



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19), Lima Metropolitana – 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Guillermo Jaramillo, Jorge Genaro (ORCID: 0000-0001-8068-7321)

Valdivieso Hernández, Ketty Danae (ORCID: 0000-0001-6751-9630)

ASESOR:

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedicado a nuestras familias por el apoyo permanente durante nuestra vida universitaria el cual nos dio la fuerza para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor, el Dr Jorge Leonardo Jave Nakayo, por guiarnos en el desarrollo de nuestra tesis.

A la universidad Cesar Vallejo, por brindarnos la oportunidad de poder desarrollarnos profesionalmente y el pertenecer a una prestigiosa institución.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	18
3.1 Tipo y diseño de la Investigación	18
3.2 Variables y Operacionalización	18
3.2.1 Variables.....	18
3.3 Población, muestra y muestreo	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de data	19
3.4.1 Confiabilidad	21
3.5 Procedimientos	22
3.6 Método de análisis de datos.....	31
3.7 Aspectos éticos	32
IV. RESULTADOS	33
4.1 Comportamiento temporal del material particulado según su tamaño.....	33
4.1.1 Comportamiento horario del PM10 y PM2.5.....	33
4.1.2 Comportamiento diario del PM10 y PM2.5	34
4.1.3 Comportamiento mensual del PM10 y PM2.5	36
4.2 Comportamiento horario meteorológico en Lima metropolitana.....	38
4.2.1 Comportamiento horario de la temperatura ambiental (°C)	38
4.2.2 Comportamiento horario de la humedad relativa (%)	38
4.2.3 Comportamiento horario de la velocidad del viento (m/s).....	39

4.2.4	Comportamiento horario de la dirección del viento (°)	40
4.3	Comportamiento diario meteorológico en Lima metropolitana	41
4.3.1	Comportamiento diario de la temperatura ambiental	41
4.3.2	Comportamiento diario de la humedad relativa (%).....	41
4.3.3	Comportamiento diario de la velocidad del viento (m/s)	42
4.4	Comportamiento mensual de los aspectos meteorológicos	43
4.4.1	Comportamiento mensual de la temperatura ambiental (°C).....	43
4.4.2	Comportamiento mensual de la humedad relativa (%).....	43
4.4.3	Comportamiento mensual de la velocidad del viento (m/s)	44
4.5	Comportamiento horario del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos.....	45
4.6	Comportamiento diario del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos.....	56
4.7	Comportamiento mensual del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos.....	63
4.8	Comportamiento espacial e interdistrital del PM10 y PM2.5	69
4.9	Comportamiento espacial del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019)	73
4.10	Comportamiento espacial del PM10 y 2.5 con los aspectos meteorológicos (2020)	79
V.	DISCUSIÓN.....	85
VI.	CONCLUSIONES.....	89
VII.	RECOMENDACIONES	91
	REFERENCIAS.....	92
	ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del aire	10
Tabla 2. Especialistas para la validación de instrumentos	20
Tabla 3. Promedio de validación de los instrumentos por especialista 1	20
Tabla 4. Promedio de validación de los instrumentos por especialista 2	21
Tabla 5. Promedio de validación de los instrumentos por especialista 3	21
Tabla 6. Criterio general de evaluación.....	22
Tabla 7. Tabla de etapas de la investigación	22
Tabla 8. Ubicación de las estaciones de calidad de aire y meteorológico.....	24
Tabla 9. Control de calidad del instrumento 1	26
Tabla 10. Control de calidad instrumento 2.....	26
Tabla 11. Correlaciones establecidas	29
Tabla 12. Índice de correlación	30
Tabla 13. Dirección del viento en las estaciones de lima metropolitana	40
Tabla 14. Prueba de normalidad del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019 DIURNO)	48
Tabla 15. Prueba de normalidad del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019 NOCTURNO).....	49
Tabla 16. Correlación del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019 DIURNO).....	50
Tabla 17. Correlación del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019 NOCTURNO)	51
Tabla 18. Prueba de normalidad del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020-DIURNO)	52
Tabla 19. Prueba de normalidad del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020-NOCTURNO).....	53
Tabla 20. Correlación del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020-DIURNO).....	54
Tabla 21. Correlación del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020-NOCTURNO)	55

Tabla 22. Prueba de normalidad del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019).....	59
Tabla 23. Prueba de normalidad del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020).....	60
Tabla 24. Correlación del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019).....	61
Tabla 25. Correlación del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020).....	62
Tabla 26. Prueba de normalidad del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019).....	66
Tabla 27. Prueba de normalidad del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020).....	66
Tabla 28. Correlación del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019).....	67
Tabla 29. Correlación del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020).....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Las capas de la atmosfera	9
Figura 2 Formación del smog fotoquímico	12
Figura 3 Comparación de tamaño de las partículas del material particulado	13
Figura 4 Representación del supuesto ciclo de vida del SARS-CoV-2	15
Figura 5 Evolución de la concentración de NO ₂ en China.....	16
Figura 6 Evolución de la concentración de NO ₂ en regiones de Europa.....	17
Figura 7 Comportamiento horario del PM10 y PM2.5 (2017-2019)	33
Figura 8 Comportamiento horario del Pm10 y PM2.5 (2020)	34
Figura 9 Comportamiento diario del PM10 y PM2.5 (2017-2019)	34
Figura 10 Comportamiento diario del PM10 y PM2.5 (2020)	35
Figura 11 Comportamiento mensual del PM10 y PM2.5 (2017-2019).....	36
Figura 12 Comportamiento mensual del PM10 y PM2.5 (2020).....	36
Figura 13 Comportamiento horario de la temperatura ambiental	38
Figura 14 Comportamiento horario de la humedad relativa	39
Figura 15 Comportamiento horario de la velocidad del viento.....	39
Figura 16 Comportamiento diario de la temperatura ambiental.....	41
Figura 17 Comportamiento diario de la humedad relativa.....	41
Figura 18 Comportamiento diario de la velocidad del viento.....	42
Figura 19 Comportamiento mensual de la temperatura ambiental.....	43
Figura 20 Comportamiento mensual de la humedad relativa	43
Figura 21 Comportamiento mensual de la velocidad del viento	44
Figura 22 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la temperatura (2017-2019).....	45
Figura 23 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la humedad (2017-2019).....	45
Figura 24 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2017-2019).....	46
Figura 25 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la temperatura(2020) .	46
Figura 26 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la humedad (2020).....	47
Figura 27 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2020).....	47

Figura 28 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la temperatura (2017-2019).....	56
Figura 29 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la humedad (2017-2019).....	56
Figura 30 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2017-2019)	57
Figura31 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la temperatura (2020) ...	57
Figura 32 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la humedad relativa (2020).....	58
Figura 33 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2020).....	58
Figura 34 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la temperatura (2017-2019).....	63
Figura 35 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la humedad (2017-2019).....	63
Figura 36 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2017-2019)	64
Figura 37 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la temperatura (2020).....	64
Figura 38 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la humedad(2020) ...	65
Figura 39 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2017-2019)	65
Figura 40 Comportamiento espacial del PM10 (2017-2019)	69
Figura 41 Comportamiento espacial del PM2.5 (2017-2019)	70
Figura 42 Comportamiento espacial del PM10 (2020)	71
Figura 43 Comportamiento espacial del PM2.5 (2020)	72
Figura 44 Comportamiento espacial del PM10 con la temperatura (2017-2019) .	73
Figura 45 Comportamiento espacial del PM10 con la humedad (2017-2019).....	74
Figura 46 Comportamiento espacial del PM10 con la velocidad y dirección del viento (2017-2019)	75
Figura 47 Comportamiento espacial del PM2.5 con la temperatura (2017-2019)	76
Figura 48 Comportamiento espacial del PM2.5 con la humedad (2017-2019).....	77

Figura 49 Comportamiento espacial del PM2.5 con la velocidad y dirección del viento (2017-2019)	78
Figura 50 Comportamiento espacial del PM10 con la temperatura (2020)	79
Figura 51 Comportamiento espacial del PM10 con la humedad (2020).....	80
Figura 52 Comportamiento espacial del PM10 con la velocidad y dirección del viento (2020).....	81
Figura 53 Comportamiento espacial del PM2.5 con la temperatura (2020)	82
Figura 54 Comportamiento espacial del PM2.5 con la humedad (2020).....	83
Figura 55 Comportamiento espacial del PM2.5 con la velocidad y dirección del viento (2020).....	84

RESUMEN

Se realizó un análisis del comportamiento temporal y espacial de PM10 y PM2.5 en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) en Lima Metropolitana del cual se tomaron los datos medidos de la red de estaciones del SENAMHI entre los meses de enero a mayo; mediante el cual se estableció el comportamiento regular durante el 2017 al 2019, evidenciando así el cambio en el 2020 además de establecer la relación con las variables meteorológicas, para lo cual se empleó el software SPSS versión 22 para obtener las pruebas de normalidad y las correlaciones; adicional a ello se utilizó el software ArcGIS mediante su extensión kriging para el análisis del comportamiento espacial. Los resultados obtenidos del comportamiento de PM10, PM2.5 en relación a las variables meteorológicas durante el contexto del Coronavirus 2 (COVID-19) registraron un valor máximo el mes de mayo y marzo respectivamente además de un valor mínimo el mes de mayo y abril, así como una relación directa con la temperatura e inversa con la humedad y velocidad del viento. En cuanto al comportamiento horario del PM10 y PM2.5 registraron una alta concentración a las 09:00 am y un menor valor entre las 00:00 a 03:00 am, así como una relación directa con la temperatura y la velocidad del viento e inversa con la humedad. Del mismo modo el comportamiento diario de PM10 y PM2.5 registraron un valor máximo el jueves y un valor mínimo el domingo, además de una relación directa con la temperatura y velocidad del viento e inversa con la humedad. Así mismo en el comportamiento espacial del PM10 y PM2.5 se registraron una alta concentración en la estación Villa María del Triunfo y una menor concentración en la estación Santa Anita y San Juan de Lurigancho, además de una relación directa con la temperatura y humedad e inversa con la velocidad del viento.

Palabras clave

Comportamiento del PM10 y PM2.5, Calidad del aire, COVID-19, Variables meteorológicas

ABSTRACT

An analysis was made of the temporal and spatial behavior of PM10 and PM2.5 in relation to meteorological variables in the context of coronavirus 2 (COVID-19) in Metropolitan Lima, from which the measured data of the SENAMHI station network were taken between the months of January to May; through which the regular behavior was established during 2017 to 2019, thus evidencing the change in 2020 in addition to establishing the relationship with the meteorological variables, for which the SPSS version 22 software was used to obtain the normality tests and correlations ; In addition, the ArcGIS software was used through its kriging extension for the analysis of spatial behavior. The results obtained from the behavior of PM10, PM2.5 in relation to meteorological variables during the context of Coronavirus 2 (COVID-19) recorded a maximum value in May and March, respectively, in addition to a minimum value in May and April. , as well as a direct relationship with temperature and inverse with humidity and wind speed. Regarding the hourly behavior of PM10 and PM2.5, they registered a high concentration at 09:00 am and a lower value between 00:00 and 03:00 am, as well as a direct relationship with temperature and wind speed. reverse with humidity. Similarly, the daily behavior of PM10 and PM2.5 recorded a maximum value on Thursday and a minimum value on Sunday, in addition to a direct relationship with temperature and wind speed and inversely with humidity. Likewise, in the spatial behavior of PM10 and PM2.5, a high concentration was recorded at the Villa María del Triunfo station and a lower concentration at the Santa Anita and San Juan de Lurigancho stations, in addition to a direct relationship with temperature and humidity e inverse with wind speed.

Keywords

PM10 and PM2.5 behavior, Air quality, COVID-19, Meteorological variables

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación por material particulado es un problema constante al cual está sometido la población en general, debido a las actividades diarias que realizan ya sea por uso de vehículos o por las actividades industriales los cuales generan un alto impacto negativo a la calidad del aire, es por ello que en la actualidad es necesario implementar medidas de control en la contaminación en general, sin embargo los acontecimientos presentados debido al aislamiento social obligatorio a causa del Coronavirus 2 (COVID 19), presentaron una oportunidad de mejora en la calidad del aire evidenciando el alto impacto generado en los niveles de PM10 y PM2.5 debido al parque automotor y las actividades industriales.

La investigación del comportamiento del PM10 y PM2.5 se realizó por el interés de conocer en cuánto influye la inmovilización social en el cambio del comportamiento del PM10 y PM2.5 para así determinar que los niveles de contaminación pueden variar drásticamente e impactar positivamente en la calidad del aire de la población y evitando que las personas sean afectados por los contaminantes atmosféricos debido a sus altas concentraciones producidas por nuestras actividades diarias, además de conocer los beneficios de mantener un ambiente sano.

Es por ello, que el problema planteado en la presente investigación fue ¿Cuál es el comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) en Lima Metropolitana? el cual nos permitió determinar el nuevo comportamiento del PM10 y PM2.5 a través del análisis de las series temporales elaborados por medio de los instrumentos establecidos para la recolección y posterior tratamiento de la información a través del análisis estadístico descriptivo e inferencial.

La contaminación del aire en la ciudad de Lima es el resultado de las actividades antropogénicas que incluyen tanto el uso de combustibles en los vehículos particulares, público y de los procesos industriales; por el cual ambos producen una constante emisión de gases y material particulado a la atmósfera, además del efecto de las variables meteorológicas los cuales contribuyen a su dispersión en

toda la tropósfera afectando directamente a las personas y el ambiente; es por ello que para la medición de dichos contaminantes y variables meteorológicas nos basamos en el registro continuo y permanente de las estaciones del SENAMHI, los cuales nos proporcionaron sus valores históricos y en tiempo los cuales serán tomados para su análisis y su posterior correlación.

La contaminación del aire se conoce como factor negativo que afecta tanto a la persona como al ambiente, por lo tanto se planteó como objetivo general: determinar el comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) en Lima Metropolitana, el cual mediante el análisis temporal nos permitió conocer el nivel de impacto de los contaminantes y la relación directa o indirecta con los aspectos meteorológicos que contribuyen en su dispersión en el ambiente; pero dicha contaminación se puede ver afectada en su nivel de intensidad por una disminución progresiva de las actividades antropogénicas así como en el contexto planteado, ya que debido a ello debe mantener el aislamiento social para evitar así la rápida propagación del virus en la población.

Adicional a ello para llegar al objetivo principal se plantearon como objetivos específicos el determinar la relación que tienen los aspectos meteorológicos con la concentración, comportamiento temporal y espacial del material particulado los cuales nos permitieron conocer cuál es la dispersión de PM10 y PM2.5 además de su correlación estadística, mediante pruebas de hipótesis, así como de correlación por Pearson y Rho Spearman.

Finalmente se contrastó que la hipótesis “el comportamiento del material particulado varía inversa y directamente en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19), Lima metropolitana - 2020” si presentan una correlación inversa y directa entre ambas variables, por lo cual se establecieron que los niveles de correlación varían e n función al PM10, PM2.5 y las variables meteorológicas.

II. MARCO TEÓRICO

Abril, G. y Diez, S. (2012) evaluaron la eficiencia predictiva de modelos estadísticos paramétricos y no paramétricos para predecir episodios críticos de contaminación por material particulado PM10 en Santiago de Chile. Para los modelos estadísticos paramétricos Gamma usó el paquete estadístico STATA v11, y no paramétricos usó una demo del software estadístico MARS v 2.0 distribuida por Salford-Systems, durante los años 2001 a 2004. Concluyó que los modelos Gamma presentan mejores aciertos que MARS para las concentraciones de PM10 con valores 240 mg/m³ para el año 2001, y los modelos MARS presentan mejores aciertos para aquellas que exceden los 240 mg/m³ de PM10 para todos los años.

Arrieta-Fuentes (2016) estudió el comportamiento del material particulado menor a 10 micras (PM10) con respecto a los factores meteorológicos y topofiguras. Tomó como datos el tiempo de exposición diario y anual de PM10 de las zonas de Socha y Sogamoso en Colombia. Concluyó que los focos de emisión de PM10 en ambos casos son de escala local; ya que presentaron un radio crítico de arrastre y deposición de partículas de 200 m aproximadamente.

Campo, et al. (2017) analizaron el comportamiento temporal del PM10 observaron que la concentración del material particulado en Bahía Blanca se relaciona con factores tanto naturales como antropogénicos; concluyeron que la alta concentración de PM10 se ve afectada por la presencia de vientos, además existe una relación directa con la temperatura e inversa con las precipitaciones. Debido a la erupción volcánica ocurrida en 2011, el promedio anual de PM10 fue el que registró mayores valores; en cuanto a la variación estacional, el valor medio máximo se registró en primavera, seguido del invierno; y con respecto a los ciclos diarios y semanales, las máximas concentraciones coinciden con los días y horarios en los que el flujo vehicular y las actividades industriales en la ciudad y zona portuaria son mayores.

Torrecilla (2017) utilizó como datos las variables meteorológicas diarias de superficie y los niveles de inmisión diarios (NO₂, PM10 y O₃) monitoreadas en las

estaciones de la red de calidad del aire del Ayuntamiento de Madrid, en el periodo 2010 – 2015, con la finalidad de determinar los tipos de tiempo, la contaminación atmosférica y la relación entre ellas. Las técnicas empleadas han sido el análisis de cluster con la técnica de Ward para delimitar los tipos de tiempo y el análisis factorial con el método de componentes principales para eliminar información redundante. Se concluyó que cada tipo de tiempo está asociado a un comportamiento determinado de variables meteorológicas que explican en conjunto los niveles que pueden alcanzar las concentraciones de contaminantes atmosféricos.

Silva, et al. (2016) desarrollaron un modelo que permite proponer un método de estimación de un determinado factor de emisión, para ello utiliza efectos producidos en la calidad del aire por el desarrollo de la actividad de movimiento de tierras en obras de edificaciones, la técnica empleada fue análisis de regresión que permitió calcular los factores de emisión producidos a través de dos parámetros, PM10 y PM2.5. El resultado obtenido fue que los factores meteorológicos son influyentes en la concentración de material particulado presentes en las obras de edificaciones de la ciudad de Lima.

El estudio realizado por Regalado, et al. (2020) sobre el comportamiento de las concentraciones y su relación con variables meteorológicas en la zona urbana de Loja – Ecuador; en el cual utilizaron la estación de monitoreo en el centro de la ciudad dio como resultados que el promedio de la concentración de PM10 varió desde 5,554 a 14,882 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valor promedio de 12,808 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Concluyó que existe una buena correlación entre las variables meteorológicas tomadas en su conjunto y los valores de PM10 modificados.

Mohammad Maksimul, et al. (2015) analizaron la calidad del aire y los datos meteorológicos para comprender las influencias meteorológicas y estacionales en la calidad del aire ambiente de la ciudad de Dhaka. Los resultados indicaron que, aparte de la dirección del viento predominante y la prevalencia de las precipitaciones, la radiación solar, la humedad relativa y la temperatura del aire pueden ser factores que contribuyen a gobernar las concentraciones de PM en la ciudad de Dhaka.

Montenegro, et al. (2017) realizaron un análisis para detectar la relación entre la temperatura y la contaminación atmosférica de las estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la ciudad de Cochabamba - Bolivia. Una vez que los datos fueron procesados y caracterizados, concluyeron que el material particulado (PM10), NOx y SO2 presentan un comportamiento estacional el cual está directamente relacionado con la ventilación de la atmósfera en las diferentes épocas del año y que esto se debe por las características del entorno orografía, la altura y las condiciones climáticas que presenta esta ciudad.

Pacsi Valdivia (2016) realizó un análisis temporal y espacial del material particulado PM10 y PM2,5 en Lima Metropolitana, para lo cual recopiló las concentraciones de PM10 Y PM2,5 de la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, durante el periodo 2001 y 2014. Obtuvo como resultado que en las zonas norte, sur y este de Lima presentan los mayores valores de PM10 y PM2,5 en un rango de 0,50 (Lima Norte) y 0,75 (Callao) con un promedio para la ciudad de 0,65. Obtuvo como resultados que los promedios diarios de PM10 no sobrepasan los Estándares de Calidad del aire - ECA del Perú, no obstante los promedios anuales de PM10 y PM2,5 si superaron significativamente el ECA y las guías de la OMS en casi todas las estaciones de monitoreo.

Silva Vinasco, et al. (2013) tuvieron como finalidad mostrar la correlación existente entre las emisiones de NO2 y PM10 con los parámetros meteorológicos, para lo cual realizaron muestreos de PM10 y parámetros meteorológicos durante julio del 2010 y julio del 2011 mediante equipos automáticos que permitieron captar la variabilidad horaria, diaria y mensual del PM10. Finalmente, concluyen que durante la etapa de monitoreo no se evidencia una variabilidad espacial marcada según las correlaciones de Pearson, ya que los valores encontrados son positivos y moderadamente altos dando a entender que el PM10 estaría relacionada al mismo tipo de fuente y a las mismas condiciones meteorológicas. Adicional a ello, sostienen que la concentración del PM10 se encuentran influenciadas por las condiciones meteorológicas, principalmente la velocidad del viento, la precipitación y la

humedad relativa, del cual se establece que hay una relación estadística entre las condiciones meteorológicas y la concentración del material particulado.

Caballero Herrera, et al. (2018) estudiaron la calidad del aire ambiente respecto a PM10 en la zona aledaña a la Universidad Libre - sede Candelaria, empleando para ello equipos de medición de material particulado automáticos y su posterior elaboración de una modelación con el software MOVES para estimar las emisiones vehiculares. Finalmente, concluyeron que los vehículos pequeños a motor son los generadores de material particulado más significativamente, así como que existe una correlación inversamente proporcional entre la concentración de PM10 y las variables de temperatura y velocidad del viento en la localidad de La Candelaria – Bogotá.

García, et al. (2014) evaluaron la relación de las concentraciones de PM10 y las condiciones meteorológicas (temperatura y humedad relativa) en el municipio de Frontera, Centla y Tabasco; para ello emplearon muestreadores de PM10 y un laboratorio para el análisis de las muestras extraídas con el equipo, posteriormente se establecieron las correlaciones entre las condiciones meteorológicas y el valor de PM10 obtenido. Finalmente, concluyen que el PM10 es relativa e inversamente proporcional a la humedad (menor humedad a mayor concentración de partículas PM10)

Espinoza (2018) evaluó y analizó la distribución espacial y temporal (horario, mensual y multianual) de la concentración del material particulado PM10 y PM2.5 en Lima Metropolitana durante el periodo 2015-2017, para lo cual empleó la información de las estaciones de calidad de aire de las entidades DIGESA y SENAMHI, determinó la distribución temporal mediante el uso del MINITAB TM V17 y para la distribución espacial empleó el software ArcGIS mediante su extensión Kriging. Finalmente, concluye que en el periodo diurno a nivel horario se registra una correlación negativa entre la temperatura y el material particulado 10u y 2.5u, en cambio en el periodo nocturno se registra una correlación positiva entre la temperatura y el material particulado 10u y una correlación negativa con el material particulado menor 2.5u.

Guzmán G. (2019) analizó la concentración de material particulado PM10, en la provincia del Cusco del 2010 al 2015, con la finalidad de proponer ecuaciones de regresión para describir la concentración de material particulado PM10 en función de las variables meteorológicas temperatura, precipitación y velocidad del viento de Cusco. Aplicó el análisis de regresión lineal simple y obtuvo funciones de regresión de la concentración multianual y anual de este contaminante. Concluyó que existe una relación significativa entre la concentración de material particulado PM10 y la velocidad de viento de la estación de San Jerónimo cuyo p-valor es 0,026 y la precipitación de la estación de Wanchaq cuyo p-valor es 0,015.

Vara M. (2017) analizó la calidad de aire atmosférico y su comportamiento en el tiempo en la ciudad del Cusco, para ello recopiló la data de tres estaciones: Estación de Lima Pampa de 25.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10, en la Estación de Av. La Cultura de 57.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 y en la Estación de la Calle Ayacucho de 31.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10, concluyó que los datos están por debajo del Estándar de la Calidad del Aire Ambiental (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 en 24 Hrs.).

Sánchez J. (2017) analizó el efecto de las variables meteorológicas utilizando como indicador el PM10, para ello tomó datos registrados de PM10, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, recopilados de la Estación de Monitoreo Continuo de aire de Bahía Blanca – EMCABB y del Servicio Meteorológico Nacional y del sitio MeteoBahía del Instituto Cerzos de Bahía Blanca en Argentina, a lo largo de 9 meses. Concluyó que el viento es el parámetro que mayor variabilidad origina, tanto por su dirección y su intensidad. Los promedios más altos de PM10 se producen en condiciones de viento norte. Los periodos con valores más altos de PM10 corresponden también a periodos de máxima velocidad del viento. Por otro lado, los periodos de alta humedad, siguientes a los niveles más altos de pluviosidad, presentaron los valores más bajos de PM10.

En el informe técnico realizado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI (2020) los investigadores mencionan que normalmente el comportamiento del PM2.5 y PM10 en Lima tienen una estacionalidad marcada por las condiciones meteorológicas y existe evidencia

preliminar de que condiciones climáticas frías y/o secas se asocian a mayor transmisividad y la reducción en la radiación solar (ultravioleta) también presenta una asociación similar, aunque existe menos evidencia.

Silva J. et al. (2017) en su investigación determinó que existe una relación directa e inversa de la temperatura con respecto a las concentraciones de PM10 y PM2.5 respectivamente. Obtuvo como resultado que el PM10 muestra mayores concentraciones durante el periodo de verano, debido a los procesos de transporte de polvo por los vientos que levantan y lo mantienen en la atmósfera. Por otro lado, temperaturas más bajas favorecen los procesos de conversión gas-partícula, incrementando de esta manera la concentración del PM2.5 en el invierno. La variación de la proporción (PM2.5/PM10) oscila entre 0,21 y 0,44, lo que da como resultado una concentración media de PM2,5 que representa el 40% de la de PM10.

Pinto, et al. (2015) evaluaron el impacto generado en la calidad de aire, en asociación a la pavimentación de la vía principal de Caroli - Bogotá; en el cual concluyeron que la pavimentación de la vía principal de la localidad de Ciudad Bolívar redujo en un 95% lo valores de PM10 y PM2.5, además que la velocidad del viento presentó una correlación positiva manteniendo una velocidad menor a 3,6 m/s

La formación de la atmosfera como la conocemos se basó en los resultados de cambios constantes e interacciones de los aspectos geológicos, materiales extraterrestres y la aparición de la vida propiamente dicha que cumplieron un rol principal (Pla-Garcia, y otros, 2017) para así dar a alugar a la atmosfera como la conocemos que permite el acrecentamiento de la vida y del desarrollo propio del hombre. La atmosfera seca esta principalmente compuesta de Nitrógeno (N₂) y Oxigeno (O₂) en proporción de 78% y 21% respectivamente, así como el resto de la composición de gas Argón (Ar) y demás trazas de gases. (Rohli, y otros, 2018).

La atmosfera se divide en capas según sus características térmicas, teniendo como principal a la parte más baja la troposfera el cual se encuentra entre los 8 a 20 km de la superficie terrestre, sin embargo, esta capa contiene el 75 % de la masa

atmosférica (Rohli, y otros, 2018), además de ello (Jacobson, 2002) sostuvo que la atmósfera actual por debajo de los 100 km (la homosfera) contiene solo unos pocos gases bien mezclados que juntos constituyen más del 99% de todas las moléculas de gas en esta sección. En la **Figura 1** se muestra que los compuestos gaseosos mezclados se conocen como gases fijos porque no varían en sus cantidades en tiempo y el lugar de distribución en capas que varían en su grosor y consistencia a medida que aumenta la altitud.

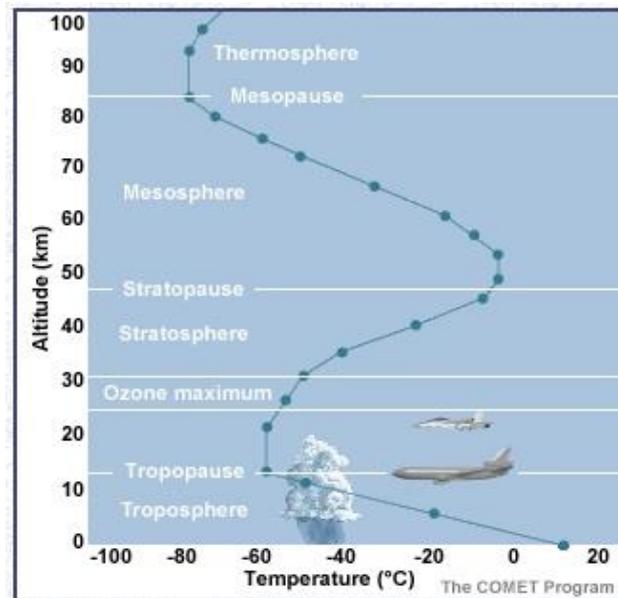


Figura 1. Las capas de la atmosfera (Climateoffice)

El aire como sustancia principal para el desarrollo de la vida presenta una composición variable con respecto a diversos componentes, por el cual el aire puro se denomina como aire libre de polvo, aerosoles y demás contaminantes gaseosos provenientes de las actividades antropogénicas. La composición del aire seco es parcialmente constante según su porcentaje para el cual se tienen los compuestos descritos en la **Tabla 1**, además de la concentración de dióxidos de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso y clorofluorocarbonos (CFC) y además de otros provenientes de las actividades antropogénicas que aumentan en el tiempo (IUPAC, 2014).

Tabla 1. Composición química del aire

Constitución	Símbolo químico	Porcentaje Molar (%)
Nitrógeno	N ₂	78,084
Oxígeno	O ₂	20,947
Argón	Ar	0,934
Dióxido de Carbono	CO ₂	0,035
Neón	Ne	1,82E ⁻⁰³
Helio	He	5,24E ⁻⁰⁴
Metano	CH ₄	1,70E ⁻⁰⁴
Kriptón	Kr	1,14E ⁻⁰⁴
Hidrogeno	H ₂	5,30E ⁻⁰⁵
Óxido de nitrógeno	N ₂ O	3,10E ⁻⁰⁵
Xenón	Xe	8,70E ⁻⁰⁶
Ozono	O ₃	Traza de 8E ⁻⁰⁴
Monóxido de carbono	CO	Traza de 2,5E ⁻⁰⁵
Dióxido de azufre	SO ₂	Traza de 1E ⁻⁰⁵
Dióxido de Nitrógeno	NO ₂	Traza de 2E ⁻⁰⁶
Amonio	NH ₃	Traza de 3E ⁻⁰⁷

Modificado de «Composition of Air – Chemical Structure» [2020]

El aire representa una fuente vital para el desarrollo de la vida por lo cual su alteración puede perjudicar la salud y al ambiente, por ello (Şora Günal, 2019) sostiene que la calidad del aire influye directamente en la salud humana. En la actualidad sabemos que la tecnología busca facilitar las actividades antropogénicas, sin embargo, tienen un efecto negativo principalmente en la calidad del aire. Los desechos industriales, las emisiones de vehículos y los productos cosméticos específicos son solo algunos ejemplos que contaminan el aire y reducen también el volumen de aire respirable. La polución del aire puede ocasionar serios problemas en la salud de las personas, adultos mayores y menores de edad. Es por ello que la polución del aire es una realidad en la

degradación ambiental, debido a la explotación continua y de gran intensidad de los recursos naturales, así como la emisión de grandes cantidades de contaminantes a la atmósfera produciendo un daño al ambiente (García G, y otros, 2013).

Por ello en cuanto a las actividades domésticas que producen contaminantes atmosféricos (Vallero, 2014), menciona que el conjunto de actividades que realiza en general contribuye a la contaminación del aire, [...] a ello se precisa que la contribución colectiva de las acciones individuales, como la quema del patio trasero, puede ser sustancial. Se da el caso que se emiten cantidades más altas de dioxinas al incinerar residuos sólidos domiciliarios que residuos sólidos en condiciones controlados por entidades privadas o públicas. Esto genera productos de combustión incompleta (PCI), incluidas dioxinas y furanos halogenados, además de humo y otros contaminantes.

Es por ello que la producción continua de estos gases tóxicos genera otro fenómeno de la contaminación del aire, el smog fotoquímico que según (Del Amo García, 2014) sostiene que se trata del fenómeno de contaminación atmosférica local que se caracteriza por la existencia de oxidantes, como vapores irritantes o partículas, que provocan disminución en la visibilidad así como se muestra en la **Figura 2**, la secuencia de formación del smog fotoquímico el cual se forma en zonas urbanas e industriales y está afectado por la meteorología. Las condiciones ambientales que se tienen que dar son: radiación ultravioleta, hidrocarburos reactivos que se originan por combustión incompleta de combustibles fósiles, existencia de óxidos de nitrógeno y humedad muy baja.

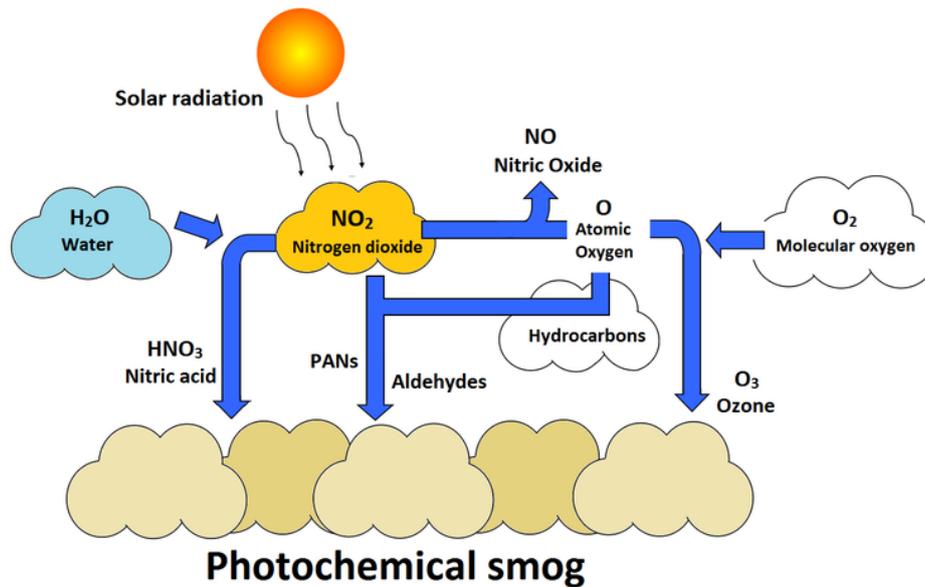


Figura 2. Formación del smog fotoquímico

(Bethel Afework, Jordan Hanania, Kailyn Stenhouse, 2018)

La medición de los niveles de contaminación del aire es de vital importancia el cual permite conocer a que niveles de concentración se encuentran los diversos contaminantes en la atmosfera y con ello permitir el tomar acciones de remediación y control, respecto a ello, (Lixin, y otros, 2019) mencionan que las partículas totales suspendidas (PTS) están incluidos en todos los aerosoles atmosféricos, pero en general preocupan las partículas más pequeñas porque permanecen suspendidas durante mucho tiempo en el aire, los cuales son inhalados intensamente por el sistema respiratorio afectando a la salud. Las partículas más pequeñas, generalmente se clasifican como la fracción gruesa o PM₁₀, que incluye partículas de diámetros aerodinámicos de 2.5 a 10 μm y la fracción fina o PM_{2.5}, que incluye partículas que tienen diámetros aerodinámicos de menor a 2.5 μm .

La descripción de los parámetros según la (EPA, 2017) sostiene que el PM₁₀ primario (también conocido como PM₁₀ directo, PM₁₀ total, PM₁₀ o la combinación de PM₁₀ filtrable y PM condensable) significa PM con un diámetro igual o inferior a 10 micrómetros y el PM_{2.5} primario (también conocido como PM_{2.5} directo, PM_{2.5} total, PM_{2.5} o PM_{2.5} filtrable combinado y PM condensable) significa PM con un

diámetro menor o igual a 2.5 micrómetros así como se muestra en la **Figura 3** el contraste con el cabello humano y el tamaño de las partículas.

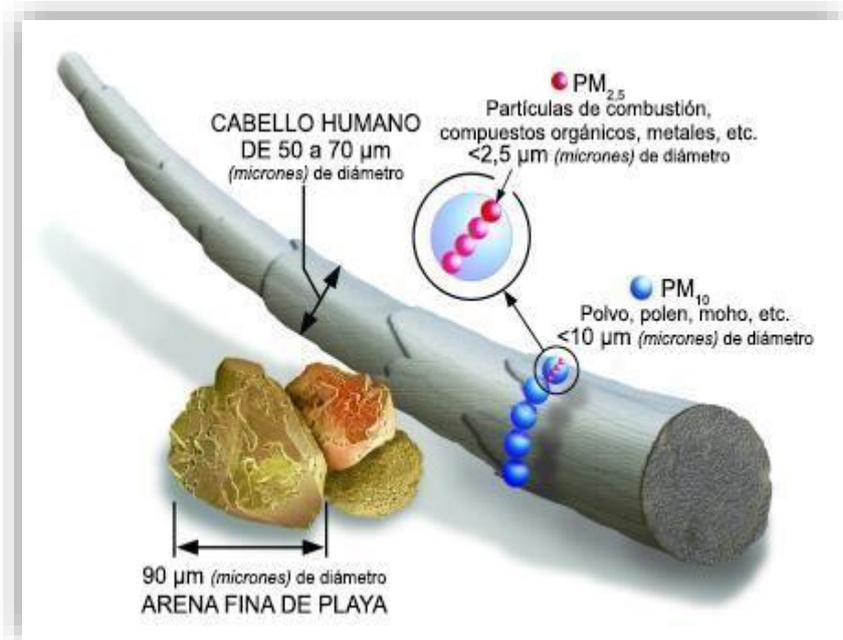


Figura 3. Comparación de tamaño de las partículas del material particulado (EPA, 2000)

La emisión de estas partículas de consistencia sólida se produce en fuentes estacionarias o móviles que al estar en contacto con la atmósfera y a temperatura ambiente generan los materiales particulados (PM).

En cuanto a los gases en base al nitrógeno (óxidos de nitrógeno) (Lixin, y otros, 2019) sostiene que el NO₂ llega principalmente al aire por la quema de combustibles, como las emisiones de automóviles, camiones y autobuses, plantas de energía y diversos equipos todo terreno que usan combustibles. Además, el NO₂ es un aportante principal del smog fotoquímico, ya que en la constitución de ello se emplea a partir del NO₂ generando así un compuesto tóxico para el ambiente y la salud humana.

La meteorología cumple una función importante en la dispersión o concentración de los contaminantes a través de la atmósfera, ya sea por el viento, la temperatura o la humedad que actúan en la dispersión o concentración. En su definición de las variables meteorológicas se tiene que según la Organización Mundial de

Meteorología (World Meteorological Organization, 2014) define a la temperatura como la fase termodinámica de la materia y su valor está determinado por la dirección del flujo neto de calor entre dos cuerpos.

En cuanto a su determinación en campo y su finalidad (Balasubramanian, 2017) sostiene que para su uso climatológico, la temperatura se determina en distintos medios, pero el que se usa en la meteorología regularmente es la temperatura atmosférica (a varias alturas). La unidad de la temperatura empleada en usos meteorológicos y ambientales es la temperatura en grados Celsius.

La Humedad es la división entre el volumen masico de vapor de agua y el volumen masico de aire seco, pero el de mayor relevancia para la meteorología es la humedad de relativa, que es la relación en porcentaje de la presión de vapor con respecto al agua en la misma temperatura y presión de vapor (World Meteorological Organization, 2014). Con respecto a su determinación en campo (Balasubramanian, 2017) sostiene que la humedad atmosférica es de vital importancia en la actividad meteorológica, por lo cual las cantidades más utilizadas en las mediciones de humedad son la humedad específica y la humedad relativa.

Finalmente, la velocidad del viento superficial se define como la cantidad vectorial en dos dimensiones representada por dirección y velocidad (World Meteorological Organization, 2014), para el cual su medición meteorológica se establece como velocidad del viento en el cual según (Balasubramanian, 2017) establece que el viento de superficie generalmente se mide con una veleta y un anemómetro de copa o hélice. Los sensores de copa y hélice se usan comúnmente para la medición y por el cual estos se llaman veletas.

El COVID-19 es determinado como un trastorno causado por una variación del grupo de coronavirus nombrado como coronavirus 2 e incluido como un síndrome respiratorio agudo severo o SARS-CoV-2 (Zhou et al., 2020; Zhu et al., 2020). El SARS-CoV-2 es definida como una partícula envuelta y de forma esférica de aproximadamente 120 nm de diámetro que en su interior contiene un genoma ARN monocatenario de orientación positiva, perteneciente a la subfamilia Coronavirinae, a la familia Coronaviridae y orden Nidovirales (Wu et al., 2020; Chan et al.,

2020). En la **Figura 4** se muestra el supuesto ciclo de vida del coronavirus 2 (SARS-CoV-2) en el que se observa cómo infecta a las células y su forma de replicación.

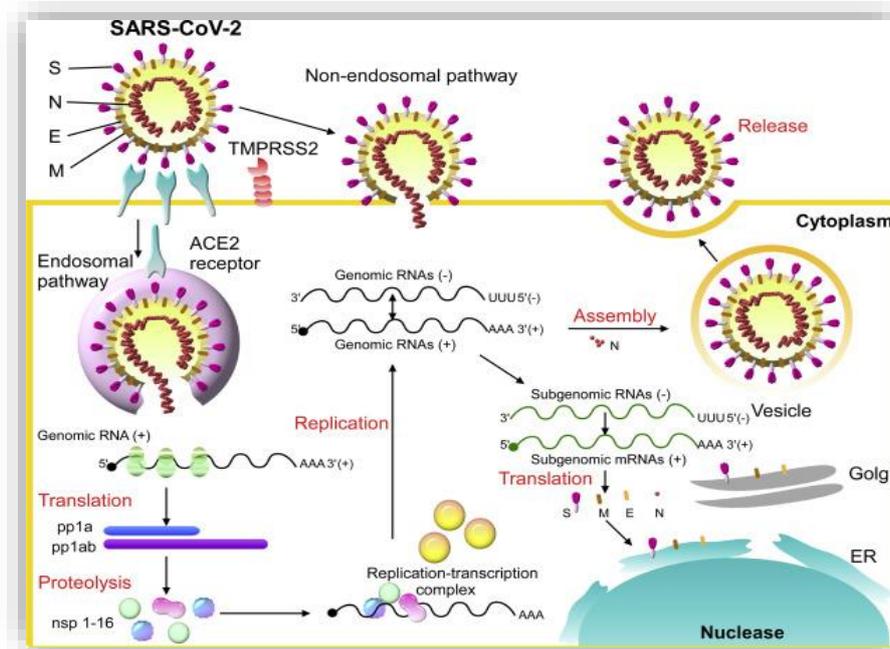


Figura 4. Representación del supuesto ciclo de vida del SARS-CoV-2 (Liu, Kuo y Shih, 2020)

Inicialmente se tenía en cuenta que la familia de los coronavirus (CoV) afectan principalmente a las aves y mamíferos, pero las infecciones recurrentes de SARS, MERS y en la actualidad el COVID-19 han demostrado la capacidad de los coronavirus (CoV) de cruzar de una especie animal a la especie humana (Menachery, Graham y Baric, 2017). Debido a ello, a finales de diciembre del 2019, la Institución de Salud Municipal de la ciudad de Wuhan en China, anunció un nuevo tipo de neumonía que en la actualidad se llama COVID-19. Ellos se originaron en el mercado mayorista de venta de animales y productos marinos en Wuhan, provincia de Hubei. Los primeros casos reportados eran los propietarios de tiendas o personas que visitaron el mercado, considerando que dicho mercado tenía un área de 50 000 m², el cual se dedicaba a la venta de carne fresca, mariscos y una variedad de animales salvajes vivos de distintas especies (Tan, y otros, 2020 y Zhu et al. 2020).

En sus reportes iniciales no se tomaron en cuenta su alta tasa de contagio de persona a persona; como consecuencia el virus se extendió de manera rápida en

la ciudad de Wuhan y se tuvo que enfrentar una emergencia sanitaria debido a que no se cuentan con terapias y/o vacunas específicas. Es por ello, que la medida estándar de salud pública para detener la rápida propagación del virus es la contención social o aislamiento social que comúnmente se conoce como cuarentena (Wilder-Smith y Freedman, 2020). Dichas medidas tienen como fin el distanciamiento social y contener la propagación del virus, por lo que se dictó la mayor cuarentena en la historia en China, por el cual todos los residentes de la ciudad en mención permanecieron confinados en sus domicilios, deteniendo así el transporte público y privado en todo el país (Zhai et al., 2020). Las consecuencias ambientales de la detención del transporte público, así como el sector industrial llevó a una disminución de emisiones vehiculares e industriales del 25%, tal y como se muestra en la **Figura 5** en lo que lleva el año 2020, según el Ministerio de Ecología y Medio Ambiente reportaba en la misma época un índice de calidad de aire alrededor del 11,4 % en 330 ciudades (Chen et al., 2020).

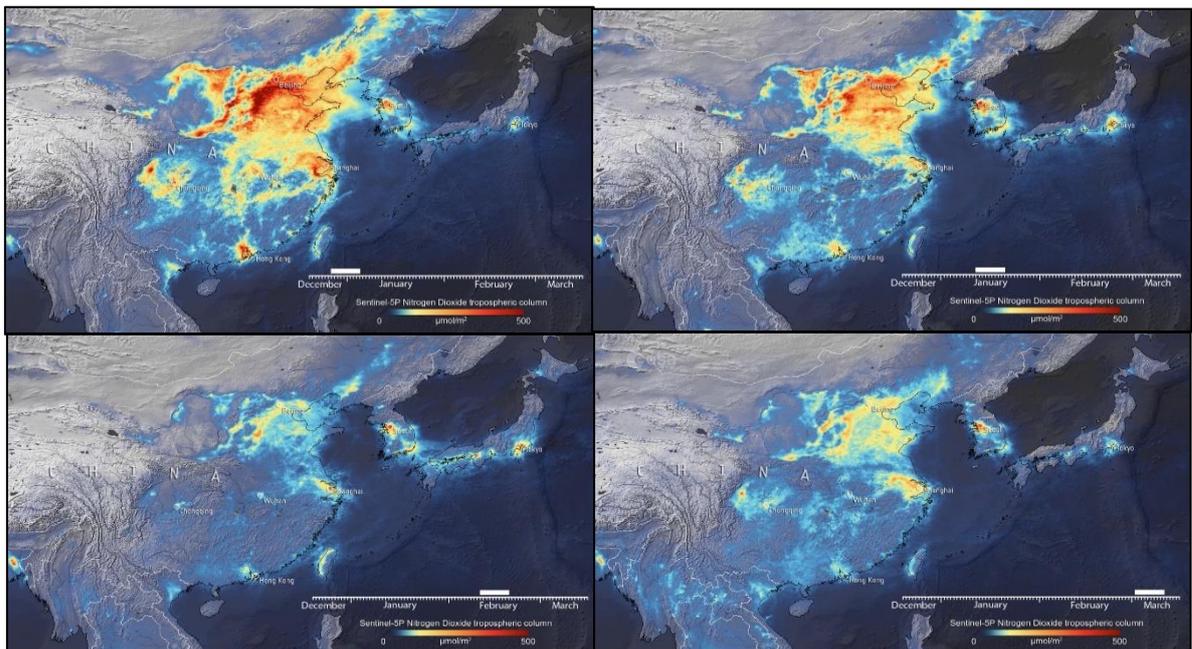


Figura 5. Evolución de la concentración de NO₂ en China (ESA, 2020a)

En la **Figura 6** se muestra dentro del continente europeo que la emisión del gas dióxido de nitrógeno (NO₂) disminuyó en los países de Italia, España y el Reino Unido (Ficetola y Rubolini, 2020) donde los cuales se establecieron la inmovilización social obligatoria durante la etapa de cuarentena.

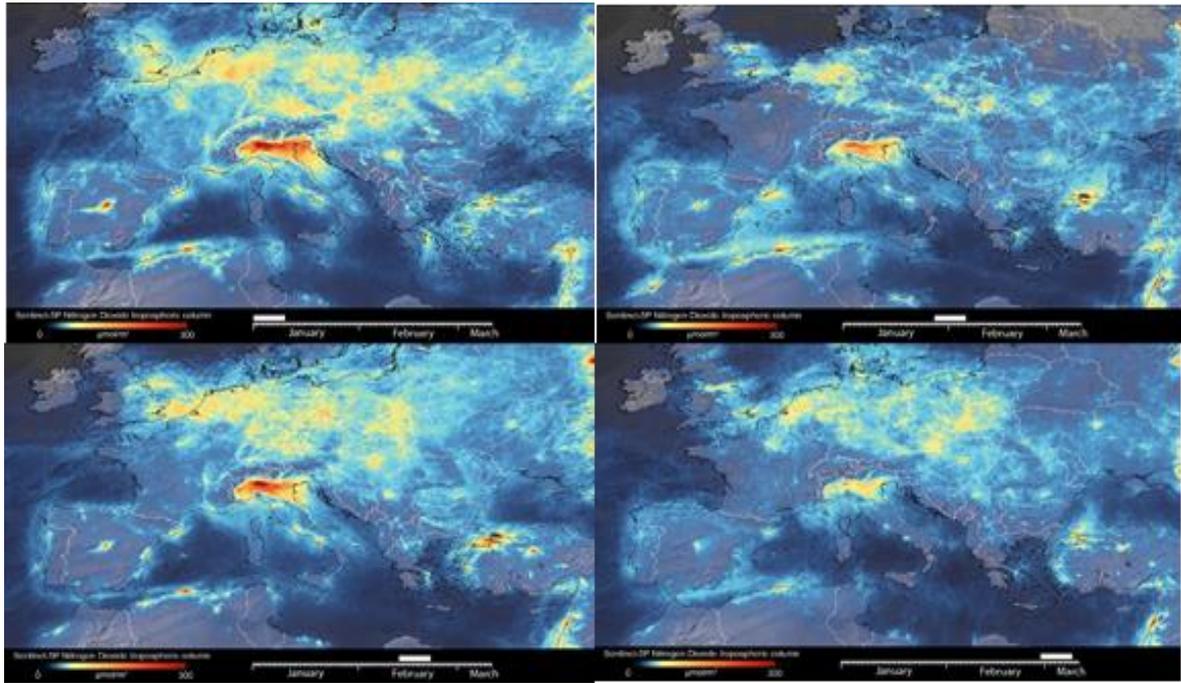


Figura 6. Evolución de la concentración de NO₂ en regiones de Europa (ESA, 2020b)

La contaminación del aire se ha convertido en un tema cada vez más crítico no solo en el Perú, sino también a nivel mundial; es por ello que para analizar las consecuencias de los contaminantes atmosféricos en el ambiente se han realizado investigaciones sobre la variación temporal y espacial de los gases y el material particulado PM10 y PM2,5.

En las ciudades chinas se muestran que el contaminante más preocupante es el PM2,5 y sus concentraciones varían según las estaciones del año, por ello indican la importancia de evaluar la relación que tienen los contaminantes atmosféricos con las variables meteorológicas (Shujun Yan et al., 2016).

Según un informe de la organización ambiental Greenpeace, publicado por IQAir Air Visual (2018), en Latinoamérica, Lima es la séptima ciudad con más polución de aire. La Organización Mundial de Salud (OMS), recomienda que los niveles de PM2,5 no pasen los 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por año en promedio; sin embargo, según el informe antes mencionado, Lima, en el 2018 tuvo 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando notablemente los estándares establecidos.

III. METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de la Investigación

La investigación tuvo un **enfoque** cuantitativo, ya que se desarrollaron un conjunto de procesos que finalizaron en probar la investigación (Hernández Sampieri, y otros, 2014).

El **tipo** de investigación es básica; ya que el objetivo planteado buscó conocer la realidad del comportamiento del material particulado relacionado a las variables meteorológicas en un contexto definido, aumentando así el nivel de conocimiento en dicho fenómeno.

El **diseño** de la investigación es del tipo no experimental - longitudinal, debido a que se centró en la observación de situaciones ya existentes en su desarrollo natural, ya que no se puede tener el control sobre las variables y el cual no llegó a influir en el proceso de la investigación (Hernández Sampieri, y otros, 2014).

El **nivel** de la investigación es el explicativo, ya que se planteó responder el comportamiento del material particulado bajo las condiciones meteorológicas en un contexto determinado el cual se busca explicar mediante los análisis de las series temporales.

3.2 Variables y Operacionalización

3.2.1 Variables

- Variable independiente: Variables meteorológicas
- Variable dependiente: Comportamiento del material particulado

La operacionalización se estableció según las variables determinadas en el cual se menciona las dimensiones y sus variables de medición (Anexo 3).

3.3 Población, muestra y muestreo

La población correspondió a las características del aire de Lima Metropolitana y es determinado por los datos registrados a lo largo del tiempo por el SENAMHI a través de su red de estaciones de calidad del aire y meteorológico.

La muestra es representada por la red de estaciones de calidad de aire y meteorológico del SENAMHI de enero a mayo tomados durante dos periodos, primero del 2017 al 2019 y el 2020, debido a que los datos tomados en esos meses se determinará el comportamiento del material particulado antes y durante el aislamiento social.

La técnica en el muestreo es del no probabilístico por conveniencia; ya que no se emplea los métodos estadísticos para la elección de las estaciones de muestreo, esto debido a que la muestra fue extraída según las posibilidades de los investigadores. En el muestreo probabilístico, el tamaño de la muestra depende del criterio del investigador (Hernández Sampieri, y otros, 2014).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de data

Se aplico la técnica de la observación directa para la recolección de datos en el cual se emplearon los instrumentos para el registro de información descargada y el procesamiento de la misma (Anexo 5):

- Formato de la concentración del material particulado según su tamaño
- Formato de aspectos meteorológicos
- Formato de comportamiento temporal
- Formato de comportamiento espacial

La validez de los instrumentos en líneas generales se asocia al nivel en el cual los instrumentos miden las variables que pretenden cuantificar (Hernández Sampieri, y otros, 2014). Por ello en cumplimiento del proceso

de validación de los instrumentos se enviaron a evaluación de los jueces expertos mencionados en la **Tabla 2**, además de los instrumentos empleados, de los cuales se obtuvieron los promedios de valoración de cada juez experto según lo indicado en la **Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5**.

Tabla 2. Especialistas para la validación de instrumentos

	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3
Nombres y apellidos	Juan Julio Ordoñez Gálvez	Elmer Gonzales Benites Alfaro	Carlos Alberto Castañeda Olivera
Grado académico	Doctor	Doctor	Doctor
Cargo e institución donde labora	Docente Investigador / UCV	Docente Investigador / UCV	Docente Investigador / UCV
CIP N°	89972	71998	130267

Tabla 3. Promedio de validación de los instrumentos por especialista 1

Especialista	Juan Julio Ordoñez Gálvez	Promedio de valoración (%)
Instrumento 1	Formato de la concentración del material particulado según su tamaño	90
Instrumento 2	Formato de aspectos meteorológicos	90
Instrumento 3	Formato de comportamiento temporal	90
Instrumento 4	Formato de comportamiento espacial	90

Tabla 4. Promedio de validación de los instrumentos por especialista 2

Especialista		Promedio de valoración (%)
Instrumento 1	Formato de la concentración del material particulado según su tamaño	90
Instrumento 2	Formato de aspectos meteorológicos	90
Instrumento 3	Formato de comportamiento temporal	90
Instrumento 4	Formato de comportamiento espacial	90

Tabla 5. Promedio de validación de los instrumentos por especialista 3

Especialista		Promedio de valoración (%)
Instrumento 1	Formato de la concentración del material particulado según su tamaño	85
Instrumento 2	Formato de aspectos meteorológicos	85
Instrumento 3	Formato de comportamiento temporal	85
Instrumento 4	Formato de comportamiento espacial	85

3.4.1 Confiabilidad

La confiabilidad de los instrumentos de medición hace referencia al nivel de aplicación constante hacia la muestra u individuo reproduciendo finalmente el mismo resultado (Hernández Sampieri, y otros, 2014), es por ello que en la presente investigación se tomó como criterio de evaluación el alfa de Cronbach según la **Tabla 6** (George, y otros, 2003) y el cálculo respectivo de los instrumentos que se emplearon en la investigación, el

cual se presenta en el Anexo 6, donde se detalla los cálculos y criterios tomados para determinar la confiabilidad por el alfa de Cronbach.

Tabla 6. Criterio general de evaluación

COEFICIENTE	CRITERIO
Coeficiente alfa	> 0.9 es excelente
Coeficiente alfa	> 0.8 es bueno
Coeficiente alfa	> 0.7 es aceptable
Coeficiente alfa	> 0.6 es cuestionable
Coeficiente alfa	> 0.5 es pobre
Coeficiente alfa	< 0.5 es inaceptable

Fuente: (George, y otros, 2003)

3.5 Procedimientos

En la **Tabla 7** se representan los procedimientos de cada etapa en los cuales se empleó los instrumentos validados por los jueces expertos, así como el diagrama de proceso de las etapas de investigación (Anexo 7).

Tabla 7. Tabla de etapas de la investigación

ETAPA	PROCESO	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
ETAPA 1: Ubicación y Recolección	Ubicación e identificación de las estaciones de calidad de aire	SENAMHI	Observación directa	Registro de identificación y ubicación de los puntos de monitoreo	Identificación del área de estudio y el sitio de obtención de la información para el análisis
	Recolección de los datos de las estaciones de calidad de aire	SENAMHI	Observación directa	Formato de la concentración del material particulado según su tamaño	Registro de la concentración de PM10 y PM2.5
	Recolección de los datos de las estaciones meteorológicas	SENAMHI	Observación directa	Formato de aspectos meteorológicos	Registro de los parámetros meteorológicos

ETAPA	PROCESO	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
ETAPA 2: Determinación del comportamiento temporal y espacial	Determinación del comportamiento de los aspectos meteorológicos	Registro de aspectos meteorológicos	Observación directa	Formato de aspectos meteorológicos	Comportamiento de los aspectos meteorológicos
	Determinación del comportamiento temporal en la concentración del material particulado según su tamaño	Registro de la concentración del material particulado según su tamaño	Observación directa	Formato de comportamiento temporal	Comportamiento temporal de la concentración del material particulado según su tamaño
	Determinación del comportamiento espacial en la concentración del material particulado según su tamaño	Registro de la concentración del material particulado según su tamaño y registro identificación de los puntos de monitoreo	Método Kriging	Formato de comportamiento espacial	Mapa de la concentración del material particulado a nivel Lima metropolitana
ETAPA 3: Determinación correlacional	Correlación de los aspectos meteorológicos y la concentración del material particulado según su tamaño	Registro de la concentración del material particulado según su tamaño y registro de aspectos meteorológicos	Observación directa	Tabla generada por SPSS 22 de correlación múltiple	Correlación final de parámetros
	Correlación de los aspectos meteorológicos y la el comportamiento temporal	Formato de comportamiento temporal	Observación directa	Tabla generada por SPSS 22 de correlación múltiple	Correlación final de parámetros
	Correlación de los aspectos meteorológicos y la el comportamiento espacial	Formato de comportamiento espacial	Superposición de mapas temáticos	Formato de comportamiento espacial	Correlación final de parámetros

ETAPA	PROCESO	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
ETAPA 4: Interpretación	Interpretación de los aspectos meteorológicos y comportamiento temporal y espacial	Mapa de la concentración del material particulado por estación a nivel Lima metropolitana por periodos	Observación directa	Formato de comportamiento temporal y espacial	Interpretación del comportamiento temporal y espacial del material particulado
	Interpretación de tablas y correlaciones generados	Correlación final de parámetros	Interpretación	Tabla generada por SPSS de correlación múltiple	Interpretación de las correlaciones del comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas

Nota. Fuente: Elaboración propia, 2020

ETAPA 1: Ubicación y Recolección

➤ Ubicación e identificación de la estación de calidad de aire

Se realizó la ubicación y descripción de las estaciones del SENAMHI los cuales se encuentran debidamente registrados en el “formato de identificación y ubicación de los puntos de monitoreo” (Anexo 8), así como se muestra en la **Tabla 8** las siguientes coordenadas además de su dirección de las estaciones empleadas para la presente investigación.

Tabla 8. Ubicación de las estaciones de calidad de aire y meteorológico

ESTACION	COORDENADAS	DIRECCION
Campo de Marte	N 8664817 E 277597	Campo de Marte de Jesús María, Jr. Nazca s/n.
Carabayllo	N 8683453.49 E 278494.83	Piscina Municipal de Carabayllo, Av. Micaela Bastidas Cdra. 04, Urb. Santa Isabel.

ESTACION	COORDENADAS	DIRECCION
San Borja	N 8660635,36 E 281492,34	Polideportivo Limatambo San Borja, Calle Malachowki 550.
San Juan de Lurigancho	N 8674687.8 E 282308.1	Universidad Cesar Vallejo de S.J.L, Av. Del Parque cdra. 06, Urb. Canto Rey.
Santa Anita	N 8667918,37 E 285388,37	Palacio Municipal Santa Anita, Av. Los Eucaliptos Cdra. 12.
Villa María del Triunfo	N 8654309,4 E 291079,1	Pq. Virgen de Lourdes de V.M.T, Av. 26 de noviembre Cdra. 20, Nueva Esperanza.

Nota. Fuente: SENAMHI

➤ **Recolección de los datos de las estaciones calidad de aire de SENAMHI**

Se procedió a recolectar los valores de concentración de material particulado el cual se registró en el instrumento “Formato de la concentración del material particulado según su tamaño”, en el cual se transcribió las concentraciones de PM10, PM2.5 y por hora, de enero a mayo del 2017 al 2020 además de los valores máximo, mínimo y el promedio por cada día registrado (Anexo 9: diagrama de flujo de obtención de datos).

Se realizó el control de calidad según lo establecido en la **Tabla 9** para la información registrada en el instrumento, verificando así que valores cumplan con los controles, el cual se indicó mediante una fórmula de EXCEL si las concentraciones estaban por debajo del límite de detección del equipo usado por el SENAMHI para el muestreo de PM10 y PM2.5.

Tabla 9. Control de calidad del instrumento 1

Parámetro	Límite Mínimo de detección	Referencia
PM10	1,0 µg/m ³ (24-hour ave)	Product Specifications Thermo Scientific / TEOM 1405 Ambient Particulate Monitor
PM2.5	1,0 µg/m ³ (24-hora)	Product Specifications Thermo Scientific/Modelo 5028i

Nota. Fuente: Thermo Scientific

➤ **Recolección de los datos de las estaciones meteorológicas de SENAMHI**

Se procedió a recolectar los valores de los aspectos meteorológicos de los cuales se registraron en el instrumento “Formato de aspectos meteorológicos”, en el cual se transcribió los valores de velocidad y dirección del viento, temperatura ambiental y humedad relativa de enero a mayo del 2017 al 2020 además de los valores máximo, mínimo y el promedio por cada día registrado.

Se realizó el control de calidad según la **Tabla 10** para la información registrada en el instrumento, verificando así que valores cumplan con los controles, el cual se indicó mediante una fórmula de EXCEL si los valores de velocidad, dirección del viento, temperatura ambiental y humedad relativa están dentro del rango establecido por el equipo usado por el SENAMHI para el registro de los aspectos meteorológicos.

Tabla 10. Control de calidad instrumento 2

Aspectos meteorológicos	Velocidad del viento	Dirección del viento	Temperatura ambiental	Humedad relativa
Consideraciones	Rango: 0,75 - 75 m/s	Rango: 0 - 360°	Rango: -40 a +60 °C	Rango: 0-100 %

Nota. Fuente: es.vaisala.com/pedirinfo

ETAPA 2: Determinación del comportamiento temporal y espacial

➤ Comportamiento temporal de los aspectos meteorológicos

Se determinó el comportamiento horario, diario y mensual de los aspectos meteorológicos en las estaciones de la red del SENAMHI, según los registrado en el instrumento 2 tomando los promedios registrados y estableciendo las series temporales en el instrumento 3.

➤ Comportamiento temporal en la concentración del PM10 y PM2.5

Se determinó el comportamiento horario del PM10 y PM2.5 de los periodos 2017-2019 y 2020 se establecieron mediante el uso del instrumento “Formato de comportamiento temporal”, en el cual se registró los valores procesados del instrumento “Formato de la concentración del material particulado según su tamaño” de cada estación de la red de estaciones de calidad de aire y metrología del SENAMHI.

Se procedió a utilizar la información de los instrumentos de los cuales se relacionó con el tiempo de medición en cada estación de calidad de aire; de los cuales se generaron tablas con la variabilidad lineal de los parámetros de la calidad de aire con el tiempo de medición, obteniendo una tabla por cada parámetro en el mes de medición en cada estación de calidad de aire.

Se procedió a determinar el comportamiento espacial de Lima Metropolitana, según las concentraciones media por cada distrito; en ello se evaluó el comportamiento total y determinado así la concentración promedio del material particulado según su tamaño en Lima metropolitana.

➤ **Comportamiento espacial en la concentración del PM10 y PM2.5**

Se empleo el software ArcGIS para el manejo de la información espacial, del cual se determinó su comportamiento espacial del PM10 y PM2.5 en los periodos 2017-2019 y 2020; mediante el cual dicho software nos permito representar espacialmente la ubicación geográfica de las estaciones de calidad de aire del SENAMHI.

Se procedió a tomar la data del registro de identificación y ubicación de los puntos de monitoreo y se digitalizo mediante un "Shapefile de puntos de medición" en el cual se registraron los datos de contracción temporal del PM10 y PM 2.5.

Mediante los puntos establecidos se procedió al cálculo de la distribución espacial usando el método de interpolación Kriging el cual es un proceso matemático geoestadístico avanzado, que genera una superficie partiendo de un grupo de puntos esparcidos y son sus respectivos valores z (ESRI, 2020).

ETAPA 3: Determinación correlacional

➤ **Correlación de los aspectos meteorológicos y la concentración del PM10 y PM2.5**

La correlación de los aspectos meteorológicos y la concentración del material particulado, se determinaron en conjunto con la correlación del comportamiento temporal; ya que la correlación del PM10 y PM2.5 son establecidos así mismo en la correlación, horario, diario y mensual con las variables meteorológicas.

➤ **Correlación de los aspectos meteorológicos y la variación temporal**

Para la correlación de la variación temporal en los periodos 2017-2019 y 2020 en relación con los aspectos meteorológicos, se establecieron series temporales, así como el comportamiento horario en el cual se realizó el análisis estadístico en diurno y nocturno, el comportamiento diario, el comportamiento mensual y el comportamiento espacial; finalmente empleando la correlación múltiple de Pearson y la de Rho Spearman según la siguiente tabla de correlaciones.

En la **Tabla 11** se observa las correlaciones que se evaluaron mediante el programa SPSS 22, en el cual se determinaron inicialmente las pruebas de normalidad por Shapiro-Wilk para las variables y además su posterior análisis de correlación paramétrica de Pearson o no paramétrica de Rho Spearman para las variables que cumplan o no la normalidad.

Tabla 11. Correlaciones establecidas

Material particulado		Aspecto meteorológico
Comportamiento temporal del PM10	Correlacionado con	Comportamiento temporal de la temperatura, humedad y velocidad del viento.
Comportamiento temporal del PM2.5		Comportamiento temporal de la temperatura, humedad y velocidad del viento.

Nota. Fuente: elaboración propia, 2020

Establecido las correlaciones, se evalúa su intensidad según la **Tabla 12** en el cual se muestra los índices de correlación según lo obtenido en las pruebas de hipótesis por Pearson o Rho Spearman.

Tabla 12. Índice de correlación

-0.90	a	-1.00	=	Correlación inversa perfecta
-0.76	a	-0.90	=	Correlación inversa muy fuerte.
-0.51	a	-0.75	=	Correlación inversa considerable.
-0.26	a	-0.50	=	Correlación inversa media.
-0.11	a	-0.25	=	Correlación inversa débil.
0	a	-0.10	=	Correlación inversa muy débil.
0			=	No existe correlación alguna entre las variables.
0	a	+0.10	=	Correlación directa muy débil.
+0.11	a	+0.25	=	Correlación directa débil.
+0.26	a	+0.50	=	Correlación directa media.
+0.51	a	+0.75	=	Correlación directa considerable.
+0.76	a	+0.90	=	Correlación directa muy fuerte.
+0.90	a	+1.00	=	Correlación directa perfecta

Nota. Fuente: adaptado de Hernández Sampieri, et.al, 2014

➤ **Correlación de los aspectos meteorológicos y el comportamiento espacial**

Se empleo el software ArcGIS para el manejo de la información espacial, del cual se determinó su comportamiento espacial del PM10 y PM2.5 de los periodos 2017-2019 y 2020; mediante el cual dicho software nos permito representar espacialmente y la ubicación geográfica de las estaciones de calidad de aire del SENAMHI, así como su correlación con los aspectos meteorológicos.

Para la generación de los mapas temáticos (Anexo 10: Mapas temáticos del comportamiento espacial) se empleo el método de interpolación Kriging ordinario, mediante el uso del software ArcGIS y la determinación de las isóneas de temperatura y humedad, del mismo modo se determinó el gráfico de la velocidad y dirección del viento mediante el uso de la extensión "Create Fishnet" el cual elabora una tipo de clase o entidad que contiene una red de celdas rectangulares, por el cual para crear dicha red

la extensión requiere tres valores, la extensión espacial, la cantidad de filas y columnas, además del ángulo de rotación (ESRI, 2020).

ETAPA 4: Interpretación

➤ Interpretación de los aspectos meteorológicos y el comportamiento espacial

Se procedió con la interpretación de los mapas generados por el software ArcGIS, del cual se obtuvieron los mapas de comportamiento espacial del material particulado según su tamaño y además de los aspectos meteorológicos que intervinieron en la dispersión de los mismo.

Se tomo en cuenta los mapas temáticos según el tipo de comportamiento temporal para el cual se determinó que el comportamiento espacial tiene una relación directa e inversa con las variables meteorológicas.

➤ Interpretación de tablas y correlaciones generados

En la última etapa se procedió con la interpretación de las tablas y correlaciones generados según lo determinado en las etapas 2 y 3, de los cuales se generaron tablas de normalidad y de correlación múltiple respectivamente.

3.6 Método de análisis de datos

La información de los instrumentos 1 y 2 fueron procesados mediante estadístico descriptivo usando el EXCEL 2016 para el cálculo y registro de los promedios del PM10, PM2.5 y las variables meteorológicas,

Se evaluó la información procesada mediante estadística inferencial usando el software estadístico IBM SPSS Statistics 22 para la determinación de las correlaciones y pruebas de normalidad.

Según las variables cuantitativas establecidas se aplicó la prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk para las muestras menores a 50 y la prueba de correlación paramétrica en el contraste de las hipótesis se empleó a Pearson y la prueba no paramétrica se empleó la correlación de Rho Spearman.

3.7 Aspectos éticos

La presente investigación en base a los estudios realizados y los que se realizarán es confidencial y veraz, del cual se guardará la identidad de los investigadores participaron, ya que los datos son obtenidos para la presente investigación son obtenidos de la web del SENAMHI, para ello el Artículo 6 del código de ética menciona que se respetará los derechos de propiedad intelectual de otros investigadores, mediante las respectivas citas y referencias de sus trabajos de investigación.

En cuanto al formato establecido se estableció en base a la guía de Elaboración de Productos Observables 2020 el cual establece los lineamientos de formato y la estructura del trabajo de investigación donde finalmente se sometió al Turnitin, el cual permitió analizar e identificar las coincidencias del contenido del trabajo de investigación obteniendo una cifra de total de coincidencia menor al 30%.

IV. RESULTADOS

4.1 Comportamiento temporal del material particulado según su tamaño

El comportamiento del material particulado se evaluó en dos periodos, el primero abarca desde el 2017 al 2019 en el cual se registró cinco meses (enero, febrero, marzo, abril y mayo), determinándose el comportamiento del material particulado menor a 10μ (PM10) y menor a 2.5μ (PM2.5). El segundo periodo correspondió a enero, febrero, marzo, abril y mayo del año 2020, en los cuales se centró en el contexto del estado de emergencia por la pandemia del coronavirus 2 (COVID-19) y la inmovilización social obligatoria desde el 16 de marzo del 2020 inicialmente por quince días ampliándose hasta el 30 de junio con una progresiva reanudación de actividades en función a la evolución de la pandemia en el país.

4.1.1 Comportamiento horario del PM10 y PM2.5

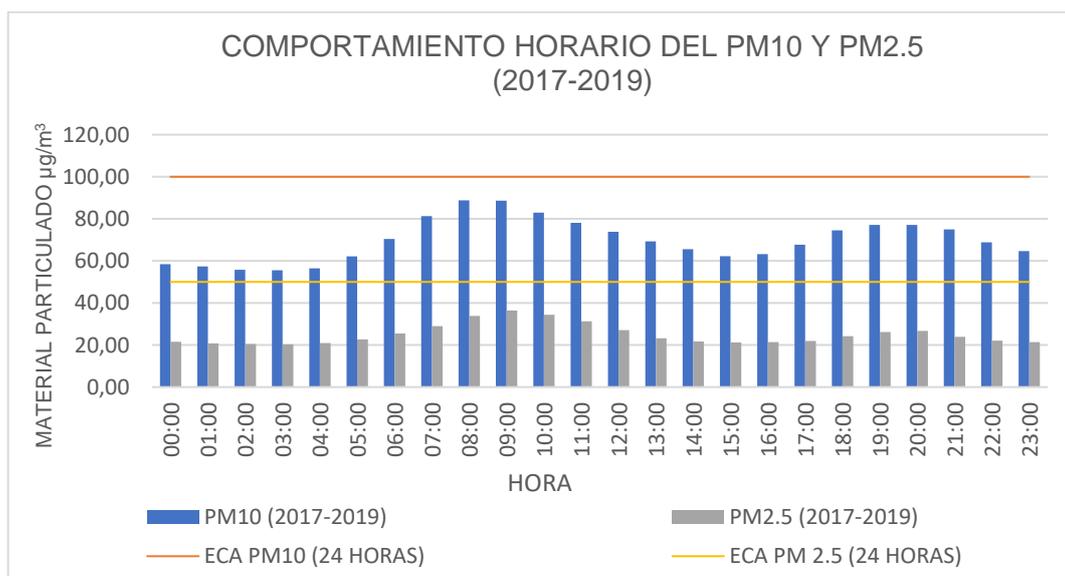


Figura 7 Comportamiento horario del PM10 y PM2.5 (2017-2019)

En la **Figura 7** se observó que el PM10 varía de forma regular teniendo dos valores máximos, el primero a las 08:00 horas con una concentración $88,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el segundo a las 20:00 horas con una concentración de $77,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$; con respecto al PM2.5, presenta un comportamiento regular y semejante al PM10 y con un valor máximo a las 08:00 am con una concentración de $33,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

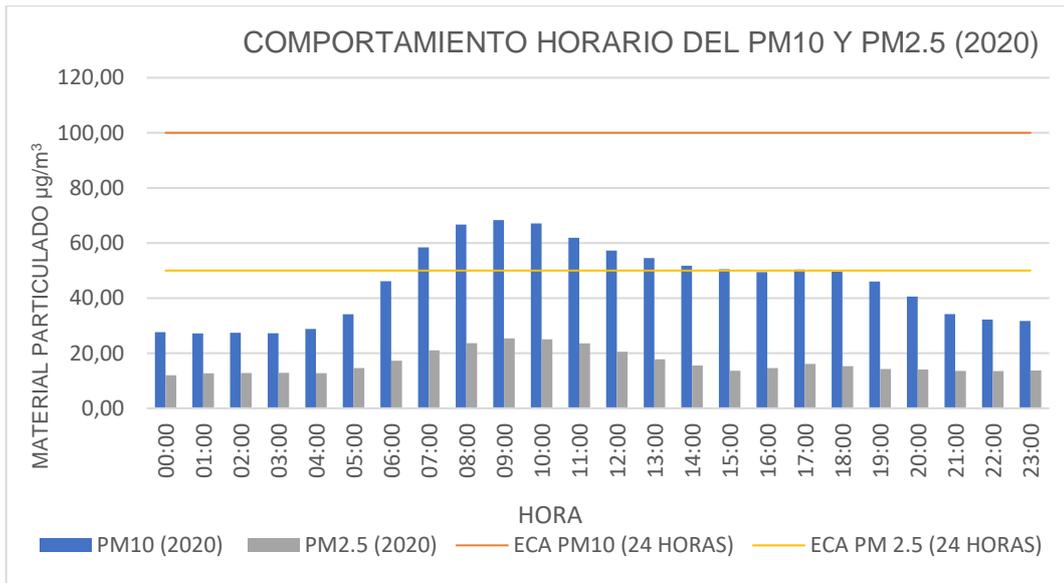


Figura 8 Comportamiento horario del Pm10 y PM2.5 (2020)

En la **Figura 8** se observó que el PM10 varía en su comportamiento con respecto al periodo anterior, en el cual tiene un valor máximo a las 09:00 am con una concentración de 68,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y con respecto al PM2.5, presenta un comportamiento regular y semejante al PM10 y con un valor máximo a las 09:00 am con una concentración de 25,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.2 Comportamiento diario del PM10 y PM2.5

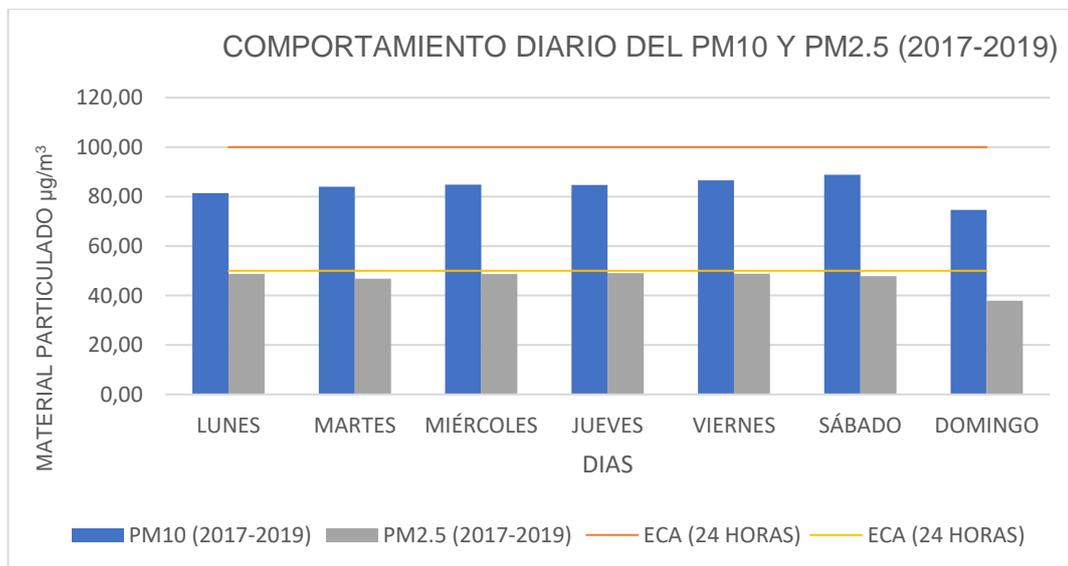


Figura 9 Comportamiento diario del PM10 y PM2.5 (2017-2019)

En la figura 9 se observó que el PM10 varía de forma regular teniendo un valor máximo el día sábado con una concentración de 88,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo el

día domingo con una concentración de 77,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; con respecto al PM2.5, presenta un comportamiento regular y semejante al PM10 y con un valor máximo el día jueves con una concentración de 49,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo el día domingo con una concentración de 37,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

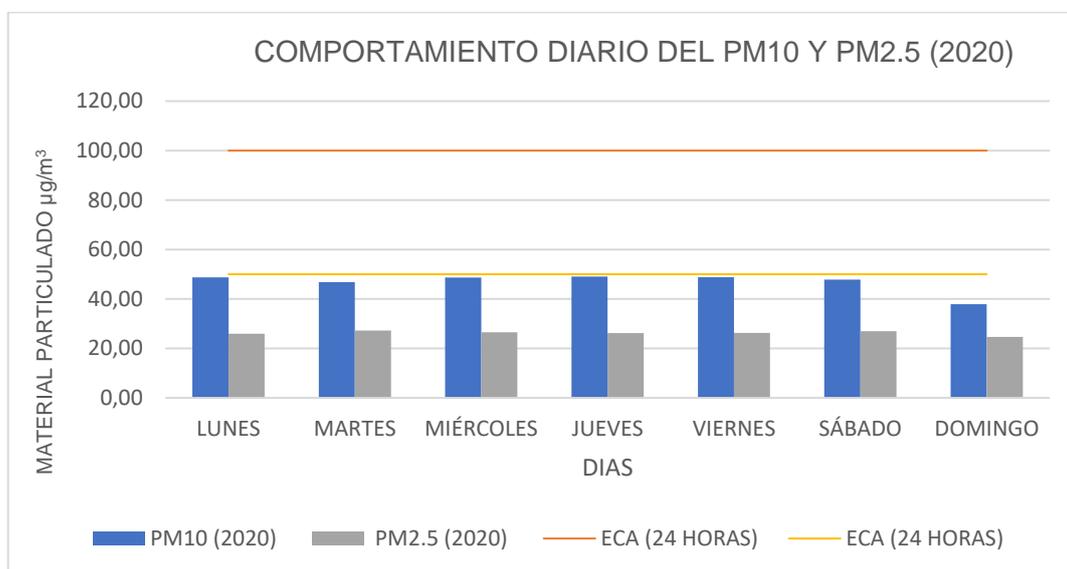


Figura 10 Comportamiento diario del PM10 y PM2.5 (2020)

En la figura 10 se observó que el PM10 varía en su comportamiento con respecto al periodo anterior, teniendo un valor máximo el jueves con una concentración de 49,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo el domingo con una concentración de 37,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; con respecto al PM2.5, presenta un comportamiento regular y semejante al PM10 y con un valor máximo el martes con una concentración de 27,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo el domingo con una concentración de 24,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.3 Comportamiento mensual del PM10 y PM2.5

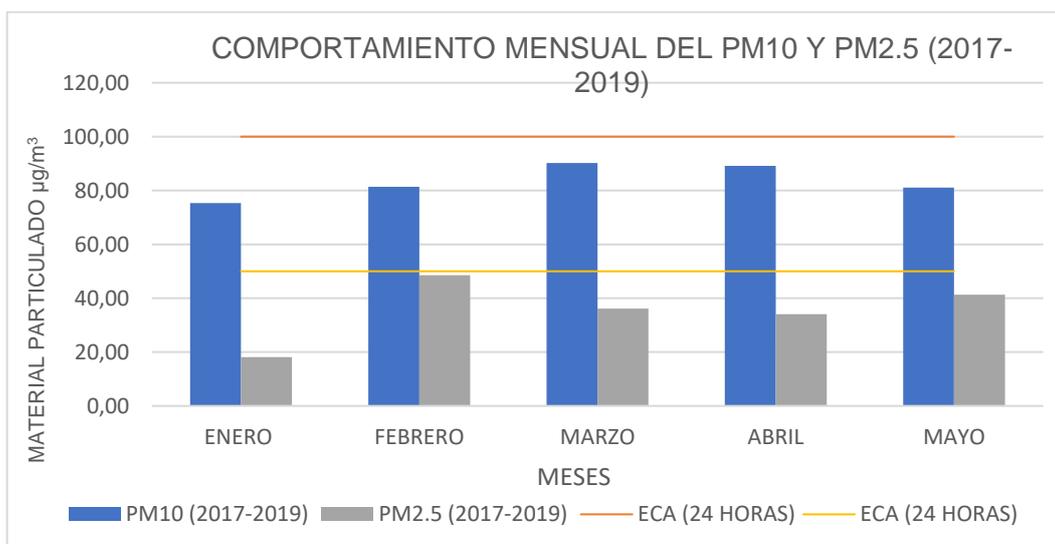


Figura 11 Comportamiento mensual del PM10 y PM2.5 (2017-2019)

En la figura 11 se observó que el PM10 varía de forma regular teniendo un valor máximo en marzo con una concentración de $90,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo en enero con una concentración de $75,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$; con respecto al PM2.5, presenta un comportamiento regular y semejante al PM10 y con un valor máximo en mayo con una concentración de $35,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo en enero con una concentración de $18,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

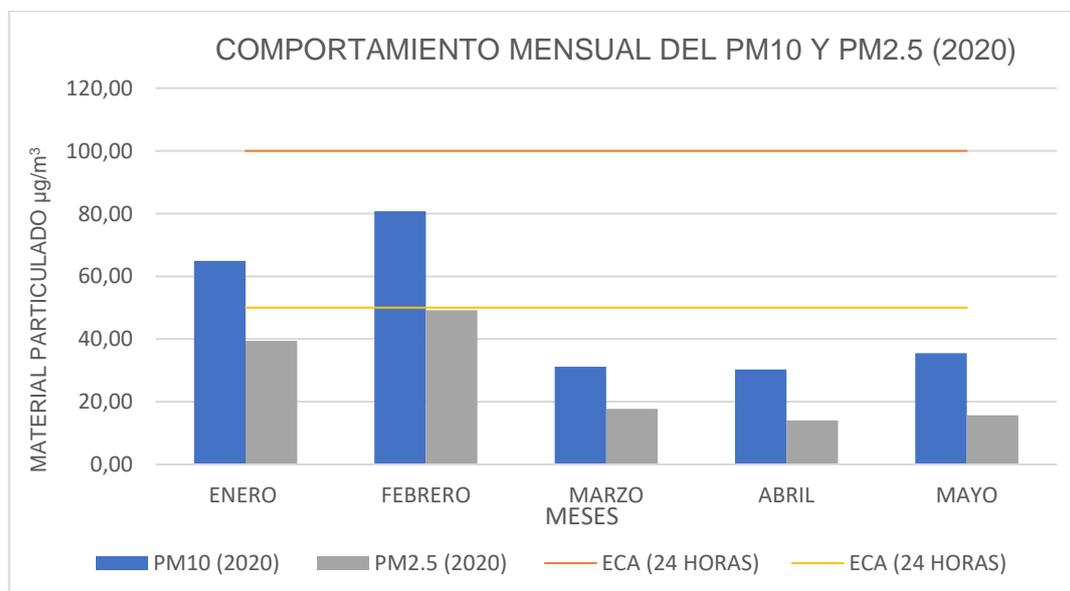


Figura 12 Comportamiento mensual del PM10 y PM2.5 (2020)

En la figura 12 se observó que el PM10 varía en su comportamiento con respecto al periodo anterior, teniendo un valor máximo en febrero con una concentración de 80,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo en abril con una concentración de 30,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; con respecto al PM2.5, presenta un comportamiento regular y semejante al PM10 y con un valor máximo en febrero con una concentración de 49,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo en abril con una concentración de 14,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2 Comportamiento horario meteorológico en Lima metropolitana

4.2.1 Comportamiento horario de la temperatura ambiental (°C)

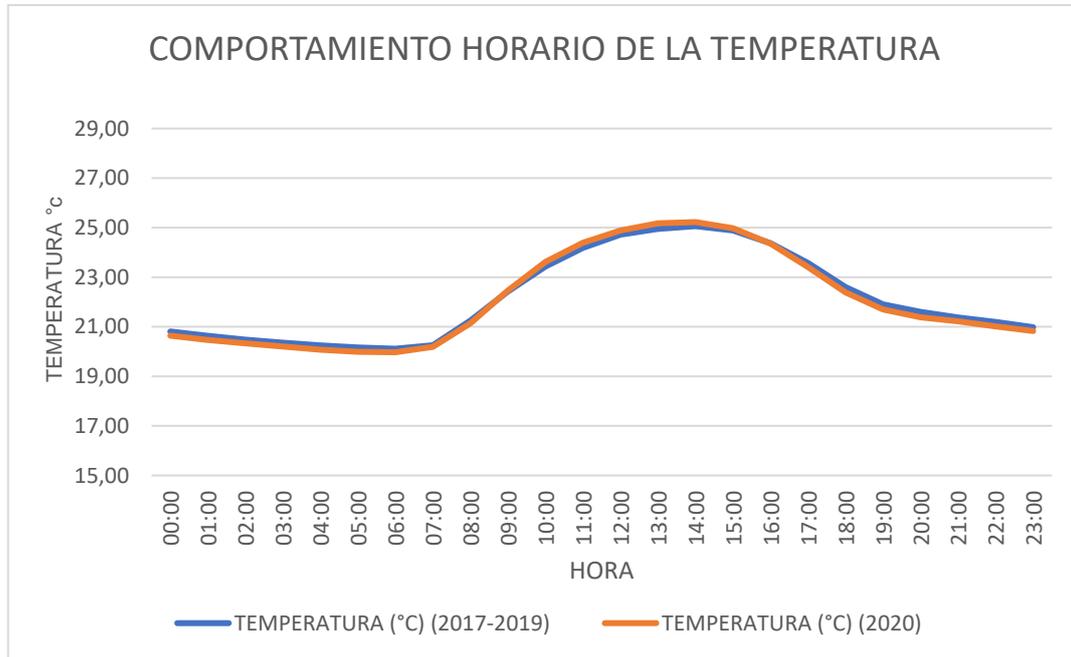


Figura 13 Comportamiento horario de la temperatura ambiental

En la figura 13 se observó que la temperatura ambiental asciende a partir de las 07:00 horas presentando la temperatura máxima a las 14:00 horas y finalmente su descenso a partir de las 15:00 horas.

4.2.2 Comportamiento horario de la humedad relativa (%)

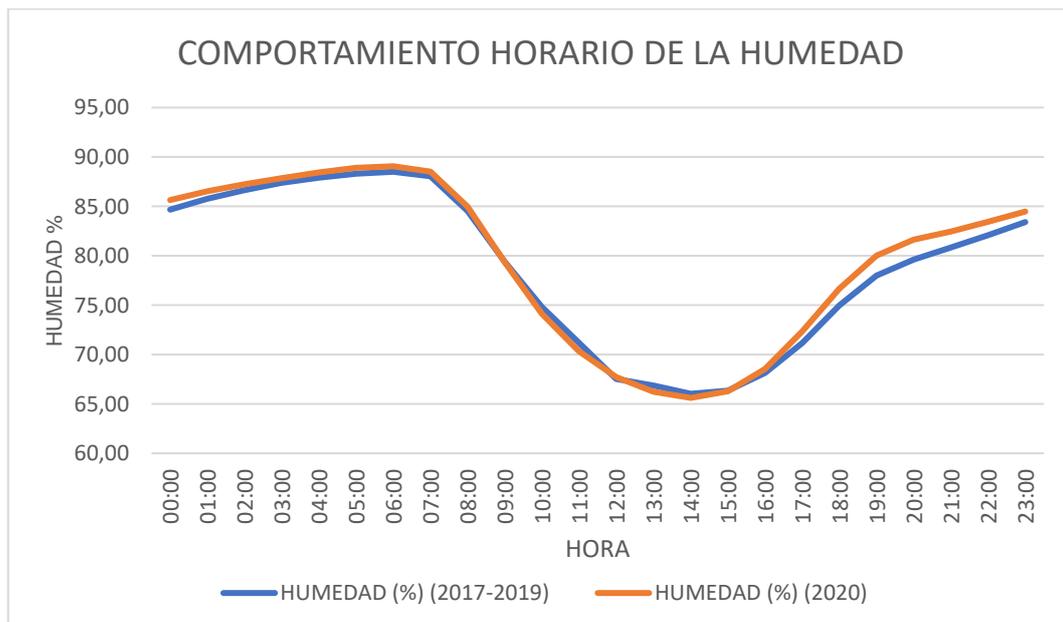


Figura 14 Comportamiento horario de la humedad relativa

En la figura 14 se observó que la humedad relativa desciende a partir de las 07:00 horas presentando su humedad mínima a las 14:00 horas y finalmente su ascenso a partir de las 15:00 horas.

4.2.3 Comportamiento horario de la velocidad del viento (m/s)

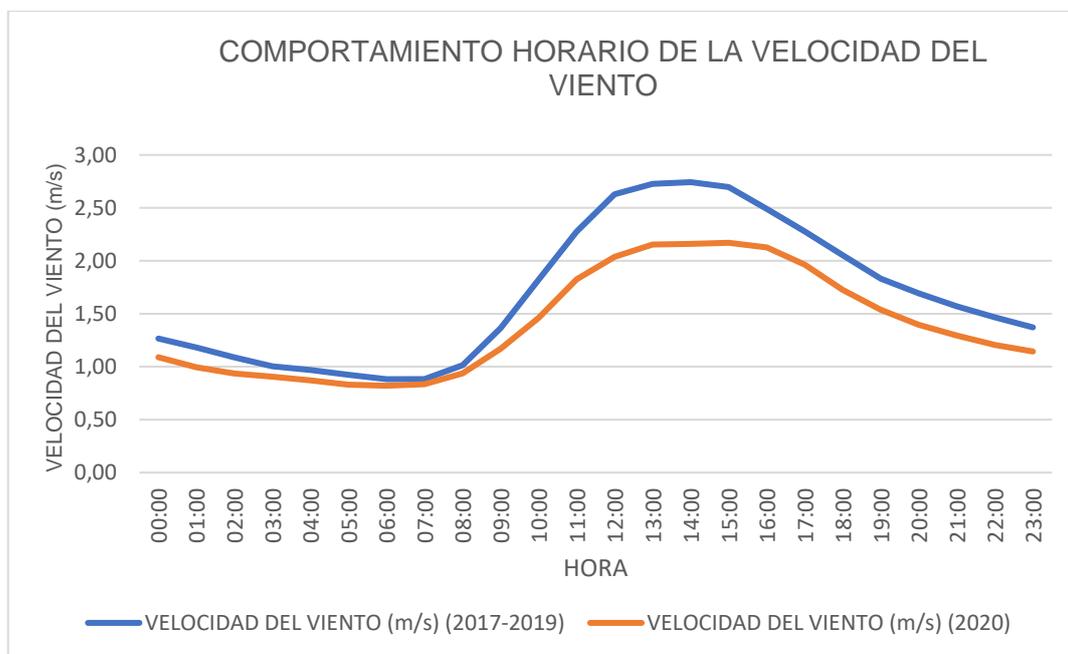


Figura 15 Comportamiento horario de la velocidad del viento

En la figura 15 se observó el comportamiento horario regular de la velocidad del viento en lima metropolitana en el cual asciende en todas las estaciones a partir de las 07:00 horas presentando la velocidad máxima a las 14:00 horas y finalmente su descenso a partir de las 15:00 horas.

4.2.4

4.2.5 Comportamiento horario de la dirección del viento (°)

Tabla 13. Dirección del viento en las estaciones de lima metropolitana

HORA	Campo de Marte	Carabaylo	San Borja	SJL	Santa Anita	VMT
00:00	216	196	185	0	196	0
01:00	214	205	177	0	181	0
02:00	210	204	1	0	1	0
03:00	213	200	1	0	1	0
04:00	210	177	1	0	1	0
05:00	210	200	1	0	1	0
06:00	209	191	1	0	1	0
07:00	212	195	1	0	1	0
08:00	213	190	229	0	1	0
09:00	212	188	184	0	190	0
10:00	212	183	257	0	187	0
11:00	212	191	246	0	195	0
12:00	196	188	250	0	199	0
13:00	211	186	257	0	199	0
14:00	210	187	220	0	201	0
15:00	213	206	180	0	202	0
16:00	212	208	221	0	194	0
17:00	214	208	181	0	200	0
18:00	215	206	178	0	189	0
19:00	215	211	179	0	196	0
20:00	214	197	180	0	192	0
21:00	219	207	175	0	197	0
22:00	218	186	177	0	194	0
23:00	215	205	181	0	201	0

Nota. Fuente: Elaboración propia, 2020

En la tabla 13 se registraron las direcciones del viento en las estaciones meteorológicas de Lima Metropolitana, en los cuales se observó las direcciones predominantes y su respectiva rosa de viento indicando la dirección del viento por cada estación (Anexo 11)

4.3 Comportamiento diario meteorológico en Lima metropolitana

4.3.1 Comportamiento diario de la temperatura ambiental

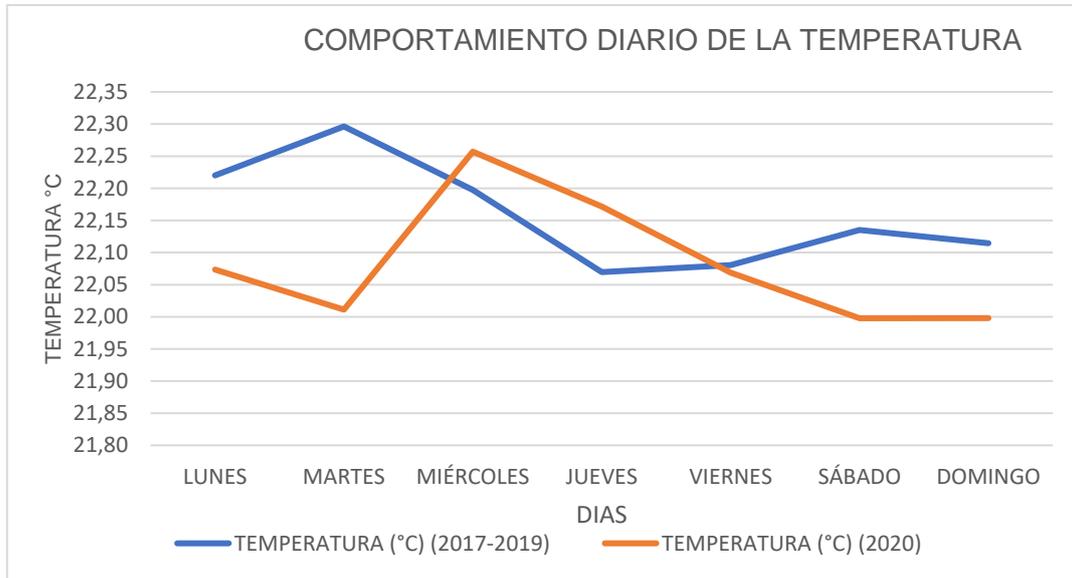


Figura 16 Comportamiento diario de la temperatura ambiental

En la figura 16 se observó que la temperatura ambiental en el periodo 2017-2019 presenta su mayor valor el martes y su menor valor el jueves; en cuanto al periodo 2020 presenta su mayor valor el miércoles y su menor valor el domingo.

4.3.2 Comportamiento diario de la humedad relativa (%)

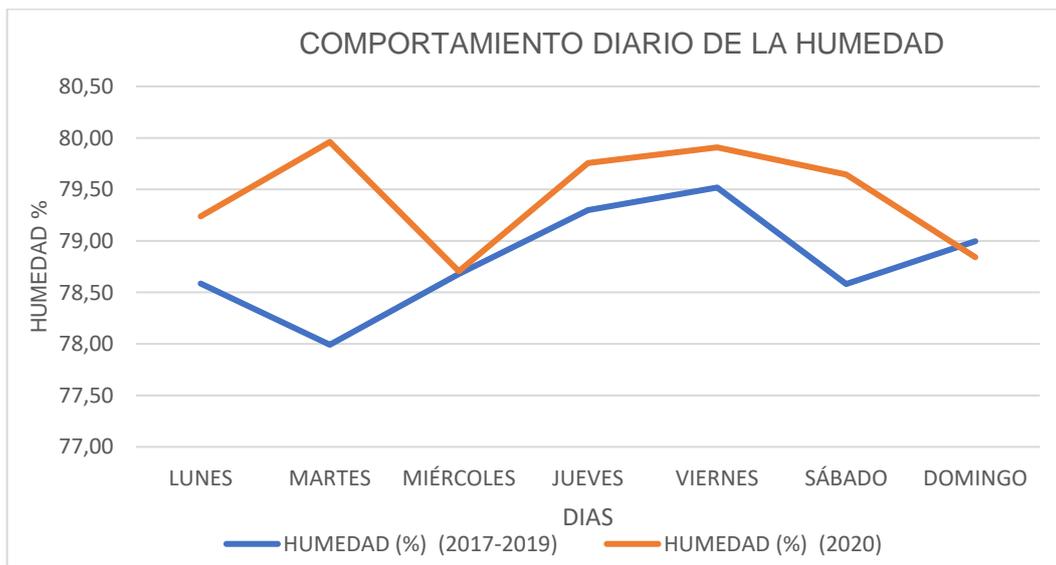


Figura 17 Comportamiento diario de la humedad relativa

En la figura 17 se observó que la humedad en Lima Metropolitana en el periodo 2017-2019 presenta su mayor valor el viernes y su menor valor el martes; en cuanto al periodo 2020 presenta su mayor valor el martes y su menor valor el miércoles.

4.3.3 Comportamiento diario de la velocidad del viento (m/s)

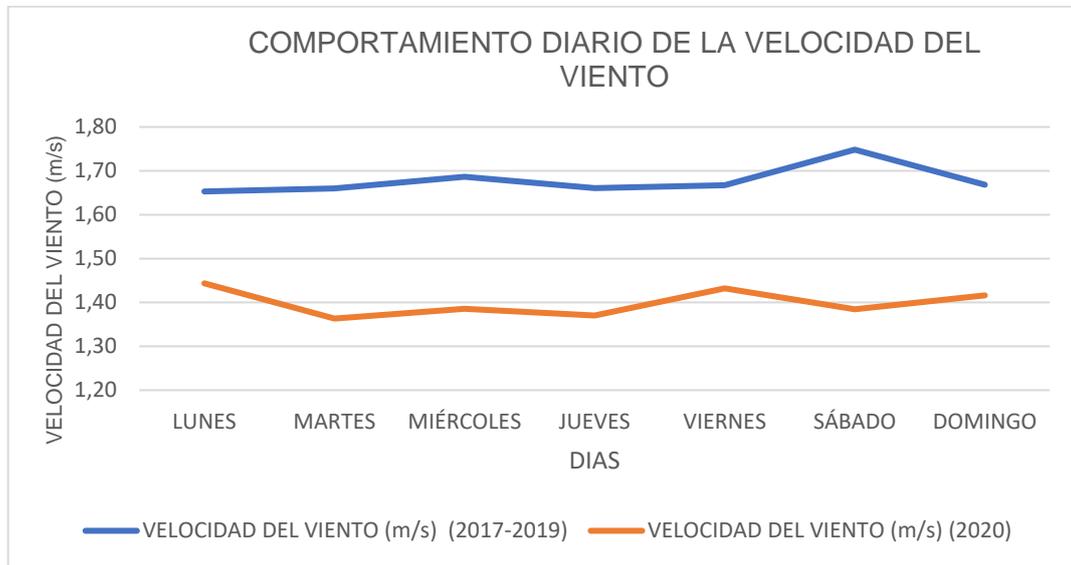


Figura 18 Comportamiento diario de la velocidad del viento

En la figura 18 se observó que la velocidad del viento en el periodo 2017-2019 presenta su mayor valor el sábado y su menor valor el lunes; en cuanto al periodo 2020 presenta su mayor valor el lunes y su menor valor el martes.

4.4 Comportamiento mensual de los aspectos meteorológicos

4.4.1 Comportamiento mensual de la temperatura ambiental (°C)

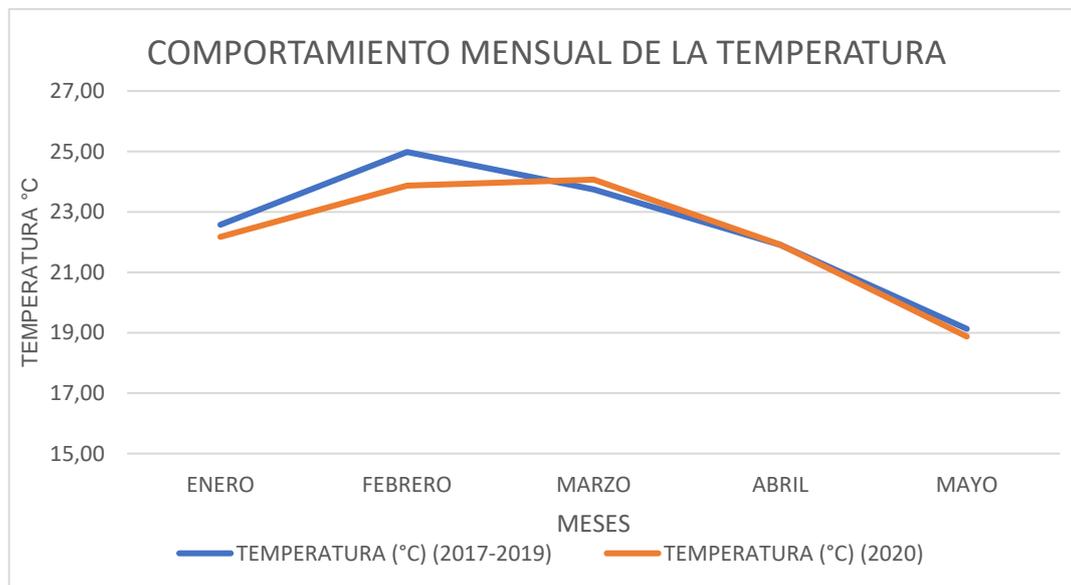


Figura 19 Comportamiento mensual de la temperatura ambiental

En la figura 19 se observó que la temperatura en el periodo 2017-2019 presenta su mayor valor en febrero y su menor valor en mayo; en cuanto al periodo 2020 presenta su mayor valor en marzo y su menor valor en mayo.

4.4.2 Comportamiento mensual de la humedad relativa (%)

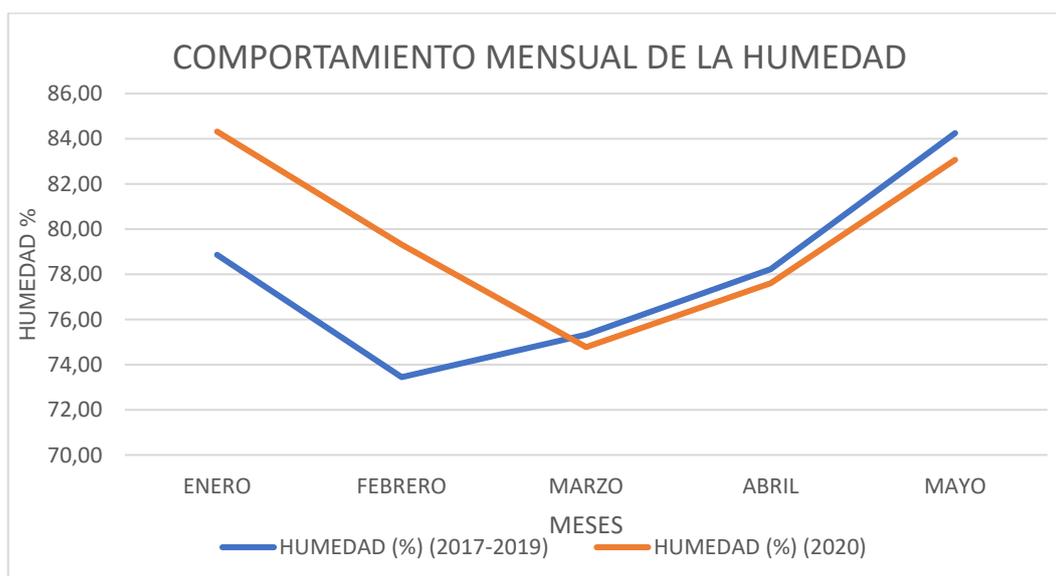


Figura 20 Comportamiento mensual de la humedad relativa

En la figura 20 se observó que la humedad en el periodo 2017-2019 presenta su mayor valor en mayo y su menor valor en febrero; en cuanto al periodo 2020 presenta su mayor valor en enero y su menor valor en marzo.

4.4.3 Comportamiento mensual de la velocidad del viento (m/s)

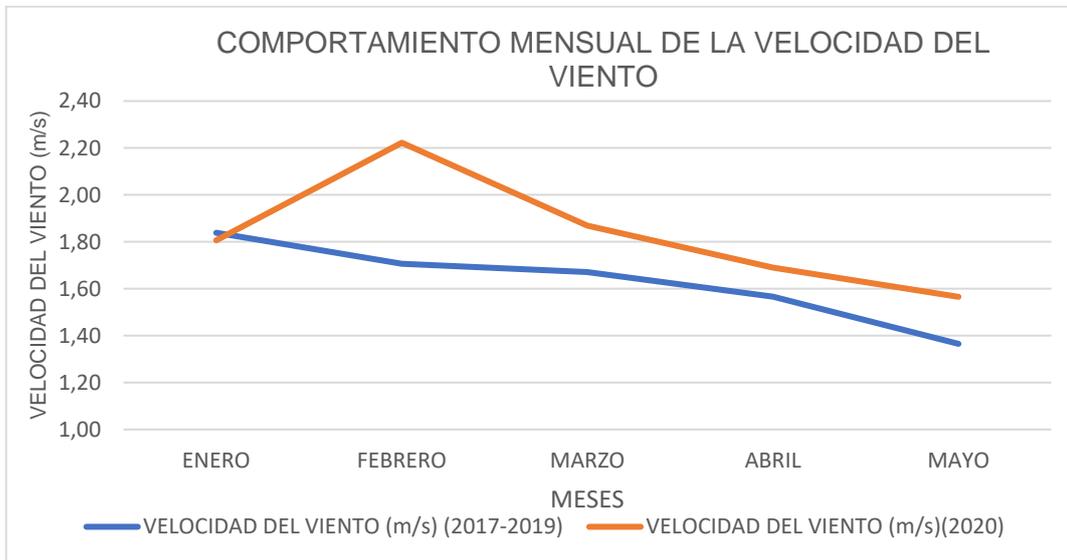


Figura 21 Comportamiento mensual de la velocidad del viento

En la figura 21 se observó que la velocidad del viento en el periodo 2017-2019 presenta su mayor valor en enero y su menor valor en mayo; en cuanto al periodo 2020 presenta su mayor valor en febrero y su menor valor en mayo.

4.5 Comportamiento horario del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos

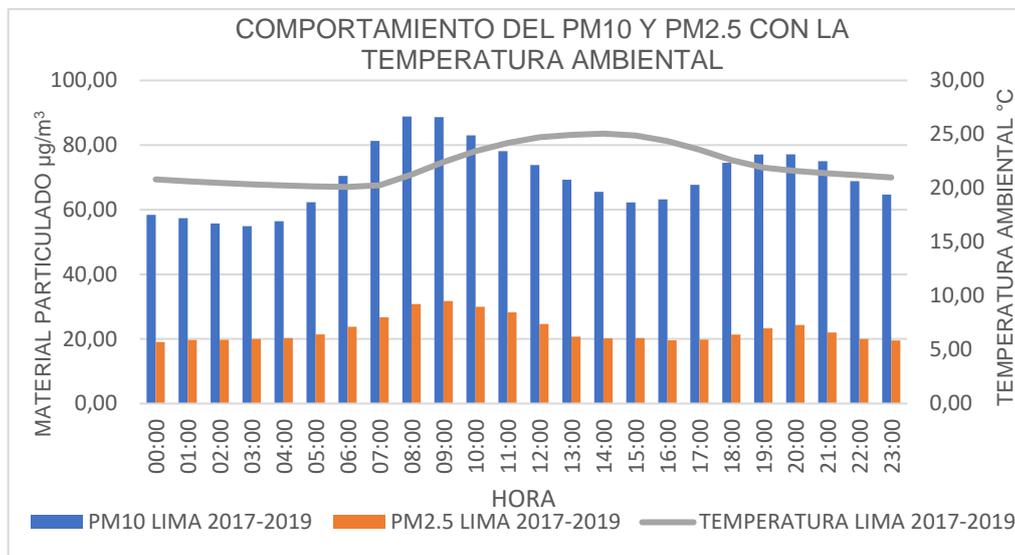


Figura 22 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la temperatura (2017-2019)

En la figura 22 se observó que la temperatura con el material particulado varía directamente desde las 07:00 horas hasta las 06:00 horas aproximadamente e inversamente desde las 17:00 horas hasta las 06:00 horas aproximadamente.

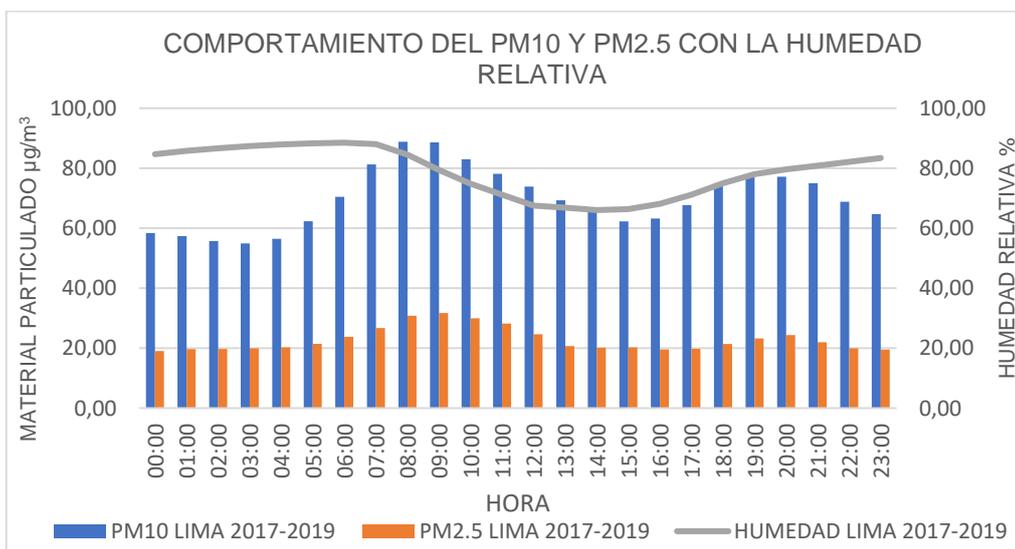


Figura 23 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la humedad (2017-2019)

En la figura 23 se observó que la humedad relativa su variación es inversamente desde las 00:00 horas hasta las 06:00 horas aproximadamente y varían directamente desde las 07:00 horas hasta las 19:00 horas.

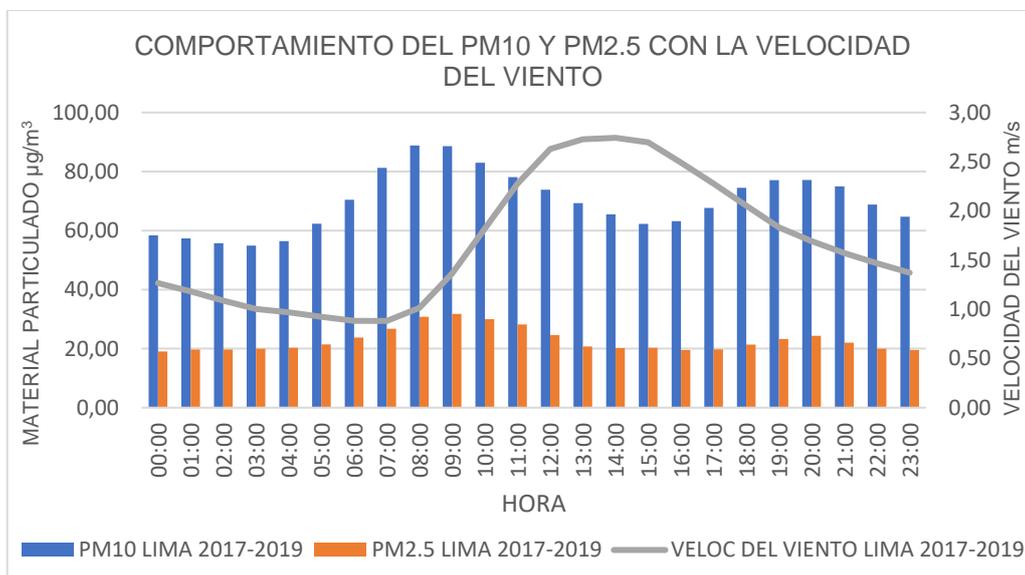


Figura 24 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2017-2019)

En la figura 24 se observó que la velocidad del viento varía directamente desde las 00:00 hasta las 10:00 am aproximadamente y varían inversamente desde las 10:00 hasta las 17:00 horas.

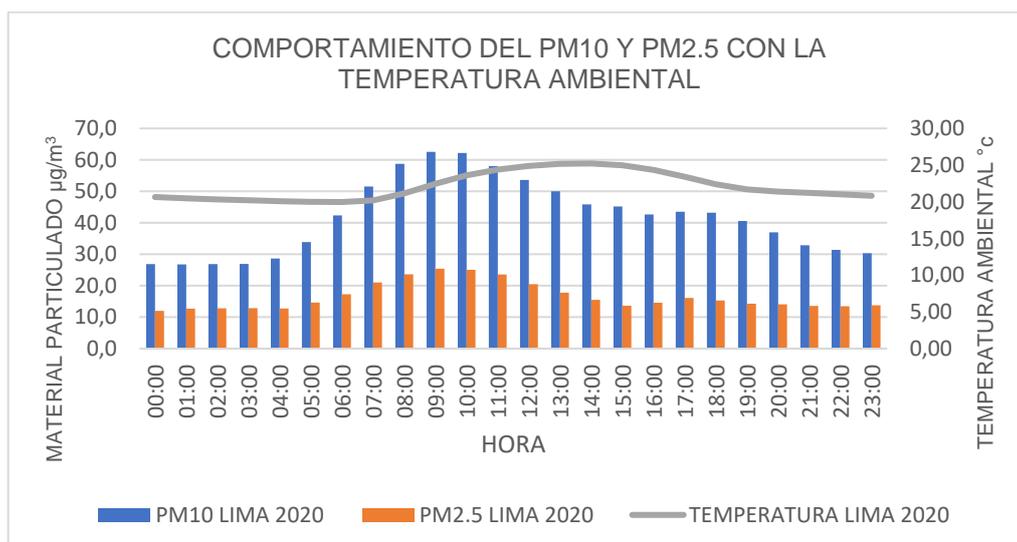


Figura 25 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la temperatura (2020)

En la figura 25 se observó que la temperatura varía directamente desde las 07:00 hasta las 17:00 aproximadamente e inversamente desde las 19:00 hasta las 06:00 aproximadamente.

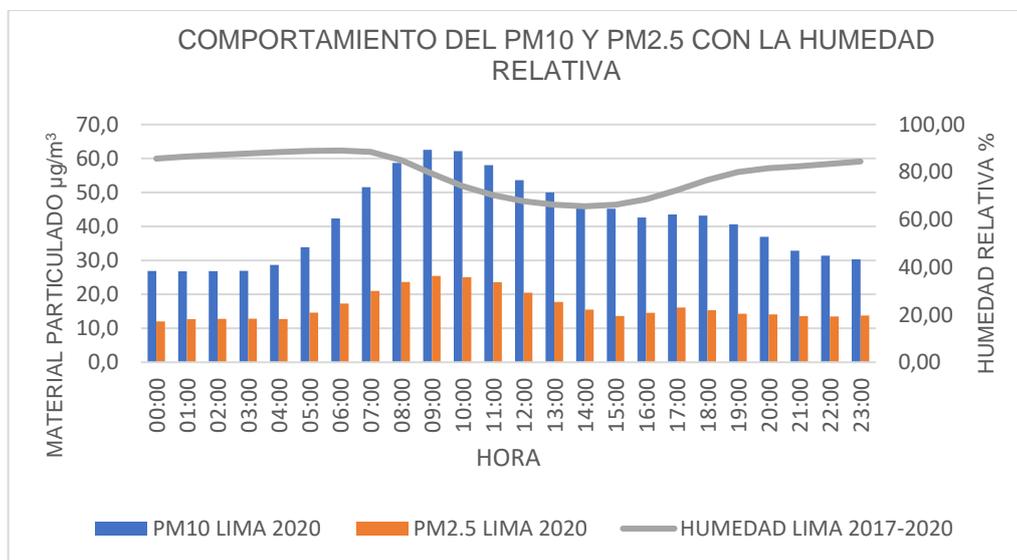


Figura 26 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la humedad (2020)

En la figura 26 se observó que la humedad relativa su variación es inversamente desde las 00:00 horas hasta las 07:00 horas aproximadamente y varían directamente desde las 08:00 horas hasta las 18:00 horas.

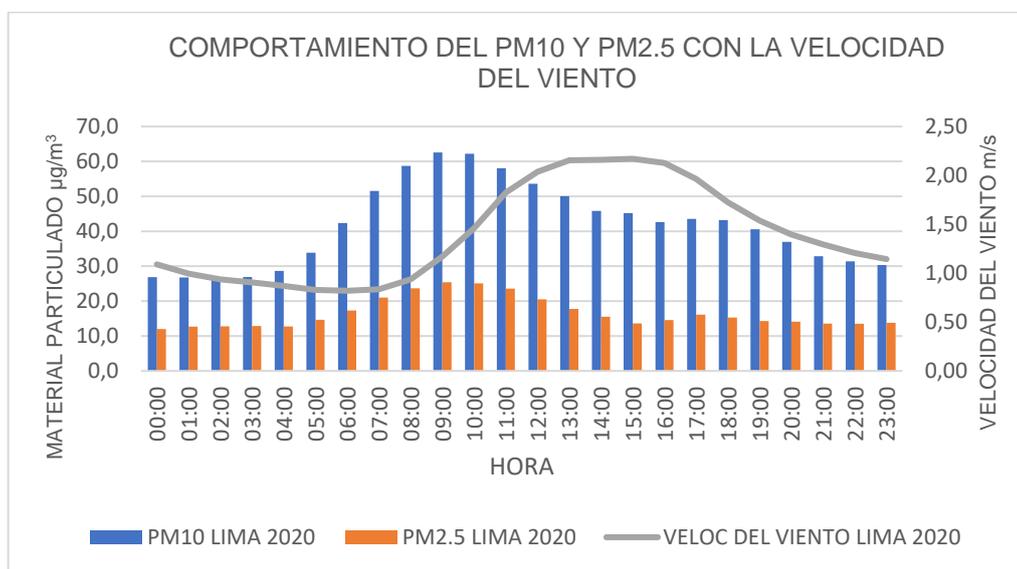


Figura 27 Comportamiento horario del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2020)

En la figura 27 se observó que la velocidad del viento varía directamente desde las 00:00 hasta las 10:00 am aproximadamente y varían inversamente desde las 12:00 hasta las 18:00 horas.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó por horario diurno y nocturno para poder establecer las pruebas de normalidad y la correlación múltiple entre el PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos.

Tabla 14 Prueba de normalidad del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019 DIURNO)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PM10 LIMA 2017-2019 (DIURNO)	,159	12	,200*	,925	12	,334
PM2.5 LIMA 2017-2019 (DIURNO)	,221	12	,110	,879	12	,084
TEMPERATURA LIMA 2017-2019 (DIURNO)	,202	12	,192	,851	12	,038
HUMEDAD LIMA 2017-2019 (DIURNO)	,229	12	,083	,843	12	,030
VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2019 (DIURNO)	,234	12	,068	,837	12	,026

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 14 se observó que las variables tienen distribución normal de Shapiro-Wilk, debido que los valores significativos no son menores a 0,05 para el PM10 (0,334) y PM2.5 (0,084), sin embargo, en las variables temperatura (0,038), humedad (0,030) y velocidad del viento (0,026) tienen una normalidad débil; del cual se concluye que su análisis de correlación corresponde a datos estadísticos paramétricos.

Tabla 15 Prueba de normalidad del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019 NOCTURNO)

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PM10 LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	,195	12	,200 [*]	,864	12	,055
PM2.5 LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	,225	12	,095	,882	12	,092
TEMPERATURA LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	,121	12	,200 [*]	,936	12	,453
HUMEDAD LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	,136	12	,200 [*]	,938	12	,470
VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	,113	12	,200 [*]	,947	12	,590

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 15 se observó que las variables tienen distribución normal de Shapiro-Wilk, debido que los valores significativos no son menores a 0,05 para el PM10 (0,055) y PM2.5 (0,092), temperatura (0,453), humedad (0,470) y velocidad del viento (0,590); del cual se concluye que su análisis de correlación corresponde a datos estadísticos paramétricos.

Análisis de correlación

Tabla 16 Correlación del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019 DIURNO)

		Correlaciones				
		PM10 LIMA 2017-2019 (DIURNO)	PM2.5 LIMA 2017-2019 (DIURNO)	TEMPERATU RA LIMA 2017-2019 (DIURNO)	HUMEDAD LIMA 2017- 2019 (DIURNO)	VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2019 (DIURNO)
PM10 LIMA 2017-2019 (DIURNO)	Correlación de Pearson	1	,968**	-,546	,619*	-,682*
	Sig. (bilateral)		,000	,066	,032	,015
	N	12	12	12	12	12
PM2.5 LIMA 2017-2019 (DIURNO)	Correlación de Pearson	,968**	1	-,497	,578*	-,646*
	Sig. (bilateral)	,000		,100	,049	,023
	N	12	12	12	12	12
TEMPERATURA LIMA 2017-2019 (DIURNO)	Correlación de Pearson	-,546	-,497	1	-,994**	,980**
	Sig. (bilateral)	,066	,100		,000	,000
	N	12	12	12	12	12
HUMEDAD LIMA 2017- 2019 (DIURNO)	Correlación de Pearson	,619*	,578*	-,994**	1	-,992**
	Sig. (bilateral)	,032	,049	,000		,000
	N	12	12	12	12	12
VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2019 (DIURNO)	Correlación de Pearson	-,682*	-,646*	,980**	-,992**	1
	Sig. (bilateral)	,015	,023	,000	,000	
	N	12	12	12	12	12

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

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

En la tabla 16 se observó que el PM10 hay una correlación inversa considerable con la temperatura y velocidad del viento, además de una correlación directa considerable con la humedad; en cuanto al PM2.5 hay una correlación inversa media con la temperatura, una correlación inversa considerable con la velocidad del viento y una correlación directa considerable con la humedad.

Tabla 17 Correlación del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019 NOCTURNO)

		Correlaciones				
		PM10 LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	PM2.5 LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	TEMPERATU RA LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	HUMEDAD LIMA 2017- 2019 (NOCTURNO)	VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)
PM10 LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	Correlación de Pearson	1	,805**	,856**	-,887**	,885**
	Sig. (bilateral)		,002	,000	,000	,000
	N	12	12	12	12	12
PM2.5 LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	Correlación de Pearson	,805**	1	,545	-,578*	,575
	Sig. (bilateral)	,002		,067	,049	,050
	N	12	12	12	12	12
TEMPERATURA LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	Correlación de Pearson	,856**	,545	1	-,997**	,995**
	Sig. (bilateral)	,000	,067		,000	,000
	N	12	12	12	12	12
HUMEDAD LIMA 2017- 2019 (NOCTURNO)	Correlación de Pearson	-,887**	-,578*	-,997**	1	-,999**
	Sig. (bilateral)	,000	,049	,000		,000
	N	12	12	12	12	12
VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2019 (NOCTURNO)	Correlación de Pearson	,885**	,575	,995**	-,999**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,050	,000	,000	
	N	12	12	12	12	12

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

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

En la tabla 17 se observó que el PM10 hay una correlación inversa muy fuerte con la humedad, además de una correlación directa muy fuerte con la temperatura y la velocidad del viento; en cuanto al PM2.5 hay una correlación inversa considerable con la humedad, una correlación directa considerable con la velocidad del viento y temperatura.

Tabla 18 Prueba de normalidad del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020-DIURNO)

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PM10 LIMA 2020 (DIURNO)	,183	12	,200*	,902	12	,167
PM2.5 LIMA 2020 (DIURNO)	,166	12	,200*	,920	12	,282
TEMPERATURA LIMA 2020 (DIURNO)	,205	12	,176	,857	12	,044
HUMEDAD LIMA 2017-2020 (DIURNO)	,180	12	,200*	,851	12	,038
VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2020 (DIURNO)	,220	12	,111	,821	12	,016

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 18 se observó que las variables tienen distribución normal de Shapiro-Wilk, debido que los valores significativos no son menores a 0,05 para el PM10 (0,167) y PM2.5 (0,282), sin embargo, en las variables temperatura (0,044), humedad (0,038) y velocidad del viento (0,016) tienen una normalidad débil; del cual se concluye que su análisis de correlación corresponde a datos estadísticos paramétricos.

Tabla 19 Prueba de normalidad del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020-NOCTURNO)

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PM10 LIMA 2020 (NOCTURNO)	,172	12	,200 [*]	,874	12	,074
PM2.5 LIMA 2020 (NOCTURNO)	,176	12	,200 [*]	,969	12	,896
TEMPERATURA LIMA 2020 (NOCTURNO)	,120	12	,200 [*]	,941	12	,517
HUMEDAD LIMA 2017-2020 (NOCTURNO)	,129	12	,200 [*]	,941	12	,513
VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2020 (NOCTURNO)	,138	12	,200 [*]	,933	12	,414

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 19 se observó que las variables tienen distribución normal de Shapiro-Wilk, debido que los valores significativos no son menores a 0,05 para el PM10 (0,074) y PM2.5 (0,896), temperatura (0,517), humedad (0,513) y velocidad del viento (0,414); del cual se concluye que su análisis de correlación corresponde a datos estadísticos paramétricos.

Análisis de correlación

Tabla 20 Correlación del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020-DIURNO)

		Correlaciones				
		PM10 LIMA 2020 (DIURNO)	PM2.5 LIMA 2020 (DIURNO)	TEMPERATURA LIMA 2020 (DIURNO)	HUMEDAD LIMA 2017-2020 (DIURNO)	VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2020 (DIURNO)
PM10 LIMA 2020 (DIURNO)	Correlación de Pearson	1	,951**	-,093	,183	-,357
	Sig. (bilateral)		,000	,774	,570	,255
	N	12	12	12	12	12
PM2.5 LIMA 2020 (DIURNO)	Correlación de Pearson	,951**	1	-,331	,413	-,560
	Sig. (bilateral)	,000		,293	,183	,058
	N	12	12	12	12	12
TEMPERATURA LIMA 2020 (DIURNO)	Correlación de Pearson	-,093	-,331	1	-,995**	,955**
	Sig. (bilateral)	,774	,293		,000	,000
	N	12	12	12	12	12
HUMEDAD LIMA 2017-2020 (DIURNO)	Correlación de Pearson	,183	,413	-,995**	1	-,979**
	Sig. (bilateral)	,570	,183	,000		,000
	N	12	12	12	12	12
VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2020 (DIURNO)	Correlación de Pearson	-,357	-,560	,955**	-,979**	1
	Sig. (bilateral)	,255	,058	,000	,000	
	N	12	12	12	12	12

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

En la tabla 20 se observó que el PM10 hay una correlación inversa muy débil con la temperatura, una correlación media con la velocidad del viento y una correlación directa débil con la humedad; en cuanto al PM2.5 hay una correlación directa media con la humedad, una correlación inversa media con la temperatura y una correlación inversa considerable con la velocidad del viento.

Tabla 21 Correlación del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020-NOCTURNO)

Correlaciones

		PM10 LIMA 2020 (NOCTURNO)	PM2.5 LIMA 2020 (NOCTURNO)	TEMPERATURA LIMA 2020 (NOCTURNO)	HUMEDAD LIMA 2017-2020 (NOCTURNO)	VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2020 (NOCTURNO)
PM10 LIMA 2020 (NOCTURNO)	Correlación de Pearson	1	,899**	,836**	-,838**	,851**
	Sig. (bilateral)		,000	,001	,001	,000
	N	12	12	12	12	12
PM2.5 LIMA 2020 (NOCTURNO)	Correlación de Pearson	,899**	1	,633*	-,637*	,631*
	Sig. (bilateral)	,000		,027	,026	,028
	N	12	12	12	12	12
TEMPERATURA LIMA 2020 (NOCTURNO)	Correlación de Pearson	,836**	,633*	1	-1,000**	,997**
	Sig. (bilateral)	,001	,027		,000	,000
	N	12	12	12	12	12
HUMEDAD LIMA 2017-2020 (NOCTURNO)	Correlación de Pearson	-,838**	-,637*	-1,000**	1	-,997**
	Sig. (bilateral)	,001	,026	,000		,000
	N	12	12	12	12	12
VELOC DEL VIENTO LIMA 2017-2020 (NOCTURNO)	Correlación de Pearson	,851**	,631*	,997**	-,997**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,028	,000	,000	
	N	12	12	12	12	12

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

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

En la tabla 21 se observó que el PM10 hay una correlación directa muy fuerte con la temperatura y la velocidad del viento, además de una correlación inversa muy fuerte con la humedad; en cuanto al PM2.5 hay una correlación directa considerable con la temperatura y la velocidad del viento, así como una correlación inversa considerable con la humedad.

4.6 Comportamiento diario del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos

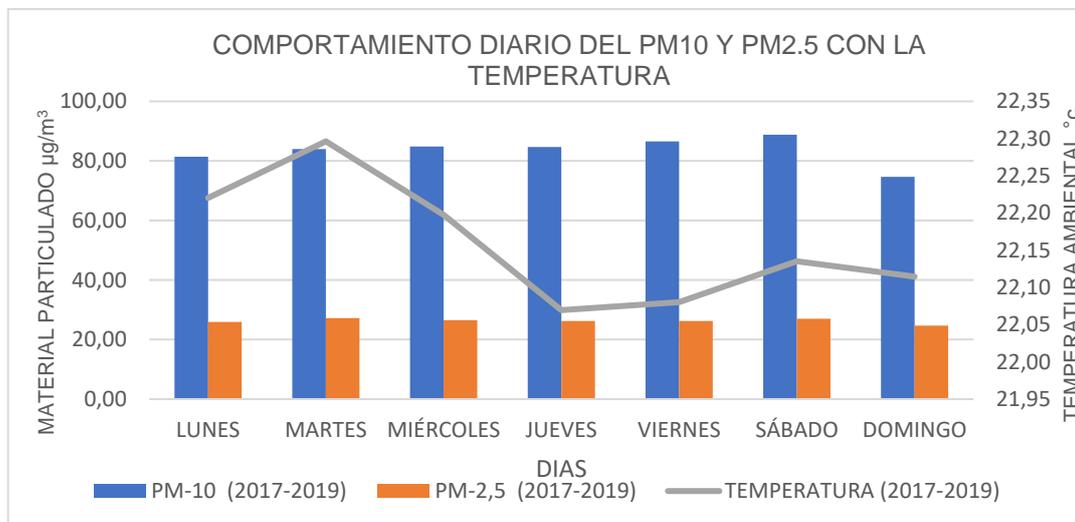


Figura 28 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la temperatura (2017-2019)

En la figura 28 se observó el comportamiento diario de la temperatura con el PM10 y PM2.5, el cual varía de forma irregular presentado una relación directa los lunes, martes, sábado y domingo, en cambio una relación inversa los miércoles, jueves y viernes.

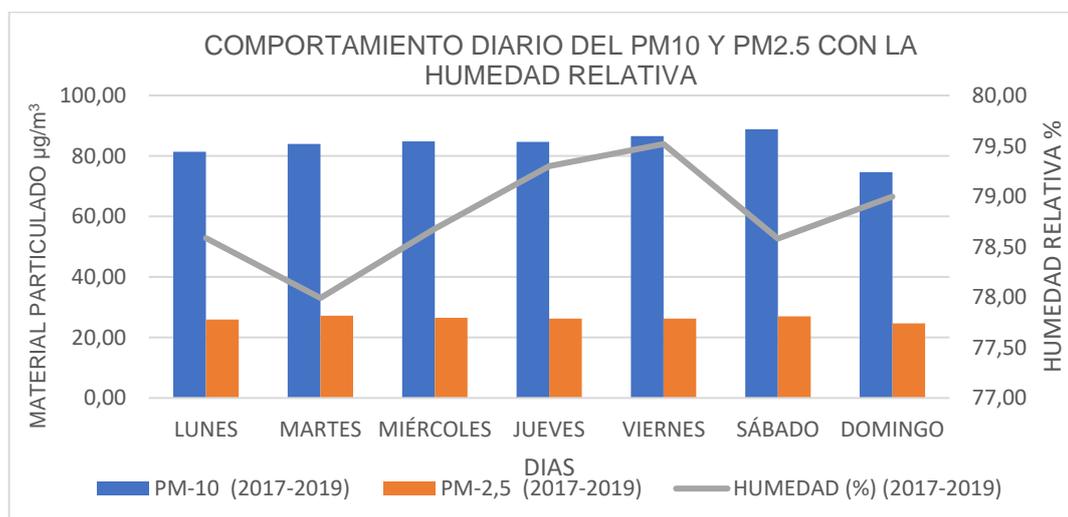


Figura 29 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la humedad (2017-2019)

En la figura 29 se observó el comportamiento diario de la humedad relativa con el PM10 y PM2.5, el cual varía directamente el miércoles, jueves y viernes, en cambio varían inversamente el lunes, martes, sábado y domingo.

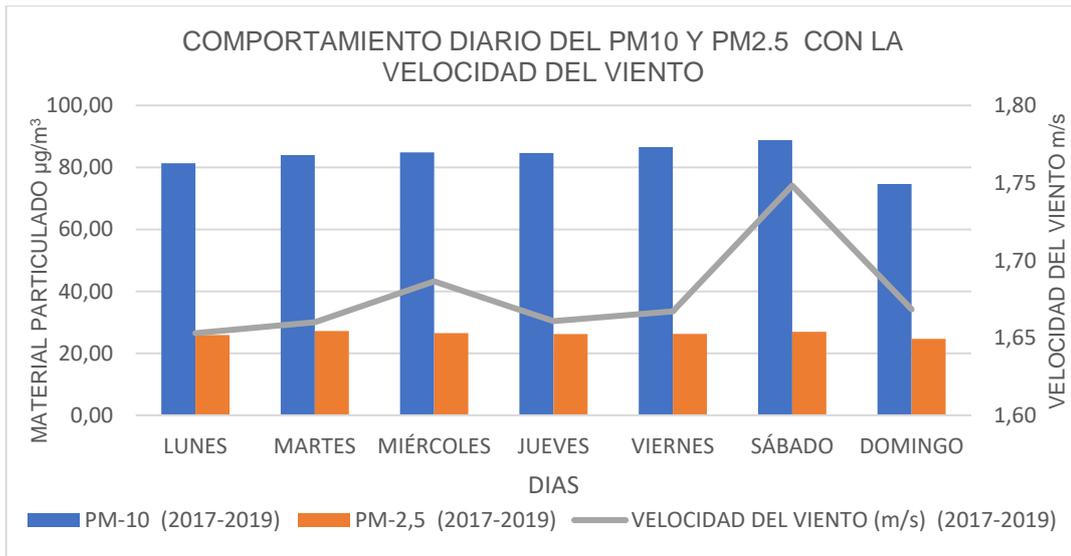


Figura 30 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2017-2019)

En la figura 30 se observó el comportamiento diario de la velocidad del viento con el PM10 y PM2.5, el cual varía directamente todos los días de la semana.

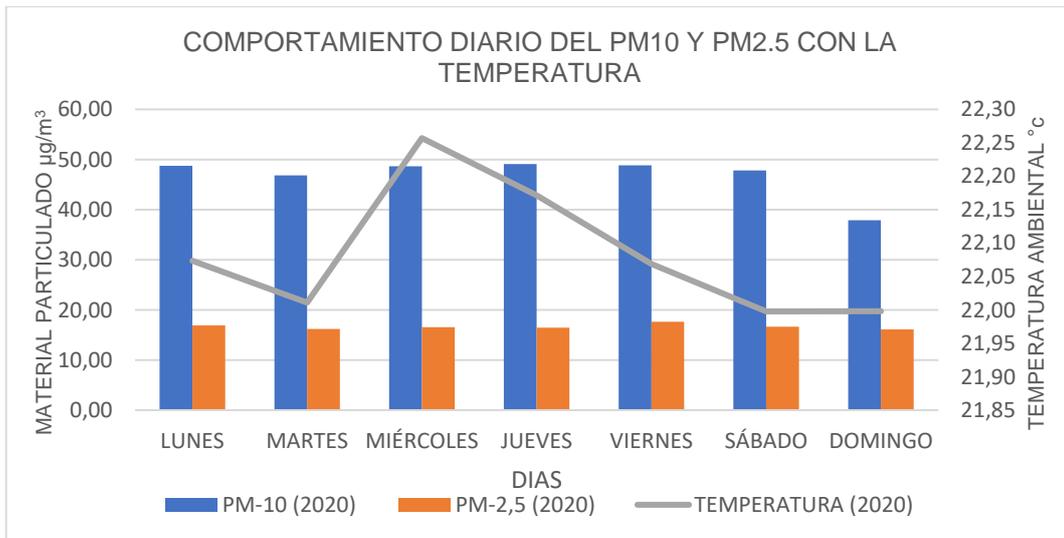


Figura31 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la temperatura (2020)

En la figura 31 se observó el comportamiento diario de la temperatura con PM10 y PM2.5, el cual presenta una relación directa los lunes, martes, sábado y domingo, en cambio una relación inversa los miércoles, jueves y viernes.

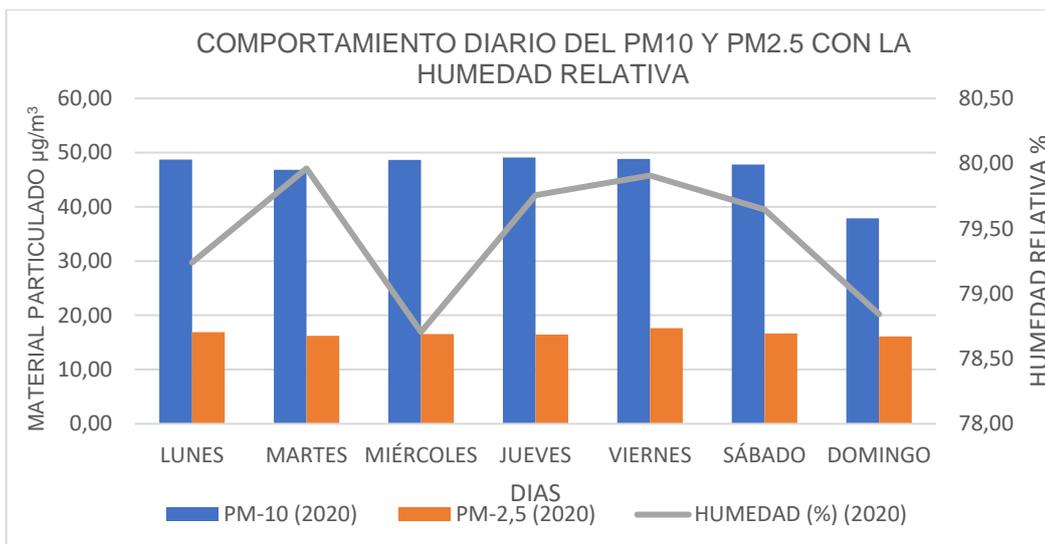


Figura 32 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la humedad relativa (2020)

En la figura 32 se observó el comportamiento diario de la humedad relativa con el PM10 y PM2.5, el cual varía directamente el jueves, viernes, sábado y domingo; en cambio varían inversamente el lunes, martes y miércoles.

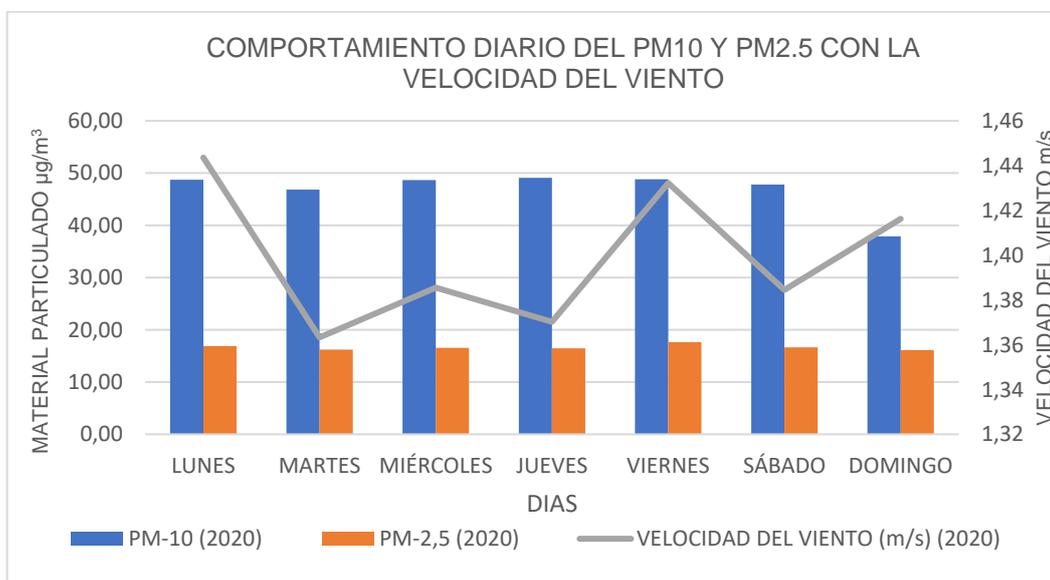


Figura 33 Comportamiento diario del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2020)

En la figura 33 se observó el comportamiento diario de la velocidad del viento con el PM10 y PM2.5, el cual varía directamente de lunes a sábado e inversamente el domingo.

Análisis estadístico

Tabla 22 Prueba de normalidad del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PM-10 (2017-2019)	,250	7	,200*	,894	7	,295
PM-2,5 (2017-2019)	,206	7	,200*	,914	7	,425
TEMPERATURA (2017- 2019)	,186	7	,200*	,935	7	,595
HUMEDAD (%) (2017-2019)	,186	7	,200*	,962	7	,832
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) (2017- 2019)	,326	7	,024	,725	7	,007

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 22 se observó que las variables tienen una distribución normal de Shapiro-Wilk, ya que los valores significativos no son menores a 0,05 para el PM10 (0,295), PM2.5 (0,425), Temperatura (0,595), humedad (0,832) y la velocidad del viento (0,007) presenta una normalidad débil; por ello se concluye que cumple la normalidad y su análisis de correlación corresponde a datos estadísticos paramétricos.

Tabla 23 Prueba de normalidad del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020)

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PM-10 (2020)	,357	7	,007	,614	7	,000
PM-2,5 (2020)	,213	7	,200 [*]	,897	7	,311
TEMPERATURA (2020)	,250	7	,200 [*]	,856	7	,139
HUMEDAD (%) (2020)	,230	7	,200 [*]	,884	7	,247
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) (2020)	,243	7	,200 [*]	,913	7	,418

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 23 se observó que las variables no tienen una distribución normal de Shapiro-Wilk, debido que los valores significativos son menores a 0,05 para el PM10 (0,000); del cual se concluye que su análisis de correlación corresponde a datos estadísticos no paramétricos.

Análisis de correlación

Tabla 24 Correlación del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019)

		Correlaciones				
		PM-10 (2017-2019)	PM-2,5 (2017-2019)	TEMPERATURA (2017-2019)	HUMEDAD (%) (2017-2019)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) (2017-2019)
PM-10 (2017-2019)	Correlación de Pearson	1	,853*	-,041	-,016	,515
	Sig. (bilateral)		,015	,931	,972	,237
	N	7	7	7	7	7
PM-2,5 (2017-2019)	Correlación de Pearson	,853*	1	,433	-,480	,357
	Sig. (bilateral)	,015		,331	,275	,431
	N	7	7	7	7	7
TEMPERATURA (2017-2019)	Correlación de Pearson	-,041	,433	1	-,923**	-,156
	Sig. (bilateral)	,931	,331		,003	,739
	N	7	7	7	7	7
HUMEDAD (%) (2017-2019)	Correlación de Pearson	-,016	-,480	-,923**	1	-,148
	Sig. (bilateral)	,972	,275	,003		,752
	N	7	7	7	7	7
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) (2017-2019)	Correlación de Pearson	,515	,357	-,156	-,148	1
	Sig. (bilateral)	,237	,431	,739	,752	
	N	7	7	7	7	7

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

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

En la tabla 24 se observó que el PM10 hay una correlación inversa muy débil con la temperatura y humedad, además de una correlación directa considerable con la velocidad del viento; en cuanto al PM2.5 hay una correlación directa media con la temperatura y la velocidad del viento, así como una correlación inversa media con la humedad.

Tabla 25 Correlación del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020)

			Correlaciones				
			PM-10 (2020)	PM-2,5 (2020)	TEMPERATURA (2020)	HUMEDAD (%) (2020)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) (2020)
Rho de Spearman	PM-10 (2020)	Coefficiente de correlación	1,000	,607	,643	,214	,179
		Sig. (bilateral)	.	,148	,119	,645	,702
		N	7	7	7	7	7
	PM-2,5 (2020)	Coefficiente de correlación	,607	1,000	,179	,107	,571
		Sig. (bilateral)	,148	.	,702	,819	,180
		N	7	7	7	7	7
	TEMPERATURA (2020)	Coefficiente de correlación	,643	,179	1,000	-,250	,107
		Sig. (bilateral)	,119	,702	.	,589	,819
		N	7	7	7	7	7
	HUMEDAD (%) (2020)	Coefficiente de correlación	,214	,107	-,250	1,000	-,429
		Sig. (bilateral)	,645	,819	,589	.	,337
		N	7	7	7	7	7
	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) (2020)	Coefficiente de correlación	,179	,571	,107	-,429	1,000
		Sig. (bilateral)	,702	,180	,819	,337	.
		N	7	7	7	7	7

En la tabla 25 se observó que el PM10 hay una correlación directa débil con la humedad y la velocidad del viento, además de una correlación directa considerable con la temperatura; en cuanto al PM2.5 hay una correlación directa débil con la temperatura y la humedad, así como una correlación directa considerable con la velocidad del viento.

4.7 Comportamiento mensual del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos

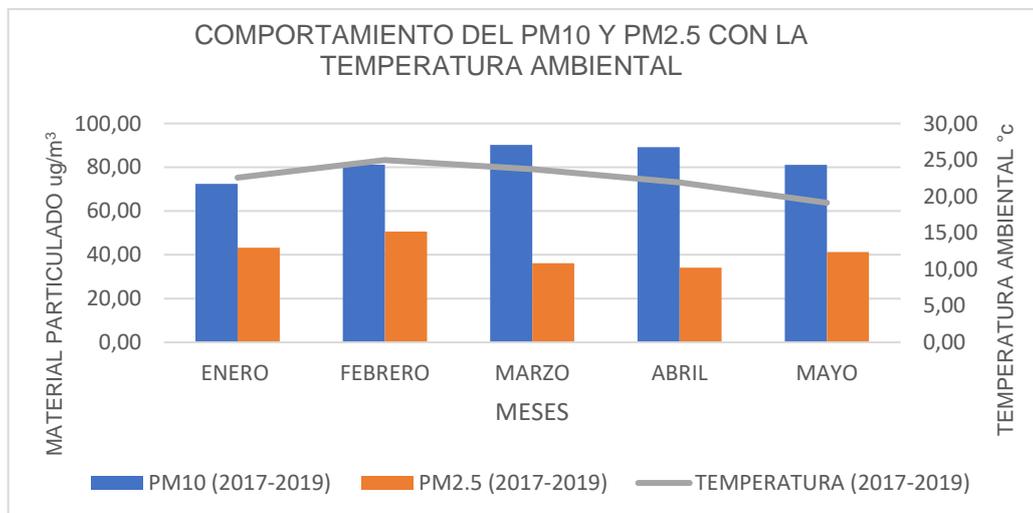


Figura 34 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la temperatura (2017-2019)

En la figura 34 se observó que el comportamiento de la temperatura con el PM10 presenta una relación directa de enero a mayo, sin embargo, con el PM2.5 presenta una relación directa desde enero hasta abril y una relación inversa en mayo.

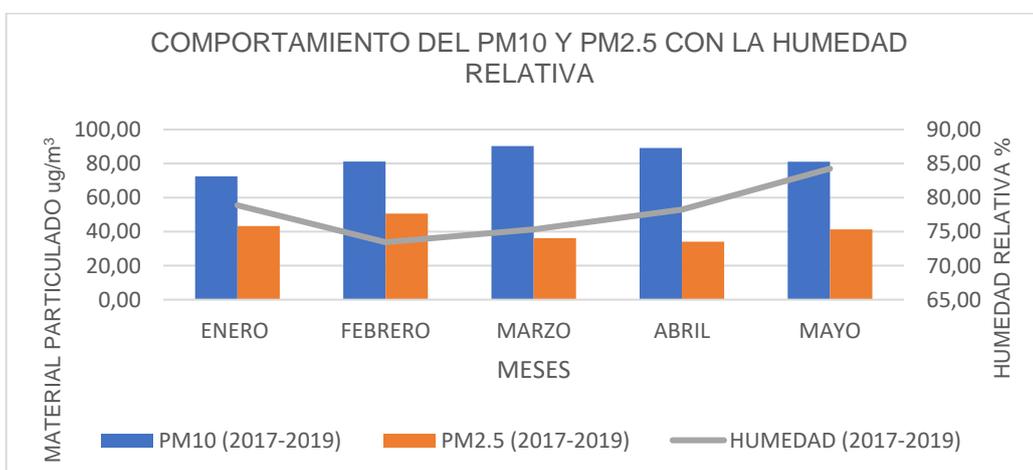


Figura 35 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la humedad (2017-2019)

En la figura 34 se observó que el comportamiento de la humedad con el PM10 presenta una relación directa de enero a mayo, sin embargo, con el PM2.5 presenta una relación inversa en enero y febrero, así como una relación inversa en marzo, abril y mayo.

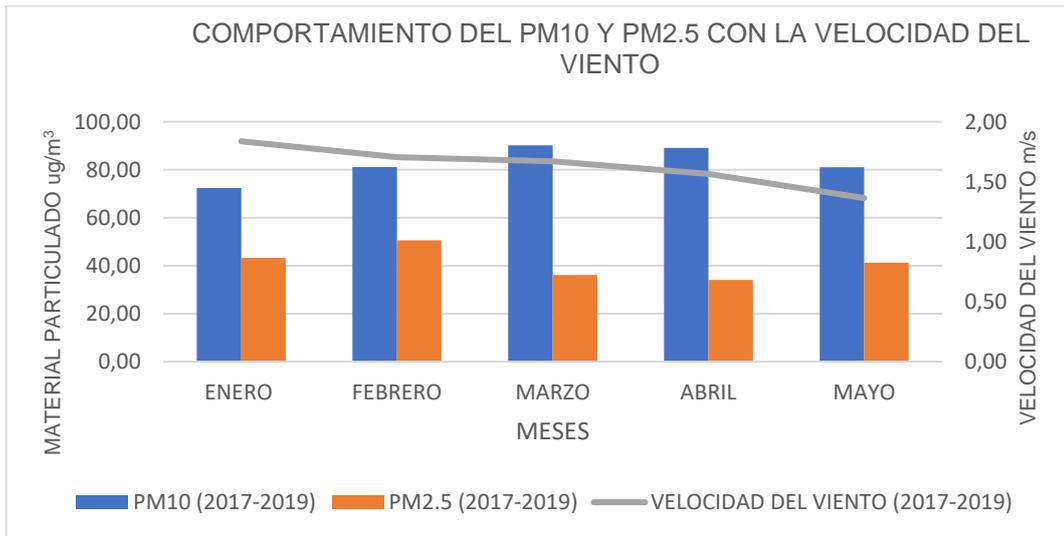


Figura 36 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2017-2019)

En la figura 36 se observó que el comportamiento de la humedad con el PM10 presenta una relación inversa de enero a febrero y una directa de marzo a mayo; así como el PM2.5 presenta una relación inversa de enero a febrero, así como una relación inversa de marzo a mayo.

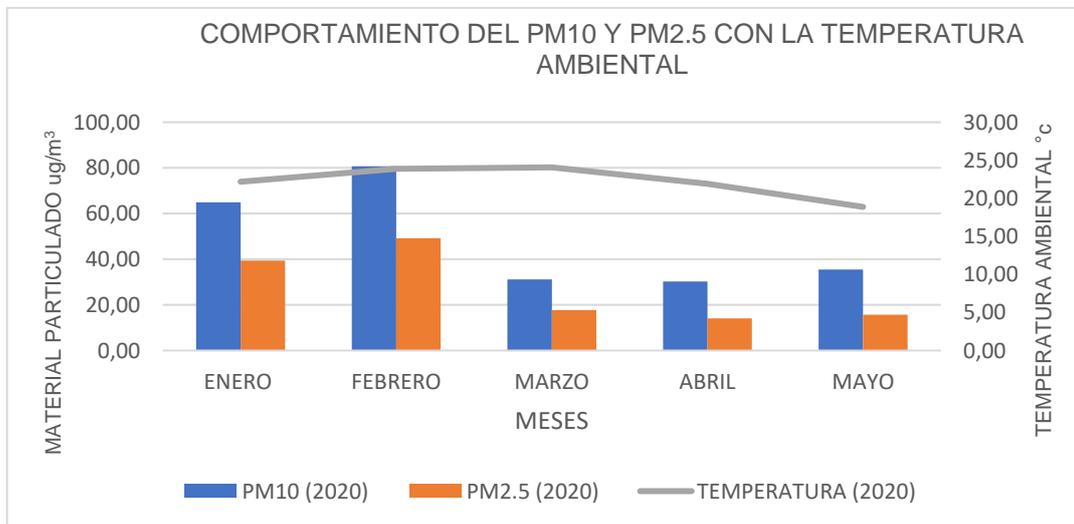


Figura 37 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la temperatura (2020)

En la figura 37 se observó que el comportamiento de la temperatura con el PM10 presenta una relación directa de enero a mayo, sin embargo, con el PM2.5 presenta una relación directa desde enero hasta abril y una relación inversa en mayo.

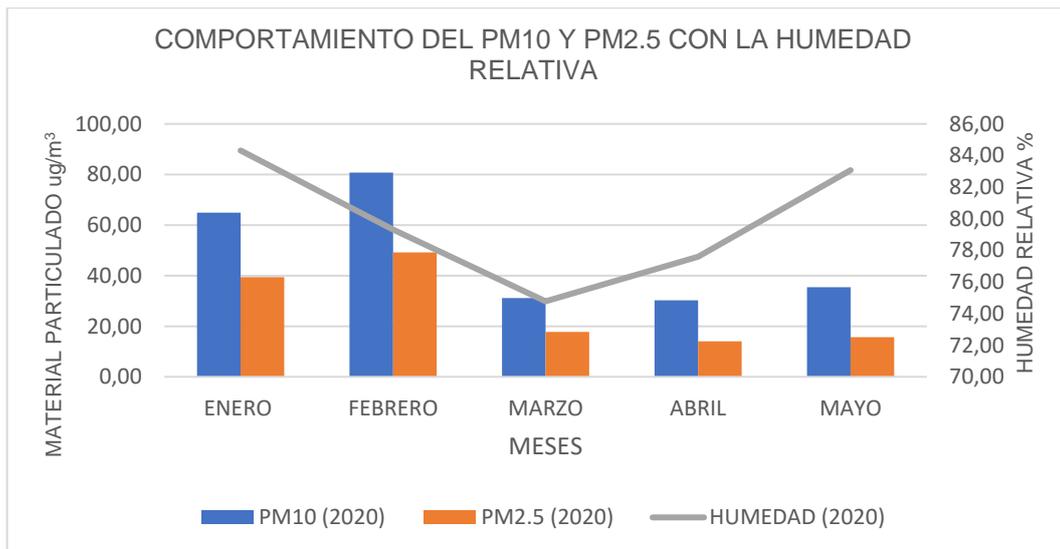


Figura 38 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la humedad (2020)

En la figura 38 se observó que el comportamiento de la humedad con el PM10 presenta una relación inversa de enero a febrero y directa de marzo a mayo, sin embargo, con el PM2.5 presenta una relación inversa de enero a mayo.

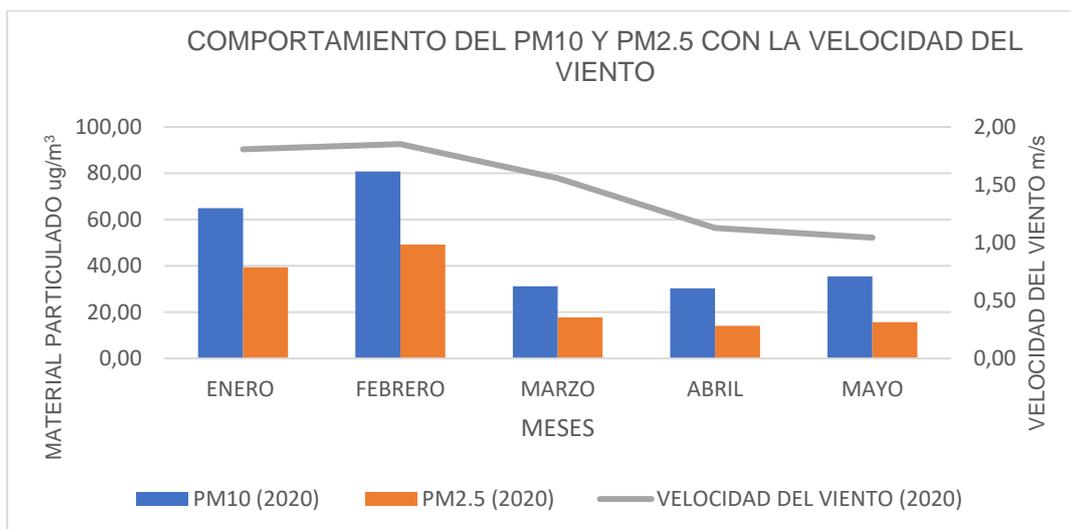


Figura 39 Comportamiento mensual del PM10, PM2.5 con la velocidad del viento (2017-2019)

En la figura 39 se observó que el comportamiento de la velocidad del viento con el PM10 presenta una relación directa de enero a mayo; así como el PM2.5 presenta una relación directa de enero a febrero y una relación inversa de marzo a mayo.

Análisis estadístico

Tabla 26 Prueba de normalidad del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PM10 (2017-2019)	,229	5	,200 [*]	,910	5	,471
PM2.5 (2017-2019)	,244	5	,200 [*]	,953	5	,758
TEMPERATURA (2017-2019)	,200	5	,200 [*]	,967	5	,854
HUMEDAD (2017-2019)	,219	5	,200 [*]	,953	5	,757
VELOCIDAD DEL VIENTO (2017-2019)	,193	5	,200 [*]	,970	5	,874

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 26 se observó que las variables tienen una distribución normal de Shapiro-Wilk, ya que los valores significativos no son menores a 0,05 para el PM10 (0,471), PM2.5 (0,758), Temperatura (0,854), humedad (0,757) y velocidad del viento (0,874); por ello se concluye que cumple la normalidad y su análisis de correlación corresponde a datos estadísticos paramétricos.

Tabla 27 Prueba de normalidad del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PM10 (2020)	,315	5	,118	,823	5	,123
PM2.5 (2020)	,323	5	,097	,823	5	,123
TEMPERATURA (2020)	,249	5	,200 [*]	,884	5	,327
HUMEDAD (2020)	,197	5	,200 [*]	,956	5	,779
VELOCIDAD DEL VIENTO (2020)	,224	5	,200 [*]	,869	5	,261

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 27 se observó que las variables tienen una distribución normal de Shapiro-Wilk, ya que los valores significativos no son menores a 0,05 para el PM10 (0,123), PM2.5 (0,123), Temperatura (0,327), humedad (0,779) y velocidad del

viento (0,261); por ello se concluye que cumple la normalidad y su análisis de correlación corresponde a datos estadísticos paramétricos

Análisis de correlación

Tabla 28 Correlación del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019)

		Correlaciones				
		PM10 (2017-2019)	PM2.5 (2017-2019)	TEMPERATURA (2017-2019)	HUMEDAD (2017-2019)	VELOCIDAD DEL VIENTO (2017-2019)
PM10 (2017-2019)	Correlación de Pearson	1	,348	,134	-,286	-,298
	Sig. (bilateral)		,566	,830	,641	,626
	N	5	5	5	5	5
PM2.5 (2017-2019)	Correlación de Pearson	,348	1	,164	-,247	-,481
	Sig. (bilateral)	,566		,792	,688	,412
	N	5	5	5	5	5
TEMPERATURA (2017-2019)	Correlación de Pearson	,134	,164	1	-,986**	,761
	Sig. (bilateral)	,830	,792		,002	,135
	N	5	5	5	5	5
HUMEDAD (2017-2019)	Correlación de Pearson	-,286	-,247	-,986**	1	-,669
	Sig. (bilateral)	,641	,688	,002		,217
	N	5	5	5	5	5
VELOCIDAD DEL VIENTO (2017-2019)	Correlación de Pearson	-,298	-,481	,761	-,669	1
	Sig. (bilateral)	,626	,412	,135	,217	
	N	5	5	5	5	5

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

En la tabla 28 se observó que el PM10 hay una correlación directa débil con la temperatura y una correlación inversa media con la velocidad del viento y la humedad; en cuanto al PM2.5 hay una correlación directa débil con la temperatura, una correlación inversa media con la humedad y la velocidad del viento.

Tabla 29 Correlación del PM10, PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2020)

Correlaciones

		PM10 (2020)	PM2.5 (2020)	TEMPERATURA (2020)	HUMEDAD (2020)	VELOCIDAD DEL VIENTO (2020)
PM10 (2020)	Correlación de Pearson	1	,993**	,363	,397	,813
	Sig. (bilateral)		,001	,549	,508	,094
	N	5	5	5	5	5
PM2.5 (2020)	Correlación de Pearson	,993**	1	,455	,331	,875
	Sig. (bilateral)	,001		,442	,587	,052
	N	5	5	5	5	5
TEMPERATURA (2020)	Correlación de Pearson	,363	,455	1	-,629	,735
	Sig. (bilateral)	,549	,442		,256	,157
	N	5	5	5	5	5
HUMEDAD (2020)	Correlación de Pearson	,397	,331	-,629	1	,043
	Sig. (bilateral)	,508	,587	,256		,945
	N	5	5	5	5	5
VELOCIDAD DEL VIENTO (2020)	Correlación de Pearson	,813	,875	,735	,043	1
	Sig. (bilateral)	,094	,052	,157	,945	
	N	5	5	5	5	5

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

En la tabla 29 se observó que el PM10 hay una correlación directa muy fuerte con la velocidad del viento, además de una correlación directa media con la temperatura y humedad; en cuanto al PM2.5 hay una correlación directa media con la temperatura y la humedad y una correlación directa muy fuerte con la velocidad del viento.

4.8 Comportamiento espacial e interdistrital del PM10 y PM2.5

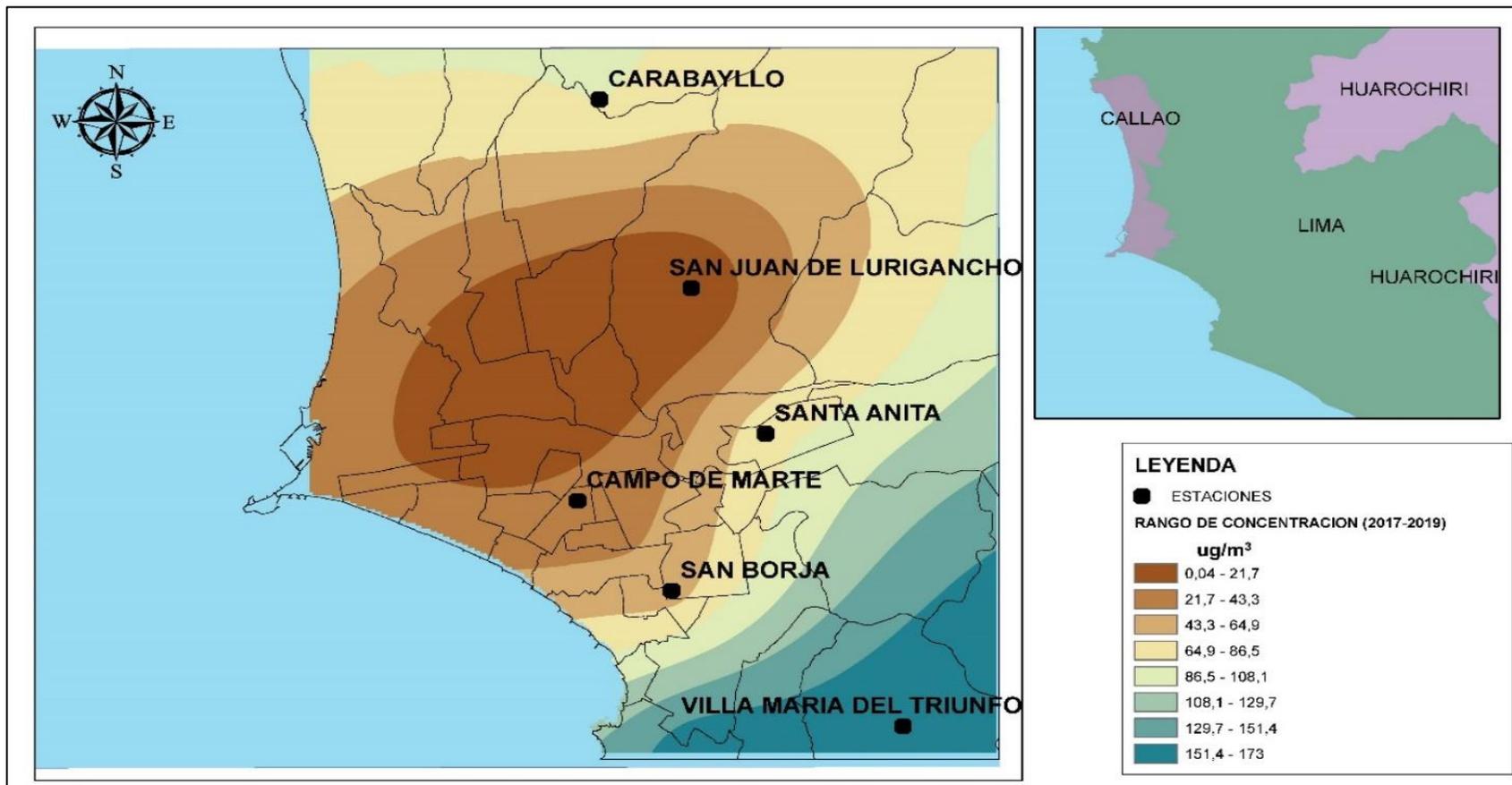


Figura 40 Comportamiento espacial del PM10 (2017-2019)

En la figura 40 se observó que el comportamiento del PM10 presenta la menor concentración en la estación San Juan de Lurigancho y Campo de Marte, así como la mayor concentración en la estación Villa María del Triunfo.

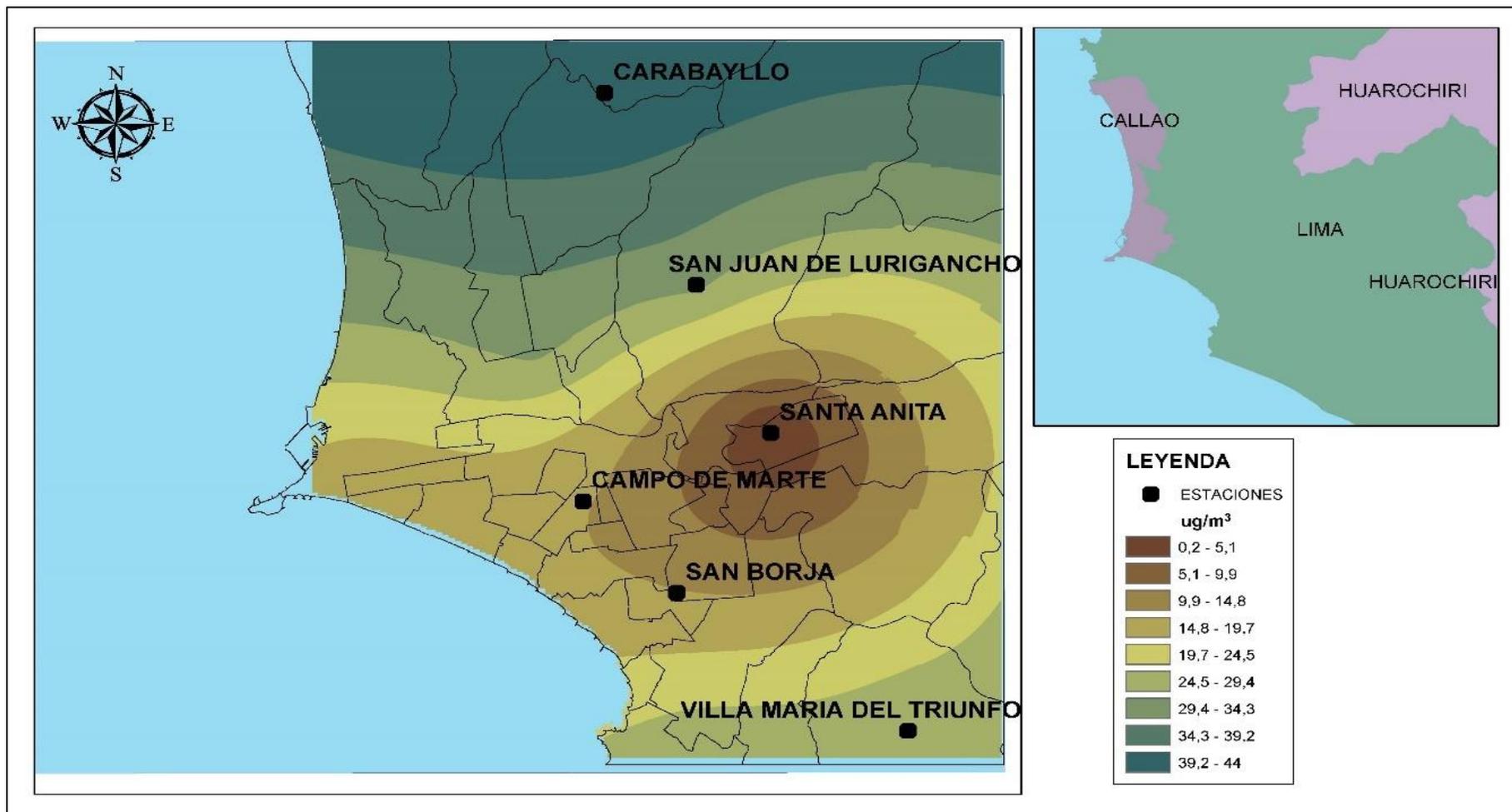


Figura 41 Comportamiento espacial del PM2.5 (2017-2019)

En la figura 41 se observó que el comportamiento del PM2.5 presenta la menor concentración en la estación Santa Anita y Campo de Marte, así como la mayor concentración en la estación Villa María del Triunfo y Carabayllo.

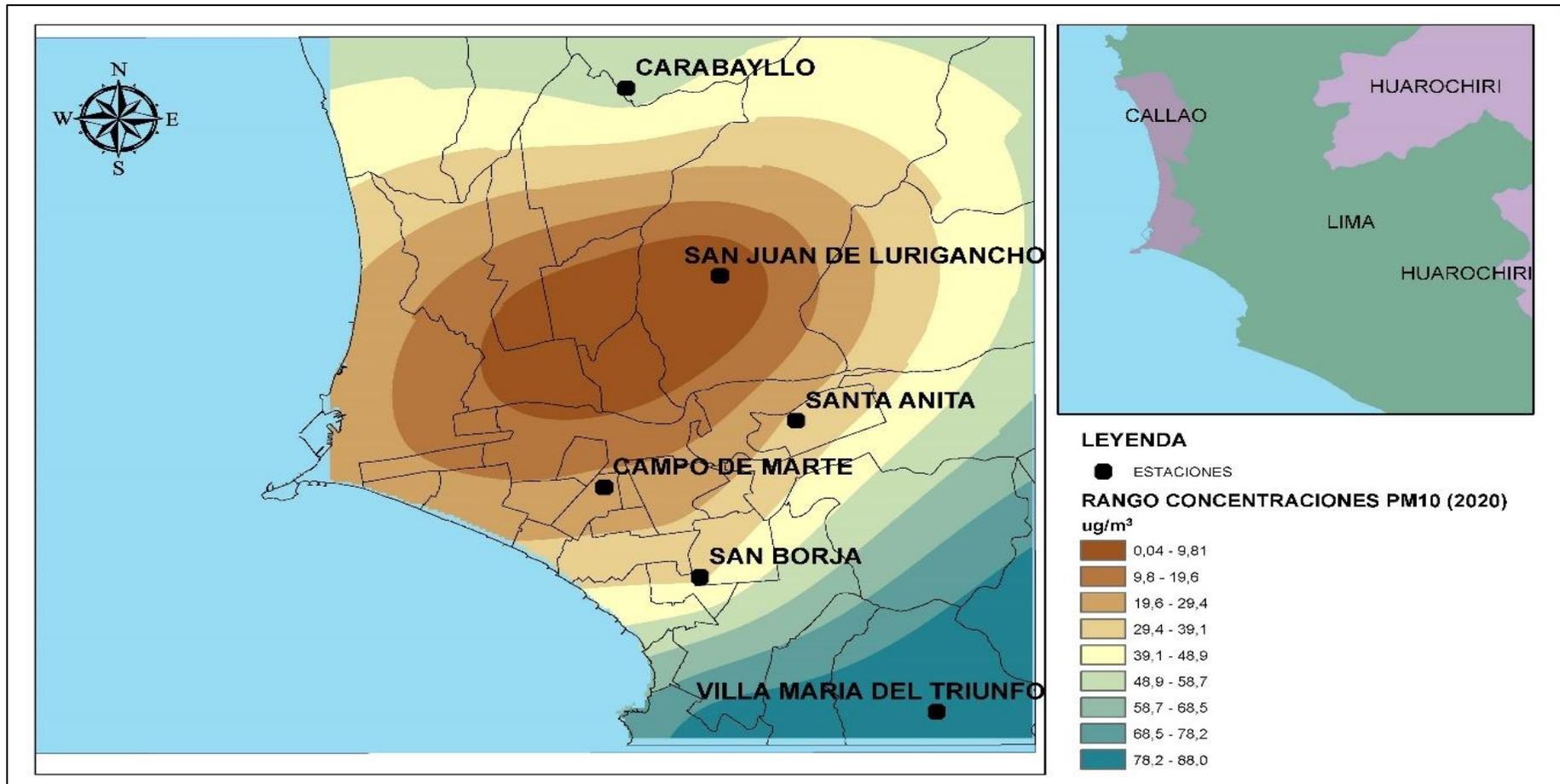


Figura 42 Comportamiento espacial del PM10 (2020)

En la figura 42 se observó que el comportamiento del PM10 no presenta un cambio de comportamiento respecto al periodo anterior; así mismo se observó la menor concentración en la estación San Juan de Lurigancho y Campo de Marte, así como la mayor concentración en la estación Villa María del Triunfo.

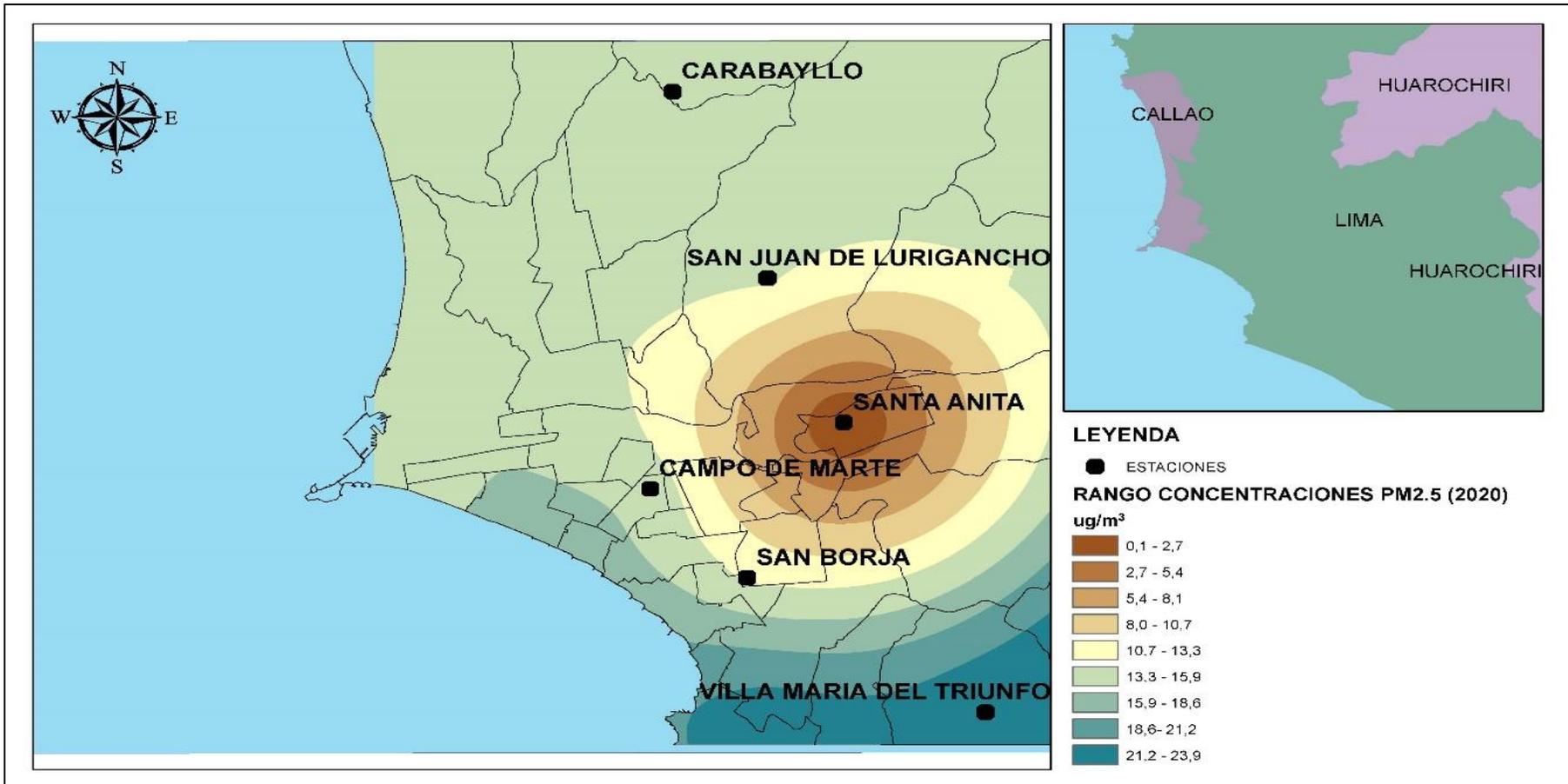


Figura 43 Comportamiento espacial del PM2.5 (2020)

En la figura 43 se observó que el comportamiento del PM2.5 presenta un cambio de comportamiento respecto al periodo anterior; así mismo se observó la menor concentración en la estación San Juan de Lurigancho y San Borja, así como la mayor concentración en la estación Villa María del Triunfo.

4.9 Comportamiento espacial del PM10 y PM2.5 con los aspectos meteorológicos (2017-2019)

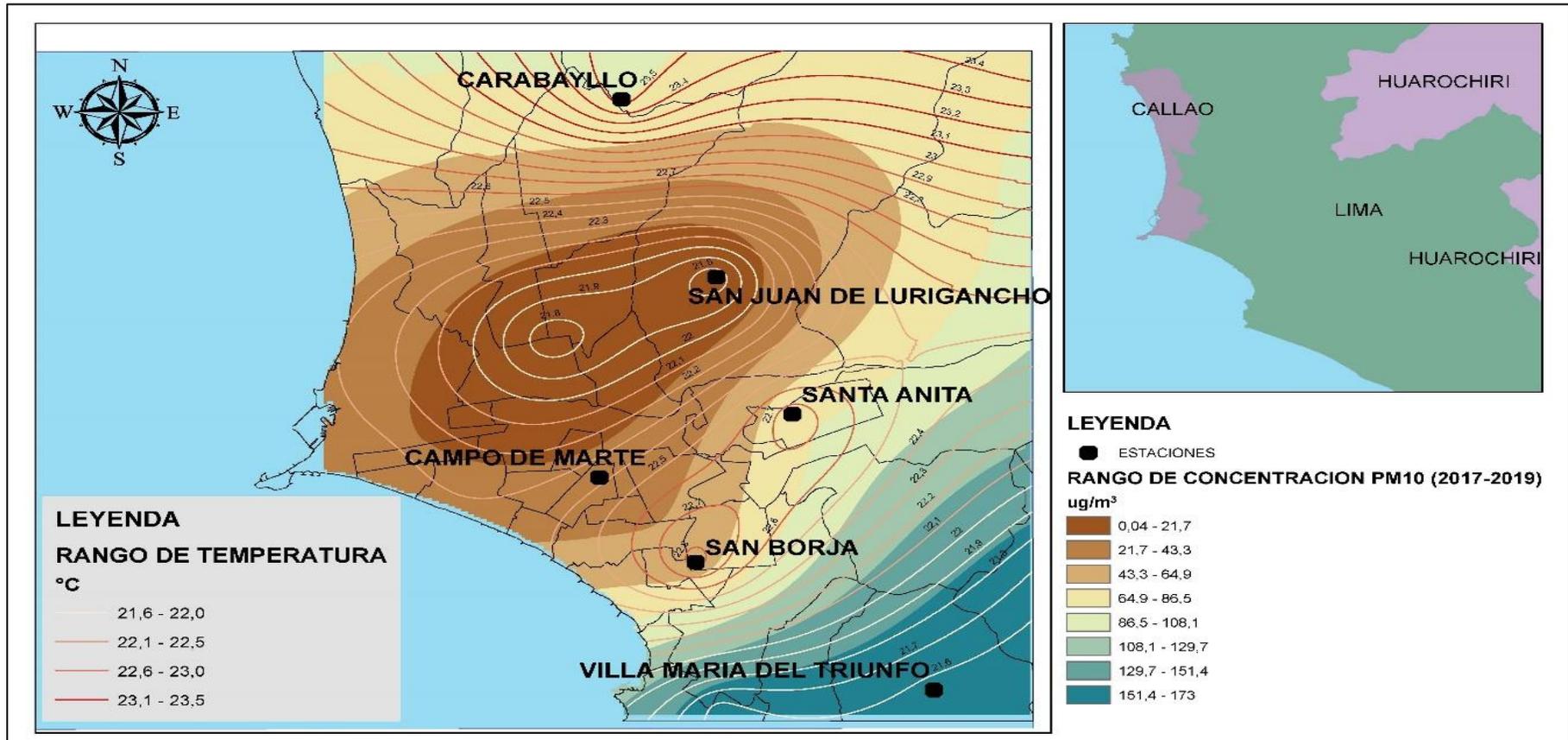


Figura 44 Comportamiento espacial del PM10 con la temperatura (2017-2019)

En la figura 44 se observó en la estación Villa María del Triunfo una alta concentración de PM10 y una menor temperatura, así como en la estación San Juan de Lurigancho una menor concentración de PM10 y una menor temperatura.

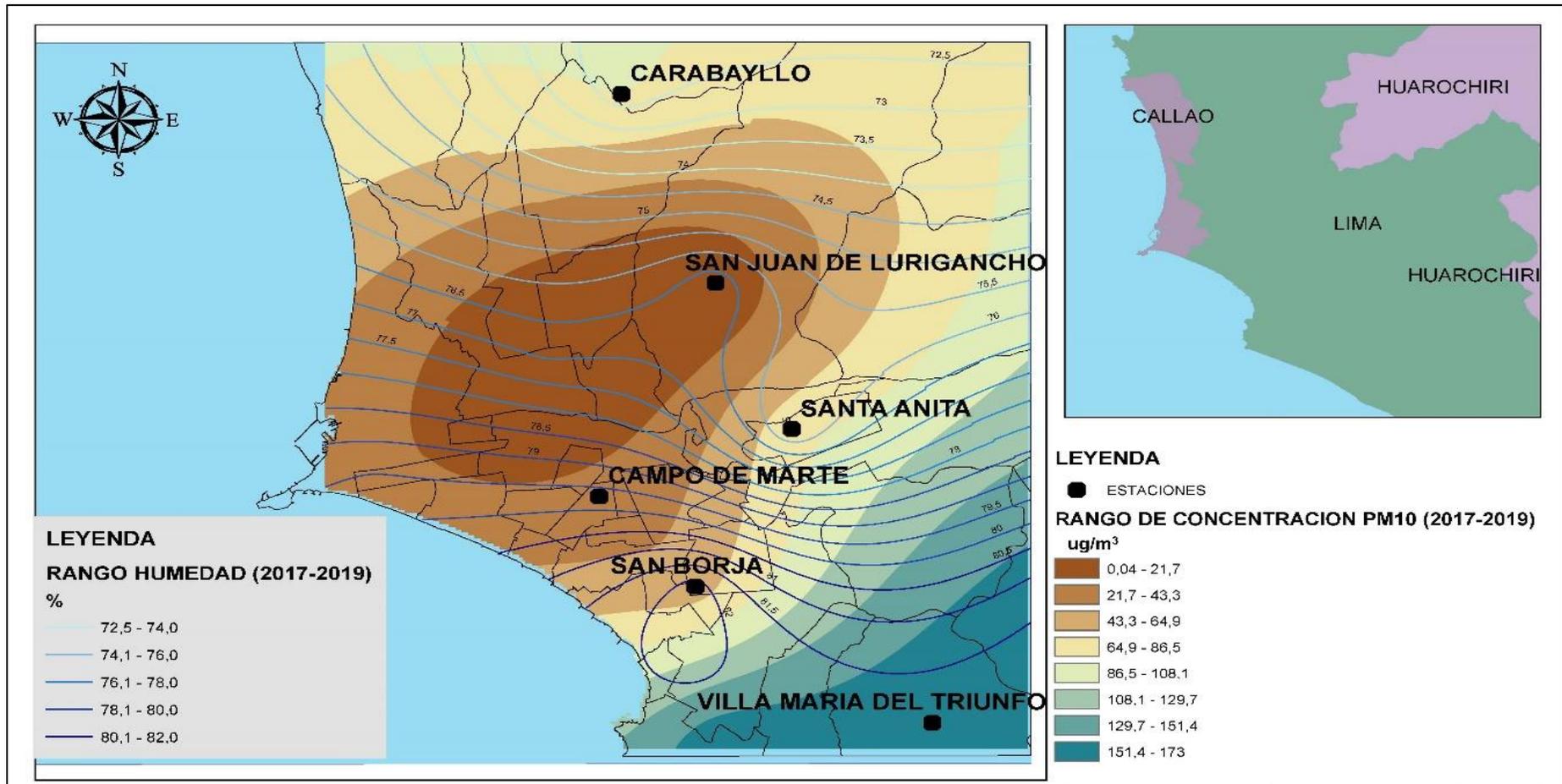


Figura 45 Comportamiento espacial del PM10 con la humedad (2017-2019)

En la figura 45 se observó en la estación Villa María del Triunfo hay una alta concentración del PM10 y una mayor humedad, así como en la estación San Juan de Lurigancho se observó una menor concentración de PM10 y menor humedad.

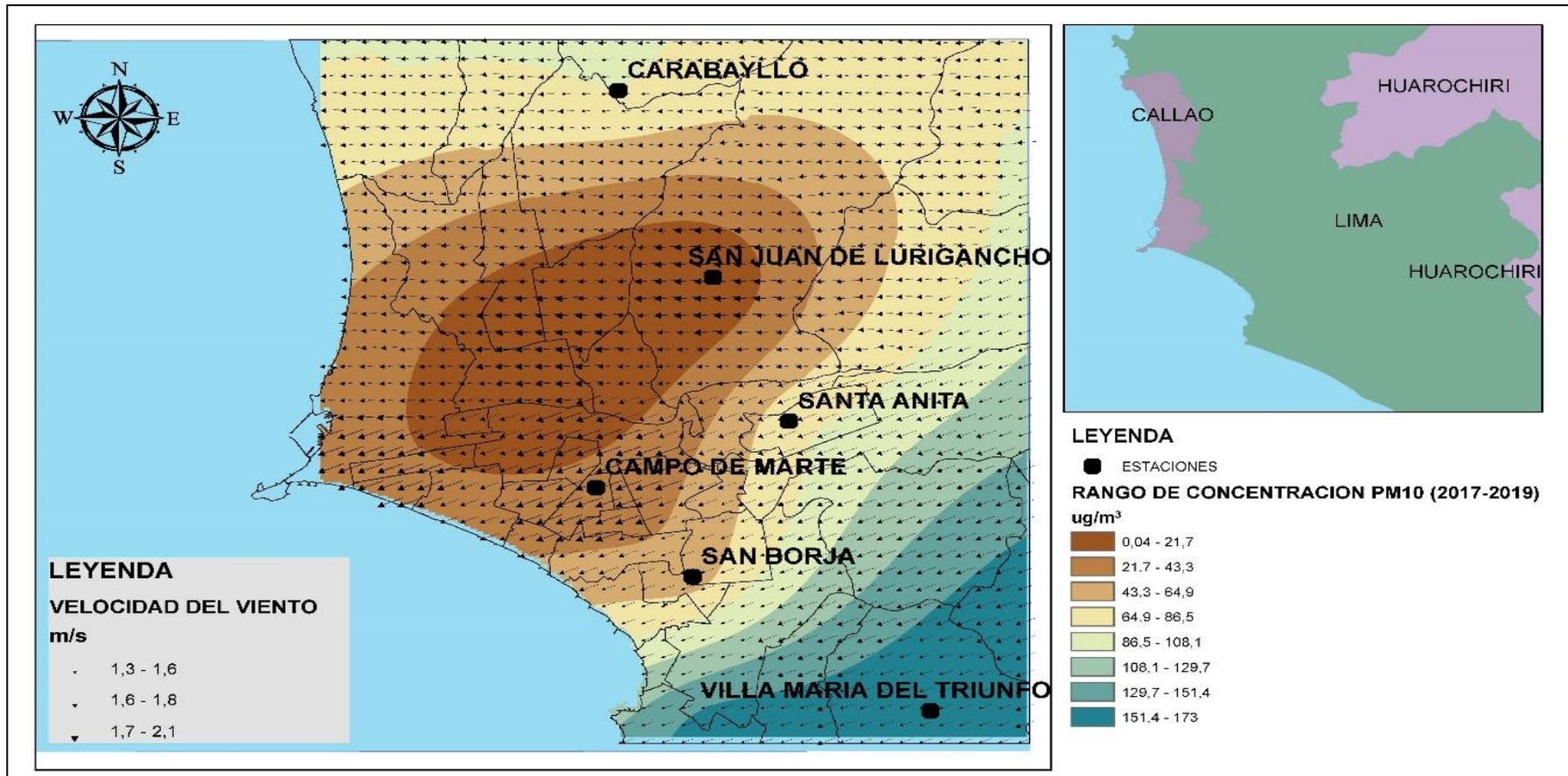


Figura 46 Comportamiento espacial del PM10 con la velocidad y dirección del viento (2017-2019)

En la figura 46 se observó en la estación Villa María del Triunfo una alta concentración del PM10 y menor velocidad del viento, además en las estaciones San Juan de Lurigancho y Campo de Marte una menor concentración de PM10 y mayor una mayor velocidad del viento.

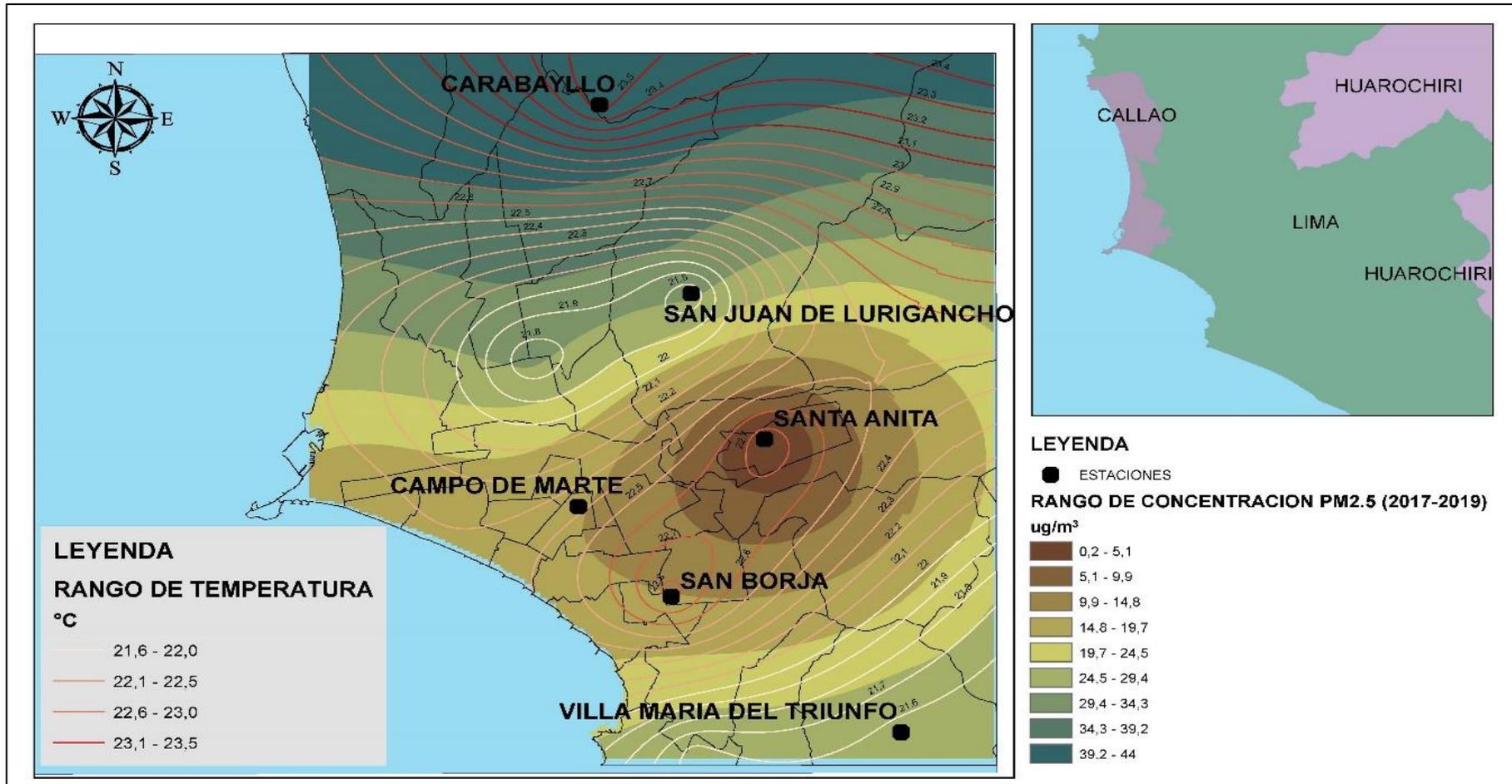


Figura 47 Comportamiento espacial del PM2.5 con la temperatura (2017-2019)

En la figura 47 se observó en la estación Santa Anita una baja concentración material del PM2.5 y una mayor temperatura, así como en la estación San Juan de Lurigancho una mayor concentración de PM2.5 y una mayor temperatura.

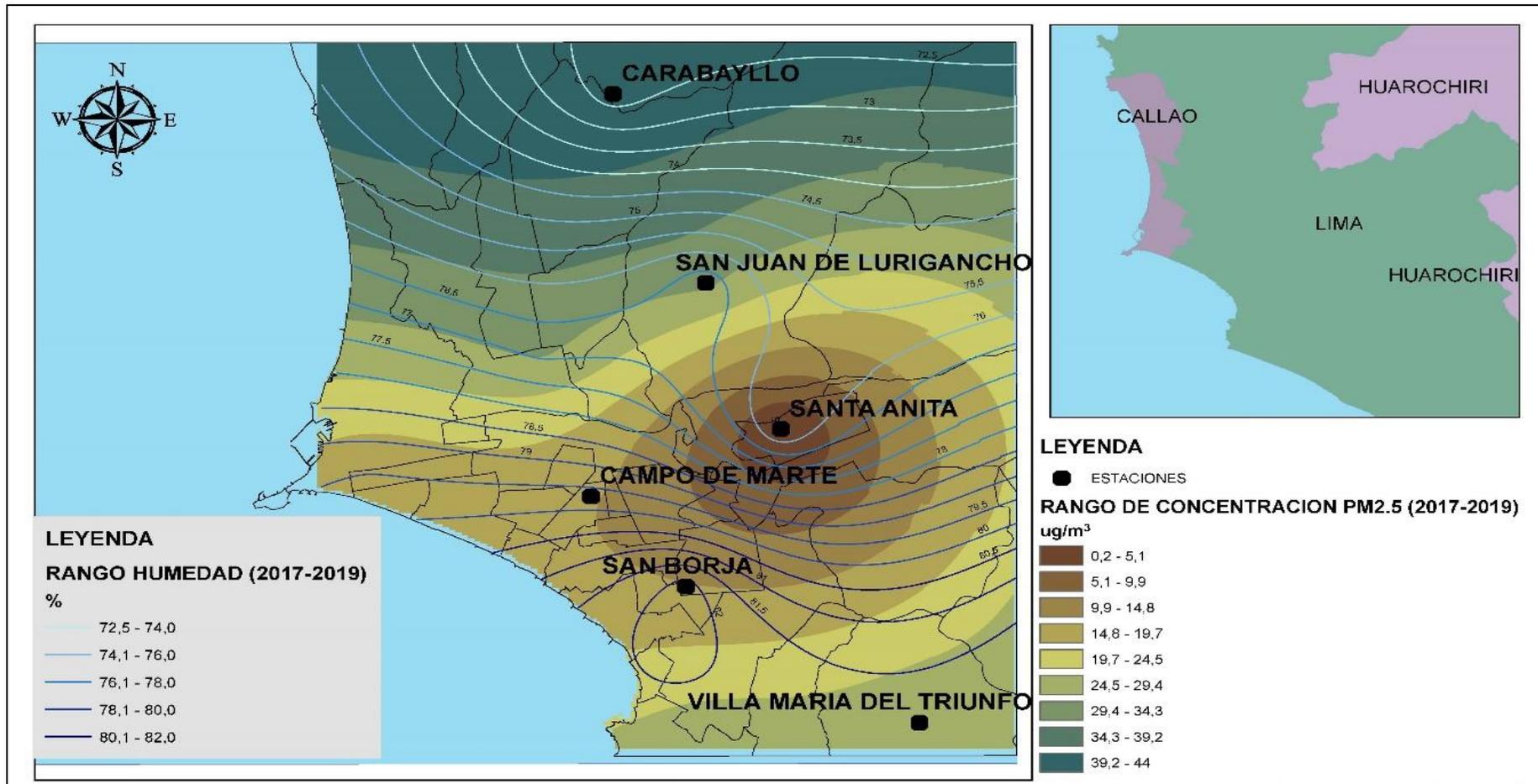


Figura 48 Comportamiento espacial del PM2.5 con la humedad (2017-2019)

En la figura 48 se observó en la estación Carabayllo hay una alta concentración del PM2.5 y una menor humedad, así como en la estación Santa Anita se observó una menor concentración de PM2.5 y menor humedad.

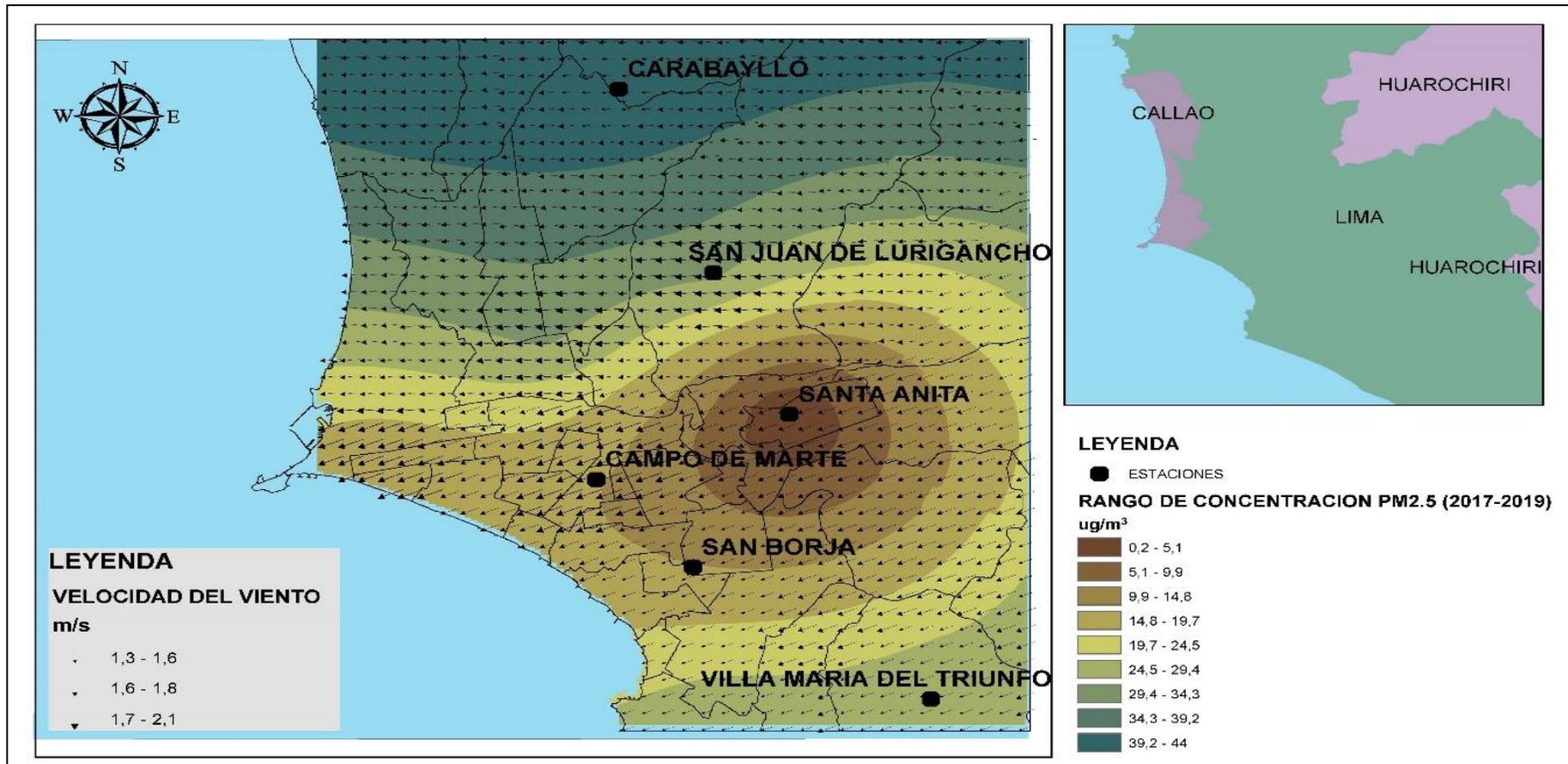


Figura 49 Comportamiento espacial del PM2.5 con la velocidad y dirección del viento (2017-2019)

En la figura 49 se observó en la dirección del viento va desde el Nor-noreste (NNE) hacia el Sur-suroeste (SSW); además en la estación Carabayllo se observó una alta concentración de PM2.5 y una menor velocidad del viento, así como en la estación Santa Anita se observó una menor concentración de PM2.5 y una mayor velocidad del viento.

4.10 Comportamiento espacial del PM10 y 2.5 con los aspectos meteorológicos (2020)

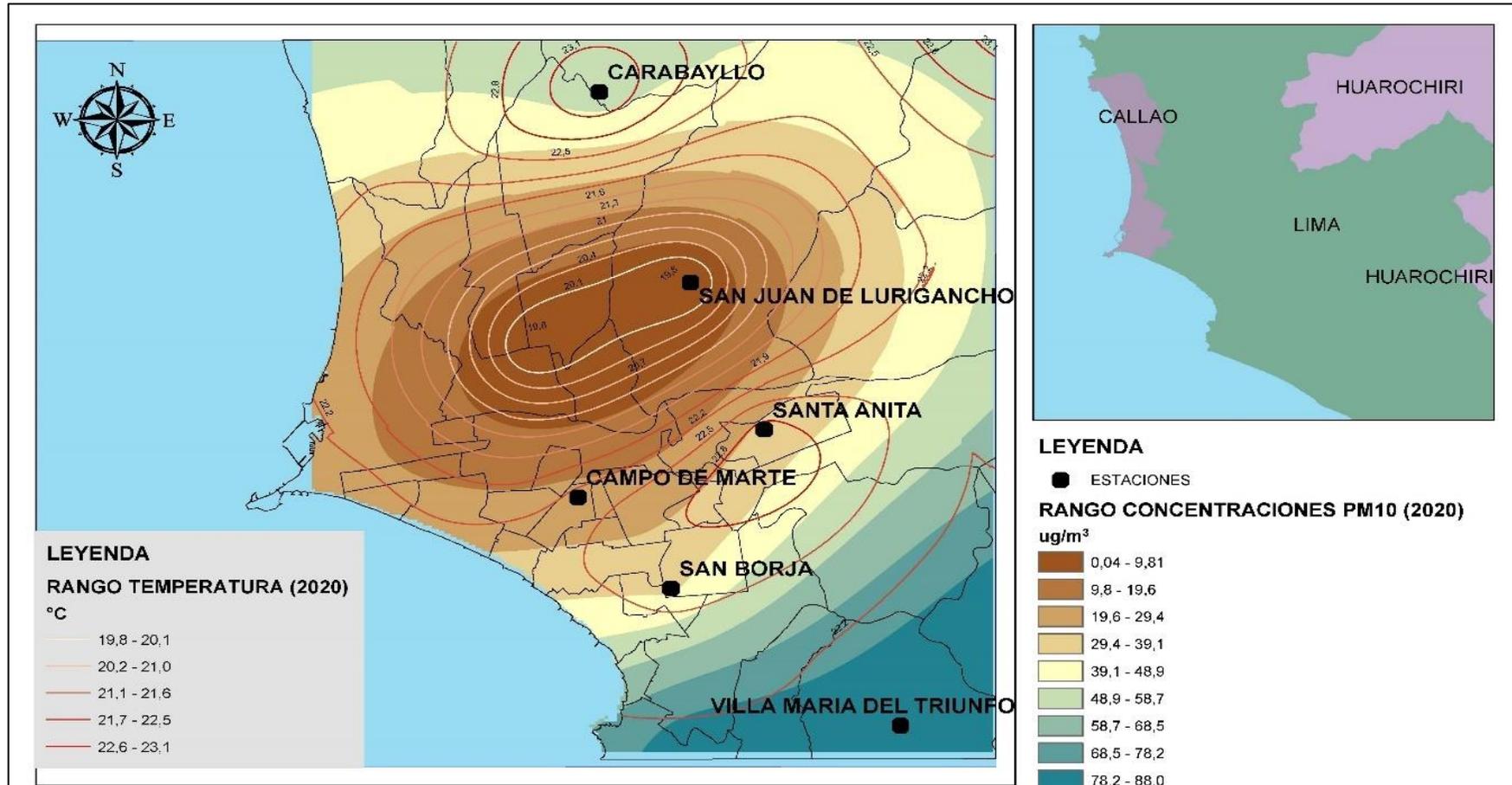


Figura 50 Comportamiento espacial del PM10 con la temperatura (2020)

En la figura 50 se observó en la estación Villa María del Triunfo una alta concentración del PM10 y una mayor temperatura, así como en la estación San Juan de Lurigancho una menor concentración de PM10 y una menor temperatura.

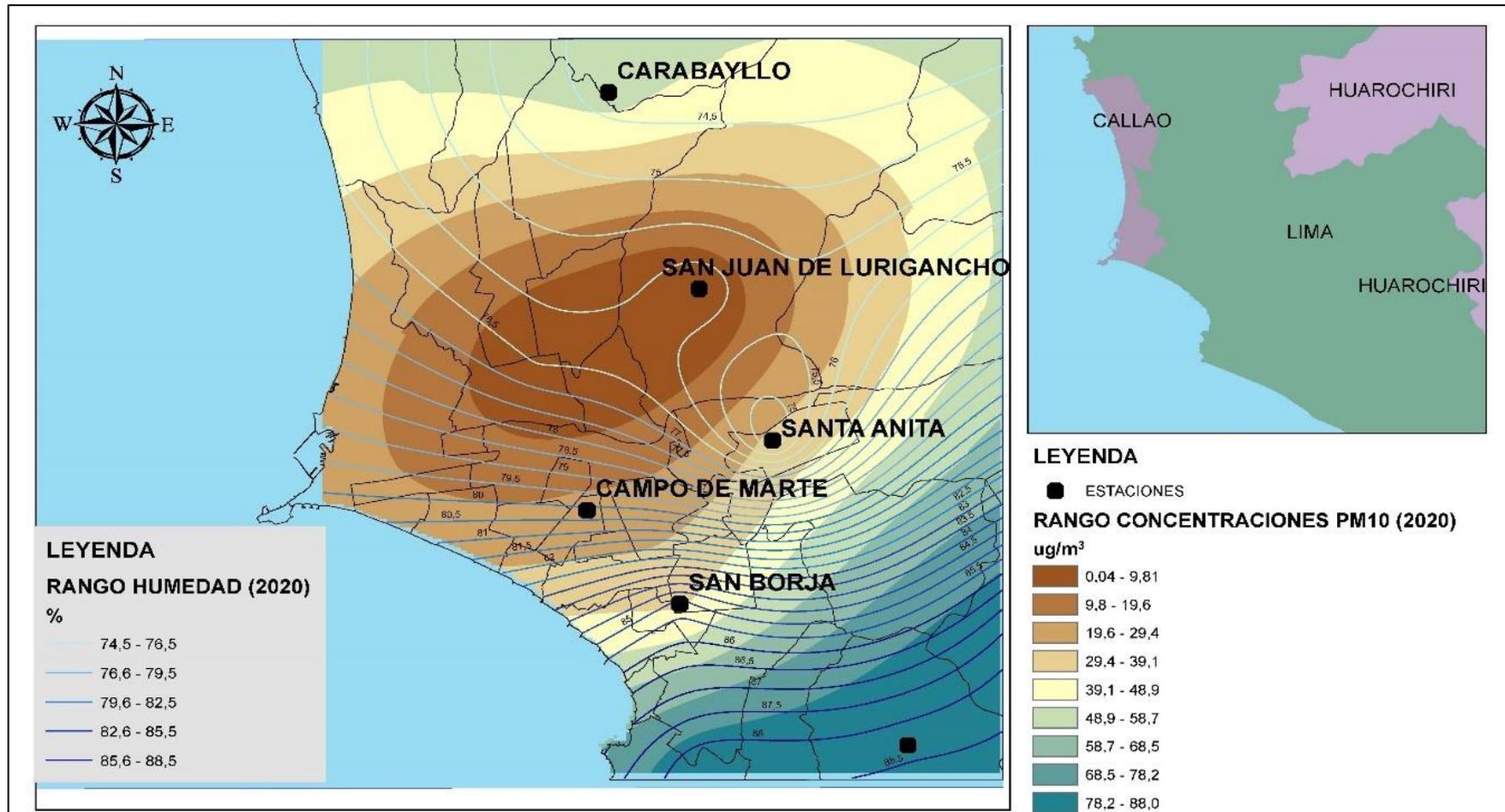


Figura 51 Comportamiento espacial del PM10 con la humedad (2020)

En la figura 51 se observó en la estación San Juan de Lurigancho hay una baja concentración del PM10 y una menor humedad, así como en la estación Villa María del Triunfo se observó una mayor concentración de PM10 y una mayor humedad.

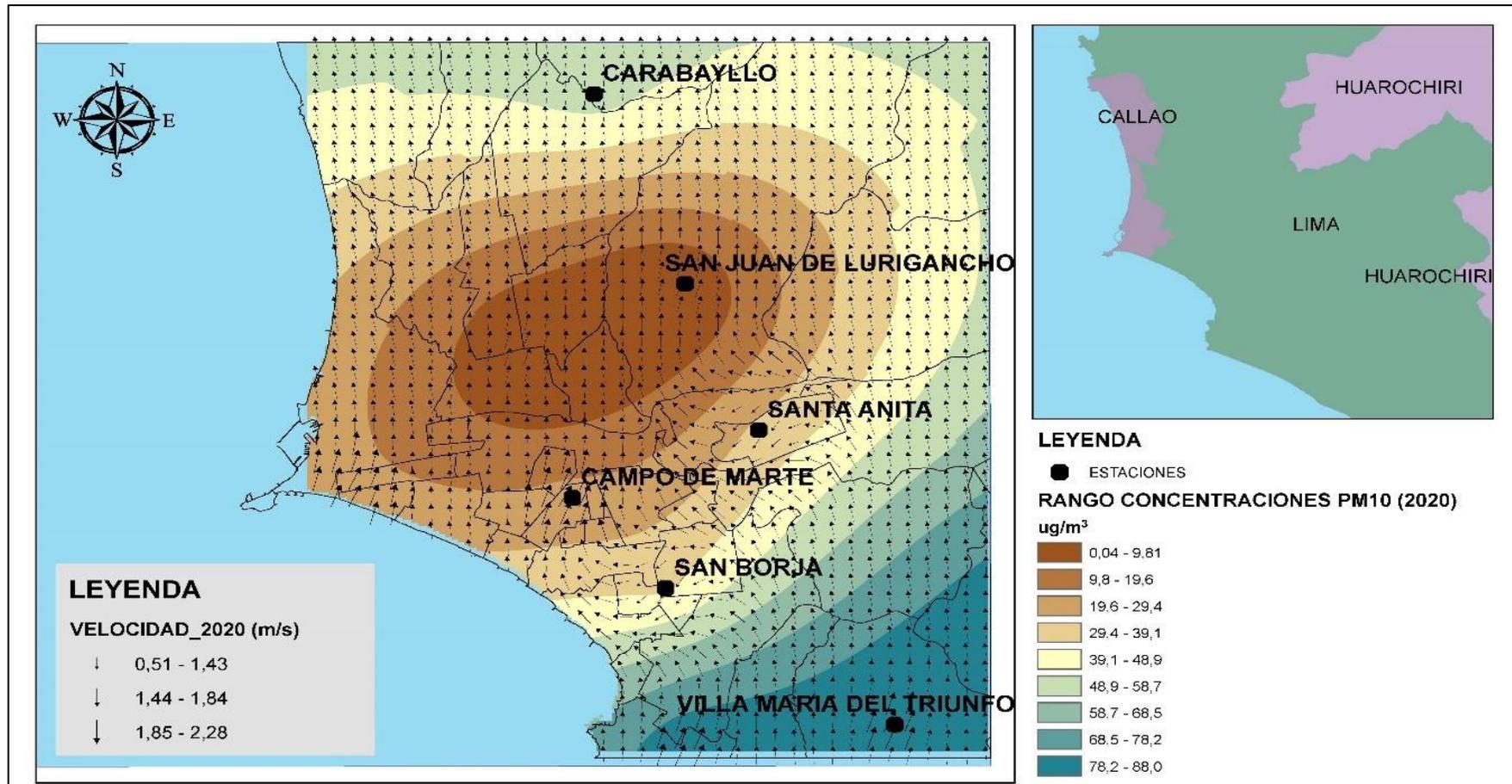


Figura 52 Comportamiento espacial del PM10 con la velocidad y dirección del viento (2020)

En la figura 52 se observó que la dirección del viento va desde el Sur (S) hacia el Norte (N); además en la estación San Juan de Lurigancho se observó una menor concentración de PM10 y una mayor velocidad del viento, así como en la estación Villa María del Triunfo se observó una mayor concentración de PM10 y una menor velocidad del viento.

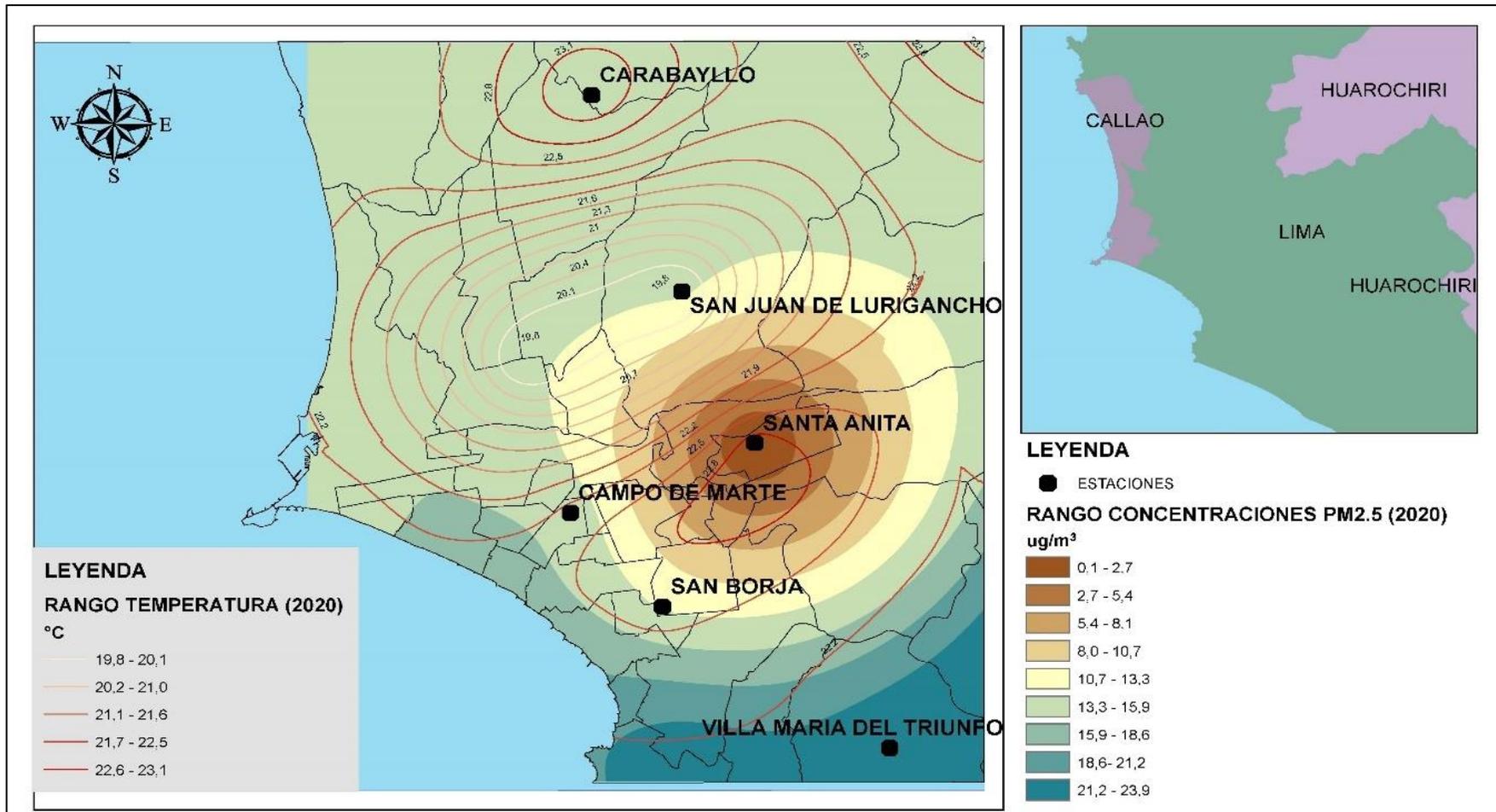


Figura 53 Comportamiento espacial del PM2.5 con la temperatura (2020)

En la figura 53 se observó en la estación Villa María del Triunfo una alta concentración de PM2.5 y una mayor temperatura, así como en la estación San Juan de Lurigancho una menor concentración de PM2.5 y una mayor temperatura.

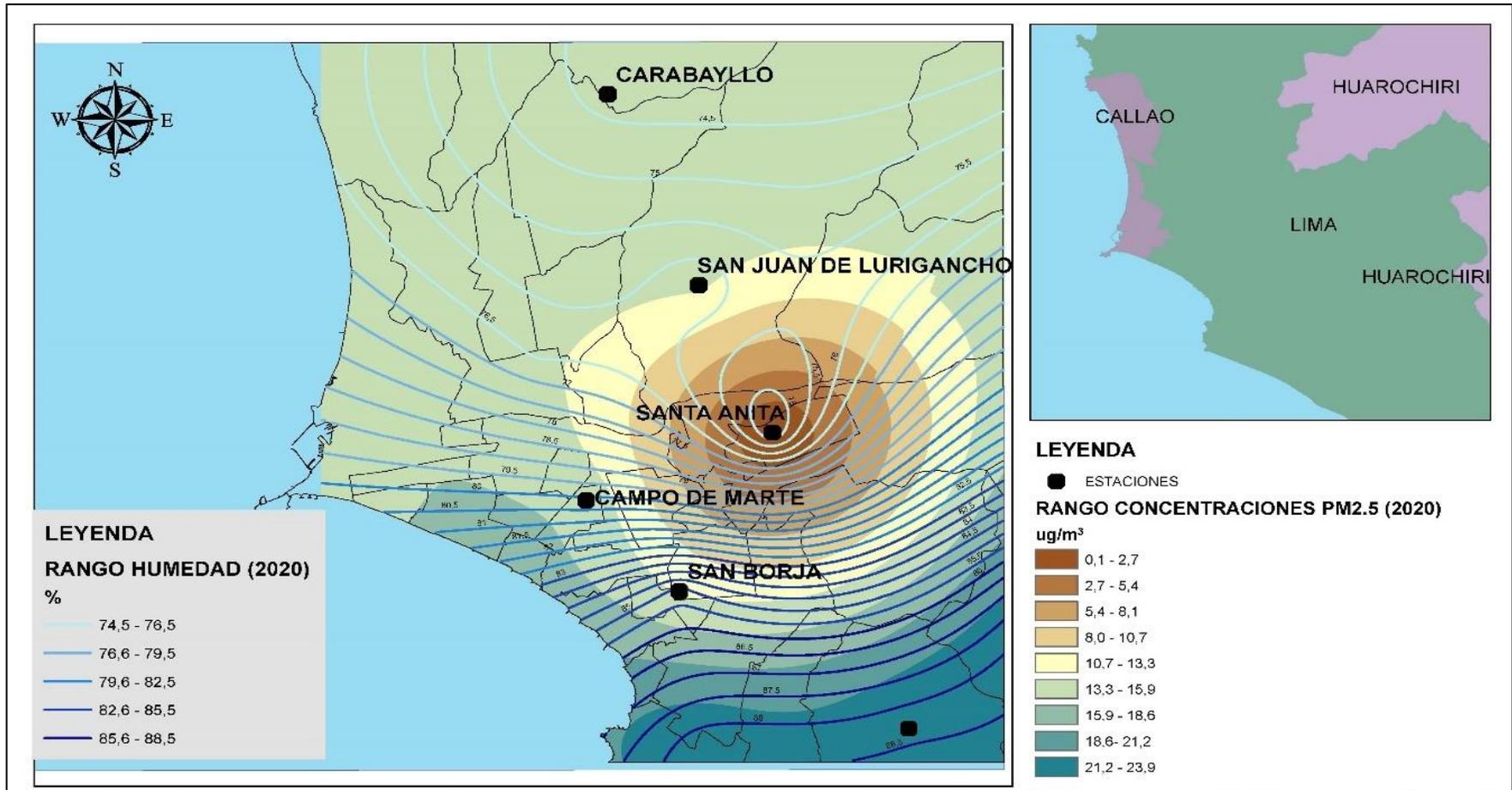


Figura 54 Comportamiento espacial del PM2.5 con la humedad (2020)

En la figura 54 se observó que en la estación Santa Anita hay una baja concentración de PM2.5 y una menor humedad, así como en la estación Villa María del Triunfo se observó una mayor concentración de PM2.5 y una mayor humedad.

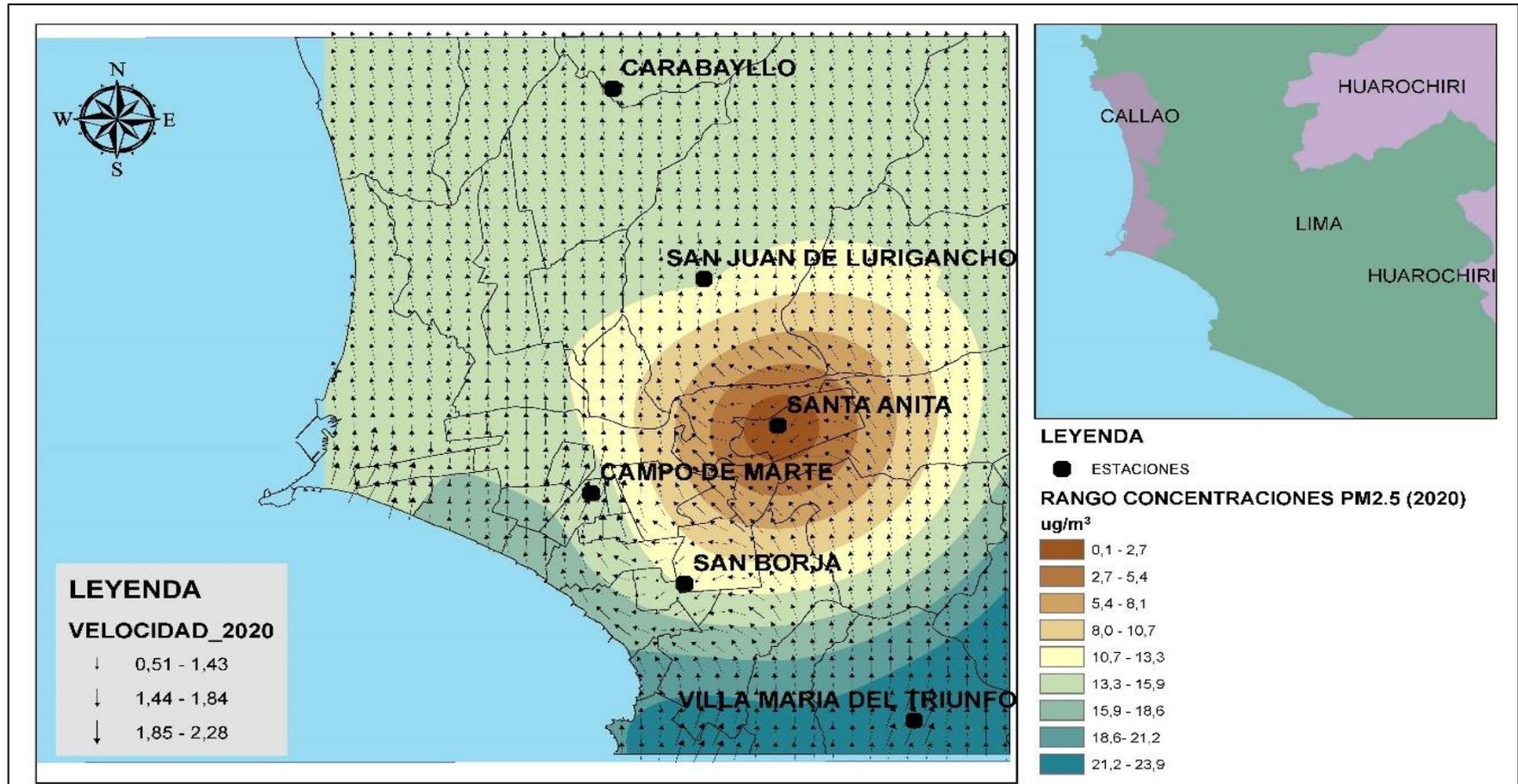


Figura 55 Comportamiento espacial del PM2.5 con la velocidad y dirección del viento (2020)

En la figura 55 se observó que en la dirección del viento va desde el Sur (S) hacia el Norte (N); además en la estación Santa Anita se observó una menor concentración de PM2.5 y una mayor velocidad del viento, así como en la estación Villa María del Triunfo se observó una mayor concentración de PM2.5 y una mayor velocidad del viento.

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se estableció como objetivo principal el determinar el comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) en Lima Metropolitana, para el cual se empleó la información histórica del PM10, PM2.5 y las variables meteorológicas en dos periodos, el primero del 2017 al 2019 y luego el 2020, ambos dentro de los meses de enero a mayo.

En contraste al objetivo principal, según Silva Vinasco, et al. (2013) sostuvo que la concentración del PM10 se encuentra influenciada por las condiciones meteorológicas, principalmente la velocidad del viento, la precipitación y la humedad relativa, del cual se establece que hay una relación estadística entre las condiciones meteorológicas y la concentración del material particulado, en concordancia a la presente investigación durante el período 2017-2019 se establecieron que la relación entre el PM10 y los aspectos meteorológicos son inversas, sin embargo con la temperatura presentó una relación directa; adicional a ello el PM2.5 con la temperatura se presentó una relación directa, así como la humedad y velocidad del viento que presentaron una relación inversa. En el periodo 2020 la relación del PM10 con la temperatura y velocidad del viento es inversa, sin embargo, con la humedad presentó una relación directa; adicional a ello el PM2.5 presentó una relación inversa con la velocidad del viento y la humedad, además de una relación directa con la temperatura, en concordancia a lo sostenido por Caballero Herrera, et. al. (2018) donde concluyeron que hay una correlación inversamente proporcional entre la concentración de PM10 y las variables de temperatura y velocidad del viento en la localidad de La Candelaria – Bogotá.

García, et al. (2014) concluyeron que el PM10 es relativa e inversamente proporcional a la humedad (menor humedad a mayor concentración de partículas PM10) sin embargo en la presente investigación se observó que en el comportamiento del PM10 en el periodo 2017-2019 varían directamente con la humedad, aunque en el PM2.5 se observó que la relación es inversa con la humedad. De la misma manera en el periodo 2020 se observó en el PM10 y PM2.5

se relacionan directamente con la humedad del mismo modo lo planteado por Regalado, et al. (2020) en cual concluyeron que existe una alta correlación entre las variables meteorológicas y el PM10.

En cuanto al comportamiento horario del PM10 y PM2.5 en el periodo 2017-2019, se presentó dos valores máximos en el día (09:00 am y 08:00 pm) y dos valores mínimos en la noche (03:00 am y 15:00 pm), en contraste a lo planteado por Pacsi valdivia (2016) sostuvo que la variación horaria del PM10 en Lima presenta dos valores máximos durante la mañana (10:00 am y 10:00 pm) y dos valores mínimos durante la noche (05:00 am y 02:00 pm); sin embargo en el periodo 2020 se evidencia un cambio en el comportamiento del material particulado estableciendo un valor máximo durante la mañana (09:00 am) y un valor mínimo durante la noche (entre la 01:00 am y 03:00 am).

Espinoza Guillen (2018) concluyó que en el periodo diurno a nivel horario se registra una correlación negativa entre la temperatura y el material particulado 10u y 2.5u, en cambio en el periodo nocturno se registra una correlación positiva entre la temperatura y el material particulado 10u y una correlación negativa con el material particulado menor 2.5u, en concordancia con la presente investigación durante el periodo 2017-2019 se mantiene la correlación durante el periodo nocturno y diurno, no obstante en el PM2.5 se presentó una correlación directa con la velocidad del viento y la temperatura; del mismo modo en el periodo 2020 se mantiene las correlaciones directas a nivel nocturno, sin embargo a nivel diurno el nivel de correlación con la temperatura es ligeramente inversa.

Pacsi valdivia (2016) en su artículo "Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2,5 en lima metropolitana" concluye que la variación diaria los máximos valores se registran los días martes y viernes, además de los valores mínimos en los días domingos en lima metropolitana, sin embargo en la presente investigación durante el periodo 2017-2019 se observó que los valores máximos son los días viernes y sábado, aunque manteniendo el valor mínimo el día domingo, del mismo modo durante el periodo 2020 se registraron en los días jueves y viernes los valores máximos además de

mantener constante el valor mínimo el día domingo, esto en contraste a lo planteado por García, et al. (2006) y Campo, et al. (2017) en el cual concluyeron que la población disminuye las actividades económicas y el tránsito vehicular durante los domingos, además que los valores de concentración varían según el nivel de flujo vehicular y disminuyendo durante los días que no hay actividades en la ciudad.

Mohammad Maksimul, et. al. (2015) en su artículo de investigación “Meteorological and seasonal influences in ambient air quality parameters of Dhaka city” concluyen que entre la velocidad del viento y el material particulado proveniente del norte y noroeste no tienen una influencia significativa en la concentración del material particulado en la ciudad de Dhaka, por el contrario en la presente investigación se evidencia que en el periodo 2017-2019 la velocidad viento que proviene del noreste (NNE) hacia el sur-suroeste (SSW) se presentó que la velocidad del viento es menor cuando hay una mayor concentración de material particulado influyendo así en el comportamiento espacial del material particulado; ya que la mayor concentración se evidencia en la dirección sur donde se encuentra ubicado la estación de Villa María del Triunfo con valores que superan el estándar de calidad ambiental, además de tener una correlación inversa entre la velocidad y concentración del material particulado. En cuanto al periodo 2020 el comportamiento espacial se mantiene al igual que el periodo 2017-2019 aunque con una disminución en el nivel de concentración tanto en PM10 y PM2.5.

Silva, et al. (2016) concluyó que la concentración del material particulado es influenciado por las condiciones meteorológicas, con respecto a las obras de edificaciones en Lima, sin embargo en la presente investigación se evidencio que la contaminación por PM10 y PM2.5 es directamente influenciado por las actividades vehicular; ya que los valores de concentración disminuyeron de un periodo a otro, aunque el mismo fenómeno no se presentó en la estación Villa María del triunfo, esto debido a que la mayor incidencia de material particulado se debió a la falta de pavimentación en la zona en conciencia a lo establecido por Pinto, et al. (2015) en el cual concluyeron que la pavimentación de la vía principal de la localidad de Ciudad Bolívar redujo en un 95% lo valores de PM10 y PM2.5.

Sánchez J. (2017) concluyó que el viento hacia el norte produce una alta concentración de PM10 hacia esa dirección, sin embargo en la presente investigación el viento se dirige hacia el sur-suroeste durante los periodos evaluados dando a lugar una mayor concentración de PM10 y PM2.5 en la estación Villa María del Triunfo además de presentar una temperatura alta promedio, en contraste a lo planteado por Silva J, et al. (2017) en cual concluye que las temperaturas bajas aumentan la generación de PM2.5.

VI. CONCLUSIONES

El comportamiento del PM10 presentó un valor mínimo el mes de abril de 30,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y valor máximo el mes de febrero de 80,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, así como una correlación de 0,363 con la temperatura, de 0,397 con la humedad y de 0,813 con la velocidad del viento. En cuanto al PM2.5 presentó un valor mínimo el mes de abril de 14,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; además se presentó un valor máximo el mes de febrero de 49,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, así como una correlación de 0,455 con la temperatura, de 0,331 con la humedad y de 0,875 con la velocidad del viento.

El comportamiento horario del PM10 durante la mañana presentó un valor máximo de 62,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 09:00 am, además de una correlación de -0,093 con la temperatura, de -0,357 con la velocidad del viento y de 0,183 con la humedad, además durante la noche presentó un valor mínimo de 26,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a la 01:00 am y 02:00 am, así como una correlación de 0,836 con la temperatura, de 0,851 con la velocidad el viento y de -0,838 con la humedad.

El comportamiento horario del PM2.5 durante la mañana presentó un valor máximo de 25,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 09:00 am, además de una correlación de -0,331 con la temperatura, de -0,560 con la velocidad del viento y de 0,413 con la humedad, además durante la noche un valor mínimo de 12,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 12:00 am, así como una correlación de 0,633 con la temperatura, de 0,631 con la velocidad el viento y de -0,637 con la humedad.

El comportamiento diario del PM10 presentó el día jueves un valor máximo de 49,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el día domingo un valor mínimo de 37,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, además de una correlación de 0,179 con la velocidad del viento, de 0,214 con la humedad y de 0,643 con la temperatura, en cuanto al PM2.5 presentó el día viernes un valor máximo de 17,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el día domingo un valor mínimo de 16,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, además de una correlación de 0,179 con la temperatura, de 0,107 con la humedad y de 0,571 con la velocidad del viento.

En el comportamiento espacial del PM10 se presentó una mayor concentración en la estación Villa María del Triunfo, sin embargo, presentó una mayor temperatura y humedad, en cambio una menor velocidad del viento. En la estación San Juan de Lurigancho y San Anita presentaron una menor concentración de PM10 además de una menor temperatura y humedad, aunque una menor velocidad del viento.

El comportamiento espacial del PM2.5 presentó una mayor concentración en la estación Villa María del Triunfo, así como una mayor temperatura y humedad, no obstante, una menor velocidad del viento. En la estación Santa Anita presentó una menor concentración de PM2.5, así como una mayor temperatura, en cambio una menor humedad y velocidad del viento.

VII. RECOMENDACIONES

Considerar un mayor número de puntos de referencia para obtener una mejor distribución del material particulado en Lima Metropolitana.

Un mejor mantenimiento de los equipos automáticos; ya que la información que se dispone no se emite de manera regular, por lo cual dicha información no serviría para estudios o predicción a futuro.

Aplicar una metodología de determinación del comportamiento temporal mediante el uso de información en tiempo real de las estaciones de calidad de aire, para así no omitir información mediante el uso de las tablas Excel.

Implementar un análisis adicional de la información a tiempo real para determinar el tipo de contaminante muestreado mediante el reporte de la relación PM_{2.5}/PM₁₀; ya que esta relación menciona los tipos de combustibles o materiales particulados captados por las estaciones de calidad de aire.

REFERENCIAS

ABRIL, Gabriela; DIEZ, Sebastián. Modelado de la dispersión de material particulado PM 10 mediante la estimación de las tasas de emisión considerando la influencia de la meteorología local. En Memorias, XI Congreso Argentino de Meteorología. Mendoza <http://www.congremet.prmarg.org/upload/abril-gabriela.pdf>. 2012.

Arrieta-Fuentes, Alvaro Javier. 2016. Dispersión de material particulado (PM 10), con interrelación de factores meteorológicos y topográficos. [En línea] 8 de Julio de 2016. <https://doi.org/10.19053/1900771X.v16.n2.2016.5445>.

Balasubramanian, A. 2017. Measurement of Meteorological Variables. s.l.: ResearchGate, 2017.

Beteta, D.A. V., 2016. Niveles de dióxido de nitrógeno generados por el flujo vehicular en la zona urbana de Tingo María. Investigación y Amazonía, vol. 6, no.1, pp. 12-18.

Bethel Afework, Jordan Hanania, Kailyn Stenhouse, J.D., 2018. Photochemical smog - Energy Education. [en línea]. [Consulta: 21 mayo 2020]. Disponible en: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Photochemical_smog.

Caballero Herrera, Julieth Caterine y Valencia Ortiz, Daniel Fernando. 2018. Estudio del material particulado de tamaño menor a 10 micras (pm10) en el aire ambiente de la zona aledaña a la Universidad Libre –sede Candelaria. [En línea] 31 de agosto de 2018.

Campo, Alicia María, Fernández, María Eugenia y Gentili, Jorge Osvaldo. 2017. Variabilidad temporal del PM10 en Bahía Blanca (Argentina) y su relación con las variables climáticas. [En línea] 2017. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/5084>.

Chan, J.F.W., Kok, K.H., Zhu, Z., Chu, H., To, K.K.W., Yuan, S. y Yuen, K.Y., 2020. Genomic characterization of the 2019 novel human pathogenic coronavirus isolated from a patient with atypical pneumonia after visiting Wuhan. Emerging Microbes and Infections, ISSN 22221751. DOI 10.1080/22221751.2020.1719902.

Chen, K., Wang, M., Huang, C., Kinney, P.L. y Paul, A.T., 2020. Air Pollution Reduction and Mortality Benefit during the COVID-19 Outbreak in China. med Rxiv, DOI 10.1101/2020.03.23.20039842.

Cichowicz, R. y Wielgosiński, G., 2018. Analysis of variations in air pollution fields in selected cities in Poland and Germany. Ecological Chemistry and Engineering, ISSN 18986196. DOI 10.1515/eces-2018-0014.

Composition of Air Chemical Structure. [en línea], [Consulta: 19 mayo 2020]. Disponible en: <https://chemicalstructure.net/portfolio/composition-of-air/#respond>.

Climateoffice, North Carolina. the Comet Program. the Comet Program. [En línea] [Citado el: 19 de mayo de 2020.] <https://climate.ncsu.edu/edu/Structure>.

Del Amo Garcia, Clara. 2014. Principales efectos peligrosos de los contaminantes en la atmósfera. s.l.: Industria Ambiente, 2014.

EPA, U. y OF AIR, O., 2014. Air Quality Index - A Guide to Air Quality and Your Health. Brochure 2014. EPA-456/F-14-002. S.I.:

EPA. 2017. Method 201A determination of PM-10 and PM-2.5 Emissions from stationary sources (constant sampling rate procedure). method 201A determination of PM-10 and PM-2.5 emissions from stationary sources (constant sampling rate procedure). [En línea] 2017. [Citado el: 18 de mayo de 2020.] https://www.epa.gov/sites/production/files/201908/documents/method_201a_0.pdf.

EPA, Environmental Protection Agency. 2000. Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. Office of Air Quality Planning and Standards. [En línea] febrero de 2000. [Citado el: 18 de mayo de 2020.] <https://www3.epa.gov/scram001/guidance/met/mmgrma.pdf>.

ESA, 2020a. ESA - COVID-19: nitrogen dioxide over China. [en línea]. [Consulta: 21 mayo 2020]. Disponible en: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/COVID-19_nitrogen_dioxide_over_China.

ESA, 2020b. ESA - Coronavirus lockdown leading to drop in pollution across Europe. [en línea]. [Consulta: 21 mayo 2020]. Disponible en:

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Coronavirus_lockdown_leading_to_drop_in_pollution_across_Europe.

ESRI, 2020. Crear red—Ayuda | ArcGIS for Desktop. Conjunto de herramientas Clase de entidad [en línea]. [Consulta: 5 julio 2020]. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/data-management-toolbox/create-fishnet.htm>.

Ficetola, G.F. y Rubolini, D., 2020. Climate affects global patterns of COVID-19 early outbreak dynamics. medRxiv, DOI 10.1101/2020.03.23.20040501.

García G, Mario, y otros. 2013. Concentración de contaminantes SO₂, NO₂ y correlación con H⁺, SO₄²⁻ y NO₃⁻ durante la temporada de lluvias en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. México: s.n., 2013.

García, Sandra M. Suarez, y otros. 2014. Evaluación de las concentraciones de partículas PM₁₀ y su relación con las condiciones meteorológicas (temperatura y humedad relativa) en el municipio de Frontera, Centla, Tabasco. [En línea] 2014

George, D y Mallery, P. 2003. SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference 11.0 update. Boston: Allyn & Bacon, 2003.

Guzmán, G. 2019. Variables meteorológicas y concentración de material particulado PM₁₀, en la provincia del Cusco, 2010-2015. Lima

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2014. Metodología de la Investigación. [aut. libro] Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y María del Pilar Baptista Lucio. Metodología de la Investigación. México: McGRAW-HILL, 2014.

Jacobson, M. Z. 2002. Atmospheric Pollution: History, Science, and Regulation. UK: s.n., 2002.

IUPAC. 2014. Gold Book. composition of pure air in atmospheric chemistry. [En línea] 24 de febrero de 2014. [Citado el: 18 de mayo de 2020.] <http://goldbook.iupac.org/terms/view/C01214>.

Lixin, Li, Xiaolu, Zhou y Weitian, Tong. 2019. Spatiotemporal Analysis of Air Pollution and Its Application in Public Health. s.l.: ELSEVIER, 2019. 978-0-12-815822-7.

Liu, Y.C., Kuo, R.L. y Shih, S.R., 2020. COVID-19: the First Documented Coronavirus Pandemic in History. Biomedical journal [en línea], [Consulta: 19 mayo 2020]. ISSN 2320-2890. DOI 10.1016/j.bj.2020.04.007. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32387617>.

Lozada, José. 2014. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Ecuador: CIENCIAMÉRICA, 2014.

Menachery, V.D., Graham, R.L. y Baric, R.S., 2017. Jumping species a mechanism for coronavirus persistence and survival. 2017. S.l.: s.n.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2016. Resolución Ministerial N°181-2016-MINAM. Índice de calidad del aire. [en línea], pp. 1-6. Disponible en:

Mohammad Maksimul, Islam, y otros. 2015. Meteorological and seasonal influences in ambient air quality parameters of Dhaka city. [En línea] 2015. <https://www.researchgate.net/publication/323286961>.

Montenegro, Edgar y Pérez, Marcos Luján. 2017. Análisis de la variación estacional de la contaminación atmosférica y su relación con variables climáticas en el valle central de Cochabamba, Bolivia. [En línea] 28 de agosto de 2017. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100011.

Pacsi valdivia, Sergio A. 2016. Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2,5 en Lima Metropolitana. [En línea] 2016. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v77i2.699>.

Pla-García, Jorge y Menor Salvan, Cesar. 2017. La composición química de la atmósfera primitiva del planeta Tierra. s.l.: investigación química, 2017.

Regalado, Anabel, y otros. 2020. Comportamiento de las concentraciones de PM10 en la ciudad de Loja - Ecuador y su relación con variables meteorológicas. [En línea] 2020. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/755>.

Rohli, Robert V y Vega, Anthony J. 2018. Climatology. Climatology. s.l.: Jones & Bartlett Learning, 2018.

Sánchez, M. Y Jhon, F. 20217. Monitoreo de pm10 como indicador de la calidad del aire de ciudad y análisis del efecto de las variables meteorológicas. Argentina.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. 2020. Posible influencia de la estacionalidad y las variables atmosféricas en el COVID-19. p.14. Lima

Silva Vinasco, Juan Pablo y Canchala Nastar, Teresita del R. 2013. variación espacial y temporal de concentraciones de pm10 en el área urbana de Santiago de Cali, Colombia. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. [En línea] 2013.

Silva, Dario Santiago Gutiérrez y Castromonte, Rafu Estanislao Pomar. 2016. Modelo para estimar impactos ambientales en el movimiento de tierras en obras de edificaciones. [En línea] 26 de abril de 2016. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6794>.

SILVA, J., et al. Particulate matter levels in a South American megacity: the metropolitan area of Lima-Callao, Peru. Environmental monitoring and assessment, 2017, vol. 189, no 12, p. 635. <http://doi.org/10.1007/s10661-017-6327-2>, 2017.

Sora Gunal, Efrain. Areas, Air Quality Forecasting for All Seasons in Large Geographical. 2019. s.l.: Anadolu University of Sciences & Technology, 2019.

Tan, W J, Zhao, X y Ma, X J. 2020. A novel coronavirus genome identified in a cluster of pneumonia cases: Wuhan, China 2019-2020. China: s.n., 2020.

Tobías, A., Carnerero, C., Reche, C., Massagué, J., Via, M., Minguillón, M.C., Alastuey, A. y Querol, X., 2020. Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. Science of the Total Environment, ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.138540.

Torrecilla, María Rosa Cañada. 2017. clasificación de tipos de tiempo y su influencia en las concentraciones de dióxido de nitrógeno, material particulado (pm10) y ozono en la ciudad de Madrid, España. [En línea] 2017. DOI: 10.21138/bage.2508.

Vallero, D., 2014. Fundamentals of air pollution, fifth edition. S.l.: s.n. ISBN 9780124017337.

Vara Licona, María Exaltación. Contaminación atmosférica con material particulado en la Ciudad del Cusco-y su comportamiento–2016. 2017.

Villalba, D., Johanna, E., Ortiz, F. y Romero, H., 2018. Relación entre el material particulado PM-10 y variables meteorológicas en la ciudad de Bucaramanga - Colombia: Una aplicación del análisis de datos longitudinal. XXVIII Simposio Internacional de Estadística.

Wilder-Smith, A. y Freedman, D.O., 2020. Isolation, quarantine, social distancing and community containment: Pivotal role for old style public health measures in the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak. 2020. S.l.: s.n.

World Meteorological Organization, WMO. 2014. Measurement of meteorological variables. World Meteorological Organization. [En línea] 2014. [Citado el: 19 de mayo de 2020.]

https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=19673#.XsTbK8C23cf.

Wu, F., Zhao, S., Yu, B., Chen, Y.M., Wang, W., Song, Z.G., Hu, Y., Tao, Z.W., Tian, J.H., Pei, Y.Y., Yuan, M.L., Zhang, Y.L., Dai, F.H., Liu, Y., Wang, Q.M., Zheng, J.J., Xu, L., Holmes, E.C. y Zhang, Y.Z., 2020. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. Nature, ISSN 14764687. DOI 10.1038/s41586-020-2008-3.

Zambrano-Monserrate, M.A., Ruano, M.A. y Sánchez-Alcalde, L., 2020. Indirect effects of COVID-19 on the environment. Science of the Total Environment, ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.138813.

Zhai, P., Ding, Y., Wu, X., Long, J., Zhong, Y. y Li, Y., 2020. The epidemiology, diagnosis and treatment of COVID-19. International Journal of Antimicrobial Agents, ISSN 18727913. DOI 10.1016/j.ijantimicag.2020.105955.

Zhou, P., Yang, X. Lou, Wang, X.G., Hu, B., Zhang, L., Zhang, W., Si, H.R., Zhu, Y., Li, B., Huang, C.L., Chen, H.D., Chen, J., Luo, Y., Guo, H., Jiang, R. Di, Liu, M.Q., Chen, Y., Shen, X.R., Wang, X., Zheng, X.S., Zhao, K., Chen, Q.J., Deng, F., Liu, L.L., Yan, B., Zhan, F.X., Wang, Y.Y., Xiao, G.F. y Shi, Z.L., 2020. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. Nature, ISSN 14764687. DOI 10.1038/s41586-020-2012-7.

Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., Niu, P., Zhan, F., Ma, X., Wang, D., Xu, W., Wu, G., Gao,

G.F. y Tan, W., 2020. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *New England Journal of Medicine*, ISSN 15334406. DOI 10.1056/NEJMoa2001017.

ANEXO 3. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades
VI: Variable meteorológica	La meteorología cumple una función importante en la dispersión o concentración de los contaminantes a través de la atmosfera, ya sea por el viento, la temperatura o la humedad actúan en la dispersión o concentración. (World Meteorological Organization, 2014)	Los datos de las variables meteorológicas que influyen directa e indirectamente en la dispersión de los contaminantes, son tomados de las estaciones meteorológicas del SENAMHI para si determinar los diagramas de variabilidad en el tiempo	Aspectos meteorológicos	Velocidad y dirección del viento	m/s
				Humedad Relativa	%
				Temperatura ambiental	°C
VD: Comportamiento del material particulado	La medición de los niveles de contaminación del aire es de vital importancia el cual permite conocer a que niveles de concentración se encuentran los diversos contaminantes en la atmosfera y con ello permitir el tomar acciones de remediación y control, respecto a ello, (Lixin, y otros, 2019), además la concentración de material particulado está influenciada por varios factores, como el uso de la tierra, la densidad de población, la condición meteorológica (Xu et al., 2016)	El comportamiento del material particulado se ve expresado en la variabilidad espacio temporal que se determinó según los niveles de concentración del material particulado según su tamaño, en PM10 y PM2.5 a través del tiempo y espacio de estudio, determinando así su comportamiento en relación a las variables meteorológicas	Concentración según su tamaño	Concentración PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
				Concentración PM2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
			Comportamiento temporal	Comportamiento horario del Material particulado	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
				Comportamiento diario del Material particulado	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
				Comportamiento mensual del Material particulado	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
			Comportamiento espacial	Comportamiento espacial del material particulado	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Comportamiento interdistrital del material particulado	$\mu\text{g}/\text{m}^3$				

ANEXO 5. VALIDACION DE LO INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

	FORMATO DE LA CONCENTRACION DEL MATERIAL PARTICULADO SEGÚN SU TAMAÑO	INSTRUMENTO: N° 01
		FECHA :
		RESPONSABLE:

Codigo de la estación		Coordenadas UTM (WGS 84)	N
			E

CONTROL DE CALIDAD (C.C)		
Parametro	Limite Minimo de deteccion	Referencia
PM10	1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24-hour ave)	Product Specifications Thermo Scientific / TEOM 1405
PM2.5	1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24-hora)	Product Specifications Thermo Scientific/Modelo 5028i

N°	FECHA DE REGISTRO	HORA DE REGISTRO	UNIDAD	PARÁMETRO			
				PM10	PM10 (C.C)	PM2.5	PM2.5 (C.C)
1			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
2			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
3			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
4			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
5			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
6			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
7			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
8			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
9			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
10			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
11			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
12			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
13			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
14			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
15			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
16			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
17			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
18			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
19			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
20			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
21			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
22			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
23			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
24			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		<1,0		<1,0
PROMEDIO DIARIO				///		///	
MAXIMO DIARIO				///		///	
MINIMO DIARIO				///		///	

Atentamente,

 Jhón Julio Rodríguez Galvez
 DNI: 08447308


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CI 71298


 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130287
 RENACYT: P0078275

	FORMATO DE ASPECTOS METEOROLÓGICOS	INSTRUMENTO: N° 02
		FECHA:
		RESPONSABLE:

Código de la estación	<input type="text"/>	Coordenadas UTM (WGS 84)	<input type="text"/>
			N E

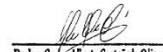
Aspectos meteorológicos	Velocidad del viento	Dirección del viento	Temperatura ambiental	Humedad relativa
Consideraciones	Rango: 0,75 - 75 m/s	Rango: 0 - 360°	Rango: -40 a +60 °C	Rango: 0-100 %

Fuente: es.vaisala.com/pedrinfo

N°	FECHA DE REGISTRO	HORA DE REGISTRO	PARAMETROS REGISTRADOS			
			DIRECCION DEL VIENTO	VELOCIDAD DEL VIENTO	TEMPERATURA AMBIENTAL	HUMEDAD RELATIVA
			(°)	m/s	°C	%
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
PROMEDIO DIARIO						
MAXIMO DIARIO						
MINIMO DIARIO						


 José Julio
 DNI: 08647308


 Dr. Emer G. Benites Alfaro
 CIP: 11010


 Dr. Ing. Carlos Alberto Custodia Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130287
 RENACYT: P0071875

N°	HORA / DÍA / MES DE REGISTRO	UNIDAD	PARÁMETRO		ECA (24 HORAS) PM10	ECA (24 HORAS) PM2.5
			PM10	PM2.5		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
PROMEDIO						
MAXIMO						
MINIMO						



Atentamente,



Juan Julio Chedonez Galvez
DNI: 08447308



Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP 71998



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP: 130267
RENACYT: P0078275



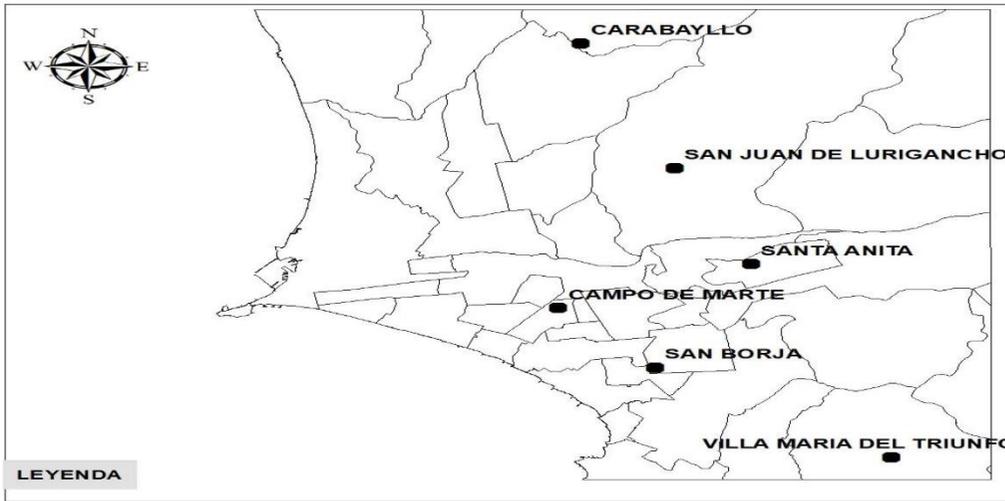
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE COMPORTAMIENTO ESPACIAL

INSTRUMENTO: N° 04

FECHA :

RESPONSABLE:



LEYENDA



LEYENDA

■ ESTACIONES

	TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020	UBICACIÓN	AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO	MAPA TEMÁTICO:	SISTEMA DE COORDENADAS PROYECCION : UTM	ESCALA: 1:150000
	ANÁLISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM10 / PM2.5	PROVINCIA Lima metropolitana	REGION Lima	DANAF VALDIVIÑO HERNÁNDEZ	COORDENAD/ : WGS-84	FECHA:

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP 71998

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP: 130267
RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FORMATO DE LA CONCENTRACION DEL MATERIAL PARTICULADO SEGÚN SU TAMAÑO
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Jorge Guillermo Jaramillo / Ketty Danae Valdivieso Hernández

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 14 de julio del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FORMATO DE ASPECTOS METEOROLÓGICOS
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Jorge Guillermo Jaramillo / Ketty Danae Valdivieso Hernández

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 14 de julio del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FORMATO DE COMPORTAMIENTO TEMPORAL
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Jorge Guillermo Jaramillo / Ketty Danae Valdivieso Hernández

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 14 de julio del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130287
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FORMATO DE COMPORTAMIENTO ESPACIAL
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Jorge Guillermo Jaramillo / Ketty Danae Valdivieso Hernández

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 14 de julio del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Juan Julio Ordoñez Gálvez
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente – Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FORMATO DE LA CONCENTRACION DEL MATERIAL PARTICULADO SEGÚN SU TAMAÑO
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Jorge Guillermo Jaramillo / Danae Valdivieso Hernández

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 12 de junio del 2020

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: Juan Julio Ordoñez Gálvez
 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente – Universidad Cesar Vallejo
 5.3. Especialidad o línea de investigación:
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FORMATO DE ASPECTOS METEOROLÓGICOS
 5.5. Autor(A) de Instrumento: Jorge Guillermo Jaramillo / Danae Valdivieso Hernández

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

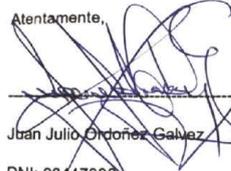
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 12 de junio del 2020

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Juan Julio Ordoñez Gálvez
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente – Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FORMATO DE COMPORTAMIENTO TEMPORAL
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Jorge Guillermo Jaramillo / Ketty Danae Valdivieso Hernández

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

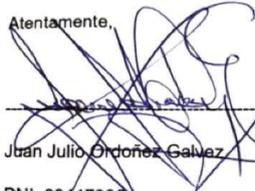
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 12 de junio del 2020

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Juan Julio Ordoñez Gálvez
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente – Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FORMATO DE COMPORTAMIENTO ESPACIAL
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Jorge Guillermo Jaramillo / Ketty Danae Valdivieso Hernández

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 12 de junio del 2020

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ELMER GONZALES, BENITES ALFARO
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente – Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Recursos naturales, Gestión ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FORMATO DE LA CONCENTRACION DEL MATERIAL PARTICULADO SEGÚN SU TAMAÑO
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Jorge Guillermo Jaramillo / Ketty Danae Valdivieso Hernández

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 15 de junio del 2020


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP..... CIP 71998
 DNI No..... 07867259 Telf.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ELMER GONZALES, BENITES ALFARO
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente – Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ... gestión ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FORMATO DE ASPECTOS METEOROLÓGICOS
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Jorge Guillermo Jaramillo / Ketty Danae Valdivieso Hernández

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de junio del 2020


 FIRMA DEL PRESIDENTE DEL COMITÉ DE INFORMANTE
 CIP CIP 71998
 DNI No Telf:

ANEXO 6. CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

INSTRUMENTO 1

EXPERTO	ÍTEMS										PUNTUACIÓN TOTAL		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900	
2	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900	
3	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	850	
PROMEDIO	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33		
TOTAL	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	555,6	VARIANZA TOTAL ST ²
VARIANZA INDIVIDUAL	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	83,33	Σ (VARIANZA INDIVIDUAL Si ²)
K = N° DE ÍTEMS					10								
ALPHA DE CRONBACH					0,94								

Fuente: Elaboración propia, 2020

INSTRUMENTO 2

EXPERTO	ÍTEMS										PUNTUACIÓN TOTAL		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900	
2	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900	
3	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	850	
PROMEDIO	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33		
TOTAL	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	555,6	VARIANZA TOTAL ST ²
VARIANZA INDIVIDUAL	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	83,33	Σ (VARIANZA INDIVIDUAL Si ²)
K = N° DE ÍTEMS					10								
ALPHA DE CRONBACH					0,94								

Fuente: Elaboración propia, 2020

INSTRUMENTO 3

EXPERTO	ÍTEMS										PUNTUACIÓN TOTAL		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900	
2	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900	
3	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	850	
PROMEDIO	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33		
TOTAL	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	555,6	VARIANZA TOTAL ST ²
VARIANZA INDIVIDUAL	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	83,33	Σ (VARIANZA INDIVIDUAL Si ²)
K = N° DE ÍTEMS					10								
ALPHA DE CRONBACH					0,94								

Fuente: Elaboración propia, 2020

INSTRUMENTO 4

EXPERTO	ÍTEMS										PUNTUACIÓN TOTAL		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900	
2	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900	
3	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	850	
PROMEDIO	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33	88,33		
TOTAL	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	555,6	VARIANZA TOTAL ST ²
VARIANZA INDIVIDUAL	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	83,33	Σ (VARIANZA INDIVIDUAL Si ²)
K = N° DE ÍTEMS					10								
ALPHA DE CRONBACH					0,94								

Fuente: Elaboración propia, 2020

ANEXO 7. ESTACIONES DE LA RED DE MONITOREO DEL SENAMHI



REGISTRO DE IDENTIFICACION Y UBICACION DEL PUNTO DE MONITOREO

Código de la estación	CAMPO DE MARTE (CDM)	Coordenadas UTM (WGS 84)	N 8664817 E 277597															
Propietario	SENAMHI	Zona	17 <input type="checkbox"/> 18 <input checked="" type="checkbox"/> 19 <input type="checkbox"/>															
Fecha de implementación	06/08/2010	Altitud (m.s.n.m)	118															
Equipos de medición	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Técnica</th> <th>Marca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Material Particulado menor a 10 micras (PM10)</td> <td>Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405</td> <td>THERMO SCIENTIFIC</td> </tr> <tr> <td>Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5)</td> <td>Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i</td> <td>THERMO SCIENTIFIC</td> </tr> <tr> <td>Oxidos de Nitrogeno NO₂</td> <td>Quimioluminiscencia Analizador 200E</td> <td>TELEDYNE</td> </tr> <tr> <td>Parámetros meteorológicos</td> <td>Automatico</td> <td>VAISALA</td> </tr> </tbody> </table>			Parámetro	Técnica	Marca	Material Particulado menor a 10 micras (PM10)	Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405	THERMO SCIENTIFIC	Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5)	Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i	THERMO SCIENTIFIC	Oxidos de Nitrogeno NO ₂	Quimioluminiscencia Analizador 200E	TELEDYNE	Parámetros meteorológicos	Automatico	VAISALA
Parámetro	Técnica	Marca																
Material Particulado menor a 10 micras (PM10)	Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405	THERMO SCIENTIFIC																
Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5)	Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i	THERMO SCIENTIFIC																
Oxidos de Nitrogeno NO ₂	Quimioluminiscencia Analizador 200E	TELEDYNE																
Parámetros meteorológicos	Automatico	VAISALA																
Tiempo de medición	24 horas - automático																	
Ubicación	<table border="1"> <tr> <td>Distrito</td> <td>Provincia</td> <td>Departamento</td> </tr> <tr> <td>Jesus Maria</td> <td>Lima</td> <td>Lima</td> </tr> </table>			Distrito	Provincia	Departamento	Jesus Maria	Lima	Lima									
Distrito	Provincia	Departamento																
Jesus Maria	Lima	Lima																
Dirección	Campo de Marte de Jesús María, Jr. Nazca s/n																	
Descripción	La estación Campo de Marte del SENAMHI, implementada el 2010 cuenta con equipos de medición automática y en tiempo real de los parámetros de calidad de aire y meteorológicos, ubicada en el jiron Nazca y en el vertice sur del campo de marte colindante a los jirones Pumacahua y Pachacutec, los cuales presentan un tránsito fluido y continuo de vehículos.																	

Registro fotografico



Fuente: SENAMHI

Croquis de ubicación del punto de referencia



Fuente: Googlemaps

Registrado por	JGGJ KDVH
Fecha:	01/05/2020

REGISTRO DE IDENTIFICACION Y UBICACION DEL PUNTO DE MONITOREO

Codigo de la estación: Coordenadas UTM (WGS 84):

N	8653453.49
E	278494.83

Propietario: Zona: 17 18 19

Fecha de implementación: Altitud (m.s.n.m):

Equipo de medición	Parámetro	Técnica	Marca
	Material Particulado menor a 10 micras (PM10)	Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405	THERMO SCIENTIFIC
	Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5)	Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i	THERMO SCIENTIFIC
	Parámetros meteorológicos	Automatico	VAISALA

Tiempo de medición:

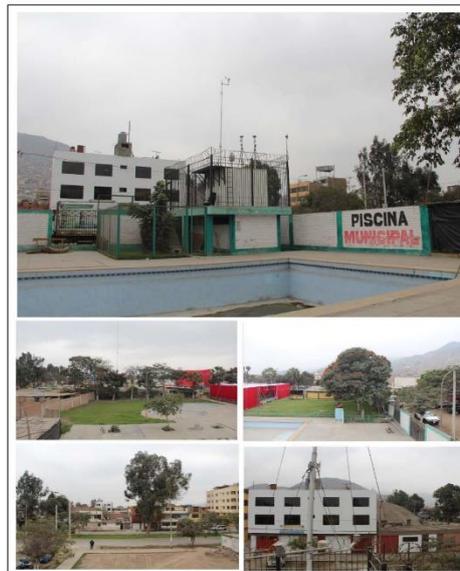
Ubicación

Distrito: Provincia: Departamento:

Dirección:

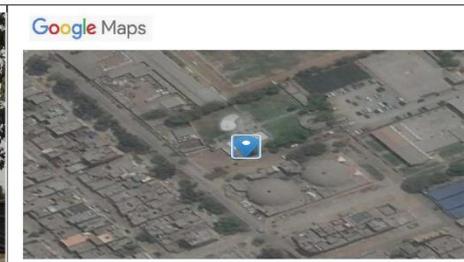
Descripción:

Registro fotografico



Fuente: SENAMHI

Croquis de ubicación del punto de referencia



Fuente: Googlemaps

Registrado por:

Fecha:

REGISTRO DE IDENTIFICACION Y UBICACION DEL PUNTO DE MONITOREO

Codigo de la estación **Coordenadas UTM (WGS 84)**

N	8860638.36
E	281482.34

Propietario **Zona** 17 18 19

Fecha de implementación **Altitud (m.s.n.m)**

Equipos de medición	Parámetro	Técnica	Marca
	Material Particulado menor a 10 micras (PM10)	Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405	THERMO SCIENTIFIC
	Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5)	Atenuacion de Rayos Beta Monitor 5014i	THERMO SCIENTIFIC
	Parámetros meteorológicos	Automatico	VAISALA

Tiempo de medición

Ubicación

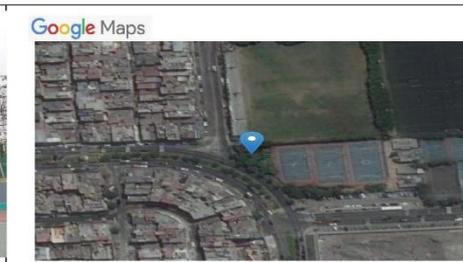
Distrito **Provincia** **Departamento**

Dirección

Descripción

Registro fotografico

Croquis de ubicación del punto de referencia



Fuente: Googlemaps

Registrado por

Fecha:

Fuente: SENAMHI

REGISTRO DE IDENTIFICACION Y UBICACION DEL PUNTO DE MONITOREO

Codigo de la estación **Coordenadas UTM (WGS 84)**

N	8574687.6
E	282308.1

Propietario **Zona** 17 18 19

Fecha de implementación **Altitud (m.s.n.m)**

Equipos de medición	Parámetro	Técnica	Marca
	Material Particulado menor a 10 micras (PM10)	Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405	THERMO SCIENTIFIC
	Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5)	Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i	THERMO SCIENTIFIC
	Parámetros meteorológicos	Automatico	VAISALA

Tiempo de medición

Ubicación

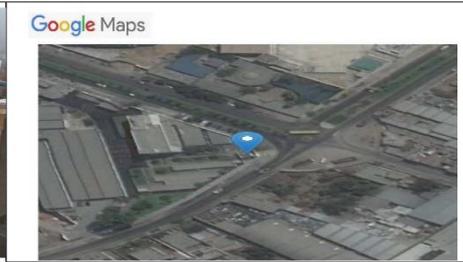
Distrito **Provincia** **Departamento**

Dirección

Descripción

Registro fotografico

Croquis de ubicación del punto de referencia



Fuente: Googlemaps

Registrado por

Fecha:

Fuente: SENAMHI

REGISTRO DE IDENTIFICACION Y UBICACION DEL PUNTO DE MONITOREO

Codigo de la estación **Coordenadas UTM (WGS 84)**

Propietario **Zona** 17 18 19

Fecha de implementación **Altitud (m.s.n.m)**

Equipos de medición	Parámetro	Técnica	Marca
	Material Particulado menor a 10 micras (PM10)	Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405	THERMO SCIENTIFIC
	Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5)	Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i	THERMO SCIENTIFIC
	Parámetros meteorológicos	Automatico	VAISALA

Tiempo de medición

Ubicación

Distrito **Provincia** **Departamento**

Dirección

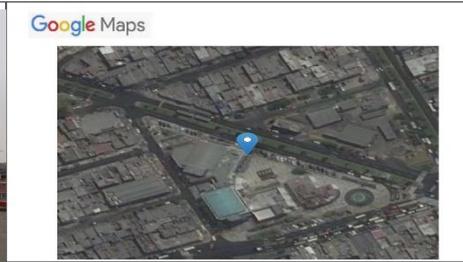
Descripción

Registro fotografico



Fuente: SENAMHI

Croquis de ubicación del punto de referencia



Fuente: Googlemaps

Registrado por

Fecha:

REGISTRO DE IDENTIFICACION Y UBICACION DEL PUNTO DE MONITOREO

Codigo de la estación **Coordenadas UTM (WGS 84)**

Propietario **Zona** 17 18 19

Fecha de implementación **Altitud (m.s.n.m)**

Equipo de medición	Parámetro	Técnica	Marca
	Material Particulado menor a 10 micras (PM10)	Microbalanza oscilatoria Monitor TEOM 1405	THERMO SCIENTIFIC
	Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5)	Atenuación de Rayos Beta Monitor 5014i	THERMO SCIENTIFIC
	Parámetros meteorológicos	Automatico	VAISALA

Tiempo de medición

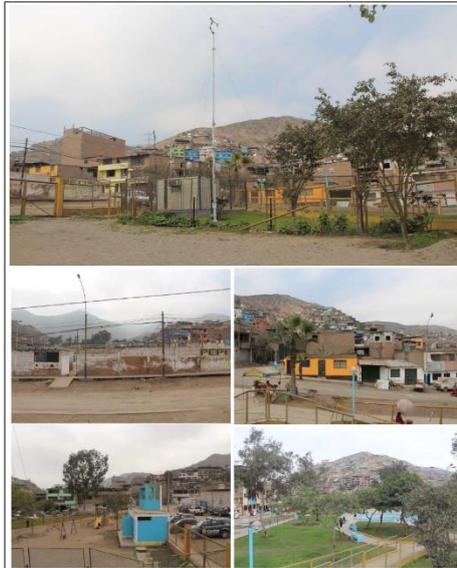
Ubicación

Distrito **Provincia** **Departamento**

Dirección

Descripción

Registro fotografico



Fuente: SENAMHI

Croquis de ubicación del punto de referencia

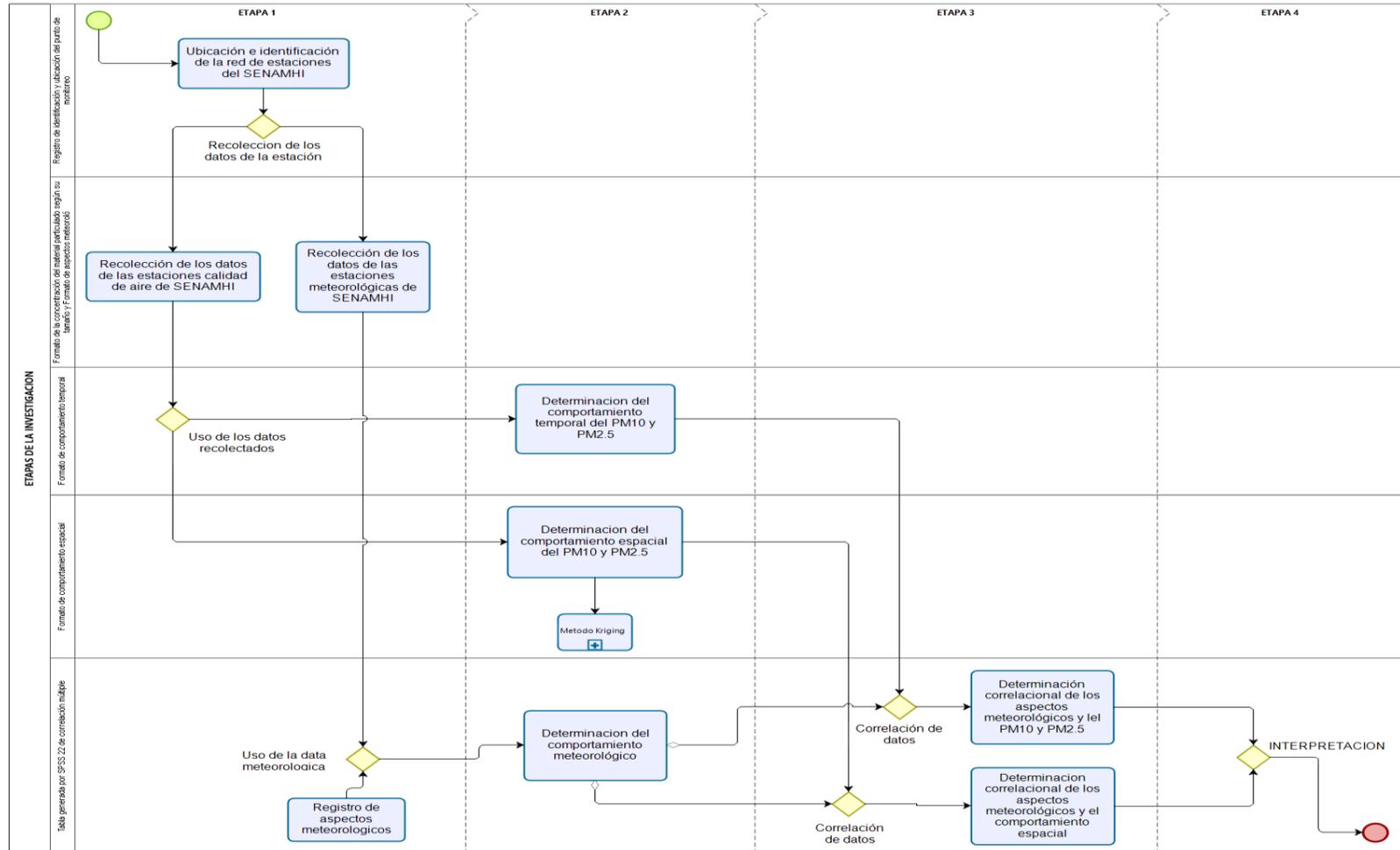


Fuente: Googlemaps

Registrado por

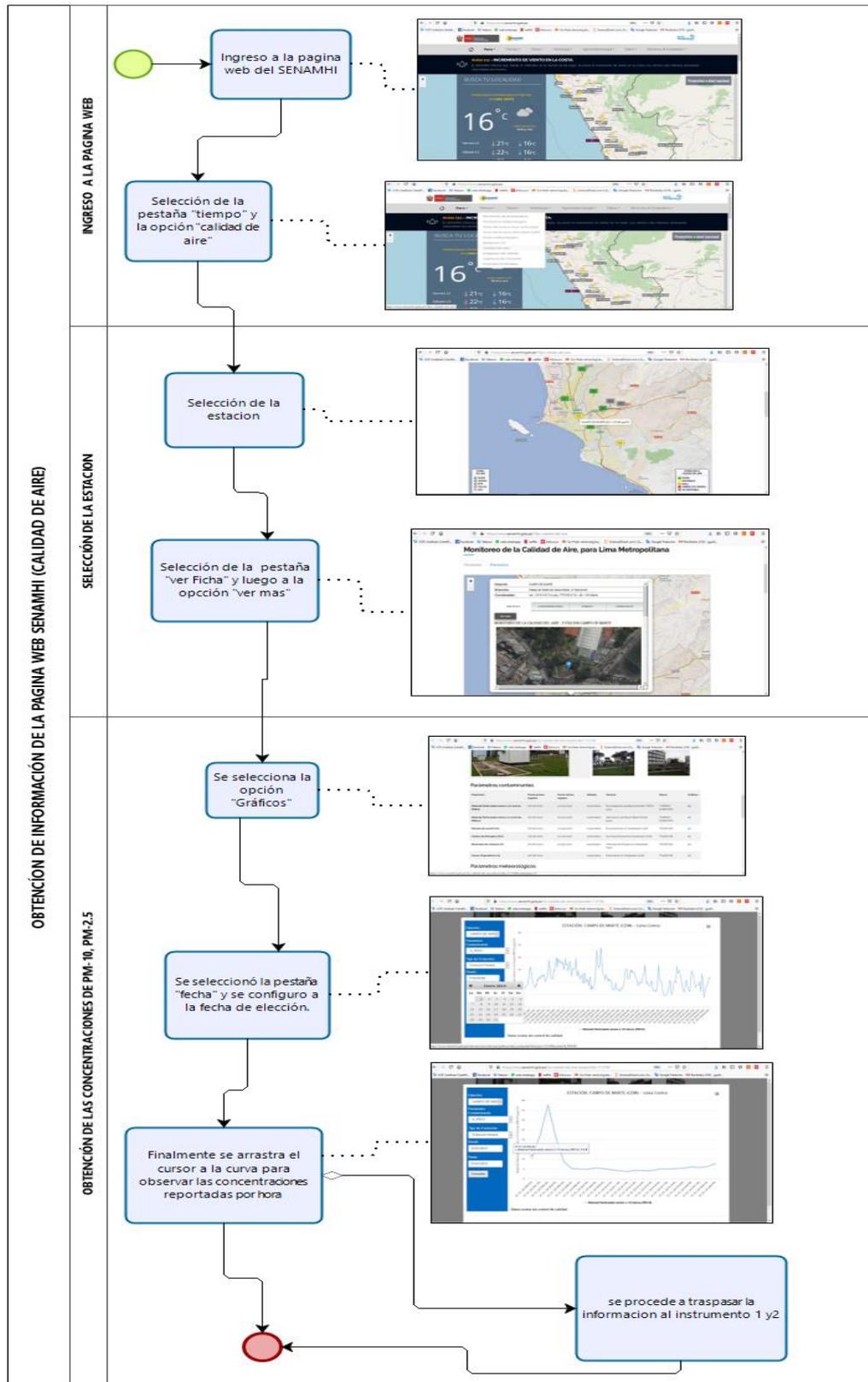
Fecha:

ANEXO 8. DIAGRAMA DE PROCESO DE LAS ESTAPAS DE INVESTIGACION



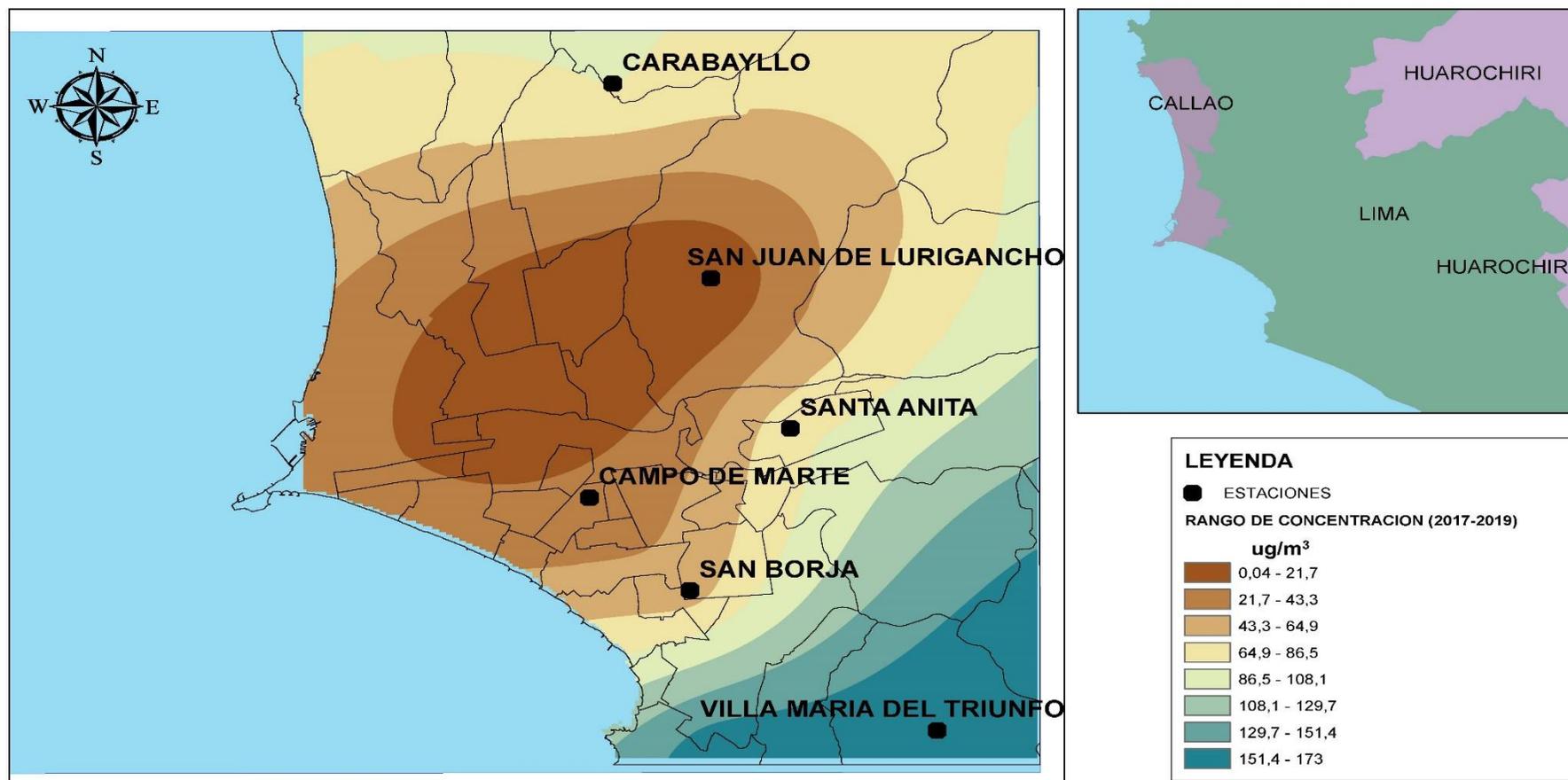
Fuente: Elaboración propia, 2020

ANEXO 9. DIAGRAMA DE RECOLECCIÓN DE LOS DATOS DIARIOS DE LAS ESTACIONES CALIDAD DE AIRE DE SENAMHI

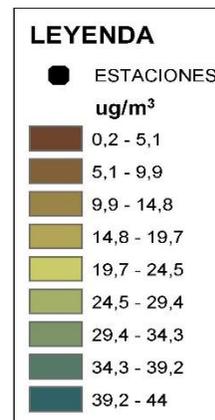
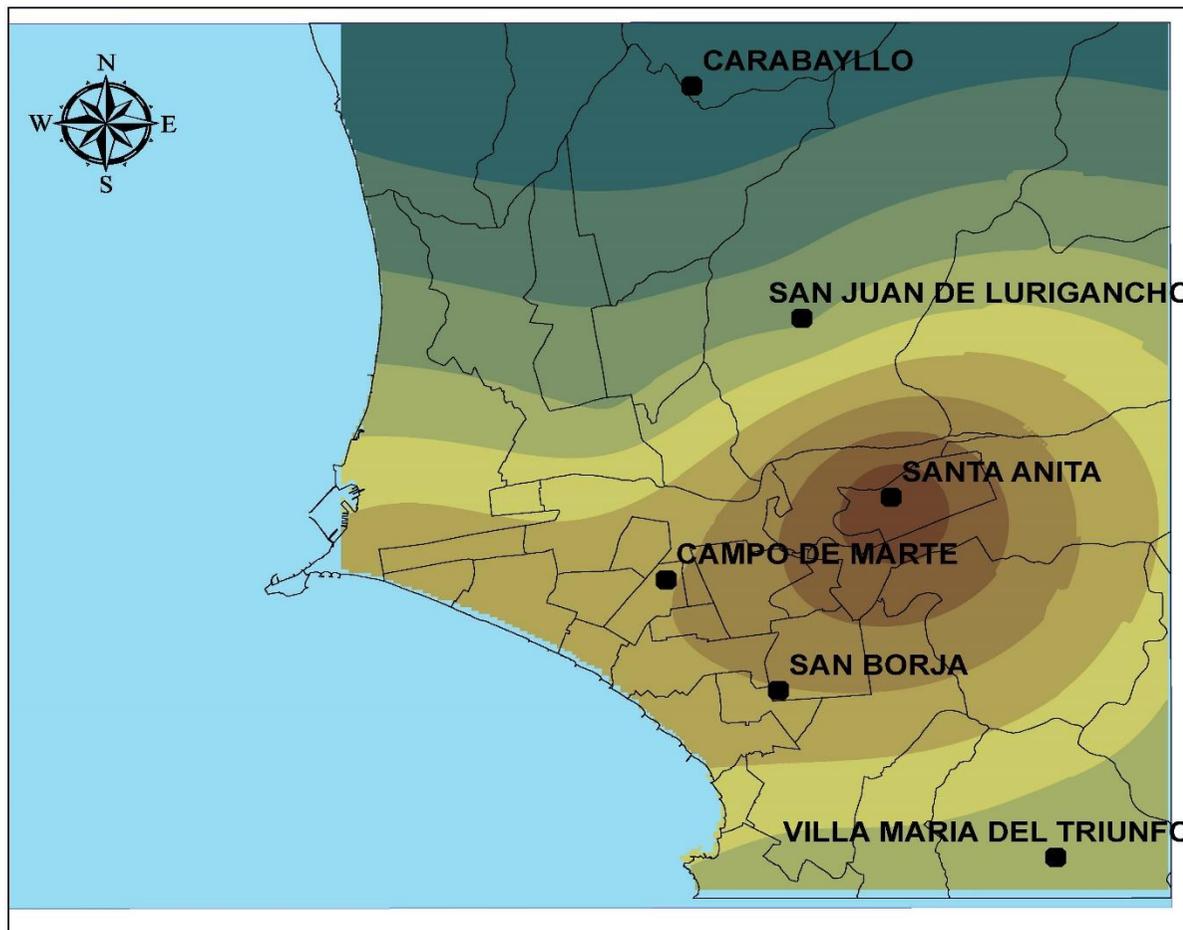


Nota. Fuente: Elaboracion propia, 2020

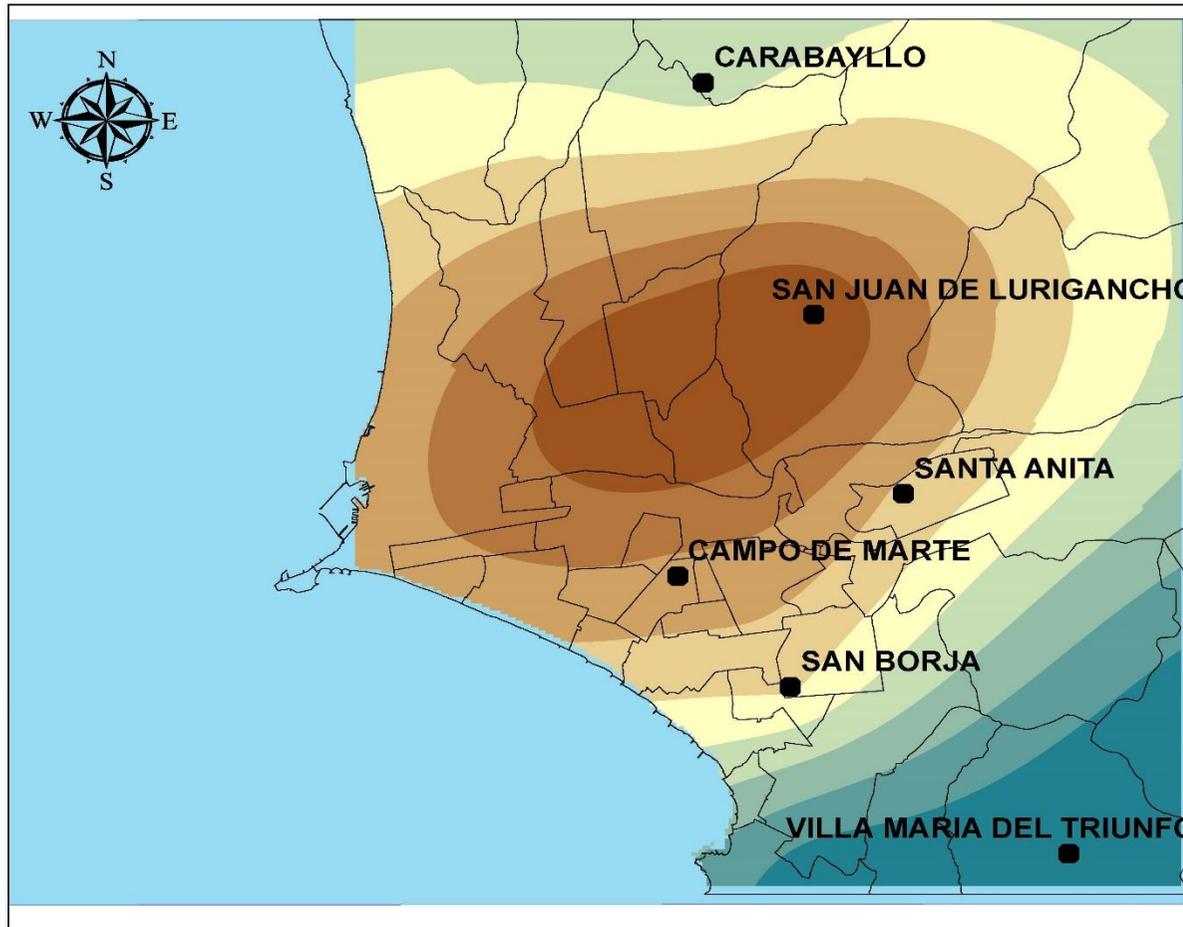
ANEXO 10. MAPAS TEMÁTICOS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL



 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020	UBICACIÓN PROVINCIA : Lima metropolitana REGION : Lima	AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ	MAPA TEMÁTICO: 1	SISTEMA DE COORDENADAS PROYECCION : UTM ZONA : 18 COORDENADAS : WGS-84	ESCALA: 1:150000 FECHA: 20/06/2020
	ANÁLISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM10 (2017-2019)					



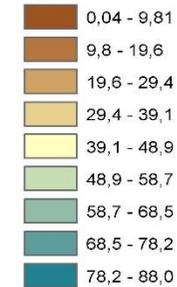
	TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020	UBICACIÓN		AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ	MAPA TEMÁTICO: 2	SISTEMA DE COORDENADAS		ESCALA: 1:150000
	ANÁLISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM2.5 (2017-2019)	PROVINCIA : Lima metropolitana	REGION : Lima			PROYECCION : UTM	ZONA : 18	FECHA: 20/06/2020



LEYENDA

● ESTACIONES

**RANGO CONCENTRACIONES PM10 (2020)
ug/m³**



 <p>UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</p>	<p>TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020</p>	<p>UBICACIÓN</p>		<p>AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ</p>	<p>MAPA TEMATICO: 3</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS</p>		<p>ESCALA: 1:150000</p>
	<p>ANALISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM10 (2020)</p>	<p>PROVINCIA : Lima metropolitana</p>	<p>REGION : Lima</p>	<p>PROYECCION : UTM</p> <p>ZONA : 18</p> <p>COORDENADAS : WGS-84</p>		<p>FECHA: 20/06/2020</p>		



LEYENDA

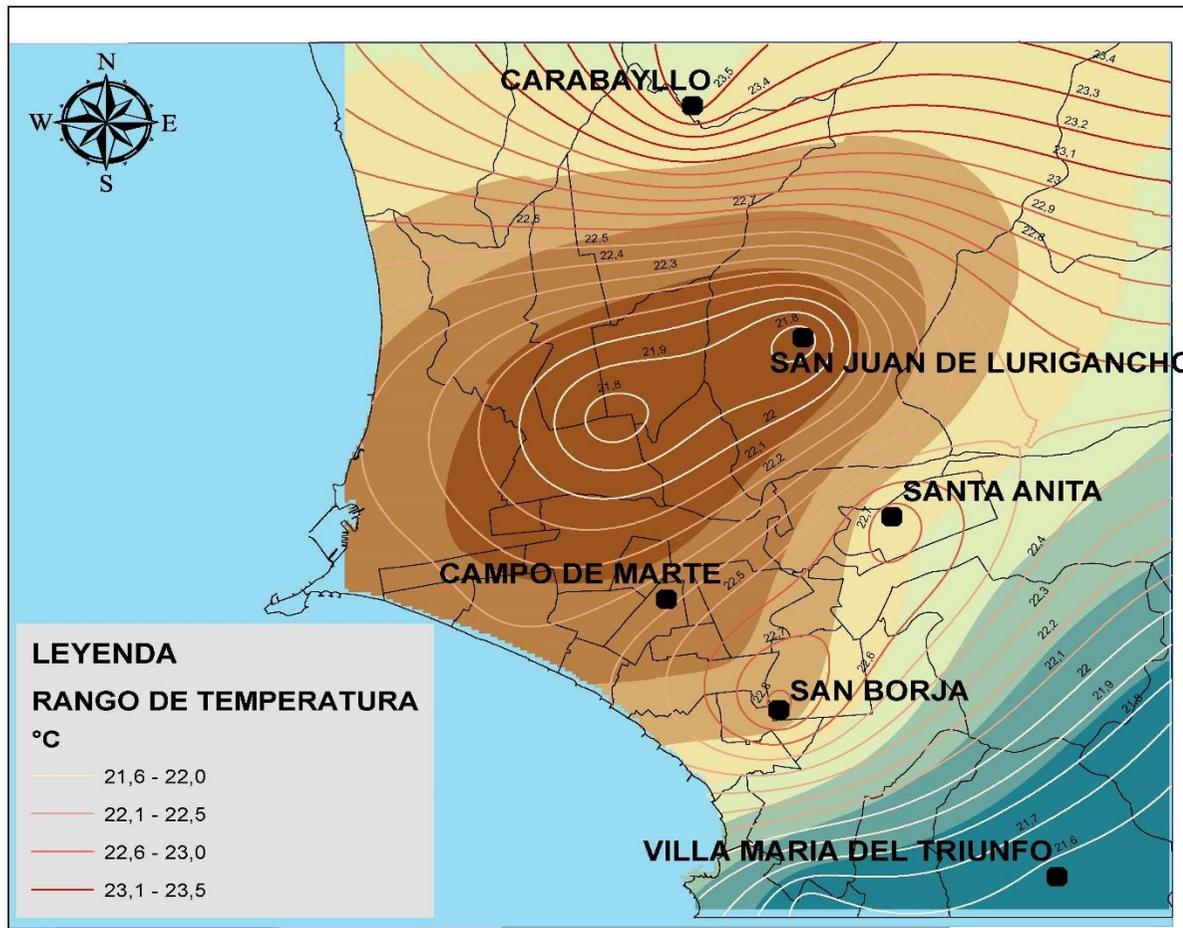
● ESTACIONES

RANGO CONCENTRACIONES PM2.5 (2020)

ug/m³

- 0,1 - 2,7
- 2,7 - 5,4
- 5,4 - 8,1
- 8,0 - 10,7
- 10,7 - 13,3
- 13,3 - 15,9
- 15,9 - 18,6
- 18,6 - 21,2
- 21,2 - 23,9

 <p>UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</p>	<p>TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020</p>	<p>UBICACIÓN</p>		<p>AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ</p>	<p>MAPA TEMATICO:</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">4</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS</p>		<p>ESCALA: 1:150000</p>
	<p>ANALISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM2.5 (2020)</p>	<p>PROVINCIA : Lima metropolitana</p>	<p>REGION : Lima</p>	<p>PROYECCION : UTM</p> <p>ZONA : 18</p> <p>COORDENADAS : WGS-84</p>		<p>FECHA: 20/06/2020</p>		



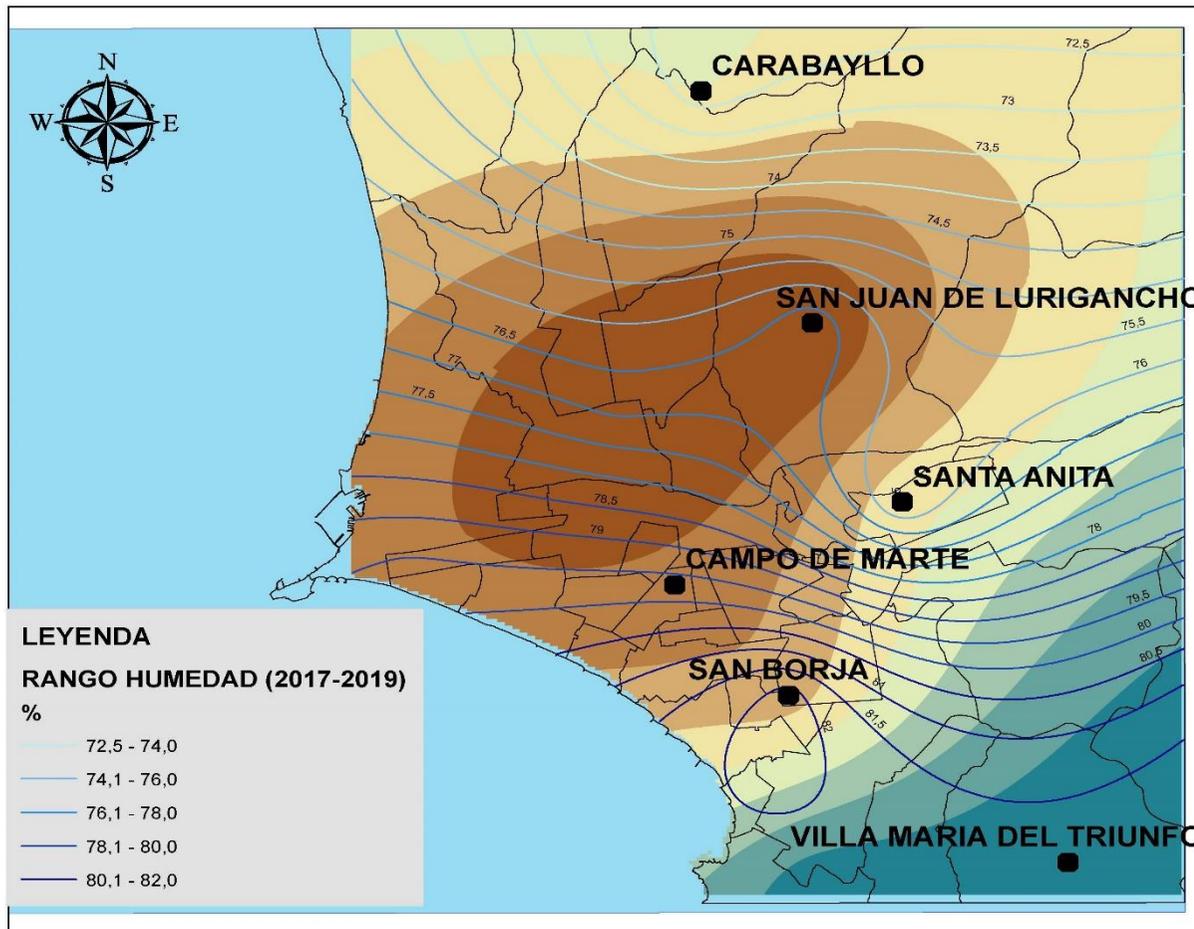
LEYENDA

● ESTACIONES

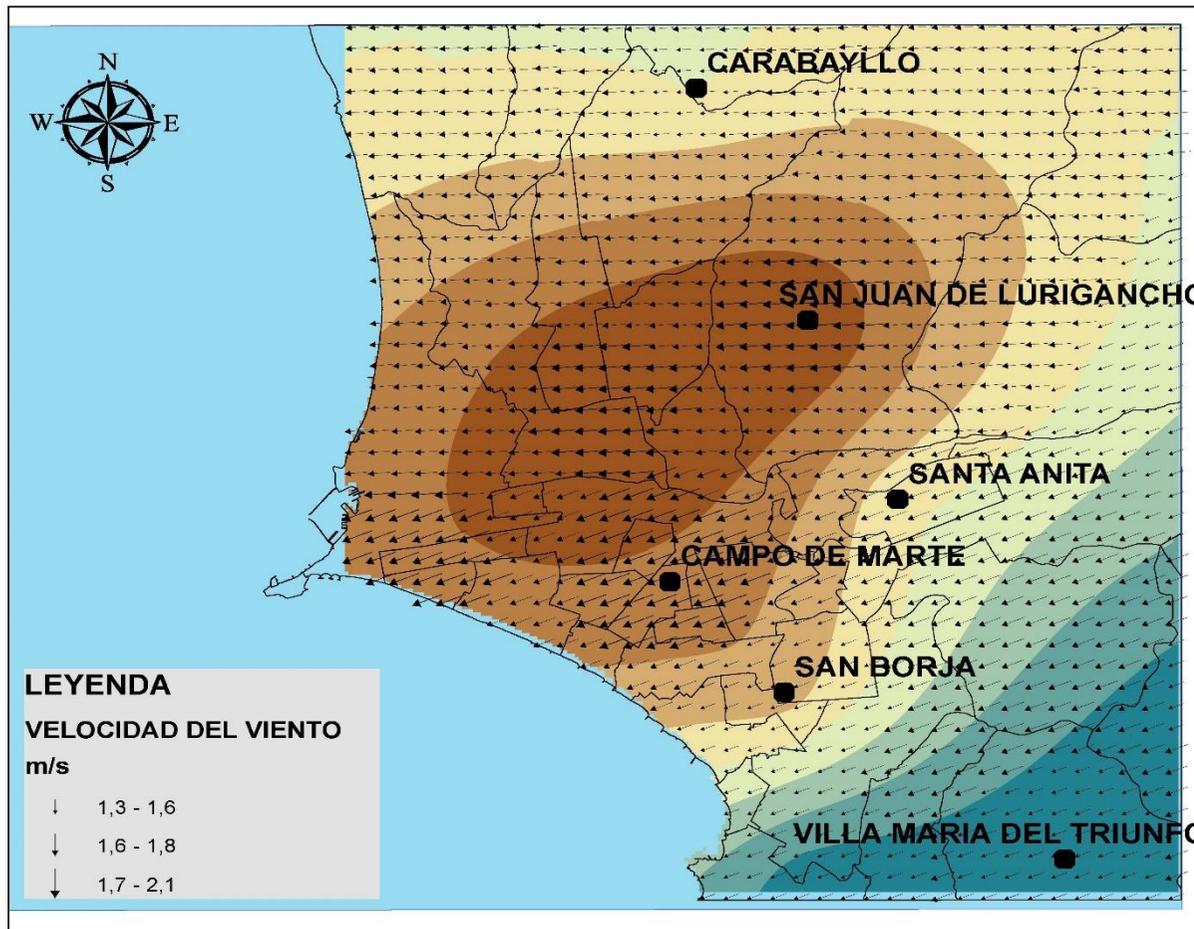
RANGO DE CONCENTRACION PM10 (2017-2019) ug/m³

- 0,04 - 21,7
- 21,7 - 43,3
- 43,3 - 64,9
- 64,9 - 86,5
- 86,5 - 108,1
- 108,1 - 129,7
- 129,7 - 151,4
- 151,4 - 173

 <p>UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</p>	<p>TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020</p>	<p>UBICACIÓN</p>		<p>AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANA VALDIVIEZO HERNÁNDEZ</p>	<p>MAPA TEMÁTICO: 5</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS</p>	<p>ESCALA: 1:150000</p>
	<p>ANÁLISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM10 (2017-2019) EN RELACION CON LA TEMPERATURA</p>	<p>PROVINCIA : Lima metropolitana</p>	<p>REGION : Lima</p>	<p>PROYECCION : UTM</p>		<p>ZONA : 18</p>	<p>FECHA: 20/06/2020</p>



 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana–2020	UBICACIÓN		AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ	MAPA TEMÁTICO: <div style="font-size: 2em; text-align: center;">6</div>	SISTEMA DE COORDENADAS		ESCALA: 1:150000
	ANÁLISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM10 (2017-2019) EN RELACION CON LA HUMEDAD	PROVINCIA : Lima metropolitana	REGION : Lima	PROYECCION : UTM		ZONA : 18	FECHA: 20/06/2020	COORDENADAS : WGS-84



LEYENDA

● ESTACIONES

RANGO DE CONCENTRACION PM10 (2017-2019)

ug/m³

- 0,04 - 21,7
- 21,7 - 43,3
- 43,3 - 64,9
- 64,9 - 86,5
- 86,5 - 108,1
- 108,1 - 129,7
- 129,7 - 151,4
- 151,4 - 173

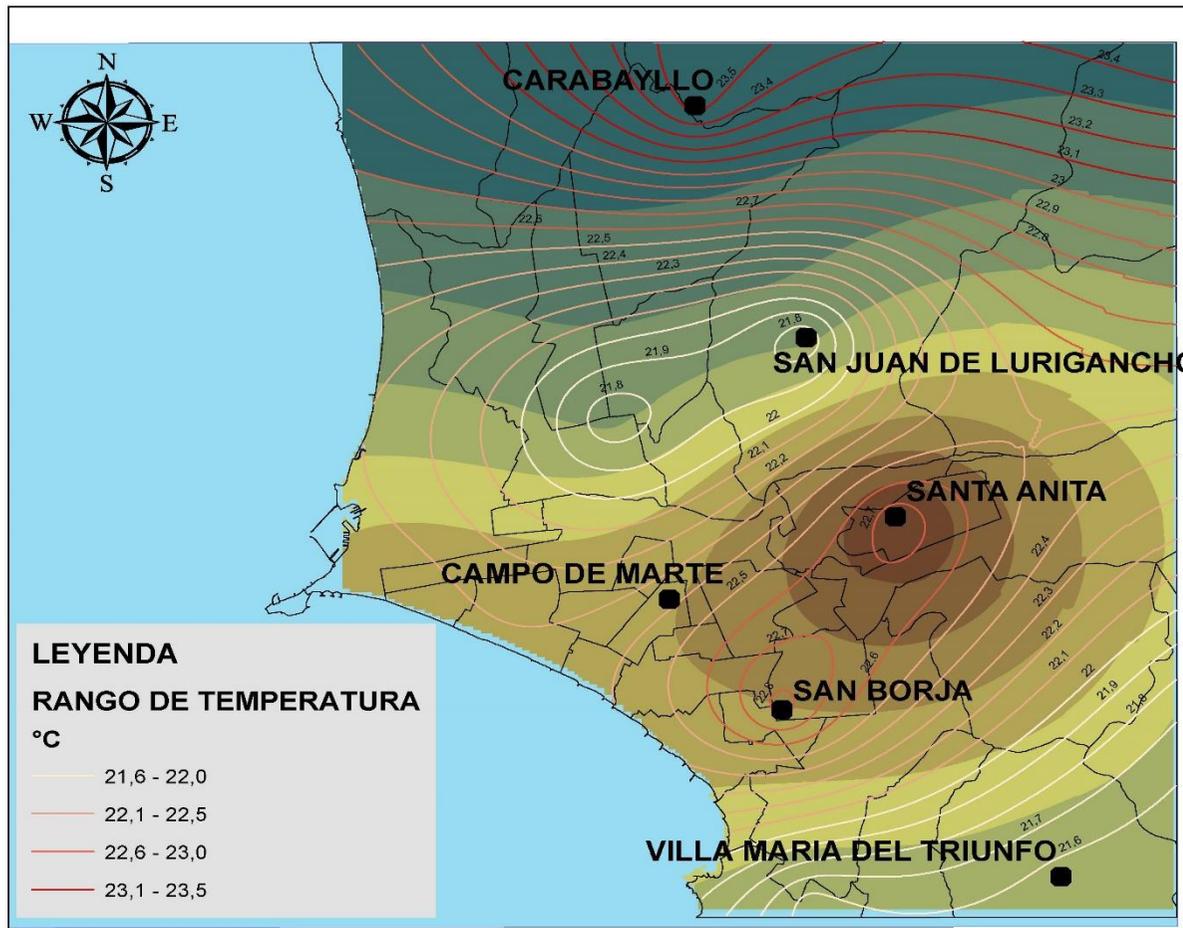
LEYENDA

VELOCIDAD DEL VIENTO

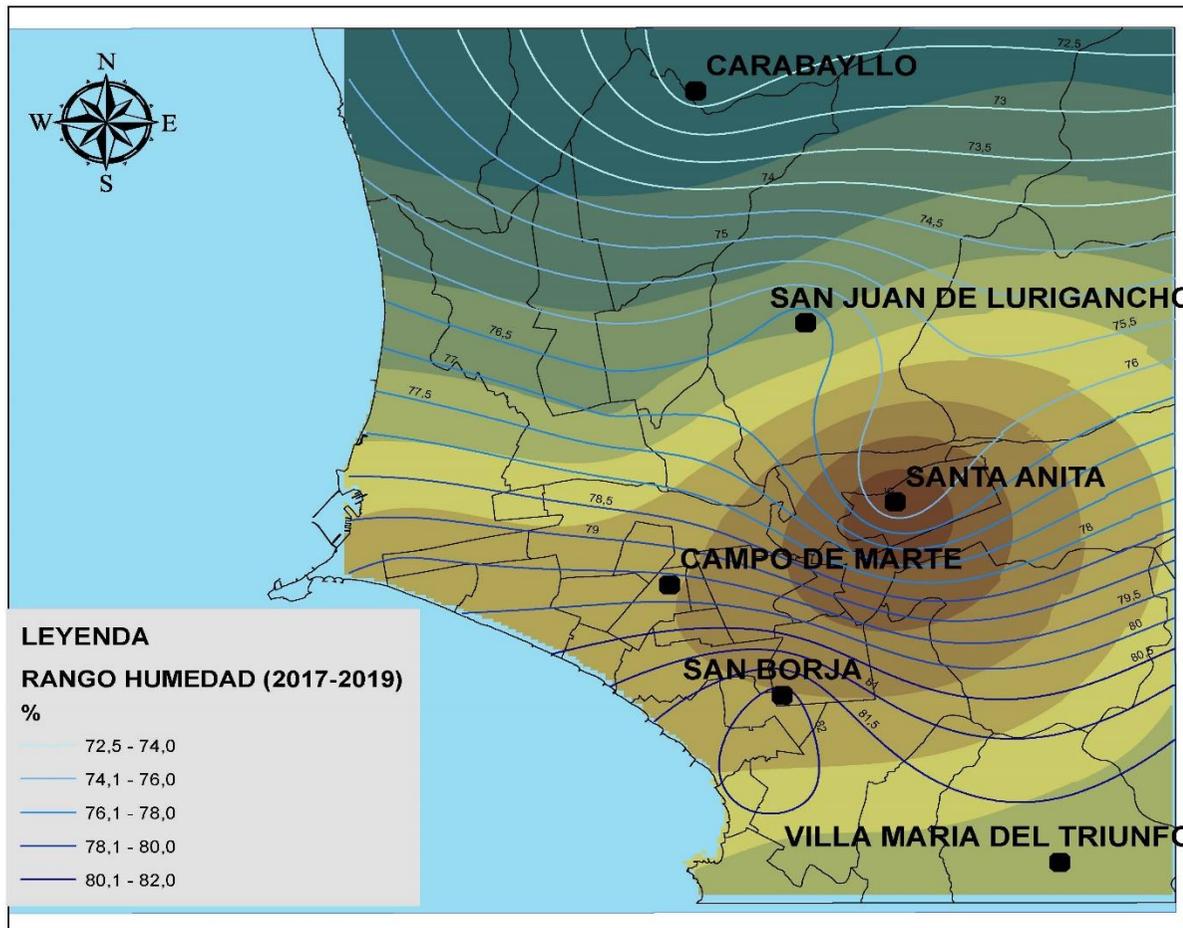
m/s

- ↓ 1,3 - 1,6
- ↓ 1,6 - 1,8
- ↓ 1,7 - 2,1

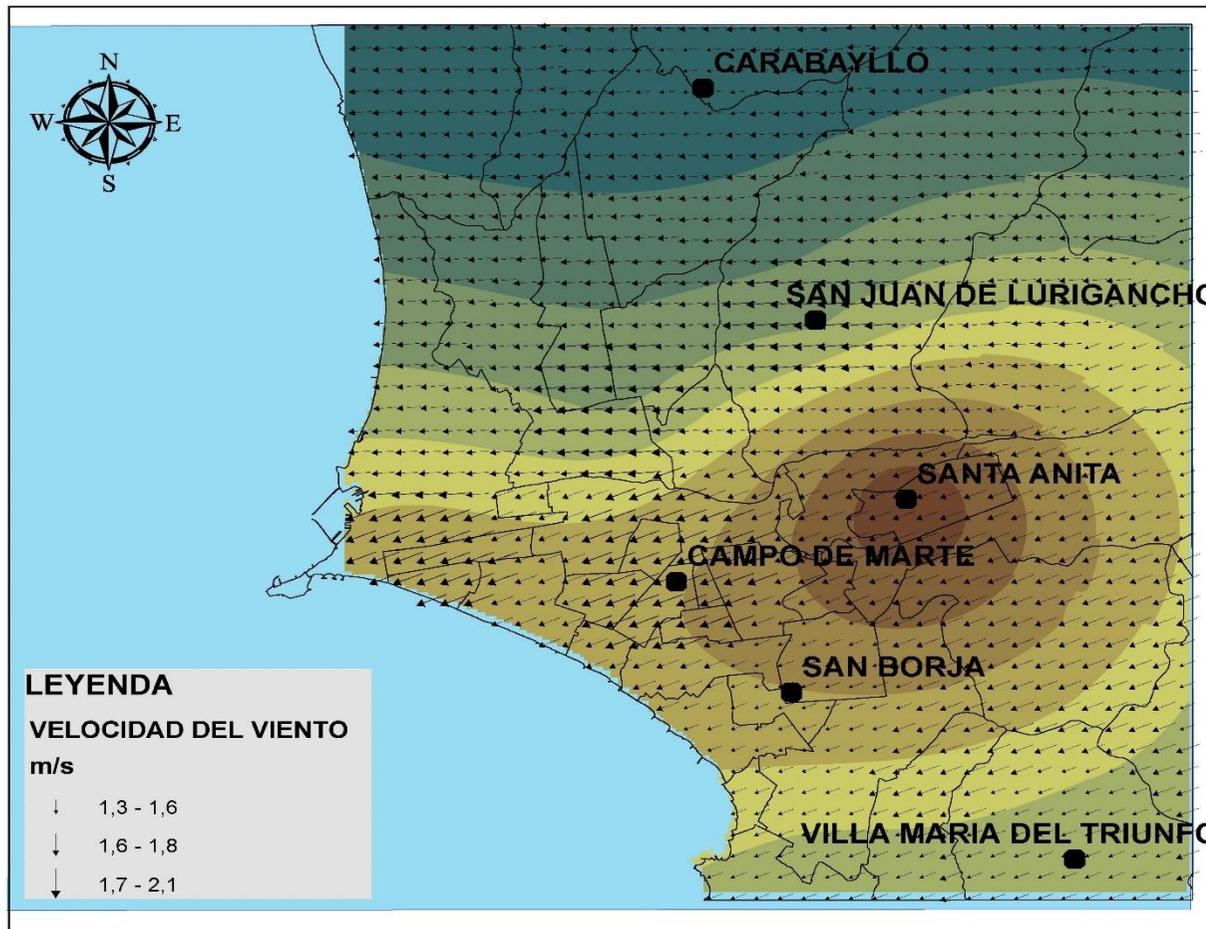
 <p>UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</p>	<p>TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020</p>	<p>UBICACIÓN</p>		<p>AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAÉ VALDIVIEZO HERNÁNDEZ</p>	<p>MAPA TEMÁTICO: 7</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS</p>	<p>ESCALA: 1:150000</p>
	<p>ANÁLISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM10 (2017-2019) EN RELACION CON LA VELOCIDAD DEL VIENTO</p>	<p>PROVINCIA : Lima metropolitana</p>	<p>REGION : Lima</p>	<p>PROYECCION : UTM</p>	<p>ZONA : 18</p>	<p>FECHA: 20/06/2020</p>	
				<p>COORDENADAS : WGS-84</p>			



 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020	UBICACIÓN		AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO	MAPA TEMATICO: 8	SISTEMA DE COORDENADAS		ESCALA: 1:150000	
	ANALISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM2.5 (2017-2019) EN RELACION CON LA TEMPERATURA	PROVINCIA : Lima metropolitana	REGION : Lima	DANA E VALDIVIEZO HERNÁNDEZ		PROYECCION : UTM	ZONA : 18	FECHA: 20/06/2020	
						COORDENADAS : WGS-84			



 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020	UBICACIÓN		AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ	MAPA TEMATICO: 9	SISTEMA DE COORDENADAS		ESCALA: 1:150000
	ANALISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM2.5 (2017-2019) EN RELACION CON LA HUMEDAD	PROVINCIA : Lima metropolitana	REGION : Lima	PROYECCION : UTM ZONA : 18 COORDENADAS : WGS-84		FECHA: 20/06/2020		



LEYENDA

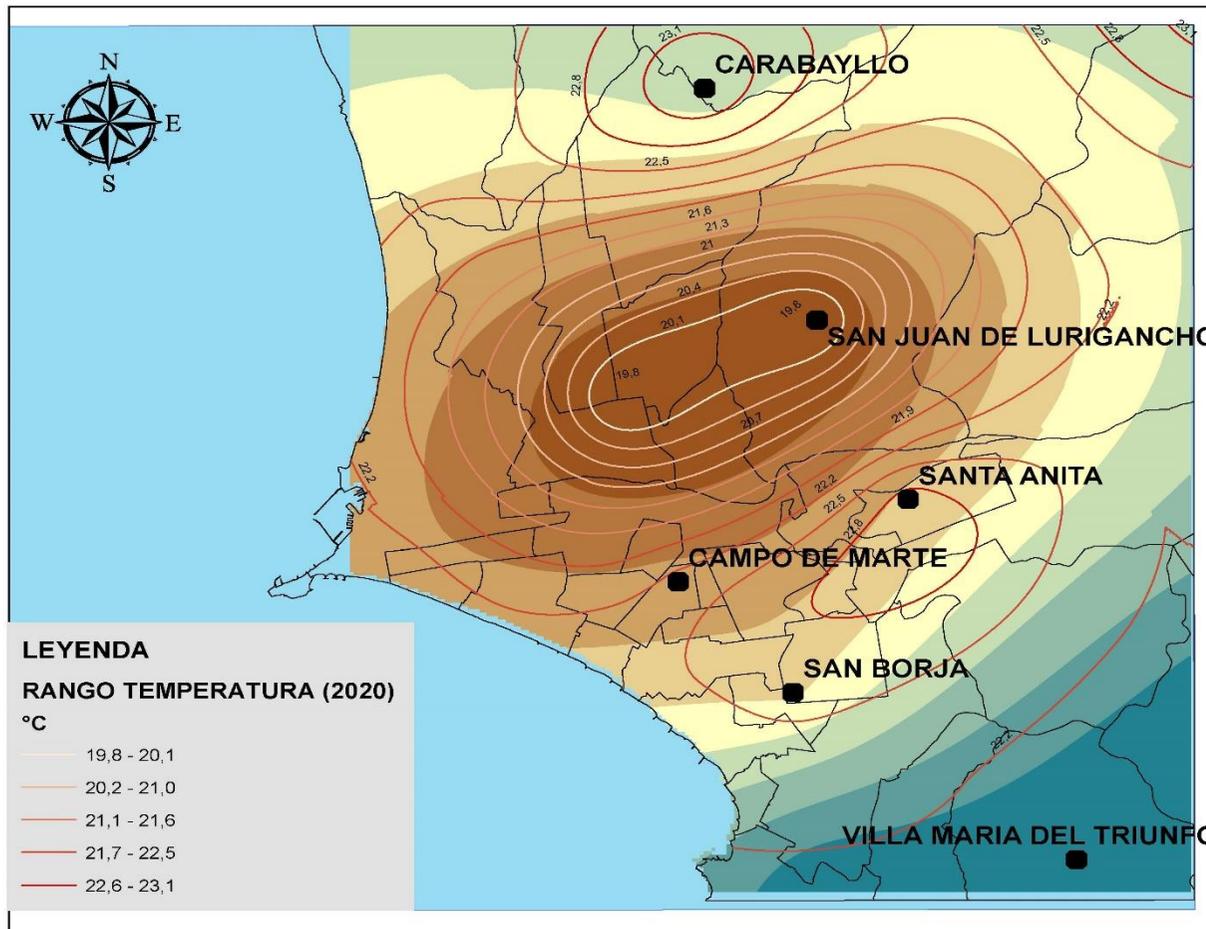
● ESTACIONES

RANGO DE CONCENTRACION PM2.5 (2017-2019)

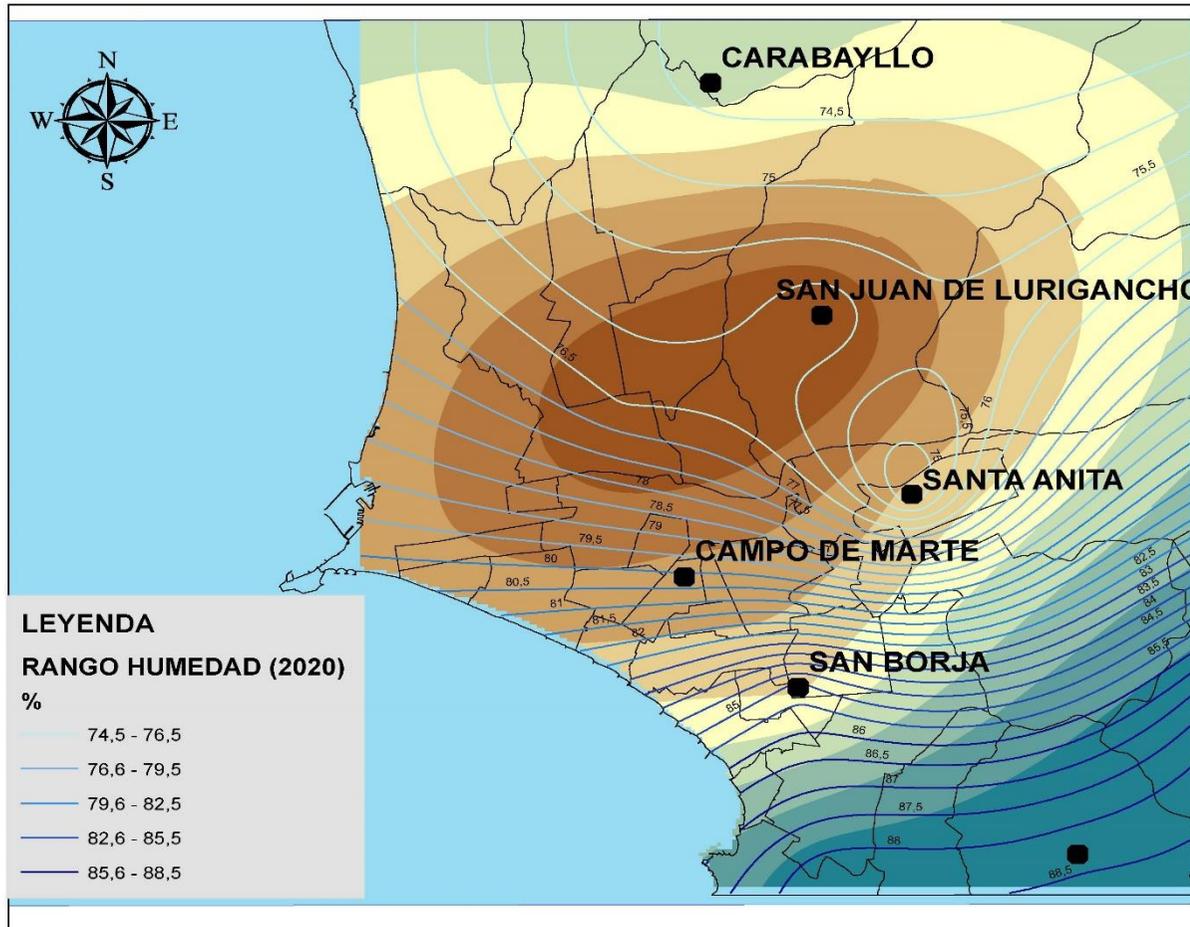
ug/m³

- 0,2 - 5,1
- 5,1 - 9,9
- 9,9 - 14,8
- 14,8 - 19,7
- 19,7 - 24,5
- 24,5 - 29,4
- 29,4 - 34,3
- 34,3 - 39,2
- 39,2 - 44

 <p>UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</p>	<p>TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020</p>	<p>UBICACIÓN</p>		<p>AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ</p>	<p>MAPA TEMÁTICO:</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">10</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS</p>	<p>ESCALA:</p>
	<p>ANÁLISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM2.5 (2017-2019) EN RELACION CON LA VELOCIDAD DEL VIENTO</p>	<p>PROVINCIA : Lima metropolitana</p> <p>REGION : Lima</p>	<p>PROYECCION : UTM</p> <p>ZONA : 18</p> <p>COORDENADAS : WGS-84</p>	<p>1:150000</p> <p>FECHA: 20/06/2020</p>			



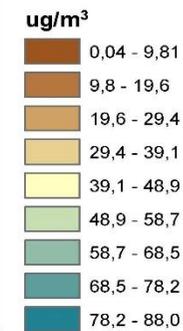
 <p>UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</p>	<p>TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020</p>	<p>UBICACIÓN</p>		<p>AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ</p>	<p>MAPA TEMATICO:</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">11</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS</p>		<p>ESCALA: 1:150000</p>
	<p>ANALISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM10 (2020) EN RELACION CON LA TEMPERATURA</p>	<p>PROVINCIA : Lima metropolitana</p>	<p>REGION : Lima</p>	<p>PROYECCION : UTM</p> <p>ZONA : 18</p> <p>COORDENADAS : WGS-84</p>		<p>FECHA: 20/06/2020</p>		



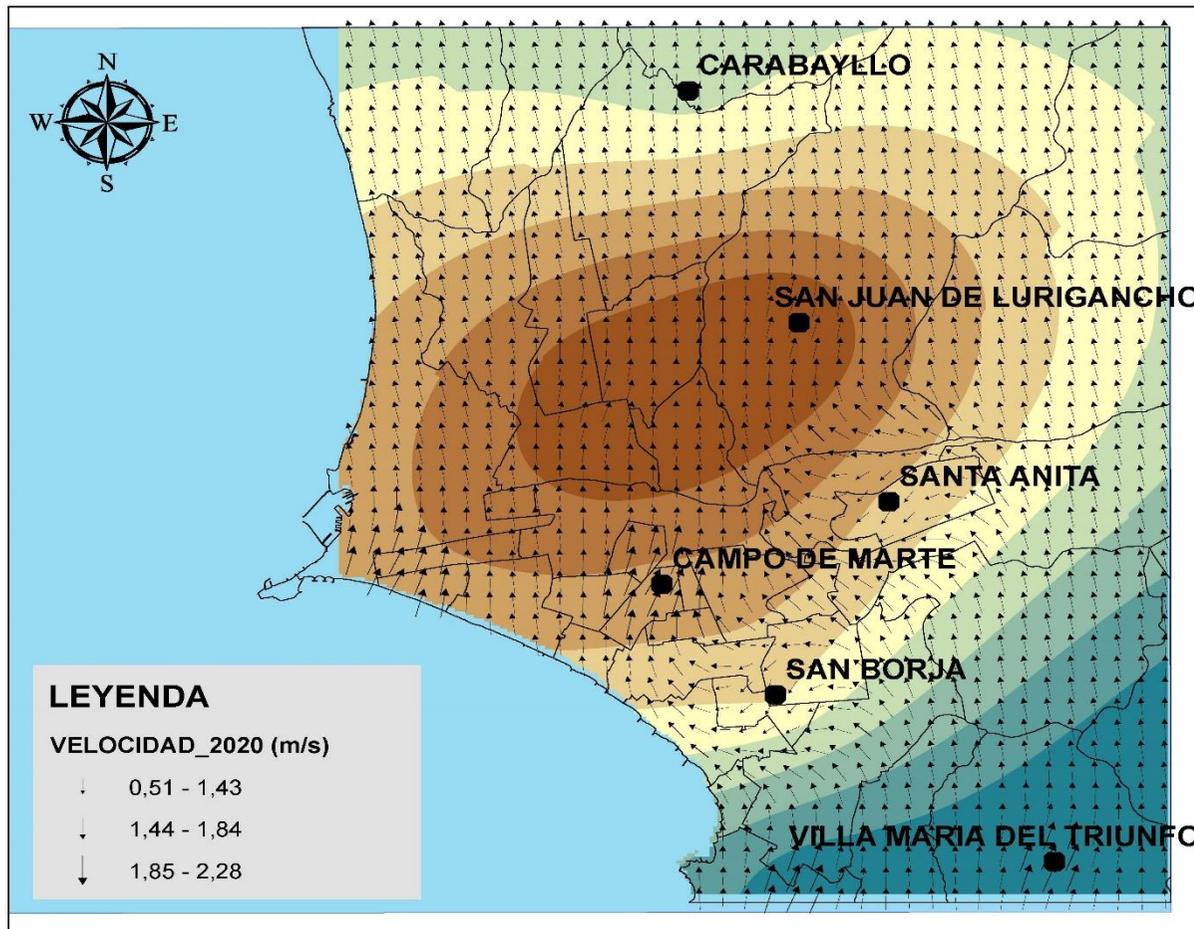
LEYENDA

● ESTACIONES

RANGO CONCENTRACIONES PM10 (2020)



 <p>UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</p>	<p>TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020</p>	<p>UBICACIÓN</p>		<p>AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ</p>	<p>MAPA TEMÁTICO:</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">12</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS</p>	<p>ESCALA:</p>
	<p>ANÁLISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM10 (2020) EN RELACION CON LA HUMEDAD</p>	<p>PROVINCIA : Lima metropolitana</p> <p>REGION : Lima</p>	<p>PROYECCION : UTM</p> <p>ZONA : 18</p> <p>COORDENADAS : WGS-84</p>	<p>FECHA: 20/06/2020</p>			



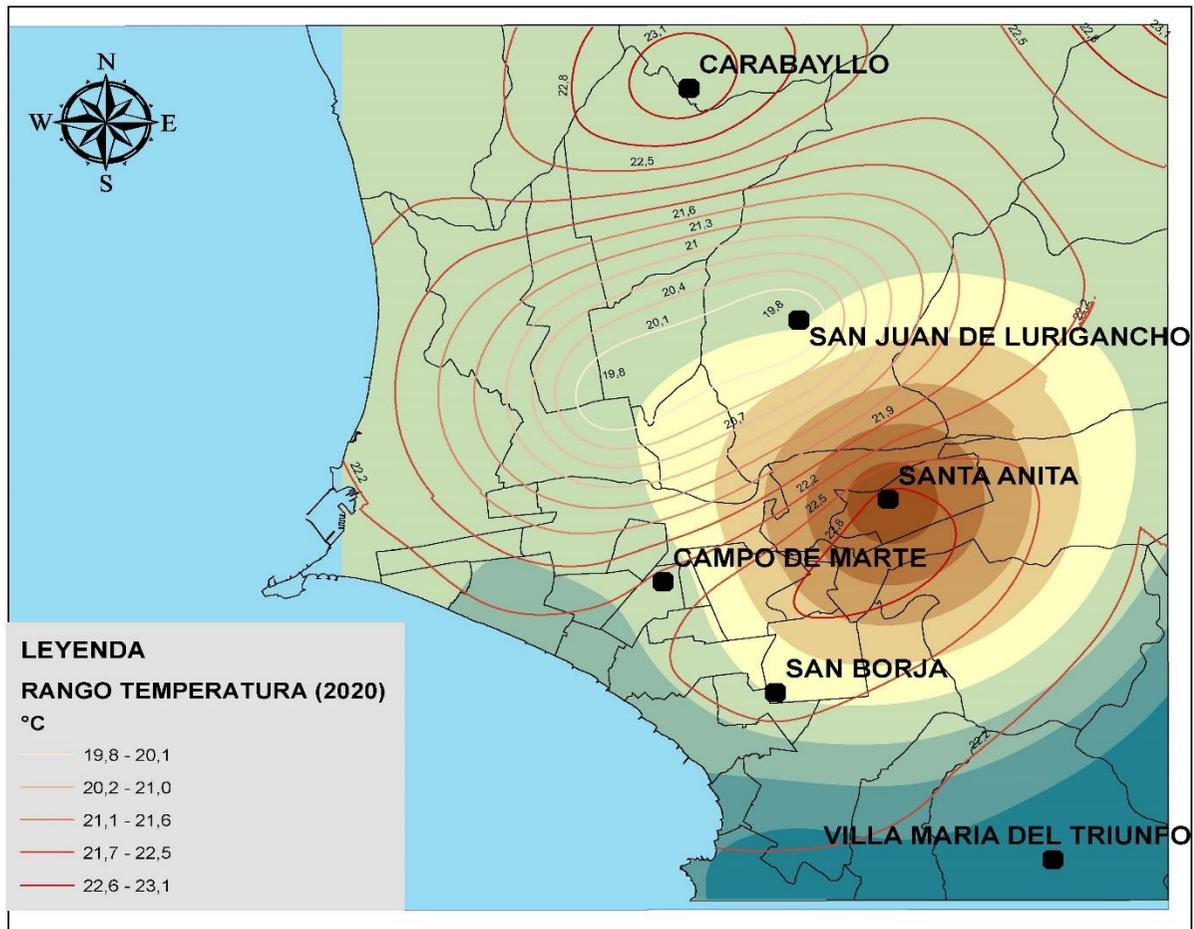
LEYENDA

● ESTACIONES

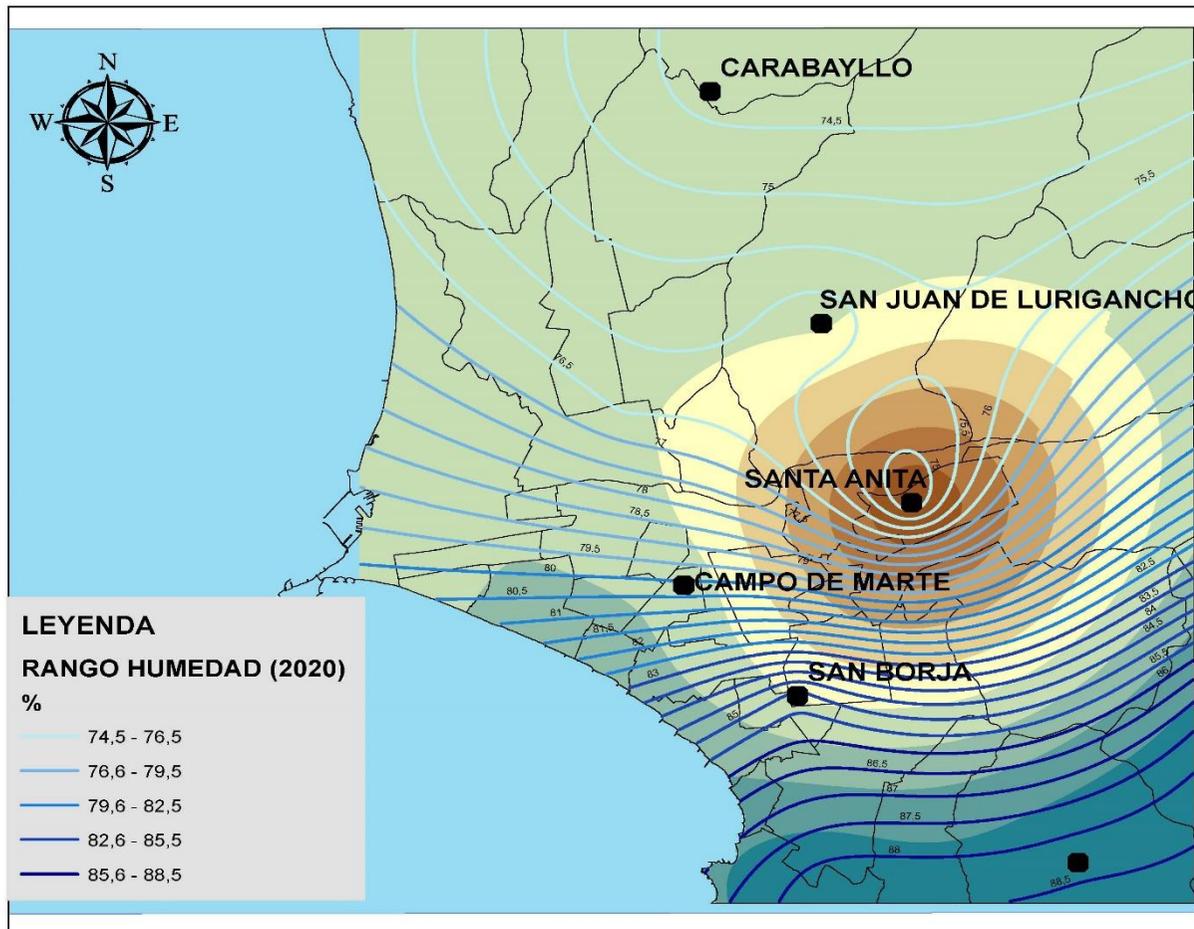
RANGO CONCENTRACIONES PM10 (2020)
ug/m³

- 0,04 - 9,81
- 9,8 - 19,6
- 19,6 - 29,4
- 29,4 - 39,1
- 39,1 - 48,9
- 48,9 - 58,7
- 58,7 - 68,5
- 68,5 - 78,2
- 78,2 - 88,0

 <p>UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</p>	<p>TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020</p>	<p>UBICACIÓN</p>		<p>AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ</p>	<p>MAPA TEMÁTICO:</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">13</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS</p>	<p>ESCALA:</p>
	<p>ANÁLISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM10 (2020) EN RELACION CON LA VELOCIDAD DEL VIENTO</p>	<p>PROVINCIA : Lima metropolitana</p>	<p>REGION : Lima</p>	<p>PROYECCION : UTM</p> <p>ZONA : 18</p> <p>COORDENADAS : WGS-84</p>		<p>1:150000</p> <p>FECHA:</p> <p>20/06/2020</p>	



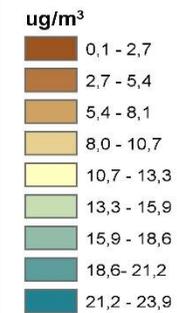
	TESIS:	UBICACIÓN		AUTORES:	MAPA TEMATICO:	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA:
	Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020	PROVINCIA	: Lima metropolitana	JORGE GUILLERMO JARAMILLO	14	PROYECCION	: UTM 1:150000
	ANALISIS:	REGION	: Lima	DANAE VALDIVIEZO		ZONA	: 18 FECHA:
	COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM2.5 (2020) EN RELACION CON LA TEMPERATURA			HERNÁNDEZ		COORDENADAS	: WGS-84 20/06/2020



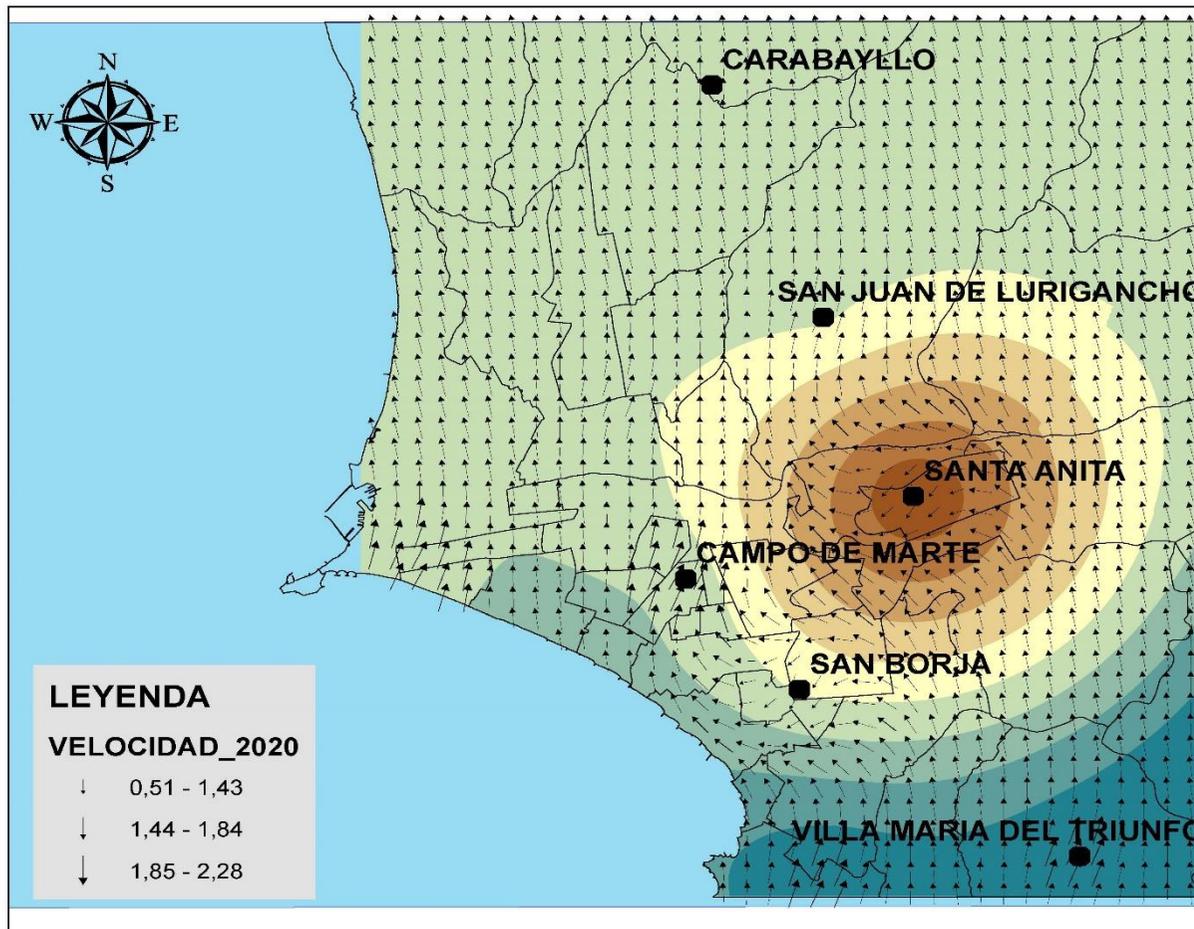
LEYENDA

● ESTACIONES

RANGO CONCENTRACIONES PM2.5 (2020)



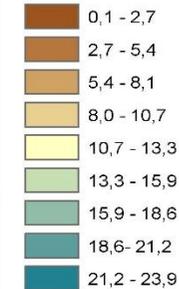
	<p>TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020</p>	<p>UBICACIÓN</p>		<p>AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ</p>	<p>MAPA TEMATICO:</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">15</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS</p>		<p>ESCALA: 1:150000</p>
	<p>ANALISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM2.5 (2020) EN RELACION CON LA HUMEDAD</p>	<p>PROVINCIA : Lima metropolitana</p>	<p>REGION : Lima</p>	<p>PROYECCION : UTM</p> <p>ZONA : 18</p> <p>COORDENADAS : WGS-84</p>		<p>FECHA: 20/06/2020</p>		



LEYENDA

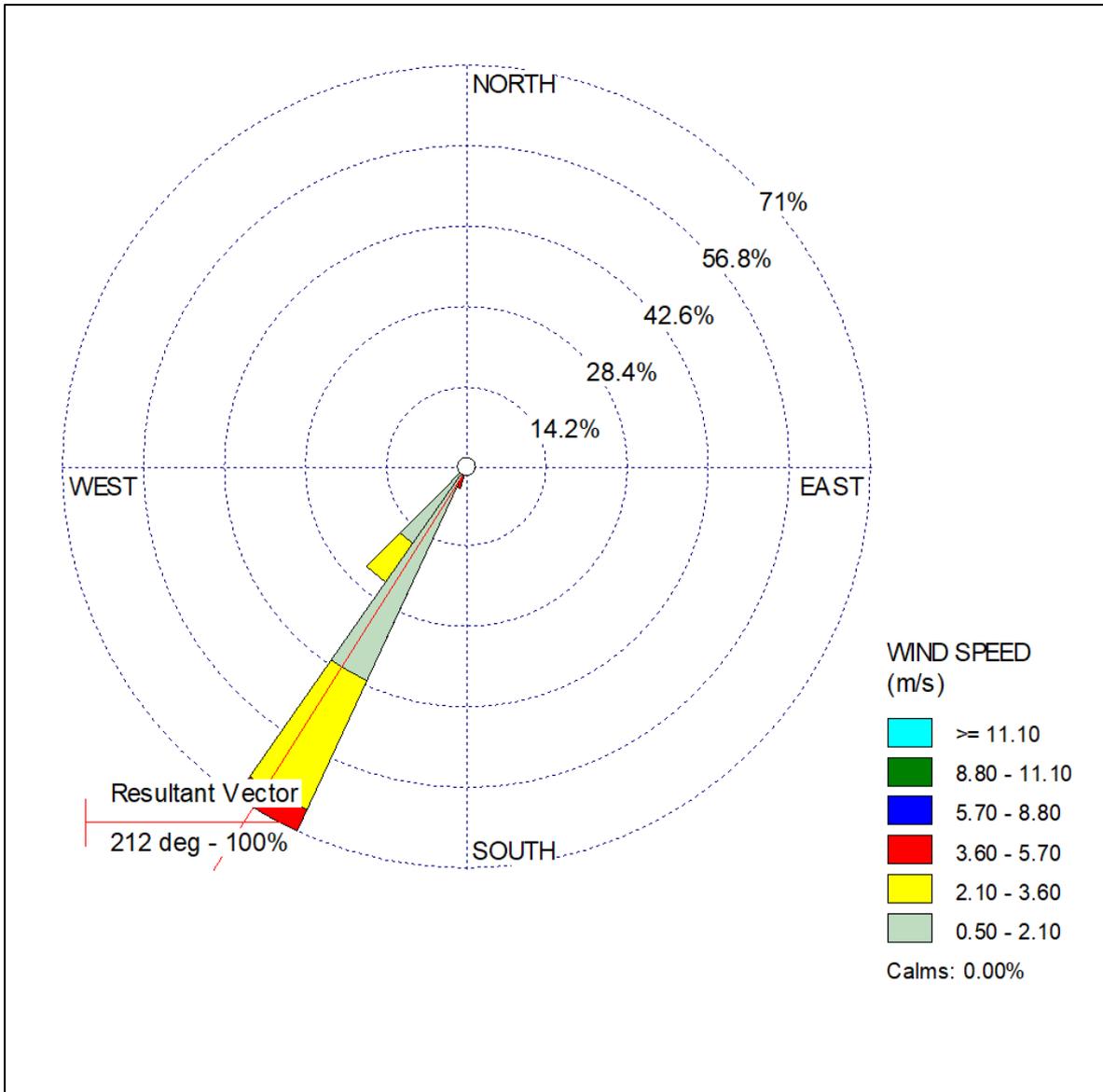
● ESTACIONES

RANGO CONCENTRACIONES PM2.5 (2020)
ug/m³

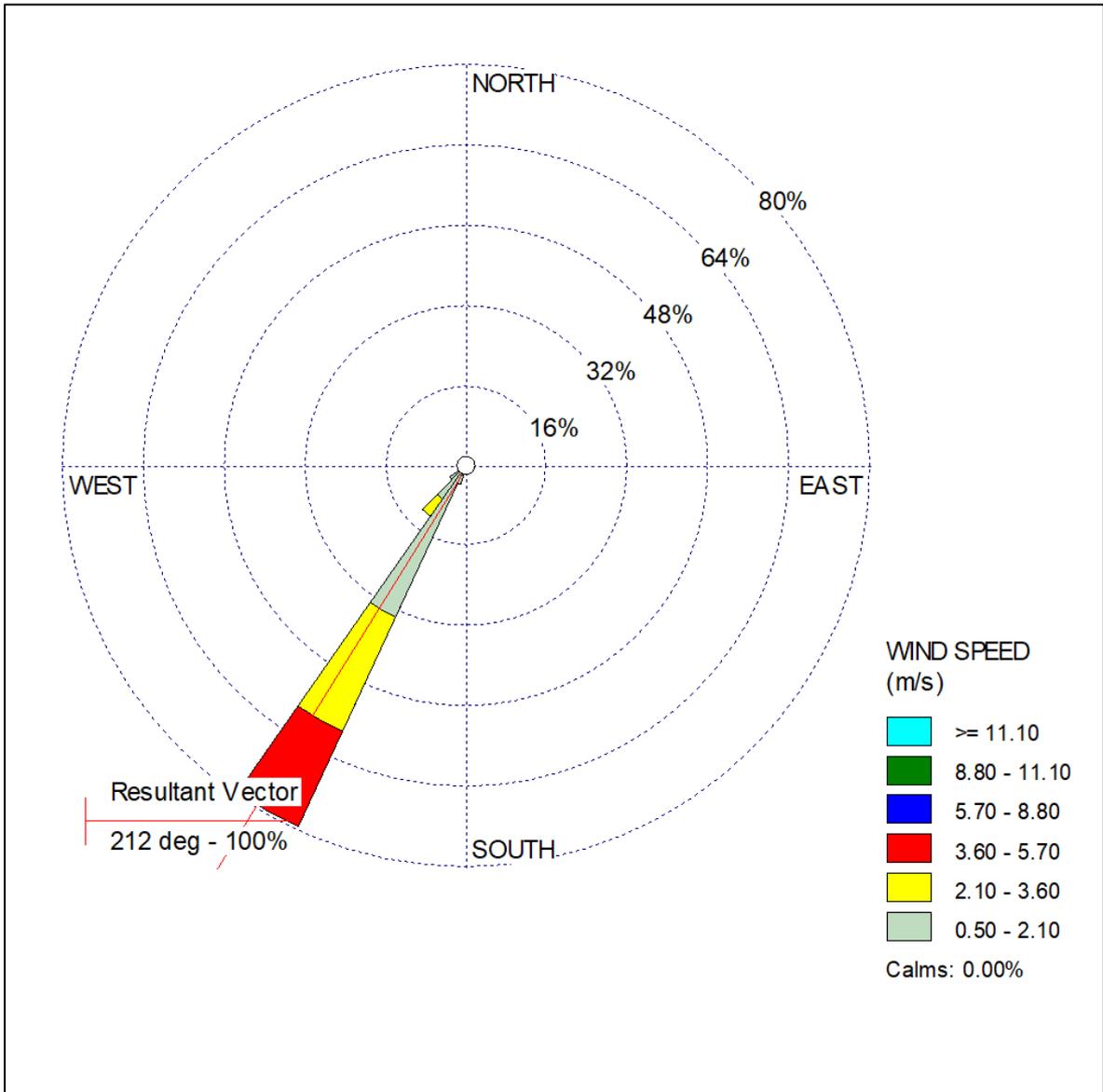


 <p>UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</p>	<p>TESIS: Comportamiento del material particulado en relación a las variables meteorológicas en el contexto del coronavirus 2 (COVID-19) Lima metropolitana-2020</p>	<p>UBICACIÓN</p>		<p>AUTORES: JORGE GUILLERMO JARAMILLO DANAE VALDIVIEZO HERNÁNDEZ</p>	<p>MAPA TEMÁTICO:</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">16</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS</p>		<p>ESCALA: 1:150000</p>
	<p>ANÁLISIS: COMPORTAMIENTO ESPACIAL - PM2.5 (2020) EN RELACION CON LA VELOCIDAD DEL VIENTO</p>	<p>PROVINCIA : Lima metropolitana</p>	<p>REGION : Lima</p>	<p>PROYECCION : UTM</p> <p>ZONA : 18</p> <p>COORDENADAS : WGS-84</p>		<p>FECHA: 20/06/2020</p>		

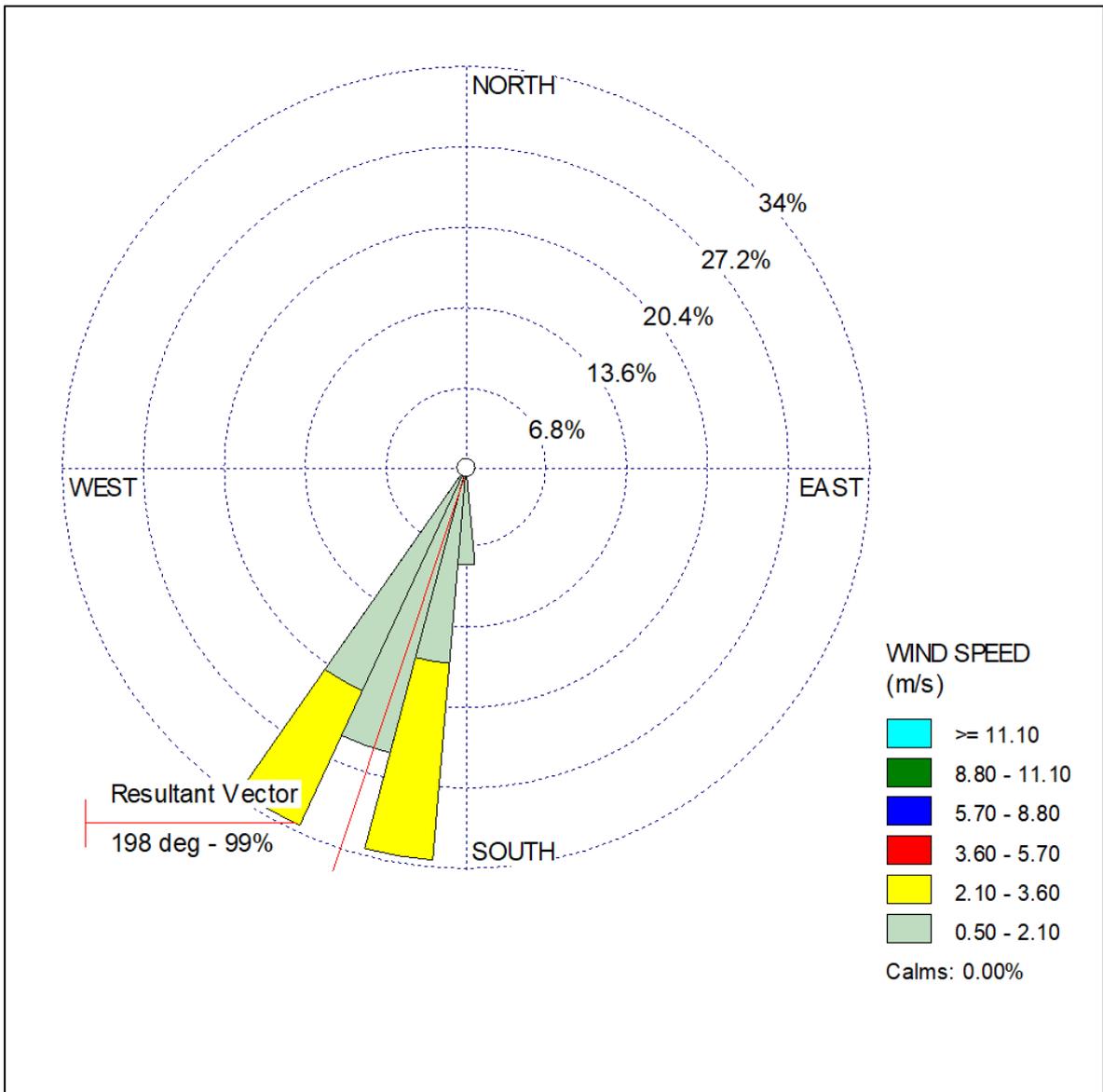
ANEXO 11. ROSAS DE VIENTO DE LA RED DE ESTACIONES



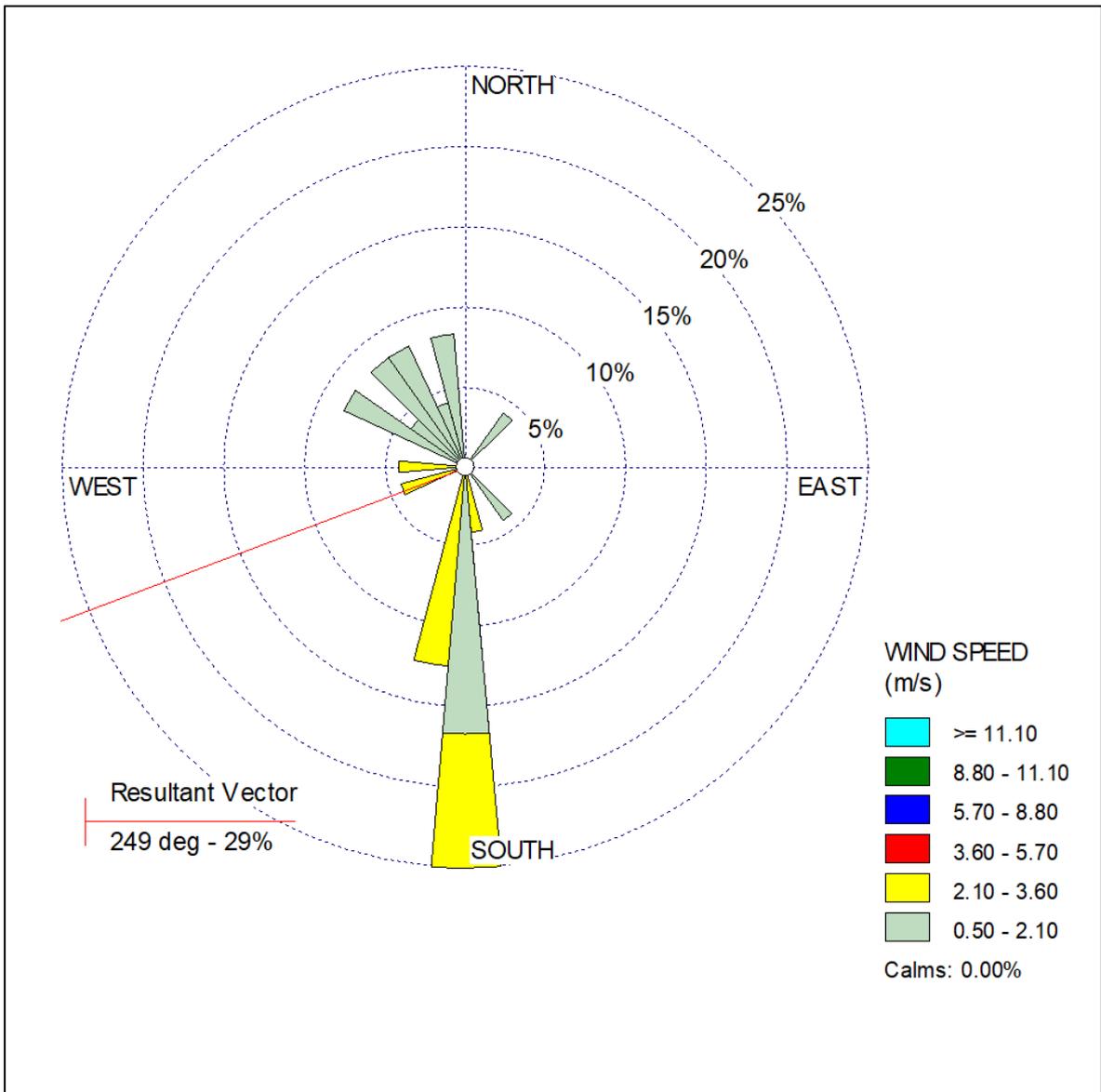
Estación: Campo de Marte (2017-2019)



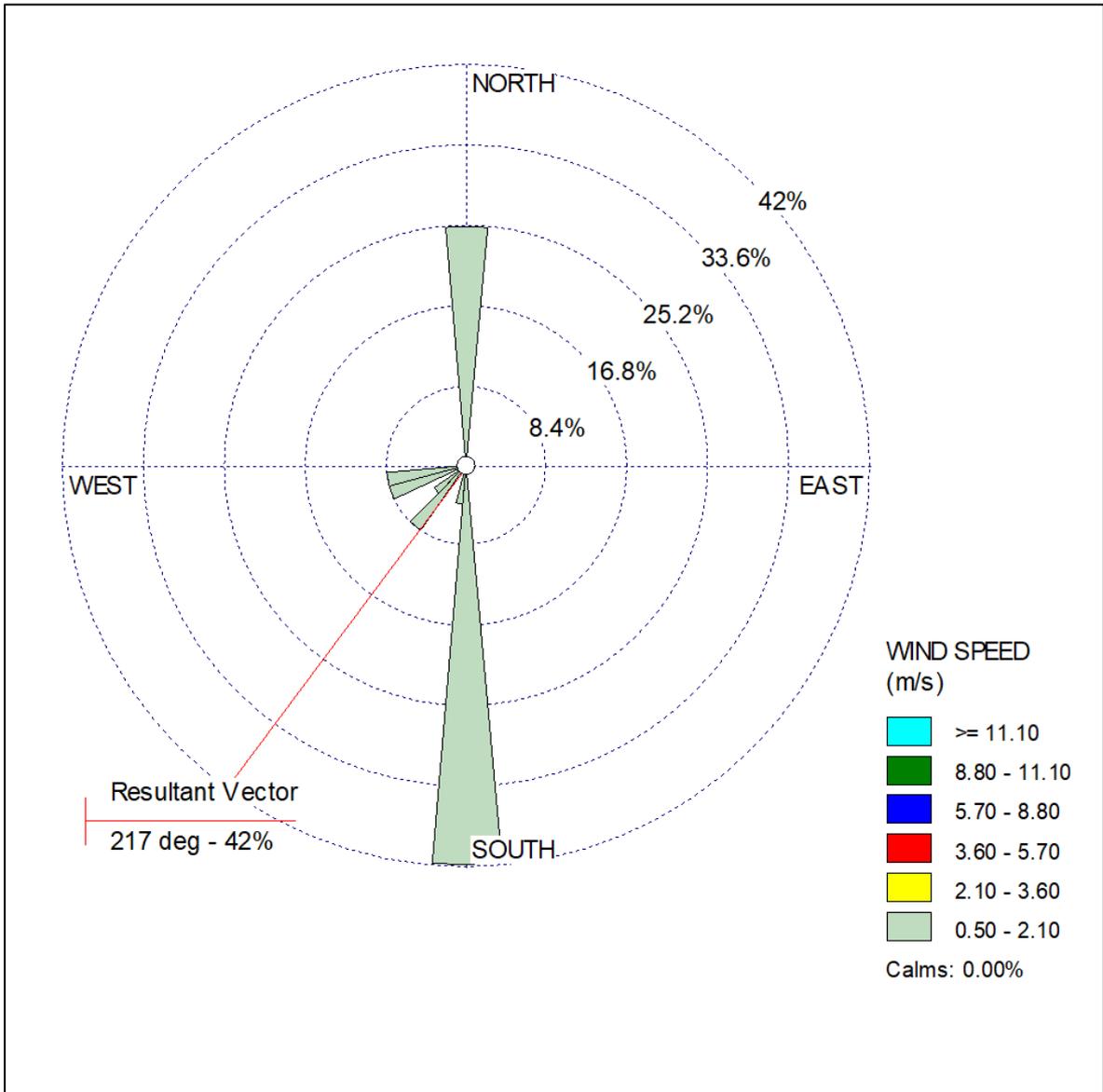
Estación: Campo de Marte (2020)



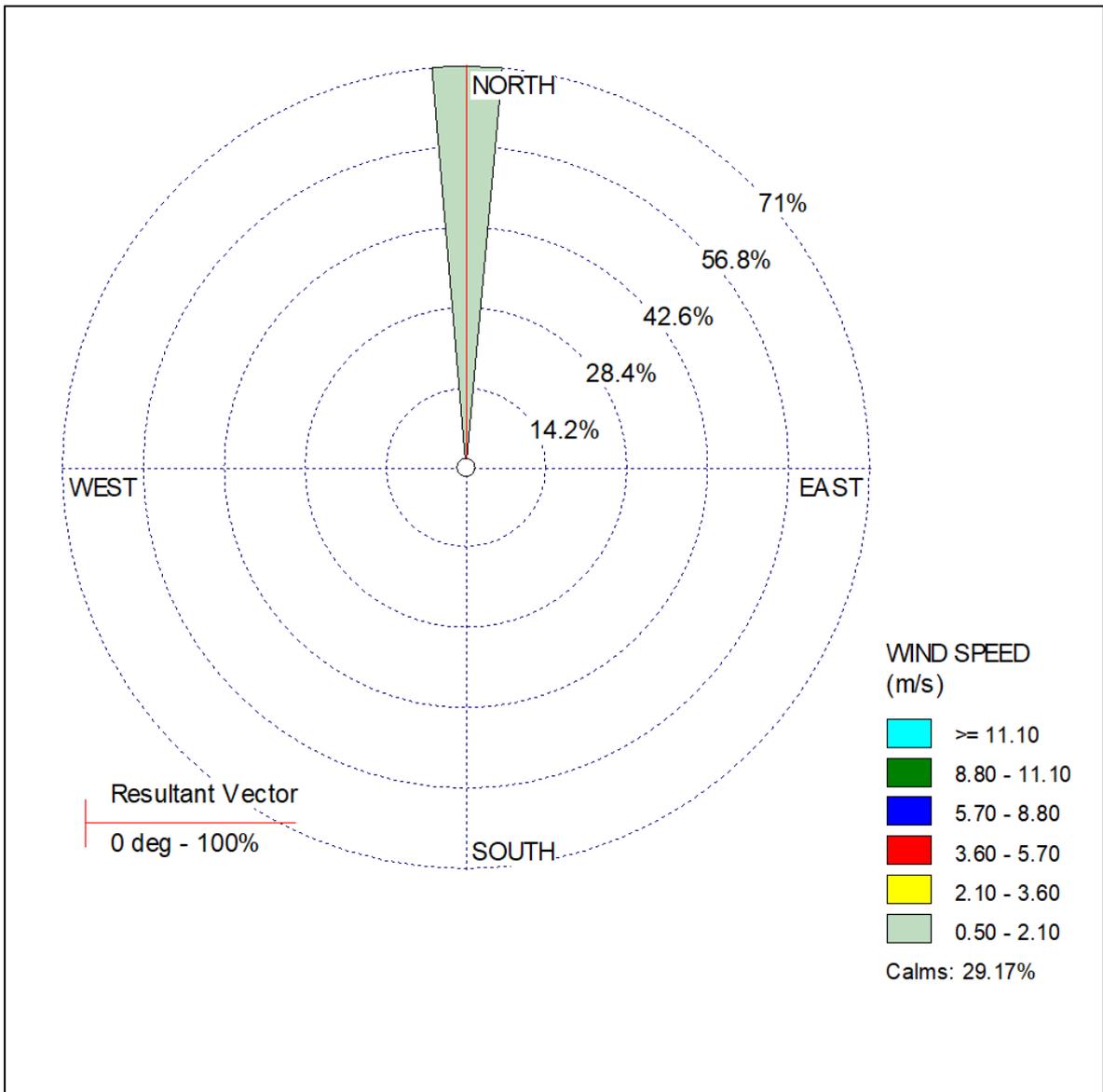
Estación: Carabayllo (2017-2019)



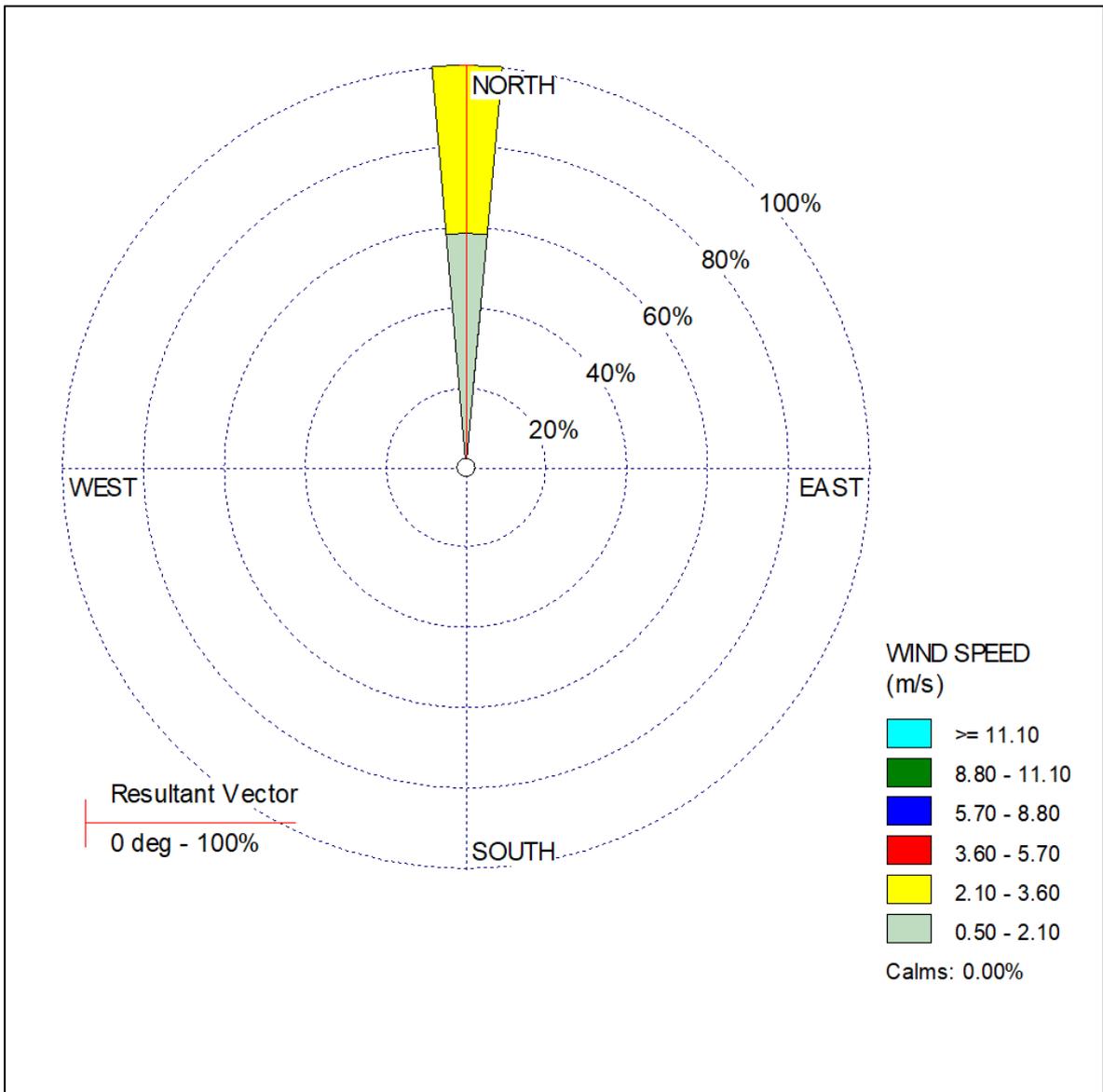
Estación: Carabaylo (2020)



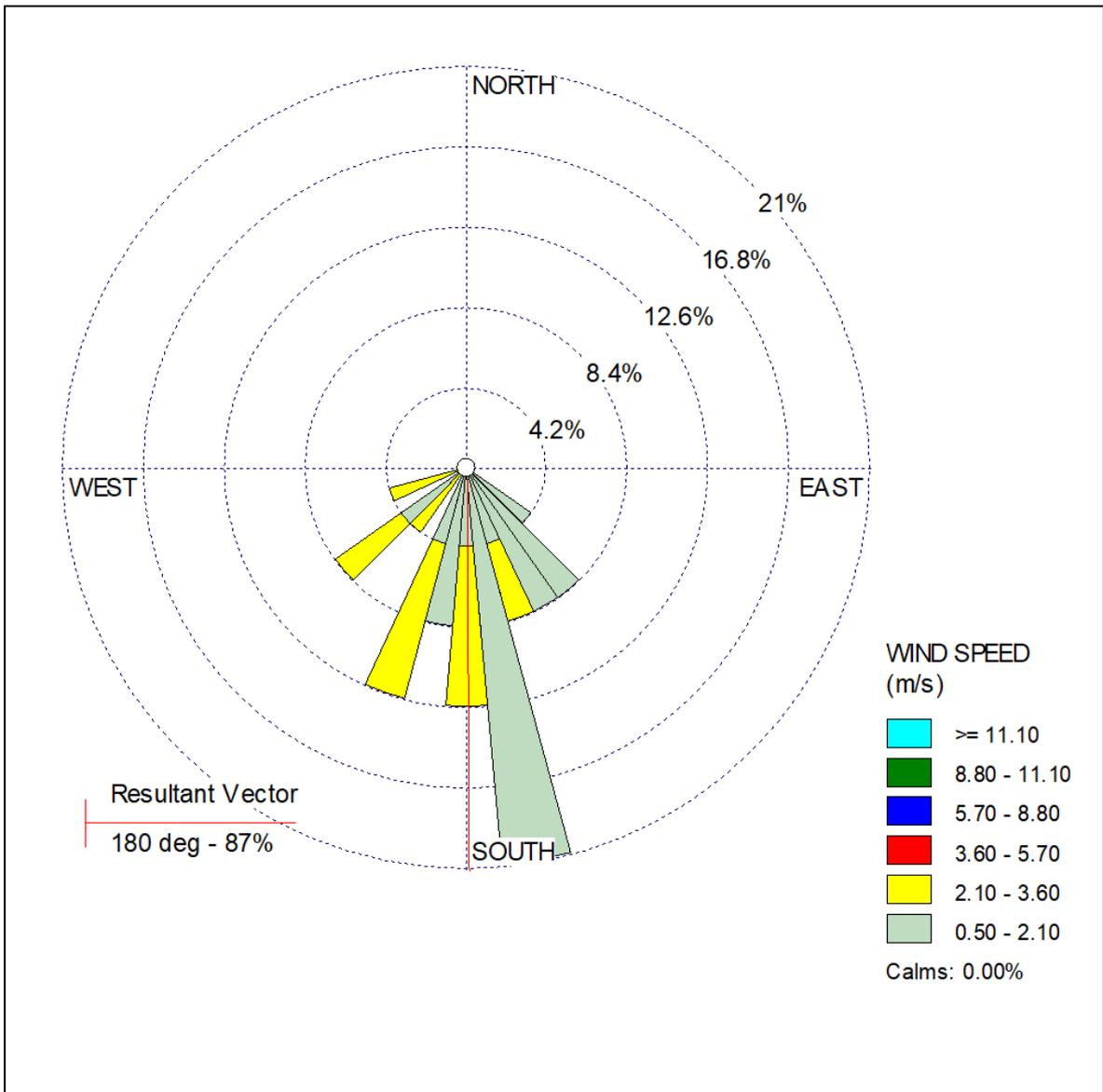
Estación: San Borja (2017-2019)



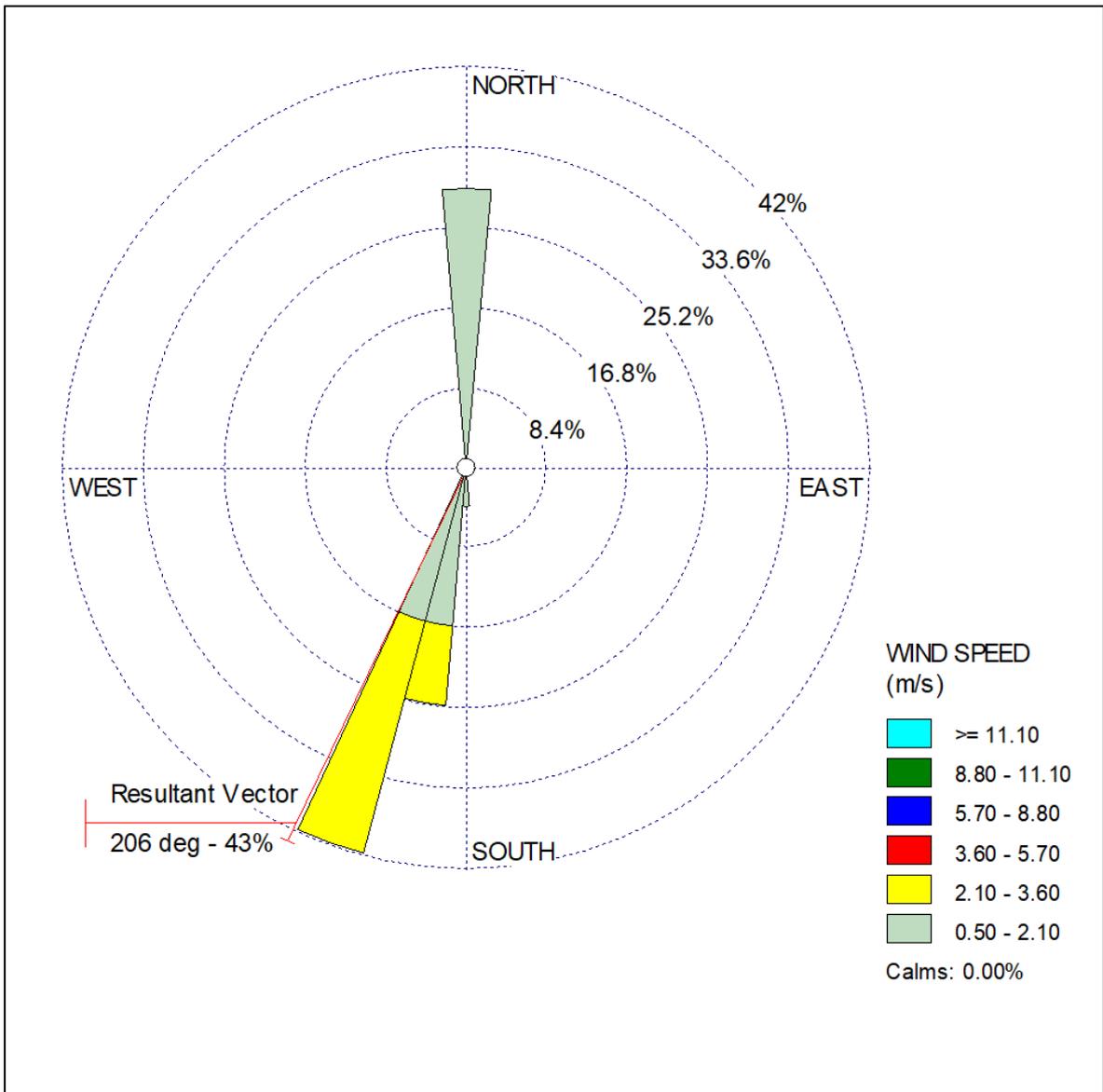
Estación: San Borja (2020)



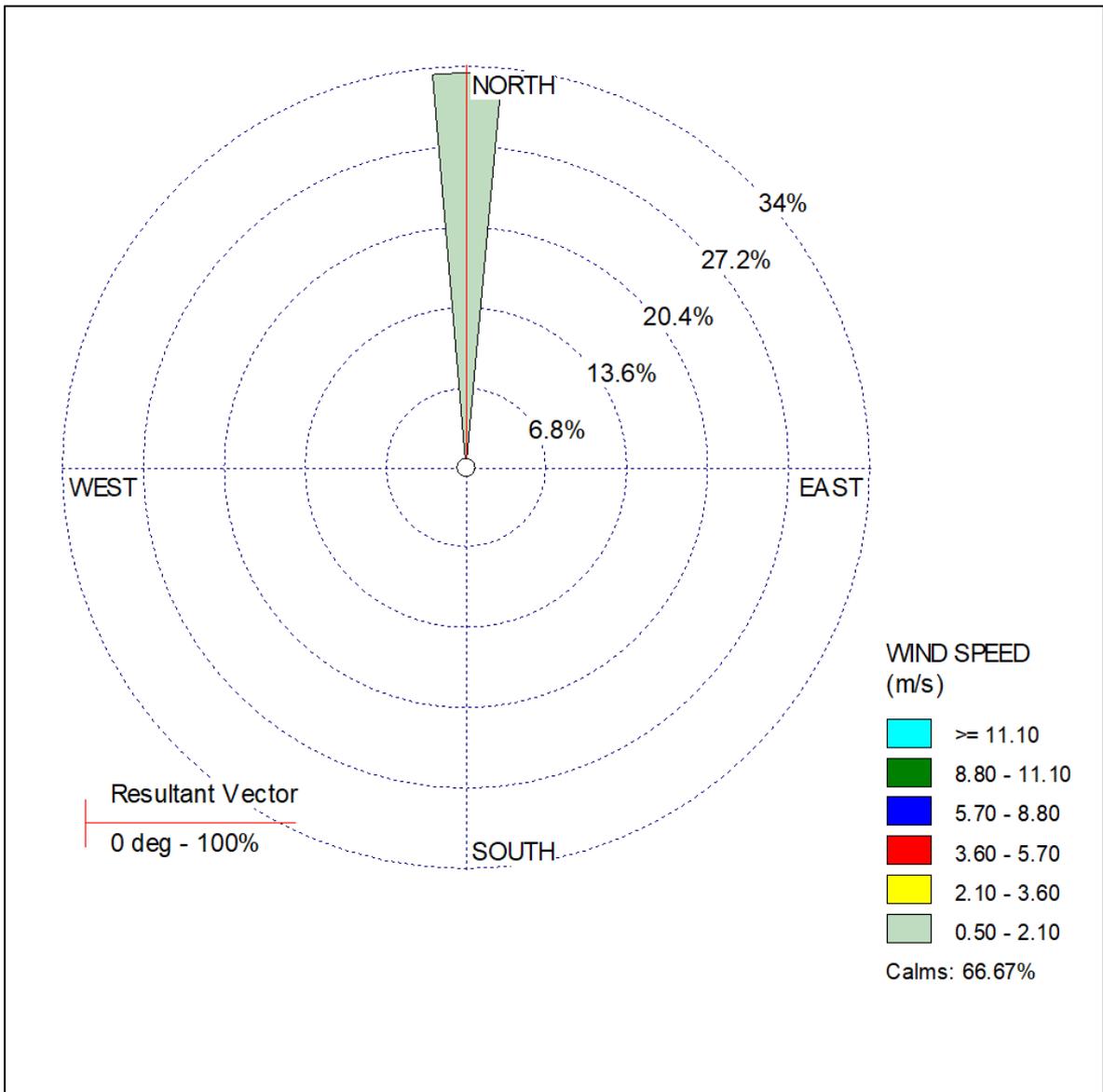
Estación: San Juan de Lurigancho (2017-2019)



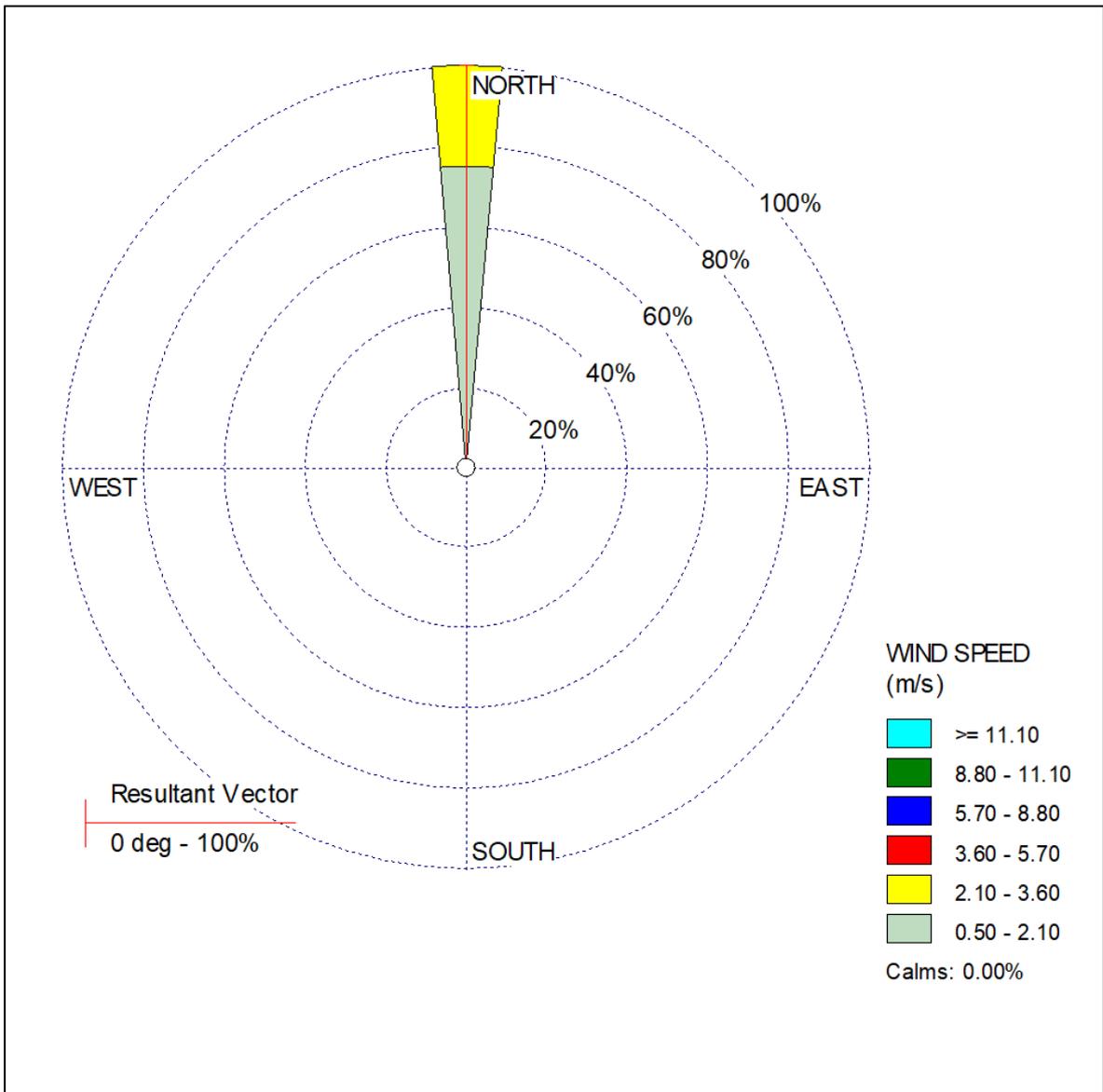
Estación: San Juan de Lurigancho (2020)



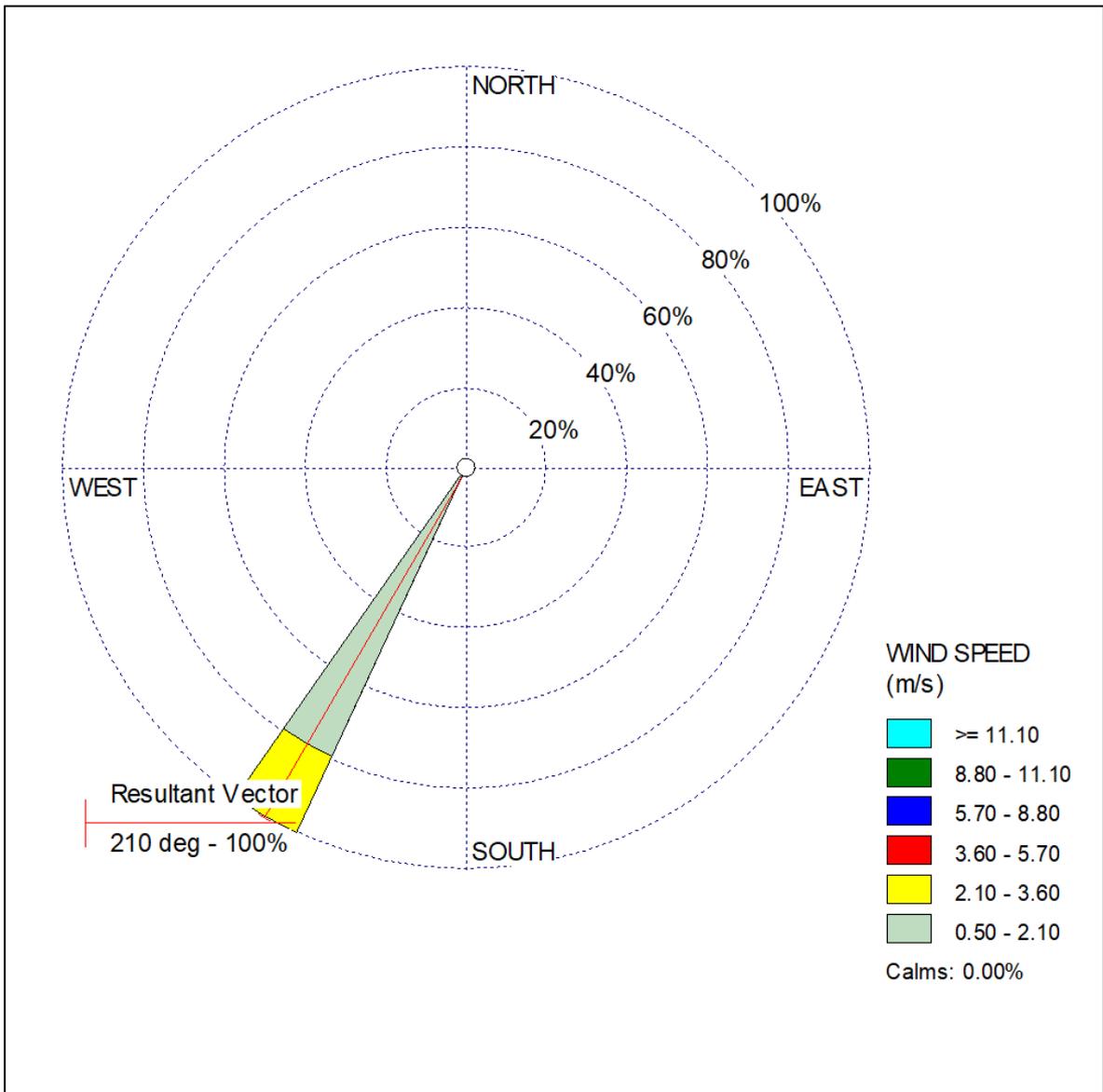
Estación: Santa Anita (2017-2019)



Estación: Santa Anita (2020)



Estación: Villa María del Triunfo (2017-2019)



Estación: Villa María del Triunfo (2017-2020)