



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL TRÁNSITO VEHICULAR Y LAS
VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LA CONCENTRACIÓN DEL PM₁₀ Y PM_{1.0} EN
EL DISTRITO DE COMAS”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Kyara Mariel Díaz Carrasco (0000-0002-8780-0793)

Andrea Silvana Pérez Quispe (0000-0002-8126-6702)

Asesor:

Sergio Artemio Pacsi Valdivia (0000-0003-4262-0593)

Lima – Perú

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 07 de enero del 2022.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dr. Ing. Noé Ordóñez Machicao
Miembro: Ing. Luis Antonio Ibañez Guerrero
Miembro: Mg. Santiago Batán Pumeda

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL TRÁNSITO VEHICULAR Y LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LA CONCENTRACIÓN DEL PM10 Y PM1.0 EN EL DISTRITO DE COMAS”

Presentada por las bachilleres:

- **Kyara Mariel Díaz Carrasco y Andrea Silvana Pérez Quispe**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Dr. Sergio Pacsi Valdivia

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental a en la sustentación, concluyen de manera unánime (x) por mayoría simple () calificar a:

Tesis: Kyara Mariel Díaz Carrasco y Andrea Silvana Pérez Quispe		Nota (en letras): 19 (diecinueve)	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado Sobresaliente (X)	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dr. Ing. Noé Ordóñez Machicao
Presidente



Ing. Luis Antonio Ibañez Guerrero
Miembro 1



Mg. Santiago Batán Pumeda
Miembro 2



Dr. Sergio Pacsi Valdivia
Asesor

DEDICATORIA

A mi madre y padre, Ana e Iván, por su cariño, su compañía y motivación en crecer profesionalmente y como persona.

A mi hermano, André, por alegrar mis días e inspirarme a ser mejor.

A mis personas favoritas que me brindaron su soporte durante esta etapa.

Silvana

A mi mamá y papá, Aurora y Edwin, por su esfuerzo y empuje durante toda mi vida y por siempre apoyarme en cada meta que me propongo.

A mis hermanos, Cristell y Jersson, por motivarme a siempre ser una mejor persona y por inspirarme día a día.

A mis abuelitas Yoli y Elvia, por los engreimientos y palabras de cariño.

A George por ser mi compañero y equipo en todo, gracias por tanto.

Kyara

Al Ph.D. Sergio Pacsi Valdivia, cuyo apoyo y conocimientos fueron indispensables en la presente investigación.

A los miembros del jurado, cuyos valiosos aportes enriquecieron el desarrollo de la presente tesis

A la División de Calidad del Aire de la Municipalidad Metropolitana de Lima por el apoyo y por brindarnos los datos para el desarrollo de la presente tesis.

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL TRÁNSITO VEHICULAR Y LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LA CONCENTRACIÓN DEL PM₁₀ Y PM_{1.0} EN EL DISTRITO DE COMAS”

RESUMEN

En la presente investigación se analizó la variación temporal y la relación del material particulado (PM₁₀ y PM_{1.0}), variables meteorológicas (temperatura del aire y radiación solar) y el tránsito vehicular en la zona norte de Lima. Los datos fueron proporcionados por la Municipalidad Metropolitana de Lima y el monitoreo se realizó durante el 2017, a través de un muestreador continuo de partículas Thermo Scientific y un contador de tráfico de cuarta generación K4. Los resultados muestran que los niveles de PM₁₀ ($35.83 \pm 7.89 \mu\text{g} / \text{m}^3$) cumplen la normativa nacional (ECA aire), pero sobrepasan lo establecido por la guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS); mientras que los niveles de PM_{1.0} se encuentra en el rango de $16.94 \pm 3.56 \mu\text{g} / \text{m}^3$ y no existe normativa de comparación. Se obtuvo una correlación positiva media para PM_{1.0} y baja para PM₁₀ vinculada al flujo vehicular; asimismo, se obtuvo una correlación positiva baja del PM₁₀ y el PM_{1.0} con las variables meteorológicas para verano; y una correlación media para invierno, a excepción del PM_{1.0} con la temperatura del aire que obtuvo una correlación positiva baja. La relación PM_{1.0}/PM₁₀ es de 0.48 en promedio, con una correlación significativa.

Palabras clave: PM₁₀; PM_{1.0}; flujo vehicular; variables meteorológicas; análisis temporal; correlación.

ABSTRACT

In the present investigation, the temporal variation and the relationship of particulate matter (PM_{10} and $PM_{1.0}$), meteorological variables (air temperature and solar radiation) and vehicular traffic in the northern area of Lima, were analyzed. The data was provided by the Municipality of Lima and the monitoring was carried out during 2017, through a Thermo Scientific continuous particle sampler and a fourth generation K4 traffic counter. The results show that the levels of PM_{10} ($35.83 \pm 7.89 \mu\text{g}/\text{m}^3$) accomplish with the national regulations (ECA air), but exceed those established by the WHO guidelines; while the levels of $PM_{1.0}$ are in the range of $16.94 \pm 3.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and there are no standards for comparison. A mean positive correlation was obtained for $PM_{1.0}$ and a low one for PM_{10} in relation to vehicular flow; likewise, a low positive correlation of PM_{10} and $PM_{1.0}$ was obtained with the meteorological variables for summer; and a mean correlation for winter, with the exception of $PM_{1.0}$ with air temperature, which obtained a low positive correlation. The $PM_{1.0}/PM_{10}$ ratio is 0.48 on average, with a significant correlation.

Key words: PM_{10} ; $PM_{1.0}$; vehicular flow; meteorological variables; temporal analysis; correlation.

INTRODUCCIÓN

Lima metropolitana es considerada como una zona de atención prioritaria desde el 2001, debido a que presenta impactos negativos sobre la calidad del aire causado por la densidad poblacional, actividad vehicular y la intensidad de las actividades socioeconómicas¹; asimismo, se encuentra entre las ciudades capitales de Latinoamérica con mayor nivel de contaminación atmosférica por material particulado fino².

Las emisiones de material particulado provienen principalmente del tránsito vehicular; contribuyendo al PM_{10} en un 54% (7254 ton/año) del total de generado¹. Ello responde principalmente a una flota vehicular antigua, al tipo de combustible y a la tecnología vehicular que utilizan las unidades de transporte. Las emisiones del material particulado fino se asocian a la combustión incompleta de los vehículos a diésel, de las categorías ómnibus, remolcador y camión, con una antigüedad mayor a 14 años las cuales cuentan con tecnologías Pre Euro¹; por lo cual el sector transporte representa un factor esencial por su impacto en el ambiente.

Investigaciones internacionales mencionan la importancia de analizar las concentraciones de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y $PM_{1.0}$ relacionándolas con el flujo vehicular y la temperatura del aire^{3,4}, así como el análisis de la relación entre los contaminantes atmosféricos y las variables meteorológicas, porque su interrelación podría afectar la mortalidad de la población por enfermedades cardiovasculares y respiratorias⁵, dado que las partículas en suspensión causan diferentes afectaciones a la salud de las personas dependiendo de su tamaño aerodinámico.

Por ello, la Municipalidad Metropolitana de Lima, a través del Instituto Metropolitano Protransporte de Lima, realizó el Monitoreo de Calidad de Aire en el distrito de Comas, como parte del registro del efecto ambiental generado por el Sistema de Transporte COSAC I también conocido como Metropolitano. El monitoreo realizado permitió contar con información de PM_{10} , $PM_{1.0}$, flujo vehicular y variables meteorológicas en el área de estudio, por lo cual la evaluación de su interrelación temporal durante el año 2017 es el objetivo de la presente investigación.

PARTE EXPERIMENTAL

Ubicación de la estación de monitoreo de calidad del aire

La estación de monitoreo de calidad del aire se encuentra en el Patio Norte Metropolitano ubicado en la Av. Los Incas cdra. 4 esquina con la Av. Sinchi Roca, Urbanización San Juan Bautista, en el distrito de Comas - Lima y se ubica geográficamente en las Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) 277 131 mE y 8 681 883 mS, según se muestra en la figura 1.

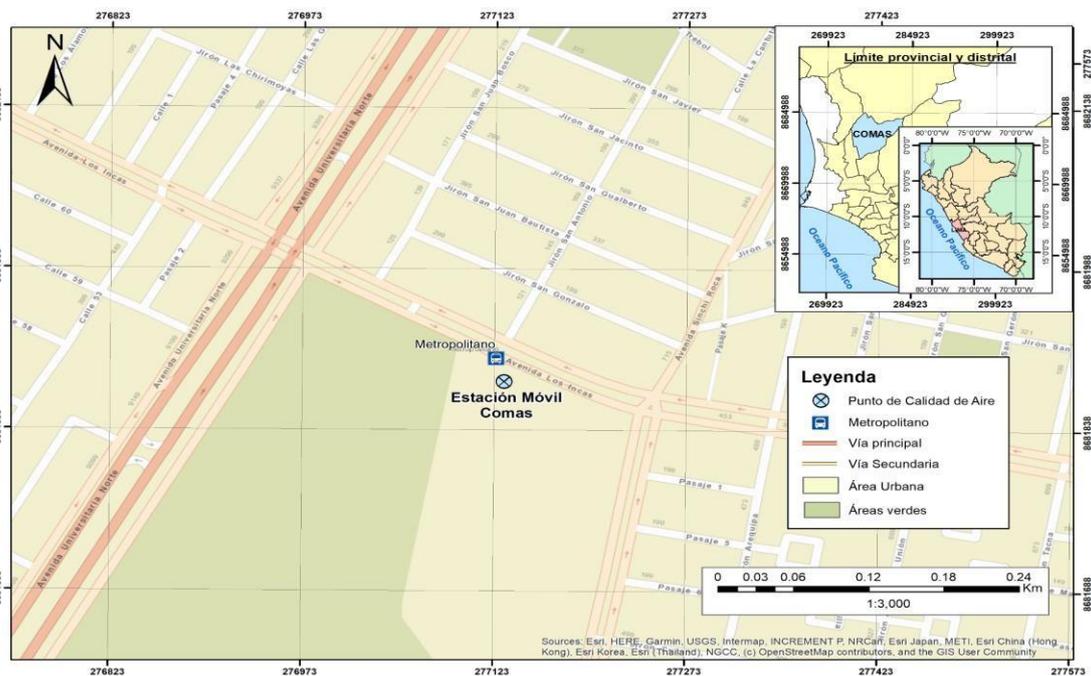


Figura 1. Mapa de ubicación de la estación de monitoreo ambiental

Monitoreo de calidad del aire

La instalación de los equipos, su operación y mantenimiento fueron realizados por personal técnico acreditado y capacitado de la empresa Green Group Perú S.A.C., además cada ocho días realizaban la verificación del buen funcionamiento de los equipos; así como, en base a los Informes de la red de monitoreo de la Calidad del Aire para el Corredor Segregado de Alta Capacidad - COSAC del periodo 2017, pertenecientes a Protransporte. En la Tabla 1 se detallan las características de los equipos de monitoreo.

Tabla 1. Equipos de monitoreo ambiental

Equipos	Marca	Modelo	Descripción
Muestreador continuo de partículas ambientales, método de atenuación beta	Thermo Scientific	FH62C14	Mide en tiempo real la concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mediante el método equivalente automático: EQPM-0609-183
Sensor de temperatura del aire	Young	41342	Mide la temperatura del aire ambiental ($^{\circ}\text{C}$) Resolución: 0.1
Piranómetro	LI-COR	LI200X-L	Mide la radiación solar (W/m^2) Resolución: 10
Contador de tráfico de cuarta generación	EIS	K4	Realiza el conteo vehicular

Fuente: Elaboración propia

Validación de datos

Se utilizaron los criterios de validación aprobados por el Ministerio del Ambiente en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire del 2019, siendo los siguientes:

- Para el PM_{10} y $\text{PM}_{1.0}$, no se consideraron datos con valores negativos, datos obtenidos por corte repentino de energía eléctrica, datos obtenidos durante el mantenimiento y datos registrados durante los momentos en que el equipo presentaba estado de alarma o error.
- Para la temperatura del aire se consideraron valores entre el rango de -40°C a 60°C ; mientras que para la radiación solar se utilizaron valores comprendidos de $0 \text{ W}/\text{m}^2$ a $1100 \text{ W}/\text{m}^2$.
- No se incluyeron aquellos valores que se repitan tres veces a nivel horario por más de tres horas consecutivas en los equipos automáticos.
- Se contó con un mínimo de 75% del total de datos para un monitoreo continuo.

Complementariamente, se verificaron que las concentraciones horarias de $\text{PM}_{1.0}$ sean menores que las concentraciones horarias de PM_{10} . Asimismo, se evaluaron los valores

atípicos de concentración de PM_{10} y $PM_{1.0}$ en base a la aplicación del método gráfico de diagrama de cajas utilizando el software libre R Studio.

Análisis de datos

Mediante el programa estadístico Minitab 19 se obtuvo los parámetros estadísticos descriptivos de los datos para la concentración de PM_{10} y $PM_{1.0}$, temperatura del aire, radiación solar y el flujo vehicular; posteriormente mediante el software libre R Studio se procesaron los datos para analizar la variación temporal de cada una de las variables para generar gráficos de líneas a fin de observar el comportamiento y la tendencia de las variables de estudio.

Asimismo, se calculó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para determinar si existen diferencias significativas entre los grupos de datos; a continuación, se calculó los coeficientes de correlación entre las concentraciones del material particulado (PM_{10} y $PM_{1.0}$) y las variables meteorológicas (radiación solar y temperatura del aire), del mismo modo que con el flujo vehicular. Finalmente, para determinar la relación de las concentraciones de PM_{10} y $PM_{1.0}$ se calcularon los coeficientes de correlación, se aplicó una prueba estadística de regresión lineal entre las variables y mediante una división simple se comparó la variabilidad de la relación $PM_{1.0}/PM_{10}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la variación temporal del PM_{10} , $PM_{1.0}$, temperatura del aire, radiación solar y flujo vehicular.

La Tabla 2 demuestra que el área de estudio presentó durante el 2017, una concentración promedio anual para el PM_{10} de $36.18 \pm 8.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual se encuentra dentro de lo establecido en los ECA de Aire ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$); no obstante, sobrepasa a lo establecido en la Guía de Calidad de Aire aprobada por la OMS en el 2021 ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dicha condición se relaciona a las emisiones vehiculares y polvo atmosférico natural del entorno en Lima Norte⁶. Para el $PM_{1.0}$ se obtuvo un promedio de $17.09 \pm 3.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$; sin embargo, no se cuenta con estándares de calidad ambiental dentro de la normativa nacional e internacional. Respecto a las variables meteorológicas, indican una temperatura del aire promedio de 20.85°C y una radiación solar promedio de $124.94 \text{ W}/\text{m}^2$, se encontró que

en invierno (17.54°C) se presentaron mayores concentraciones promedio de material particulado a comparación de verano (26.43°C).

El flujo vehicular promedio diario registró 20841 vehículos en la Av. Los Incas del distrito de Comas; siendo la composición del parque automotor para el 2017, de acuerdo a su tamaño, principalmente por camiones (41.9% como buses del Metropolitano), seguido del tipo pequeño (24.1% como mototaxis), mediano (20.6%, como automóviles) y largo (13.3% como custers y buses).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables en evaluación

	Todos los datos				Invierno (junio - agosto)				Verano (enero - marzo)			
	Pro m.	Des. Est.	Min.	Máx.	Prom.	Des. Est.	Min	Máx.	Prom.	Des. Est.	Mi n	Máx.
PM _{1.0} (µg/m ³)	16.94	3.56	9.90	51.73	17.83	3.37	11.07	27.07	16.03	4.40	11.21	51.74
PM ₁₀ (µg/m ³)	35.83	7.89	16.56	80.42	36.33	7.71	21.58	57.66	35.01	8.08	22.80	80.42
Temp. (°C)	20.9	3.9	14.9	28.3	17.5	0.9	14.9	19.6	26.4	0.9	23.2	28.3
Rad. Sol. (W/m ²)	124.9	67.3	13.3	257.1	64.8	47.4	13.3	257.1	185.1	37.9	59.7	250.9
Flujo vehicular	20841	2040	5615	35241	19826	2061	5615	22544	21090	1709	14822	29202

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N°2 muestra una ligera diferencia en los valores del flujo vehicular y el material particulado en invierno y verano, siendo la concentración promedio de material particulado grueso y ultrafino menor cuando el flujo vehicular es mayor en verano; mientras que el material particulado es mayor cuando el flujo vehicular es menor en invierno, lo cual podría estar asociado a las condiciones de estabilidad atmosférica y los niveles de humedad del aire en invierno⁶.

En la Figura 2 se observa la variación horaria del material particulado y las variables meteorológicas en el año 2017 para el distrito de Comas. Se evidencia que los mayores valores se dan en el horario laboral, es decir, que empiezan a aumentar a partir de las 7 horas, llegando a un pico de concentración a las 11 horas y posteriormente disminuye, lo cual podría estar relacionado a la disminución del flujo vehicular en la zona y las condiciones de inestabilidad de la atmósfera, cabe precisar que el conteo vehicular brindó información a nivel diario.

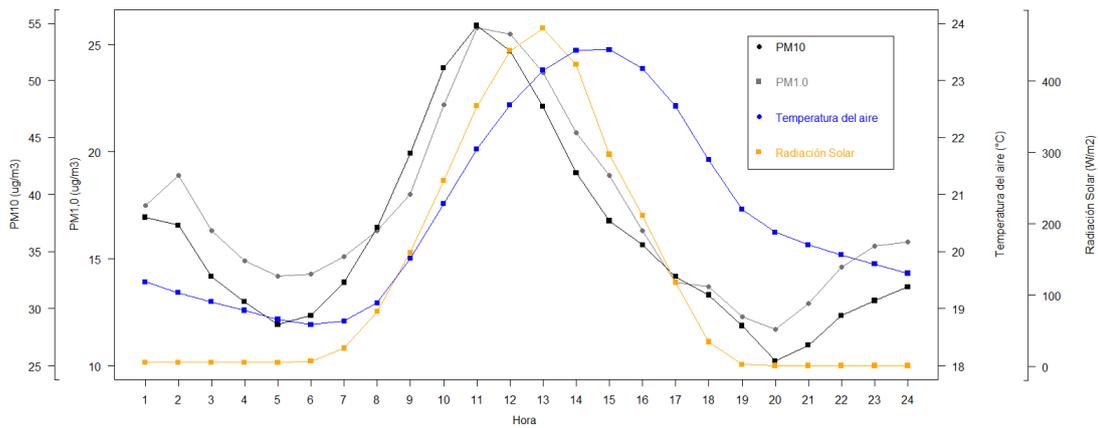


Figura 2. Variación de la concentración horaria del material particulado y las variables meteorológicas

Asimismo, en la Figura 3 se observa la variación mensual de todas las variables de investigación para el año 2017 en el distrito de Comas. Durante el período de estudio se evidencia que las mayores concentraciones de PM_{10} se registraron para los meses de mayo y octubre, para el $\text{PM}_{1.0}$ se registraron en los meses de agosto y octubre. Además, los menores valores de concentración se registraron para los meses de noviembre y setiembre para PM_{10} y $\text{PM}_{1.0}$. También, el flujo vehicular fue mayor en los meses de octubre a diciembre y menor en los meses de mayo y junio.

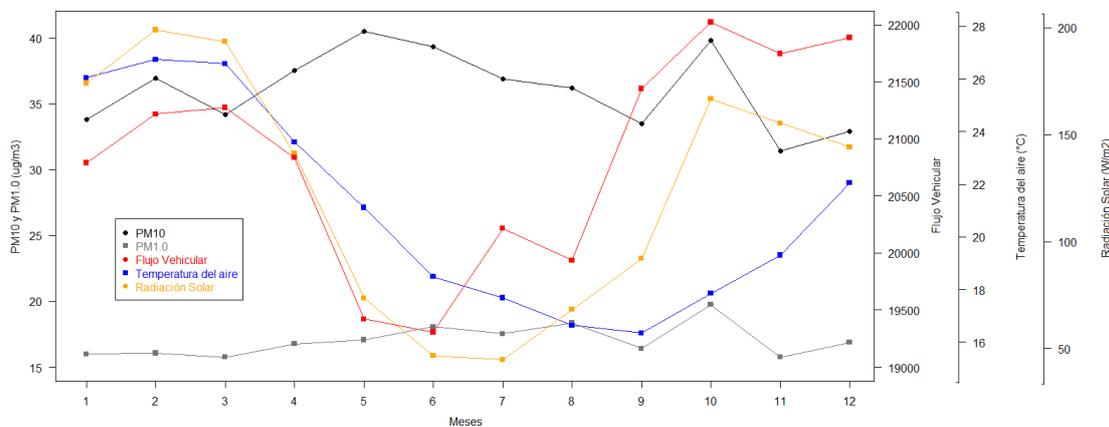


Figura 3. Variación de la concentración mensual del material particulado, variables meteorológicas y flujo vehicular.

Entre los factores que afectan el clima de la provincia de Lima, se encuentra el fenómeno de la capa de inversión térmica que durante el verano aumenta la altura de la capa de mezcla, además con el aumento de la radiación solar y la temperatura del aire en la superficie, se producen menores concentraciones de partículas gruesas y ultrafinas;

asimismo, en invierno disminuye la altura de la capa de mezcla y con las condiciones meteorológicas se produce un aumento en la concentración de las mismas⁷.

Análisis de la relación entre el material particulado, el flujo vehicular y las variables meteorológicas (temperatura del aire y radiación solar).

Para la relación del material particulado y el flujo vehicular se realizó la prueba estadística de la correlación de Spearman para un $p < 0.05$, obteniendo una correlación significativa media para el $PM_{1.0}$ y una correlación baja para el PM_{10} , lo cual podría estar relacionado con las fuentes predominantes del material particulado, siendo que el $PM_{1.0}$ está más asociado a emisiones vehiculares y gases de combustión de diesel⁸, mientras que el PM_{10} está relacionado, en mayor medida, al levantamiento de polvo en las vías de transporte⁹. Cabe resaltar que, no hubo diferencias significativas en la relación del material particulado y el flujo vehicular entre verano e invierno.

Tabla 3. Relación del material particulado (PM_{10} y $PM_{1.0}$), las variables meteorológicas y el flujo vehicular para verano (enero - marzo) e invierno (junio - agosto).

	PM_{10} (verano)	$PM_{1.0}$ (verano)	PM_{10} (invierno)	$PM_{1.0}$ (invierno)
Temp. del aire	0.33	0.30	0.53	0.22
p-valor	0.00	0.01	0.00	0.04
Rad. Solar	0.32	0.31	0.54	0.41
p-valor	0.00	0.01	0.00	0.00
Flujo vehicular	0.23	0.47	0.22	0.40
p-valor	0.04	0.00	0.05	0.00

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, para el análisis de correlación entre las variables meteorológicas con el material particulado, los datos se procesaron mediante la prueba de correlación de Spearman para un $p < 0.05$; observándose que para invierno, el PM_{10} y el $PM_{1.0}$ con la temperatura del aire y la radiación solar presentaron una correlación positiva media; a excepción del $PM_{1.0}$ con la temperatura del aire dado que presentó una correlación positiva baja similar a lo encontrado en China¹⁰. Además, para verano, el PM_{10} y $PM_{1.0}$ con la temperatura del aire y la radiación solar presentaron una correlación positiva baja.

De lo mencionado, se observa que existe una relación positiva entre las variables meteorológicas con el material particulado, de baja a media para ambas estaciones debido al fenómeno natural de inversión térmica; asimismo, un factor adicional podría deberse a que en el año 2017 ocurrió el Fenómeno del Niño Costero, lo cual provoca incremento en la temperatura del aire y lluvias; así como, debilitamiento de los vientos¹¹; por lo que se requiere realizar un análisis más amplio, asociado a velocidad del viento y precipitación, ya que tienen una gran influencia en la dispersión de material particulado en la atmósfera.

Análisis de la relación entre el PM₁₀ y el PM_{1.0}

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la relación entre el PM_{1.0} y el PM₁₀ para la estación móvil Comas en el año 2017. Se observa que el valor de la relación PM_{1.0} /PM₁₀ es ligeramente mayor en invierno (0.49) que en verano (0.46) por lo que no existe variación significativa entre las estaciones; resultando en una concentración promedio de PM_{1.0} que representa el 40% del PM₁₀. Dicho resultado concuerda con lo registrado en el área urbana de España¹², y está asociado a las condiciones meteorológicas y la presencia de fuentes emisoras significativas, principalmente de partículas que provienen de la actividad vehicular propia de la zona y el levantamiento de polvo de la vía.

Tabla 4. Relación entre el PM₁₀ y el PM_{1.0}

Estación	Relación PM _{1.0} /PM ₁₀	Coefficiente de Spearman	Coefficiente de determinación	Ecuación de regresión
Verano	0.46	0.80 p-valor 0.00	0.66	y = 0.462x - 0.181
Invierno	0.49	0.90 p-valor 0.00	0.78	y = 0.359x + 4.501

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, del coeficiente de Spearman para un p<0.05 se obtuvo una correlación positiva alta para verano e invierno, resultados similares fueron encontrados en el área urbana de China¹³. Además, las ecuaciones de regresión lineal encontradas permiten utilizar como referencia los datos de PM₁₀ para predecir la concentración de PM_{1.0}, teniendo en consideración que las ecuaciones son aplicables para el rango dentro del cual se tomó la muestra y con características similares al lugar, por lo que la ecuación de regresión

determinada se debe aplicar sobre el intervalo de $22.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $80.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para verano y de $21.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $57.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para invierno.

CONCLUSIONES

La variación horaria de PM_{10} y $\text{PM}_{1.0}$ en el distrito de Comas muestra que los valores de material particulado grueso y ultrafino presentan dos picos máximos y mínimos, asociados a la actividad del parque automotor en las horas de congestión y la influencia de las variables meteorológicas. A nivel mensual, los mayores valores de PM_{10} se registraron para los meses de mayo y octubre; mientras que para el $\text{PM}_{1.0}$ se registraron en los meses de agosto y octubre, además los menores valores de concentración se registraron para los meses de noviembre y setiembre para PM_{10} y $\text{PM}_{1.0}$. El comportamiento de los niveles registrados de material particulado y variables meteorológicas pudieron verse influenciados por el fenómeno de inversión térmica, además en el año 2017 se registró el Fenómeno del Niño Costero, por tanto, se recomienda realizar investigaciones sobre la influencia de dichos fenómenos respecto al material particulado en Lima.

El flujo vehicular promedio diario registró 20841 vehículos en la Av. Los Incas del distrito de Comas; siendo la composición del parque automotor para el 2017, de acuerdo con su tamaño, principalmente por camiones (41.9% como buses del Metropolitano), seguido del tipo pequeño (24.1% como mototaxis), mediano (20.6%, como automóviles) y largo (13.3% como custers y buses).

El nivel del PM_{10} cumple la normativa nacional, pero sobrepasan lo establecido por la guía de la OMS en el distrito de Comas; sin embargo, en el caso del $\text{PM}_{1.0}$ no existe una normativa para comparar su concentración, a pesar de que podrían interactuar con el medio celular y depositarse en los tejidos de los órganos afectando la salud de las personas, por lo que se recomienda realizar investigaciones epidemiológicas respecto al material particulado ultrafino.

El flujo vehicular presenta una correlación significativa media para el $\text{PM}_{1.0}$ y una correlación baja para el PM_{10} , lo cual podría estar asociado al flujo vehicular para las partículas ultrafinas y al levantamiento de polvo propio de la zona de las partículas gruesas.

Asimismo, con las variables meteorológicas se obtuvo una correlación positiva baja de PM_{10} y $PM_{1.0}$ para verano y una correlación positiva media para invierno a excepción del $PM_{1.0}$ y la temperatura del aire que resultó una correlación positiva baja. Dichos patrones podrían estar asociados al fenómeno natural de inversión térmica e influenciados por el fenómeno del Niño Costero producido el 2017.

Se obtuvo una correlación positiva alta entre el $PM_{1.0}$ y PM_{10} para verano (0.80) e invierno (0.90); además para la relación $PM_{1.0}/PM_{10}$ se determinó valores de 0.46 para verano y de 0.49 para invierno, resultando en una concentración promedio de $PM_{1.0}$ que representa el 40% del PM_{10} . La relación y ecuaciones de regresión obtenidas permitirá utilizar como referencia los datos de PM_{10} para predecir la concentración de $PM_{1.0}$ según las características del lugar de estudio y aplicarlo en diferentes investigaciones. También, se recomienda realizar estudios para analizar la concentración promedio de $PM_{1.0}$ que representa el porcentaje del $PM_{2.5}$.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo brindado por la División de Calidad del Aire de la Subgerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad Metropolitana de Lima, por habernos facilitado y autorizado el uso de los datos de la estación móvil de calidad del aire ubicada en el distrito de Comas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio del Ambiente. Diagnóstico de la Gestión de la Calidad del Aire para Lima y Callao. Lima; 2019.
2. World Air Quality Report Region and City $PM_{2.5}$ Ranking. [en línea]. IQAir.; 2019. [accesado 27 de mayo del 2021].
3. Srimuruganandam B, Nagendra S, Madanayak S. Analysis and interpretation of particulate matter – PM_{10} , $PM_{2.5}$ and $PM_{1.0}$ emissions from the heterogeneous traffic near an urban roadway. Atmospheric Pollution Research. 2010; 1(3): 184 - 194. <https://doi.org/10.5094/APR.2010.024>
4. Nedal A, Jamal H, Zaleha Md. Relationship between vehicle count and particulate air pollution in Amman, Jordan. Asia Pacific Journal of Public Health. 2012; 27(2): 1742 - 1751. <http://doi.org/10.1177/1010539512455046>

5. González F, Zevallos A, Gonzales-Castañeda C, Nuñez D, Gastañaga C, Cabeza C, Naeher L, Levy K, Steenland K. Contaminación Ambiental, Variabilidad Climática y Cambio Climático: Una revisión del Impacto en la Salud de la Población Peruana. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 2014; 31(3): 547-556.
6. Pacsi S. Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Lima Metropolitana. *Anales Científicos*, 2016; 77 (2): 273 - 283. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v77i2.699>
7. Tao J, Shen Z, Zhu C, Yue J, Cao J, Liu S, Zhu L, Zhang R. Seasonal variations and chemical characteristics of sub-micrometer particles (PM_1) in Guangzhou, China. *Atmospheric Research*. 2012; 118: 222 - 231. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.06.025>
8. Kumar M, Kumar L, Sultana S, Kumar S. The traffic linked urban ambient air superfine and ultrafine $PM_{1.0}$ mass concentration, contents of pro-oxidant chemicals, and their seasonal drifts in Lucknow, India. *Atmospheric Pollution Research*. 2014; 5 677-685. <https://doi.org/10.5094/APR.2014.077>
9. Kim KH, Kabir E, Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment international*. 2015; 74:136-143. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005>
10. Galindo N, Varea M, Gil-Moltó J, Yubero E, Nicolás J. The Influence of Meteorology on Particulate Matter Concentrations at an Urban Mediterranean Location Water, Air, & Soil Pollution. 2011; 215:365–372. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0484-z>
11. SENAMHI. Fenómeno del Niño en el Perú. Lima: SENAMHI; 2014.
12. Gobierno de España. Niveles, composición y fuentes de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y $PM_{1.0}$ en España: Cantabria, Castilla León, Madrid y Melilla. España; 2009.
13. Li Y, Chen Q, Zhao H, Wang L, Tao R. Variations in PM_{10} , $PM_{2.5}$ and $PM_{1.0}$ in an Urban Area of the Sichuan Basin and Their Relation to Meteorological Factors . *Atmosphere*. 2015; 6:150-163. <https://doi:10.3390/atmos6010150>

I. ANEXOS

- Documento de aprobación de Comité de Ética

UNIVERSIDAD
CIENTÍFICA
DEL SUR

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

Constancia N° 198-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2020

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado**.

Código de registro: **113-2020-PRE11**

Título: **Evaluación de la influencia del tránsito vehicular y las variables meteorológicas en la concentración del PM10 Y PM1,0 en el distrito de Comas**

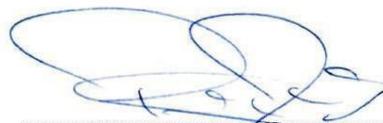
Investigador(a): **Kyara Mariel Díaz Carrasco
Andrea Silvana Pérez Quispe**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente. Adicionalmente, en el contexto de la pandemia de enfermedad por COVID-19, le recomendamos cumplir con las normas publicadas por el estado peruano.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 16 de junio del 2022**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 17 de diciembre de 2020




Méd. Vet. Gianmarco Paolo Rojas Moreno
Presidente
Comité Institucional de Ética en Investigación
con Animales y Biodiversidad

Asesoría al postulante
T // (51) 610 6738 | Campus Villa 2 - Panamericana Sur km 19
informes@cientifica.edu.pe | Calle Cantuarias 398, Miraflores

- **Resolución de aprobación del proyecto de tesis**



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°004-2021-DACIA-DAFCA-U. CIENTÍFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 7 de enero del 2021

VISTO:

El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: **Evaluación de la influencia del tránsito vehicular y las variables meteorológicas en la concentración del PM10 y PM1,0 en el distrito de Comas**, presentado por:

- **Kyara Mariel Díaz Carrasco y Andrea Silvana Pérez Quispe**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero(a) Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: **Evaluación de la influencia del tránsito vehicular y las variables meteorológicas en la concentración del PM10 y PM1,0 en el distrito de Comas** con N° de registro: **113-2020-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Sergio Artemio Pacsi Valdivia** como asesor(a) para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

T // (51) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

● Características de los equipos de monitoreo ambiental

Equipos	Marca y modelo	Número de serie	Operación, mantenimiento y calibración
Muestreador continuo de partículas ambientales	Thermo Scientific FH62C14	PM ₁₀ : E-2047 PM _{1.0} : E-2049	Fecha de última calibración: 2016 Posteriormente, la operación y mantenimiento de los equipos fue verificada cada ocho días por personal técnico acreditado de la empresa Green Group Perú S.A.C, quienes remitieron mediante informes el correcto funcionamiento de los equipos.
Sensor de temperatura del aire	Young 41342	16400	
Piranómetro	LI-COR LI200X-L	PY61970	
Contador de tráfico de cuarta generación	EIS K4	-	

VERIFICACIÓN RUTINARIAS-MUESTREADOR DE PARTICULAS						
ESTACIÓN:		UNIDAD MÓVIL		ESTADO		INDICADOR
EQUIPO:		BETA FH62 C14 (PM10)		OK		●
# DE SERIE:		E-2047		FUERA DE RANGO		●
PARÁMETRO	DIFERENCIA MÁXIMA PERMISIBLE *	FECHA: 10/10/2017			HORA: 03:00 p.m.	
		VALOR EQUIPO	VALOR VERIFICADO	DIFERENCIA	ESTADO	OBSERVACIONES
CAUDAL DE ASPIRACIÓN (%)	2	999	987	1.2	●	Flujo en litros por hora
TEMPERATURA DE CALEFACTOR (°C)	2	30	29.9	0.1	●	
TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	2	18	18.1	0.1	●	
PRESIÓN AMBIENTAL (mmHg)	30	744.8	744.5	0.3	●	
FILTRO DE MUESTREO	---	---	OK	---	●	
* Según lo indicado en los puntos 4.2.4.2 y 5.11.1 del Manual de Instrucciones y la sección 12.1.13 del QA Handbook. Vol II-EPA						
EQUIPO:		BETA FH62 C14 (PM1.0)		ESTADO		INDICADOR
# DE SERIE:		E-2049		OK		●
PARÁMETRO	DIFERENCIA MÁXIMA PERMISIBLE *	FECHA: 10/10/2017			HORA: 03:30 p.m.	
		VALOR EQUIPO	VALOR VERIFICADO	DIFERENCIA	ESTADO	OBSERVACIONES
CAUDAL DE ASPIRACIÓN (%)	2	1000	1007.4	0.7	●	Flujo en litros por hora
TEMPERATURA DE CALEFACTOR (°C)	2	30	28.9	1.1	●	
TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	2	17	17.5	0.5	●	
PRESIÓN AMBIENTAL (mmHg)	30	744.0	744.9	0.9	●	
FILTRO DE MUESTREO	---	---	OK	---	●	
* Según lo indicado en los puntos 4.2.4.2 y 5.11.1 del Manual de Instrucciones y la sección 12.1.13 del QA Handbook. Vol II-EPA						
EQUIPO:		9012 MAAP (HOLLÍN EN PM1.0)		ESTADO		INDICADOR
# DE SERIE:		142		OK		●
PARÁMETRO	DIFERENCIA MÁXIMA PERMISIBLE **	FECHA: 10/10/2017			HORA: 04:00 p.m.	
		VALOR EQUIPO	VALOR VERIFICADO	DIFERENCIA	ESTADO	OBSERVACIONES
CAUDAL DE ASPIRACIÓN (%)	5	1003	1001.4	0.2	●	Flujo en litros por hora
TEMPERATURA DE CALEFACTOR (°C)	2	40	41.1	1.1	●	
TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	2	18	18.1	0.1	●	
PRESIÓN AMBIENTAL (mmHg)	30	744.0	744.9	0.1	●	
FILTRO DE MUESTREO	---	---	OK	---	●	
** Según lo indicado en el Capítulo 5 del Manual de Instrucciones y la sección 12.1.13 del QA Handbook. Vol II-EPA						

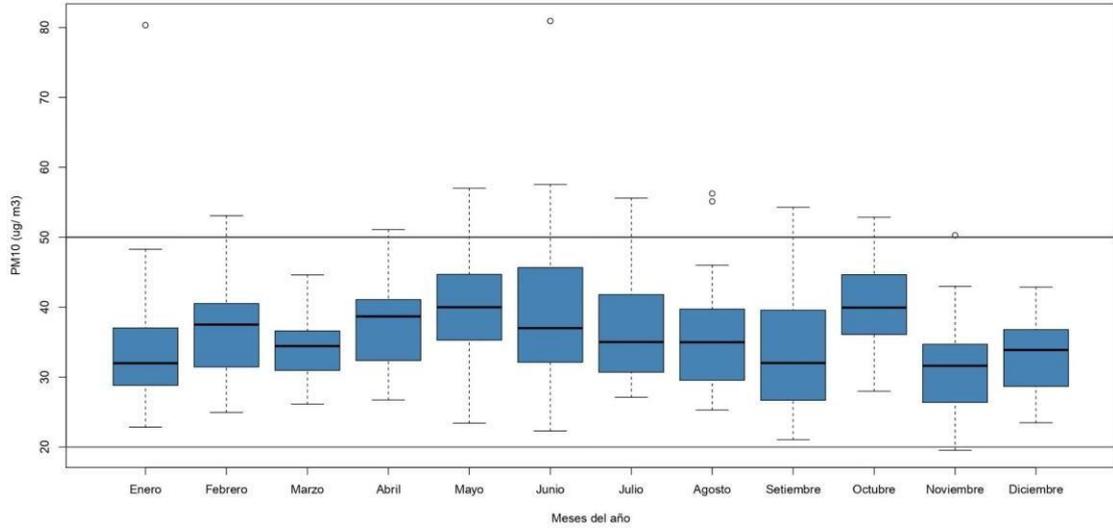
JORGE LUIS HUALPA AMABLE
INGENIERO QUÍMICO
REG. CIP N° 124659

FO-PR-PR-01-05

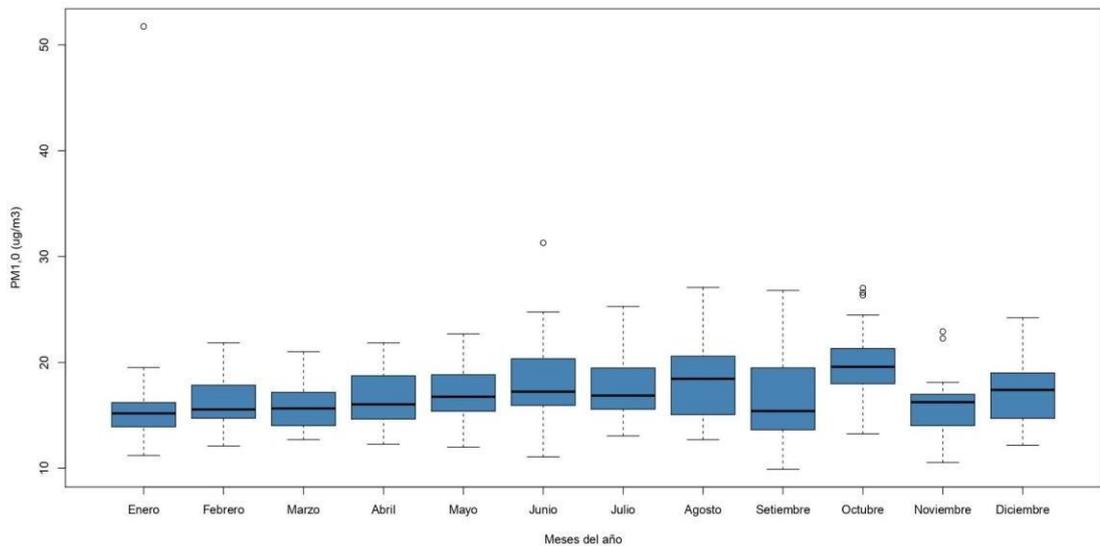
Informe de verificación del correcto funcionamiento de los equipos realizados cada ocho días por personal de la empresa Green Group Perú S.A.C.

● Diagrama de Cajas para material particulado (PM₁₀ y PM_{1.0}) mensual

a) Diagrama de Cajas, en donde se identifican los valores atípicos para la validación de los datos.

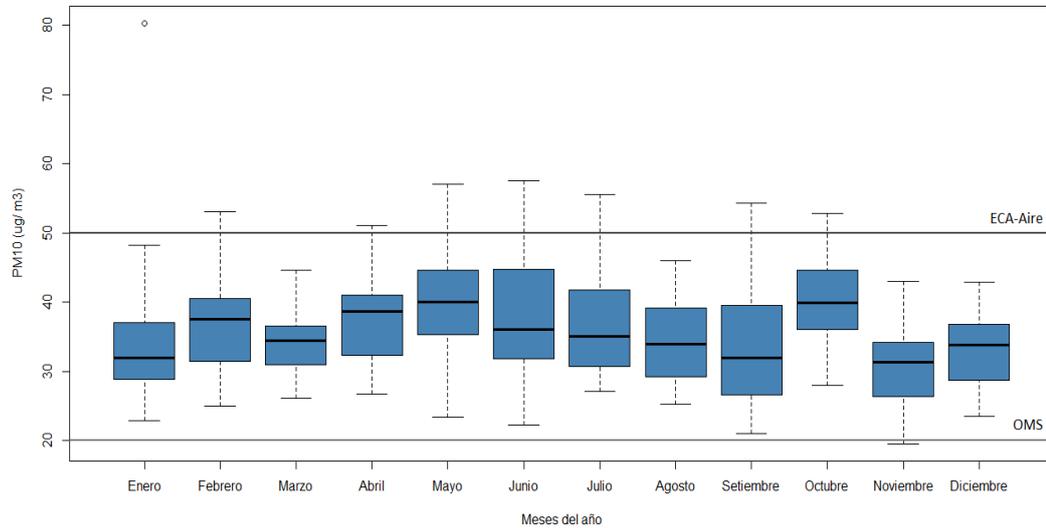


Variación mensual del PM₁₀ para la estación móvil ubicada en el distrito de Comas durante el año 2017, con valores atípicos

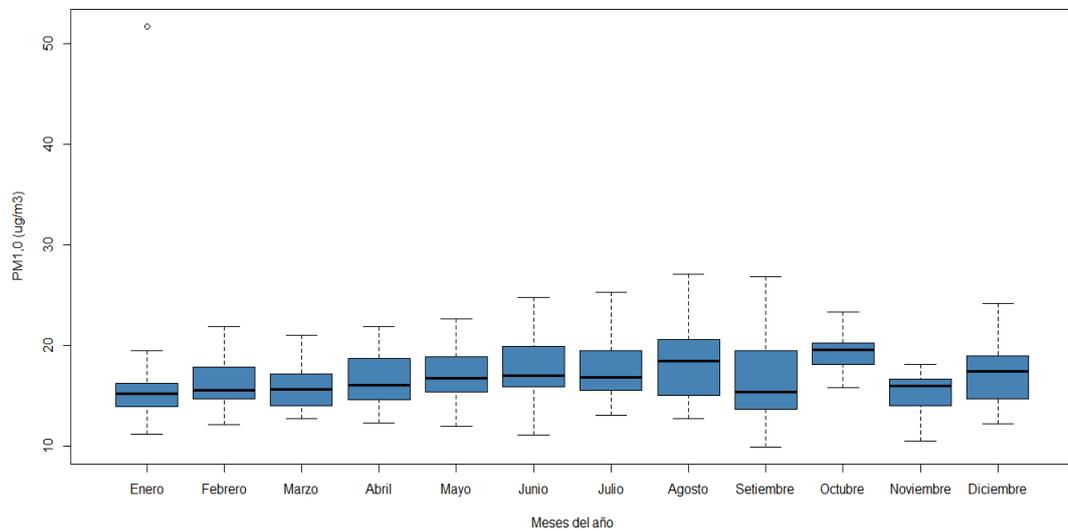


Variación mensual del PM_{1.0} para la estación móvil ubicada en el distrito de Comas durante el año 2017, con valores atípicos

- b) Diagrama de Cajas, después de eliminar los valores atípicos para la validación de los datos. Cabe resaltar que se mantiene el valor atípico de enero puesto que guarda relación con las emisiones producidas por las fiestas de año nuevo.



Variación mensual del PM₁₀ para la estación móvil ubicada en el distrito de Comas durante el año 2017, sin valores atípicos



Variación mensual del PM₁₀ para la estación móvil ubicada en el distrito de Comas durante el año 2017, sin valores atípicos

- Prueba estadística de normalidad de Anderson Darling para material particulado (PM₁₀ y PM_{1.0}).

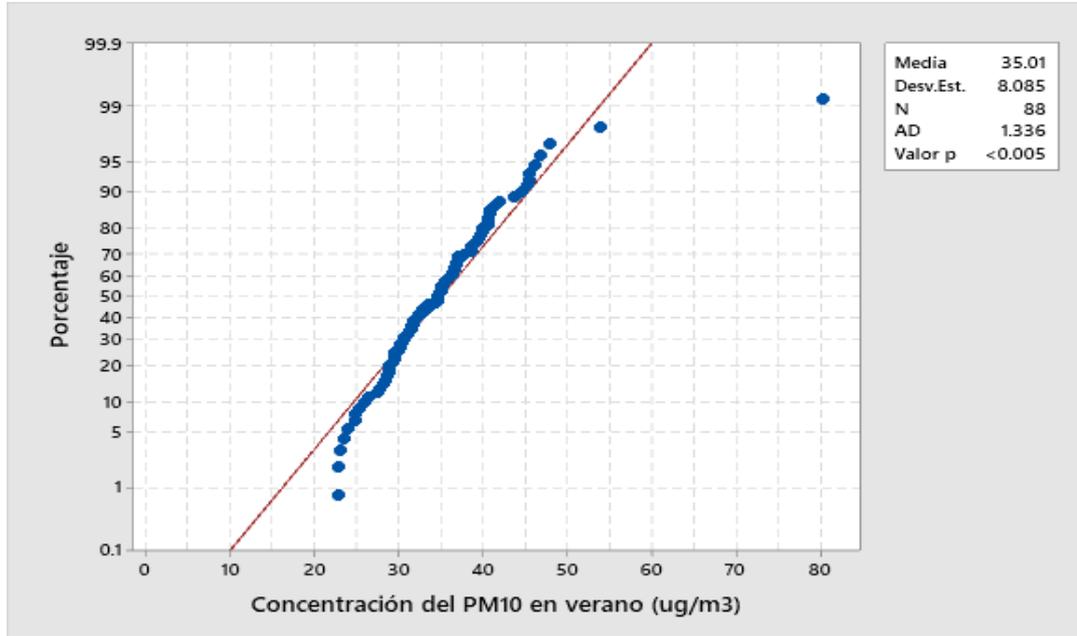


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para PM₁₀ en el verano del 2017

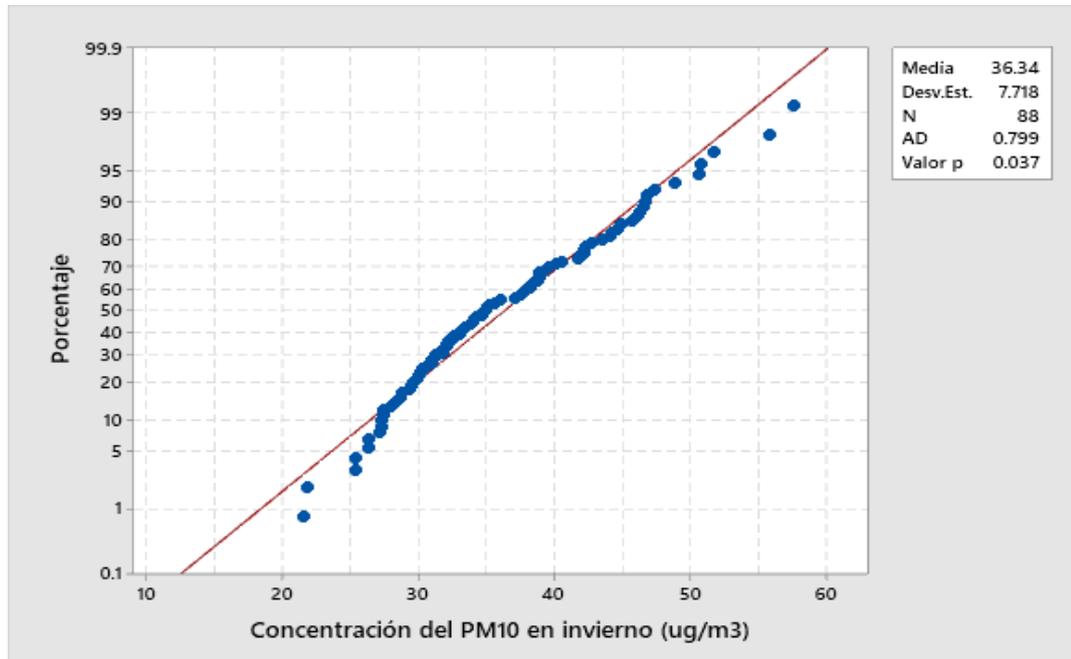


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para PM₁₀ en el invierno del 2017

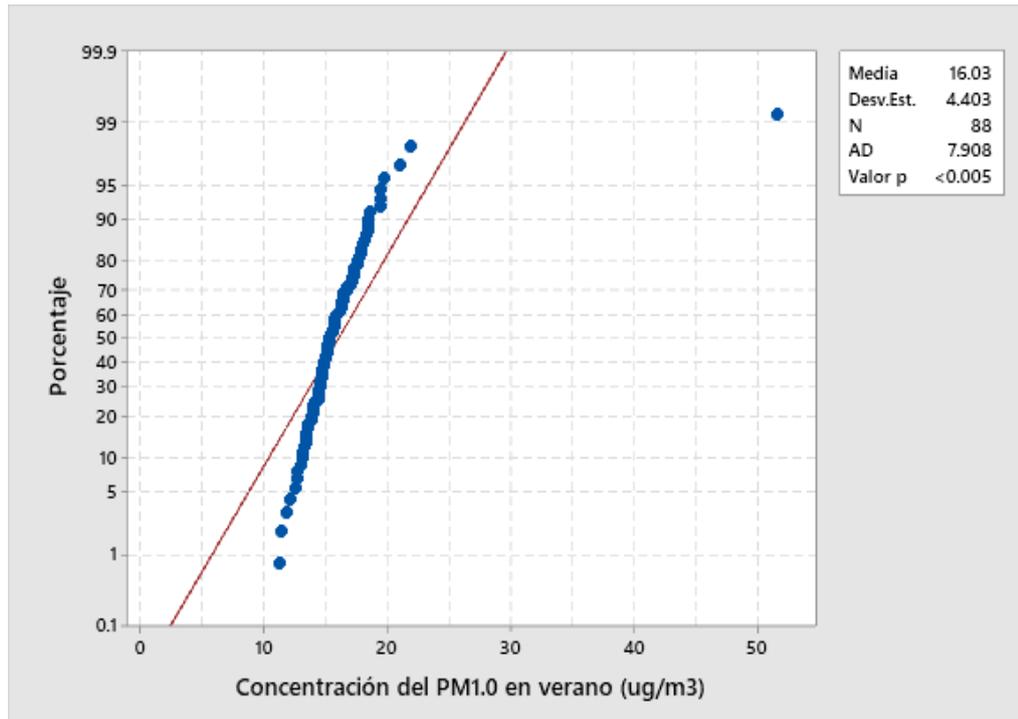


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para PM_{1.0} en verano del 2017

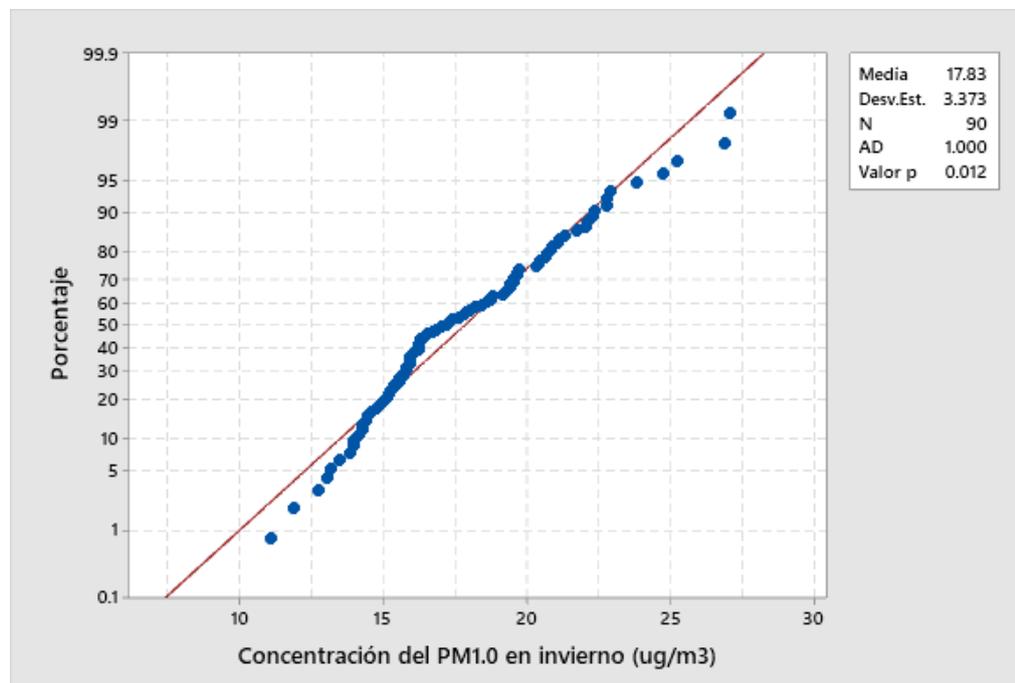


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para PM_{1.0} en el invierno del 2017

- Prueba estadística de normalidad y homogeneidad de varianzas para la temperatura del aire en verano e invierno

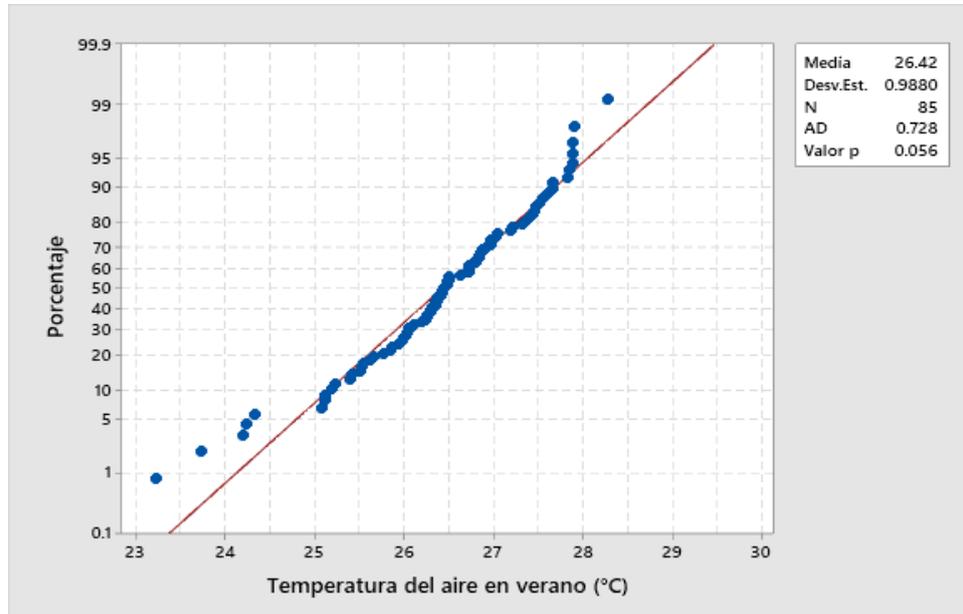


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para temperatura del aire en verano del 2017

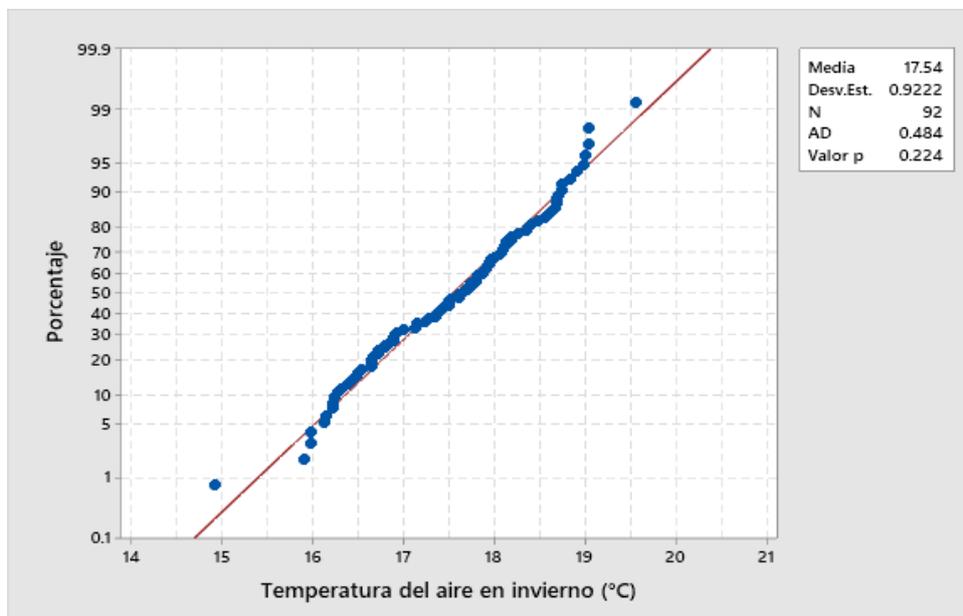


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para temperatura del aire en invierno del 2017

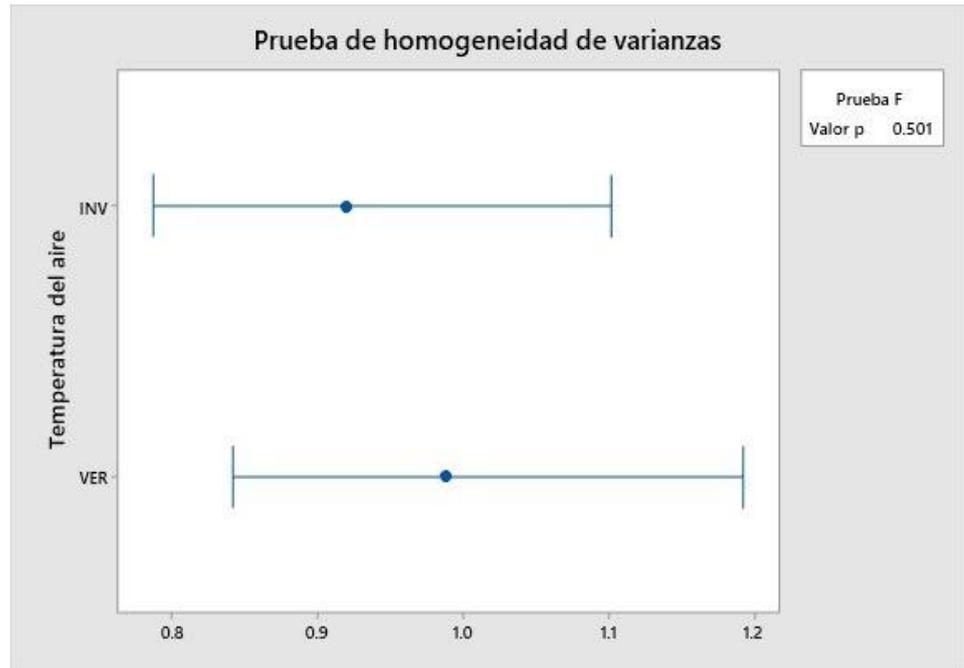


Gráfico de homogeneidad de varianzas para la temperatura del aire en invierno y verano del 2017

- **Prueba estadística de normalidad para la radiación solar en verano e invierno**

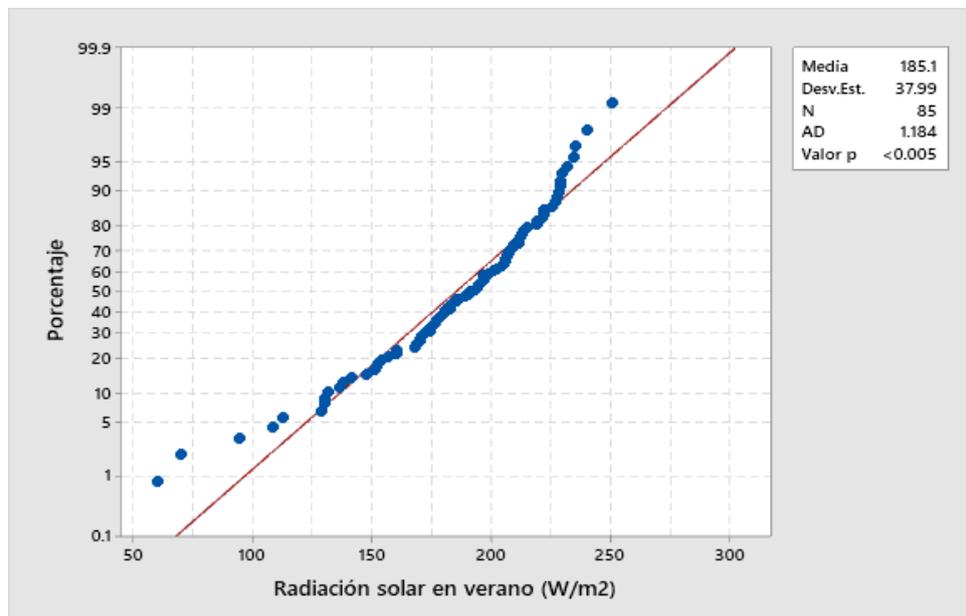


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para radiación solar en verano del 2017

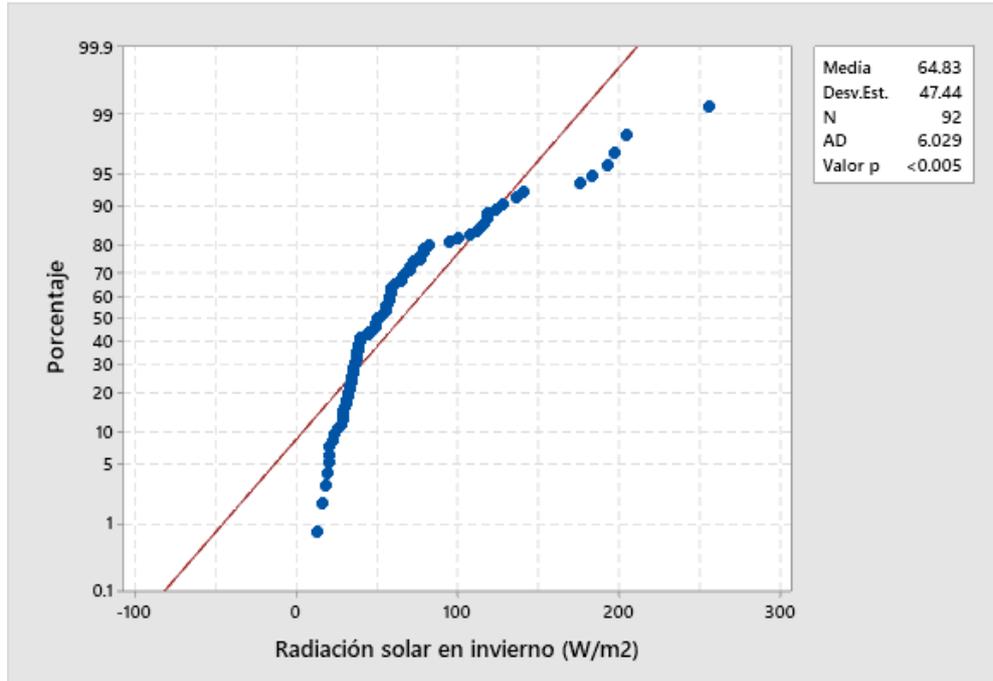


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para radiación solar en invierno del 2017

- **Prueba estadística de normalidad para el flujo vehicular en verano e invierno**

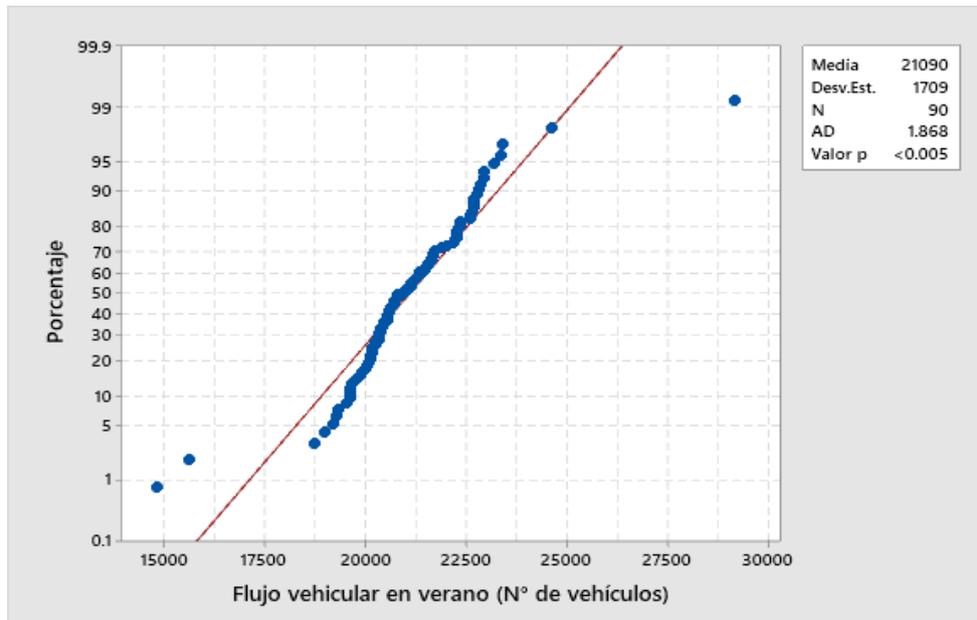


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para flujo vehicular en verano del 2017

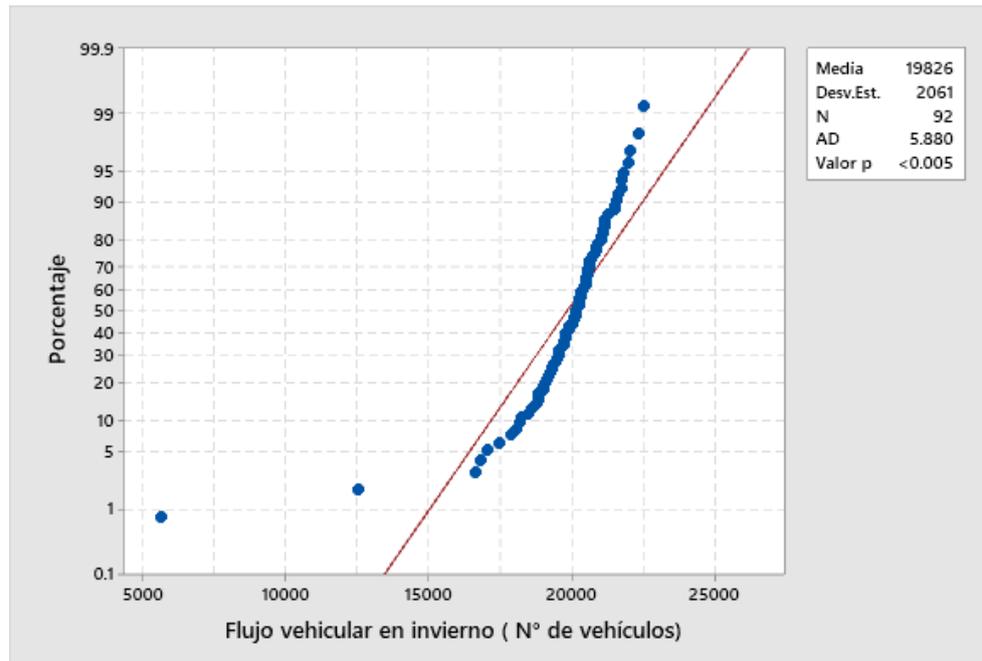
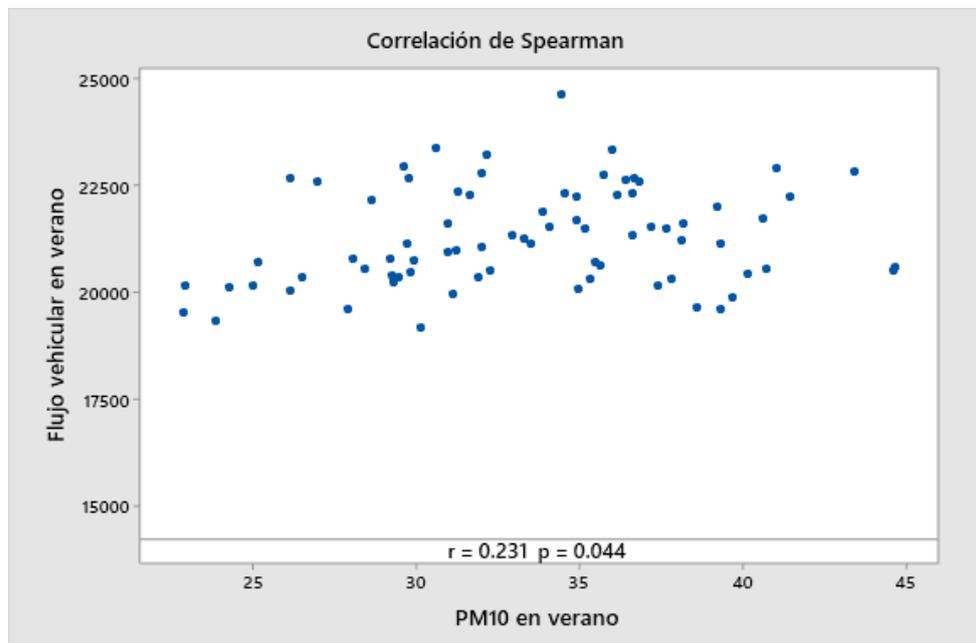
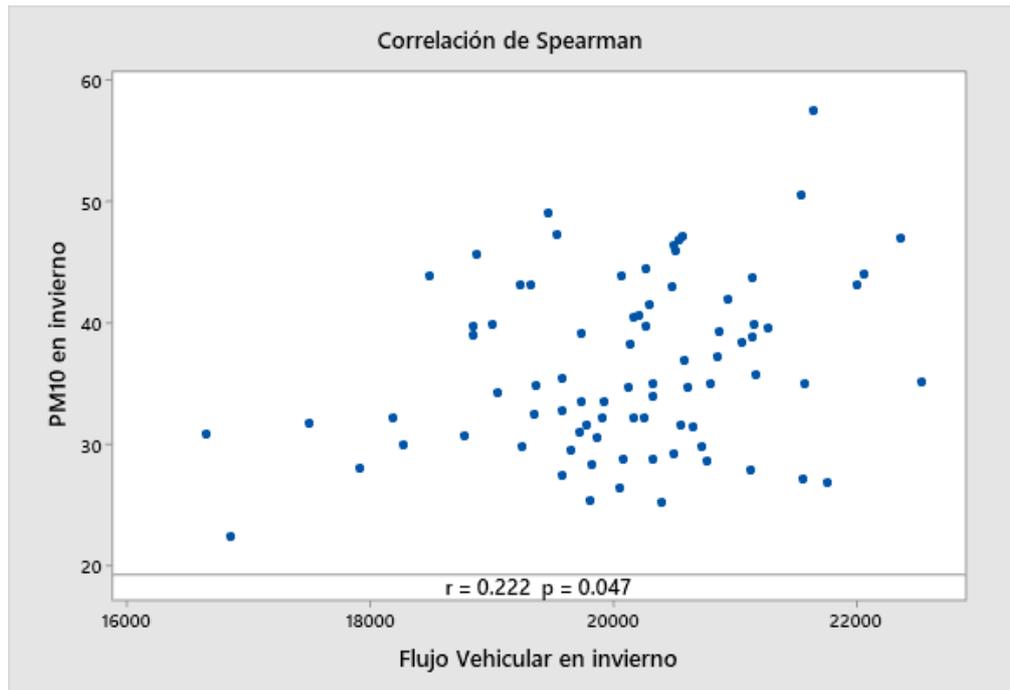


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para flujo vehicular en invierno del 2017

- **Correlación del material particulado grueso PM₁₀ y el flujo vehicular para verano e invierno**

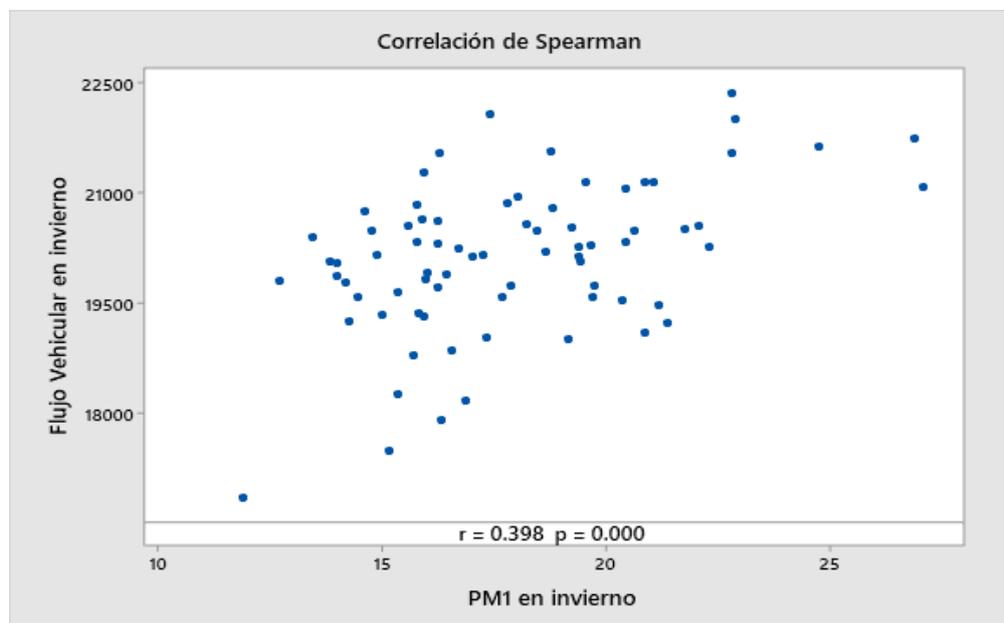


Correlación de Spearman del PM₁₀ y el flujo vehicular para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

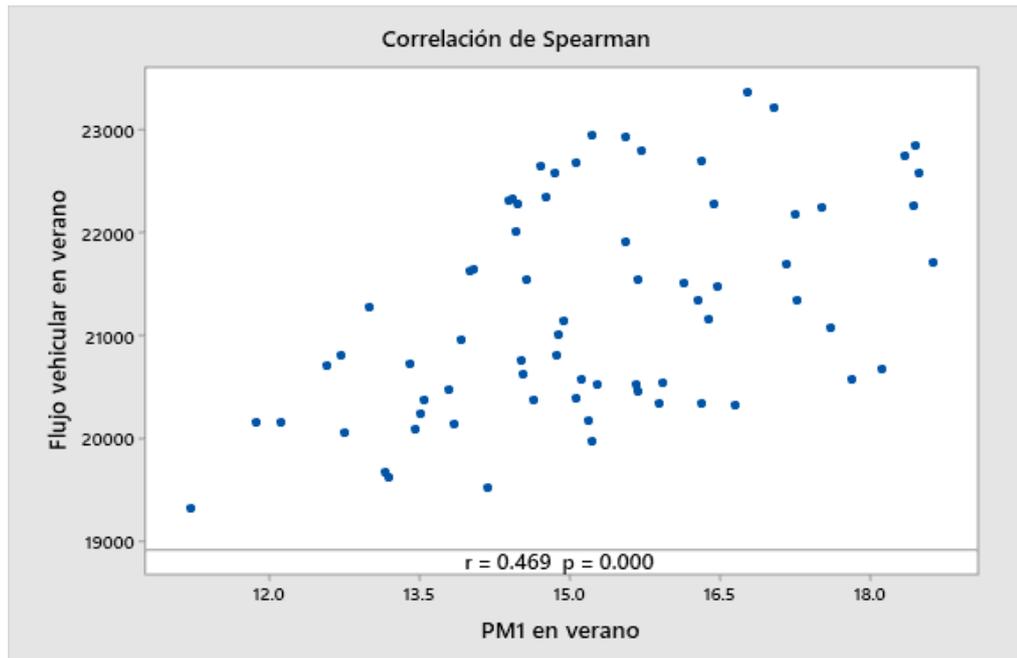


Correlación de Spearman del PM₁₀ y el flujo vehicular para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado ultrafino PM_{1.0} y el flujo vehicular para verano e invierno**

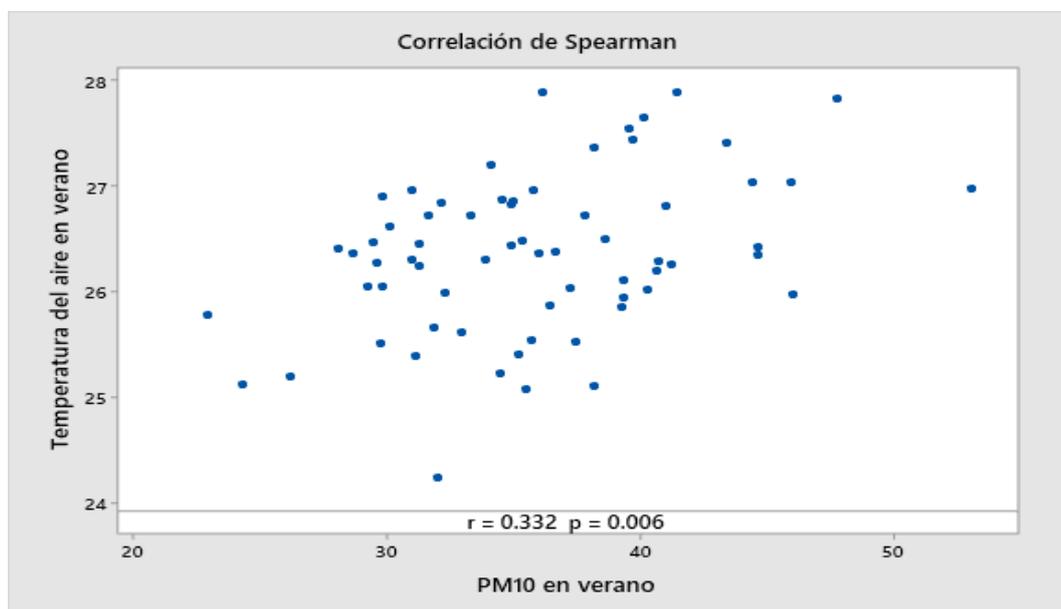


Correlación de Spearman del PM_{1.0} y el flujo vehicular para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

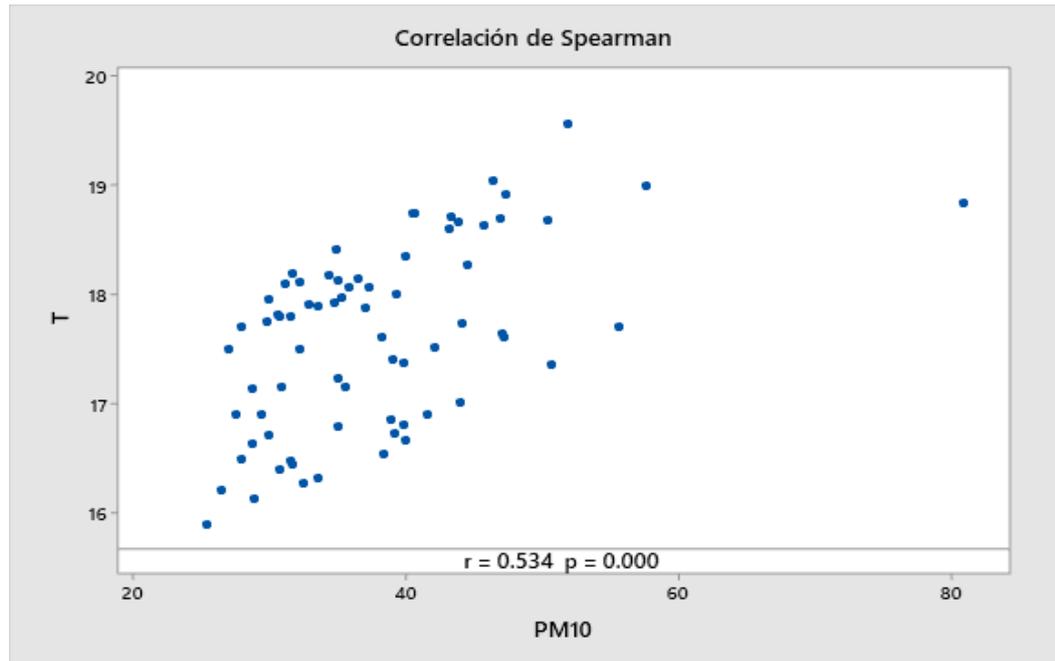


Correlación de Spearman del $PM_{1.0}$ y el flujo vehicular para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado grueso PM_{10} y la temperatura del aire para verano e invierno**

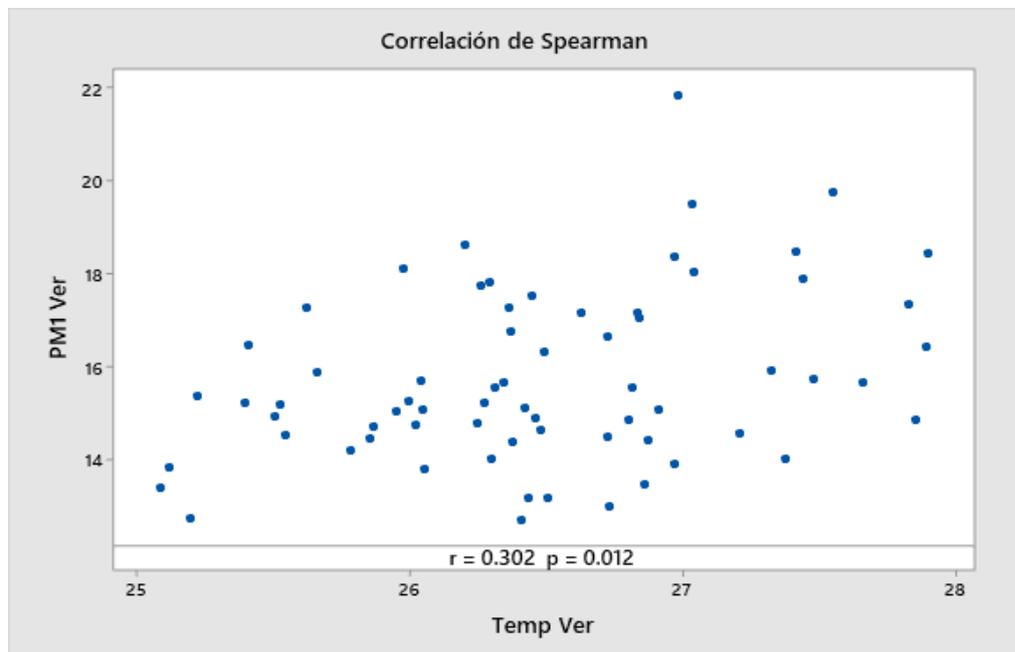


Correlación de Spearman del PM_{10} y la temperatura del aire para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

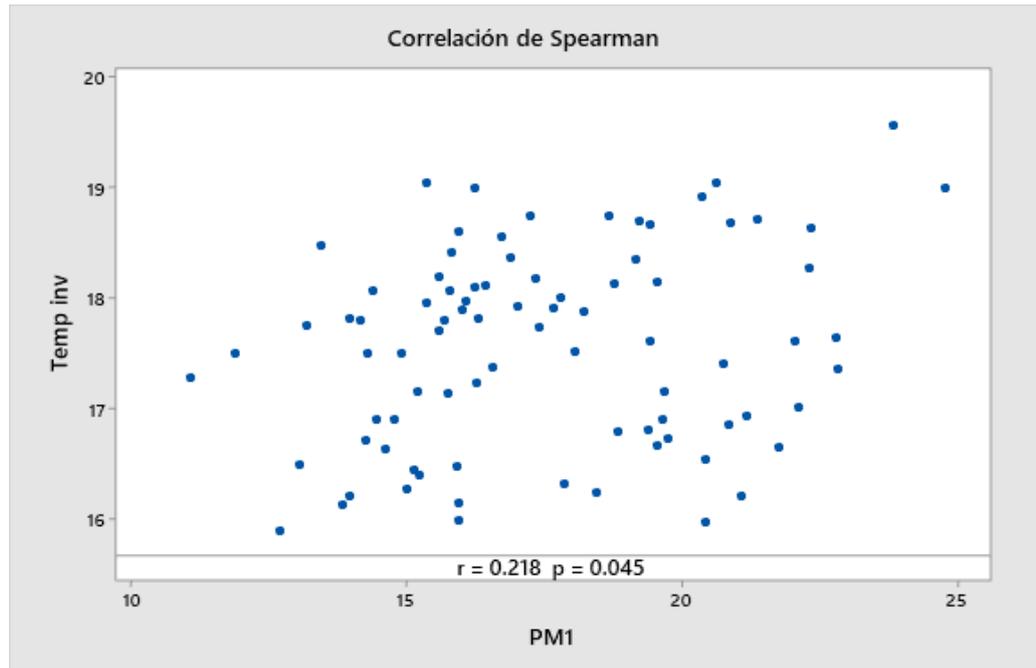


Correlación de Spearman del PM_{10} y la temperatura del aire para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado ultrafino $PM_{1.0}$ y la temperatura del aire para verano e invierno**

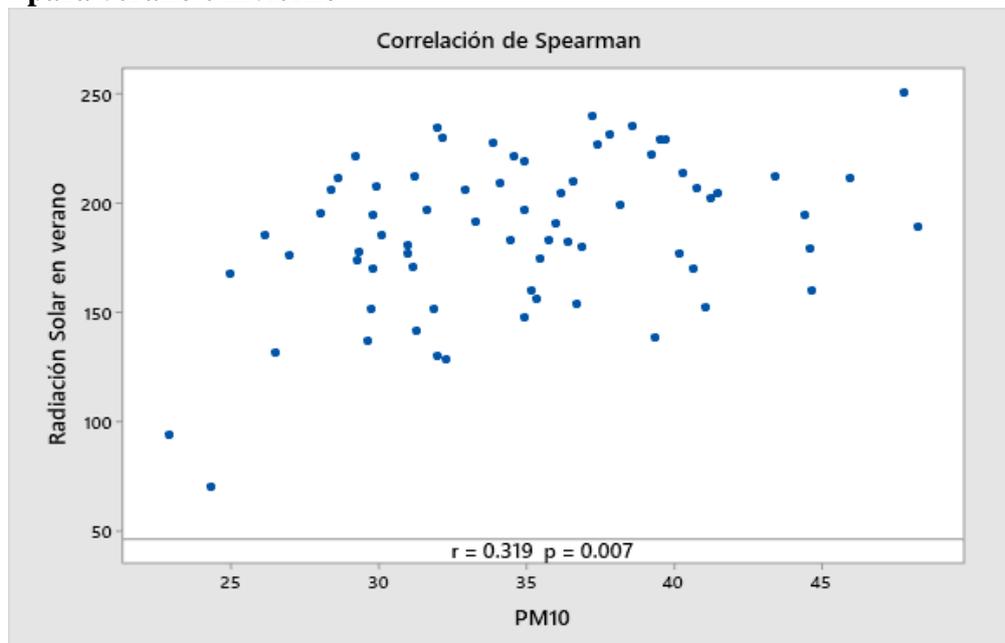


Correlación de Spearman del $PM_{1.0}$ y la temperatura del aire para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

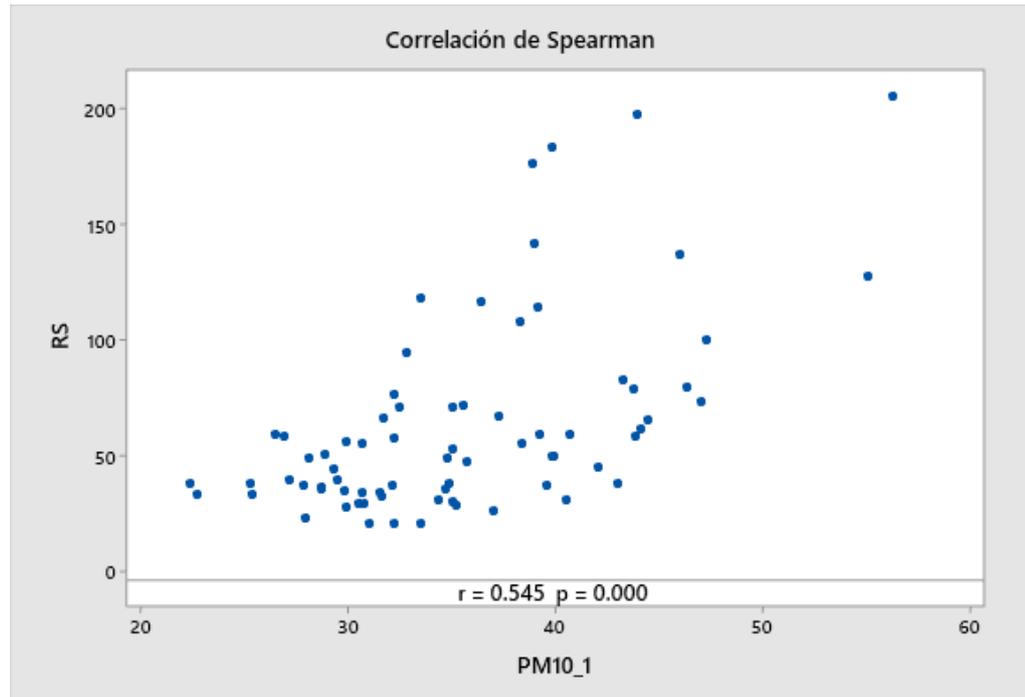


Correlación de Spearman del PM₁₀ y la temperatura del aire para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado grueso PM₁₀ y la radiación solar para verano e invierno**

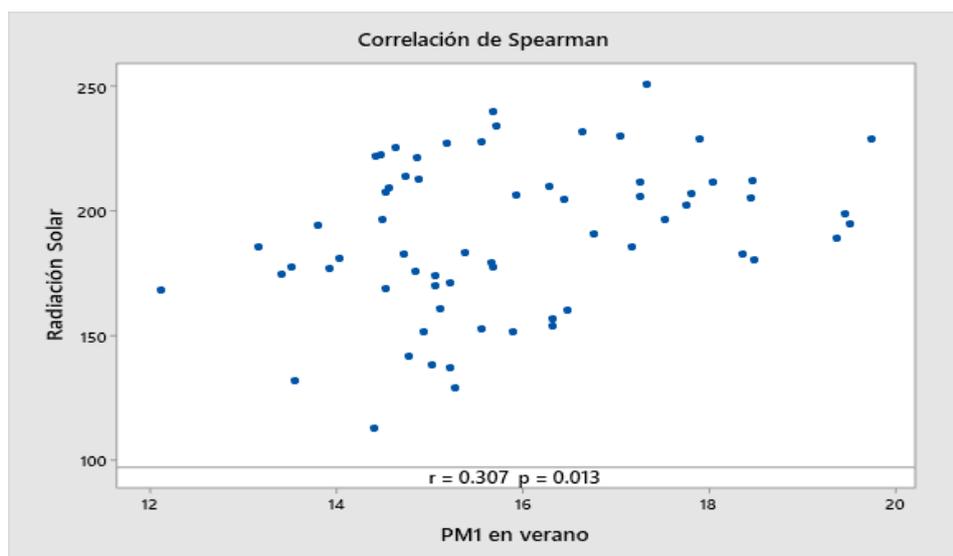


Correlación de Spearman del PM₁₀ y la radiación solar para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

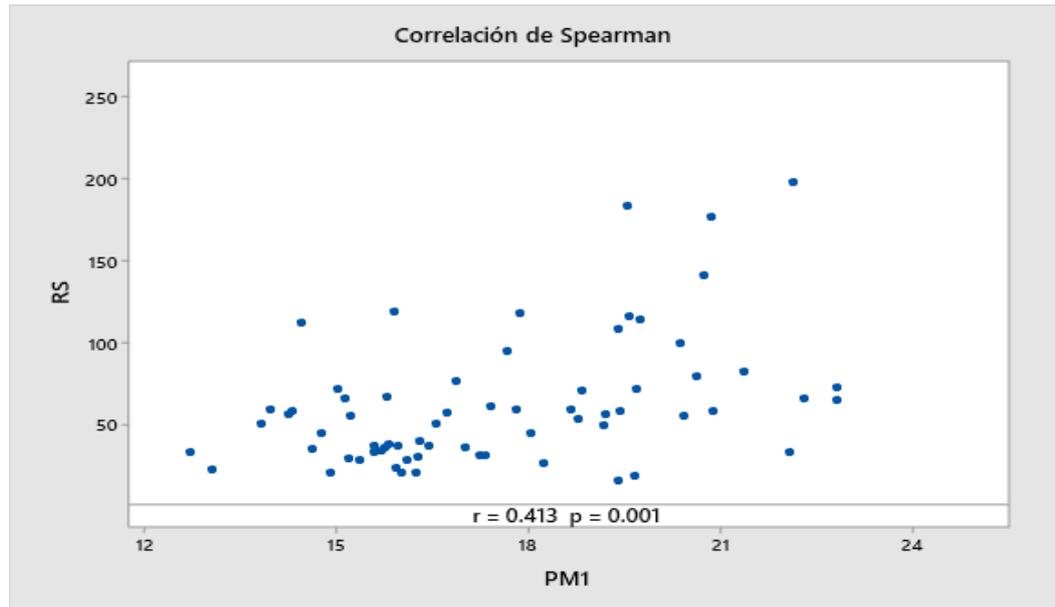


Correlación de Spearman del PM_{10} y la radiación solar para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado ultrafino $PM_{1.0}$ y la radiación solar para verano e invierno**

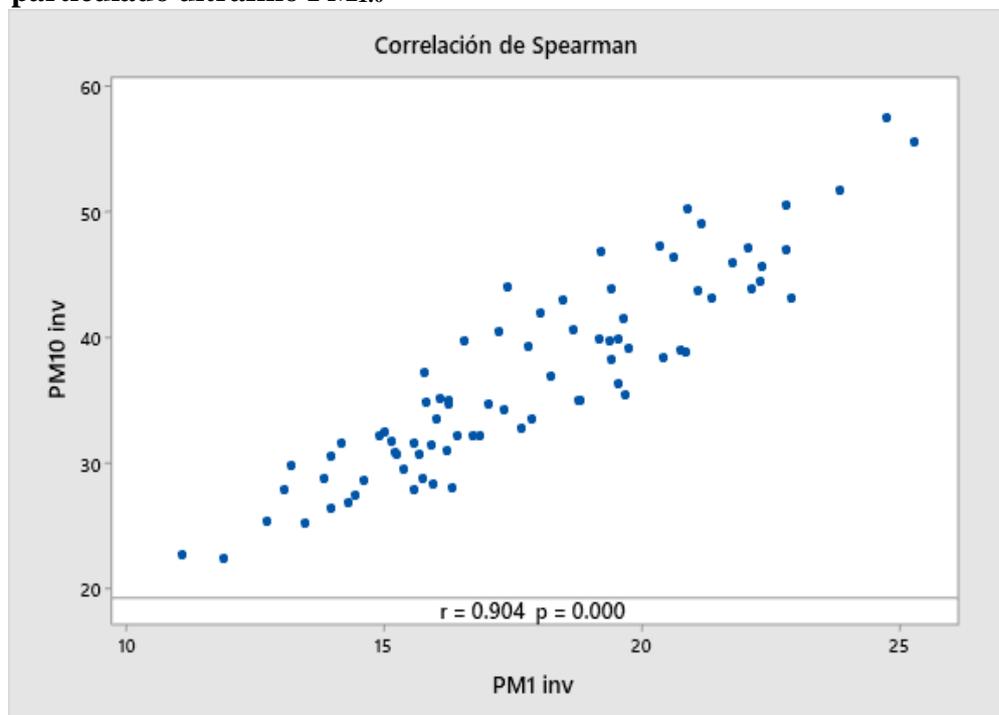


Correlación de Spearman del $PM_{1.0}$ y la radiación solar para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

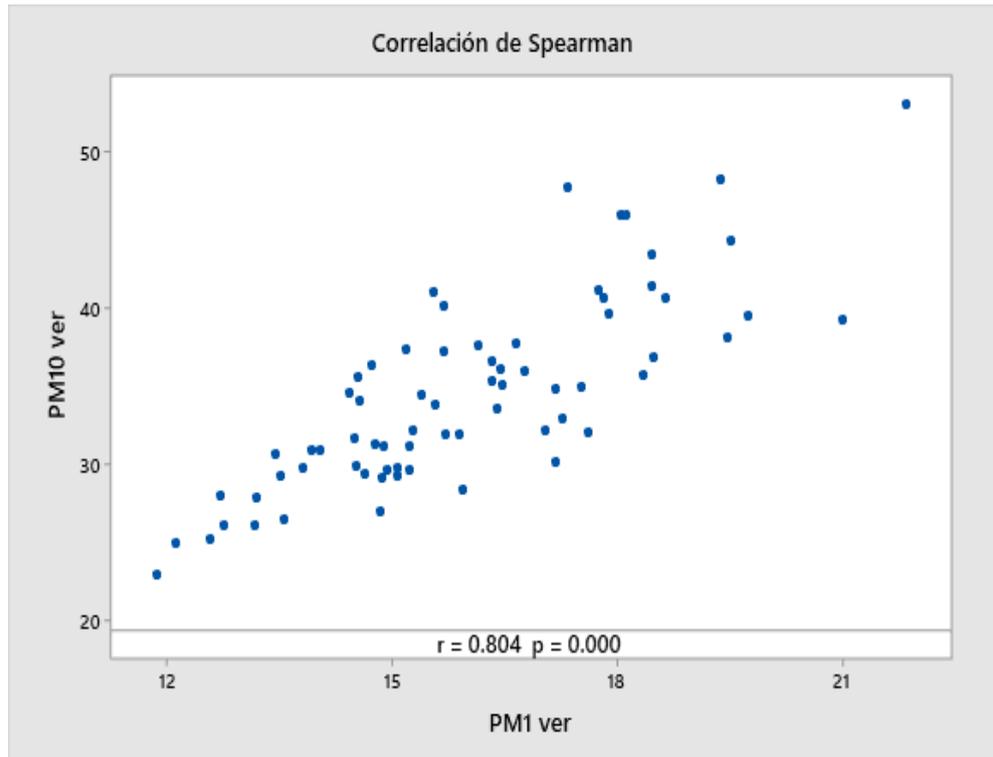


Correlación de Spearman del $PM_{1.0}$ y la radiación solar para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado grueso PM_{10} y el material particulado ultrafino $PM_{1.0}$**



Correlación de Spearman del PM_{10} y el $PM_{1.0}$ para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017



Correlación de Spearman del PM₁₀ y el PM_{1.0} para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

● Características de los equipos de monitoreo ambiental

Equipos	Marca y modelo	Número de serie	Operación, mantenimiento y calibración
Muestreador continuo de partículas ambientales	Thermo Scientific FH62C14	PM ₁₀ : E-2047 PM _{1.0} : E-2049	Fecha de última calibración: 2016 Posteriormente, la operación y mantenimiento de los equipos fue verificada cada ocho días por personal técnico acreditado de la empresa Green Group Perú S.A.C, quienes remitieron mediante informes el correcto funcionamiento de los equipos.
Sensor de temperatura del aire	Young 41342	16400	
Piranómetro	LI-COR LI200X-L	PY61970	
Contador de tráfico de cuarta generación	EIS K4	-	

VERIFICACIÓN RUTINARIAS-MUESTREADOR DE PARTICULAS						
ESTACIÓN: UNIDAD MÓVIL		ESTADO		INDICADOR		
EQUIPO: BETA FH62 C14 (PM10)		OK		●		
# DE SERIE: E-2047		FUERA DE RANGO		●		
PARÁMETRO	DIFERENCIA MÁXIMA PERMISIBLE *	FECHA: 10/10/2017			HORA: 03:00 p.m.	
		VALOR EQUIPO	VALOR VERIFICADO	DIFERENCIA	ESTADO	OBSERVACIONES
CAUDAL DE ASPIRACIÓN (%)	2	999	987	1.2	●	Flujo en litros por hora
TEMPERATURA DE CALEFACTOR (°C)	2	30	29.9	0.1	●	
TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	2	18	18.1	0.1	●	
PRESIÓN AMBIENTAL (mmHg)	30	744.8	744.5	0.3	●	
FILTRO DE MUESTREO	---	---	OK	---	●	
* Según lo indicado en los puntos 4.2.4.2 y 5.11.1 del Manual de Instrucciones y la sección 12.1.13 del QA Handbook. Vol II-EPA						
EQUIPO: BETA FH62 C14 (PM1.0)		ESTADO		INDICADOR		
# DE SERIE: E-2049		OK		●		
		FUERA DE RANGO		●		
PARÁMETRO	DIFERENCIA MÁXIMA PERMISIBLE *	FECHA: 10/10/2017			HORA: 03:30 p.m.	
		VALOR EQUIPO	VALOR VERIFICADO	DIFERENCIA	ESTADO	OBSERVACIONES
CAUDAL DE ASPIRACIÓN (%)	2	1000	1007.4	0.7	●	Flujo en litros por hora
TEMPERATURA DE CALEFACTOR (°C)	2	30	28.9	1.1	●	
TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	2	17	17.5	0.5	●	
PRESIÓN AMBIENTAL (mmHg)	30	744.0	744.9	0.9	●	
FILTRO DE MUESTREO	---	---	OK	---	●	
* Según lo indicado en los puntos 4.2.4.2 y 5.11.1 del Manual de Instrucciones y la sección 12.1.13 del QA Handbook. Vol II-EPA						
EQUIPO: 9012 MAAP (HOLLÍN EN PM1.0)		ESTADO		INDICADOR		
# DE SERIE: 142		OK		●		
		FUERA DE RANGO		●		
PARÁMETRO	DIFERENCIA MÁXIMA PERMISIBLE **	FECHA: 10/10/2017			HORA: 04:00 p.m.	
		VALOR EQUIPO	VALOR VERIFICADO	DIFERENCIA	ESTADO	OBSERVACIONES
CAUDAL DE ASPIRACIÓN (%)	5	1003	1001.4	0.2	●	Flujo en litros por hora
TEMPERATURA DE CALEFACTOR (°C)	2	40	41.1	1.1	●	
TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	2	18	18.1	0.1	●	
PRESIÓN AMBIENTAL (mmHg)	30	744.0	744.9	0.1	●	
FILTRO DE MUESTREO	---	---	OK	---	●	
** Según lo indicado en el Capítulo 5 del Manual de Instrucciones y la sección 12.1.13 del QA Handbook. Vol II-EPA						

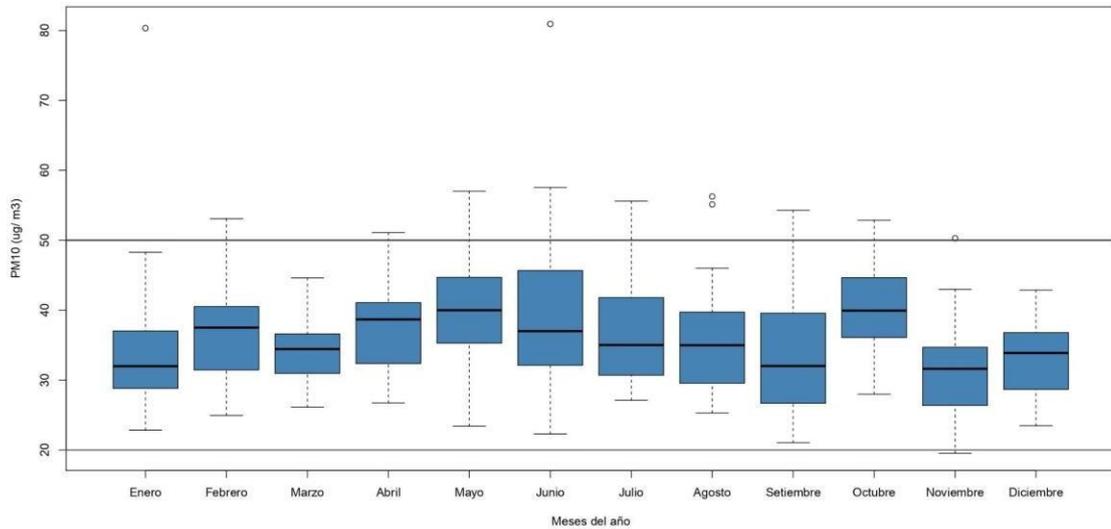
JORGE LUIS HUALPA AMABLE
INGENIERO QUÍMICO
REG. CIP N° 124659

FO-PR-PR-01-05

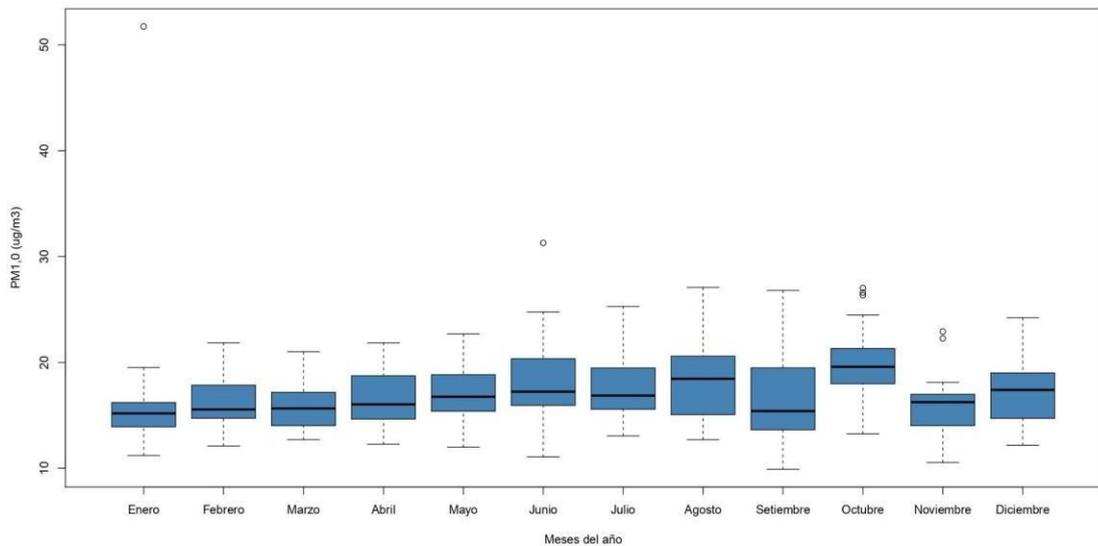
Informe de verificación del correcto funcionamiento de los equipos realizados cada ocho días por personal de la empresa Green Group Perú S.A.C.

● **Diagrama de Cajas para material particulado (PM₁₀ y PM_{1.0}) mensual**

a) Diagrama de Cajas, en donde se identifican los valores atípicos para la validación de los datos.

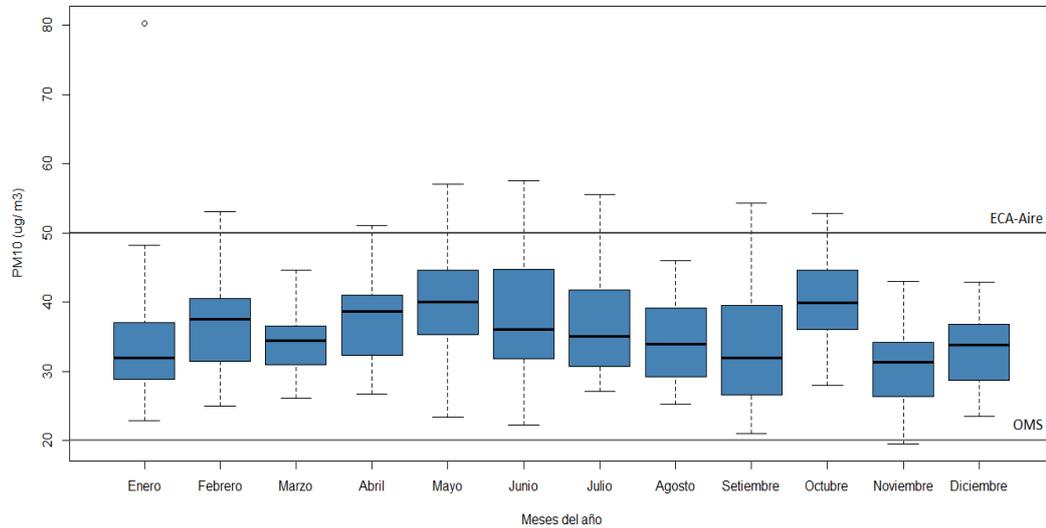


Variación mensual del PM₁₀ para la estación móvil ubicada en el distrito de Comas durante el año 2017, con valores atípicos

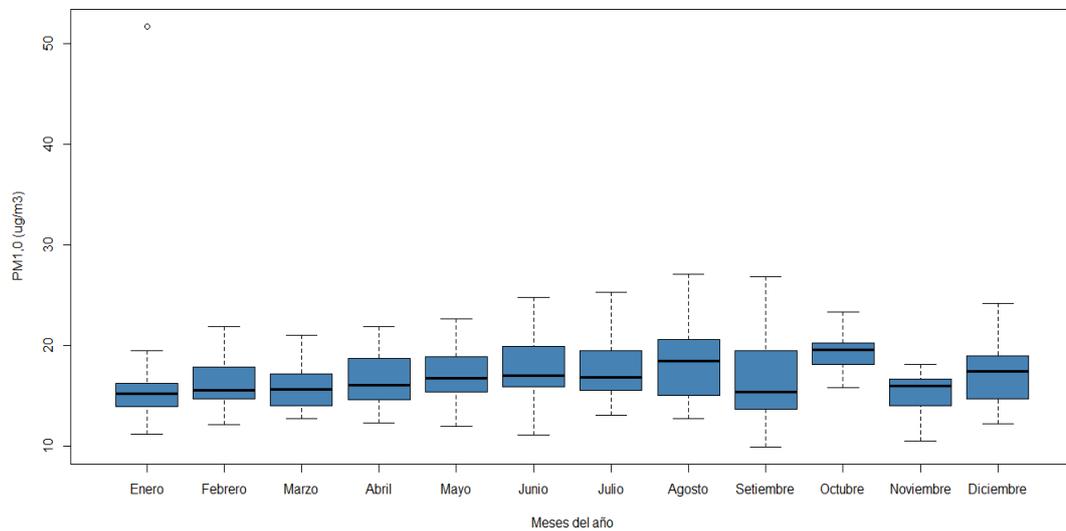


Variación mensual del PM_{1.0} para la estación móvil ubicada en el distrito de Comas durante el año 2017, con valores atípicos

b) Diagrama de Cajas, después de eliminar los valores atípicos para la validación de los datos. Cabe resaltar que se mantiene el valor atípico de enero puesto que guarda relación con las emisiones producidas por las fiestas de año nuevo.



Variación mensual del PM₁₀ para la estación móvil ubicada en el distrito de Comas durante el año 2017, sin valores atípicos



Variación mensual del PM₁₀ para la estación móvil ubicada en el distrito de Comas durante el año 2017, sin valores atípicos

- Prueba estadística de normalidad de Anderson Darling para material particulado (PM₁₀ y PM_{1.0}).

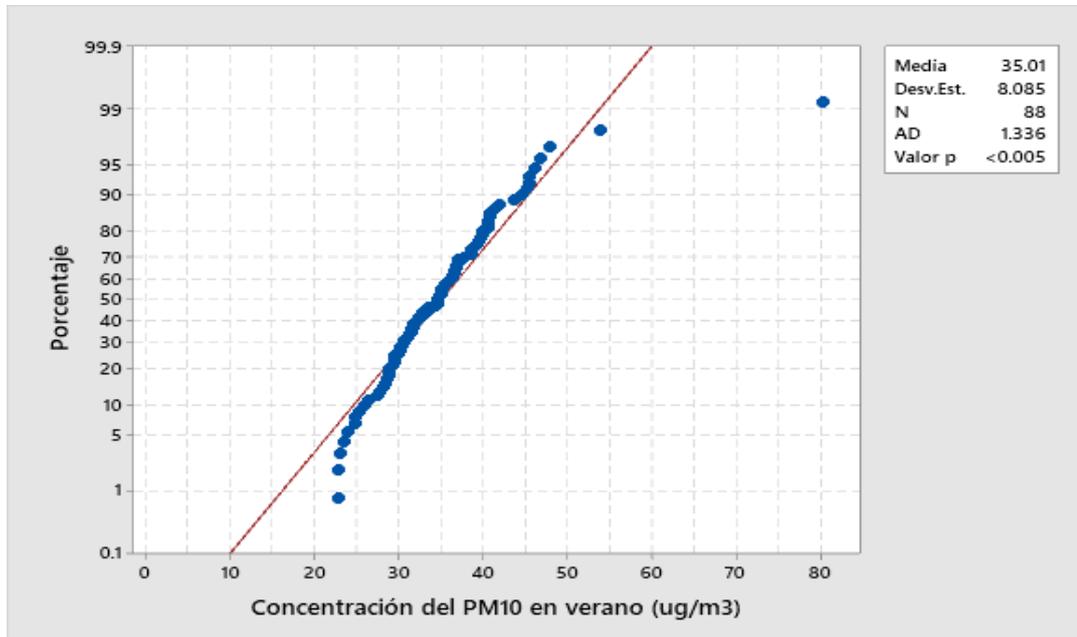


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para PM₁₀ en el verano del 2017

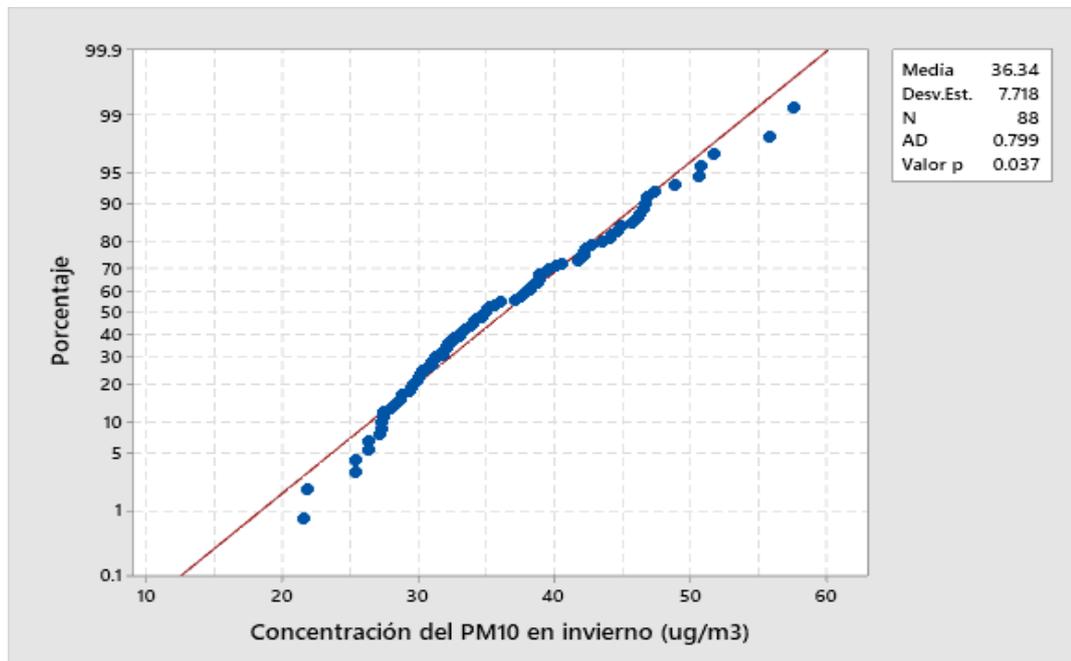


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para PM₁₀ en el invierno del 2017

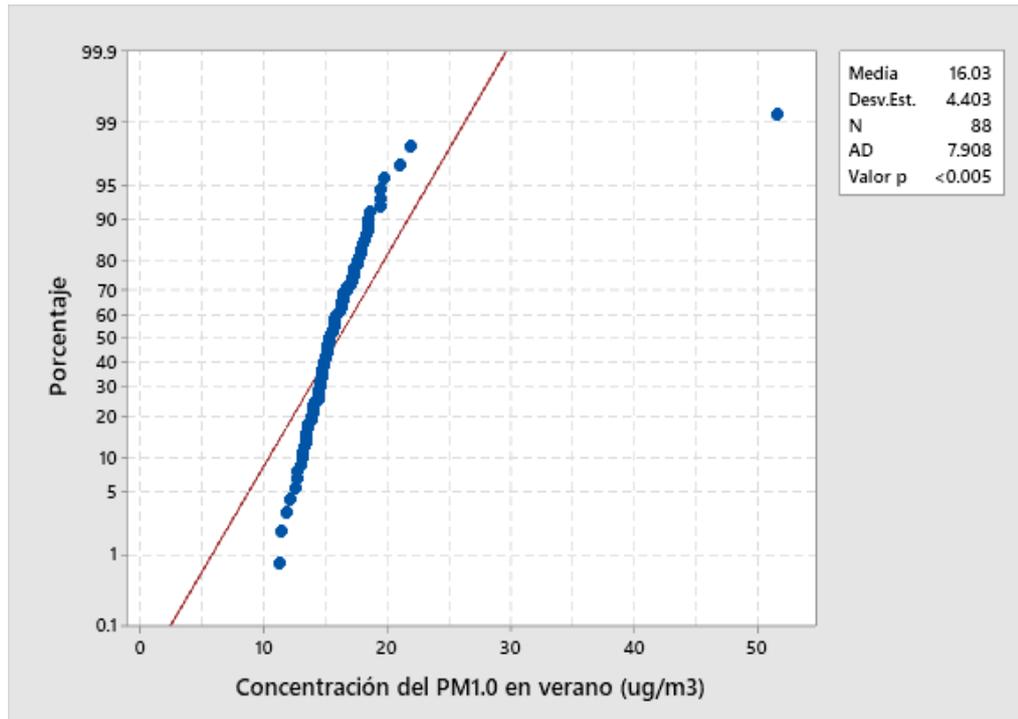


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para PM_{1.0} en verano del 2017

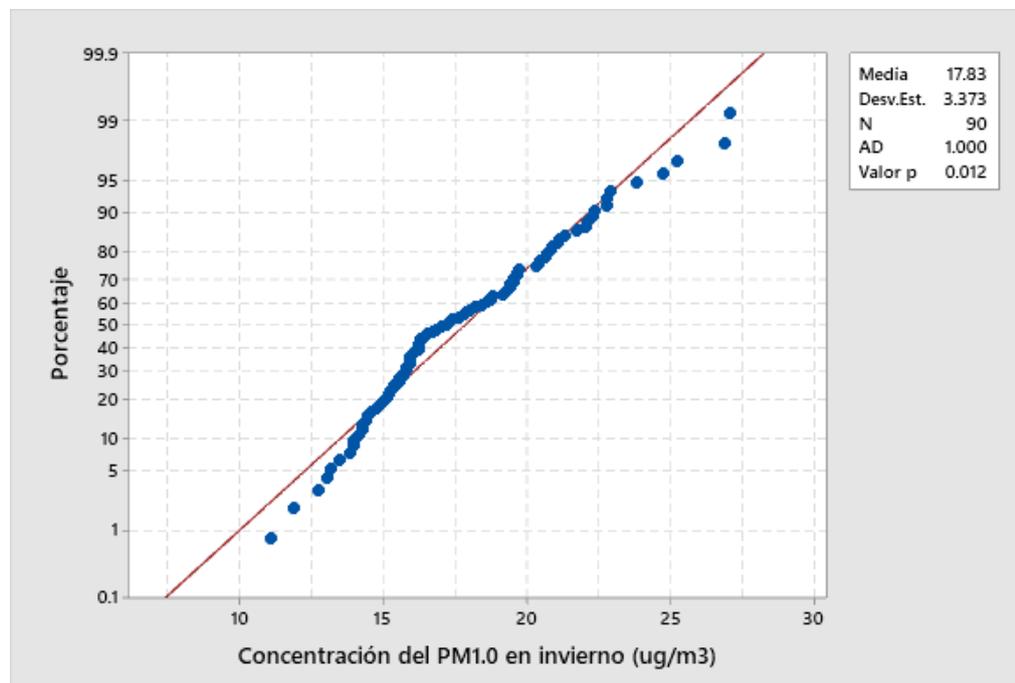


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para PM_{1.0} en el invierno del 2017

- Prueba estadística de normalidad y homogeneidad de varianzas para la temperatura del aire en verano e invierno

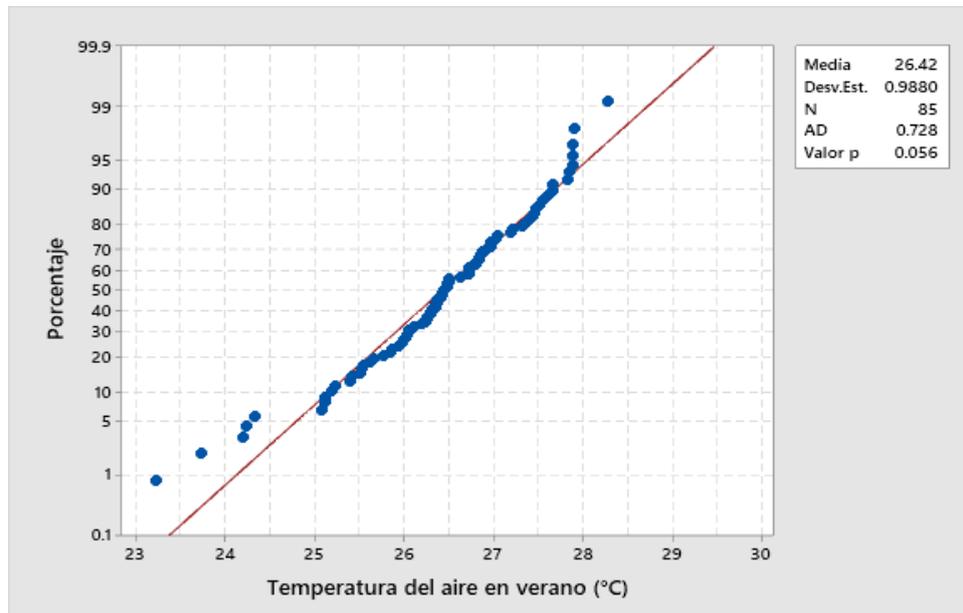


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para temperatura del aire en verano del 2017

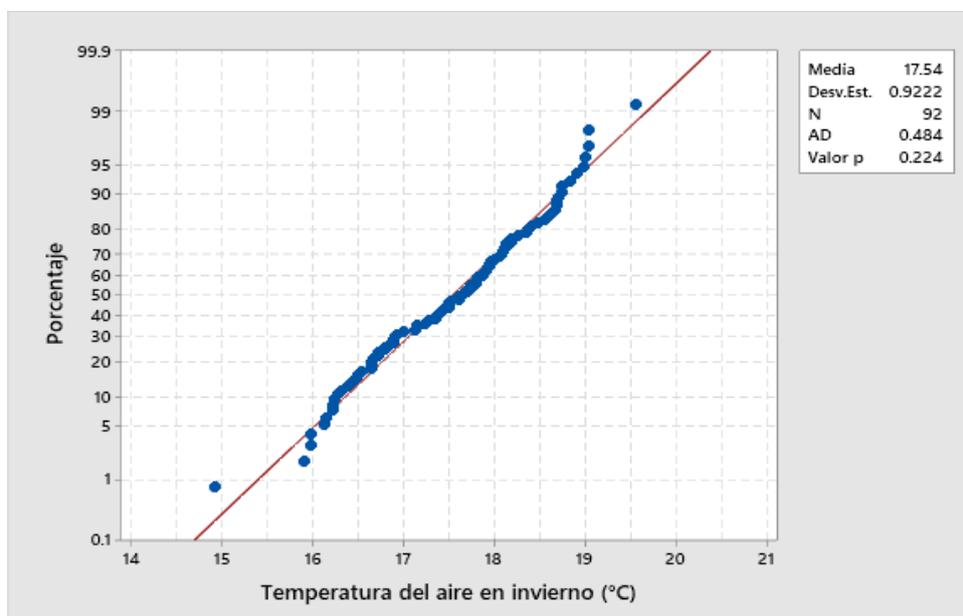


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para temperatura del aire en invierno del 2017

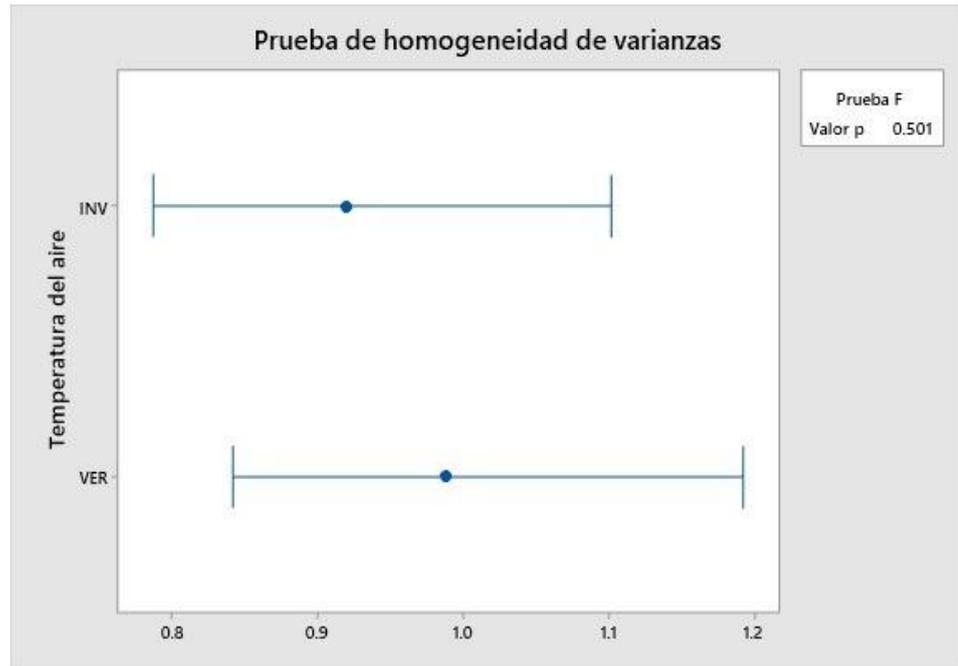


Gráfico de homogeneidad de varianzas para la temperatura del aire en invierno y verano del 2017

- **Prueba estadística de normalidad para la radiación solar en verano e invierno**

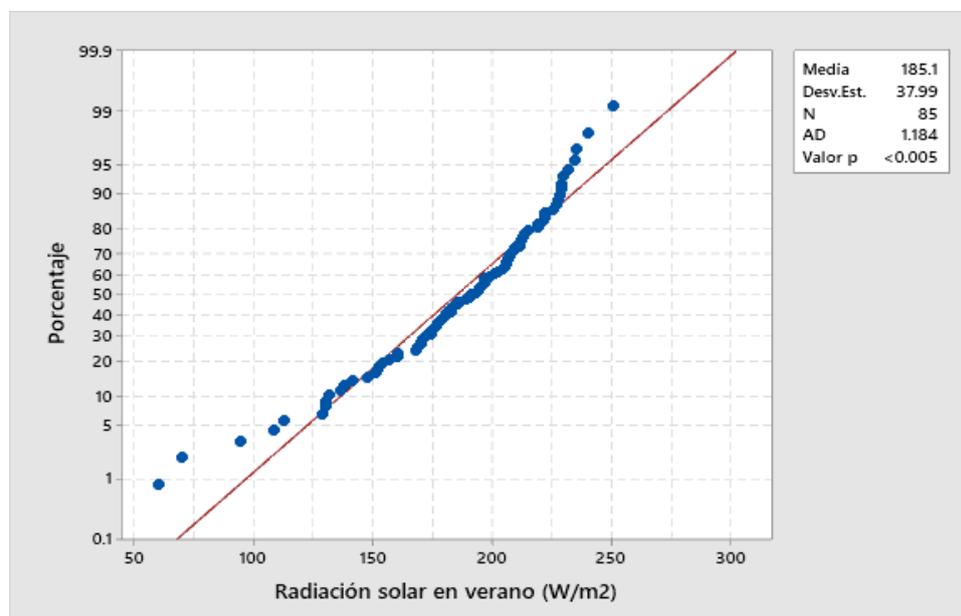


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para radiación solar en verano del 2017

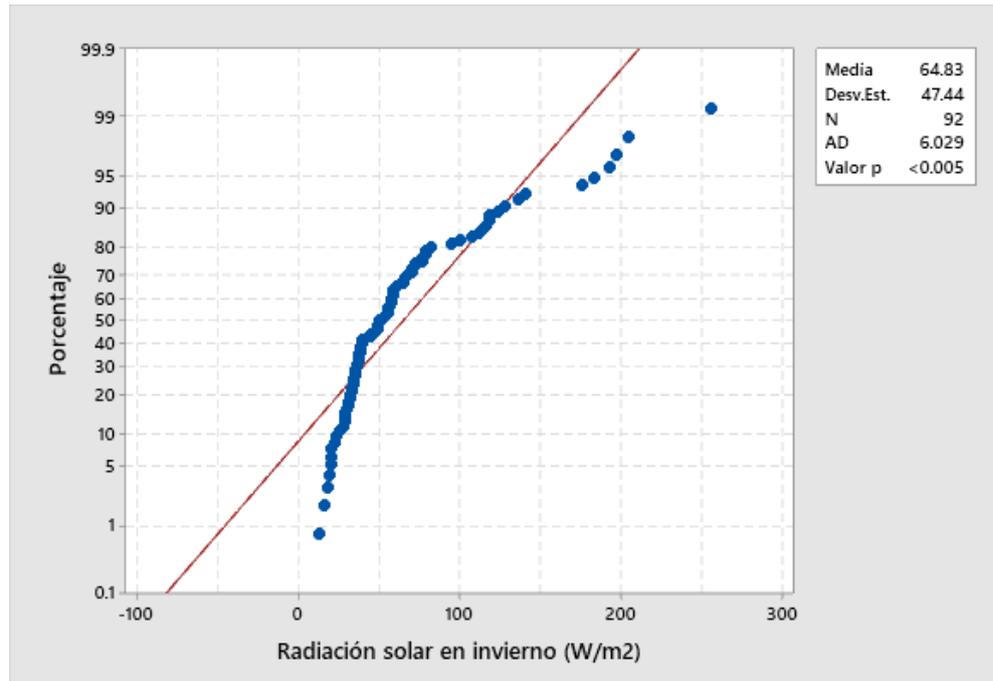


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para radiación solar en invierno del 2017

- **Prueba estadística de normalidad para el flujo vehicular en verano e invierno**

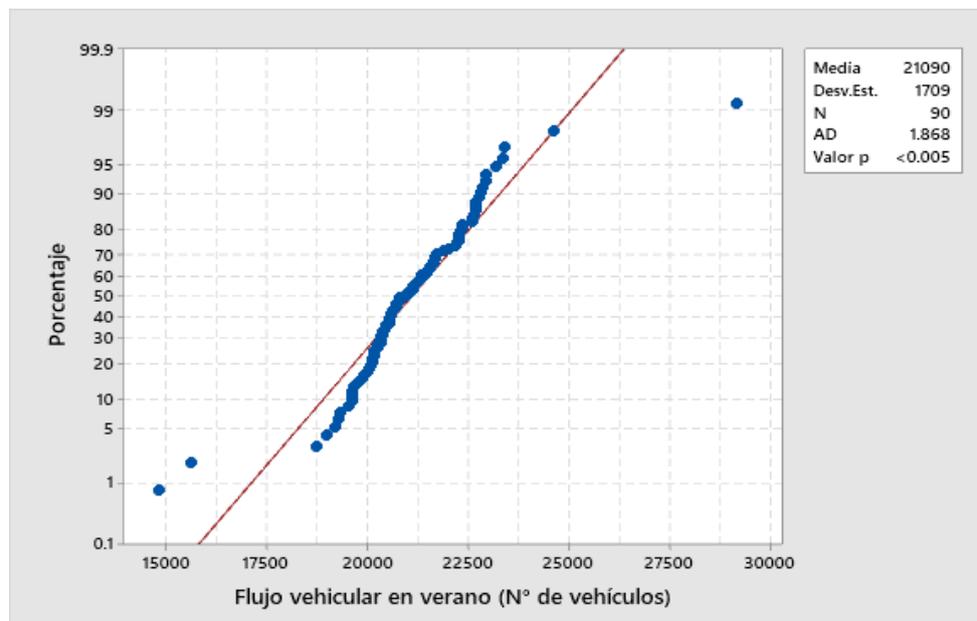


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para flujo vehicular en verano del 2017

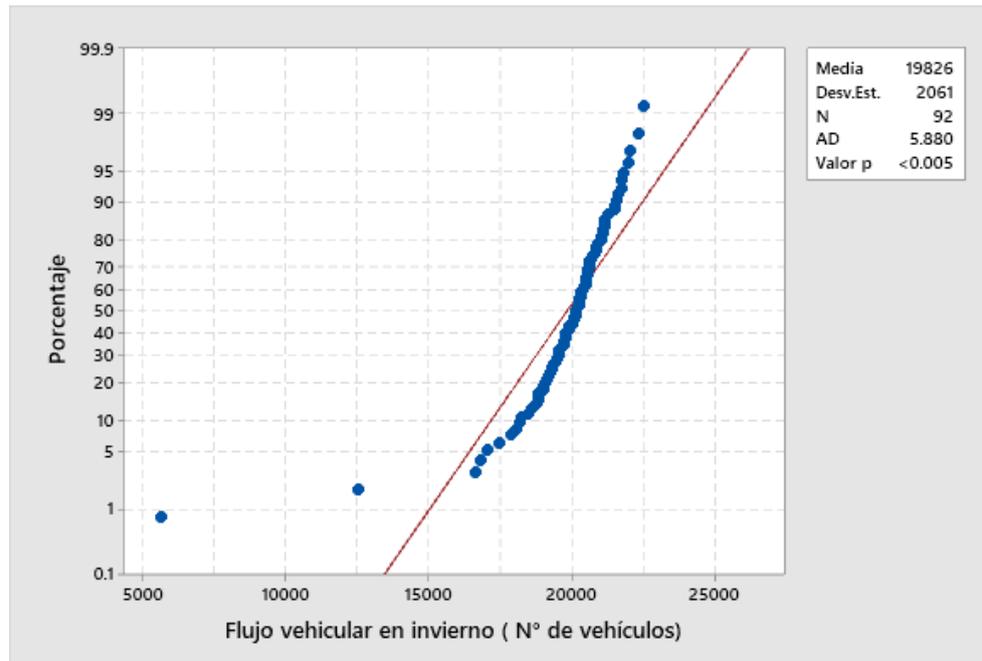
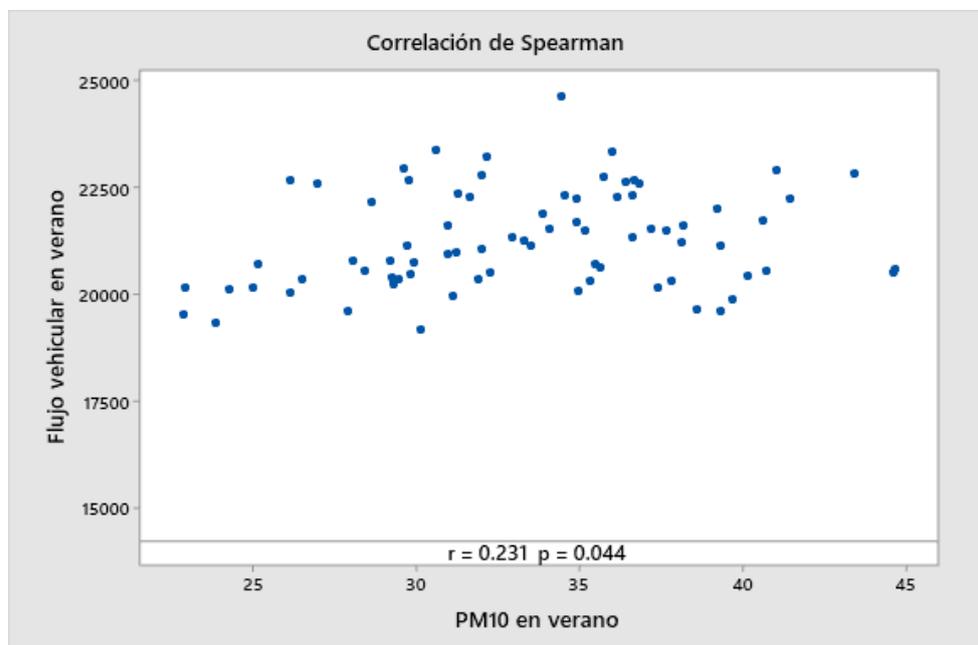
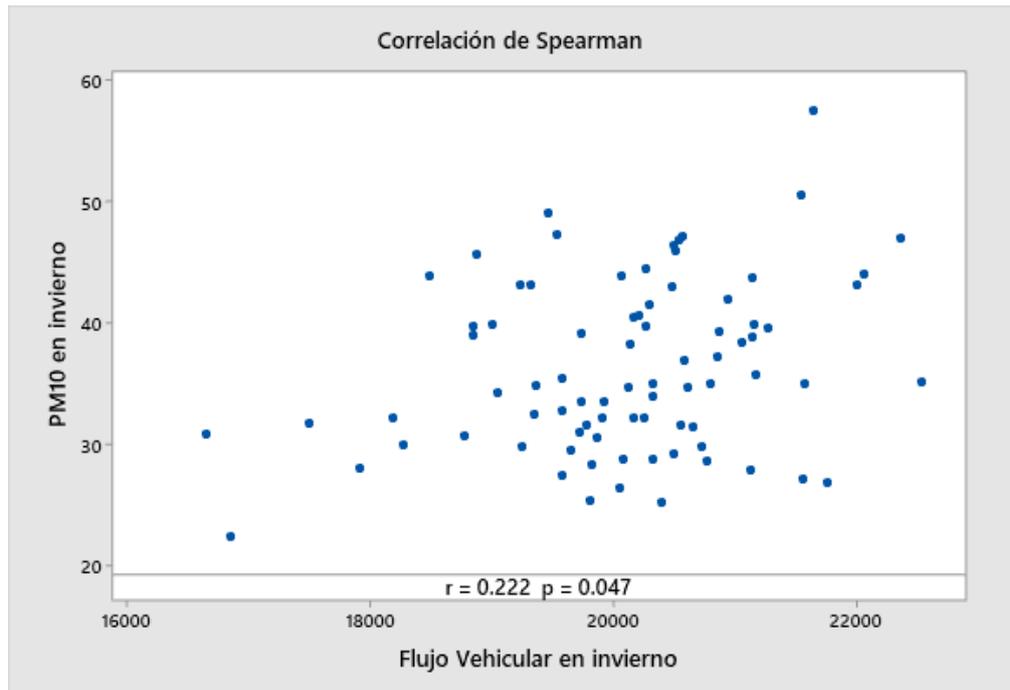


Gráfico de la prueba estadística de normalidad para flujo vehicular en invierno del 2017

- **Correlación del material particulado grueso PM₁₀ y el flujo vehicular para verano e invierno**

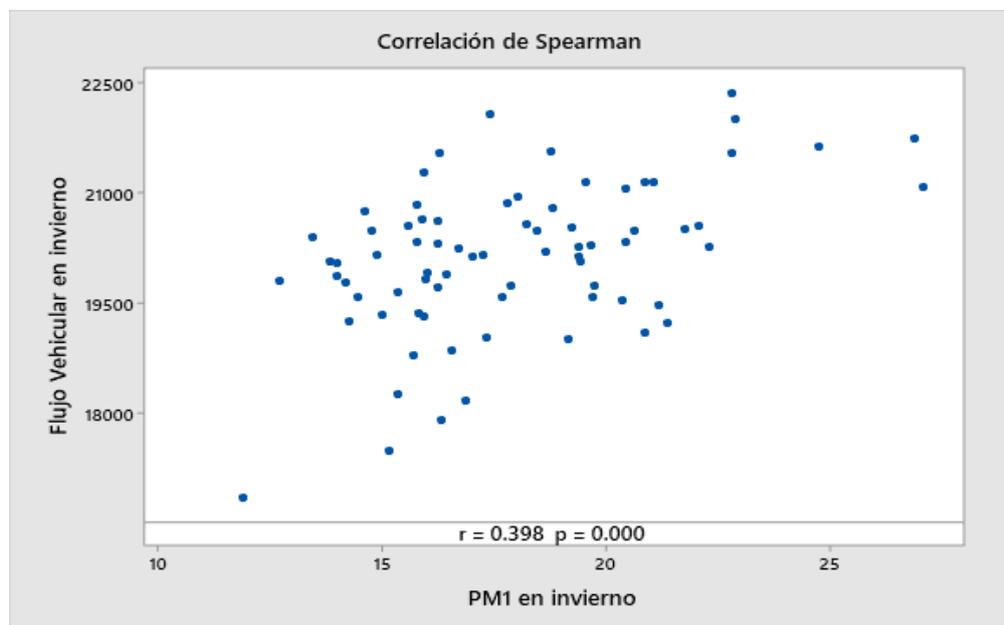


Correlación de Spearman del PM₁₀ y el flujo vehicular para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

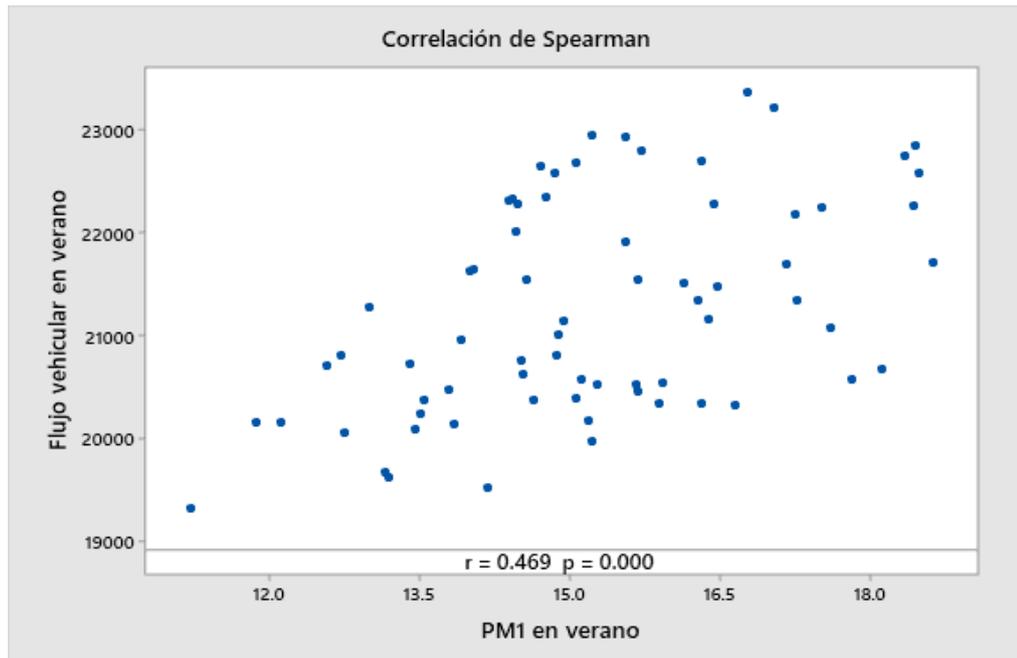


Correlación de Spearman del PM₁₀ y el flujo vehicular para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado ultrafino PM_{1.0} y el flujo vehicular para verano e invierno**

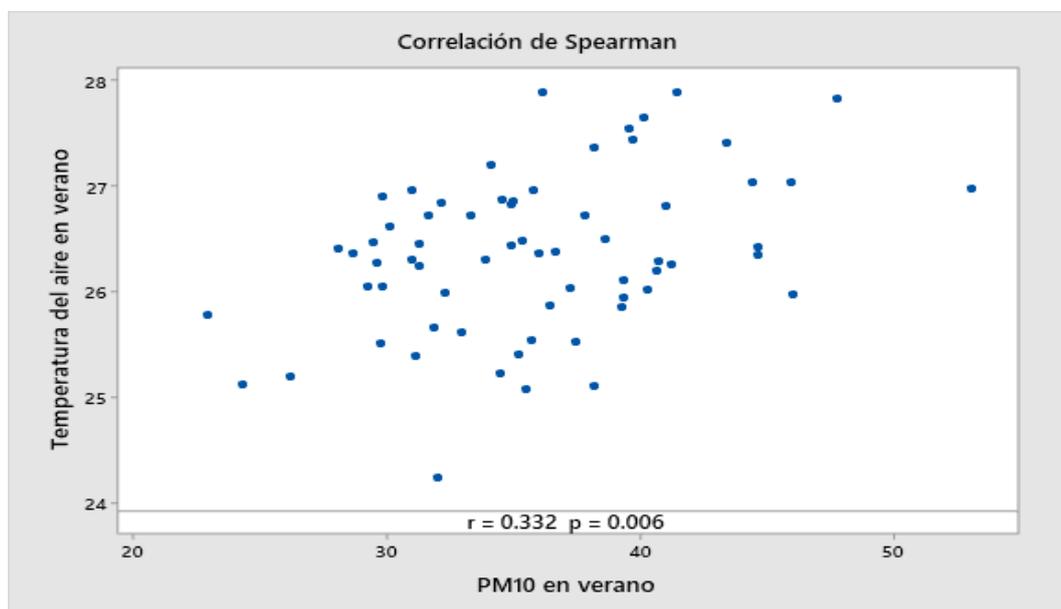


Correlación de Spearman del PM_{1.0} y el flujo vehicular para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

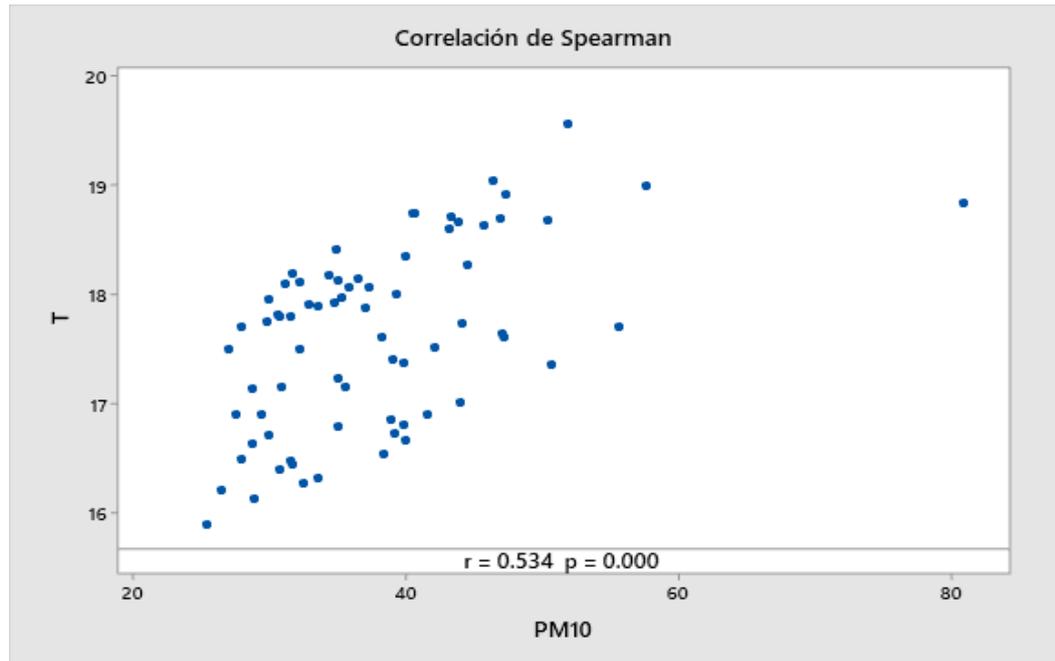


Correlación de Spearman del $PM_{1.0}$ y el flujo vehicular para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado grueso PM_{10} y la temperatura del aire para verano e invierno**

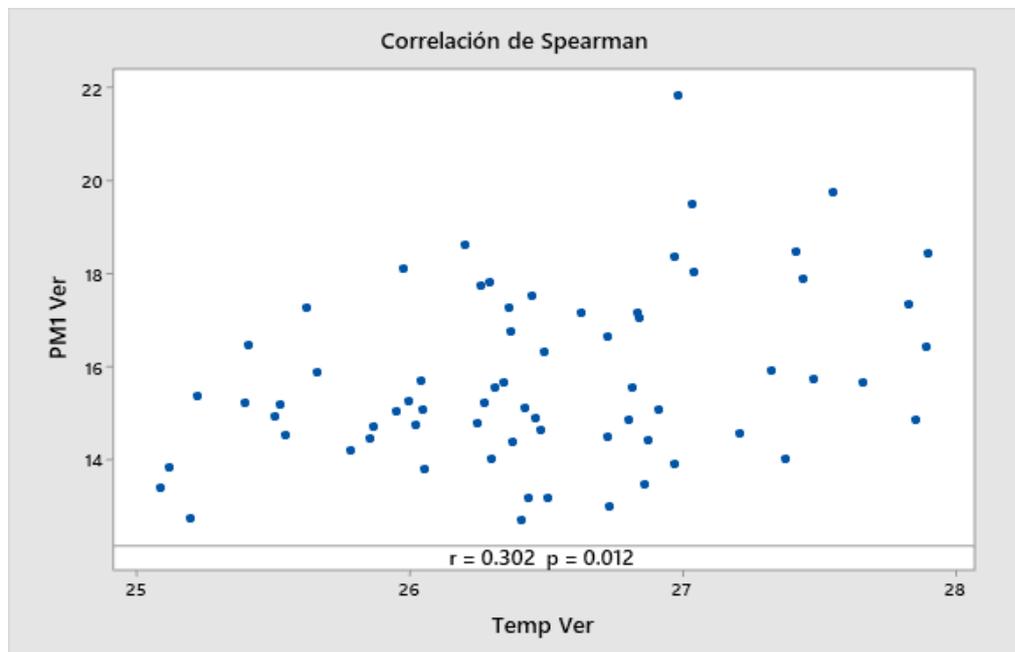


Correlación de Spearman del PM_{10} y la temperatura del aire para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

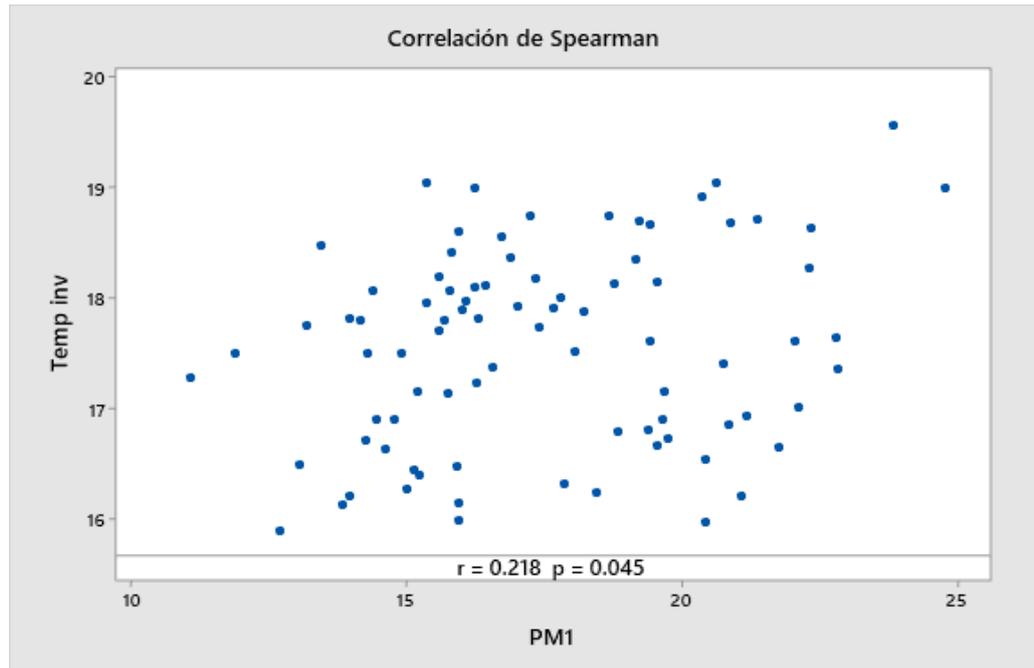


Correlación de Spearman del PM₁₀ y la temperatura del aire para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado ultrafino PM_{1.0} y la temperatura del aire para verano e invierno**

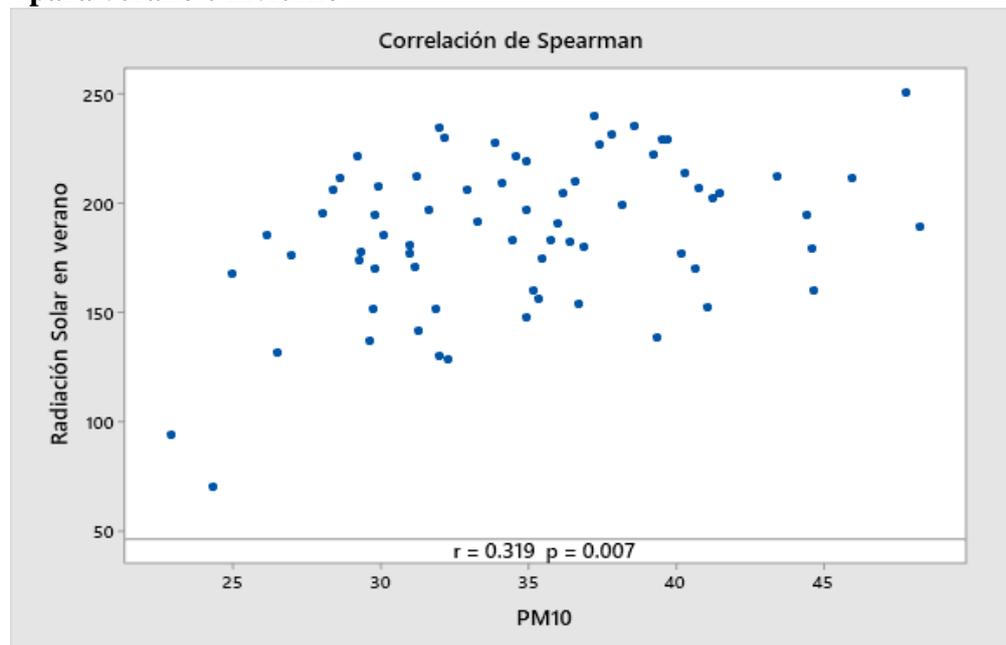


Correlación de Spearman del PM_{1.0} y la temperatura del aire para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

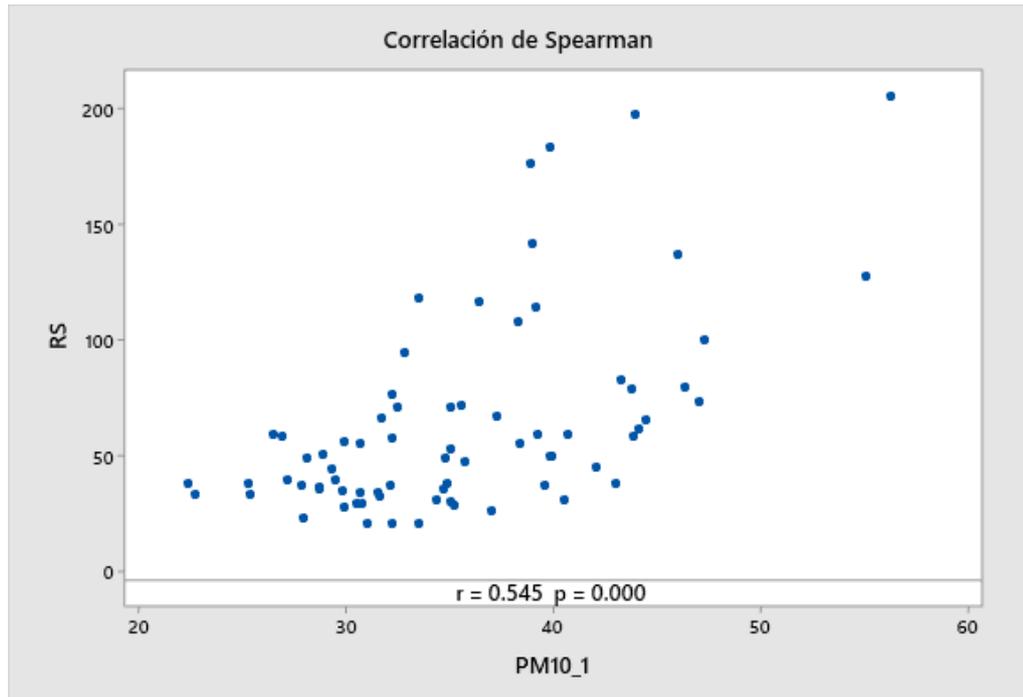


Correlación de Spearman del PM₁₀ y la temperatura del aire para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado grueso PM₁₀ y la radiación solar para verano e invierno**

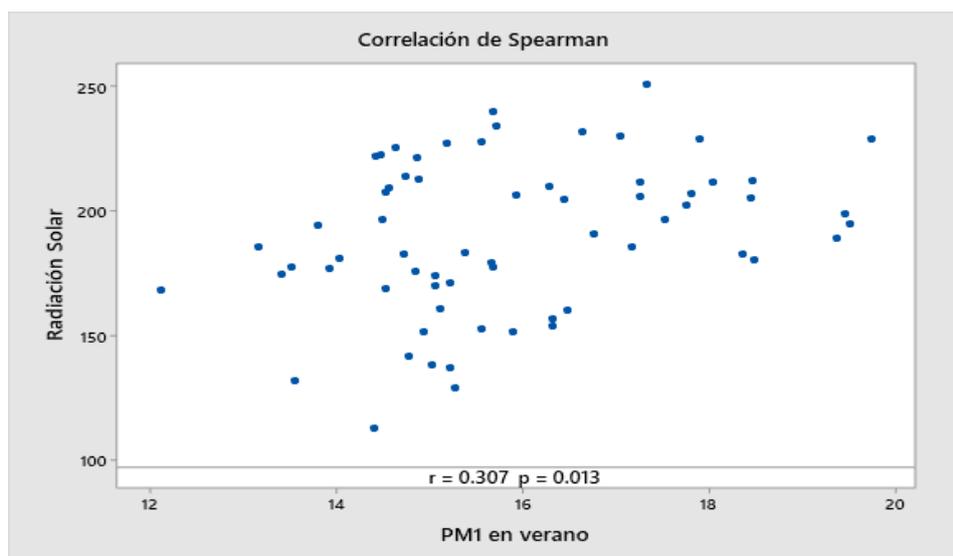


Correlación de Spearman del PM₁₀ y la radiación solar para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

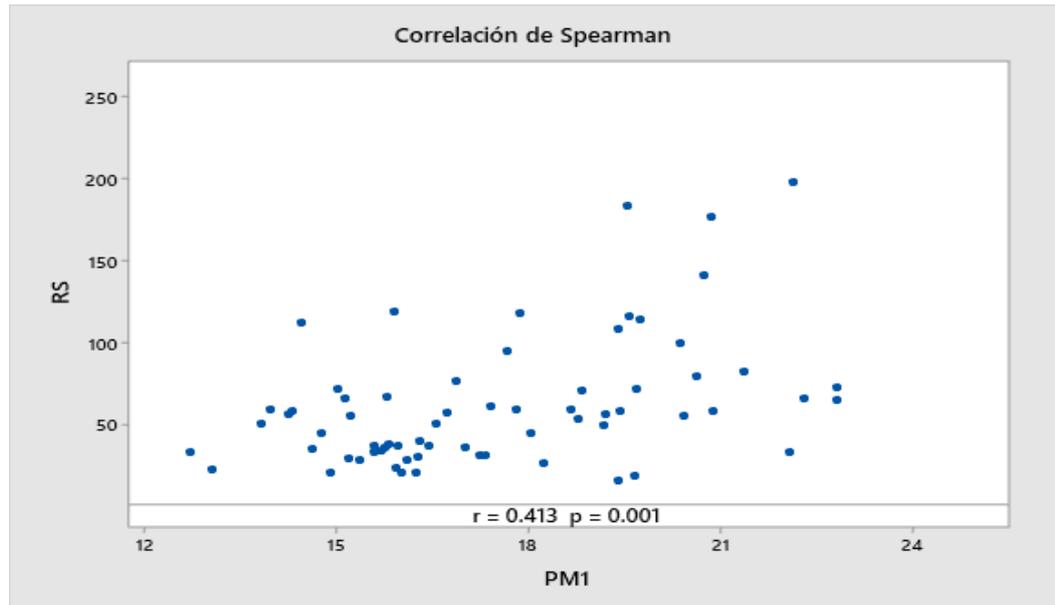


Correlación de Spearman del PM₁₀ y la radiación solar para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado ultrafino PM_{1.0} y la radiación solar para verano e invierno**

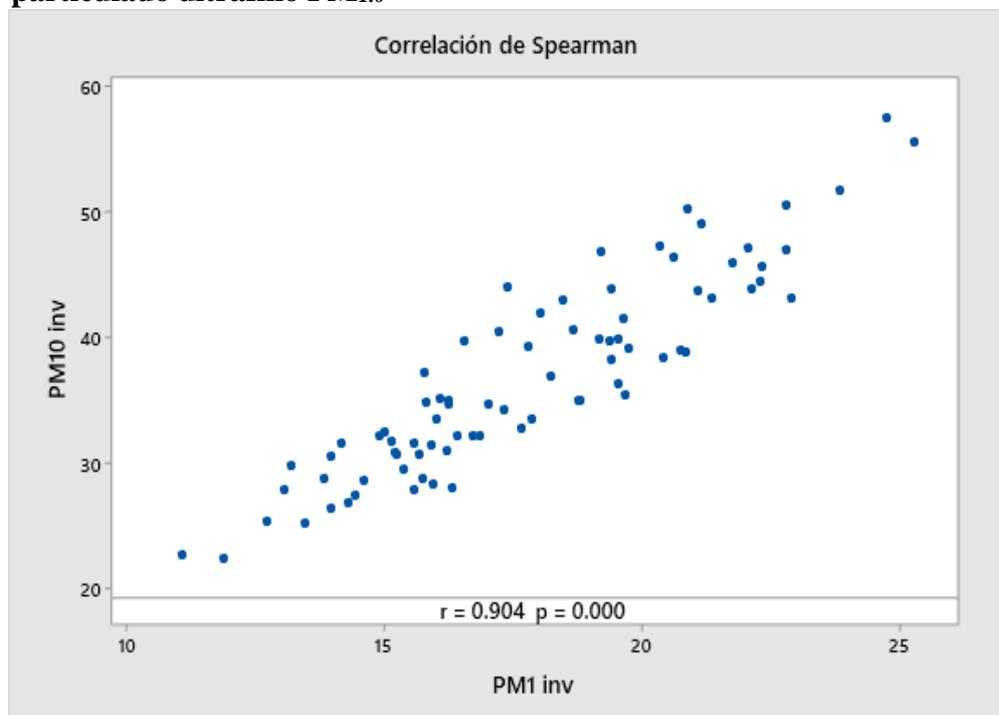


Correlación de Spearman del PM_{1.0} y la radiación solar para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

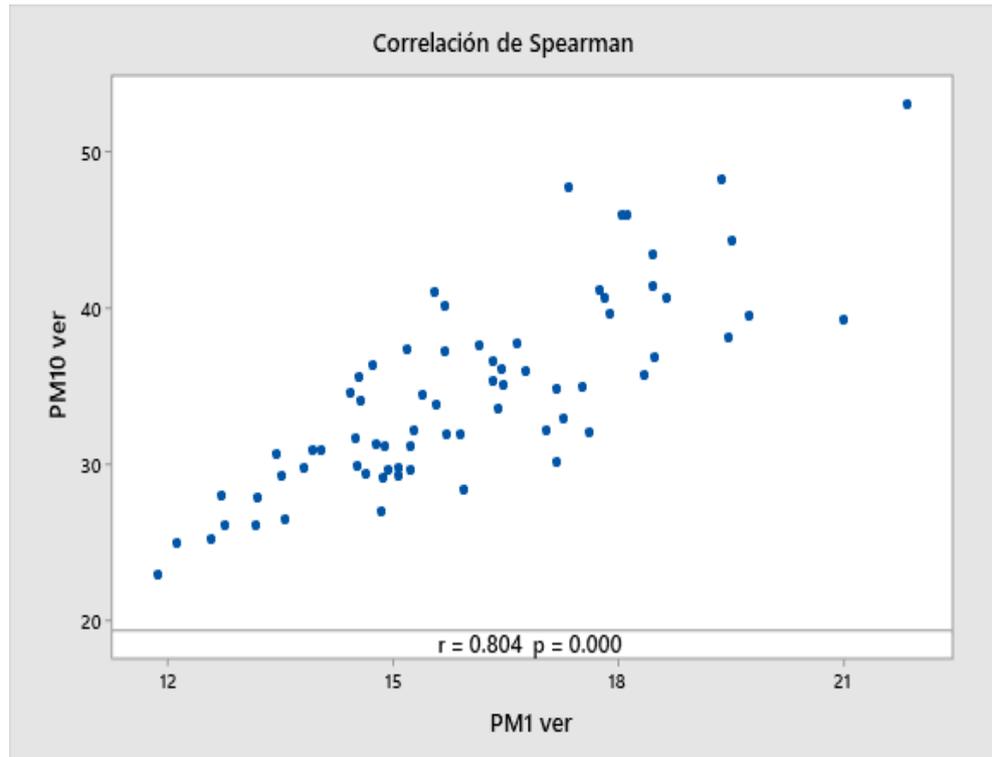


Correlación de Spearman del $PM_{1.0}$ y la radiación solar para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017

- **Correlación del material particulado grueso PM_{10} y el material particulado ultrafino $PM_{1.0}$**



Correlación de Spearman del PM_{10} y el $PM_{1.0}$ para invierno (junio-agosto) en el distrito de Comas durante el año 2017



Correlación de Spearman del PM₁₀ y el PM_{1.0} para verano (enero-marzo) en el distrito de Comas durante el año 2017

- Evidencia de envío de artículo a la revista científica

2/11/22, 7:27 PM

Gmail - Fwd: Revisión de artículo



silvana perez <silvanap56@gmail.com>

Fwd: Revisión de artículo

Kyara Díaz <kyara.diazc@gmail.com>
 Para: "silvanap56@gmail.com" <silvanap56@gmail.com>

11 de febrero de 2022, 19:26

----- Forwarded message -----

De: **Sociedad Química del Perú** <revsqp@gmail.com>
 Date: jue., 10 de febrero de 2022 11:02 a. m.
 Subject: Re: Revisión de artículo
 To: Kyara Díaz <kyara.diazc@gmail.com>

Hemos recibido conforme su correo.

El mié, 9 feb 2022 a las 23:02, Kyara Díaz (<kyara.diazc@gmail.com>) escribió:
 Estimados Editores de la Revista de la Sociedad Química del Perú,

Es grato someter al proceso de revisiones y edición a la investigación "Evaluación de la influencia del tránsito vehicular y las variables meteorológicas en la concentración del PM₁₀ y PM_{1,0} en el distrito de Comas". Adjunto a este mensaje encontrará los archivos del trabajo elaborados según las pautas de presentación de trabajos a vuestra Revista.

El trabajo fue realizado por los siguientes autores: Kyara Mariel Díaz Carrasco, Andrea Silvana Perez Quispe y Sergio Pacsi Valdivia

Agradeceríamos, por favor, que nos confirme la recepción del presente correo.

Saludos cordiales

El mar, 11 ene 2022 a las 10:58, Sociedad Química del Perú (<revsqp@gmail.com>) escribió:
 Estimada Kyara

Para publicar en nuestra Revista, usted debe enviar su trabajo en formato WORD + Carta de presentación + Voucher de depósito por S/ 30.00 por la revisión del artículo.
 Le estamos adjuntando Instrucciones para los autores, Plantilla de artículo, modelo de carta de presentación, ejemplo de referencias estilo Vancouver y datos bancarios.
 Nuestra Revista trimestralmente, es decir, 4 Revistas al año.

Gracias por su atención