

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**ASOCIACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO (PM10-PM2.5) CON
LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN JESÚS MARÍA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

KENETH DENNER CHAGUA NAMUCHE

**HUACHO - PERÚ
2022**



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 073-2022-FIAIAyA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AMBIENTAL**

En la ciudad de Huacho, el día 15 de agosto del 2022, siendo las 09:00 a.m. en la sala virtual de la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador integrado por:

| | | |
|-------------------|---|------------------------|
| Presidente | Dr. SEGUNDO ROLANDO ALVITES VIGO | DNI N° 26620605 |
| Secretario | Mg. HELLEN YAHAIRA HUERTAS POMASSONCCO | DNI N° 46741141 |
| Vocal | Mg. LUCERO KATHERINE CASTRO TENA | DNI N° 70837735 |
| Asesor | Dr. JAIME FERNANDO VEGA VILCA | DNI N° 07077044 |

Para evaluar la sustentación virtual de la tesis titulada: **ASOCIACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO (PM10-PM2.5) CON LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN JESÚS MARÍA**

El postulante al Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**, don: **KENETH DENNER CHAGUA NAMUCHE**, identificada con DNI N° 71894743, procedió a la sustentación virtual de la tesis, autorizada mediante Resolución de N°0451-2022-FIAIAyA, de fecha 05/08/2022 de conformidad con las disposiciones vigentes, el postulante sí absolvió las interrogantes que le formularon los miembros del Jurado.

Concluida la sustentación virtual de la tesis, se procedió a la votación correspondiente resultando el candidato **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con la nota de:

| CALIFICACIÓN | | EQUIVALENCIA | CONDICIÓN |
|--------------|-----------|--------------|-----------|
| NÚMERO | LETRAS | | |
| 18 | DIECIOCHO | EXCELENTE | APROBADO |

Siendo las 10:00 a.m. del día 15 de agosto julio del 2022 se dio por concluido el ACTO DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL, de la Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental inscrito en el folio N°292 del Libro de Actas



Dr. SEGUNDO ROLANDO ALVITES VIGO
Presidente



Mg. HELLEN YAHAIRA HUERTAS POMASSONCCO
Secretario



Mg. LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
Vocal



Dr. JAIME FERNANDO VEGA VILCA
Asesor

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada principalmente a Dios por brindarme sabiduría, paz y fuerza en los momentos más difíciles. A mis padres, Carlos y Rosa por creer y confiar en mí, y en todas mis expectativas, gracias por darme la gran herencia de la educación y la oportunidad de ser un profesional de bien para mi patria.

Keneth Denner Chagua Namuche

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme la oportunidad de seguir con vida, a mis padres por apoyarme en cada una de mis decisiones, agradezco a cada uno de los docentes de mi alma mater que fueron pilares en mi formación profesional, en especial a mi asesor de tesis Jaime Vega por guiarme en el cumplimiento de este gran objetivo.

Keneth Denner Chagua Namuche

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xiii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xiv |
| RESUMEN..... | xv |
| ABSTRACT | xvi |
| CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 17 |
| 1.1 Descripción de la realidad problemática | 17 |
| 1.2 Formulación del problema..... | 18 |
| 1.2.1 Problema general..... | 18 |
| 1.2.2 Problemas específicos | 18 |
| 1.3 Objetivos de la investigación..... | 18 |
| 1.3.1 Objetivo General | 18 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 19 |
| 1.4 Justificación del estudio..... | 19 |
| 1.5 Delimitaciones del estudio..... | 20 |
| 1.5.1 Delimitación espacial..... | 20 |
| 1.5.2 Delimitación temporal..... | 20 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 21 |
| 2.1 Antecedentes de la investigación..... | 21 |
| 2.1.1 Antecedentes internacionales..... | 21 |
| 2.1.2 Antecedentes nacionales | 22 |
| 2.2. Bases teóricas | 22 |
| 2.2.1. Contaminación Atmosférica | 22 |
| 2.2.2 Material Particulado (PM) | 23 |
| 2.2.3 Clasificación del Material Particulado | 23 |
| 2.2.4 Composición del Material Particulado..... | 24 |
| 2.2.4.1 Material Particulado fino (PM _{2,5}) | 24 |
| 2.2.4.2 Material Particulado grueso (PM ₁₀)..... | 25 |
| 2.2.5 Mecanismo de origen del Material Particulado | 25 |

| | |
|---|----|
| 2.2.6 Factores Meteorológicos que afectan la concentración del Material Particulado | 26 |
| 2.2.7 Efectos del Material Particulado en la salud pública | 27 |
| 2.2.8 Infecciones respiratorias agudas (IRA)..... | 28 |
| 2.2.9 Símbolo Obstructivo Bronquial (Asma) | 29 |
| 2.2.10 Estándares Nacionales e internacionales..... | 30 |
| 2.2.11 Índice Nacional de Calidad del Aire (INCA)..... | 32 |
| 2.3 Definiciones de términos básicos | 33 |
| 2.4 Hipótesis de la investigación | 34 |
| 2.4.1 Hipótesis general..... | 34 |
| 2.4.2 Hipótesis específicas | 34 |
| 2.5 Operacionalización de variables | 35 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA | 36 |
| 3.1 Diseño metodológico..... | 36 |
| 3.1.1 Tipo de investigación | 36 |
| 3.1.2 Diseño de investigación | 36 |
| 3.1.3 Nivel de investigación..... | 36 |
| 3.1.4 Método de investigación | 36 |
| 3.2 Población y muestra..... | 36 |
| 3.2.1 Ubicación | 36 |
| 3.2.2 Área, sector y programa..... | 37 |
| 3.2.3 Materiales e insumos..... | 37 |
| 3.2.4. Población y muestra..... | 37 |
| 3.3 Técnicas de recolección de datos..... | 38 |
| 3.4 Técnicas para el procesamiento de la información..... | 38 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS | 39 |
| 4.1 Variación temporal del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2,5}$) presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María..... | 39 |
| 4.2 Variación del número de consultas por enfermedades respiratorias en niños menores de 5 años del distrito de Jesús María..... | 42 |
| 4.3 Estadísticos descriptivos del PM_{10} , $PM_{2,5}$, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, IRA y Asma de otoño e invierno..... | 45 |
| 4.4 Asociación entre las variables meteorológicas y el Material Particulado | 54 |

| | |
|---|----|
| 4.5 Asociación entre el número de consultas por enfermedades respiratorias y el Material Particulado..... | 56 |
| CAPÍTULO V. DISCUSIÓN | 58 |
| CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 61 |
| 6.1 Conclusiones..... | 61 |
| 6.2 Recomendaciones | 61 |
| CAPÍTULO VII. REFERENCIAS | 63 |
| 7.1 Fuentes bibliográficas..... | 63 |
| 7.2 Fuentes hemerográficas | 64 |
| 7.3 Fuentes electrónicas..... | 72 |
| ANEXOS | 76 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Una distribución de tamaños idealizada de las partículas ambientales mostrando los modos fino y grueso. | 24 |
| Figura 2. Comparación del tamaño y componente que conforman el Material Particulado. | 25 |
| Figura 3. Clasificación del tipo de fuente del Material Particulado. | 26 |
| Figura 4. Disposición del Material Particulado en suspensión..... | 27 |
| Figura 5. Afectación del Material Particulado en la Salud Pública..... | 28 |
| Figura 6. En la Tabla X se muestra la clasificación del asma según la gravedad valorando la frecuencia de los síntomas. | 30 |
| Figura 7. Gráfica de interacción del Material Particulado grueso PM ₁₀ correspondiente al período 2017-2019..... | 40 |
| Figura 8. Comparación del PM ₁₀ con los estándares de calidad del aire para cada estación climática correspondiente al período 2017-2019..... | 41 |
| Figura 9. Comparación del PM ₁₀ con los estándares de calidad del aire para cada estación climática correspondiente al período 2017-2019..... | 42 |
| Figura 10. Variación multianual según la estación climática para el número de consultas por IRA en el distrito de Jesús María. Período 2017-2019..... | 43 |
| Figura 11. Variación multianual según la estación climática del número de consultas por Asma en el distrito de Jesús María. Período 2017-2019. | 45 |
| Figura 12. Promedios semanales del PM ₁₀ presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019..... | 46 |
| Figura 13. Promedios semanales del PM _{2,5} presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019... | 47 |
| Figura 14. Promedios semanales de la temperatura presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019. | 48 |
| Figura 15. Promedios semanales de la humedad relativa presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María durante las climáticas de otoño e invierno. Período 2017-2019. | 49 |
| Figura 16. Promedios semanales de la velocidad del viento presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019..... | 50 |

| | |
|--|----|
| Figura 17. Dirección del viento durante las estaciones de otoño e invierno en el distrito de Jesús María. Período 2017-2019..... | 51 |
| Figura 18. Promedio semanal del número de consultas por IRA del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019..... | 52 |
| Figura 19. Promedios semanales del número de consultas por Asma del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019..... | 53 |
| Figura 20. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado grueso (PM ₁₀) correspondiente al período 2017-2019. | 78 |
| Figura 21. Resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas del Material Particulado grueso (PM ₁₀) correspondiente al período 2017-2019..... | 78 |
| Figura 22. Resultado del DCA con arreglo factorial 3*4 del Material Particulado grueso (PM ₁₀) correspondiente al período 2017-2019. | 79 |
| Figura 23. Resultado de la prueba de comparaciones de Tukey de la interacción AÑO*ESTACIÓN del Material Particulado grueso (PM ₁₀) correspondiente al período 2017-2019..... | 79 |
| Figura 24. Resultado de la prueba de normalidad de del Material Particulado fino (PM _{2,5}) correspondiente al período 2017-2019. | 80 |
| Figura 25. Resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas del Material Particulado fino (PM _{2,5}) correspondiente al período 2017-2019. | 80 |
| Figura 26. Resultado de la prueba Kruskal Wallis del Material Particulado fino (PM _{2,5}) correspondiente al período 2017-2019. | 81 |
| Figura 27. Resultado de la prueba de comparaciones de Dunn del Material Particulado fino (PM _{2,5}) correspondiente al período 2017-2019..... | 81 |
| Figura 28. Resultado de la prueba Kruskal Wallis del Material Particulado fino (PM _{2,5}) según las estaciones climáticas. | 82 |
| Figura 29. Resultado de la prueba de comparaciones de Dunn del Material Particulado fino (PM _{2,5}) según las estaciones climáticas. | 82 |
| Figura 30. Resultado de la prueba de normalidad del número de consultas por IRA correspondiente al período 2017-2019. | 83 |
| Figura 31. Resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas del número de consultas por IRA correspondiente al período 2017-2019. | 83 |
| Figura 32. Resultado del DCA con arreglo factorial 3*4 para el número de consultas por IRA correspondiente al período 2017-2019. | 84 |

| | |
|--|----|
| Figura 33. Resultado de la prueba de comparaciones de Tukey del número de consultas por IRA correspondiente al período 2017-2019. | 84 |
| Figura 34. Resultado de la prueba de normalidad del número de consultas por Asma correspondiente al período 2017-2019. | 85 |
| Figura 35. Resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas del número de consultas por Asma correspondiente al período 2017-2019..... | 85 |
| Figura 36. Resultado del DCA con arreglo factorial 3*4 para el número de consultas por Asma correspondiente al período 2017-2019. | 86 |
| Figura 37. Resultado de la prueba de comparaciones de Tukey del número de consultas por Asma correspondiente al período 2017-2019..... | 86 |
| Figura 38. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y las variables meteorológicas durante la estación de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019..... | 87 |
| Figura 39. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado (PM ₁₀ -PM _{2,5}) y la variable meteorológica durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019. | 88 |
| Figura 40. Resultado de la prueba de regresión lineal del Material particulado grueso (PM ₁₀) y la variable meteorológica humedad relativa durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019. | 89 |
| Figura 41. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y las variables meteorológicas durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2017. | 90 |
| Figura 42. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y las variables meteorológicas durante otoño e invierno correspondiente al año 2017..... | 91 |
| Figura 43. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y las variables meteorológicas durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2018. | 92 |
| Figura 44. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y las variables meteorológicas durante otoño e invierno correspondiente al año 2018..... | 93 |
| Figura 45. Resultado de la prueba de regresión lineal del Material particulado grueso (PM ₁₀) y la velocidad del viento durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al año 2018. | 93 |

| | |
|---|----|
| Figura 46. Resultado de la prueba de correlación y regresión lineal del Material particulado fino (PM _{2,5}) y la velocidad del viento durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al año 2018. | 94 |
| Figura 47. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y las variables meteorológicas durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2019. | 95 |
| Figura 48. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y las variables meteorológicas durante otoño e invierno correspondiente al año 2019..... | 96 |
| Figura 49. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y las consultas por enfermedades respiratorias durante la estación de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019. | 96 |
| Figura 50. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias correspondiente al período 2017-2019. | 97 |
| Figura 51. Resultado de la prueba de regresión lineal del Material particulado grueso (PM ₁₀) y el número de consultas por IRA durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019..... | 97 |
| Figura 52. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2017. | 98 |
| Figura 53. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante otoño e invierno correspondiente al año 2017. | 98 |
| Figura 54. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2018. | 98 |
| Figura 55. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante otoño e invierno correspondiente al año 2018. | 98 |
| Figura 56. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2019. | 98 |

| | |
|---|----|
| Figura 57. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante otoño e invierno correspondiente al año 2019. | 98 |
| Figura 58. Resultado de la prueba de regresión lineal del Material particulado grueso (PM ₁₀) y el número de consultas por IRA durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al año 2019. | 98 |
| Figura 59. Resultado de la prueba de regresión lineal del Material particulado fino (PM _{2,5}) y el número de consultas por IRA durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al año 2019. | 98 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación de las enfermedades respiratorias agudas..... | 29 |
| Tabla 2. Estándares nacionales del PM ₁₀ y PM _{2,5} | 31 |
| Tabla 3. Valor Guía para la concentración del PM ₁₀ y PM _{2,5} | 32 |
| Tabla 4. Valores del Índice Nacional de Calidad del Aire. | 33 |
| Tabla 5. Operacionalización de variables e indicadores de la investigación..... | 35 |
| Tabla 6. Efecto multianual y estacional sobre el Material Particulado grueso (PM ₁₀). | 39 |
| Tabla 7. Efecto multianual y estacional sobre el Material Particulado fino (PM _{2,5}). | 41 |
| Tabla 8. Efecto multianual y estacional sobre el número de consultas por IRA. | 43 |
| Tabla 9. Efecto multianual y estacional sobre el número de consultas por Asma. | 44 |
| Tabla 10. Estadísticos descriptivos del Material Particulado (PM ₁₀ -PM _{2,5}) durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019. | 45 |
| Tabla 11. Estadísticos descriptivos de las variables meteorológicas durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019. | 47 |
| Tabla 12. Estadísticos descriptivos del número de consultas por enfermedades respiratorias durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019. | 51 |
| Tabla 13. Correlación y regresión lineal entre las variables meteorológicas y el Material Particulado durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019. | 54 |
| Tabla 14. Correlación y regresión lineal entre las enfermedades respiratorias y Material Particulado durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019. | 56 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Mapa de ubicación del distrito de Jesús María. | 77 |
| Anexo 2. Cálculos estadísticos realizados para la comprobación de la sección “Variación temporal del Material Particulado grueso (PM ₁₀) presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María”..... | 78 |
| Anexo 3. Cálculos estadísticos realizados para la comprobación de la sección “Variación temporal del Material Particulado fino (PM _{2,5}) presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María”..... | 80 |
| Anexo 4. Cálculos estadísticos realizados para comprobación de la sección “Variación del número de consultas por IRA en niños del distrito de Jesús María”..... | 83 |
| Anexo 5. Cálculos estadísticos realizados para comprobación de la sección “Variación del número de consultas por Asma en niños del distrito de Jesús María”..... | 85 |
| Anexo 6. Cálculos estadísticos realizados para la comprobación de la sección “Asociación entre las variables meteorológicas y el Material Particulado durante la estación de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019”..... | 87 |
| Anexo 7. Cálculos estadísticos realizados para la comprobación de la sección “Asociación entre el Material Particulado y las variables meteorológicas durante la estación de otoño e invierno de cada año”..... | 89 |
| Anexo 8. Cálculos estadísticos realizados para comprobación de la sección “Asociación entre el número de consultas por enfermedades respiratorias y el Material Particulado durante la estación de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019”..... | 96 |
| Anexo 9. Cálculos estadísticos realizados para comprobación de la sección “Asociación entre las consultas por enfermedades respiratorias y el Material Particulado durante la estación de otoño e invierno de cada año”..... | 98 |

RESUMEN

Objetivos: Evaluar la variabilidad temporal del Material Particulado (PM₁₀-PM_{2,5}) y su asociación con el número de consultas por infecciones respiratorias agudas (IRA) y Síndrome Obstructivo Bronquial (Asma) en niños menores de 5 años del distrito de Jesús María. **Metodología:** Se utilizaron los informes del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para el Material Particulado; los registros del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para las variables meteorológicas y la base de datos del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (CDC) para el IRA y Asma correspondiente al período 2017-2019. Para evaluar el efecto multianual y estacional sobre el Material Particulado se utilizó un DCA con arreglo factorial 3*4 y Kruskal Wallis, así como también las comparaciones de Tukey y Dunn, según corresponda. Se determinó el grado de asociación entre el Material Particulado, variables meteorológicas, IRA y Asma mediante la correlación de Pearson y Spearman. **Resultados:** El año y la estación tuvieron un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre el PM₁₀ y PM_{2,5}. En la estación de otoño e invierno del año 2019 la asociación entre el PM₁₀ y el número de consultas por IRA presentó una correlación positiva alta ($P < 0,01$; $r = 0,648$; $R^2 = 95,65$ %), de igual manera la asociación entre el PM_{2,5} y el número de consultas por IRA presentó una correlación positiva alta ($P < 0,01$; $r = 0,663$; $R^2 = 95,63$ %). **Conclusiones:** El año y la estación tuvieron un efecto significativo sobre la concentración del Material Particulado (PM₁₀-PM_{2,5}), además el PM₁₀ y PM_{2,5} se asocia fuertemente con el número de consultas por IRA, y solo el PM₁₀ se asocia moderadamente con el número de consultas por Asma en niños menores de 5 años del distrito de Jesús María.

Palabras clave: PM₁₀, PM_{2,5}, IRA, Asma, variabilidad temporal.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the temporal variability of Particulate Matter (PM₁₀-PM_{2.5}) and its association with the number of consultations for acute respiratory infections (ARI) and Bronchial Obstructive Syndrome (Asthma) in children under 5 years of age in the district of Jesus Maria. **Methodology:** Reports from the National Institute of Statistics and Informatics (INEI) were used for Particulate Matter; records from the National Service of Meteorology and Hydrology (SENAMHI) for meteorological variables and the database of the National Center for Epidemiology, Prevention and Disease Control (CDC) for ARI and Asthma corresponding to the period 2017-2019. To evaluate the multiannual and seasonal effect on Particulate Matter, a DCA with 3*4 factorial arrangement and Kruskal Wallis was used, as well as Tukey and Dunn's comparisons, as appropriate. The degree of association between Particulate Matter, meteorological variables, ARI and Asthma was determined by Pearson's and Spearman's correlation. **Results:** Year and season had a significant effect ($P < 0.05$) on PM₁₀ and PM_{2.5}. In the autumn and winter season of 2019 the association between PM₁₀ and the number of consultations for ARI presented a high positive correlation ($P < 0.01$; $r = 0.648$; $R^2 = 95.65\%$), similarly the association between PM_{2.5} and the number of consultations for ARI presented a high positive correlation ($P < 0.01$; $r = 0.663$; $R^2 = 95.63\%$). **Conclusions:** The year and season had a significant effect on the concentration of particulate matter (PM₁₀-PM_{2.5}), and PM₁₀ and PM_{2.5} were strongly associated with the number of consultations for ARI, and only PM₁₀ was moderately associated with the number of consultations for asthma in children under 5 years of age in the district of Jesús María.

Key words: PM₁₀, PM_{2.5}, ARI, Asthma, temporal variability.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La influencia del aire en el desarrollo de la vida ha sido relacionada desde tiempos inmemorables (Carrión, 1982); sin embargo, el hombre viene modificando la naturaleza del aire y todo hace indicar que no hemos comprendido que “el aire es lo que más se acerca a lo inmaterial, es necesario que sea infinito y abundante, y que nunca se agote” (Perrier, 1915, p.179). La alteración de la atmósfera por contaminantes es considerado como uno de los cuatro jinetes del apocalipsis ambiental cuya problemática global produce un impacto negativo a la ecología y la salud de las personas, investigaciones recientes revelan que “siete millones de personas mueren cada año por la exposición a las partículas finas contenidas en el aire contaminado” (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018), causando enfermedades cardíacas, cáncer de pulmón, derrames cerebrales y enfermedades respiratorias (United Nations International Children's Emergency Fund [UNICEF], 2016).

El acelerado crecimiento demográfico ha traído consigo inversiones urbanas en las ciudades de América Latina y el Caribe, donde los índices demuestran que para el año 2030 será la segunda región más urbanizada a nivel mundial (United Nations [UN],2018), impactando de forma directa en el aumento de contaminantes atmosféricos no biológicos en América Latina y el Caribe. Estos contaminantes atmosféricos de origen no biológicos son las que producen el mayor número de reacciones negativas a nuestro sistema inmune, siendo estas principalmente el PM_{2,5}; PM₁₀, O₃, CO, NO₂ y SO₂ (Rahman et al., 2019), donde el Material Particulado es el contaminante que podría provocar las enfermedades respiratorias en niños menores de 10 años (Nishikawa et al., 2021), y en adultos mayores de 60 años (Becerra et al., 2021).

A nivel de la región el Perú es considerado como uno de los países donde sus habitantes son más vulnerables a contraer enfermedades respiratorias, presentando un alto índice de morbilidad y mortalidad debido al factor económico, político, social y ambiental en la que se encuentran inmersos (Ministerio de Salud [MINSA], 2018), además de ello la centralización socio económica de su capital Lima ha traído consigo un crecimiento galopante en sus urbes, todo ello acompañado de la proliferación de vehículos y la industrialización; representando un riesgo significativo de contraer enfermedades respiratorias por el incremento de fuentes contaminantes (Shi et al., 2021).

Los estudios de esta envergadura realizados en el Perú son muy reducidos, de las cuales solo se cuenta con investigaciones en la región Cerro de Pasco, el distrito de Ate y la provincia de Lima, no habiéndose encontrado estudios en el distrito de Jesús María, es por ello que la presente investigación nos dará más alcance de la asociación que existe entre el Material Particulado y las enfermedades respiratorias en la atmósfera de Jesús María.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será la variación temporal del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2,5}$) y su asociación con el número de consultas por enfermedades respiratorias en niños menores de 5 años del distrito de Jesus Maria correspondiente al período 2017-2019?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuál será la variación temporal del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2,5}$) presente en el aire atmosférico correspondiente al período 2017-2019?

¿Cuál será la variación del número de consultas por IRA y Asma en niños menores de 5 años correspondiente al período 2017-2019?

¿Cuál será la relación del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2,5}$) con las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) durante las estaciones climáticas de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019?

¿Cuál será la relación del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2,5}$) con el número de consultas por IRA y Asma en niños menores de 5 años durante las estaciones climáticas de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la variación temporal del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2,5}$) y su asociación con el número de consultas por enfermedades respiratorias en niños menores de 5 años del distrito de Jesus Maria correspondiente al período 2017-2019.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar la variación temporal del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2.5}$) presente en el aire atmosférico correspondiente al período 2017-2019.

Determinar la variación del número de consultas por IRA y Asma en niños menores de 5 años correspondiente al período 2017-2019.

Analizar la relación del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2.5}$) con las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) durante las estaciones climáticas de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

Analizar la relación del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2.5}$) con el número de consultas por IRA y Asma en niños menores de 5 años durante las estaciones climáticas de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

1.4 Justificación del estudio

La ciudad de Lima, capital del Perú ha mantenido una actividad social y económica muy activa debido a su centralización en la última década, presentando en el año 2018 un acelerado crecimiento urbanístico acompañado del aumento del número de plantas industriales y la aglomeración de vehículos, lo cual generó grandes emisiones de contaminantes atmosféricas, ubicando a Lima como una de las 5 ciudades más contaminadas a nivel de su atmósfera en Latinoamérica y el Caribe, el cual representa una gran preocupación en todo el mundo debido a la influencia directa con la ecología y principalmente con la generación de enfermedades de carácter mortal como las obstrucciones pulmonares, derrames cerebrales, ataques al corazón, problemas cardiovasculares y enfermedades respiratorias. La ciudad de Jesús María es uno de los 24 distritos de la provincia de Lima, donde a la fecha no existen estudios que asocien el Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2.5}$) con las enfermedades respiratorias, pese a ser una problemática de carácter internacional que la ciencia lo viene tratando con mucho cuidado. Por esta razón, la presente investigación contribuirá en la generación de conocimientos teóricos sobre la asociación que existe entre el Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2.5}$) y las enfermedades respiratorias, aplicando una metodología basado en el análisis temporal y relacional para dar respuesta a las hipótesis planteadas en la presente investigación, cuyo resultados serán muy beneficiosos para el cuidado en la salud de los niños de Jesús María creando conciencia en

las autoridades nacionales para la toma de decisiones en el marco de sus funciones; además de ello, se espera que la investigación marque un precedente para futuros estudios en el distrito de Jesús María y se pueda replicar en otros distritos del territorio nacional.

1.5 Delimitaciones del estudio

A continuación, se presenta las delimitaciones de esta investigación:

1.5.1 Delimitación espacial

La presente investigación se encuentra ubicada en el distrito de Jesús María de la provincia de Lima, cuya coordenada UTM WGS 84 ZONA 18S, Norte (N): 8664188.18 m y Este (W): 276968.05 m.

1.5.2 Delimitación temporal

La investigación estará comprendida por el período correspondiente al 2017-2019.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Dong et al. (2021) en la ciudad de Lanzhou al noroeste de China, asociaron el PM_{2,5} y las enfermedades respiratorias en niños menores de 14 años mediante la regresión de Poisson durante el período 2014-2017, donde observaron asociaciones positivas entre el PM_{2,5} y las visitas ambulatorias de niños entre 0 a 14 años de edad, las enfermedades respiratorias aumentaron un 2,83% (IC del 95%: 1,80-3,86%) por cada 10 µg/m³ de aumento del PM_{2,5}, para los factores meteorológicos temperatura y humedad relativa hubo una asociación negativa ($P < 0,01$) con el PM_{2,5}, el cual se determinó con la Prueba de Spearman.

Thongphunchung et al. (2021) realizaron su investigación en la Región Metropolitana de Bangkok en Tailandia sobre la relación ($P < 0,01$) entre el PM₁₀ y el PM_{2,5} con las enfermedades respiratorias agudas en niños menores de 14 años de edad en el período 2015-2018, utilizaron la regresión logística condicional, donde obtuvieron como resultado que el aumento de 10 µg/m³ de PM₁₀ es 1,0256 (IC del 95%: 1,0160; 1,0325) y PM_{2,5} fue de 1,0338 (IC del 95%: 1,0091; 1,0585).

Martínez et al. (2020) en la región de Nuble, Chile utilizaron la correlación de Spearman y Cross Correlación, para asociar el PM_{2,5} con las enfermedades respiratorias como IRA alta, influenza, neumonía y bronquitis aguda durante el período 2016-2017. Hallándose una correlación positiva ($P < 0,01$) entre el PM_{2,5} (mayores a 170 µg/m³) sobre los reportes por enfermedades respiratorias registrados al día siguiente y al noveno día de ocurrido el episodio.

Ventura et al. (2019) asociaron el PM₁₀ con las enfermedades respiratorias (EPOC y Asma) en la ciudad de Cochabamba, Bolivia durante el 2012-2016, para ese propósito se utilizó la Prueba de Spearman, donde no se asociación significativa entre el promedio semanal entre el PM₁₀ de las tres estaciones de monitoreo de calidad de aire y las enfermedades respiratorias ($P > 0,05$, $r = -0,087$; $P > 0,05$, $r = 0,000$; $P > 0,05$, $r = -0,064$) respectivamente. También apreciaron una correlación negativa baja entre el promedio semanal de la humedad relativa ($P < 0,000$; $r = -0,388$) y las enfermedades respiratorias.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Davila et al. (2020) relacionaron la concentración del $PM_{2,5}$ y el número de reportes semanales de niños menores de 5 años en los centros de salud por causa de 4 enfermedades respiratorias (ALRI, neumonía, bronquiolitis aguda y Asma) en la provincia de Lima durante el período 2011-2015 utilizando la regresión Poisson, donde se presenta asociación significativa ($P < 0,01$) en el aumento de 6% para las infecciones respiratorias agudas bajas, 16-19% para la neumonía y de 10% para el Asma.

Robles et al. (2019) desarrollaron su investigación en Cerro de Pasco determinando la relación del PM_{10} con las enfermedades respiratorias de niños menores de 5 años y personas mayores de 50 años durante el año 2010 y 2016, emplearon el coeficiente de correlación de Spearman donde se manifestó una relación significativa ($P < 0,05$; $r = 0,36$) en el año 2010 y ($P < 0,01$; $r = 0,60$) en el año 2016.

Betetta (2019) en su investigación realizada en el distrito de Ate determina la relación del PM_{10} y $PM_{2,5}$ sobre las enfermedades respiratorias (asma y rinitis-faringitis) en el año 2018, donde empleó la prueba estadística de Chi cuadrado de Pearson, y los resultados fueron significantes ($P < 0,05$) a un nivel de confianza del 95%, por lo cual se concluye que el Material Particulado influye en los reportes médicos por enfermedades respiratorias.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación Atmosférica

La contaminación atmosférica es toda variación química que se manifiesta en la atmósfera debido a las actividades que realiza la raza humana (Winner, 1994), provocando la emisión de sustancias tóxicas que se acumulan y suspenden en la atmósfera, los mismos que son perjudiciales para la salud (Daly & Zannetti, 2007), donde el mayor impacto se generaría en los países emergentes (Ballester, 2005).

Para las leyes internacionales y la normativa nacional, los contaminantes atmosféricos son de naturaleza química y definen la calidad de aire que respiramos (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2015), la normativa peruana reconoce 10 contaminantes químicos principalmente (PM_{10} , $PM_{2,5}$, H_6C_6 , O_3 , Pb, H_2S , NO_2 , CO, SO_2 , y Hg) los cuales

dañan la calidad del aire y deben ser monitoreados de forma continua en el territorio nacional (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017).

2.2.2 Material Particulado (PM)

Se define al Material Particulado como un “conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera” (Mészáros, 1999, citado en Viana, 2003, p.1), caracterizándose por variar su tamaño y su composición según el lugar donde se origina (Ibañez, 2008), regularmente el Material Particulado se compone por la mezcla de metales, sustancias salinas, materiales carbonosos, compuestos volátiles y las endotoxinas que suelen formar otros compuestos (Soukup & Becker, 2001; Alfaro et al., 2002; Schlesinger et al., 2006; Billet et al., 2007), su unidad de medida para su respectiva regulación a nivel nacional e internacional es el metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (OEFA, 2015).

2.2.3 Clasificación del Material Particulado

En la actualidad hay muchas formas de clasificar al Material Particulado, sin embargo su tamaño aerodinámico es un parámetro importante para medir el efecto en la salud y su medio de transporte (Zheng et al., 2002), por consiguiente su clasificación por el tamaño aerodinámico del Material Particulado vendría ser la siguiente:

Partículas Totales en Suspensión (PTS), comprenden un rango de tamaño entre 0,005 y 100 micrómetros o micras (μm), con capacidad para permanecer suspendidas en el aire y no es considerado un indicador confiable para la salud, también tenemos a la partícula con diámetro aerodinámico menor a 10 μm (PM_{10}) se les conoce también como fracción respirable o inhalable y se considera un indicador confiable de exposición a las enfermedades respiratorias, también son denominadas como partículas gruesas, finalmente están las partículas con diámetro aerodinámico menor a 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) que representa un indicador a la salud debido a que pueden penetrar en el sistema respiratorio y llegar hasta los conductos más bajos del pulmón (alvéolos), se considera también partículas finas. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2011, p.15).

Las otras 2 formas de clasificar al Material Particulado es por su origen, entre ellas tenemos a las partículas primarias emitidas a la atmósfera de manera directa y las partículas secundarias que tienen su origen en las reacciones químicas que se suscitan en la atmósfera

(Ibañez, 2008). La denominación del Material Particulado es representada por la forma esferoidal uniforme de la partícula en unidad a su densidad (Garcia et al., 2006), para una mejor comprensión observar la Figura 1 presentado a continuación donde se aprecia el diámetro de la partícula.

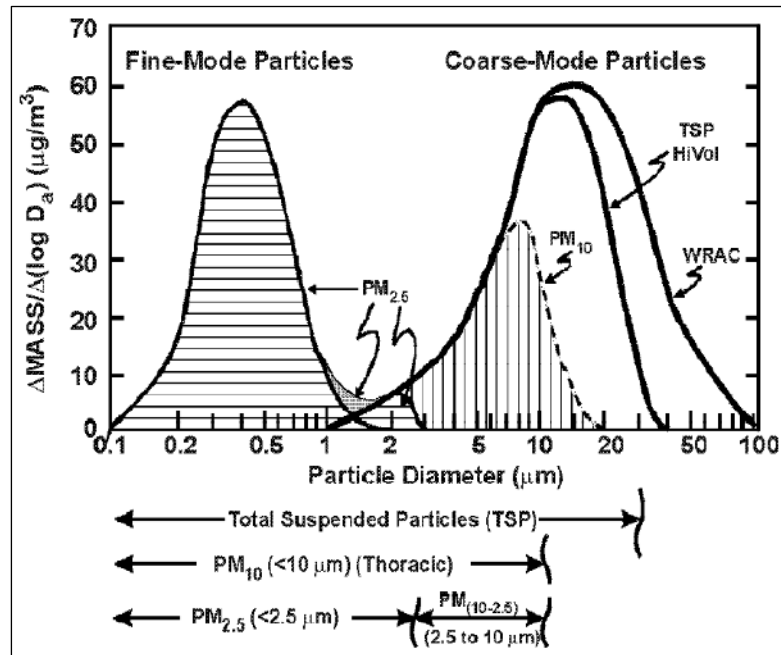


Figura 1. Una distribución de tamaños idealizada de las partículas ambientales mostrando los modos fino y grueso.

Nota. Tomado de Wilson & Suh (1997).

2.2.4 Composición del Material Particulado

2.2.4.1 Material Particulado fino (PM_{2,5})

El Material particulado fino PM_{2,5} varía su composición y su tamaño según la fuente donde se originan estos contaminantes, donde la temporalidad juega un rol importante en su dispersión (Querol et al., 2004; Bell et al., 2007). La composición del PM_{2,5} presenta una mezcla de diferentes sustancias químicas líquidas y/o sólidas de naturaleza orgánica e inorgánica (Fang et al., 2003; Gu et al., 2011), donde su naturaleza química va depender de la fuentes de emisión del contaminante (SEMARNAT, 2011), por lo general son fuentes secundarias que reaccionan con los gases de la atmósfera (Finlayson & Pitts, 2000).

En consiguiente, a modo general, la composición del PM_{2,5} comprende carbono elemental, ion inorgánico, sulfatos, nitratos, amonio, materia orgánica y sal marina (Gu et al., 2011), otros estudios demuestran la presencia de aerosoles orgánicos como los Compuestos

Orgánicos Volátiles e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos dentro de la composición del $PM_{2.5}$, así como también metales pesados (Billet et al., 2007; Quijano et al., 2010).

2.2.4.2 Material Particulado grueso (PM_{10})

El Material Particulado grueso PM_{10} se encuentra en suspensión en la atmósfera y su composición varía de un lugar a otro (Gillies et al., 1999; OMS, 2005), los componentes del PM_{10} son sustancias carbonosas (carbón elemental - materia orgánica), el material del suelo y las sustancias inorgánicas como NO_3 y NH_4 (Celis et al., 2004). Otros estudios como el de Mohanraj et al. (2004) dan a conocer que metales (cobre, plomo, zinc, níquel y cadmio) están presentes en la morfología del PM_{10} , así como también iones de sulfatos y cloruros (Díaz & Páez, 2006). En la Figura 2 podrá notar la comparación del PM_{10} y $PM_{2.5}$ asimilado al cabello del hombre según su diámetro.

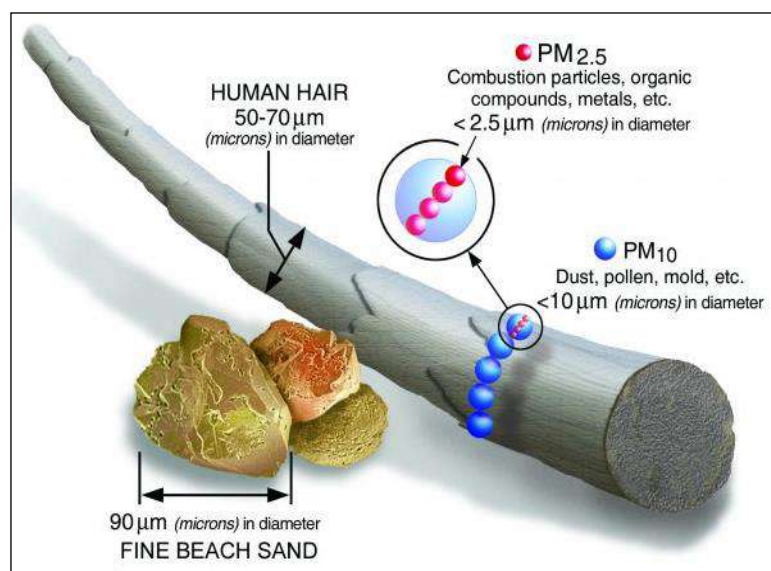


Figura 2. Comparación del tamaño y componente que conforman el Material Particulado.

Nota. Tomado de United States Environmental Protection Agency (2021).

2.2.5 Mecanismo de origen del Material Particulado

El Material Particulado fino denominado $PM_{2.5}$ tiene su mecanismo de origen en las fuentes primarias o secundarias, mientras que el PM_{10} en fuentes primarias (Edgerton, 2002; Tanio et al., 2005; United States Environmental Protection Agency [USEPA], 2009). Las principales fuentes de origen de las partículas provienen del polvo generado en la carretera, agricultura, construcción, actividades mineras y la erosión de la corteza terrestre (Juda-Rezler et al., 2011).

No obstante la industrialización representa la mayor fuente de emisión antrópica (USEPA, 2009), que se clasifica principalmente en fuente puntual, fuente de área y fuente móvil (Ibañez, 2008; SEMARNAT, 2011). Otras fuentes naturales muy aparte de lo ya mencionado anteriormente vendría a ser los incendios forestales, las erupciones volcánicas, la ruptura de burbujas de aire de la superficie marina y el rocío de la vegetación (Misra et al., 2001; Viana, 2003; Gu et al., 2011). En la Figura 3 se aprecia la clasificación según la fuente de emisión del contaminante.

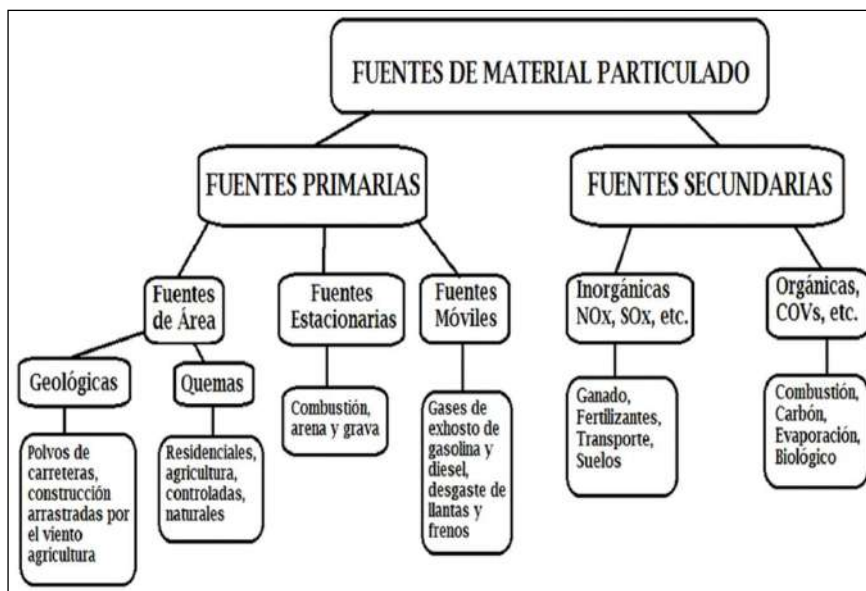


Figura 3. Clasificación del tipo de fuente del Material Particulado.
 Nota. Tomado de García (2005).

2.2.6 Factores Meteorológicos que afectan la concentración del Material Particulado

La topografía del lugar donde se emiten los contaminantes y los factores climáticos influyen en la variabilidad y disposición del Material Particulado (OMS, 2005; Pey, 2007), dentro de los factores meteorológicos se encuentra el elemento meteorológico del viento, cuya velocidad y dirección contribuye a la dispersión del Material Particulado (Lobo, 2010; Arrieta, 2016). Otros factores meteorológicos que repercuten en menor medida la variabilidad y la dispersión de la concentración del Material Particulado son la temperatura y la humedad relativa (Olaya & Perez, 2006; González & Aristizábal, 2012; Pacsi & Murriel, 2018). Se puede apreciar en la Figura 4 la dispersión del Material Particulado.

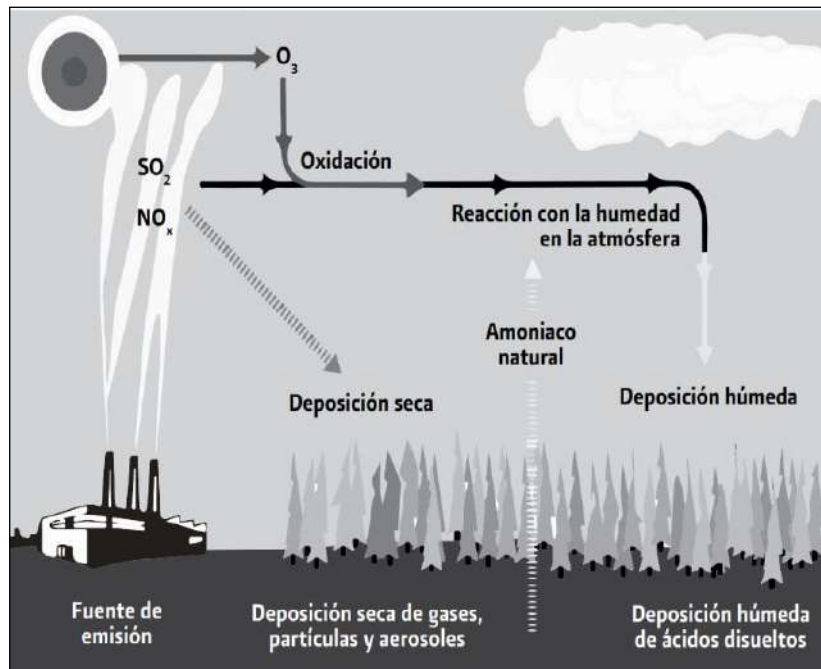


Figura 4. Disposición del Material Particulado en suspensión.
Nota. Tomado de SENARMAT (2011).

2.2.7 Efectos del Material Particulado en la salud pública

El efecto ambiental del Material Particulado ha sido asociada con las enfermedades respiratorias y cardiovasculares en muchos estudios epidemiológicos en el transcurso de los años (USEPA, 1996), donde el tamaño de las partículas le permite adherirse con mucha facilidad al sistema respiratorio (OMS, 2005), los componentes químicos del Material Particulado representa un riesgo latente para la salud pública (Brunekreef et al., 1995).

El Material Particulado fino ($\text{PM}_{2.5}$) por su tamaño es el contaminante primario más letal llegando a penetrar el tracto respiratorio, mientras que el PM_{10} se suele alojar en menor profundidad como la tráquea o los bronquios (Atkinson et al., 2010), generando en la población infecciones respiratorias agudas (IRA) como un efecto específico (Viana, 2003). En la Figura 5 se observa el ingreso y afectación del Material Particulado a nuestro sistema respiratorio.

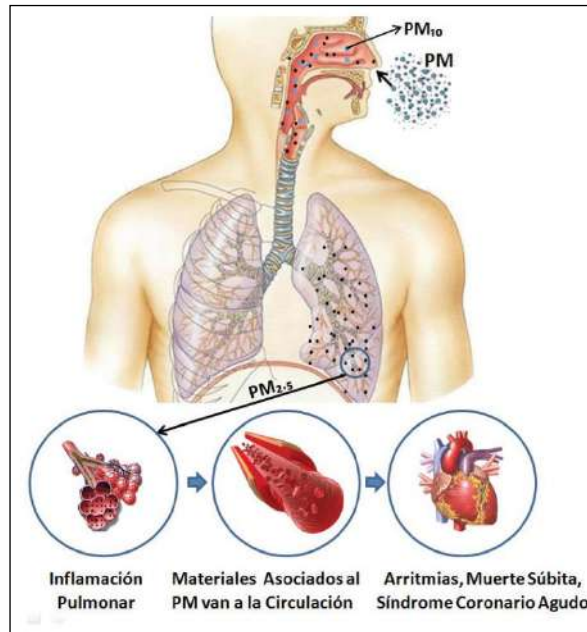


Figura 5. Afectación del Material Particulado en la Salud Pública.

Nota. Tomado de Rodríguez (2015).

2.2.8 Infecciones respiratorias agudas (IRA)

Las infecciones respiratorias agudas “constituyen un complejo grupo de enfermedades provocadas por diversos agentes causales que afectan cualquier punto de las vías respiratorias” (Suárez, 1991, como se citó en Prieto et al., 2000, p.1), donde la contaminación atmosférica representa un factor ambiental que intensifica el aumento de las enfermedades respiratorias (Sánchez, 1969), otros factores que también representan riesgos de contraer enfermedades respiratorias agudas son la biología humana a través de la genética, el estilo de vida y el sistema sanitario (Huertas Martínez, 2019). La clasificación de las infecciones respiratorias se divide en dos específicamente según Dennis y Clyde, a la primera se le denomina infecciones respiratorias agudas altas y a la segunda se le denomina infecciones respiratorias bajas, según cómo estas afectan estructuras anatómicas localizadas por encima de la epiglotis o desde esta hacia abajo (Collantes, 2015), para una mejor comprensión ver la Tabla 1 donde se muestra la clasificación de las enfermedades respiratorias según Collantes.

Tabla 1

Clasificación de las enfermedades respiratorias agudas.

| Infecciones respiratorias agudas altas | |
|---|---|
| No complicadas | Complicadas |
| ❖ Rinofaringitis aguda | ❖ Adenitis |
| ❖ Faringoamigdalitis con ulceraciones o vesículas | ❖ Otitis media |
| ❖ Faringoamigdalitis con exudados o membranas | ❖ Abscesos periamigdalino y retrofaríngeo |
| | ❖ Sinusitis |
| Infecciones respiratorias agudas bajas | |
| No complicadas | Complicadas |
| ❖ Crup infecciosos | ❖ Atelectasia |
| ❖ Laringitis espasmódica | ❖ Absceso pulmonar |
| ❖ Epiglotitis | ❖ Mediastinitis |
| ❖ Laringitis (L) | ❖ Pericarditis |
| ❖ Laringotraqueítis (LT) | ❖ Neumotórax |
| ❖ Laringotraqueobronquitis (LTB) | ❖ Edema pulmonar |
| ❖ Bronquitis y traqueobronquitis | ❖ Traqueítis bacteriana |
| ❖ Bronquiolitis | ❖ Osteomielitis |
| | ❖ Artritis |

Nota. Tomado de Collantes (2015).

2.2.9 Símbolo Obstructivo Bronquial (Asma)

Es una enfermedad respiratoria “heterogénea definida por la historia de síntomas respiratorios (por ejemplo, sibilancias, falta de aire respiratoria, opresión torácica y tos) que varían en el tiempo y en intensidad” (Reddel et al.,2021, p.2). La enfermedad suele desarrollarse con más frecuencia en niños donde se obstruye las vías aéreas, produciendo episodios de sibilancia, tos y dificultad para respirar atentando contra la vida del niño (GINA, 2008).

La enfermedad respiratoria del Asma es causada por factores genéticos y factores ambientales que suelen producir los síntomas de la enfermedad, otro factor asociado con frecuencia es el aspecto psíquico de las emociones (Barrantes, 2010). El asma se clasifica de

acuerdo a la severidad en intermitentes, leve persistente, moderada persistente y severa persistente así se logra dar un mejor manejo en la evaluación inicial, sin embargo no es recomendada para el tratamiento porque sigue una postura de opiniones de expertos y no de evidencias científicas (Recabarren et al., 2017). En la Figura 6 se podrá observar más claramente la clasificación del asma según la gravedad.

Tabla X. Clasificación de la gravedad del asma en niños

| | <i>Episódica ocasional</i> | <i>Episódica frecuente</i> | <i>Persistente moderada</i> | <i>Persistente grave</i> |
|-----------------------------|---|---|-----------------------------|--------------------------|
| Episodios | De pocas horas o días de duración < de uno cada 10-12/semanas Máximo 4-5 crisis /año | <de uno cada 5-6 semanas Máximo 6-8 crisis / año | >de uno cada 4-5 semanas | Frecuentes |
| Síntomas intercrisis | Asintomático, con buena tolerancia al ejercicio | Asintomático | Leves | Frecuentes |
| Sibilancias | - | Con esfuerzos intensos | Con esfuerzos moderados | Con esfuerzos mínimos |
| Síntomas nocturnos | - | - | <2 noches por semana | >2 noches por semana |
| Medicación de alivio (SABA) | - | - | <3 días por semana | 3 días por semana |
| Función pulmonar | | | | |
| - FEV1 | >80% | >80% | >70%<80% | <70% |
| - Variabilidad PEF | <20% | <20% | >20%<30% | >30% |

FEV1: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo; PEF: Flujo espiratorio máximo; SABA: Agonista beta dos adrenérgico de acción corta.

Figura 6. En la Tabla X se muestra la clasificación del asma según la gravedad valorando la frecuencia de los síntomas.

Nota. Tomado de García & Pérez (2016).

2.2.10 Estándares Nacionales e internacionales

El Ministerio del Ambiente dentro de sus políticas ambientales aprobó en el año 2017 la actualización de los estándares nacionales para la calidad de aire a nivel nacional con el objetivo de proteger y mejorar el ambiente atmosférico, estableciendo para ello una lista de contaminantes de carácter primario y secundario donde se garantiza la buena calidad atmosférica para aquellos valores por debajo del presente estándar (MINAM, 2017). El estándar nacional para la calidad de aire del Material Particulado (PM₁₀-PM_{2,5}) viene representado en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2

Estándares nacionales del PM₁₀ y PM_{2,5}.

| Parámetro | Período | Valor | Vigencia | Método de Análisis |
|--|----------|--------------------------|------------|---|
| Material Particulado grueso (PM ₁₀) | 24 horas | 100 μg/m ³ | Actualidad | Separación Inercial / Filtración (gravimetría) |
| | Anual | 50 μg/m ³ | Actualidad | |
| Material Particulado fino (PM _{2,5}) | 24 horas | 50 μg/m ³ | Actualidad | Separación Inercial / Filtración (gravimetría) |
| | Anual | 25 μg/m ³ | Actualidad | |

Nota. Tomado del MINAM (2017).

A nivel internacional en el año 2021 la OMS ha lanzado sus nuevas directrices de calidad de aire, para ello ha consultado a diferentes estudios donde se mide la influencia de la contaminación atmosférica en la salud pública, estas guías plantean nuevos estándares para prevenir el alto riesgo de los contaminantes aire y hace un llamado a las autoridades nacionales y locales para prevenir, reducir y eliminar la exposición a sustancias peligrosas (World Health Organization [WHO], 2021), en la Tabla 3 se describe los nuevos estándares internacionales de la OMS.

Tabla 3

Valor Guía para la concentración del PM_{10} y $PM_{2,5}$.

| Contaminante | Tiempo promedio | Niveles Guías de la Calidad de aire |
|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Material Particulado grueso | 24 horas | 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| (PM_{10}) | Anual | 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Material Particulado fino | 24 horas | 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| ($PM_{2,5}$) | Anual | 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |

Nota. Tomado de World Health Organization (2021).

2.2.11 Índice Nacional de Calidad del Aire (INCA)

El Índice de Calidad del Aire (ICA) fue adaptado por la Agencia de Protección Ambiental como una medida de comparación de los niveles de contaminación atmosférica expresado en colores (EPA, 1999; Pineda & Alvarez, 2015), que permite interpretar de una manera sencilla la calidad del aire monitoreado (Toro & Marín, 2006), así prevenir los efectos en la salud pública que podría generar los contaminantes atmosférico (Environmental Protection Agency [EPA], 1999)

Desde aquel entonces varios países han tomado la normativa internacional y lo han introducido a sus normativas nacionales, por su parte el Perú a través del Ministerio del Ambiente promulgó la RM. N°181- 2016- MINAM donde redacta su propio INCA, que cuenta con cuatro rangos representados por colores, verde (0-50), amarillo (51-100), anaranjado (101-500) y el rojo (< 500) todo ello acoplado a 6 de los 10 contaminantes estipulado es sus Entandares Nacionales de Calidad de Aire (MINAM, 2016). En la Tabla 4 se muestran los valores del INCA de la RM. N°181- 2016- MINAM.

Tabla 4

Valores del Índice de Calidad Nacional del Aire.

| Calificación | Valores del Inca | Colores |
|--------------|------------------|------------|
| Buena | 0-50 | Verde |
| Moderada | 51-100 | Amarillo |
| Mala | 101-*VUEC | Anaranjado |
| *VUEC | >*VUEC | Rojo |

Nota. Tomado de MINAM (2016).

*VUEC: Valor umbral del estado de cuidado.

2.3 Definiciones de términos básicos

Red de monitoreo: Conjunto de estaciones de monitoreo interconectadas en una misma zona (Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA], 2005).

Estándar de calidad del aire: La máxima concentración de una sustancia potencialmente tóxica que puede permitirse en un componente ambiental durante un Período definido (MINAM, 2017).

Exposición: Interacción entre un agente tóxico y un sistema biológico. Cantidad de agente químico o físico particular que llega al receptor (DIGESA, 2005).

Partículas en suspensión: son representadas como sustancias sólidas o líquidas, de naturaleza orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, procedentes de fuentes naturales y artificiales (Aránguez et al., 1999).

Morbilidad y Mortalidad: Se define como la cantidad de personas que se enferman dentro de un período determinado, mientras la mortalidad presenta la característica de ser letal contabilizando el número de fallecimientos durante períodos de tiempo (Betetta, 2019).

Elementos meteorológicos: Fenómeno o variable atmosférica que caracteriza el estado del tiempo en un lugar y en un momento dado de la temperatura del aire, presión, viento, humedad, tormenta eléctrica y niebla (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2019).

Topografía: La Topografía es la ciencia que trata los principios y métodos utilizados para determinar las posiciones relativas de puntos de la superficie terrestre (Fuentes Guzman, 2012).

Enfermedades Respiratorias Agudas: Son afecciones del tracto respiratorio superior o inferior, generalmente de etiología infecciosa, que pueden producir un espectro de enfermedades que van desde infecciones asintomáticas o leves hasta enfermedades graves y fatales (OMS, 2007).

Salud: La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades (OMS, 1946)

2.4 Hipótesis de la investigación

2.4.1 Hipótesis general

La variación temporal del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2,5}$) se asocia con el número de consultas por enfermedades respiratorias en niños menores de 5 años del distrito de Jesus Maria correspondiente al período 2017-2019.

2.4.2 Hipótesis específicas

El nivel de concentración del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2,5}$) varía por el efecto del año y la estación climática correspondiente al período 2017-2019.

El número de consultas en niños menores de 5 años por IRA y Asma varían por el efecto del año y la estación climática correspondiente al período 2017-2019.

Las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) se relacionan con la concentración del Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2,5}$) durante las estaciones climáticas de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

El Material Particulado (PM_{10} - $PM_{2,5}$) se relaciona con el número de consultas en niños menores de 5 años por IRA y Asma durante las estaciones climáticas de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

2.5 Operacionalización de variables

Tabla 5

Operacionalización de variables e indicadores de la investigación.

| | Variables | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Unidad | Tipo de variable |
|-------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| VARIABLE INDEPENDIENTE | Contaminantes Atmosféricos Primarios | Contaminantes que son emitidos directamente a la atmósfera por industrias y parque automotor (Shah et al., 2019). | Esta variable será medida teniendo en cuenta la concentración del Material Particulado | Concentración del contaminante primario PM ₁₀ - PM _{2,5} | PM ₁₀ PM _{2,5} | μg/m ³ | Cuantitativa Continuo |
| VARIABLE DEPENDIENTE | Enfermedades Respiratorias | Infección e inflamación aguda sistemática del parénquima pulmonar producidos por patógenos del ambiente (Salas-López et al., 2019). | Esta variable será medida teniendo en cuenta las incidencias registradas | Reportes por consultas Hospitalarias | IRA | Consultas | Cuantitativo Discreta |
| | | | | | Asma | Consultas | Cuantitativo Discreta |
| | | | | Permanencia en el distrito | Edad | > 5 años | Cuantitativo Discreta |
| VARIABLE INTERVINIENTE | Factores Meteorológico | Condición atmosférica, que en conjunto determina el estado del tiempo o clima. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2020) | Esta variable será medida teniendo en cuenta las variables meteorológicas | Variables meteorológicas de influencia temporal | Temperatura | °C | Cuantitativo Continua |
| | | | | | Humedad relativa | % | Cuantitativo Continua |
| | | | | | Velocidad del viento | m/s | Cuantitativo Continua |

Nota. Elaboración propia (2022).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicativo, donde se ejercen los conocimientos teóricos para la mejora de la calidad vida y así contribuir con la construcción de nuevos conocimientos.

3.1.2 Diseño de investigación

La investigación presenta un diseño cuasi-experimental de series temporales retrospectivas y longitudinales, puesto que los datos fueron obtenidos de registros documentarios del Instituto Nacional de Estadística e Informática, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades.

3.1.3 Nivel de investigación

La investigación es de nivel relacional y causal, ya que se obtuvo los estadísticos descriptivos según los efectos del año y estación climática, para después asociarlos respectivamente.

3.1.4 Método de investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo debido a la recolección de datos del Material Particulado, las variables meteorológicas y las enfermedades respiratorias.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Ubicación

La investigación se llevará a cabo en el distrito de Jesús María que pertenece a la zona centro de Lima Metropolitana, cuya coordenada UTM WGS 84 ZONA 18S, Norte (N): 8678659.4 m y Este (W): 285303.7 m. En plano de ubicación se encuentra en el Anexo 2.

3.2.2 Área, sector y programa

Según el documento “Códigos Plan Nacional CTI” de la Dirección de Investigación de la ANR, la presente investigación corresponde a:

Área: 03 Ambiental

Sector: 0301 Biodiversidad y Calidad Ambiental

Programa: 0301 0012 Estudio de la relación causa efecto de la contaminación Ambiental la salud humana.

3.2.3 Materiales e insumos

Registros del Material Particulado y las variables meteorológicas

Registros del número de consultas por enfermedades respiratorias

Software WRPLOT view-Freewarre

Software Minitab v.19

Software IBM SPSS v.25

Software AutoCAD

3.2.4. Población y muestra

La población y muestra no probabilístico discrecional fueron las mismas, contemplando un número de 4987 niños menores de 5 años; la cual se determinó teniendo en cuenta la data epidemiológica del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades durante las estaciones climáticas de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Para determinar el efecto del año y la estación climática se recolectaron los datos del PM₁₀, PM_{2,5}, IRA y Asma; y se agruparon por cada estación climática (3 meses) correspondiente al período 2017-2019. Para establecer las asociaciones entre el PM₁₀, PM_{2,5}, IRA y Asma sólo se utilizaron las estaciones climáticas de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019. De igual manera se utilizó las estaciones de otoño e invierno para determinar las asociaciones entre el PM₁₀, PM_{2,5}, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento correspondiente al período 2017-2019.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Para analizar el efecto del año y la estación climática sobre el PM₁₀, IRA y Asma se utilizó el DCA con arreglo factorial 3*4 y la prueba de Tukey para la comparación de medias. Mientras que para analizar el efecto del año y la estación climática en las concentraciones de PM_{2,5} se utilizó la prueba de Kruskal Wallis y la prueba de Dunn para la comparación de sus medianas. Se utilizó la correlación de Pearson para establecer las asociaciones entre el PM₁₀, humedad relativa e IRA; y la correlación de Spearman para establecer las asociaciones entre el PM_{2,5}, humedad relativa, temperatura, velocidad del viento, IRA y Asma. Para el análisis de los datos se utilizó el software Minitab v.19 y el software IBM SPSS v.25.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Variación temporal del Material Particulado (PM₁₀-PM_{2,5}) presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María

Para el estudio se utilizó los informes ambientales del INEI donde se obtuvo la base de datos del Material Particulado (PM₁₀-PM_{2,5}) medidos por la estación de Monitoreo automático de calidad de aire “Campo de Marte” ubicada en el distrito de Jesús María; en la Tabla 6 se presentan los resultados del efecto anual y estacional del Material Particulado grueso (PM₁₀). El análisis estadístico se encuentra en el Anexo 2.

Tabla 6

Efecto multianual y estacional sobre el Material Particulado grueso (PM₁₀).

| Año | N | Media | Error Estándar | Estación | N | Media | Error Estándar |
|------|----|-------------------|----------------|-----------|----|-------------------|----------------|
| 2017 | 46 | 38,3 ^a | 0,82 | verano | 32 | 25,9 ^b | 0,99 |
| 2018 | 47 | 29,2 ^b | 0,81 | otoño | 36 | 33,2 ^a | 0,93 |
| | | | | invierno | 36 | 31,4 ^a | 0,93 |
| 2019 | 46 | 25,5 ^c | 0,82 | primavera | 35 | 33,4 ^a | 0,94 |

^{abc} Letras diferentes indican diferencia estadística ($P < 0,05$).

Se observa en la Tabla 6, el efecto del año y estación sobre el PM₁₀ cuya diferencia significativa ($P < 0,05$) indica que la concentración del PM₁₀ en los años 2017 (38,3 µg/m³), 2018 (29,2 µg/m³) y 2019 (25,5 µg/m³) fueron diferentes. En las estaciones de otoño (33,1 µg/m³), invierno (31,4 µg/m³) y primavera (33,4 µg/m³) no se encontró diferencia significativa ($P > 0,05$); sólo la estación de verano (25,9 µg/m³) presentó diferencia significativa ($P < 0,05$). Se infiere entonces que el nivel de concentración del PM₁₀ en el distrito de Jesús María se alteró con el cambio de la estación climática de verano a otoño.

En la Figura 7 se puede apreciar que el efecto simple del nivel de concentración del Material Particulado grueso (PM₁₀) en las estaciones climáticas de verano, otoño e invierno suele disminuir; no obstante, la estación climática de primavera presentó una concentración anómala en el año 2018; esto podría deberse a la influencia de las variables meteorológicas. En los efectos cruzados se observa la diferencia significativa estacional para cada año; esto podría deberse a la topografía del lugar y la actividad antrópica que son determinantes en la suspensión del Material Particulado grueso (PM₁₀) en el distrito de Jesús María.

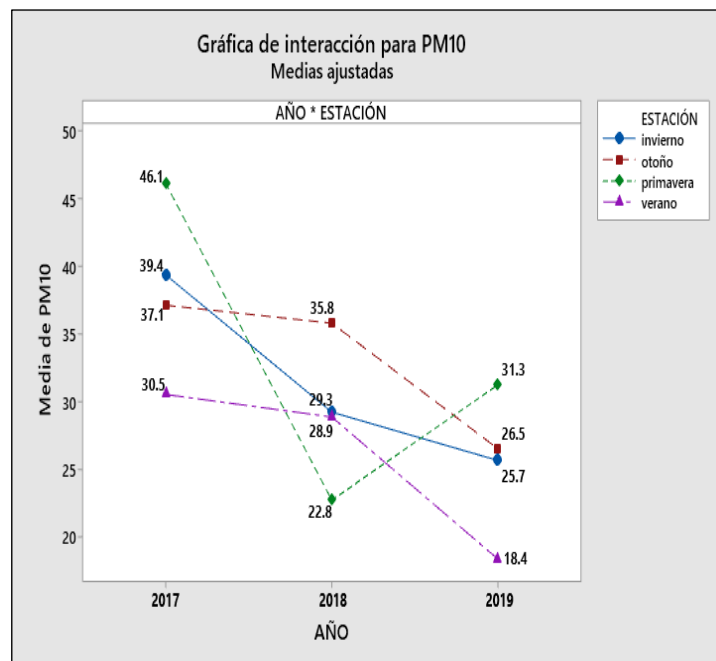


Figura 7. Gráfica de interacción del Material Particulado grueso PM₁₀ correspondiente al período 2017-2019.

Nota. Elaboración propia (2022).

Se observa en la Figura 8 los valores del PM₁₀; donde las 4 estaciones climática sobrepasan muy fácilmente el estándar anual de la OMS correspondientes al período 2017-2019; sin embargo, la concentración del PM₁₀ no sobrepasa el estándar nacional del ECA en ninguna de las 4 estaciones climáticas de los 3 años. Se encontraron los mayores niveles de concentración del PM₁₀ en las 4 estaciones climáticas del año 2017.

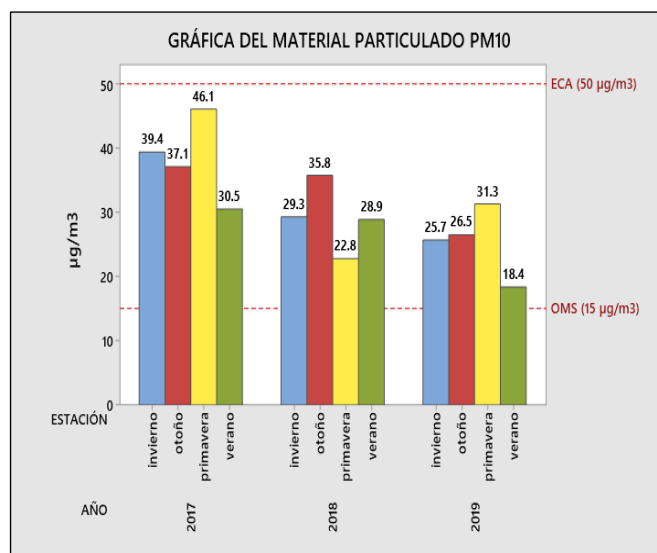


Figura 8. Comparación del PM₁₀ con los estándares de calidad del aire para cada estación climática correspondiente al período 2017-2019.
Nota. Elaboración propia (2022).

En la Tabla 7 se presentan los resultados del efecto anual y estacional del Material Particulado fino (PM_{2,5}). El análisis estadístico se encuentra en el Anexo 3.

Tabla 7

Efecto multianual y estacional sobre el Material Particulado fino (PM_{2,5}).

| Año | N | Mediana | Estación | N | Mediana |
|------|----|-------------------|-----------|----|-------------------|
| 2017 | 39 | 11,8 ^a | verano | 32 | 11,9 ^b |
| | | | otoño | 36 | 18,2 ^a |
| 2018 | 47 | 19,3 ^b | invierno | 36 | 20,2 ^a |
| | | | primavera | 28 | 20,6 ^a |

^{ab} Letras diferentes indican diferencia estadística ($P < 0,05$).

Se observa en la Tabla 7, el efecto del año del PM_{2,5} cuya diferencia significativa ($P < 0,05$), indica que el nivel de concentración del PM_{2,5} en el año 2017 (11,8 µg/m³), 2018 (19,3 µg/m³) y 2019 (20,2 µg/m³) son diferentes. El efecto estacional presentó diferencia significativa ($P < 0,05$) en la estación de verano (11,9 µg/m³); no se encontró diferencia significativa ($P > 0,05$) en las estaciones de otoño (18,2 µg/m³), invierno (20,2 µg/m³) y primavera (20,6 µg/m³) correspondiente al período 2017-2019. Se infiere entonces que en el cambio de estación de verano a otoño se suscitó la alteración del nivel de concentración del PM_{2,5}.

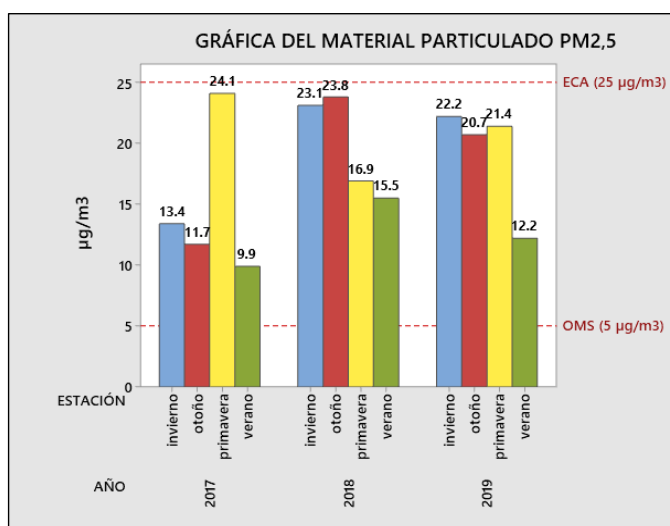


Figura 9. Comparación del PM₁₀ con los estándares de calidad del aire para cada estación climática correspondiente al período 2017-2019.

Nota. Elaboración propia (2022).

Se observa en la Figura 9 que los valores del PM_{2,5} en las 4 estación climática sobrepasan muy fácilmente el estándar anual de la OMS correspondientes al período 2017-2019; sin embargo, los valores de concentración del PM_{2,5} no sobrepasan los estándares de la normativa anual del ECA en ninguna de las 4 estaciones de los 3 años.

4.2 Variación del número de consultas por enfermedades respiratorias en niños menores de 5 años del distrito de Jesús María

Para la estimación del número de consultas por enfermedades respiratorias en niños menores de 5 años se utilizó la base de datos del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del MINSA. En la Tabla 8 se presentan los resultados del efecto anual y estacional del número de consultas por IRA en niños menores de 5 años. El análisis estadístico se encuentra en el Anexo 4.

Tabla 8

Efecto multianual y estacional sobre el número de consultas por IRA.

| Año | N | Media | Error Estándar | Estación | N | Media | Error Estándar |
|------|----|-------------------|----------------|-----------|----|---------------------|----------------|
| 2017 | 48 | 66,9 ^a | 1,70 | verano | 36 | 40,0 ^c | 1,96 |
| 2018 | 48 | 54,5 ^b | 1,70 | otoño | 36 | 66,2 ^a | 1,96 |
| | | | | invierno | 36 | 57,2 ^b | 1,96 |
| 2019 | 48 | 46,6 ^c | 1,70 | primavera | 36 | 60,6 ^{a b} | 1,96 |

^{abc} Letras diferentes indican diferencia estadística ($P < 0,05$).

Se observa en la Tabla 8, el efecto multianual del número de consultas por IRA en niños menores de 5 años, cuya diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) indica que el número de consultas por IRA en cada año resultó ser diferente. El número de consultas por IRA en primavera fue el mismo que se obtuvo en invierno y otoño; solo la estación climática de verano presenta diferencia significativa ($P < 0,05$) con las demás estaciones.

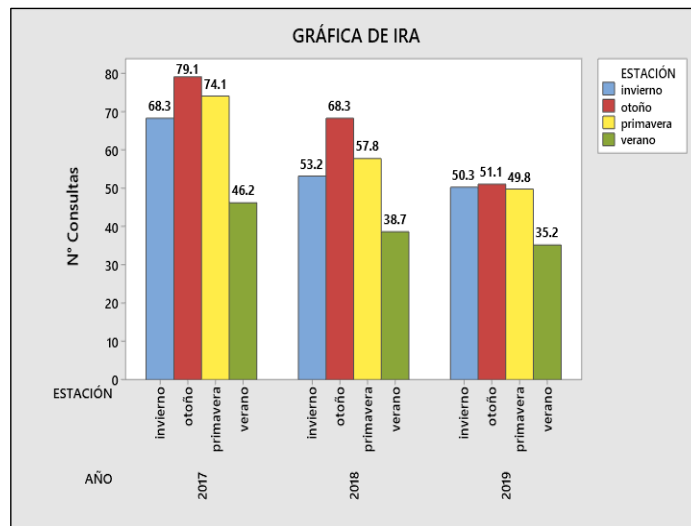


Figura 10. Variación multianual según la estación climática para el número de consultas por IRA en el distrito de Jesús María. Período 2017-2019.

Nota. Elaboración propia (2022).

Se observa en la Figura 10 la variación multianual del número consultas por IRA en niños menores de 5 años, donde se registró el mayor número de consultas por IRA en la estación de otoño y el menor número de consultas se registró en la estación de verano correspondiente al período 2017-2019.

En la Tabla 9 se presentan los resultados del efecto anual y estacional del número de consultas por Asma. El análisis estadístico se encuentra en el Anexo 5.

Tabla 9

Efecto multianual y estacional sobre el número de consultas por Asma.

| Año | N | Media | Error Estándar | Estación | N | Media | Error Estándar |
|------------|----------|------------------|-----------------------|-----------------|----------|--------------------|-----------------------|
| 2017 | 48 | 8,1 ^a | 0,47 | verano | 36 | 5,1 ^b | 0,54 |
| 2018 | 48 | 7,0 ^a | 0,47 | otoño | 36 | 8,6 ^a | 0,54 |
| | | | | invierno | 36 | 6,5 ^b | 0,54 |
| 2019 | 48 | 5,4 ^b | 0,47 | primavera | 36 | 7,0 ^{a b} | 0,54 |

^{ab} Letras diferentes indican diferencia estadística ($P < 0,05$).

Se observa en la Tabla 9, el efecto multianual del número de consultas por Asma en niños menores de 5 años, cuya diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) indica que el número de consultas por Asma en cada año resultó ser diferente. El número de consultas por Asma en primavera fue el mismo que se obtuvo en invierno y otoño; la estación de verano presenta diferencia significativa ($P < 0,05$) con la estación de otoño. Se observa en la Figura 11 la variación multianual del número consultas por Asma en niños menores de 5 años, donde se registró el mayor número de consultas por Asma en la estación de otoño y el menor número de consultas se registró en la estación de verano correspondiente al período 2017-2019.

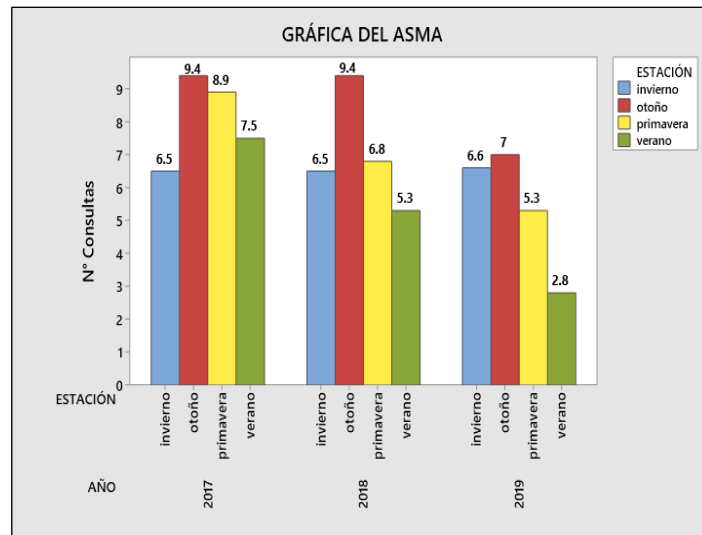


Figura 11. Variación multianual según la estación climática del número de consultas por Asma en el distrito de Jesús María. Período 2017-2019.

Nota. Elaboración propia (2022).

4.3 Estadísticos descriptivos del PM₁₀, PM_{2,5}, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, IRA y Asma de otoño e invierno

Tabla 10

Estadísticos descriptivos del Material Particulado (PM₁₀-PM_{2,5}) durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

| Variable | Media | Desviación Estándar | Mínimo | Máximo |
|-------------------|-------|---------------------|--------|--------|
| PM ₁₀ | 32,3 | 7,6 | 15,8 | 51,9 |
| PM _{2,5} | 19,1 | 6,3 | 10,0 | 33,5 |

Nota. Elaboración propia (2022).

En la Figura 12 se puede apreciar los promedios semanales del Material Particulado grueso (PM₁₀), donde los valores de las 12 semanas de ambas estaciones climáticas sobrepasan el estándar de la OMS en los 3 años; sin embargo, solo la semana 8 (51,2 µg/m³) y semana 12 (51,9 µg/m³) de la estación climática de invierno del año 2018 superaron el estándar anual del ECA.

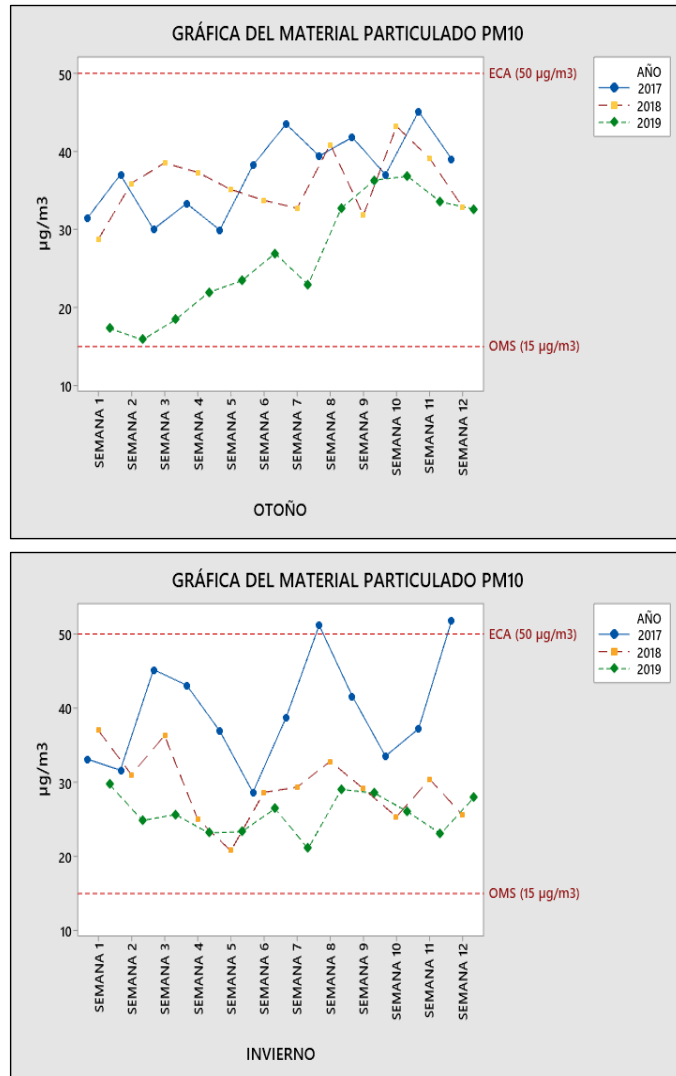


Figura 12. Promedios semanales del PM₁₀ presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019.

Nota. Elaboración propia (2022).

En la Figura 13 se observa los promedios semanales del Material Particulado fino (PM_{2,5}), donde los valores de las 12 semanas sobrepasan el estándar anual de la OMS en los 3 años. Cabe indicar que las semanas 8, 10 y 11 (27,5; 33,5 y 30,8 µg/m³) del año 2018, al igual que las semanas 8, 9, 10, 11 y 12 (27,1; 28,3; 29,3; 27,8 y 27,6 µg/m³) del año 2019 de la estación climática de otoño sobrepasaron el estándar del ECA anual. Finalmente se observa también en la estación de invierno que solo las semanas 1, 3, 6, 7 y 12 (28,9; 27,6; 25,6; 25,5 y 28,0 µg/m³) del año 2018, al igual que la semana 8 y 9 (26,1 y 25,7 µg/m³) del año 2019 sobrepasaron el estándar del ECA anual.

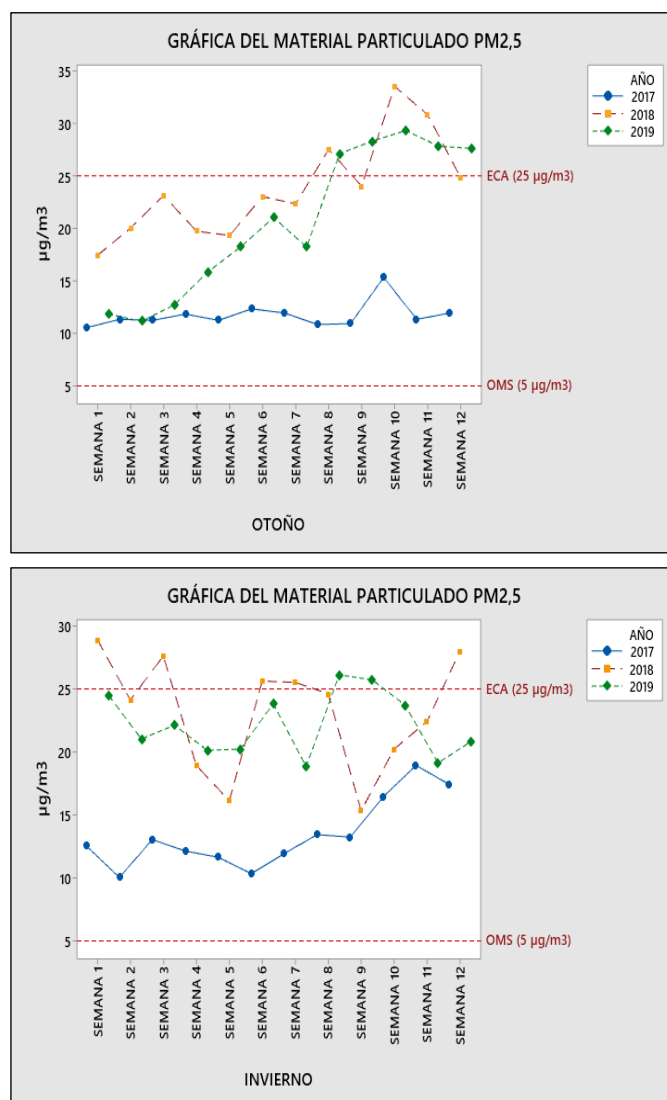


Figura 13. Promedios semanales del PM_{2,5} presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019.

Nota. Elaboración propia (2022).

Tabla 11

Estadísticos descriptivos de las variables meteorológicas durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

| Variables climáticas | Media | Desviación Estándar | Mínimo | Máximo |
|----------------------|-------|---------------------|--------|--------|
| Temperatura | 18,2 | 2,5 | 14,6 | 23,9 |
| Humedad relativa | 84,5 | 3,8 | 75,4 | 90,5 |
| Velocidad del viento | 2,5 | 0,3 | 1,1 | 2,7 |

Nota. Elaboración propia (2022).

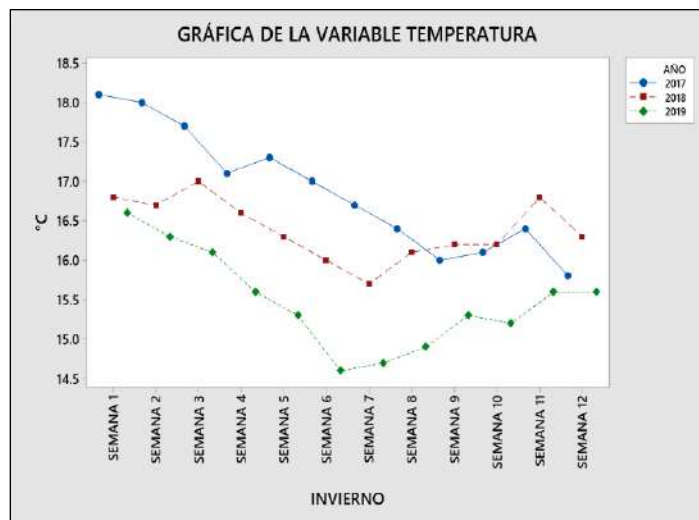
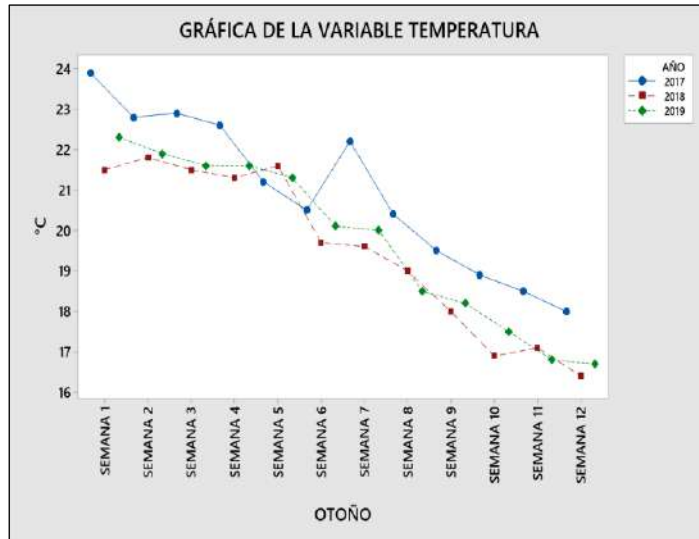


Figura 14. Promedios semanales de la temperatura presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019.
 Nota. Elaboración propia (2022).

Se observa en la Figura 14 la variación semanal de la temperatura del distrito de Jesús María, donde los picos máximos de intensidad de temperatura sucedieron en las semanas del año 2017 para ambas estaciones climáticas, no obstante los picos mínimos de intensidad de temperatura sucedieron en las semanas del año 2018 para la estación de otoño y en el año 2019 para la estación de invierno.

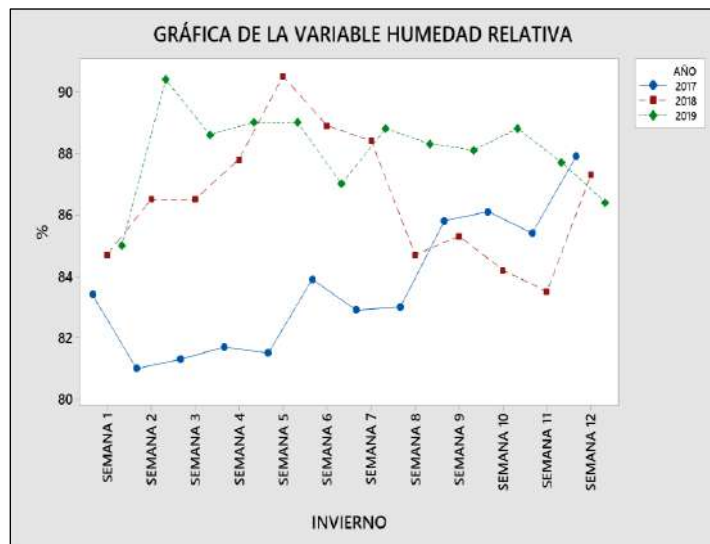
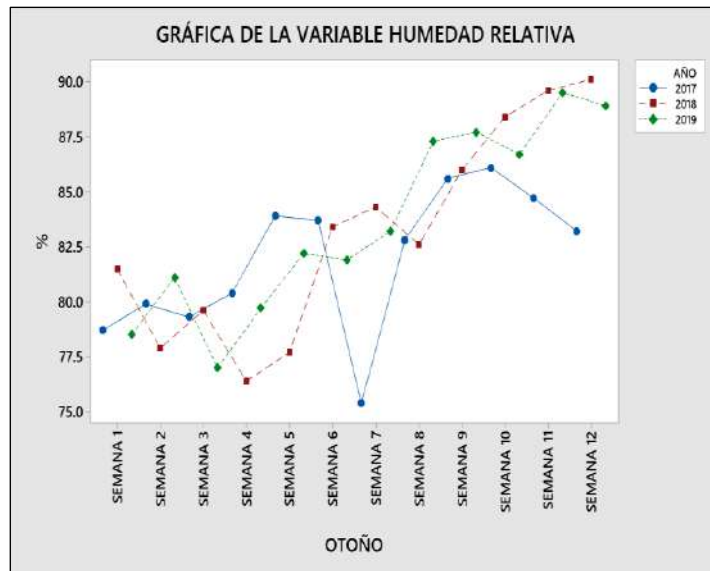


Figura 15. Promedios semanales de la humedad relativa presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María durante las climáticas de otoño e invierno. Período 2017-2019.

Nota. Elaboración propia (2022).

Se observa en la Figura 15 la variación semanal de la humedad relativa que acontecieron en el distrito de Jesús María, donde los picos máximos de concentración de la humedad relativa sucedieron en las semanas del año 2018 para la estación de otoño y en el año 2019 para la estación de invierno, los picos mínimos de concentración de la humedad relativa sucedieron en las semanas del año 2017 para ambas estaciones.

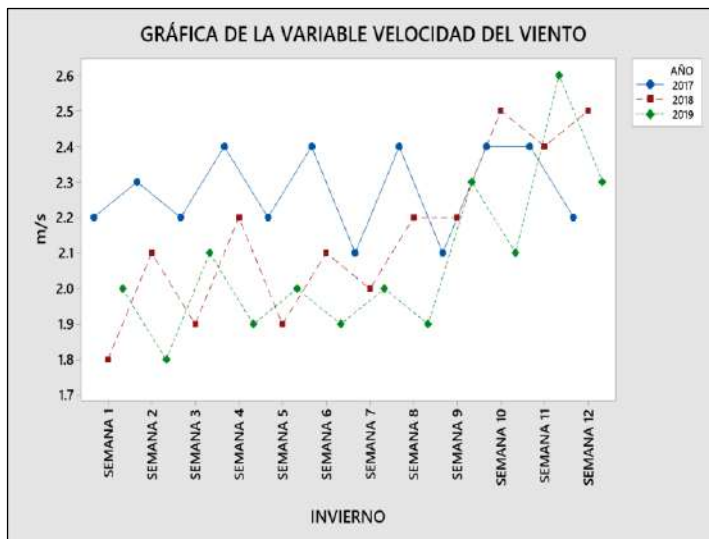
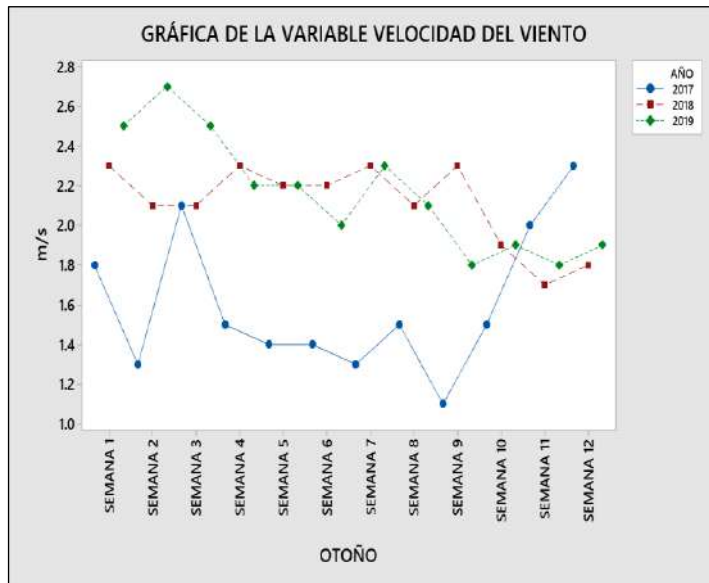


Figura 16. Promedios semanales de la velocidad del viento presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019.
Nota. Elaboración propia (2022).

Se observa en la Figura 16 la variación semanal de la velocidad del viento que acontecieron en el distrito de Jesús María, donde los picos máximos de la velocidad del viento sucedieron en las semanas del año 2019 para la estación de otoño y en el año 2017 para el invierno. Además de ello la dirección del viento (sur-oeste) se mantiene constante durante las estaciones de otoño e invierno en los 3 años, en la Figura 17 se podrá apreciar mejor en la rosa de viento.

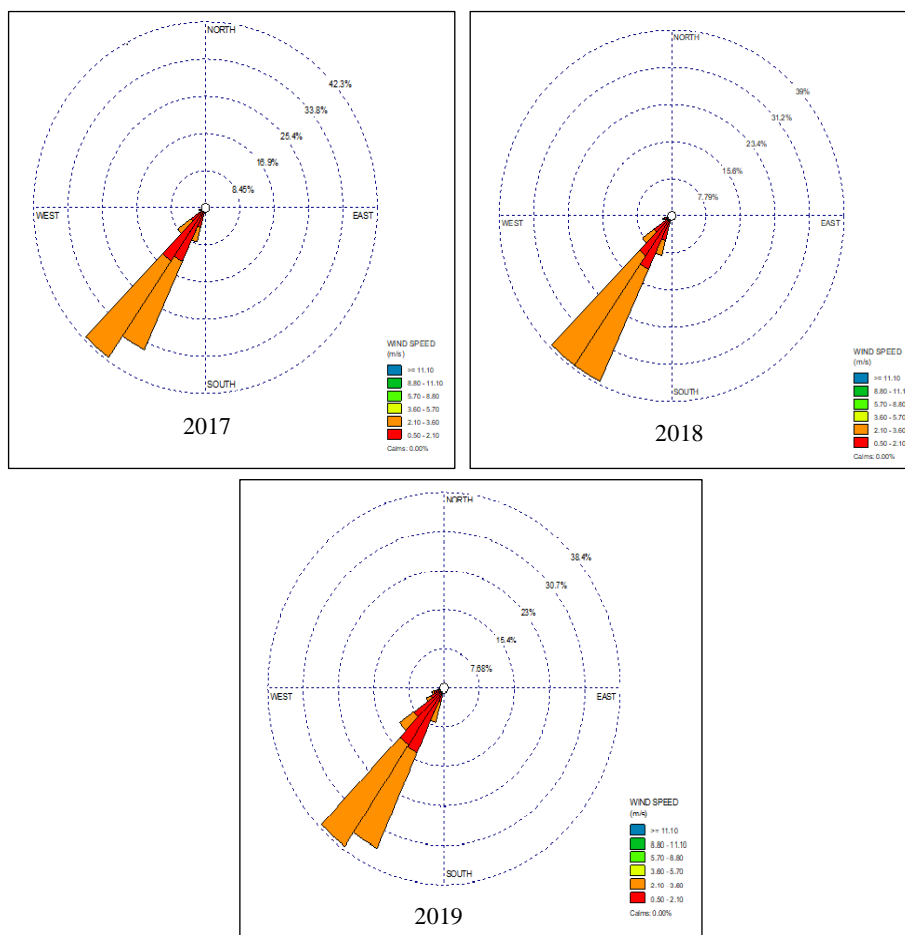


Figura 17. Dirección del viento durante las estaciones de otoño e invierno en el distrito de Jesús María. Período 2017-2019.

Nota. Elaboración propia (2022).

Tabla 12

Estadísticos descriptivos del número de consultas por enfermedades respiratorias durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

| Enfermedad Respiratoria | Media | Desviación Estándar | Mínimo | Máximo |
|-------------------------|-------|---------------------|--------|--------|
| IRA | 61,7 | 16,3 | 22 | 103 |
| Asma | 7,6 | 3,7 | 1 | 18 |

Nota. Elaboración propia (2022).

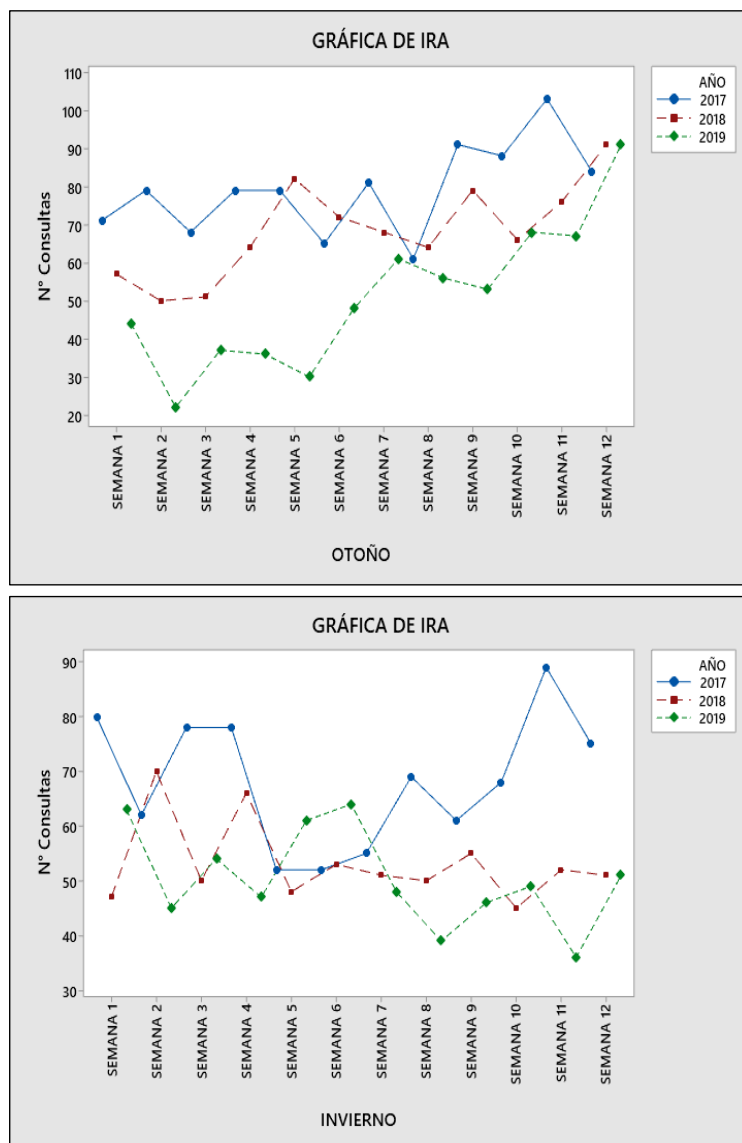


Figura 18. Promedio semanal del número de consultas por IRA del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019.

Nota. Elaboración propia (2022).

Se observa en la Figura 18 la variación semanal del número de consultas por IRA en niños menores de 5 años que acontecieron en el distrito de Jesús María, donde el mayor número de consultas sucedió en la semana 11 (103 niños) de la estación de otoño del año 2017, y el menor número de consultas sucedió en la semana 2 (22 niños) de la estación de otoño del año 2019.

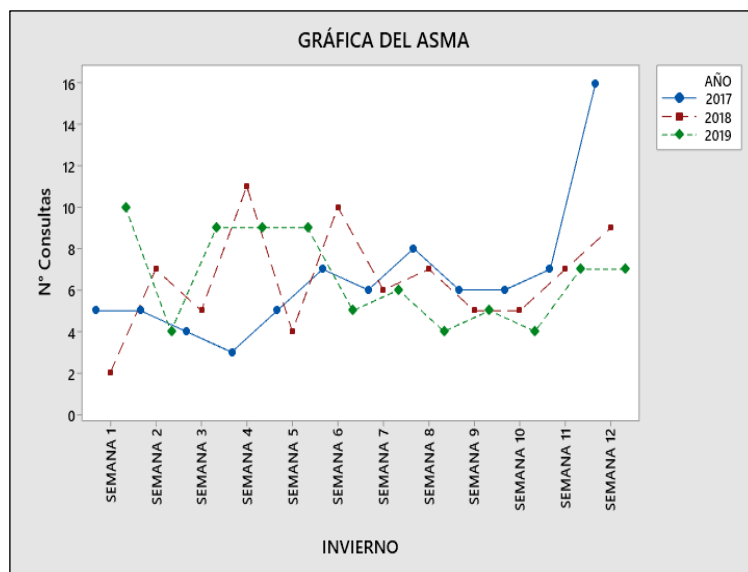
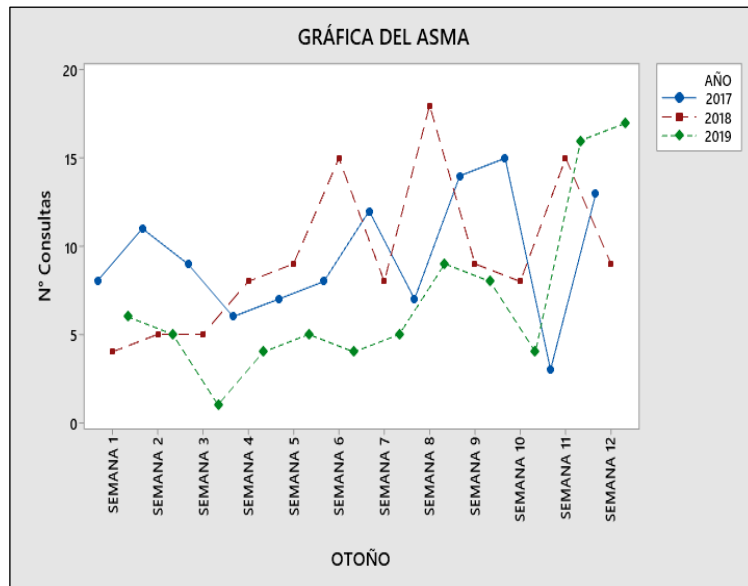


Figura 19. Promedios semanales del número de consultas por Asma del distrito de Jesús María durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019.
Nota. Elaboración propia (2022).

Se observa en la Figura 19 la variación semanal del número de consultas por Asma en niños menores de 5 años que acontecieron en el distrito de Jesús María, donde el mayor número de consultas sucedió en la semana 8 (18 niños) de la estación de otoño del año 2018, y el menor número de consultas sucedió en la semana 3 (1 niño) de la estación de otoño del año 2019.

4.4 Asociación entre las variables meteorológicas y el Material Particulado

Tabla 13

Correlación y regresión lineal entre las variables meteorológicas y el Material Particulado durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

| Variables meteorológicas / Material Particulado | Correlación | | Coefficiente de determinación | Ecuación de regresión lineal simple |
|--|-------------|----------------|-------------------------------|--|
| | r | Valor <i>P</i> | R ² | |
| Temperatura / PM ₁₀ | 0,206 | 0,082 | - | - |
| Humedad relativa / PM ₁₀ | -0,123 | 0,303 | 1,52% | PM ₁₀ = 53,4 + 0,250 Humedad relativa |
| Velocidad del viento / PM ₁₀ | -0,254* | 0,032 | - | - |
| Temperatura / PM _{2,5} | -0,431** | 0,000 | - | - |
| Humedad relativa / PM _{2,5} | 0,581** | 0,000 | - | - |
| Velocidad del viento / PM _{2,5} | -0,142 | 0,234 | - | - |

* Coeficiente r significativo ($P < 0,05$).

** Coeficiente r significativo ($P < 0,01$).

Se observa en la Tabla 13 la asociación entre el Material Particulado grueso (PM₁₀) y la velocidad del viento presenta una correlación negativa moderada ($P < 0,05$; $r = -0,254$); sin embargo, no se encontró asociación significativa entre el PM₁₀ con la temperatura ($P > 0,05$; $r = 0,206$) y la humedad relativa ($P > 0,05$; $r = -0,123$; $R^2 = 1,52\%$); entonces se infiere que la presencia de vientos fuertes disminuyó el nivel de concentración del PM₁₀ en el distrito de Jesús María, este fenómeno podría explicar la dispersión del PM₁₀ y su tiempo de suspensión en la atmósfera.

También se observa la asociación entre el Material Particulado fino ($PM_{2,5}$) y la temperatura que presenta una correlación negativa alta ($P < 0,05$; $r = -0,431$) y para la asociación entre $PM_{2,5}$ y la humedad relativa se presentó una correlación positiva alta ($P < 0,05$; $r = 0,581$); no obstante, no se encontró una asociación significativa entre el $PM_{2,5}$ y la velocidad del viento ($P > 0,05$; $r = -0,142$), entonces se infiere que en épocas frías y climas húmedos, la concentración del $PM_{2,5}$ disminuyó en el distrito de Jesús María. El análisis estadístico de la correlación y regresión lineal se encuentra en el Anexo 6.

Durante la estación de otoño e invierno del año 2017, solo se encontró las asociaciones entre el Material Particulado fino ($PM_{2,5}$) con la temperatura ($P < 0,01$; $r = -0,582$) y la humedad relativa ($P < 0,05$; $r = 0,490$). Para el año 2018 durante la estación de otoño e invierno se encontró una asociación entre el Material Particulado grueso (PM_{10}) con la temperatura ($P < 0,01$; $r = 0,568$) y la velocidad del viento ($P < 0,05$; $r = -0,411$; $R^2 = 17,82\%$), entonces se podría explicar el fenómeno que se muestra en Figura 7 para la interacción cruzada estacional (otoño e invierno) en el año 2018, se infiere entonces que la combinación de las variables meteorológicas temperatura y velocidad del viento podría haber influenciado en la variación estacional de la concentración del Material Particulado grueso (PM_{10}). De igual manera en el año 2018 durante la estación otoño e invierno sólo se encontró una correlación negativa moderada ($P < 0,05$; $r = -0,440$; $R^2 = 23,27\%$) entre el Material Particulado fino ($PM_{2,5}$) y la velocidad del viento. Finalmente en el año 2019 durante la estación otoño e invierno se encontró la asociación entre el Material Particulado grueso (PM_{10}) con la velocidad del viento ($P < 0,01$; $r = -0,628$) y para el Material Particulado fino ($PM_{2,5}$) se encontró la asociación con la humedad relativa ($P < 0,05$; $r = 0,496$) y velocidad del viento ($P < 0,01$; $r = -0,702$). El análisis estadístico de la correlación y regresión lineal se encuentra en el Anexo 7.

4.5 Asociación entre el número de consultas por enfermedades respiratorias y el Material Particulado

Tabla 14

Correlación y regresión lineal entre las enfermedades respiratorias y Material Particulado durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

| Material Particulado / Enfermedades respiratorias | Correlación | | Coefficiente de determinación | Ecuación de regresión lineal simple |
|---|-------------|----------------|----------------------------------|---|
| | r | Valor <i>P</i> | R ² | |
| PM ₁₀ / IRA | 0,629** | 0,000 | 39,55 % | IRA = 18,28 + 1,344 PM ₁₀ |
| PM ₁₀ / Asma | 0,257* | 0,029 | - | - |
| PM _{2,5} / IRA | -0,180 | 0,130 | - | - |
| PM _{2,5} / Asma | 0,140 | 0,242 | - | - |

IRA: Infecciones respiratorias agudas.

* Coeficiente r significativo ($P < 0,05$).

** Coeficiente r significativo ($P < 0,01$).

Se puede observar en la Tabla 14 los resultados de las pruebas de correlación entre la concentración del Material Particulado grueso (PM₁₀) con el número de consultas por IRA y el número de consultas por Asma en niños menores de 5 años del distrito de Jesús María durante el las estaciones de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019, la asociación entre el PM₁₀ y el número de consultas por IRA presentó una correlación positiva alta ($P < 0,01$; $r = 0,629$; $R^2 = 39,55 \%$).

En el caso de la asociación entre el PM₁₀ y el número de consultas por Asma, se encontró una correlación positiva moderada ($P < 0,05$; $r = 0,259$). El análisis estadístico de la correlación y regresión lineal se encuentra en el Anexo 8.

Durante la estación de otoño e invierno del año 2019 se encontró una correlación positiva alta ($P < 0,01$; $r = 0,648$; $R^2 = 95,65 \%$; $IRA = 1,9297 PM_{10}$) entre el PM_{10} y el número de consultas por IRA; así como también para la asociación entre el $PM_{2,5}$ y el número consultas por IRA se encontró una correlación positiva alta ($P < 0,01$; $r = 0,663$; $R^2 = 95,63 \%$; $IRA = 2,335 PM_{2,5}$). El análisis estadístico de la correlación y regresión lineal se encuentra en el Anexo 9.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Los resultados de la variabilidad temporal del Material Particulado grueso (PM_{10}) según el año y la estación es significativo ($P < 0,05$) en el distrito de Jesús María correspondiente al período 2017-2019, este resultado coincide con la investigación que se realizó en Lizard, Birmingham y Lichfield del Reino Unido correspondiente al período 1995-1996 (Turnbull & Harrison, 2000); así como también, con estudios realizados en la ciudad de Hangzhou en China en el período 2001-2002 y las ciudades de Ulsan, Seoul, Daejeon y Daegu en Korea en el año 2002, podría deberse a la influencia de las variables meteorológicas sobre polvo atmosférico, partículas de la agricultura y las actividades industriales (Lee et al., 2006; Cao et al., 2009).

Respecto a la variación temporal del Material Particulado fino ($PM_{2,5}$) en el distrito de Jesús María correspondiente al período 2017-2019 coincide con estudios realizados en las ciudades de Shanghai en China en el año 1999, la capital Beijing en China para el período 1999-2000 y la metrópolis de Hong Kong en Korea para el período 2000-2001, donde se encontraron variaciones estacionales, esto debido a la quema excesiva de la materia orgánica, uso de carbón en los muelles y hogares durante la estación de invierno produciendo mucho más emisión de contaminantes con respecto a la estación de otoño, una práctica cotidiana en los países asiáticos que genera el aumento de la partícula fina (He et al., 2001; Ye et al., 2003; Louie et al., 2005); la variabilidad estacional del nivel de concentración del PM_{10} y $PM_{2,5}$ en el distrito de Jesús María sucedió en la estación climática de verano, debido a la reducción del parque automotor por el receso de las actividades educativas en el territorio nacional; se resalta que el sector inmobiliario podría ser una de las fuentes primordiales del Material Particulado fino ($PM_{2,5}$) en el distrito de Jesús María.

La asociación entre el PM_{10} y la velocidad del viento presento una correlación negativa moderada ($P < 0,05$; $r = -0,282$); sin embargo, no se encuentra asociación significativa con la variable meteorológica temperatura ($P > 0,05$; $r = 0,207$) y la humedad relativa ($P > 0,05$; $r = -0,126$) en el distrito de Jesús María, lo cual se contradice con el estudio realizado en el valle de Kathmandu, Nepal durante el período 2003-2005 donde se encontró asociación significativa con la temperatura ($P < 0,01$) y la humedad relativa ($P < 0,01$), por el contrario no hallaron asociación significativa entre el PM_{10} con la velocidad del viento ($P > 0,05$), podría deberse a las condiciones climáticas y a la geografía de cada territorio (Giri et al.,

2008), es así que en la provincia del Cusco para el período 2010-2015 se encontró asociación ($P < 0,05$) entre el PM_{10} y velocidad del viento (Guzmán, 2019) lo cual coincide con nuestros resultados.

En el caso del $PM_{2,5}$ se encontró una asociación significativa con la temperatura ($P < 0,01$; $r = -0,433$) y la humedad relativa ($P < 0,01$; $r = 0,583$); no obstante, no se encontró asociación significativa con la velocidad del viento ($P > 0,05$; $r = -0,117$), estos resultados concuerdan con la investigación realizada en la capital de Beijing en China durante el período 2013-2014 donde se encontró asociación entre el $PM_{2,5}$ y la humedad relativa ($P < 0,01$; $r = 0,38$); sin embargo, se contradice con la asociación que se encontró entre el $PM_{2,5}$ y la velocidad del viento ($P < 0,01$; $r = 0,48$) (Huang et al., 2015). Se demuestra que el clima de cada país, los factores meteorológico y la topografía influyen en la dispersión del Material Particulado (OMS, 2005; Pey, 2007, Pacsi & Murriel, 2018).

Los resultados de la asociación entre el Material Particulado grueso (PM_{10}) con el número de consultas por IRA ($P < 0,01$; $r = 0,623$) y Asma ($P < 0,05$; $r = 0,250$) en niños menores de 5 años del distrito de Jesús María se contradicen con estudios realizados en la ciudad de Cochabamba en Bolivia durante el período 2012-2016 donde no se encontró asociación significativa en ninguna de los tres lugares de monitoreo ($P > 0,05$, $r = -0,087$; $P > 0,05$, $r = 0,000$; $P > 0,05$, $r = -0,064$) entre el PM_{10} y los casos reportados por Asma (Ventura et al., 2019). Sin embargo, los resultados coinciden con estudios realizados en la región Cerro de Pasco en Perú para el año 2010 y 2016 ($P < 0,05$, $r = 0,36$; $P < 0,01$, $r = 0,60$) y en la región Metropolitana de Bangkok en Tailandia para el período 2015-2018 ($P < 0,05$) (Robles et al., 2019; Thongphunchung et al., 2021), se corrobora que ambientes con altos grados de contaminantes atmosféricos influye como un factor en las muertes por enfermedades respiratorias (Martínez et al., 2020; Davila et al., 2020; Dong et al., 2021).

Finalmente los resultados de asociación entre el $PM_{2,5}$ con el número de consultas por IRA ($P > 0,05$; $r = -0,152$) y Asma ($P > 0,05$; $r = 0,114$) en niños menores de 5 años del distrito de Jesús María difieren con estudios realizados en la región de Nuble en Chile para el período 2016-2017 ($P < 0,01$), la provincia de Lima para el período 2011-2015 ($P < 0,01$) y Lanzhou en China para el período 2014-2017 ($P < 0,05$) donde se encontró asociaciones significativas entre el $PM_{2,5}$ y los casos reportados por enfermedades respiratorias (Martínez et al., 2020; Davila et al., 2020; Dong et al., 2021).

No obstante, los resultados coinciden con el estudio realizado en la región Metropolitana de Bangkok en Tailandia para el período 2015-2018 ($P > 0,05$) (Thongphunchung et al., 2021).

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La variación temporal según el efecto del año y estación climática alteró el nivel de concentración del PM_{10} y $PM_{2,5}$ presente en la atmósfera del distrito de Jesús María correspondiente al período 2017-2019. El nivel de concentración del PM_{10} y $PM_{2,5}$ disminuyó en la estación climática de verano.

El número de consultas por IRA y Asma en niños menores de 5 años varió según el año y estación climática en el distrito de Jesús María correspondiente al período 2017-2019. El número de consultas por IRA y Asma disminuyó en la estación climática de verano.

Durante las estaciones climáticas de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019 la concentración del PM_{10} se asoció moderadamente con la velocidad del viento; mientras que el $PM_{2,5}$ se asoció fuertemente con la temperatura y la humedad relativa.

Durante las estaciones climáticas de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019 la concentración del PM_{10} se asoció fuertemente con el número de consultas por IRA y moderadamente con el número de consultas por Asma. Se encontró las asociaciones más fuertes entre el Material Particulado y el número de consultas por IRA en las estaciones climáticas de otoño e invierno del año 2019.

6.2 Recomendaciones

Realizar investigaciones futuras de la composición química del Material Particulado para identificar de manera más exacta la fuente de emisión de los contaminantes, y el control sea mucho más eficaz en el distrito de Jesús María.

Implementar estudios de la calidad del aire con mayor número de puntos de monitoreo para determinar la variabilidad espacial del Material Particulado y sus formas de dispersión en el distrito de Jesús María.

Revisar y actualizar los estándares nacionales de calidad del aire (D.S. N° 003-2017-MINAM) para el Material Particulado, en concordancia a las nuevas investigaciones y normativas internacionales rigiéndose de las nuevas directrices de calidad del aire de la OMS actualizadas en el año 2021.

Realizar estudios ecológicos del impacto fotosintético que causa el Material Particulado al depositarse sobre las hojas de las plantas en el distrito de Jesús María.

CAPÍTULO VII. REFERENCIAS

7.1 Fuentes bibliográficas

- Barrantes, K. (2010). *Prevalencia de asma y caracterización de estudiantes de asmáticos del ITCR, sede Cartago. Aportes para una propuesta de intervención* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://hdl.handle.net/11056/11331>
- Betetta, J. (2019). *Los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2,5} y PM₁₀ en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate* (Tesis doctoral). Recuperado de <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/5283>
- Collantes, M. (2015). *Infecciones respiratorias agudas en niños menores de 10 años que llegan a la Emergencia del Hospital Federico Bolaños Moreira y sus factores de riesgo clínico epidemiológicos 2014-2015* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/10512>
- Espinoza, J. (2018). *Evaluación espacial y temporal del Material Particulado PM₁₀ y PM_{2,5} en Lima Metropolitana para el Período 2015-2017* (Tesis de pregrado). Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3739>
- Guzmán, G. (2019). *Variables meteorológicas y concentración del Material Particulado PM₁₀ en la provincia del Cusco, 2010-2015* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4600>
- Huertas, N. (2019). *Determinantes de la salud en niños menores de 5 años con infecciones respiratorias agudas que acuden al Centro de Salud 9 de Octubre- Huacho, 2015* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/13236>
- Lobo, P. (2010). *Modelamiento de Dispersión del Material Particulado PM-10 mediante Breeze, en la zona aledaña a la planta productora de cemento Cemex S.A. Ubicada-Bucaramanga* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11912/1043>

- Olaya, D., & Perez, F. (2006). *Caracterización cualitativa - cuantitativa de Bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y Material Particulado en Puente Aranda, Bogotá D.C* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1139615>
- Pey, J. (2007). *Caracterización Físico- Química de los aerosoles atmosféricos en el Mediterraneo Occidental* (Tesis doctoral). Recuperado de <http://hdl.handle.net/2117/94310>
- Pineda, D., & Alvarez, S. (2015). *Evaluación de las concentraciones de PM-10 con relación a variables meteorológicas en tres (3) sedes de la Universidad Distrital* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://hdl.handle.net/11349/4711>
- Viana, M. (2003). *Niveles composición y origen del Material Particulado Atmosférico en los sectores Norte y Este de la Península Ibérica y Canarias* (Tesis doctoral). Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/1972>

7.2 Fuentes hemerográficas

- Aguilar-Gil, D., Gómez-Peláez, L. M., Álvarez-Jaramillo, T., Correa-Ochoa, M. A., & Saldarriaga-Molina, J. C. (2020). Evaluating the impact of PM_{2,5} atmospheric pollution on population mortality in an urbanized valley in the American tropics. *Atmospheric Environment*, 224, 117343. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117343>
- Alfaro-Moreno, E., Martínez, L., García-Cuellar, C., Bonner, J. C., Murray, C., Rosas, I., Ponce de León Rosales, S., & Osornio-Vargas, Á. (2002). Biologic effects induced in vitro by PM10 from three different zones of Mexico City. *Environmental Health Perspectives*, 110(7), 715–720. doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.02110715>
- Aránguez, E., Ordóñez, J. M., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández-Patier, R., Gandarillas, A., & Galán, I. (1999). Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Revista Española de Salud Pública*, 73(2), 123–132. doi: <https://doi.org/10.1590/s1135-57271999000200003>

- Arrieta-Fuentes, A. J. (2016). Dispersión de Material Particulado (PM10), con interacción de factores meteorológico y topográficos. *Revista de Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 43–54. doi: <https://doi.org/10.19053/1900771X.v16.n2.2016.5445>
- Atkinson, R. W., Fuller, G. W., Anderson, H. R., Harrison, R. M., & Armstrong, B. (2010). Urban Ambient Particle Metrics and Health. *Epidemiology*, 21(4), 501–511. doi: <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181debc88>
- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 159–175. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005&lng=es&tlng=es.
- Becerra, D., Ramírez, L. F., Niño, M. V., Oviedo, C. H., Plaza, L. F., Becerra, D., Ramírez, L. F., Niño, M. V., Oviedo, C. H., & Plaza, L. F. (2021). Relación entre la Calidad del Aire y la Incidencia de Enfermedades Respiratorias en el Municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *Ingeniería y Competitividad*, 23(2), 1–14. doi: <https://doi.org/10.25100/iyc.v23i2.9698>
- Bell, M. L., Dominici, F., Ebisu, K., Zeger, S. L., & Samet, J. M. (2007). Spatial and temporal variation in PM_{2.5} chemical composition in the United States for health effects studies. *Environmental Health Perspectives*, 115(7), 989–995. doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.9621>
- Billet, S., Garçon, G., Dagher, Z., Verdin, A., Ledoux, F., Cazier, F., Courcot, D., Aboukais, A., & Shirali, P. (2007). Ambient particulate matter (PM_{2.5}): Physicochemical characterization and metabolic activation of the organic fraction in human lung epithelial cells (A549). *Environmental Research*, 105(2), 212–223. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.03.001>
- Brunekreef, B., Dockery, D. W., & Krzyzanowski, M. (1995). Epidemiologic studies on short-term effects of low levels of major ambient air pollution components. *Environmental Health Perspectives*, 103(suppl 2), 3–13. doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.95103s23>

- Cao, J., Shen, Z., Chow, J. C., Qi, G., & Watson, J. G. (2009). Seasonal variations and sources of mass and chemical composition for PM₁₀ aerosol in Hangzhou, China. *Particuology*, 7(3), 161–168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.partic.2009.01.009>
- Celis, J., Morales, J., Zaror, C., & Inzunza, J. (2004). A study of the particulate matter PM₁₀ composition in the atmosphere of Chillán, Chile. *Chemosphere*, 54(1), 541–550. doi: [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00711-2](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00711-2)
- Daly, A., & Zannetti, P. (2007). An Introduction to Air Pollution - Definitions, Classifications, and History. *The Arab School for Science and Technology and The EnviroComp Institute*, 1–14. doi: <https://www.envirocomp.org/>
- Davila, J. E., Aguirre, V. T., Apestegui, V. V., Ibarguen, L. O., Vu, B. N., Steenland, K., & Gonzales, G. F. (2020). Association of PM_{2.5} concentration with health center outpatient visits for respiratory diseases of children under 5 years old in Lima, Peru. *Environmental Health*, 19(7), 1–6. doi: <https://doi.org/10.1186/s12940-020-0569-0>
- Díaz, V., & Páez, C. (2006). Contaminación por Material Particulado en Quito y caracterización química de las muestras. *Acta Nova*, 3(2), 308–322. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100011&lng=es&tlng=es
- Dong, J., Wang, Y., Wang, J., & Bao, H. (2021). Association between atmospheric PM_{2.5} and daily outpatient visits for children's respiratory diseases in Lanzhou. *International Journal of Biometeorology*, 65(7), 989–999. doi: <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02080-6>
- Fang, G. C., Wu, Y. S., Chang, C. N., Yang, I. L., Chang, S. C., Chu, C. C., & Fu, P. P. C. (2003). Study of particulates and metallic elements at a farm sampling site in central Taiwan. *International Journal of Environment and Pollution*, 19(3), 243–258. doi: <https://doi.org/10.1504/IJEP.2003.003316>
- Garcia, F., Agudelo, R., & Jiménez, K. (2006). Distribución espacial y temporal de la concentración de Material Particulado en Santa Marta, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 24(2), 73–82. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-

- García de la Rubia, S., & Pérez, S. (2016). Asma: concepto, fisiopatología, diagnóstico y clasificación. *Pediatría Integral*, 20(2), 80–93. Recuperado de <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2016-03/portada-2016-03/>
- Gillies, J. A., Watson, J. G., Rogers, C. F., Dubois, D., Chow, J. C., Langston, R., Sweet, J., Gillies, J. A., Watson, J. G., Rogers, C. F., Dubois, D., Chow, J. C., Langston, R., Gillies, J. A., Watson, J. G., Rogers, C. F., Dubois, D., Chow, J. C., Langston, R., & Sweet, J. (1999). Long-Term Efficiencies of Dust Suppressants to Reduce PM₁₀ Emissions from Unpaved Roads. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 49(1), 3–16. doi: <https://doi.org/10.1080/10473289.1999.10463779>
- Giri, D., Krishna, V., & Adhikary, P. (2008). The Influence of Meteorological Conditions on PM₁₀ Concentrations in Kathmandu Valley. *International Journal of Environmental Research*, 2(1), 49–60. Recuperado de <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=98960>
- González, C. M., & Aristizábal, B. H. (2012). Acid rain and particulate matter dynamics in a mid-sized Andean city: The effect of rain intensity on ion scavenging. *Atmospheric Environment*, 60, 164–171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.05.054>
- Gu, J., Bai, Z., Li, W., Wu, L., Liu, A., Dong, H., & Xie, Y. (2011). Chemical composition of PM_{2.5} during winter in Tianjin, China. *Particuology*, 9(3), 215–221. doi: <https://doi.org/10.1016/j.partic.2011.03.001>
- He, K., Yang, F., Ma, Y., Zhang, Q., Yao, X., Chan, C., Cadle, S., Chan, T., & Mulawa, P. (2001). Chemical characteristics of PM_{2.5} in Beijing. *Atmosphere Environment*, 35(1), 4959–4970. doi: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00301-6](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00301-6)
- Huang, F., Li, X., Wang, C., Xu, Q., Wang, W., & Luo, Y. (2015). PM_{2.5} Spatiotemporal Variations and the Relationship with Meteorological Factors during 2013-2014 in Beijing, China. *PLOS ONE*, 10(11), 1–17. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.014164>

- Juda-Rezler, K., Reizer, M., & Oudinet, J. (2011). Determination and analysis of PM₁₀ source apportionment during episodes of air pollution in Central Eastern European urban areas : The case of wintertime 2006. *Atmospheric Environment*, 45(36), 6557–6566. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.08.020>
- Lee, B. K., Lee, H. K., & Jun, N. Y. (2006). Analysis of regional and temporal characteristics of PM₁₀ during an Asian dust episode in Korea. *Chemosphere*, 63(7), 1106–1115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.09.001>
- Louie, P. K. K., Watson, J. G., Chow, J. C., Chen, A., Sin, D. W. M., & Lau, A. K. H. (2005). Seasonal characteristics and regional transport of PM_{2.5} in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 39(9), 1695–1710. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.11.017>
- Martínez, P. C., Rodríguez-fernández, A., Luengo, C., & Tapia, L. (2020). Relación entre contaminación atmosférica y consultas por enfermedades respiratorias en atención primaria de urgencia. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 36(4), 260–267. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482020000400260>
- Misra, C., Geller, M., Shah, P., Sioutas, C., & Solomon, P. (2001). Development and Evaluation of a Continuous Coarse (PM₁₀ – PM_{2.5}) Particle Monitor Development and Evaluation of a Continuous Coarse. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 51(9), 37–41. doi: <https://doi.org/10.1080/10473289.2001.10464360>
- Mohanraj, R., Azeez, P., & Priscilla, T. (2004). Heavy Metals in Airborne Particulate Matter of Urban Coimbatore. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 47(1), 162–167. doi: <https://doi.org/10.1007/s00244-004-3054-9>
- Nishikawa, H., Ng, C. F. S., Madaniyazi, L., Seposo, X. T., Dhoubhadel, B. G., Pokhrel, D., Pokhrel, A. K., Verma, S. C., Shrestha, D., Raya, G. B., & Hashizume, M. (2021). Ambient PM_{2.5} and daily hospital admissions for acute respiratory infections: Effect modification by weight status of child. *Atmosphere*, 12(8), 1–10. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos12081009>
- Pacsi, S. A. (2016). Análisis Temporal Y Espacial De La Calidad Del Aire Determinado Por Material Particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en Lima Metropolitana. *Anales Científicos*, 77(2), 273. doi: <https://doi.org/10.21704/ac.v77i2.699>

- Pacsi, S., & Murriel, F. (2018). Evaluación espaciotemporal del Material Particulado PM_{2.5} y su relación con las variables meteorológicas en la Universidad Nacional Agraria La Molina. *Anales Científicos*, 79(2), 334. doi: <https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.992>
- Perrier, J. (1915). La filosofía de tales y de Anaxímenes. *Revista Del Colegio Del Rosario*, 11(103), 175–185. Recuperado de <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/30406>
- Prieto, M., Russ, G., & Reitor, L. (2000). Factores de riesgo de infecciones respiratorias agudas en menores de 5 años. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 16(2), 160–164. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252000000200010&lng=es&tlng=es
- Querol, X., Alastuey, A., Viana, M. M., Rodriguez, S., Artiñano, B., Salvador, P., Garcia Do Santos, S., Fernandez Patier, R., Ruiz, C. R., De La Rosa, J., Sanchez De La Campa, A., Menendez, M., & Gil, J. I. (2004). Specification and origin of PM₁₀ and PM_{2.5} in Spain. *Journal of Aerosol Science*, 35(9), 1151–1172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2004.04.002>
- Quijano, A., Quijano, J., & Henao, J. (2010). Caracterización fisicoquímica del Material Particulado fracción respirable PM_{2.5} en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. *Bistua: Revista de La Facultad de Ciencias Básicas*, 8(1), 53–66. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90315226007>
- Rahman, A., Luo, C., Khan, M. H., Ke, J., Thilakanayaka, V., & Kumar, S. (2019). Influence of atmospheric PM_{2.5}, PM₁₀, O₃, CO, NO₂, SO₂, and meteorological factors on the concentration of airborne pollen in Guangzhou, China. *Atmospheric Environment*, 212, 290–304. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.05.049>
- Recabarren, A., Parishuaña, E., Martínez, N., & Esquíá, G. (2017). Evaluación comparativa del nivel de control del asma bronquial en pacientes de 12 a 17 años de edad de EsSalud Arequipa. *Horizonte Médico (Lima)*, 17(2), 22–29. doi: <https://doi.org/10.24265/horizmed.2017.v17n2.04>

- Reddel, H. K., Bacharier, L. B., Bateman, E. D., Brightling, C. E., Brusselle, G. G., Buhl, R., Cruz, A. A., Duijts, L., Drazen, J. M., FitzGerald, J. M., Fleming, L. J., Inoue, H., Ko, F. W., Krishnan, J. A., Levy, M. L., Lin, J., Mortimer, K., Pitrez, P. M., Sheikh, A., ... Boulet, L. P. (2022). Global Initiative for Asthma Strategy 2021: executive summary and rationale for key changes. *European Respiratory Journal*, 59(1), 1–25. doi: <https://doi.org/10.1183/13993003.02730-2021>
- Robles, E. G., Medina, A. M., & Medina, C. S. (2019). La contaminación del aire por el Material Particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco (2010 y 2016). *Industrial Data*, 22(1), 173–186. doi: <https://doi.org/10.15381/idata.v22i1.16533>
- Rodríguez, R. (2015). Contaminación por Material Particulado, estrés oxidativo e inflamación. *Perspectivas En Asuntos Ambientales*, 4(4), 58–65. Recuperado de https://cupey.uagm.edu/perspectivas_v4
- Salas-López, J. A., Llanos-Tejada, F., Herrera-Flores, E., Venero-Cáceres, M., & Saavedra-Leveau, C. (2019). Neumonía adquirida en la comunidad. *Diagnóstico*, 58(4), 181–185. doi: <https://doi.org/10.33734/diagnostico.v58i4.173>
- Sánchez, M. (1969). Contaminación atmosférica y salud urbana. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 6(1), 19–30. Recuperado de <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/79817>
- Schlesinger, R. B., Kunzli, N., Hidy, G. M., Gotschi, T., & Jerrett, M. (2006). The health relevance of ambient particulate matter characteristics: Coherence of toxicological and epidemiological inferences. *Inhalation Toxicology*, 18(2), 95–125. doi: <https://doi.org/10.1080/08958370500306016>
- Shah, N. H., Thakkar, F. A., & Satia, M. H. (2019). Environmental Balance Through Optimal Control on Pollutants. *Applications and Applied Mathematics-an International Journal*, 14(1), 399–415. Recuperado de <https://digitalcommons.pvamu.edu/aam/vol14/iss1/28>

- Shi, W., Liu, C., Annesi-Maesano, I., Norback, D., Deng, Q., Huang, C., Qian, H., Zhang, X., Sun, Y., Wang, T., van Donkelaar, A., Martin, R. V., Zhang, Y., Li, B., Kan, H., & Zhao, Z. (2021). Ambient PM_{2.5} and its chemical constituents on lifetime-ever pneumonia in Chinese children: A multi-center study. *Environment International*, *146*(1), 1–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106176>
- Soukup, J., & Becker, S. (2001). Human alveolar macrophage responses to air pollution particulates are associated with insoluble components of coarse material, including particulate endotoxin. *Toxicology and Applied Pharmacology*, *171*(1), 20–26. doi: <https://doi.org/10.1006/taap.2000.9096>
- Tanio, M., Tuomiso, J., Hänninen, O., Aarnio, P., Koistinen, K., Jantunen, M., & Pekkanen, J. (2005). Health Effects Caused by Primary Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) Emitted from Buses in the Helsinki Metropolitan Area, Finland. *Risk Analysis*, *25*(1), 151–160. doi: <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2005.00574.x>
- Thongphunchung, K., Phosri, A., Sihabut, T., & Patthanaissaranukool, W. (2021). Short-term effects of particulate matter on outpatient department visits for respiratory diseases among children in Bangkok Metropolitan Region: a case-crossover study. *Air Quality, Atmosphere and Health*, *14*(11), 1785–1795. doi: <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01053-3>
- Toro, V., & Marín, A. (2006). Índice de Calidad del aire para el Valle de Aburrá. *Revista Producción + Limpia*, *1*(1), 103–107. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10567/218>
- Turnbull, A. B., & Harrison, R. M. (2000). Major component contributions to PM₁₀ composition in the UK atmosphere. *Atmospheric Environment*, *34*(19), 3129–3137. doi: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00441-0](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00441-0)
- Ventura, N., Morales, I., & Gelabert, R. (2019). Contaminación atmosférica y enfermedades respiratorias en Cochabamba, Bolivia. *Revista Cuidarte*, *11*(1), 1–10. doi: <https://doi.org/10.15649/cuidarte.870>

- Wilson, W. E., & Suh, H. H. (1997). Fine particles and coarse particles: Concentration relationships relevant to epidemiologic studies. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 47(12), 1238–1249. doi: <https://doi.org/10.1080/10473289.1997.10464074>
- Winner, W. (1994). Mechanistic Analysis of Plant Responses To Air Pollution. *Ecological Applications*, 4(4), 651–661. doi: <https://doi.org/10.2307/1941998>
- Ye, B., Ji, X., Yang, H., Yao, X., Chan, C. K., Cadle, S. H., Chan, T., & Mulawa, P. A. (2003). Concentration and chemical composition of PM_{2.5} in Shanghai for a 1-year period. *Atmospheric Environment*, 37(4), 499–510. doi: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00918-4](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00918-4)
- Zheng, M., Cass, G., & Edgerton, E. (2002). Source Apportionment of PM_{2.5} in the Southeastern United States Using Solvent-Extractable Organic Compounds as Tracers. *Environmental Science and Technology*, 36(11), 2361–2371. doi: <https://doi.org/10.1021/es011275x>

7.3 Fuentes electrónicas

- Carrión, M. (1982). *Los orígenes de la Filosofía Griega de Hesíodo a Parménides*. Recuperado de <https://idoc.pub/documents/gigon-olof-los-origenes-de-la-filosofia-griega-de-hesiodo-a-parmenides-relj0ggyxvn1>
- Dirección General de Salud Ambiental. (2005). *Protocolo de Monitoreo de la Calidad de aire y Gestión de los datos*. Recuperado de <http://sial.segat.gob.pe/documentos/protocolo-monitoreo-calidad-aire-gestion-datos>
- Environmental Protection Agency. (1999). Air Quality Index Reporting; Final Rule. *Federal Register*, 64(149), 42530–42549. Recuperado del sitio de internet <https://www.epa.gov/csapr/final-cross-state-air-pollution-rule-update>
- Finlayson, B., & Pitts, J. (2000). Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. In *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere* (Academic P). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-257060-5.X5000-X>

- Fuentes, E. J. (2012). *Topografía*. Recuperado del sitio de internet <https://www.coursehero.com/file/63145121/Topografiapdf/>
- García, H. (2005). *Evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión. Estudio de caso: Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Recuperado del sitio de internet <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/49694>
- Global Initiative for Asthma. (2008). *Global Strategy for Asthma Management and Prevention*. Recuperado de <http://www.ginasthma.org>
- Ibañez, L. A. (2008). Comparación entre las metodologías de muestreo equivalentes y de referencia del Material Particulado atmosférico, en la Ciudad de Lima. *Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú)*. Recuperado del sitio de internet https://www.academia.edu/16366273/Resumen_TESIS
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2019). *Glosario Meteorológico*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorológico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>
- Ministerio de Salud. (2018). *Situación de salud de IRA, Neumonías Perú*. Recuperado de <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/02.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Índice de Calidad del Aire (R.M.N°181-2016-MINAM)*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N°-181-2016-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aire-establecen-disposiciones>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2015). *Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental*. Organismo de Evaluación Fiscalización Ambiental. Recuperado de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978

- Organización Mundial de la Salud. (1946). *Constitución De La Organización Mundial De La Salud*. Recuperado de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/1/377/14.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al Material Particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización: Actualización mundial 2005*. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69478>
- Organización Mundial de la Salud. (2007). *Prevención y control de infección en enfermedades respiratorias agudas con tendencia epidémica y pandémica durante la atención sanitaria - Pautas provisionales de la OMS*. Recuperado de <https://www.paho.org/es>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Nueve de cada 10 personas en el mundo respiran aire contaminado*. Departamento de Salud Pública, Medio Ambiente y Determinantes Sociales de La Salud. Recuperado de <https://www.who.int/es>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2011). *Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM_{2,5}* (Ed. AM Sán). Recuperado de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/225459.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2020). *BOLETÍN HIDROMETEOROLÓGICO DIRECCIÓN ZONAL 12 APURÍMAC – CUSCO – MADRE DE DIOS*. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/04601SENA-78.pdf>
- United Nations. (2018). *World Urbanization Prospects. In Demographic Research*. Recuperado de <https://population.un.org/wup/Publications/>
- United Nations International Children’s Emergency Fund. (2016). *Clear the air for children*. Recuperado de <https://www.unicef.org/reports/clean-air-children>
- United States Environmental Protection Agency. (2021). *Particulate Matter (PM) Basics*. Recuperado de <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>

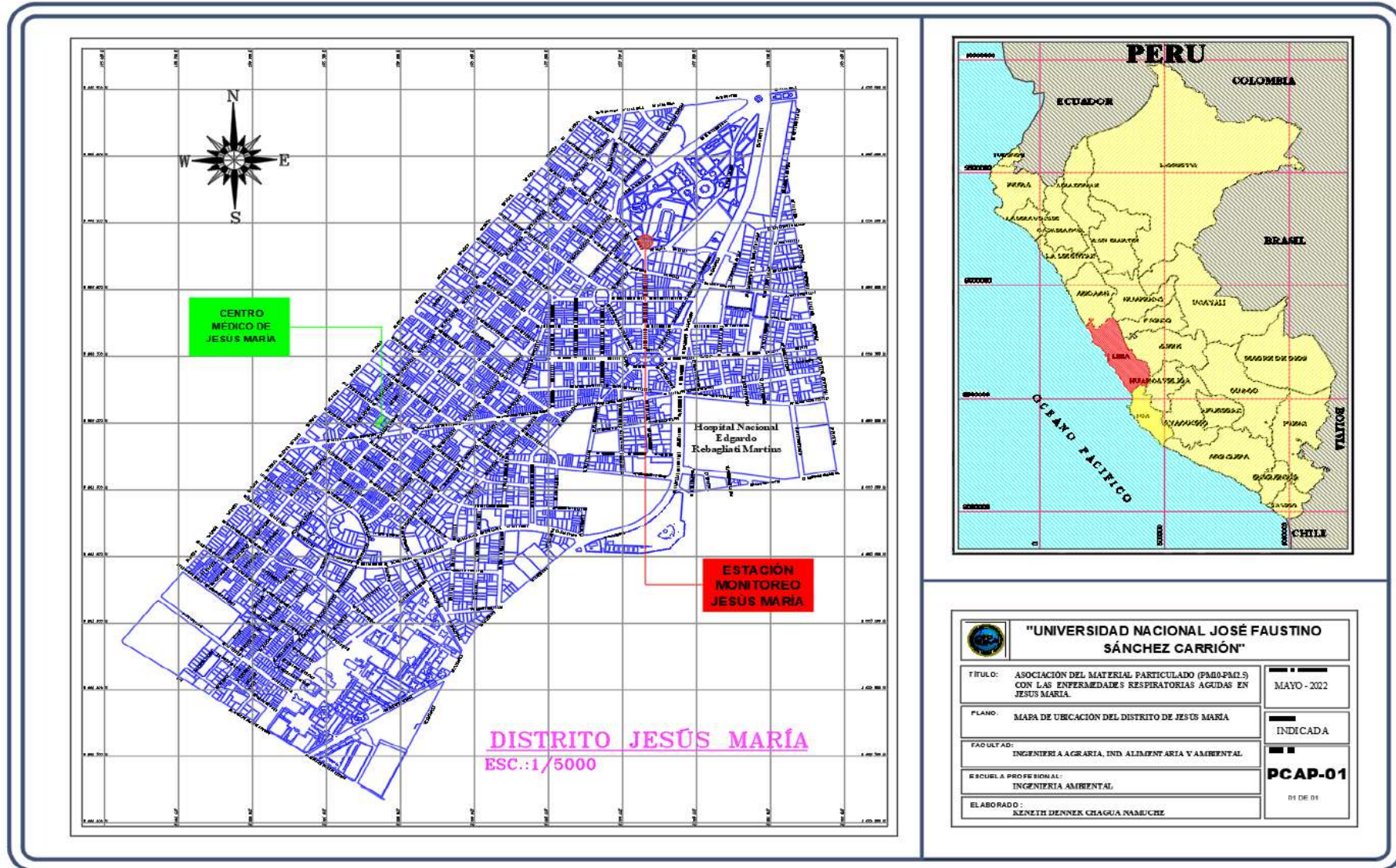
United States Environmental Protection Agency. (1996). *Air quality criteria for particulate matter* (Vol. 1 of 3). Recuperado de https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NCEA&dirEntryId=2832


United States Environmental Protection Agency. (2009). *Integrated Science Assessment for Particulate Matter*. Recuperado de <https://cfpub.epa.gov/ncea/isa/recordisplay.cfm?deid=216546>

World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide: executive summary*. In *World Health Organization*. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345334>

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación del distrito de Jesús María.



| | |
|---|----------------------------|
|  "UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN" | |
| TÍTULO: ASOCIACION DEL MATERIAL PARTICULADO (PM10-PM2.5) CON LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS EN JESUS MARIA. | MAYO - 2022 |
| PLANO: MAPA DE UBICACION DEL DISTRITO DE JESUS MARIA | INDICADA |
| FACULTAD: INGENIERIA AGRARIA, IND ALIMENTARIA Y AMBIENTAL | PCAP-01 01 DE 01 |
| ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERIA AMBIENTAL | |
| ELABORADO: KENETH DENNEK CHAGUA NAMUCHE | |

Anexo 2. Cálculos estadísticos realizados para la comprobación de la sección “Variación temporal del Material Particulado grueso (PM₁₀) presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María”

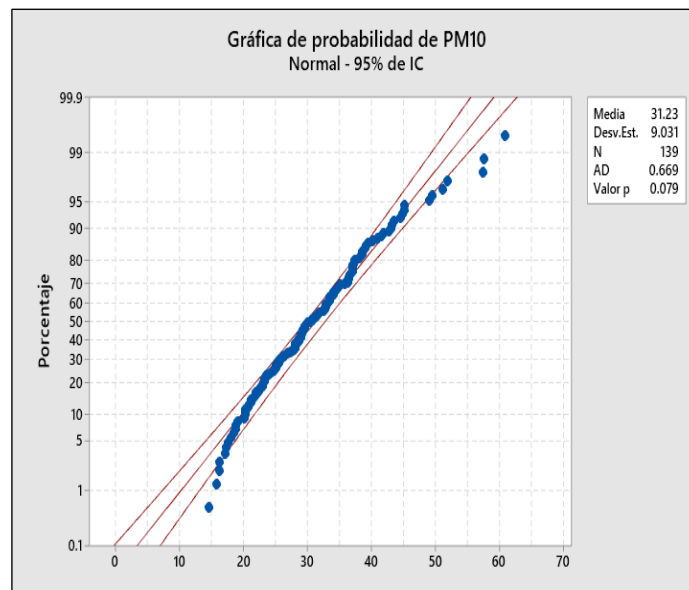


Figura 20. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado grueso (PM₁₀) correspondiente al período 2017-2019.

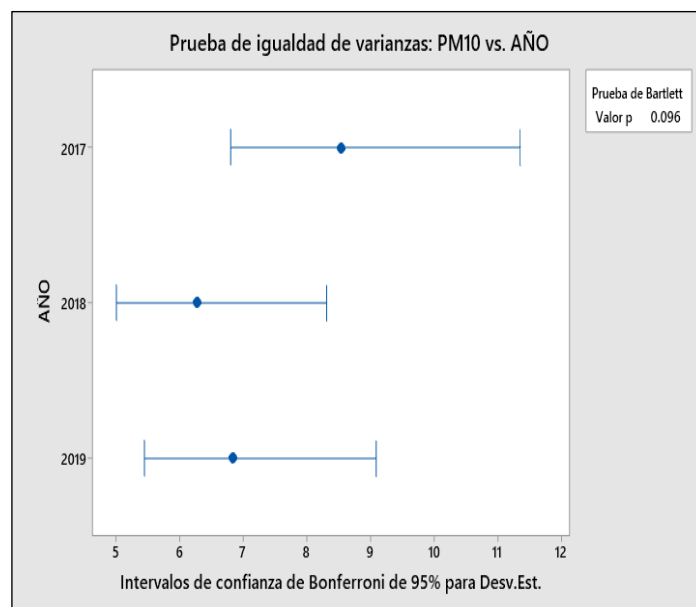


Figura 21. Resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas del Material Particulado grueso (PM₁₀) correspondiente al período 2017-2019.

Modelo lineal general: PM10 vs. AÑO; ESTACIÓN

Método
 Codificación de factores (-1; 0; +1)
 Filas no utilizadas 5

Información del factor

| Factor | Tipo | Niveles | Valores |
|----------|------|---------|------------------------------------|
| AÑO | Fijo | 3 | 2017; 2018; 2019 |
| ESTACIÓN | Fijo | 4 | invierno; otoño; primavera; verano |

Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC | Ajust. MC | Ajust. Valor F | Valor p |
|--------------|-----|-------|-----------|----------------|---------|
| AÑO | 2 | 3989 | 1994.35 | 64.43 | 0.000 |
| ESTACIÓN | 3 | 1189 | 396.29 | 12.80 | 0.000 |
| AÑO*ESTACIÓN | 6 | 2122 | 353.68 | 11.43 | 0.000 |
| Error | 127 | 3931 | 30.96 | | |
| Total | 138 | 11255 | | | |

Figura 22. Resultado del DCA con arreglo factorial 3*4 del Material Particulado grueso (PM₁₀) correspondiente al período 2017-2019.

Comparaciones por parejas de Tukey: AÑO*ESTACIÓN

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

| AÑO*ESTACIÓN | N | Media | Agrupación |
|----------------|----|-------|------------|
| 2017 primavera | 12 | 46.1 | A |
| 2017 invierno | 12 | 39.4 | A B |
| 2017 otoño | 12 | 37.1 | B C |
| 2018 otoño | 12 | 35.8 | B C D |
| 2019 primavera | 12 | 31.3 | C D E |
| 2017 verano | 10 | 30.5 | C D E F |
| 2018 invierno | 12 | 29.2 | D E F |
| 2018 verano | 12 | 28.9 | D E F |
| 2019 otoño | 12 | 26.5 | E F |
| 2019 invierno | 12 | 25.7 | E F G |
| 2018 primavera | 11 | 22.8 | F G |
| 2019 verano | 10 | 18.4 | G |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 23. Resultado de la prueba de comparaciones de Tukey de la interacción AÑO*ESTACIÓN del Material Particulado grueso (PM₁₀) correspondiente al período 2017-2019.

Anexo 3. Cálculos estadísticos realizados para la comprobación de la sección “Variación temporal del Material Particulado fino (PM_{2,5}) presente en el aire atmosférico del distrito de Jesús María”

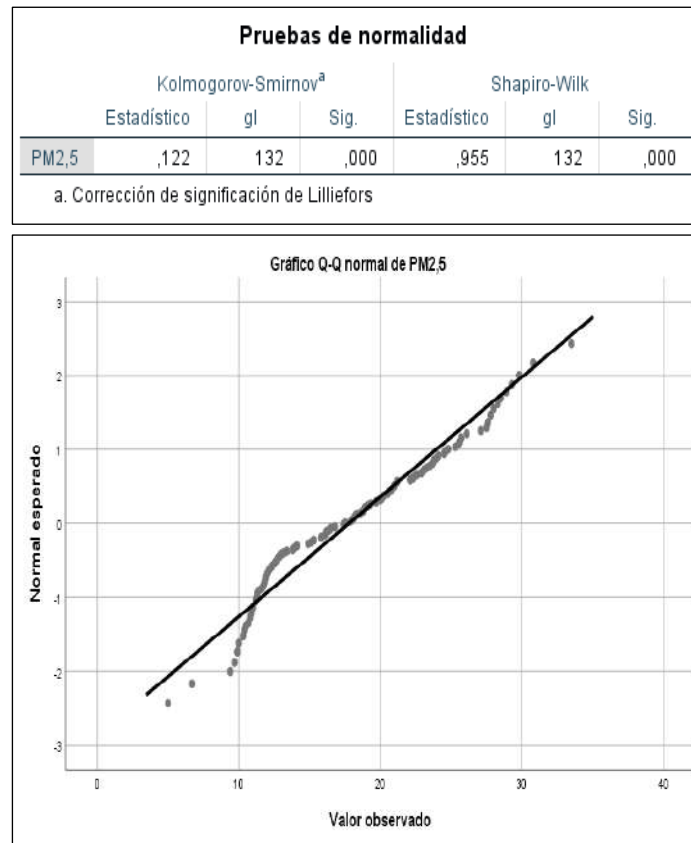


Figura 24. Resultado de la prueba de normalidad de del Material Particulado fino (PM_{2,5}) correspondiente al período 2017-2019.

| Prueba de homogeneidad de varianza | | | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------|-----|---------|------|
| | | Estadístico de Levene | | | Sig. |
| | | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | |
| PM2,5 | Se basa en la media | 2,165 | 2 | 129 | ,119 |
| | Se basa en la mediana | 3,354 | 2 | 129 | ,038 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 3,354 | 2 | 121,399 | ,038 |
| | Se basa en la media recortada | 2,563 | 2 | 129 | ,081 |

Figura 25. Resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas del Material Particulado fino (PM_{2,5}) correspondiente al período 2017-2019.

| Resumen de prueba de hipótesis | | | | |
|--------------------------------|---|---|------|-----------------------------|
| | Hipótesis nula | Prueba | Sig. | Decisión |
| 1 | Las medianas de PM2.5 son las mismas entre las categorías de Año. | Prueba de la mediana para muestras independientes | ,000 | Rechazar la hipótesis nula. |
| 2 | La distribución de PM2.5 es la misma entre las categorías de Año. | Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes | ,000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Figura 26. Resultado de la prueba Kruskal Wallis del Material Particulado fino (PM_{2,5}) correspondiente al período 2017-2019.

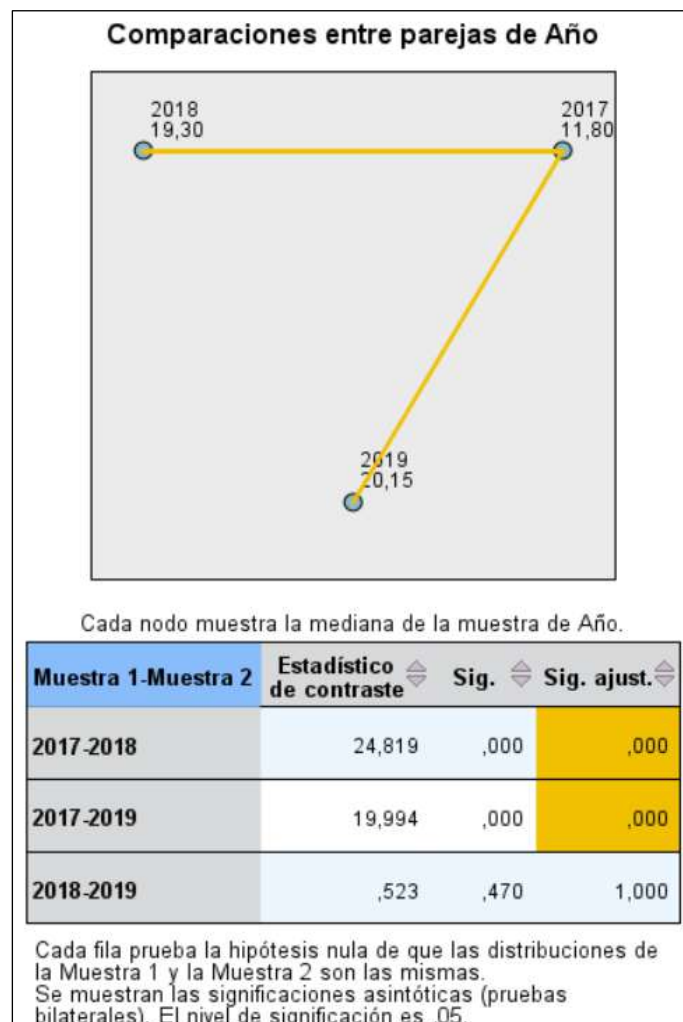


Figura 27. Resultado de la prueba de comparaciones de Dunn del Material Particulado fino (PM_{2,5}) correspondiente al período 2017-2019.

| Resumen de prueba de hipótesis | | | | |
|--------------------------------|--|---|------|-----------------------------|
| | Hipótesis nula | Prueba | Sig. | Decisión |
| 1 | Las medianas de PM2.5 son las mismas entre las categorías de Estación. | Prueba de la mediana para muestras independientes | ,001 | Rechazar la hipótesis nula. |
| 2 | La distribución de PM2.5 es la misma entre las categorías de Estación. | Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes | ,000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Figura 28. Resultado de la prueba Kruskal Wallis del Material Particulado fino (PM_{2,5}) según las estaciones climáticas.

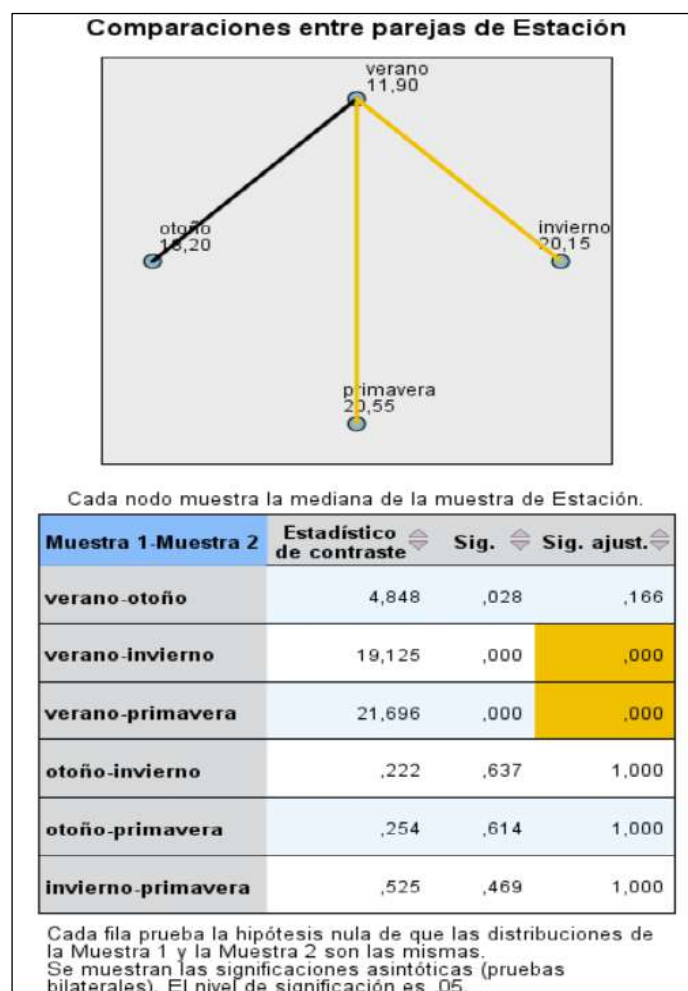


Figura 29. Resultado de la prueba de comparaciones de Dunn del Material Particulado fino (PM_{2,5}) según las estaciones climáticas.

Anexo 4. Cálculos estadísticos realizados para comprobación de la sección “Variación del número de consultas por IRA en niños del distrito de Jesús María”

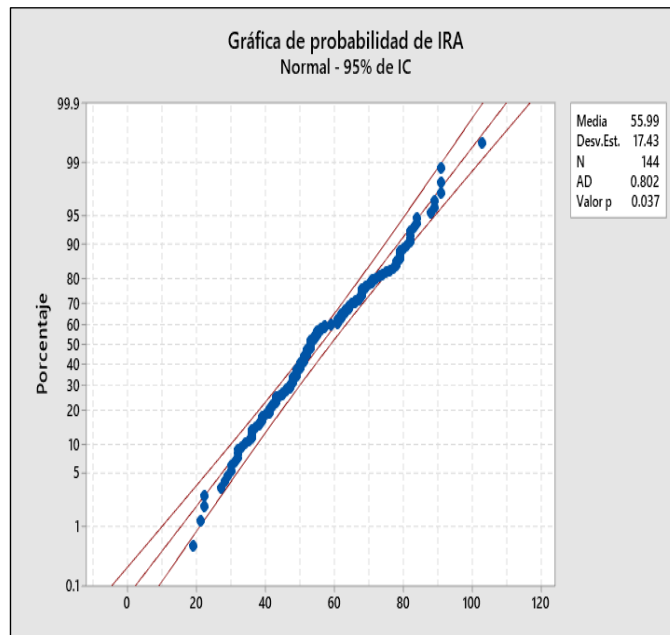


Figura 30. Resultado de la prueba de normalidad del número de consultas por IRA correspondiente al período 2017-2019.

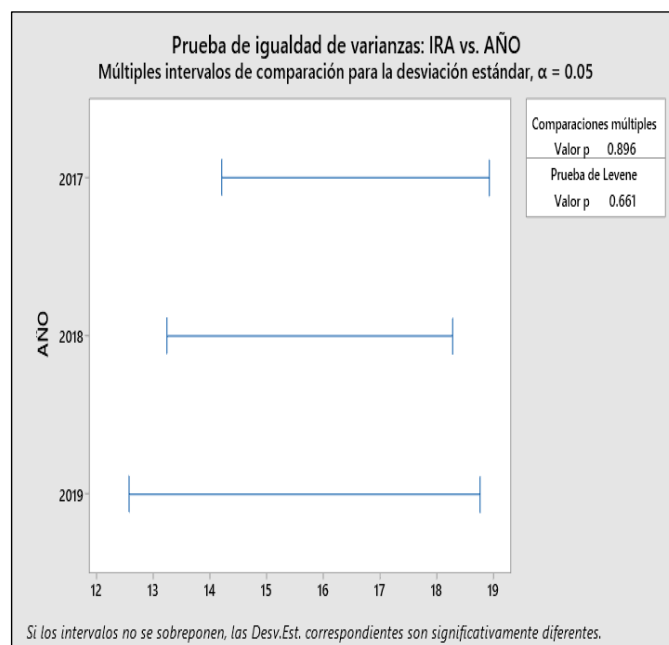


Figura 31. Resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas del número de consultas por IRA correspondiente al período 2017-2019.

| Modelo lineal general: IRA vs. AÑO; ESTACIÓN | | | | | |
|--|------|---------|------------------------------------|----------------|---------|
| Método | | | | | |
| Codificación de factores (-1; 0; +1) | | | | | |
| Información del factor | | | | | |
| Factor | Tipo | Niveles | Valores | | |
| AÑO | Fijo | 3 | 2017; 2018; 2019 | | |
| ESTACIÓN | Fijo | 4 | invierno; otoño; primavera; verano | | |
| Análisis de Varianza | | | | | |
| Fuente | GL | SC | Ajust. MC | Ajust. Valor F | Valor p |
| AÑO | 2 | 10063 | 5031.4 | 36.38 | 0.000 |
| ESTACIÓN | 3 | 13747 | 4582.3 | 33.13 | 0.000 |
| AÑO*ESTACIÓN | 6 | 1388 | 231.4 | 1.67 | 0.133 |
| Error | 132 | 18257 | 138.3 | | |
| Total | 143 | 43455 | | | |

Figura 32. Resultado del DCA con arreglo factorial 3*4 para el número de consultas por IRA correspondiente al período 2017-2019.

| Comparaciones por parejas de Tukey: AÑO | | | |
|--|----|-------|------------|
| Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% | | | |
| AÑO | N | Media | Agrupación |
| 2017 | 48 | 66.9 | A |
| 2018 | 48 | 54.5 | B |
| 2019 | 48 | 46.6 | C |
| Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. | | | |

| Comparaciones por parejas de Tukey: ESTACIÓN | | | |
|--|----|-------|------------|
| Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% | | | |
| ESTACIÓN | N | Media | Agrupación |
| otoño | 36 | 66.2 | A |
| primavera | 36 | 60.6 | A B |
| invierno | 36 | 57.2 | B |
| verano | 36 | 40.0 | C |
| Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. | | | |

Figura 33. Resultado de la prueba de comparaciones de Tukey del número de consultas por IRA correspondiente al período 2017-2019.

Anexo 5. Cálculos estadísticos realizados para comprobación de la sección “Variación del número de consultas por Asma en niños del distrito de Jesús María”

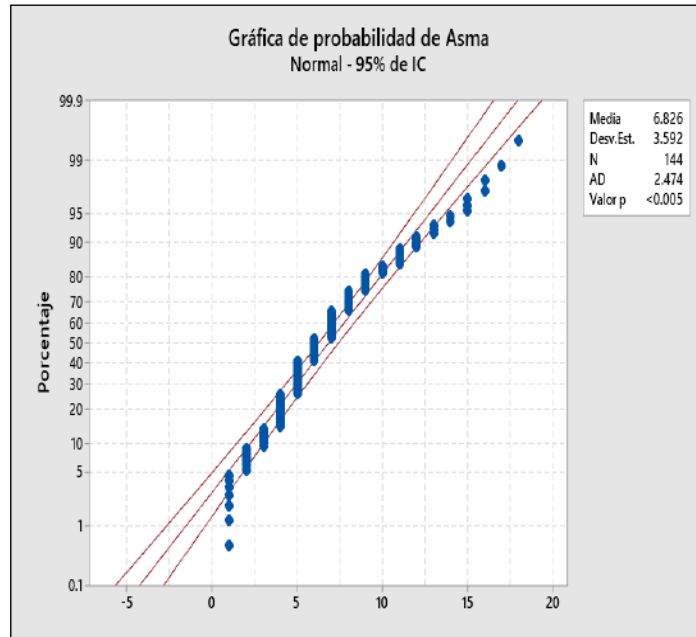


Figura 34. Resultado de la prueba de normalidad del número de consultas por Asma correspondiente al período 2017-2019.

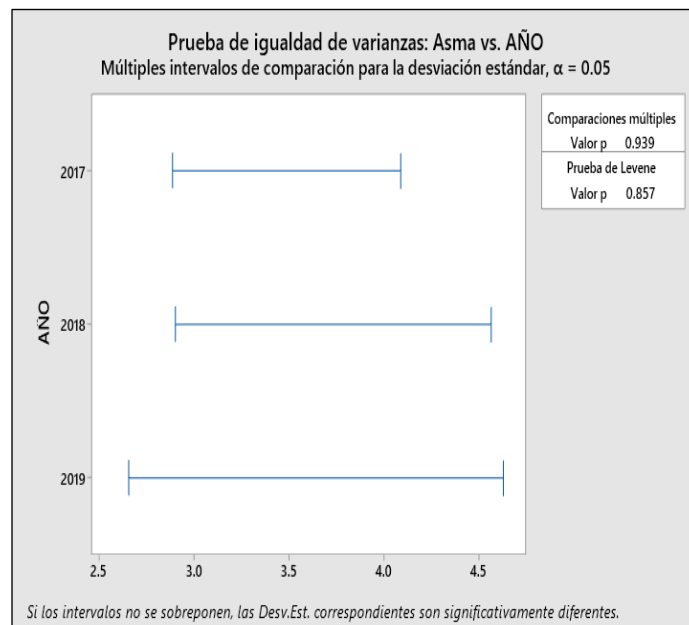


Figura 35. Resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas del número de consultas por Asma correspondiente al período 2017-2019.

| Modelo lineal general: Asma vs. AÑO; ESTACIÓN | | | | | |
|---|-------------|------------------|------------------------------------|----------------|----------------|
| Método | | | | | |
| Codificación de factores (-1; 0; +1) | | | | | |
| Información del factor | | | | | |
| Factor | Tipo | Niveles | Valores | | |
| AÑO | Fijo | 3 | 2017; 2018; 2019 | | |
| ESTACIÓN | Fijo | 4 | invierno; otoño; primavera; verano | | |
| Análisis de Varianza | | | | | |
| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
| AÑO | 2 | 181.29 | 90.65 | 8.70 | 0.000 |
| ESTACIÓN | 3 | 221.13 | 73.71 | 7.08 | 0.000 |
| AÑO*ESTACIÓN | 6 | 92.76 | 15.46 | 1.48 | 0.188 |
| Error | 132 | 1374.75 | 10.41 | | |
| Total | 143 | 1869.94 | | | |

Figura 36. Resultado del DCA con arreglo factorial 3*4 para el número de consultas por Asma correspondiente al período 2017-2019.

| Comparaciones por parejas de Tukey: AÑO | | | |
|--|----------|--------------|-------------------|
| Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% | | | |
| AÑO | N | Media | Agrupación |
| 2017 | 48 | 8.1 | A |
| 2018 | 48 | 7.0 | A |
| 2019 | 48 | 5.4 | B |
| Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. | | | |
| Comparaciones por parejas de Tukey: ESTACIÓN | | | |
| Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% | | | |
| ESTACIÓN | N | Media | Agrupación |
| otoño | 36 | 8.6 | A |
| primavera | 36 | 7.0 | A |
| invierno | 36 | 6.5 | B |
| verano | 36 | 5.2 | B |
| Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. | | | |

Figura 37. Resultado de la prueba de comparaciones de Tukey del número de consultas por Asma correspondiente al período 2017-2019.

Anexo 6. Cálculos estadísticos realizados para la comprobación de la sección “Asociación entre las variables meteorológicas y el Material Particulado durante la estación de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019”

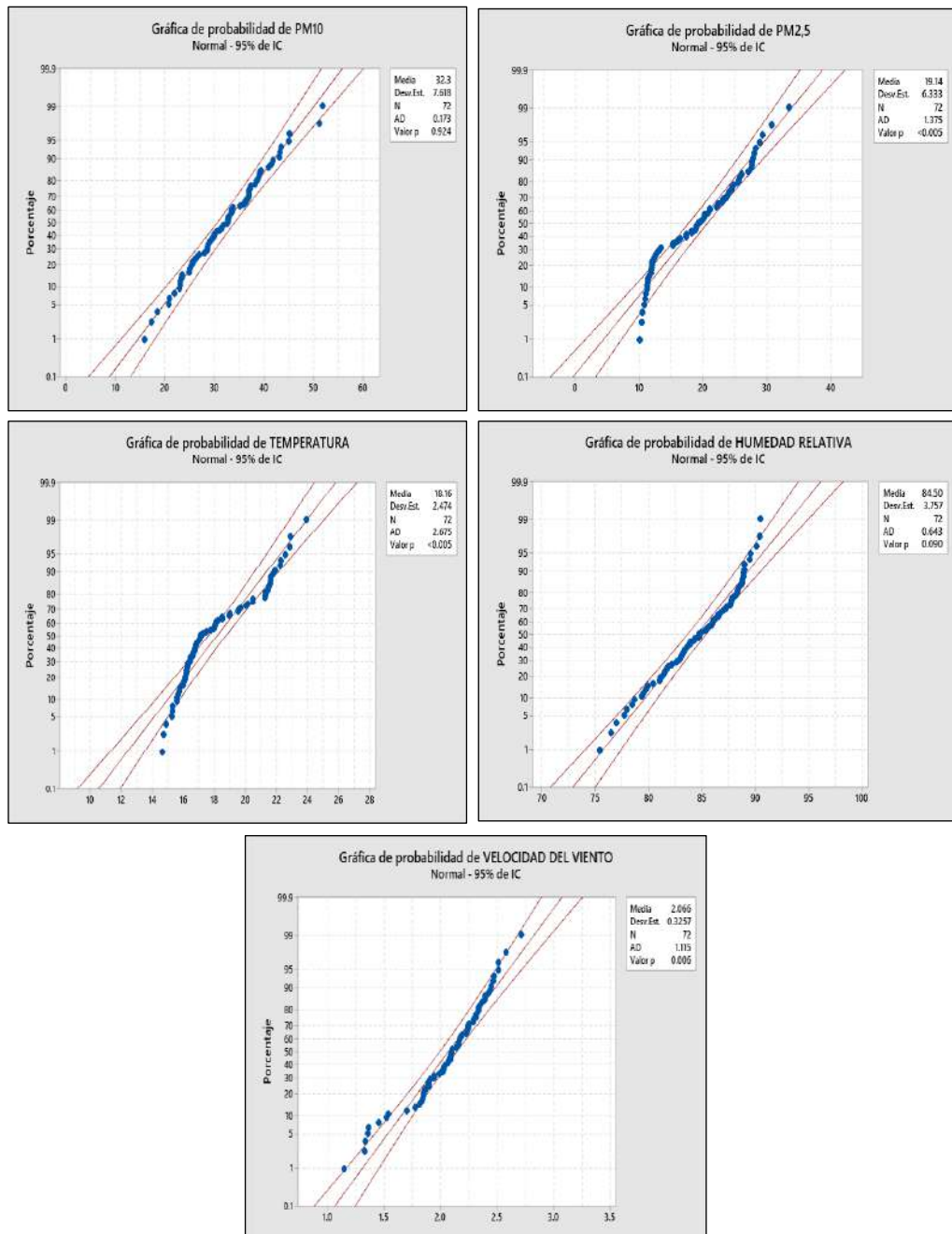


Figura 38. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y las variables meteorológicas durante la estación de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

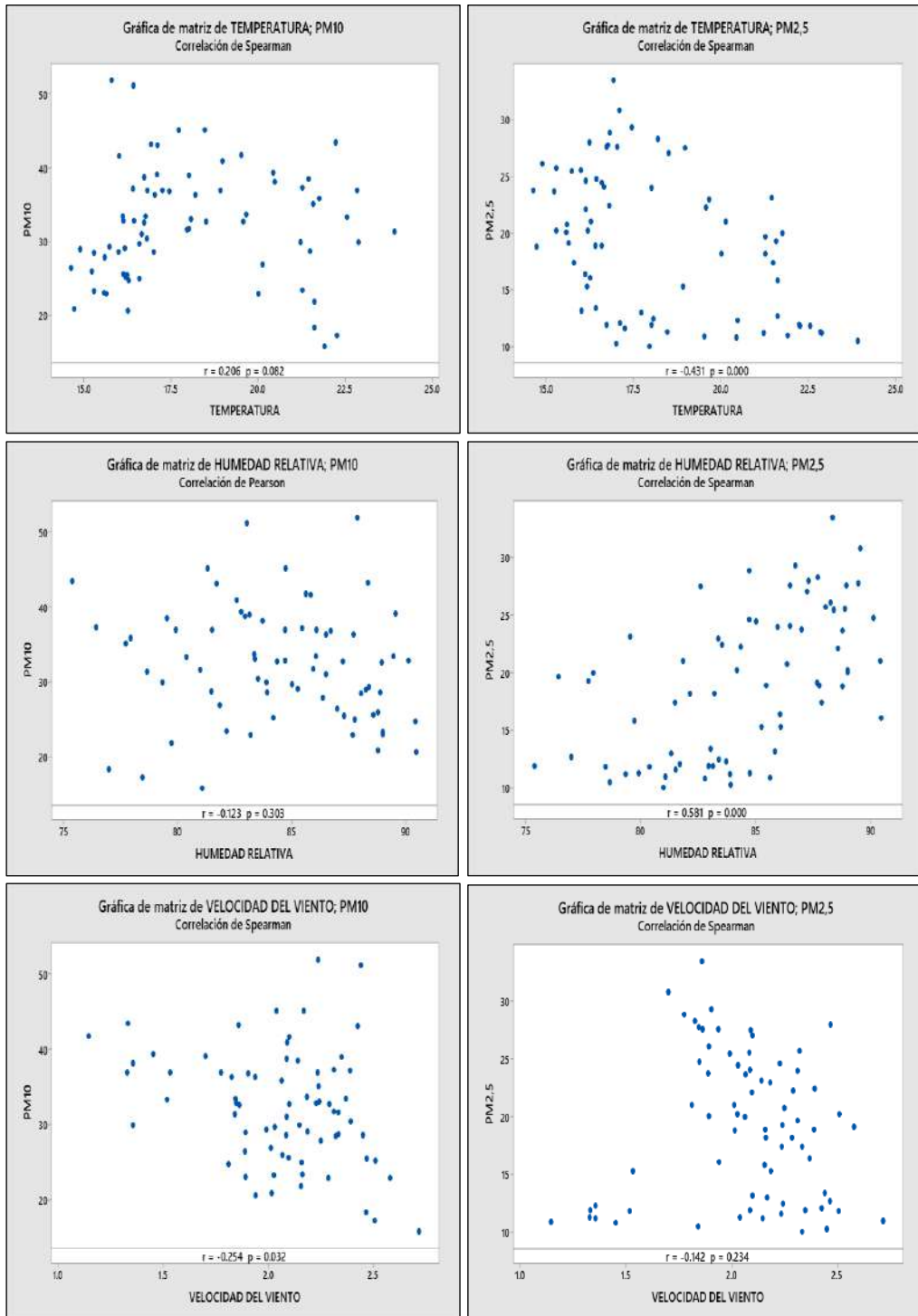


Figura 39. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado (PM₁₀-PM_{2,5}) y la variable meteorológica durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019.

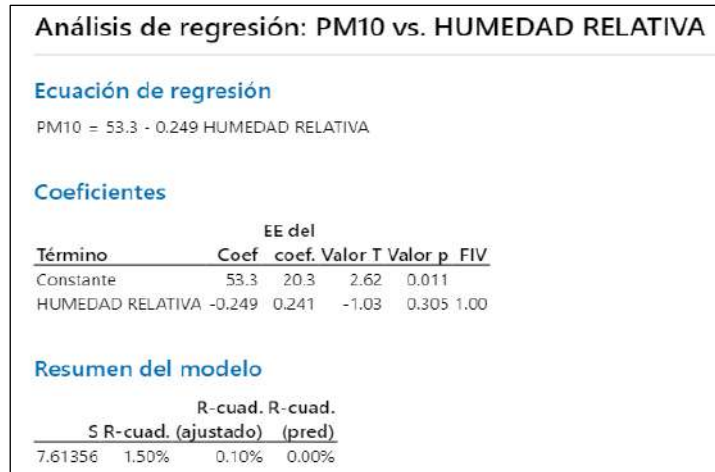
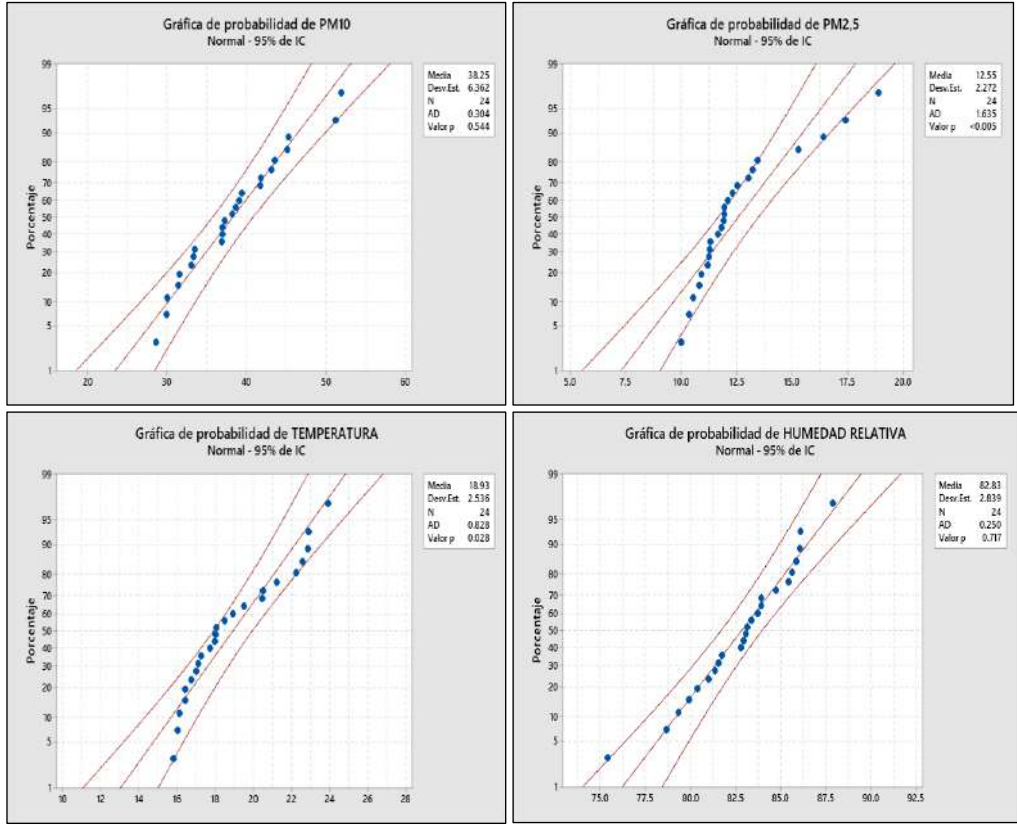


Figura 40. Resultado de la prueba de regresión lineal del Material particulado grueso (PM₁₀) y la variable meteorológica humedad relativa durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019.

Anexo 7. Cálculos estadísticos realizados para la comprobación de la sección “Asociación entre el Material Particulado y las variables meteorológicas durante la estación de otoño e invierno de cada año”



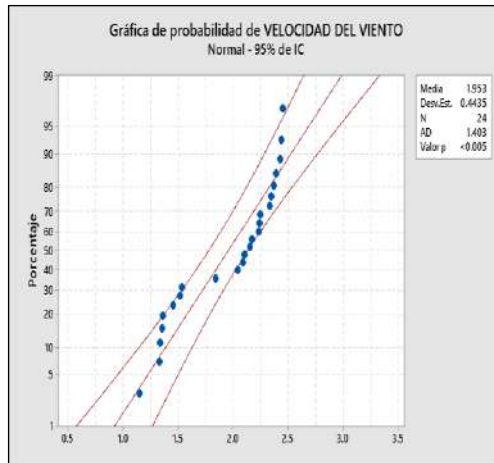
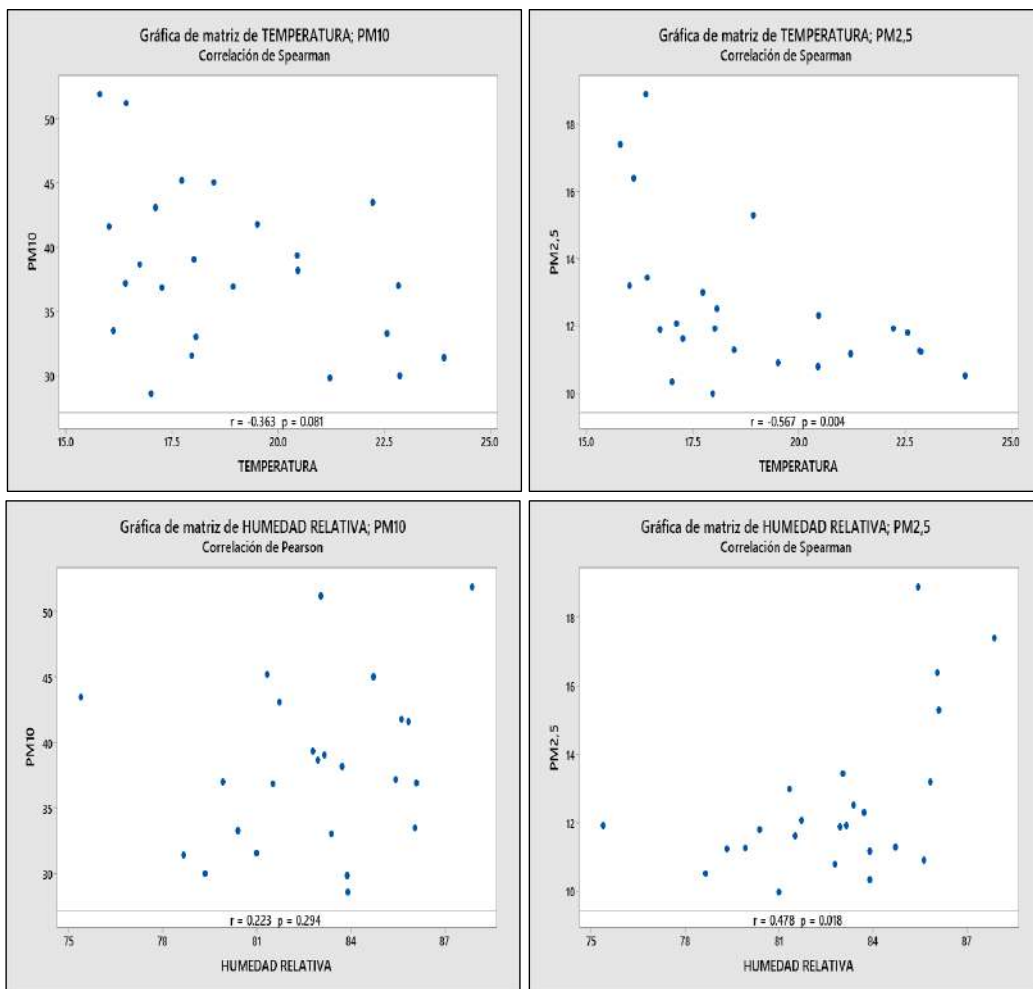


Figura 41. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y las variables meteorológicas durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2017.



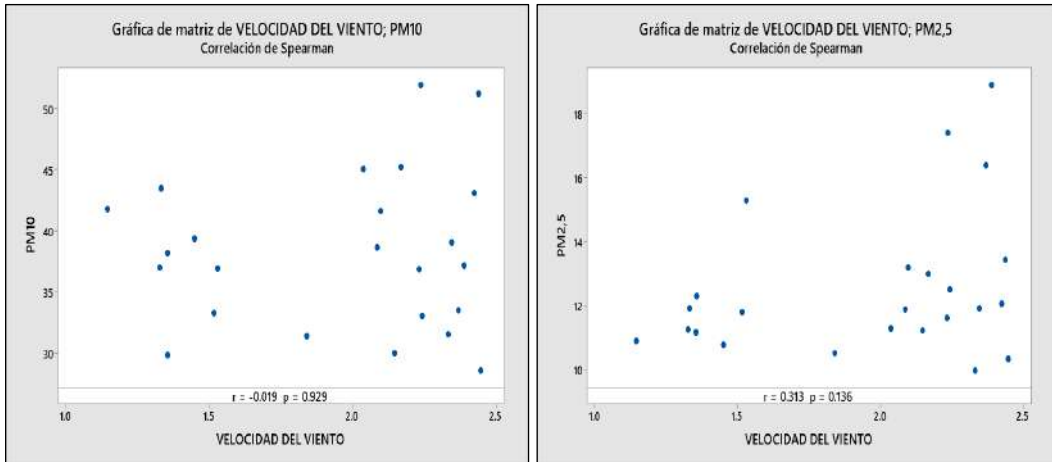
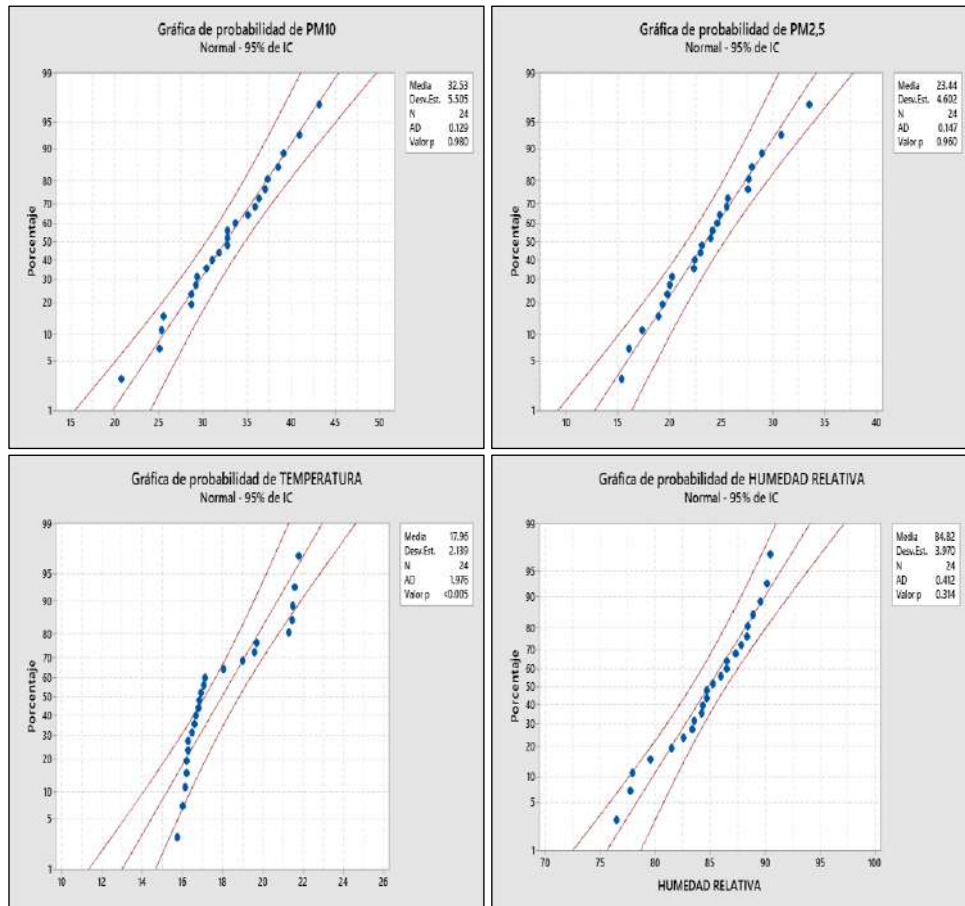


Figura 42. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y las variables meteorológicas durante otoño e invierno correspondiente al año 2017.



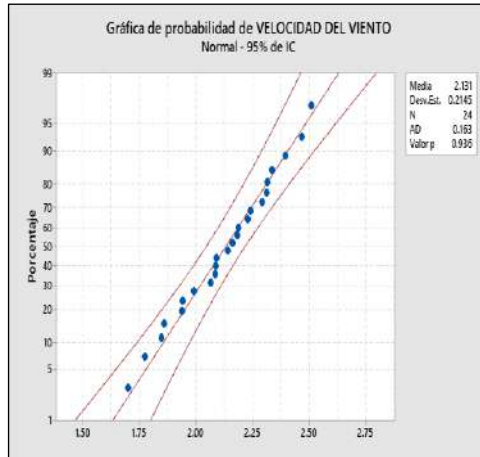
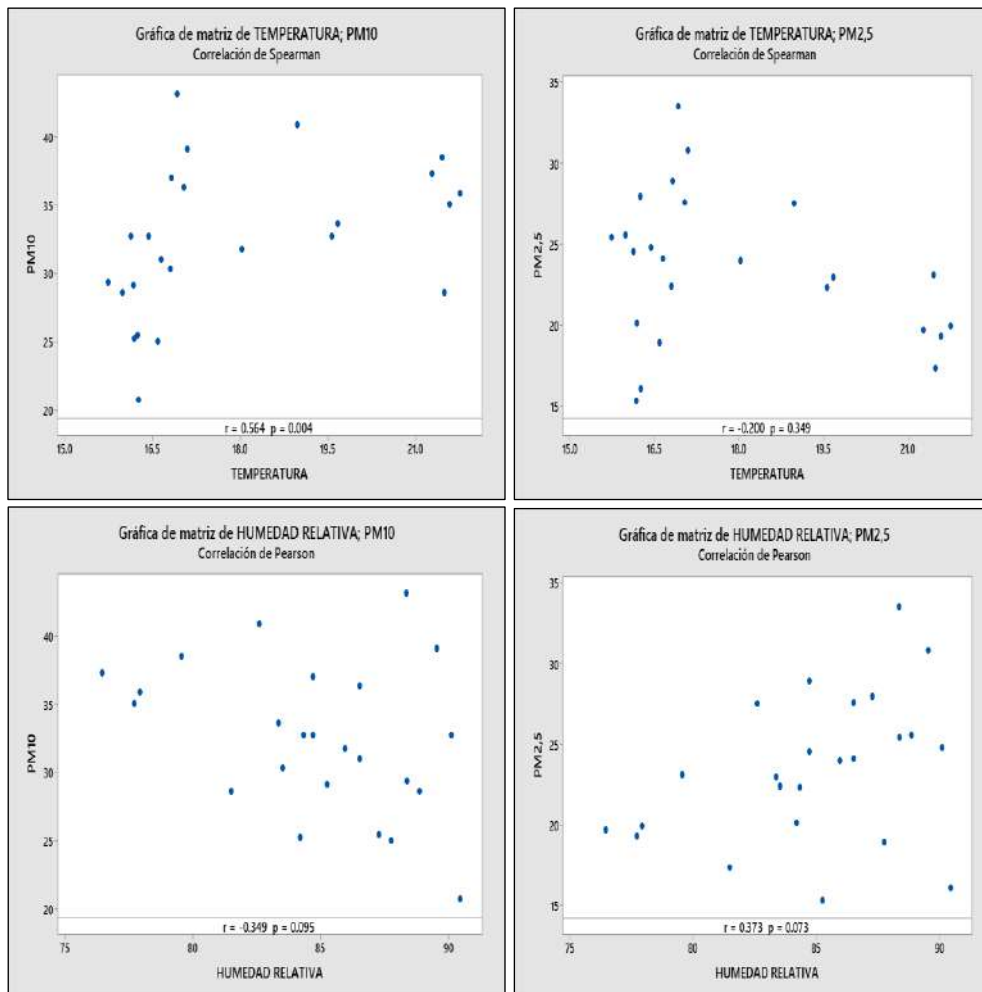


Figura 43. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y las variables meteorológicas durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2018.



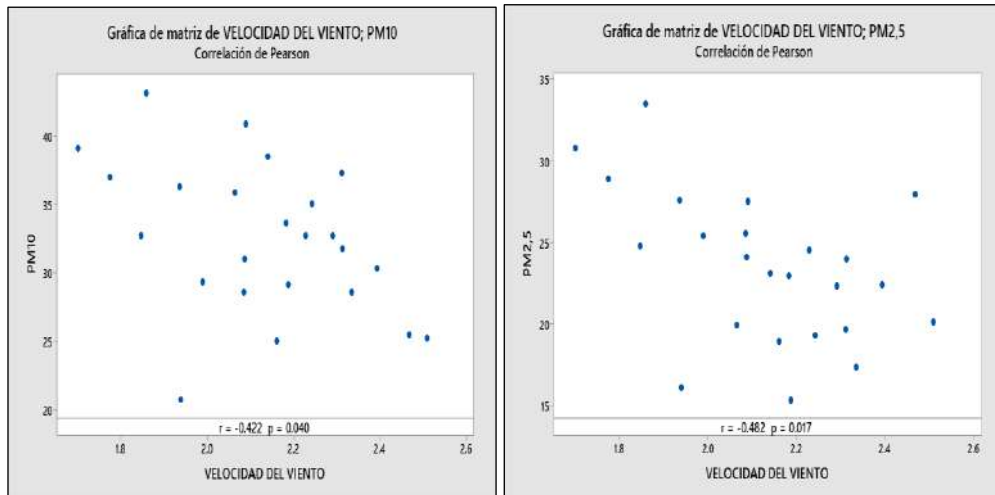


Figura 44. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y las variables meteorológicas durante otoño e invierno correspondiente al año 2018.

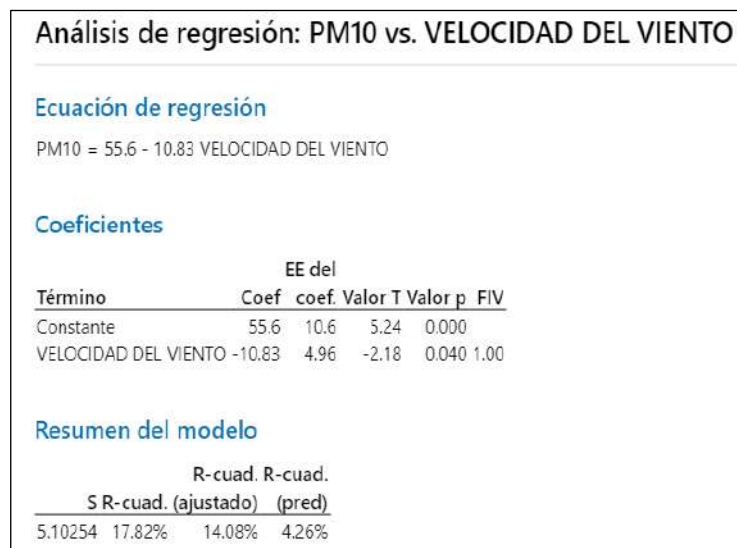


Figura 45. Resultado de la prueba de regresión lineal del Material particulado grueso (PM₁₀) y la velocidad del viento durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al año 2018.

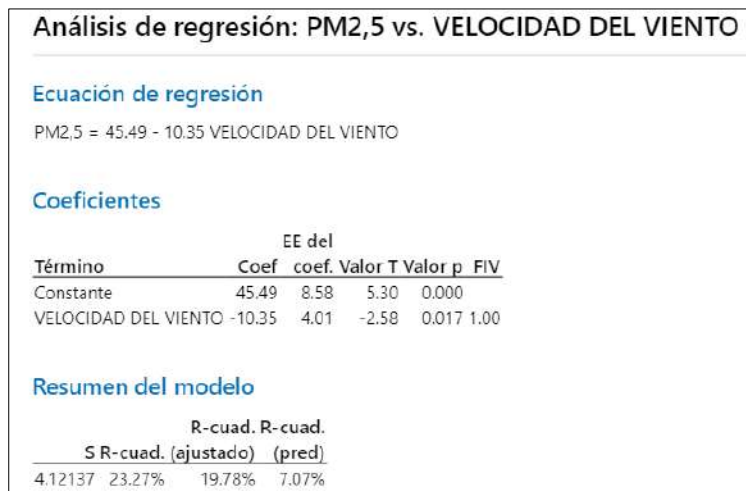
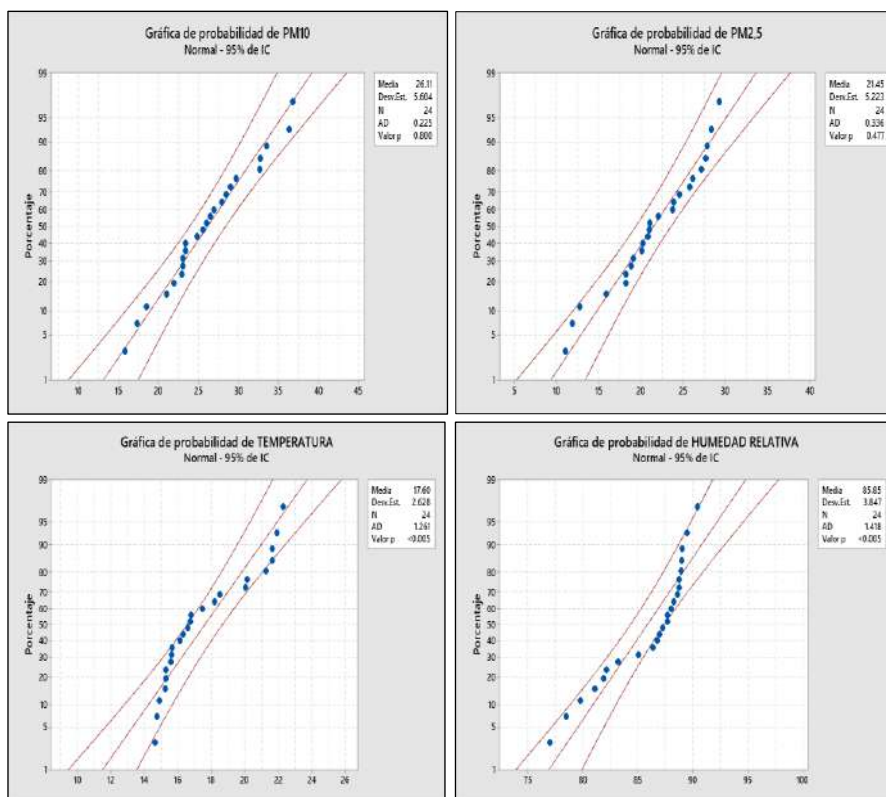


Figura 46. Resultado de la prueba de correlación y regresión lineal del Material particulado fino (PM_{2,5}) y la velocidad del viento durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al año 2018.



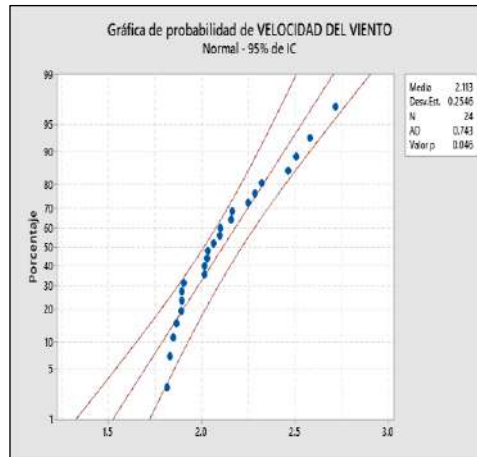
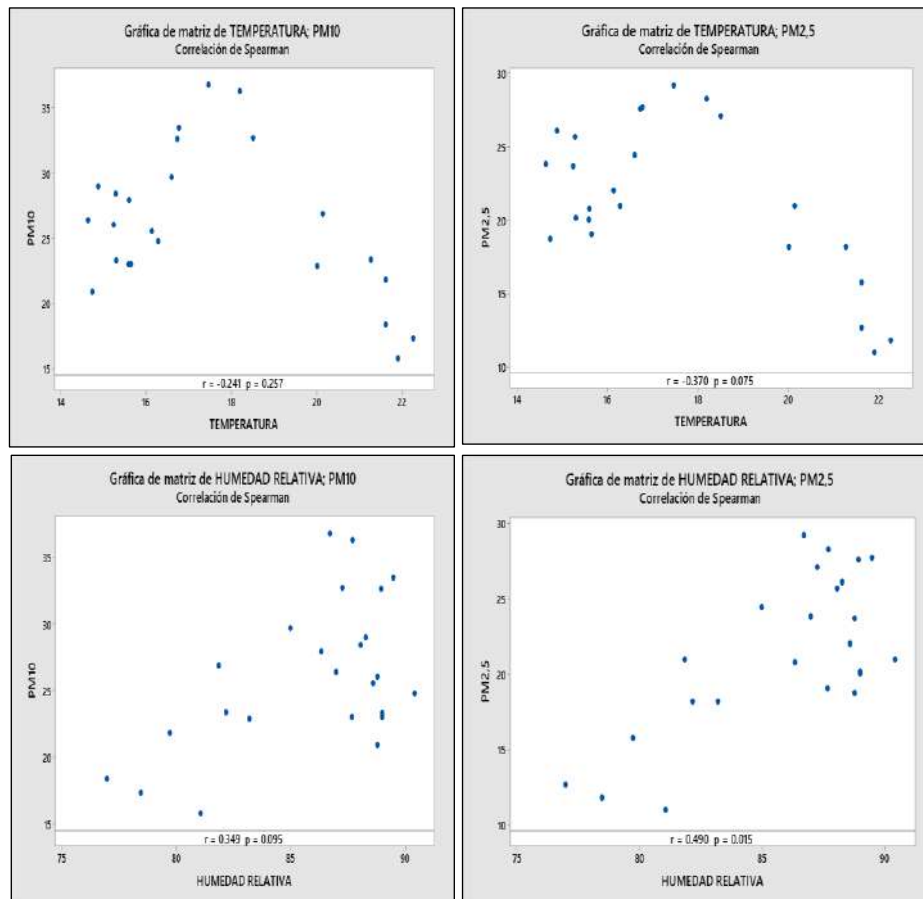


Figura 47. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y las variables meteorológicas durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2019.



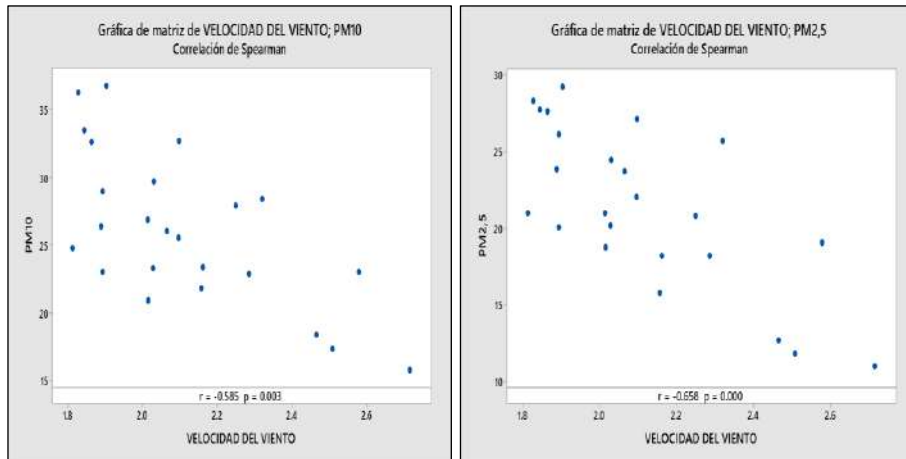


Figura 48. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y las variables meteorológicas durante otoño e invierno correspondiente al año 2019.

Anexo 8. Cálculos estadísticos realizados para comprobación de la sección “Asociación entre el número de consultas por enfermedades respiratorias y el Material Particulado durante la estación de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019”

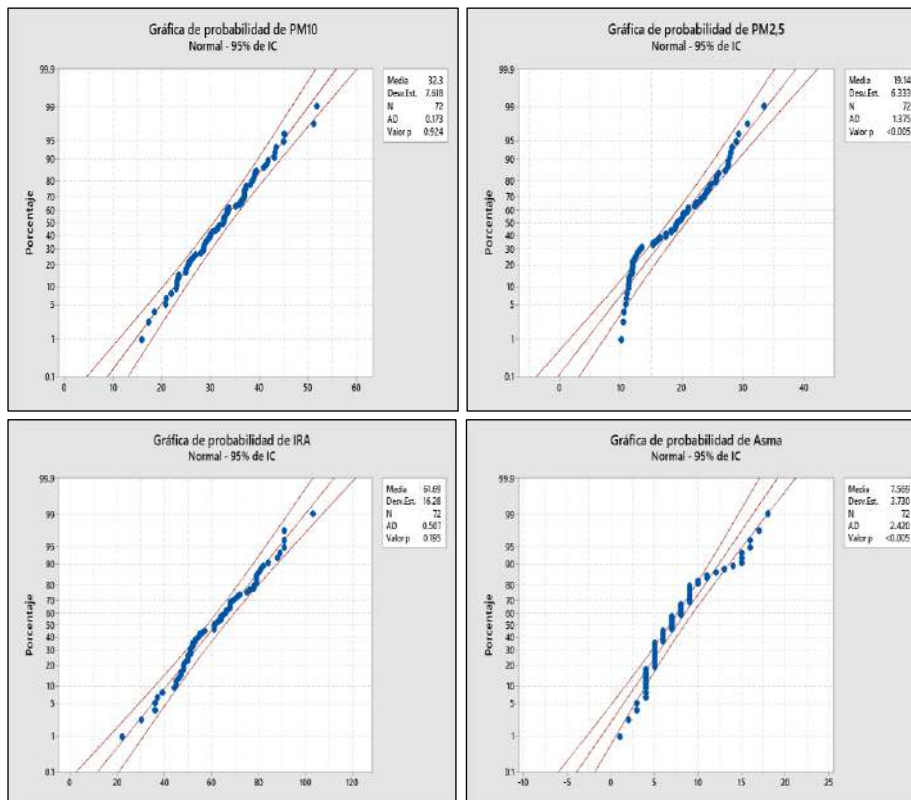


Figura 49. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y las consultas por enfermedades respiratorias durante la estación de otoño e invierno correspondiente al período 2017-2019.

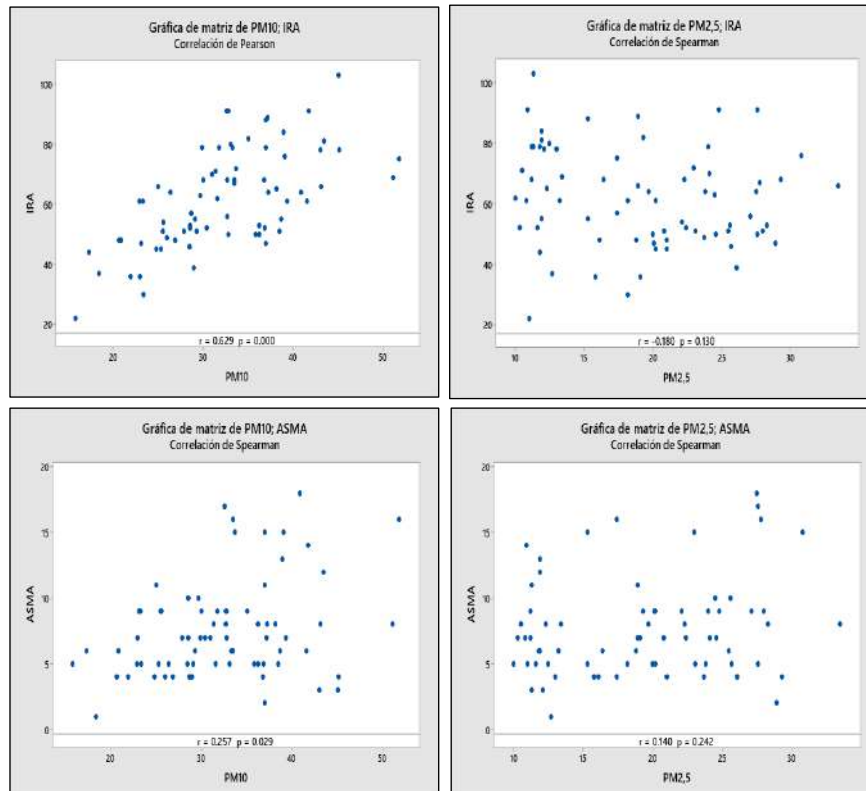


Figura 50. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias correspondiente al período 2017-2019.

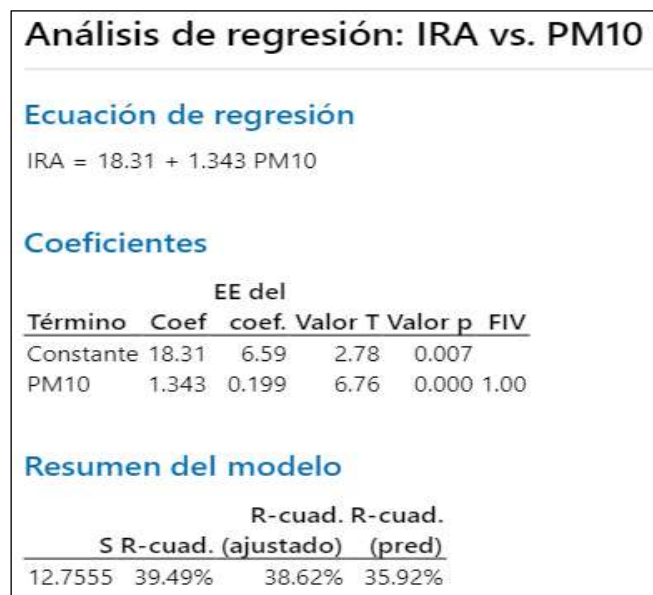


Figura 51. Resultado de la prueba de regresión lineal del Material particulado grueso (PM₁₀) y el número de consultas por IRA durante las estaciones de otoño e invierno. Período 2017-2019.

Anexo 9. Cálculos estadísticos realizados para comprobación de la sección “Asociación entre las consultas por enfermedades respiratorias y el Material Particulado durante la estación de otoño e invierno de cada año”

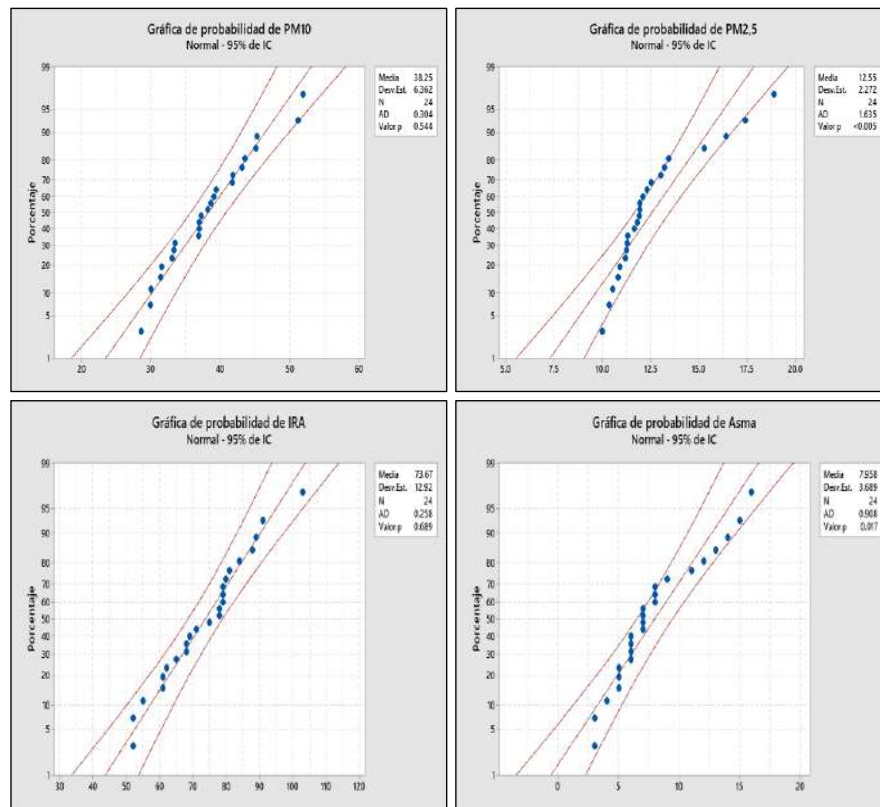
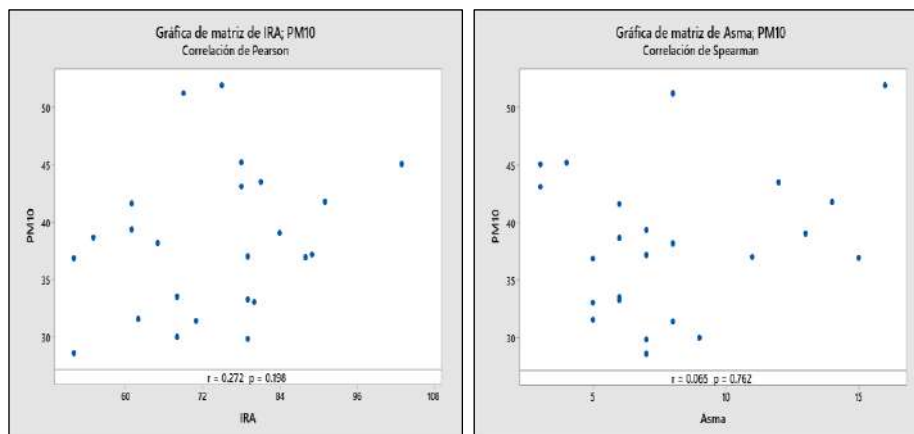


Figura 52. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2017.



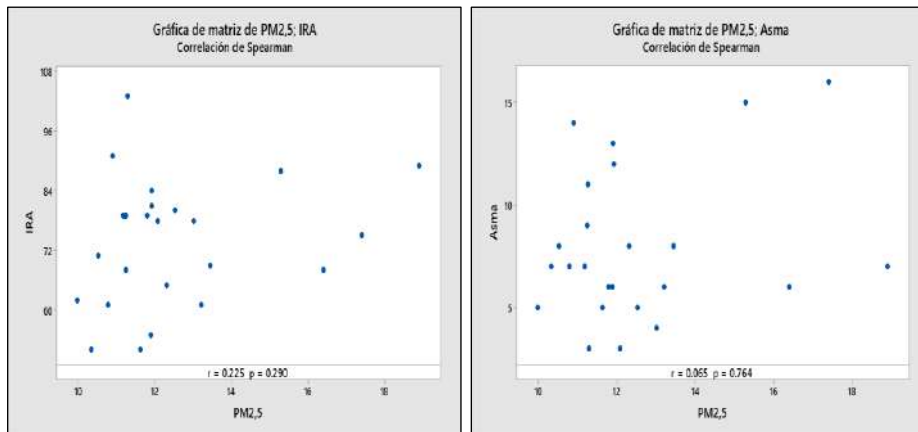


Figura 53. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante otoño e invierno correspondiente al año 2017.

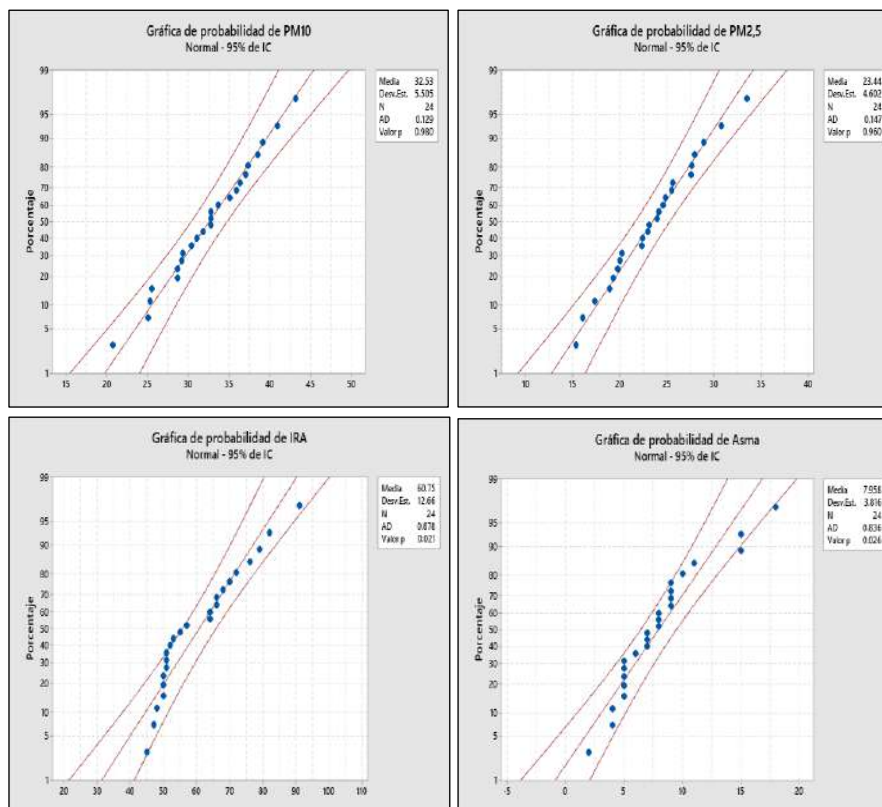


Figura 54. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2018.

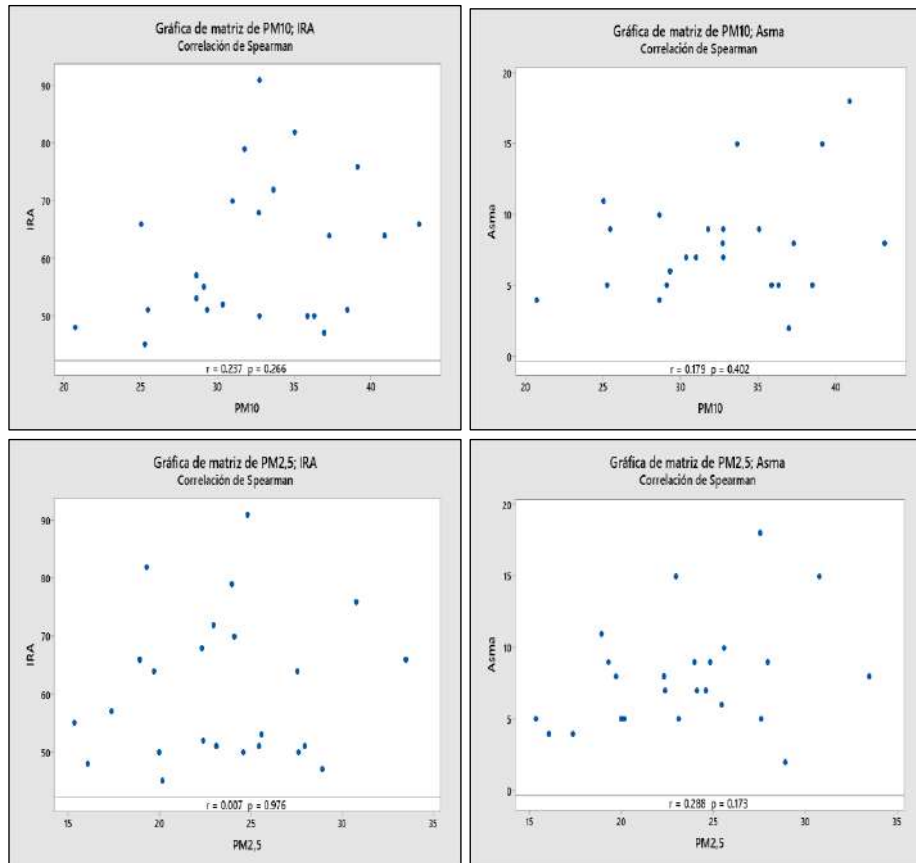
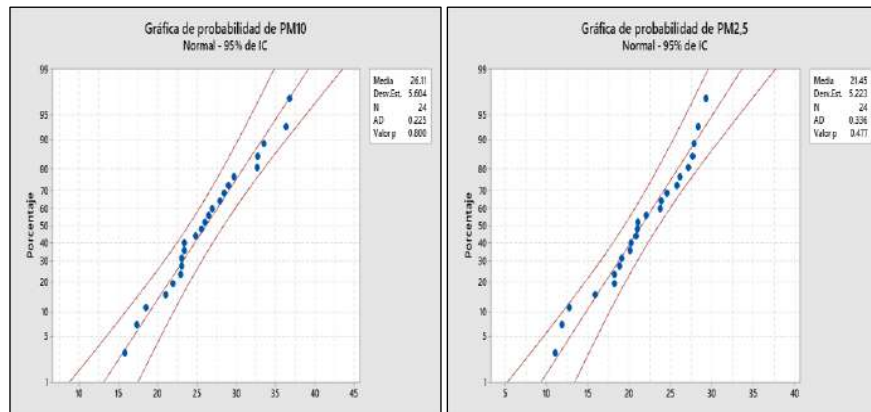


Figura 55. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante otoño e invierno correspondiente al año 2018.



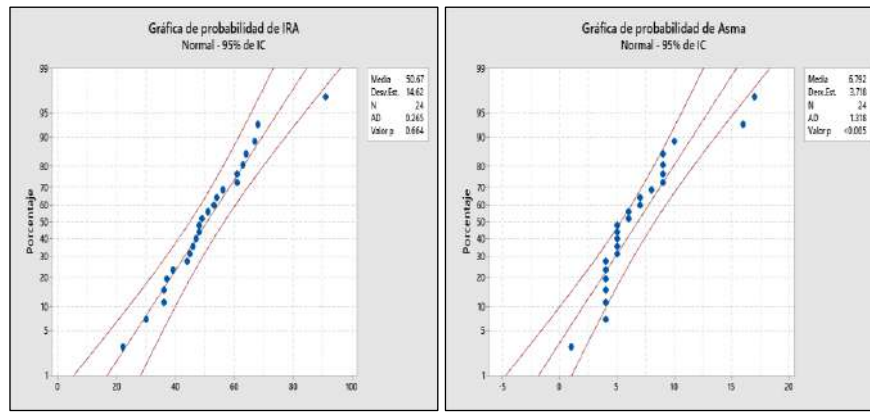


Figura 56. Resultado de la prueba de normalidad del Material Particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante la estación de otoño e invierno correspondiente al año 2019.

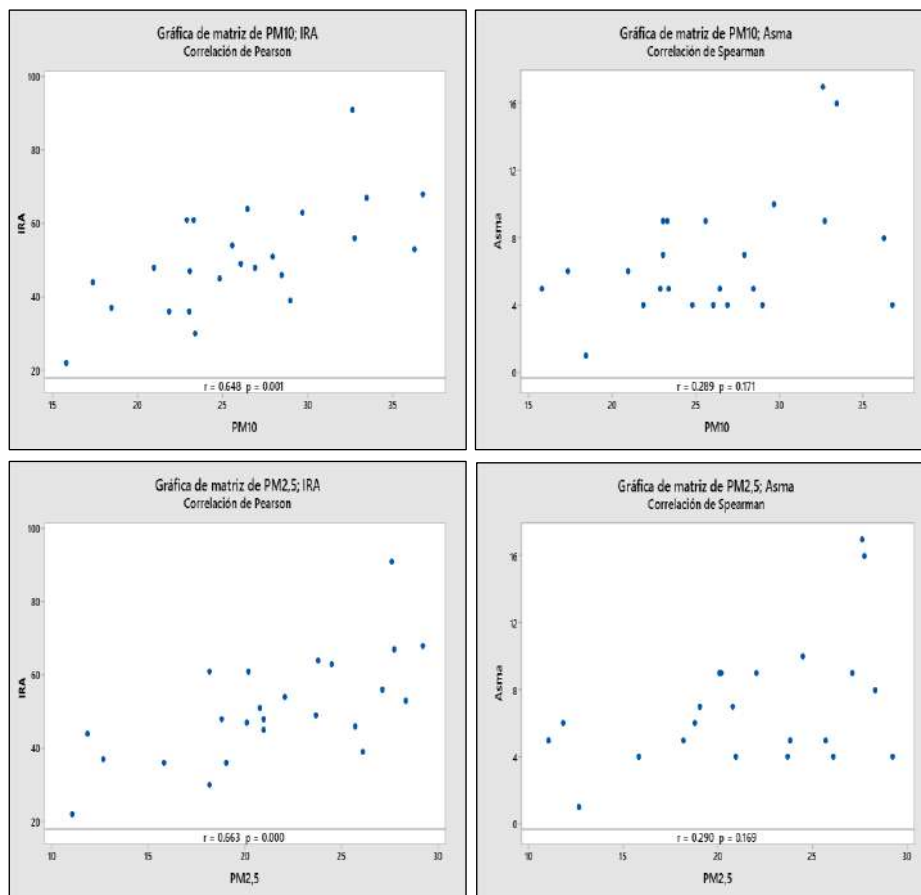


Figura 57. Resultado de la prueba de correlación del Material particulado y el número de consultas por enfermedades respiratorias durante otoño e invierno correspondiente al año 2019.

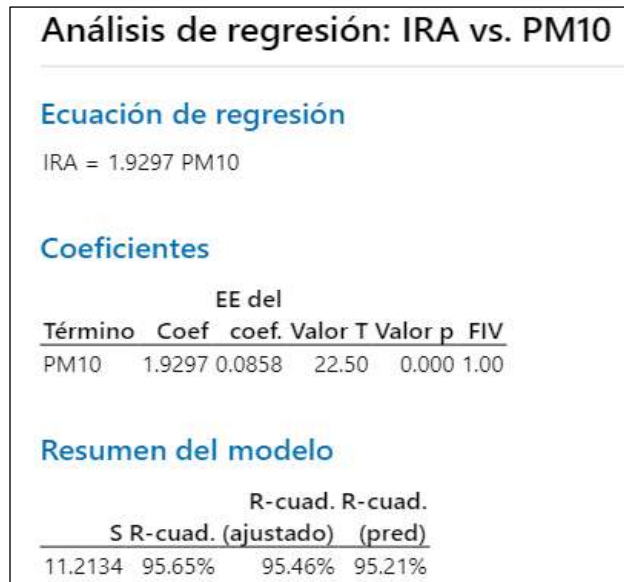


Figura 58. Resultado de la prueba de regresión lineal del Material particulado grueso (PM₁₀) y el número de consultas por IRA durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al año 2019.

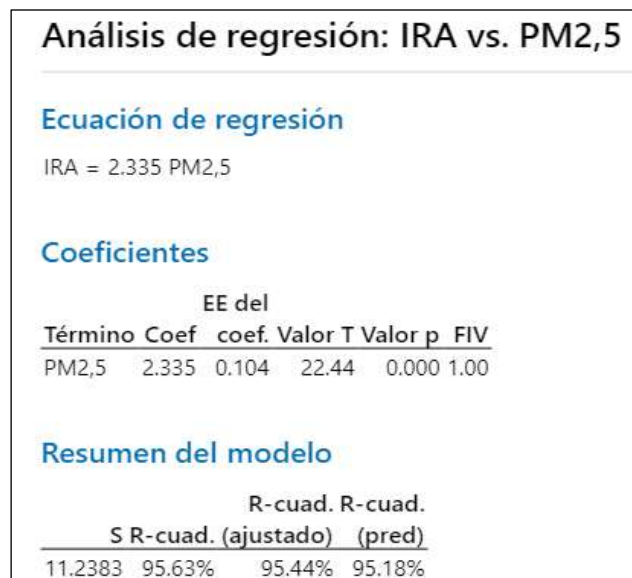


Figura 59. Resultado de la prueba de regresión lineal del Material particulado fino (PM_{2,5}) y el número de consultas por IRA durante las estaciones de otoño e invierno correspondiente al año 2019.