente*.
- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias*. *Ministerio del Ambiente - Perú*.
- Decreto Supremo N° 10-2019-MINAM. (2019). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire*. *Ministerio del Ambiente*.
- Dirección General de Desarrollo Minero de México. (2019). *Perfil de mercado de la caliza*.
- Gobierno del Perú. (1993). *Constitución Política del Perú*. Lima.

- Goldizen, F., Sly, P., & Knibbs, L. (2016). Respiratory effects of air pollution on children. *Pediatr Pulmonol*.
- Grupo de Trabajo Multisectorial - Preparación del Ministerio del Ambiente. (2008). *Diagnóstico ambiental del Perú*. Lima.
- Guerrero Hernandez, C. (2001). Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña.
- Hernández Jatib, N., Ulloa Carcasés, M., Almaguer Carmenate, Y., & Rosario Ferrer, Y. (2014). *Evaluación ambiental asociada a la explotación del yacimiento de materiales de construcción la Inagua, Guantánamo, Cuba*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2019). Glosario Meteorológico.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC]. (2014). Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM.
- Ley N.º 27651. (2002). *Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal*.
- Ley N° 27446. (2009). Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. *Ministerio del Ambiente*.
- Ley N° 28611. (2017). Ley General del Ambiente. *Ministerio del Ambiente - Perú*.
- Martinez Molina, G. (2018). denominada Impacto ambiental producido por la calera "J&S Hermanos" en la calidad del aire y la salud de las personas en el distrito de Baños del Inca, Cajamarca.
- Mazzeo, N. A., & Venegas, L. E. (2010). La velocidad del viento y la dispersión de contaminantes en la atmosfera.
- Ministerio de Energía y Minas. (2016). Guía de orientación del uso eficiente de la energía en la minería no metálica.
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2017). Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2016). Guía de calidad de aire y educación ambiental.
- Morales De León, J., & Acosta O., D. (2008). Infecciones respiratorias agudas. *Guías de práctica clínica basadas en la evidencia*.
- Morales Hermosillo, E. P. (2017). *Estudio de la calidad del aire respecto de partículas suspendidas totales (PST) y metales pesados (Cu, Cr y Mo), en la Ciudad de Cananea, Sonora, México*. Mexico.
- Muñoz Retana, C. (2016). Infecciones respiratorias agudas: Síntomas, causas, complicaciones y tratamiento. *Enfermedades Infecciosas*.

- Organización Mundial de la Salud. (2018). Calidad del aire y salud.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.
- Osinergmin. (2015). Reporte de análisis económico en el sector minero no metálico en el Perú.
- Otero González, I., Montero Martínez, C., Toubes Navarro, E., Valiño López, P., & Vereá Hernando, H. (2011). Efectos de la contaminación ambiental sobre la vía aérea. *La Sociedad Gallega de Patología Respiratoria*.
- Panduro Bartra, R. (2020). Efectos de la contaminación atmosférica por PM10 y su relación con los efectos en la salud de la población del distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, 2018.
- Paredes Aguirre, Y., & Surco Corimanya, A. (2020). Relación entre las enfermedades respiratorias y la concentración de material particulado PM10 en Arequipa 2019.
- Perez Figueroa, C., & Rios Cordova, L. (2005). Evaluación de material particulado y su impacto en la salud de la población de la ciudad de Moyobamba - San Martín 2003 - 2004.
- Ramón S., G. (2005). Correlación entre variables. *Apuntes de clase del curso Seminario Investigativo VI*.
- Ramos Guillen, A. (2009). Rocas calizas en la región de Murcia.
- Robles Morales, E. (2020). La contaminación del aire por material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco, 2010 y 2016.
- Rumbo Minero. (2015). Minería no metálica impulsará crecimiento económico peruano.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2011). Qué son, cómo son y cómo se originan las partículas. *Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM2.5*.
- Sinaluisa Lozano, M. (2013). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta de producción de cal viva e hidratada en la parroquia San Juan*. Riobamba.
- Tamayo y Tamayo, M. (2002). *El proceso de la investigación científica*. Editorila Limusa S.A.
- Ubilla, C., & Yohannssen, K. (2017). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 111-118.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2017). Guía de gestión ambiental para la minería no metálica.

ANEXOS



ANEXO 1: Reporte de correlación estadística

i) Planteamos la Hipótesis

Ho: $\rho = 0$ (No existe correlación)

Ha: $\rho \neq 0$ (Si existe correlación)

ii) Nivel de Significancia

Alfa: 0.05

iii) Regla de decisión

Si $p < 0,05$, aceptamos la Ha y rechazamos la Ho

Si $p \geq 0,05$, rechazamos la Ha y aceptamos la Ho

iv) Resultados y conclusiones

Correlación de Pearson para el material particulado PM_{2.5} y las IRAs en el punto P-01

Correlaciones

		N° de Pacientes con IRAs	Concentración de PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
N° de Pacientes con IRAs	Correlación de Pearson	1	,996**
	Sig. (bilateral)		.000
	N	6	6
Concentración de PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Correlación de Pearson	,996**	1
	Sig. (bilateral)	.000	
	N	6	6

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Tabla	r	p	N
Pacientes (IRA) - Concentración (PM _{2.5})	0.996	0	6

Como $p = 0 < 0,05$, por lo tanto, existe relación significativa entre el material particulado (PM_{2.5}) generado por la calera “San Jerónimo S.C.R.L.” y las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) en la población de la localidad de Pariahuanca con respecto al punto P-01 de muestreo. Esta relación es directa, es decir, a mayor generación de material particulado mayor cantidad de pobladores con IRAs, además la relación es muy alta ($r = 0.996$).

Correlación de Pearson para el material particulado PM₁₀ y las IRAs en el punto P-01

Correlaciones

		N° de Pacientes con IRAs	Concentración de PM 10 (µg/m ³)
N° de Pacientes con IRAs	Correlación de Pearson	1	,993**
	Sig. (bilateral)		.000
	N	6	6
Concentración de PM 10 (µg/m ³)	Correlación de Pearson	,993**	1
	Sig. (bilateral)	.000	
	N	6	6

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Tabla	r	p	N
Pacientes (IRA) - Concentración (PM ₁₀)	0.993	0	6

Como $p = 0 < 0,05$, por lo tanto, existe relación significativa entre el material particulado (PM₁₀) generado por la calera “San Jerónimo S.C.R.L.” y las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) en la población de la localidad de Pariahuanca. Esta relación es directa, es decir, a mayor generación de material particulado mayor cantidad de pobladores con IRAs, además la relación es muy alta ($r = 0.993$).

Correlación de Pearson para el material particulado PM_{2.5} y las IRAs en el punto P-02

Correlaciones

		N° de Pacientes con IRAs	Concentración de PM 2.5 (µg/m ³)
N° de Pacientes con IRAs	Correlación de Pearson	1	,740**
	Sig. (bilateral)		.093
	N	6	6
Concentración de PM 2.5 (µg/m ³)	Correlación de Pearson	,740**	1
	Sig. (bilateral)	.093	
	N	6	6

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Tabla	r	p	N
Pacientes (IRA) - Concentración (PM _{2.5})	0.740	0.093	6

Como $p = 0,093 > 0,05$, por lo tanto, no existe relación significativa entre el material particulado (PM_{2.5}) generado por la calera “San Jerónimo S.C.R.L.” y las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) en la población de la localidad de Pariahuanca.

Correlación de Pearson para el material particulado PM₁₀ y las IRAs en el punto P-02

Correlaciones

		N° de Pacientes con IRAs	Concentración de PM 10 (µg/m ³)
N° de Pacientes con IRAs	Correlación de Pearson	1	,603**
	Sig. (bilateral)		.205
	N	6	6
Concentración de PM 10 (µg/m ³)	Correlación de Pearson	,603**	1
	Sig. (bilateral)	.205	
	N	6	6

Tabla	r	p	N
Pacientes (IRA) - Concentración (PM ₁₀)	0.603	0.205	6

Como $p = 0,205 > 0,05$, por lo tanto, no existe relación significativa entre el material particulado (PM₁₀) generado por la calera “San Jerónimo S.C.R.L.” y las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) en la población de la localidad de Pariahuanca.

ANEXO 2: Reportes de análisis de laboratorio



INFORME DE ENSAYO CA210004

CLIENTE Razón Social : PROYECTO DE TESIS
 Dirección : Av. Antonio Raymondi 145 Huaraz
 Atención : Br. Jenner Martín Flores Rodríguez

MUESTRA Tipo : Calidad de Aire
 Proceda de : A 900 mts de la calera San Geronimo (al Sur) del Pueblo de Pariahuanca, Carhuaz
 Coordenadas : 215923 E 8963887 N 2764 msnm
 $V_{aire}Std$ PM 10 : 1069.78 m³
 $V_{aire}Std$ PM 2.5 : 16.97 m³
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC210003

MUESTREO Responsable : Laboratorio de Calidad Ambiental
 Muestreador : Muestreador de Partículas de Alto Volumen - Hi Vol SIP / CF : PM-10 / 2010005
 : Muestreador de Partículas de Bajo Volumen - Partisol
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Aire / RM-002

LABORATORIO Recepción : Laboratorio de Calidad Ambiental - 30 de Marzo /2021 - 12:50 Hrs.
 Fecha de análisis : 31 de Marzo al 07 de Abril /2021
 Cotización N° : CO210128

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA EQUIVALENTE	MÉTODO	HORA DE EXPOSICION	MUESTRA	
					Código del cliente	P1
					Fecha de muestreo	29/03/2020
					Hora muestreo	10:05
					Código del Laboratorio	CA210004
CA	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE					
CA06	Material particulado $\Phi < 10 \mu m$ (PM-10)	($\mu g/m^3$)/24 hrs.	NTP 906.030: 2003	24		51.63
CA22	Material particulado $\Phi < 2.5 \mu m$ (PM-2.5)	($\mu g/m^3$)/24 hrs.	Gravimétrico	24		23.96

SIP: Sistema de Ingreso de Partículas
 CF: Código de Filtro
 $V_{aire}Std$: Total de Aire Muestreado, en unidades Patron de Volumen m³ Std.

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 07 de Abril de 2021



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perocibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz - Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: dgca-ica-av@unasam.edu.pe





INFORME DE ENSAYO CA210006

CLIENTE Razón Social : PROYECTO DE TESIS
 Dirección : Av. Antonio Raymondi 145 Huaraz
 Atención : Br. Jenner Martín Flores Rodríguez

MUESTRA Tipo : Calidad de Aire
 Procede de : A 900 mts de la calera San Geronimo (al Sur) del Pueblo de Pariahuanca, Carhuaz
 Coordenadas : 215823 E 8963887 N 2764 msnm
 V_{aire}Std PM 10 : 1129.48 m3
 V_{aire}Std PM 2.5 : 17.11 m3
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC210004

MUESTREO Responsable : Laboratorio de Calidad Ambiental
 Muestreador : Muestreador de Partículas de Alto Volumen - Hi Vol SIP / CF : PM-10 / 2010005
 Referencia : Muestreador de Partículas de Bajo Volumen - Partisol
 : Protocolo de Muestreo de Aire / RM-002

LABORATORIO Recepción : Laboratorio de Calidad Ambiental - 26 de Abril /2021 - 12:25 Hrs.
 Fecha de análisis : 27 de Abril al 04 de Mayo /2021
 Cotización N° : CO210165

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA EQUIVALENTE	MÉTODO	HORA DE EXPOSICIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	P1
					Fecha de muestreo	25/05/2021
					Hora muestreo	09:40
					Código del Laboratorio	CA210006
CA	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE					
CA06	Material particulado $\Phi < 10 \mu\text{m}$ (PM-10)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/24 hrs.	NTP 900.030: 2003	24		57.22
CA22	Material particulado $\Phi < 2.5 \mu\text{m}$ (PM-2.5)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/24 hrs.	Gravimétrico	24		28.18

SIP: Sistema de Ingreso de Partículas
 CF: Código de Filtro
 V_{aire}Std: Total de Aire Muestreado, en unidades Patron de Volumen m³ Std.

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 04 de Mayo de 2021



MSC. Quím. Mario Leyva Collas
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: dgcie-lca-av@unasam.edu.pe





INFORME DE ENSAYO CA210009

CLIENTE Razón Social : PROYECTO DE TESIS
 Dirección : Av. Antonio Raymondi 145 Huaraz
 Atención : Br. Jenner Martín Flores Rodríguez

MUESTRA Tipo : Calidad de Aire
 Procedo de : A 900 mts de la calera San Geronimo (al Sur) del Pueblo de Pariahuanca, Carhuaz
 Coordenadas : 215923 E 8963887 N 2764 msnm
 V_{air}Std PM 10 : 1164.87 m3
 V_{air}Std PM 2.5 : 17.18 m3
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC210006

MUESTREO Responsable : Laboratorio de Calidad Ambiental
 Muestreador : Muestreador de Partículas de Alto Volumen - HI Vol SIP / CF : PM-10 / 2010005
 Muestreador : Muestreador de Partículas de Bajo Volumen - Partisol
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Aire / RM-002

LABORATORIO Recepción : Laboratorio de Calidad Ambiental - 22 de Mayo /2021 - 12:35 Hrs.
 Fecha de análisis : 23 de Mayo al 30 de Mayo /2021
 Cotización N° : CO210250

CÓD	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA EQUIVALENTE	MÉTODO	HORA DE EXPOSICION	MUESTRA	
					Código del cliente	P1
					Fecha de muestreo	21/05/2021
					Hora muestreo	09:50
					Código del Laboratorio	CA210009
CA	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE					
CA08	Material particulado $\Phi < 10 \mu\text{m}$ (PM-10)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/24 hrs.	NTP 900.030: 2003	24		61.43
CA22	Material particulado $\Phi < 2.5 \mu\text{m}$ (PM-2.5)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/24 hrs.	Gravimétrico	24		32.25

SIP: Sistema de Ingreso de Partículas
 CF: Código de Filtro
 V_{air}Std: Total de Aire Muestreado, en unidades Patron de Volumen m³ Std.

"Fin del informe de Ensayo"

Huaraz, 30 de Mayo de 2021



[Firma]
 MSc. Quím. Marlo Leyva Collas
 Administradora del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 COP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash, Telef. 043 840620 - Anexos: 3662-3601 - Cel. 944432754
 E-mail: dgcie-lca-av@unasam.edu.pe





INFORME DE ENSAYO CA210012

CLIENTE Razón Social : PROYECTO DE TESIS
 Dirección : Av. Antonio Raymondi 145 Huaraz
 Atención : Br. Jenner Martín Flores Rodríguez

MUESTRA Tipo : Calidad de Aire
 Procede de : A 900 mts de la calera San Geronimo (al Sur) del Pueblo de Pariahuanca, Carhuaz
 Coordenadas : 215823 E 8963887 N 2764 msnm
 V_{air,Std} PM 10 : 1208.91 m3
 V_{air,Std} PM 2.5 : 17.13 m3
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC210008

MUESTREO Responsable : Laboratorio de Calidad Ambiental
 Muestreador : Muestreador de Partículas de Alto Volumen - Hi Vol SIP / CF : PM-10 / 2110012
 Referencia : Muestreador de Partículas de Bajo Volumen - Partisol
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Aire / RM-002

LABORATORIO Recepción : Laboratorio de Calidad Ambiental - 18 de Junio /2021 - 12:55 Hrs.
 Fecha de análisis : 19 de Junio al 28 de Junio /2021
 Cotización N° : CO210258

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA EQUIVALENTE	MÉTODO	HORA DE EXPOSICION	MUESTRA	
					Código del cliente	P1
					Fecha de muestreo	17/06/2021
					Hora muestreo	10:15
					Código del Laboratorio	CA210012
CA	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE					
CA06	Material particulado $\Phi < 10 \mu\text{m}$ (PM-10)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/24 hrs.	NTP 900.030: 2003	24		83.61
CA22	Material particulado $\Phi < 2.5 \mu\text{m}$ (PM-2.5)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/24 hrs.	Gravimétrico	24		39.14

SIP: Sistema de Ingreso de Partículas
 CF: Código de Filtro
 V_{air,Std}: Total de Aire Muestreado, en unidades Patron de Volumen m³ Std.

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 26 de Junio de 2021

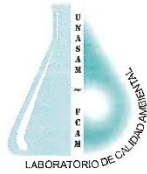


Mario Leyva Collas
MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYCLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash, Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: dgcie-lca-av@unasam.edu.pe





INFORME DE ENSAYO CA210014

CLIENTE Razón Social : PROYECTO DE TESIS
 Dirección : Av. Antonio Raymondi 145 Huaraz
 Atención : Br. Jenner Martín Flores Rodríguez

MUESTRA Tipo : Calidad de Aire
 Procedo de : A 900 mts de la calera San Geronimo (al Sur) del Pueblo de Pariahuanca, Carhuaz
 Coordenadas : 215923 E 8963887 N 2764 msnm
 V_{air}sid PM 10 : 1211.99 m3
 V_{air}sid PM 2.5 : 17.37 m3
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC210010

MUESTREO Responsable : Laboratorio de Calidad Ambiental
 Muestreador : Muestreador de Partículas de Alto Volumen - Hi Vol SIP / CF : PM-10 / 2110015
 Referencia : Muestreador de Partículas de Bajo Volumen - Partisol
 : Protocolo de Monitoreo de Aire / RM-002

LABORATORIO Recepción : Laboratorio de Calidad Ambiental - 16 de Julio /2021 - 12:20 Hrs.
 Fecha de análisis : 17 de Junio al 24 de Julio /2021
 Cotización N° : CO210296

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA EQUIVALENTE	MÉTODO	HORA DE EXPOSICION	MUESTRA	
					Código del cliente	P1
					Fecha de muestreo	15/07/2021
					Hora muestreo	09:35
					Código del Laboratorio	CA210014
CA	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE					
CA06	Material particulado $\Phi < 10 \mu\text{m}$ (PM-10)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/24 hrs.	NTP 900.030: 2003	24		95.74
CA22	Material particulado $\Phi < 2.5 \mu\text{m}$ (PM-2.5)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/24 hrs.	Gravimétrico	24		46.81

SIP: Sistema de Ingreso de Partículas
 CF: Código de Filtro
 V_{air}sid: Total de Aire Muestreado, en unidades Patron de Volumen m³ Std.

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 24 de Julio de 2021



Mario Leyva Collas
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras drimientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3601 - Cel. 944432764
 E-mail: dgcie-lca-ev@unasam.edu.pe





INFORME DE ENSAYO CA210018

CLIENTE Razón Social : PROYECTO DE TESIS
 Dirección : Av. Antonio Raymondi 145 Huaraz
 Atención : Br. Jenner Martín Flores Rodríguez

MUESTRA Tipo : Calidad de Aire
 Procedo de : A 900 mts de la calera San Geronimo (al Sur) del Pueblo de Pariahuanca, Carhuaz
 Coordenadas : 215923 E 8963887 N 2764 msnm
 V_{aire}Std PM 10 : 1160.32 m3
 V_{aire}Std PM 2.5 : 17.28 m3
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC210014

MUESTREO Responsable : Laboratorio de Calidad Ambiental
 Muestreador : Muestreador de Partículas de Alto Volumen - Hi Vol SIP / CF : PM-10 / 2110017
 Referencia : Muestreador de Partículas de Bajo Volumen - Partisol
 : Protocolo de Monitoreo de Aire / RM-002

LABORATORIO Recepción : Laboratorio de Calidad Ambiental - 15 de Agosto /2021 - 12:40 Hrs.
 Fecha de análisis : 16 de Agosto al 23 de Agosto /2021
 Cotización N° : CO210349

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA EQUIVALENTE	MÉTODO	HORA DE EXPOSICION	MUESTRA	
					Código del cliente	P1
					Fecha de muestreo	14/08/2021
					Hora muestreo	09:55
					Código del Laboratorio	CA210018
CA	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE					
CA06	Material particulado $\Phi < 10 \mu\text{m}$ (PM-10)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/24 hrs.	NTP 900.030: 2003	24		101.12
CA22	Material particulado $\Phi < 2.5 \mu\text{m}$ (PM-2.5)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/24 hrs.	Gravimétrico	24		53.67

SIP: Sistema de Ingreso de Partículas
 CF: Código de Filtro
 V_{aire}Std: Total de Aire Muestreado, en unidades Patron de Volumen m³ Std.

"Fin del Informe de Ensayo"

Huaraz, 23 de Agosto de 2021



[Firma]
 MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 COP N° 604

Está prohibida la reproducción de este Informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: dgca-ica-av@unasam.edu.pe



ANEXO 3: Ficha de recolección de datos (IRAs)

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nombre del investigador: Br. Jenner Martín Flores Rodríguez

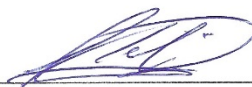
Nombre de la investigación: Relación entre el material particulado generado por la calera San Gerónimo S.C.R.L y las infecciones respiratorias agudas en la población de la localidad de PARIHUANCA – Carhuaz, marzo – agosto 2021

Identificación del centro de salud	
Nombre	Centro de Salud de Pariahuanca
Lugar	Distrito Pariahuanca, Provincia Carhuaz, Departamento de Ancash

Muestra	
Pacientes con IRAs	Entre 5 a 65 años de edad

Cantidad de pacientes con IRAs	
Marzo	11
Abril	13
Mayo	17
Junio	25
Julio	31
Agosto	36

Pariahuanca, 13 de Setiembre del 2021



Jenner Flores Rodriguez
D.N.I. N° 44651425

