



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA Y URBANISMO



**INFLUENCIA DEL DISEÑO URBANO DE ÁREAS VERDES EN LA
REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN EL
SECTOR URBANO VI, JULIACA**

TESIS

PRESENTADA POR:

ARIANA GABRIELA SANCHEZ PARILLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

ARQUITECTO

PUNO - PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

INFLUENCIA DEL DISEÑO URBANO DE ÁREAS VERDES EN LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN EL SECTOR URBANO VI, JULIACA

AUTOR

ARIANA GABRIELA SANCHEZ PARILLO

RECuento DE PALABRAS

35243 Words

RECuento DE CARACTERES

201180 Characters

RECuento DE PÁGINAS

212 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.8MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 10, 2024 3:28 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 10, 2024 3:30 PM GMT-5

● **14% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)


Mg. Arq. José A. Llanos C.
COORDINADOR DE SUBDIRECCION DE INVESTIGACION


Dr. Gabriel Marín Mamani
EP N° 14636
CIENCIA Y URBANISMO

men



DEDICATORIA

A quienes, con un solo gesto, aportan a la inmensidad de lo que un cambio puede representar. A quienes anhelan y se proponen generar un impacto genuino. Que sigan creyendo en el poder de la acción y en la capacidad de transformar nuestro mundo.



AGRADECIMIENTOS

Eterna gratitud para mis padres, por el constante apoyo y aliento durante todo mi proceso de educación. Gracias por su perseverancia en ayudarme a cumplir cada uno de mis objetivos académicos.

A mi querida escuela de Arquitectura, por brindarme los mejores años de aprendizaje, desarrollo personal y formación de invaluable amistad.

A mis inspiradores maestros, quienes, con su dedicación y pasión por la enseñanza, lograron despertar en mí el interés por la investigación. Gracias por guiarme y motivarme a lo largo de mi carrera.

Un agradecimiento especial a mi asesor de tesis, el Dr. Grover, por su apoyo incondicional, sus invaluable consejos y por acompañarme en cada paso del desarrollo de mi investigación.

Asimismo, a Daniel mi compañero en estas aventuras, por su paciencia, apoyo emocional y su ayuda en aquellos momentos en los que no hallaba respuesta. Gracias por estar siempre a mi lado.

Y a Max, por ser mi guardián en tantas noches de desvelo.



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTOS | |
| ÍNDICE GENERAL | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ACRÓNIMOS | |
| RESUMEN | 20 |
| ABSTRACT..... | 20 |
| CAPÍTULO I | |
| INTRODUCCIÓN | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 23 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 25 |
| 1.2.1. Problema general..... | 25 |
| 1.2.2. Problema específico | 25 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN | 25 |
| 1.4. HIPÓTESIS | 26 |
| 1.4.1. Hipótesis general..... | 26 |
| 1.4.2. Hipótesis específicas | 27 |
| 1.5. OBJETIVOS..... | 28 |
| 1.5.1. Objetivo general | 28 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 28 |



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 2.1. | ANTECEDENTES | 30 |
| 2.1.1. | A nivel internacional | 31 |
| 2.1.1.1. | Principios de activación estratégica | 32 |
| 2.1.1.2. | Estrategia social | 32 |
| 2.1.1.3. | Enfoque de la intervención | 32 |
| 2.1.1.4. | Acciones proyectuales..... | 33 |
| 2.1.1.5. | Intervención en Juan XIII | 33 |
| 2.1.2. | A nivel nacional | 40 |
| 2.1.3. | A nivel regional..... | 48 |
| 2.2. | MARCO TEÓRICO | 55 |
| 2.2.1. | Sumideros de carbono | 56 |
| 2.2.2. | Teoría de la ecología del paisaje | 57 |
| 2.2.3. | Teoría de la mitigación del cambio climático | 57 |
| 2.2.4. | Teoría de servicios ecosistémicos | 57 |
| 2.2.5. | Teoría del diseño urbano sostenible | 58 |
| 2.2.6. | Teoría de la ecología urbana comparativa | 59 |
| 2.2.7. | Teoría de la fragmentación del hábitat..... | 61 |
| 2.2.8. | Teoría de dispersión atmosférica..... | 61 |
| 2.2.9. | Teoría de la planificación verde urbana | 62 |
| 2.2.10. | Teoría del muestro ambiental..... | 62 |
| 2.3. | MARCO METODOLÓGICO | 63 |
| 2.3.1. | Diseño de la investigación | 63 |
| 2.3.2. | Métodos de análisis de datos..... | 64 |



| | |
|---|-----------|
| 2.4. MARCO CONCEPTUAL | 65 |
| 2.4.1. Línea de investigación..... | 65 |
| 2.4.2. Área de investigación | 66 |
| 2.4.3. Variable de la línea de investigación..... | 66 |
| 2.4.4. Variable de interés..... | 67 |
| 2.4.5. Test de Moran | 67 |
| 2.4.6. Contaminantes atmosféricos | 67 |
| 2.5. MARCO NORMATIVO | 68 |
| 2.5.1. Normativa internacional..... | 68 |
| 2.5.1.1. En España..... | 68 |
| 2.5.1.2. En Paris | 69 |
| 2.5.1.3. Protocolo de Kioto | 70 |
| 2.5.1.4. Europea | 70 |
| 2.5.2. Normativa nacional | 71 |
| 2.5.2.1. MINSA..... | 71 |
| 2.5.2.2. Normas legales | 72 |
| 2.5.2.3. Conclusión del Capítulo II | 73 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|---|-----------|
| 3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN..... | 75 |
| 3.1.1. Enfoque | 75 |
| 3.1.2. Tipo de investigación | 75 |
| 3.1.3. Nivel de investigación..... | 76 |
| 3.1.4. Población..... | 76 |
| 3.1.5. Muestra..... | 77 |



| | | |
|-------------|--|-----------|
| 3.2. | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 78 |
| 3.2.1. | Caracterizar los contaminantes atmosféricos | 79 |
| 3.2.1.1. | Lugar de medición | 79 |
| 3.2.1.2. | Instrumento | 79 |
| 3.2.1.3. | Recolección de información..... | 80 |
| 3.2.1.4. | Tabulación y codificación de datos..... | 84 |
| 3.2.1.5. | Análisis de datos | 84 |
| 3.2.2. | Características de la Tipología de Áreas Verdes Urbanas | 85 |
| 3.2.2.1. | Lugar de medición | 85 |
| 3.2.2.2. | Instrumentos..... | 85 |
| 3.2.2.3. | Recolección de información..... | 86 |
| 3.2.2.4. | Tabulación y codificación de datos..... | 86 |
| 3.2.2.5. | Análisis de datos | 87 |
| 3.2.3. | Relacionar la influencia de la disponibilidad de áreas verdes urbanas en la reducción de los contaminantes atmosféricos | 88 |
| 3.2.3.1. | Lugar de medición | 88 |
| 3.2.3.2. | Instrumentos..... | 88 |
| 3.2.3.3. | Recolección de información..... | 88 |
| 3.2.3.4. | Tabulación y codificación de datos..... | 89 |
| 3.2.3.5. | Análisis de datos | 89 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 4.1. | CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS | 92 |
| 4.1.1. | Promedios generales de los contaminantes | 92 |
| 4.1.2. | Promedios por periodo de los contaminantes..... | 93 |



| | | |
|-------------|--|------------|
| 4.1.3. | Promedio de contaminantes para cada clima en cada zona..... | 95 |
| 4.1.4. | Análisis de la normal de los contaminantes atmosféricos Zona A..... | 97 |
| 4.1.5. | Análisis de la normal de los contaminantes atmosféricos Zona B..... | 105 |
| 4.1.6. | Mapas de interpolación Kriging..... | 115 |
| 4.1.7. | Análisis estadístico de los contaminantes atmosféricos..... | 123 |
| 4.1.8. | Discusión..... | 125 |
| 4.2. | CARACTERÍSTICAS DE LA TIPOLOGÍA DE ÁREAS VERDES URBANAS | 126 |
| 4.2.1. | Dimensión del tipo de áreas verdes por zona..... | 126 |
| 4.2.1.1. | Zona A..... | 127 |
| 4.2.1.2. | Zona B..... | 127 |
| 4.2.1.3. | Mapa del tipo de áreas verdes presente en las zonas de estudio: | 127 |
| 4.2.1.4. | Gráfico de barras de dimensión para césped en las zonas de estudio | 128 |
| 4.2.2. | Distribución áreas verdes por zona según INAPMAS | 130 |
| 4.2.2.1. | Zona A..... | 130 |
| 4.2.2.2. | Zona B..... | 131 |
| 4.2.3. | Tipología de áreas verdes por zona..... | 132 |
| 4.2.4. | Análisis estadístico..... | 135 |
| 4.2.5. | Discusión..... | 136 |
| 4.3. | RELACIÓN DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS EN LA REDUCCIÓN DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS..... | 137 |
| 4.3.1. | Test de Moran | 137 |
| 4.3.2. | Mapas de interpolación Kriging..... | 169 |



| | |
|---|------------|
| 4.3.3. Análisis estadístico | 177 |
| 4.3.4. Discusión | 178 |
| 4.4. PROPUESTA DE INICIATIVA EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO..... | 180 |
| 4.4.1. Introducción | 180 |
| 4.4.2. Ubicación de las zonas de alta concentración | 181 |
| 4.4.3. Estudio previo sobre la captura de CO2..... | 183 |
| 4.4.4. Implementación de Muros Verdes | 185 |
| 4.4.4.1. Tipología de muro verde: | 186 |
| 4.4.5. Estimación de muros verdes..... | 186 |
| 4.4.6. Proceso de Implementación: | 188 |
| 4.4.7. Metodología de instalación: | 188 |
| 4.4.8. Presentación de vistas y proyecciones | 189 |
| V. CONCLUSIONES | 193 |
| VI. RECOMENDACIONES | 195 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 197 |
| ANEXOS..... | 210 |

Área: Arquitectura

Tema: Planeamiento Urbano

Línea de investigación: Proyecto urbano y ambiente, entorno cultural y paisaje

Fecha de sustentación: 12 de Setiembre del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1 Cuadro Comparativo de Normativa Nacional e Internacional..... | 73 |
| Tabla 2 Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes por Zona..... | 92 |
| Tabla 3 Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes por Periodo Zona A | 93 |
| Tabla 4 Estimación de datos para el promedio de contaminantes por periodo zona b | 94 |
| Tabla 5 Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes por Clima Zona A | 95 |
| Tabla 6 Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes por Clima Zona B | 96 |
| Tabla 7 Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes Zona A periodo Mañana..... | 97 |
| Tabla 8 Estimación de datos para el promedio de contaminantes zona A periodo tarde | 100 |
| Tabla 9 Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes Zona A periodo Noche | 102 |
| Tabla 10 Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes Zona B periodo Mañana..... | 105 |
| Tabla 11 Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes Zona B periodo Tarde..... | 108 |
| Tabla 12 Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes Zona B periodo Noche | 111 |



| | | |
|-----------------|--|-----|
| Tabla 13 | Tabla de Dimensión de Áreas Verdes por Tipo..... | 126 |
| Tabla 14 | Distribución de áreas verdes por tipo..... | 130 |
| Tabla 15 | Tipología de árboles Zona A..... | 132 |
| Tabla 16 | Tipología de arbustos Zona A..... | 133 |
| Tabla 17 | Tipología de árboles Zona B..... | 134 |
| Tabla 18 | Tipología de arbustos Zona B..... | 134 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1 Proyecto ecosistema urbano acupuntura con una mirada ecológica – Juan XIII | 34 |
| Figura 2 Proyecto ecosistema urbano Juan XIII Antes y Después de Intervención . | 35 |
| Figura 3 Investigación de concentración de Contaminantes - Tolueno | 37 |
| Figura 4 Captura de carbono por parte de las áreas verdes urbanas | 39 |
| Figura 5 Avance de las áreas urbanas afecta a las áreas verdes (Distrito de Comas) | 41 |
| Figura 6 Obtención de datos de cobertura y frecuencia con el uso de una Grilla de Muestreo | 45 |
| Figura 7 Mapa de Ubicación de las Estaciones de Monitoreo en la ciudad de Juliaca | 52 |
| Figura 8 Mapa de Niveles de volumen de CO2 en los Puntos de Monitoreo | 54 |
| Figura 9 Esquema Metodológico para Caracterizar los Contaminantes Atmosféricos | 78 |
| Figura 10 Esquema Metodológico para Caracterizar la Tipología de Áreas Verdes Urbanas..... | 78 |
| Figura 11 Esquema Metodológico para Relacionar la Influencia de la Disponibilidad de Áreas Verdes Urbanas en la Reducción de Contaminantes Atmosféricos | 79 |
| Figura 12 Plano de Puntos de Monitoreo del Sector A..... | 81 |
| Figura 13 Plano de Puntos de Monitoreo del Sector B..... | 82 |
| Figura 14 Ficha de Puntos de Monitoreo Zona A y B..... | 83 |
| Figura 15 Gráfico Q-Q normal de CO2 zona A periodo Mañana | 99 |
| Figura 16 Diagrama de cajas CO2 zona A periodo Mañana | 99 |



| | | |
|------------------|---|-----|
| Figura 17 | Gráfico Q-Q normal de CO2 Zona A | 101 |
| Figura 18 | Diagrama de cajas de CO2 Zona A | 102 |
| Figura 19 | Gráfico Q-Q normal de CO2 | 104 |
| Figura 20 | Diagrama de cajas de CO2 | 104 |
| Figura 21 | Gráfico Q-Q normal de CO2 zona B..... | 107 |
| Figura 22 | Diagrama de cajas de CO2 zona B | 108 |
| Figura 23 | Gráfico Q-Q normal de CO2 zona B..... | 110 |
| Figura 24 | Diagrama de cajas de CO2 zona B | 111 |
| Figura 25 | Gráfico Q-Q normal de CO2 zona B..... | 113 |
| Figura 26 | Diagrama de cajas de CO2 zona B | 114 |
| Figura 27 | Concentración CO2 zona A General..... | 115 |
| Figura 28 | Concentración CO2 zona B General | 116 |
| Figura 29 | Concentración TVOC zona A General | 118 |
| Figura 30 | Concentración TVOC zona B General | 119 |
| Figura 31 | Concentración HCHO zona A General..... | 120 |
| Figura 32 | Gráfico de Barras de Dimensión para CO2 en las Zonas de Estudio..... | 121 |
| Figura 33 | Gráfico de Barras de Dimensión para TVOC y HCHO en las Zonas de Estudio..... | 122 |
| Figura 34 | Concentración HCHO Zona B General..... | 123 |
| Figura 35 | Áreas verdes presente en las Zona A de Estudio | 128 |
| Figura 36 | Gráfico de Barras de Dimensión para Césped en las Zonas de Estudio... | 129 |
| Figura 37 | Gráfico de Barras de Dimensión para Árboles y Arbustos en las Zonas de Estudio..... | 129 |
| Figura 38 | Mapa de Distribución de Áreas verdes presente en las Zonas de Estudio | 131 |



| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 39 | Gráfico de Barras de la cantidad de áreas verdes en las Zonas de Estudio | 132 |
| Figura 40 | Test de moran Área verde - césped zona A general | 137 |
| Figura 41 | Histograma de análisis LISA Césped zona A | 138 |
| Figura 42 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 138 |
| Figura 43 | Test de Moran CO2 zona A General | 139 |
| Figura 44 | Análisis Lisa CO2 zona A General | 140 |
| Figura 45 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA CO2 zona A General | 140 |
| Figura 46 | Test de Moran TVOC zona A General | 141 |
| Figura 47 | Análisis LISA TVOC zona A General | 141 |
| Figura 48 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA TVOC zona A General | 142 |
| Figura 49 | Test de Moran HCHO zona A General | 143 |
| Figura 50 | Análisis LISA HCHO zona A General | 143 |
| Figura 51 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA HCHO zona A | 144 |
| Figura 52 | Test de Moran CO2 soleado zona A | 145 |
| Figura 53 | Análisis LISA CO2 soleado zona A | 145 |
| Figura 54 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 146 |
| Figura 55 | Test de Moran CO2 ventoso zona A | 147 |
| Figura 56 | Test de Moran CO2 mañana zona A | 148 |
| Figura 57 | Análisis LISA CO2 mañana zona A | 148 |
| Figura 58 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 149 |
| Figura 59 | Test de Moran CO2 tarde zona A | 149 |
| Figura 60 | Test de Moran CO2 noche zona A | 150 |
| Figura 61 | Análisis LISA CO2 noche zona A | 151 |
| Figura 62 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 151 |



| | | |
|------------------|---|-----|
| Figura 63 | Test de moran área verde - césped zona B general (no hay mínimo 30 características) | 152 |
| Figura 64 | Test de Moran CO2 zona B general..... | 153 |
| Figura 65 | Análisis LISA CO2 noche zona B general | 153 |
| Figura 66 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 154 |
| Figura 67 | Test de Moran TVOC zona B general | 155 |
| Figura 68 | Análisis I LISA TVOC zona B general | 156 |
| Figura 69 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 156 |
| Figura 70 | Test de Moran HCHO zona B general..... | 157 |
| Figura 71 | Análisis LISA HCHO zona B general | 158 |
| Figura 72 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 158 |
| Figura 73 | Test de Moran CO2 soleado zona B | 159 |
| Figura 74 | Análisis LISA CO2 soleado zona B | 160 |
| Figura 75 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 160 |
| Figura 76 | Test de Moran CO2 ventoso zona B..... | 161 |
| Figura 77 | Análisis LISA CO2 ventoso zona B | 162 |
| Figura 78 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 162 |
| Figura 79 | Test de Moran CO2 mañana zona B..... | 163 |
| Figura 80 | Análisis LISA CO2 mañana zona B | 164 |
| Figura 81 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 164 |
| Figura 82 | Test de Moran CO2 tarde zona B | 165 |
| Figura 83 | Análisis LISA CO2 tarde zona B..... | 166 |
| Figura 84 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 166 |
| Figura 85 | Test de Moran CO2 noche zona B..... | 167 |
| Figura 86 | Análisis LISA CO2 noche zona B | 168 |



| | | |
|-------------------|--|-----|
| Figura 87 | Scatterplot de Moran del Análisis LISA | 168 |
| Figura 88 | Mapas Kriging CO2 Mañana Zona A y B | 169 |
| Figura 89 | Mapa KRIGING TVOC mañana zona A y B | 170 |
| Figura 90 | Mapa KRIGING HCHO mañana zona A y B..... | 171 |
| Figura 91 | Mapas Kriging CO2 tarde zona A y B..... | 172 |
| Figura 92 | Mapas Kriging TVOC tarde zona A y B..... | 173 |
| Figura 93 | Mapas Kriging HCHO tarde zona A y B | 174 |
| Figura 94 | Mapas Kriging CO2 noche zona A y B | 175 |
| Figura 95 | Mapas Kriging TVOC noche zona A y B | 176 |
| Figura 96 | Mapas Kriging HCHO noche zona A y B | 177 |
| Figura 97 | Mapas de Intervención de Vías | 182 |
| Figura 98 | Plano de Ubicación de Calles a Intervenir | 182 |
| Figura 99 | Vista de la Intervención de viviendas en Jirón Jauregui Cuadra 1 | 190 |
| Figura 100 | Vista de la Intervención de viviendas en Jirón Jauregui Cuadra 2 | 190 |
| Figura 101 | Vista de la Intervención de viviendas en Jirón Cusco Cuadra 1..... | 191 |
| Figura 102 | Vista de la Intervención de viviendas en Jirón Cusco Cuadra 2..... | 192 |



ACRÓNIMOS

| | |
|-------------------|--|
| PDU: | Plan de Desarrollo Urbano |
| OMS: | Organización Mundial de la Salud |
| MINSA: | Ministerio de Salud |
| COP21: | Conferencia de las Partes 21 |
| CO ₂ : | Dióxido de Carbono |
| TVOC: | Compuestos Volátiles Totales |
| CO: | Monóxido de Carbono |
| COVs: | Compuestos Orgánicos Volátiles |
| COV: | Compuesto Orgánico Volátil |
| HCHO: | Formaldehido |
| RNE: | Reglamento Nacional de Edificaciones |
| INEI | Instituto Nacional de Estadística e Informática |
| ACGIH: | American Conference of Governmental Industrial Hygienists |
| UE: | Unión Europea |
| NTP: | Norma Técnica de Prevención |
| UNE: | Una Norma Española |
| TLV: | Valor Limite Umbral |
| NDC: | Contribución Determinada a Nivel Nacional |
| GEI: | Gases de Efecto Invernadero |
| PM: | Material Particulado |
| STEL: | Short Term Exposure Limit |
| INAPMAS: | Instituto Nacional de Protección del Medio Ambiente para la Salud |



| | |
|---------------------|--|
| AVU | Áreas Verdes Urbanas |
| NDVI | Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada |
| SIG | Sistemas de Información Geográfica |
| ppm: | partes por millón |
| mg/m ³ : | miligramos por metro cubico |
| kg | kilogramo |
| g/m ² : | gramo por metros cuadrado |



RESUMEN

Este estudio investiga la relación entre la presencia de áreas verdes urbanas y la concentración de contaminantes atmosféricos en dos barrios del sector urbano VI de Juliaca, ubicados en el departamento de Puno, provincia de San Román, distrito de Juliaca. Con un enfoque cuantitativo de tipo correlacional e intervencionista, se analizaron dos áreas de estudio designadas como Sector A y Sector B. El Sector A, situado en la urbanización La Rinconada en las laderas del cerro Huaynarroque, abarca 283,832 metros cuadrados, mientras que el Sector B, ubicado en el centro de Juliaca con una topografía plana, cubre 281,389 metros cuadrados. Los resultados revelan una significativa variabilidad espacial en la concentración de contaminantes entre ambas zonas, con la Zona B registrando consistentemente niveles más altos de CO₂, TVOC y HCHO, superando en algunos casos los límites establecidos según normativa internacional y nacional. Esta disparidad muestra estar relacionada con diferencias en las fuentes de emisión y las condiciones de dispersión atmosférica, un proceso que describe cómo los contaminantes se distribuyen y diluyen en la atmósfera, influenciado por factores meteorológicos como el viento y luz solar. Adicionalmente, se observó que, a mayor extensión de áreas verdes, menor es la concentración de contaminantes, subrayando la importancia de estos espacios para la mitigación de la contaminación urbana. Este hallazgo destaca la necesidad de una planificación urbana que incorpore más áreas verdes como una estrategia clave para mejorar la calidad del aire en las zonas urbanas densamente pobladas.

Palabras clave: Calidad del aire, Áreas verdes urbanas, Contaminantes atmosféricos.



ABSTRACT

This study investigates the relationship between the presence of urban green areas and the concentration of atmospheric pollutants in two neighborhoods of the urban sector VI of Juliaca, located in the department of Puno, province of San Roman, district of Juliaca. With a quantitative approach of correlational and interventionist type, two study areas designated as Sector A and Sector B were analyzed. Sector A, located in the La Rinconada urbanization on the slopes of Huaynarroque hill, covers 283,832 square meters, while Sector B, located in the center of Juliaca with a flat topography, covers 281,389 square meters. The results reveal significant spatial variability in the concentration of contaminants between the two zones, with Zone B consistently registering higher levels of CO₂, TVOC and HCHO, in some cases exceeding the limits established according to international and national regulations. This disparity was shown to be related to differences in emission sources and atmospheric dispersion conditions, a process that describes how pollutants are distributed and diluted in the atmosphere, influenced by meteorological factors such as wind and sunlight. Additionally, it was observed that the greater the extension of green areas, the lower the concentration of pollutants, underlining the importance of these spaces for the mitigation of urban pollution. This finding highlights the need for urban planning that incorporates more green areas as a key strategy to improve air quality in densely populated urban areas.

Keywords: Air quality, Urban green areas, Atmospheric pollutants



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La calidad del aire en áreas urbanas representa un desafío generalizado que afecta no solo la salud humana, sino también el entorno natural y el bienestar de la población (Gamboa Ysmiño & Cubas Lozano, 2022). Esta preocupación se agrava con el crecimiento demográfico acelerado y la distribución urbana inadecuada, como se evidencia en el caso de Juliaca, donde se proyecta un aumento considerable de la población de a 370,714 habitantes para el año 2025 (INEI). Este crecimiento poblacional acelerado ha contribuido a una mayor contaminación del aire en la ciudad.

La degradación continua en los ecosistemas urbanos, que también juega un papel crucial en este escenario, aumentando los riesgos para la salud y desconectando a los humanos de la naturaleza (Frumkin et al., 2017). Sin embargo, se reconoce la importancia de las áreas verdes urbanas como una oportunidad para mitigar estos problemas, ofreciendo soluciones basadas en la naturaleza que pueden ayudar a reducir el impacto de la contaminación atmosférica y mejorar la calidad de vida de los residentes (Shi & Zhao, 2022; Thompson, 2012).

Este contexto justifica la necesidad de investigar la influencia de la distribución de las áreas verdes urbanas en la reducción de contaminantes atmosféricos en el Sector Urbano VI de Juliaca. La presente investigación se propone abordar este problema mediante un enfoque interdisciplinario que integre la ciencia ambiental, la planificación urbana y la salud pública. Se espera que los resultados obtenidos no solo contribuyan al conocimiento existente sobre este tema, sino que también proporcionen datos significativos para orientar políticas y acciones destinadas a promover un entorno urbano más sostenible y saludable en Juliaca.



La tesis se estructurará en varios capítulos, cada uno abordando aspectos específicos de la investigación. En el primer capítulo se introduce la problemática de la calidad del aire en Juliaca, destacando la importancia de las áreas verdes como posibles soluciones para mitigar la contaminación. El segundo capítulo se centrará en la revisión de la literatura relevante existente sobre el impacto de las áreas verdes en la reducción de contaminantes y destacando estudios previos sobre la relación entre áreas verdes y calidad del aire en entornos urbanos. En el tercer capítulo se presentará la metodología de investigación, que incluirá un enfoque cuantitativo correlacional para analizar datos sobre contaminantes atmosféricos y características de las áreas verdes. En el cuarto capítulo se discutirán los resultados obtenidos a través del análisis estadístico de los datos recolectados, evaluando la relación entre distribución de áreas verdes y niveles de contaminación. Finalmente, en el quinto capítulo se ofrecerán conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos de la investigación, destacando su relevancia en la integración de áreas verdes en la planificación urbana, como la recomendación de desarrollar una propuesta normativa específica que establezca límites adecuados para los contaminantes CO₂, HCHO y TVOC.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la mala calidad del aire representa un desafío generalizado en áreas urbanas, esta situación puede resultar en la disminución de la salud humana, daño a los materiales del paisaje, a los procesos del ecosistema y vistas panorámicas deterioradas debido a la contaminación visual del paisaje, (Gamboa Ysmiño & Cubas Lozano, 2022) La mala calidad del aire se puede dar tanto en el aire urbano, debido a la actividad industrial y vehicular siendo la más concurrente, como en el aire del interior de los hogares.



En la ciudad de Juliaca, según el censo del INEI-2017, la población fue de 235,110 habitantes. La tasa de crecimiento poblacional ha sido significativa, con un incremento del 95% entre 1961 y 1972, del 97.5% entre 1972 y 1981, y del 85% entre 1981 y 1993. Entre 1993 y 2007, la población creció en 74,140 personas, alcanzando 225,146 habitantes en el censo de 2007, con un incremento anual promedio de 3,271 personas en 67 años. Actualmente, se estima una población de 320,000 habitantes, incluyendo población flotante, con una tasa de crecimiento anual promedio del 2.6%, superior al promedio regional de 1.5% y al nacional de 1.0%. Esto refleja un crecimiento demográfico más acelerado en Juliaca en comparación con el resto de la región de Puno y el país. El Plan de Desarrollo Urbano (PDU-2017) estima que para 2025 la población alcanzará los 370,714 habitantes.

La creciente tendencia demográfica ha llevado a una expansión urbana significativa, evidenciando una mayor urbanización. La concentración de población en áreas periurbanas ha generado una expansión descontrolada y problemas en la infraestructura urbana, como la deficiencia en saneamiento básico. La creación de nuevos asentamientos y barrios, así como la presencia de habilitaciones urbanas informales que aún están en proceso de regularización, ha exacerbado estos problemas, según el PDU. Esta expansión informal, además, no contempla la necesidad de áreas verdes o espacios de recreación en su crecimiento, lo que agrava la situación al no incluir espacios que puedan mitigar la contaminación y mejorar la calidad de vida. Todo esto contribuye a una creciente contaminación del aire en la ciudad



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye la distribución de las áreas verdes urbanas en la reducción de los contaminantes atmosféricos en barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca?

1.2.2. Problema específico

¿Qué características poseen los contaminantes atmosféricos en barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca?

¿Cómo es la tipología de áreas verdes urbanas en barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca?

¿Cómo influye la disponibilidad de áreas verdes urbanas en la reducción de los contaminantes atmosféricos en barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas continúan degradándose en las áreas urbanas, lo que resulta un mayor peligro y la desconexión de los humanos con la naturaleza (Frumkin et al., 2017) en este contexto, es crucial reconocer que la presencia de una naturaleza diversa en el entorno urbano, caracterizada por su heterogeneidad espacial, ofrece oportunidades para mitigar problemas relacionados con el calor urbano (Shi, Y., & Zhao, S., 2022). ramaiah Las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) son una oportunidad para abordar los desafíos ambientales y sociales tanto a corto como a largo plazo, y tienen una importancia particular en los paisajes urbanos (Puskás, Abunnasr, & Naalbandian, 2021).



Es así que, los espacios verdes son una de las medidas más favorables implementadas en muchos países para mitigar los impactos negativos de la contaminación del aire en las áreas urbanas (Jim, 2012). El ecosistema natural urbano tiene un papel vital en los servicios ecológicos y servicios sociales, en mejorar la biodiversidad (Parker, 2019), reducir la contaminación del aire (Ramaiah,2019), reducir los niveles de ruido (Gunnarsson,2007), mejorar la salud de la población urbana concretamente (Ossola,2018).

En virtud de la imperante necesidad de comprender y abordar las condiciones ambientales y la calidad del aire en la ciudad de Juliaca, esta investigación se enfoca en evaluar la influencia de las áreas verdes en dos zonas representativas del Sector VI según el PDU-2017, localizado en el área urbana principal de la ciudad de Juliaca con la presencia de consolidación de edificaciones y elementos naturales. Adoptando un enfoque interdisciplinario, el estudio no solo busca evidenciar la relación entre la presencia de áreas verdes y la calidad del aire, sino que también aspira a impactar directamente la toma de decisiones a nivel local y regional. Al abordar las preocupaciones contemporáneas vinculadas con la salud urbana, esta investigación pretende ofrecer datos significativos que no solo enriquecen el conocimiento existente, sino que también orientan las políticas y acciones para fomentar un entorno urbano más sostenible y saludable en Juliaca.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

Dado que la distribución de áreas verdes se ha centrado en la incorporación de vegetación de alto valor de purificación del aire, como árboles y arbustos de hoja perenne, en comparación con áreas verdes que carecen de esta vegetación



especializada, es probable que se produzca una mayor reducción de los contaminantes atmosféricos en los barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca que cuentan con un diseño de áreas verdes más orientado hacia la purificación del aire.

1.4.2. Hipótesis específicas

Dado que la ubicación geográfica y las actividades industriales varían significativamente entre los barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca, es probable que los niveles de contaminantes atmosféricos difieran significativamente entre estos barrios, lo que lleva a la inferencia de que existe una variación espacial en la concentración de contaminantes atmosféricos en el área de estudio. Hipótesis nula: No hay diferencias significativas en los niveles de contaminantes atmosféricos entre los barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca. Hipótesis alternativa: Existen diferencias significativas en los niveles de contaminantes atmosféricos entre al menos dos barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca.

Dado que la planificación urbana y el desarrollo socioeconómico influyen en la configuración de áreas verdes urbanas, se espera que el valor de contraste en la tipología de áreas verdes urbanas en barrios del sector urbano VI de la ciudad de Juliaca sea significativamente diferente, lo que nos permite inferir que existe una diversidad sustancial en la tipología de áreas verdes urbanas en dicho sector. Hipótesis Nula (H_0): No hay diferencias significativas en la tipología de áreas verdes urbanas en los barrios del sector urbano VI de la ciudad de Juliaca, lo que sugiere que cualquier variación observada es el resultado del azar o factores no relacionados con la planificación urbana y el desarrollo socioeconómico.



Hipótesis Alternativa (H1): Existen diferencias significativas en la tipología de áreas verdes urbanas en los barrios del sector urbano VI de la ciudad de Juliaca, indicando que la planificación urbana y el desarrollo socioeconómico tienen un impacto importante en la configuración de estas áreas.

Dado que la presencia y accesibilidad a áreas verdes urbanas influye significativamente en la reducción de los contaminantes atmosféricos, se puede afirmar que, en los barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca, la disponibilidad de áreas verdes urbanas está positivamente relacionada con una disminución en los niveles de contaminantes atmosféricos. Hipótesis Nula (H0): No existe una relación significativa entre la disponibilidad de áreas verdes urbanas y la reducción de los contaminantes atmosféricos en los barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca. Hipótesis Alterna (H1): Existe una relación significativa entre la disponibilidad de áreas verdes urbanas y la reducción de los contaminantes atmosféricos en los barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de la distribución de áreas verdes urbanas en la reducción de los contaminantes atmosféricos en barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca.

1.5.2. Objetivos específicos

Caracterizar los contaminantes atmosféricos en barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca.



Caracterizar la tipología de áreas verdes urbanas en barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca.

Relacionar la influencia de la disponibilidad de áreas verdes urbanas en la reducción de los contaminantes atmosféricos en barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Los espacios verdes son medios bien conocidos para reducir la contaminación ambiental dentro de las ciudades. Pueden reducir físicamente la exposición al ruido a través de la reflexión / difracción, absorción o interferencia destructiva de las ondas sonoras (Van Renterghem et al., 2015) y mejorar la calidad del aire por deposición, filtrando partículas y contaminantes gaseosos, aumentando su dispersión y alterando la temperatura local (Janhäll, 2015, Nowak et al., 2006, Givoni, 1991). La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha asegurado que se necesita, al menos, un árbol por cada tres habitantes para respirar un mejor aire en las ciudades y un mínimo de entre 10 y 15 metros cuadrados de zona verde por habitante (Banco Mundial y Schaeffer, 2016).

Según Mayorga y Luna (2018) y Miller (2018) Los espacios verdes en áreas urbanas presentan retos significativos en cuanto a su mantenimiento, pero también son recursos esenciales para la sociedad, ya que ofrecen beneficios ambientales como la regulación del clima, la absorción de humedad, la reducción del ruido y el polvo, y sirven como hábitat para aves tanto residentes como migratorias. Además, desde una perspectiva económica, las zonas con espacios verdes de mayor calidad mejoran la calidad de vida, lo que a su vez incrementa el valor de las propiedades en esas áreas. Además, según Segovia y Oviedo (2000); Galindo y Victoria, (2012) los espacios verdes conforman espacios públicos cuyo elemento principal es la vegetación., la presencia de superficie verde garantiza también la resiliencia ante eventos climáticos extremos. El número de árboles del planeta se ha reducido en un 46%. Al mismo tiempo, la OMS calcula que el 92% de la población mundial está expuesta a niveles peligrosos de contaminación del



aire, lo que es un desafío de la salud medioambiental y humana en el seno de las ciudades, cuya urgencia es cada vez mayor. Y por ello, los parámetros de arbolado y espacio verde son ineludibles en la planificación urbana actual (OMS, 2016).

2.1.1. A nivel internacional

La dinámica insostenible de los sistemas urbanos contribuye significativamente a la cambiante emergencia climática global, muchas ciudades se vieron obligadas a tomar precauciones para minimizar el impacto (Álvarez 2021). Lo mismo ocurre hoy en Bogotá, Por esta razón se basa propuestas con características holísticas y ecológicas, con evaluación basada en estándares y lineamientos de ecología urbana. Una perspectiva de planificación urbana que promueva una cultura de ciudadanía ambiental muy necesaria que se muestra en el Proyecto denominado “Ecosistema Urbano Acupuntura con una Mirada Ecológica” ejecutado por TAP Arquitectura, Martínez Arquitectura, Mec Arquitectura, Fiallo Atelier, en la categoría de Diseño Urbano en Bogotá, Colombia en el 2021.

El ecologista Jaume Terradas afirma que las ciudades deben ser vistas como ecosistemas cuyo metabolismo puede contribuir de manera relevante a la desactivación de esta crisis. Donde resalta el potencial de los “Sistemas Naturales y mantener la biodiversidad” con el “papel de los ciudadanos para mejorar la calidad ambiental y su propio bienestar” (Terradas, Franquesa, Parés, & Chaparro, 2011).

Este proyecto aborda las dinámicas insostenibles del sistema urbano y su contribución a la emergencia climática global. Orientado por los principios de la ecología urbana, propone una gestión interdisciplinar y replicable que redistribuye



cargas y responsabilidades entre sectores públicos y privados. Se enfoca en el carácter holístico y ambiental de Bogotá, tratándola como un ecosistema urbano complejo, cuyo metabolismo puede contribuir a la mitigación de la crisis climática.

2.1.1.1. Principios de activación estratégica

- **Redistribución:** Activar y reutilizar espacios baldíos para promover encuentros y actividades diversas.
- **Extensión:** Superar barreras físicas y espaciales para facilitar la interacción entre micro ecosistemas urbanos.
- **Combinación:** Integrar usos y actividades para revitalizar la calidad de vida urbana.
- **Reverderización:** Mejorar y mantener sistemas naturales para beneficios comunitarios, desde un enfoque productivo y educacional.

2.1.1.2. Estrategia social

La estrategia se centra en la ecología urbana, utilizando un diseño participativo y democrático en todas las etapas del proceso. Implementa planes de urbanismo táctico y metodologías de “Design Thinking” para involucrar a la comunidad, promoviendo el conocimiento y la formación en alianza con instituciones.

2.1.1.3. Enfoque de la intervención

- **Social:** Reconocer y aprovechar prácticas y saberes locales para fomentar la autogestión y la economía local.



- **Ambiental:** Educación y concientización sobre sistemas naturales en el entorno urbano para enfrentar la crisis climática.
- **Cultural:** Conquistar el espacio público como escenario activo de aprendizaje y expresión artística.

2.1.1.4. Acciones proyectuales

- **Pacificar vías:** Permitir una interacción completa del parque con su entorno.
- **Eje longitudinal:** Articular visual y físicamente puntos significativos, potenciando actividades locales.
- **Promover jardines:** Incentivar la creación de jardines agroecológicos y huertas urbanas para la autosuficiencia y diálogo comunitario.

2.1.1.5. Intervención en Juan XIII

En la intervención, se reconocen y potencian las iniciativas entre la comunidad local e instituciones públicas, integrando coherentemente estas iniciativas en la propuesta de diseño. Se busca dar continuidad a las "calles mágicas" y convertir un inmueble en un museo comunal como se muestra en la figura 1 y figura 2. Las acciones incluyen:

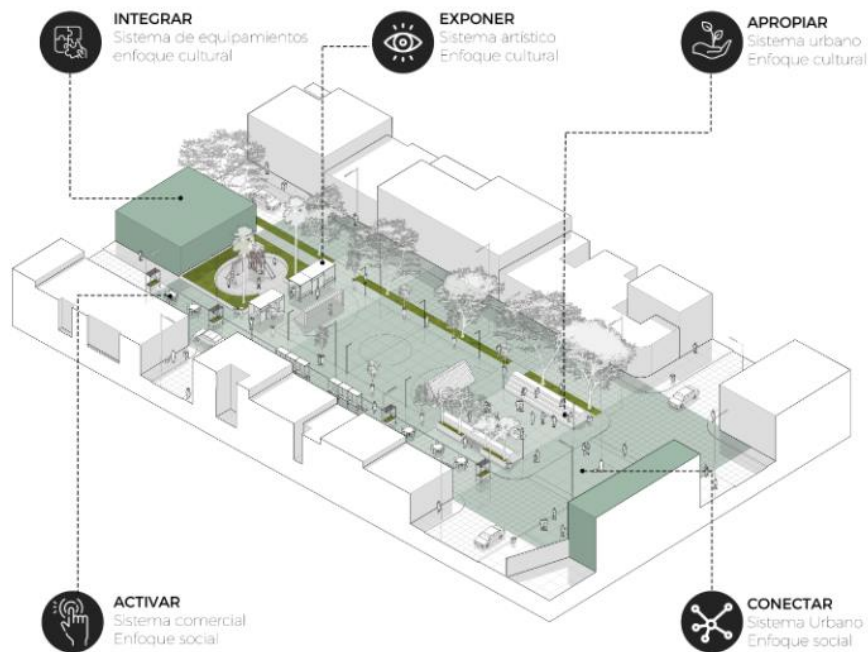
Pacificar vías colindantes: Mejorar la interacción del parque con su entorno.

Trazar un eje longitudinal: Articular visual y físicamente el museo y la iglesia comunal, potenciando actividades locales como skate y arte urbano.

Visibilizar y promover vegetación: Mantener la vegetación existente y crear jardines agroecológicos.

Figura 1

Proyecto ecosistema urbano acupuntura con una mirada ecológica – Juan XIII



Fuente: Proyecto “Ecosistema Urbano Acupuntura con una Mirada Ecológica”

Figura 2

Proyecto ecosistema urbano Juan XIII Antes y Después de Intervención



Fuente: Proyecto “Ecosistema Urbano Acupuntura con una Mirada Ecológica”

La comprensión de cómo los contaminantes atmosféricos interactúan a nivel local y su relación con la calidad del aire en entornos urbanos es esencial para desarrollar estrategias efectivas de reducción de la contaminación. Además, la evaluación de la calidad del aire juega un papel fundamental en la comprensión de los posibles impactos en la salud y el bienestar de la población. (Costa Gomez, 2015). El estudio ambiental “Investigación de concentraciones de COVs, óxidos de nitrógeno y ozono en el centro de la ciudad de Cartagena y evaluación de la exposición de la Población”, realizado en la ciudad de Cartagena, España, tiene como objetivo evaluar COVs como benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos, c-hexano, n-hexano y ozono y dióxido de nitrógeno en el aire de la ciudad.

El método utilizado fue una técnica de recuperación pasiva, porque es el mejor método según sus propiedades, basado en el principio de transporte de sustancias, que ocurre cuando la diferencia de concentraciones proviene del ambiente hacia el ambiente, que es capaz de contener sustancias de interés para su absorción o una absorción mediante una reacción química.

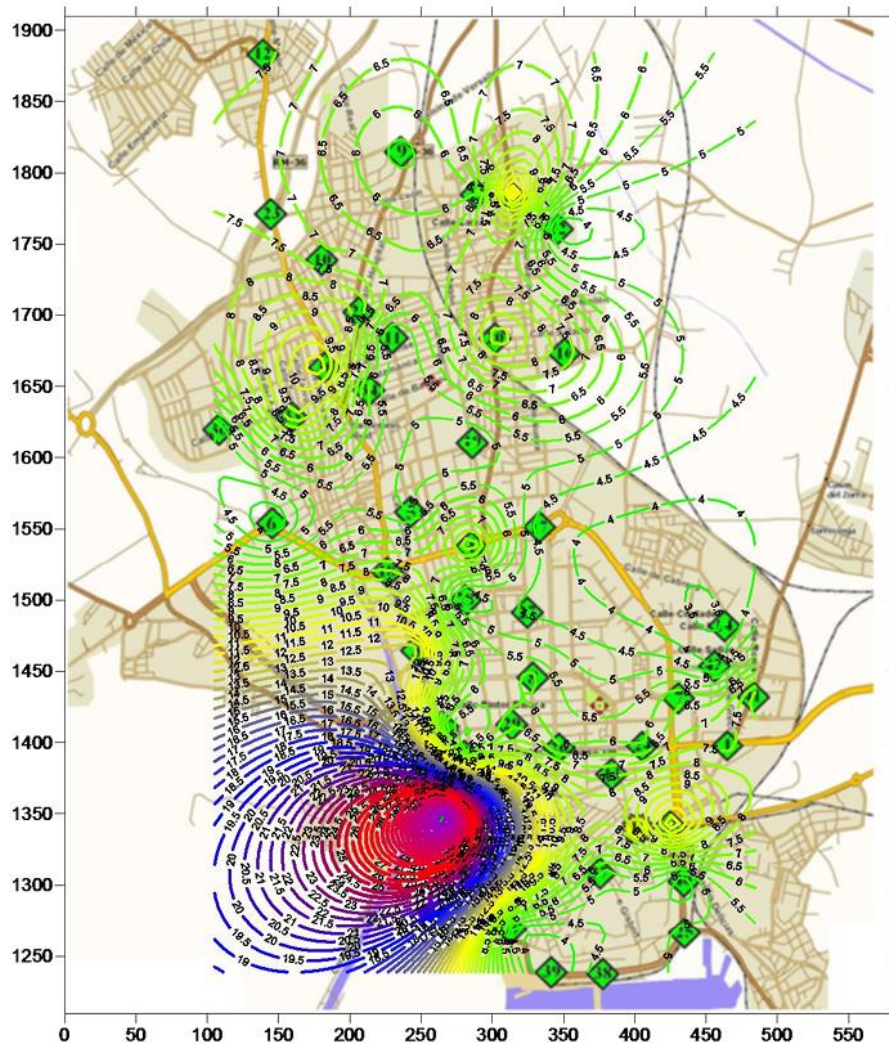
Asimismo, el colector Radiello formó parte de los estándares de muestreo y análisis de compuestos orgánicos volátiles. La determinación de la



concentración de compuestos químicos en el aire se realizó utilizando un colector pasivo radial como sistema de muestreo y posterior análisis en laboratorio. El muestreo se llevó a cabo durante una semana (del 15 al 22 de julio de 2009) e implicó el despliegue uniforme y estratégico de 44 muestreadores pasivos en toda la ciudad para capturar COV. Con esta técnica, se calculó tanto las concentraciones de fondo como los puntos de contaminación en la ciudad. El tolueno es el más abundante de los ocho compuestos orgánicos volátiles estudiados.

Figura 3

Investigación de concentración de Contaminantes - Tolueno



Fuente: Gómez, C.

En el ello se apreció que el estudio detallado de cómo diferentes sustancias químicas se comportan en el aire nos ha permitido dividir la ciudad de Cartagena en áreas donde la contaminación tiende a dispersarse fácilmente y en áreas donde tiende a acumularse. La figura 3 nos muestra un ejemplo de la concentración de tolueno en la ciudad, donde tiene una alta significancia en la zona roja que se puede apreciar. Además, al examinar estas relaciones, hemos identificado visualmente lugares donde la contaminación proviene de fuentes distintas al tráfico. Este enfoque proporciona una forma rápida y clara de clasificar las calles



de la ciudad según su capacidad para dispersar contaminantes, lo que podría ayudar a las autoridades urbanas a planificar mejor el desarrollo de la ciudad y gestionar el tráfico de manera más eficiente (Costa Gómez, 2015).

El enverdecimiento urbano en América Latina trae beneficios tanto materiales como ambientales y sociales. Los beneficios materiales incluyen leña, alimentos, especias, forraje, fibras, medicina, palos y otros productos. Estos pueden utilizarse para cubrir los costos de vida o como medio para generar ingresos, especialmente para las comunidades en las afueras de las ciudades (Carter, 1993).

Actualmente, los acelerados procesos de urbanización dan lugar a la transformación y fragmentación de los espacios verdes, lo que disminuye la capacidad de captura de carbono y afecta negativamente a la calidad del aire. La desinformación respecto a la importancia de los servicios ecosistémicos que brindan los espacios verdes resulta en una gestión débil y fragmentada (Restrepo Mesa, 2007). La tesis titulada “Evaluación de la Remoción de Contaminantes Atmosféricos y la Captura de Carbono por parte de los Cerros Nutibara y Volador de Medellín” llevó a cabo la cuantificación y valoración económica de los servicios ecosistémicos captura de carbono y remoción de contaminantes (NO₂, O₃ y PM_{2,5}), que ofrecen dos áreas verdes protegidas de la ciudad de Medellín, se utilizó el software i-Tree Eco, desarrollado por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Este software permite estimar la cantidad de contaminantes como el ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂) y material particulado PM_{2.5}, que son eliminados por el arbolado urbano, así como la cantidad de carbono capturado. En este estudio se analizaron un total de 2.263 árboles, encontrándose que el Cerro Nutibara captura

34 toneladas de carbono al año y remueve 429 kg de contaminantes, mientras que el Cerro Volador captura 6 toneladas de carbono al año y remueve 85 kg de contaminantes, como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Captura de carbono por parte de las áreas verdes urbanas

| Área Verde Urbana | Captura carbono (ton/año) | Equivalente CO ₂ (ton/año) |
|-------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Cerro Nutibara | 34 | 126 |
| Cerro Volador | 6 | 20 |
| Total | 40 | 146 |

Fuente: González Pantoja, A. (2019).

Aunque estos valores reflejan un impacto positivo en la mejora de la calidad del aire, se identificó que la estructura del arbolado urbano podría optimizarse, especialmente en relación con la proporción de especies nativas frente a las introducidas. A pesar de que las especies nativas superan ligeramente a las introducidas, la diferencia no es significativa, lo cual plantea la necesidad de una gestión adecuada para mantener un equilibrio deseado y asegurar la resiliencia del ecosistema urbano (González Pantoja, A, 2019).

El estudio subraya la importancia de realizar futuras investigaciones que profundicen en el potencial de las especies nativas y las introducidas para maximizar los beneficios ecológicos de las áreas verdes urbanas. También se destacó la necesidad de incluir a los árboles con diámetros menores en las proyecciones de cobertura arbórea, para evaluar de manera más completa la capacidad de estas áreas en la remoción de contaminantes y la captura de carbono en el futuro. Estos hallazgos son fundamentales para mejorar la planificación urbana, desarrollar políticas sostenibles y formular estrategias efectivas para la conservación y manejo de áreas verdes en las ciudades.



2.1.2. A nivel nacional

En América del Sur, incluido Perú, la contaminación es un problema que ha empeorado en las últimas décadas. Pero en Perú se está haciendo poco para abordar sus efectos, en 2003 se adoptó el “Reglamento sobre las Restricciones de la Alerta estatal de Contaminantes Atmosféricos”. Este reglamento tiene como objetivo controlar la contaminación aguda o repentina y se caracteriza por la necesidad de reducir la concentración de contaminantes en el aire y de tomar medidas inmediatas para reducir la concentración de contaminantes. (Malca Casavilca, 2012)

El estudio "Contribución de las áreas verdes urbanas a la calidad ambiental del distrito de Comas-Lima, al año 2011" se propuso demostrar la relación entre la gestión de áreas verdes urbanas y la calidad ambiental del distrito de Comas. Entre los efectos negativos de la contaminación en este distrito, se destaca el impacto de altas concentraciones de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) en la salud de sus habitantes, que incluyen dolores de cabeza, estrés, fatiga, problemas cardiovasculares y desmayos.

Figura 5

Avance de las áreas urbanas afecta a las áreas verdes (Distrito de Comas)



Fuente: Municipalidad del distrito de Comas - Lima

La metodología empleada en este estudio incluyó una inspección visual de los espacios verdes urbanos como se muestra en la figura 5, la toma de fotografías del área y la evaluación de la percepción de los residentes a través de un cuestionario. Este último se aplicó de manera aleatoria en 14 zonas, con una muestra de 446 participantes, determinada mediante una fórmula estadística de población finita. Este proceso permitió identificar los principales problemas ambientales y sus causas, así como evaluar la situación y el aprovechamiento de las áreas verdes urbanas, así como la identificación de posibles riesgos ambientales.

Es importante señalar que la ocupación horizontal del suelo en Comas ha aumentado, superando la tasa de crecimiento demográfico y generando escasez de servicios e incremento en la demanda de infraestructura urbana. Siendo el segundo



distrito más grande del país, Comas alberga aproximadamente a 500,000 personas, con un nivel económico medio-bajo a bajo (Malca Casavilca, 2012).

La superficie de espacios verdes per cápita de una ciudad es un indicador que mantiene el equilibrio ecológico y mejora la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, es un indicador de lo ecológico y también aporta beneficios (Malca Casavilca, 2012). Sin embargo, desde la fundación de Comas en 1961, no hay registro de que la gestión de espacios verdes urbanos haya seguido el ritmo del crecimiento urbano y poblacional. La relación de espacio verde por habitante en Comas es de 1.14 metros cuadrados, lo que está muy por debajo de la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 9 metros cuadrados por habitante. El distrito carece de 7,86 metros cuadrados de espacios verdes por habitante, lo que conlleva un deterioro de la calidad del entorno urbano y del medio ambiente del distrito, lo que tiene un impacto directo en la salud de los residentes.

El estudio reveló la importancia que la población de Comas asigna a los espacios verdes urbanos: El 99,3% de la población encuestada piensa que los espacios verdes son importantes para el distrito, el 0,7% piensa que no es importante. Así mismo, el 96,2% quiere más espacios verdes en la urbanización, el 2,2% no está de acuerdo, el 1,6% no quiere más espacios verdes.

Esto refleja una clara demanda por parte de la comunidad de mejorar la disponibilidad de áreas verdes en el área. Además, más del 80% de la población encuestada cree que la gestión de los espacios verdes está directamente relacionada con la calidad del distrito, y al menos el 40% reconoce su importancia



en el control de la contaminación y hasta el 60% de la población de comeña prefiere vivir a dos cuadras de una exuberante área recreativa.

Los espacios verdes urbanos no solo son esenciales para mejorar la calidad de vida de los residentes, sino que también son una parte integral de las estrategias ambientales para el desarrollo sostenible de las ciudades. Su establecimiento requiere una planificación integral que considere beneficios ecológicos y sociales. Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo actividades y enfoques multidisciplinarios para su implementación y gestión efectiva. En conclusión, se recomienda identificar los beneficios de los espacios verdes urbanos a través de programas de investigación y desarrollo que consideren las condiciones biofísicas y socioeconómicas específicas de cada área. Asimismo, es esencial realizar una planificación adecuada que incluya el uso efectivo de regulaciones de desarrollo y la participación activa de los gobiernos locales en la formulación, seguimiento y evaluación de proyectos relacionados con los espacios verdes urbanos.

Las fuentes de contaminación ambiental están aumentando hoy en día, siendo necesario desarrollar medidas de diagnóstico y control de las principales actividades económicas del Perú. Por esta razón, las bioindicaciones se están consolidando como un método de detección temprana de cambios en el medio ambiente, y son efectivas considerando que estos valores están asociados a equipos, la información para el monitoreo ambiental se está convirtiendo en una herramienta relativamente rápida y económica. Lo que obtienes es de gran valor (Hawksworth et al., 2005)

El artículo denominado “Uso de Líquenes como Bioindicadores de Contaminación Atmosférica en el Pasivo Ambiental Minero Santo Toribio,



Áncash, Perú” evaluó el uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en el pasivo ambiental minero Santo Toribio, ubicado en Áncash, Perú, a una altitud aproximada de 4000 msnm. Se analizaron dos zonas: una "Zona Pasivo" impactada por la antigua actividad minera, caracterizada por la presencia de material de desbroce, relaves mineros y drenajes ácidos, y una "Zona Control" sin impacto aparente, situada a 2.95 km de distancia (Valdivia & Ramírez, 2018).

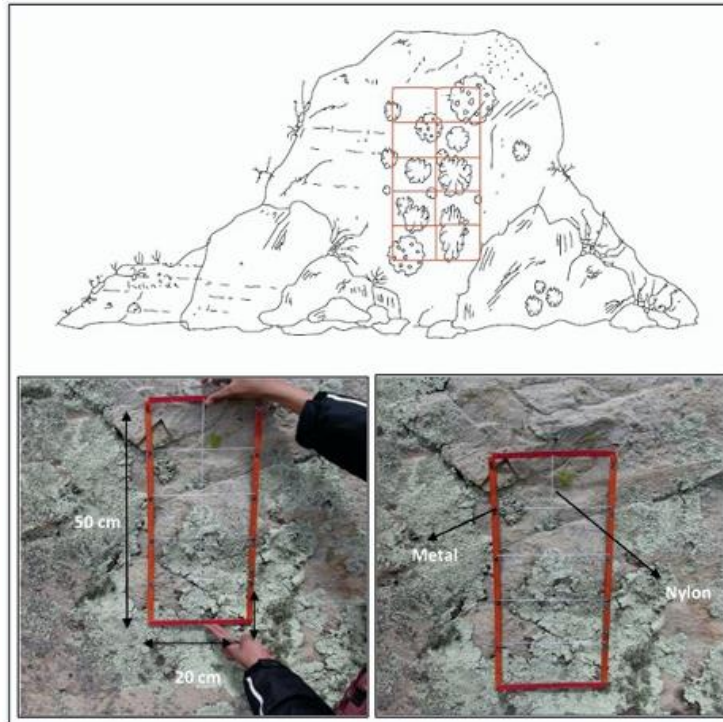
Se identificaron 42 especies de líquenes pertenecientes a 15 familias y 27 géneros. La mayoría eran de biotipo crustoso (59.52%), seguidos por foliosos (33.3%) y fruticulosos (7.14%). Esta distribución de biotipos, con predominancia de líquenes crustosos y escasez de fruticulosos, es indicativa de la presencia de contaminantes atmosféricos, ya que los líquenes fruticulosos son generalmente más sensibles a la contaminación.

La riqueza, cobertura y frecuencia de líquenes fue mayor en la Zona Control que en la Zona Pasivo, lo cual es consistente con estudios previos que muestran una disminución de la diversidad liquénica en áreas contaminadas. Se establecieron 9 estaciones de muestreo en total, 8 en la Zona Pasivo y 1 en la Zona Control, evaluándose 108 puntos de muestreo en total.

Se aplicó el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) adaptado a sustratos rocosos, debido a la escasa vegetación arbórea en la zona, obteniéndose datos de cobertura y frecuencia como se muestra en la figura 3. Los valores de IPA oscilaron entre 12.15 y 31.50, siendo más bajos en la Zona Pasivo, especialmente en la estación E7 ubicada en el centro del pasivo minero. La estación control (E9) obtuvo el valor más alto de IPA, indicando menor contaminación atmosférica.

Figura 6

Obtención de datos de cobertura y frecuencia con el uso de una Grilla de Muestreo



Fuente: Valdivia & Ramirez 2018

Se analizó la presencia de metales pesados en el líquen *Usnea durietzii* mediante microscopía electrónica de barrido ambiental (MEBA). Se detectaron Fe, Cu, Zn y Pb en la Zona Pasivo, mientras que en la Zona Control solo se encontraron Fe, Cu y Pb, y ausencia de Zn. La estación E7 presentó las mayores concentraciones de Pb (2.83%) y Fe (1.44%).

Adicionalmente, se encontraron altas concentraciones de Ca, Al y Si, relacionadas con los componentes mineralógicos de las canchas de relave. La presencia de S y Fe en las muestras se asoció con la oxidación de la pirita, un proceso común en los desechos mineros que genera dióxido de azufre, afectando la distribución y salud de los líquenes.



Los resultados sugieren que los líquenes son bioindicadores efectivos de la contaminación atmosférica en zonas mineras altoandinas, reflejando a través de cambios en su composición, cobertura y acumulación de metales los impactos de la actividad minera sobre la calidad del aire. El estudio destaca la importancia de adaptar metodologías como el IPA a sustratos rocosos para su aplicación en zonas altoandinas con escasa vegetación arbórea, contribuyendo así al monitoreo ambiental en áreas impactadas por la minería.

La bioindicación se ha consolidado como un método de detección temprana de alteraciones producidas en el medio ambiente, llegando a ser una herramienta eficaz, relativamente rápida y de bajo costo. Como señalan Hawksworth et al. (2005), si estos valores estuvieran asociados a los equipos instrumentales de monitoreo ambiental, la información obtenida sería de gran valor. En este contexto, el uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en áreas urbanas puede proporcionar información complementaria y valiosa sobre la eficacia de las áreas verdes en la reducción de contaminantes. Los líquenes, debido a su sensibilidad a los cambios ambientales y su capacidad para acumular contaminantes, pueden ofrecer una visión a largo plazo de la calidad del aire en diferentes zonas urbanas, permitiendo así una evaluación más completa del impacto de la distribución de áreas verdes en la mitigación de la contaminación atmosférica.

El crecimiento económico de un país está ligado al desarrollo de sus ciudades, impulsado por su ubicación geográfica, recursos naturales, mano de obra, y acceso a transporte. Este desarrollo conlleva un aumento en la población, infraestructura y áreas verdes. Sin embargo, en muchos países, el crecimiento poblacional y la expansión habitacional han ocurrido de forma desordenada,



resultando en hacinamiento y escasez de áreas verdes. Estas áreas son vitales para la sostenibilidad ambiental, ya que regulan la temperatura, frenan los vientos, proporcionan sombra y mejoran la calidad del aire. Por lo tanto, es esencial contar con un número suficiente de áreas verdes en las ciudades para asegurar su sustentabilidad (Panana, 2022). En un contexto de creciente preocupación por el impacto ambiental en las zonas urbanas, el estudio titulado "Las Áreas Verdes en la Zona Urbana de Huaraz a Través de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental y su Influencia en la Calidad de Vida de la Población" aborda la relación entre las áreas verdes y la sostenibilidad ambiental, así como su efecto en la calidad de vida de los habitantes de Huaraz. El objetivo de esta investigación fue determinar la contribución de los parques urbanos en la sostenibilidad ambiental, utilizando indicadores específicos que reflejan el estado de dichas áreas. La investigación tomó como unidades de análisis 20 parques existentes en la ciudad y se complementó con una muestra poblacional para inferir cómo la prestación de servicios de los parques se relaciona con la percepción de calidad de vida.

El diseño de la investigación fue no experimental, de corte transversal y correlacional, lo que permitió analizar la relación entre variables sin manipular directamente el entorno. Los resultados mostraron que los valores de sostenibilidad generados por los parques no superaron los valores de base propuestos, lo cual sugiere una falta de sostenibilidad a largo plazo de estas áreas verdes. Sin embargo, se encontró una relación positiva entre la percepción de los servicios proporcionados por los parques y la calidad de vida de los residentes, lo que subraya la importancia de estos espacios en el bienestar subjetivo de la población.



Este estudio proporciona una perspectiva relevante sobre la importancia de las áreas verdes urbanas en la sostenibilidad ambiental y su impacto en la calidad de vida, lo que resulta particularmente valioso para investigaciones posteriores que busquen explorar la relación entre la distribución de áreas verdes y la reducción de contaminantes atmosféricos en contextos urbanos.

2.1.3. A nivel regional

A nivel regional, la arquitectura se centra en el desarrollo de espacios públicos que facilitan la interacción social y la creación de lugares compartidos, desde su concepción hasta su materialización física. Desde la perspectiva sociológica, se analiza cómo estas estructuras influyen en la comprensión del individuo y su posición social, considerando sus interacciones con otros individuos en contextos específicos y el significado cultural que esto conlleva para ellos y para los grupos a los que pertenecen. (Dziekonsky, 2015)

Es fundamental reconocer la importancia del espacio público como aquel que facilita la construcción de identidades y realidades compartidas, influyendo en la integración social. Los espacios públicos, como plazas, parques y pasajes peatonales, son indispensables para establecer relaciones entre las personas y fomentar la cohesión social, fortaleciendo así su ciudadanía al desempeñar un papel activo en la sociedad (Dziekonsky, 2015).

De acuerdo a Gehl (2014), reconocido planificador urbanista, señalo que el espacio público es el espacio donde tienen lugar eventos a gran escala, como eventos políticos, manifestaciones y protestas, pero también donde tienen lugar actividades de menor escala, como recolección de firmas, distribución de folletos y reuniones comunitarias. Los espacios públicos tienen un impacto directo en



todas las ciudades del mundo. Esto significa que la economía de una población se mide no sólo por los ingresos, sino también por la calidad del espacio sostenible y la calidad de vida urbana que proporciona.

Un espacio público de calidad es aquel en el que los ciudadanos son los protagonistas y los sistemas de transporte (vehículos, autobuses, etc.) también son los protagonistas. Esto no sólo crea una identidad, sino que también se refleja en los espacios públicos, así como en calles y plazas. Más bien, proporciona servicios más eficientes que facilitan cambios en la calidad de vida en las ciudades (Gehl, 2014)i.

El estudio titulado "Influencia del Espacio Público en la Calidad de Vida Urbana de la Ciudad de Puno 2019" se propuso determinar el impacto del espacio público en la calidad de vida urbana de Puno en 2019. Para alcanzar este objetivo, se analizaron diversas dimensiones del espacio público, incluyendo las condiciones morfológicas, el uso del suelo urbano y la sostenibilidad de dichos espacios. Este análisis buscaba comprender el significado y la relevancia de los espacios públicos en la vida cotidiana de los habitantes de Puno.

La metodología empleada consistió en una encuesta utilizando el método de medición de escala Likert. La población objetivo fue de 252 habitantes del distrito de Puno, seleccionados al azar debido a su uso frecuente del espacio público. Se llevaron a cabo encuestas en lugares como las pasarelas peatonales en la Plaza Mayor de Puno, el Parque Manuel Pino y pasaje peatonal en el Jr. Lima. Los datos recopilados fueron analizados mediante el software estadístico SPSS Statistics.



Los resultados del estudio revelaron que la morfología urbana ejerce una influencia significativa en la calidad de vida urbana de Puno. Esto se demostró estadísticamente mediante el coeficiente de correlación de Pearson (R-Pearson). Se observó que elementos como calles, parques, plazas y edificios influyen en diversos aspectos, desde la estética hasta el ambiente, y contribuyen a la organización de la ciudad en función de áreas de trabajo, recreación y encuentro. Puno, como destino turístico y comercial, ha experimentado un crecimiento impactante, influenciado por estas características urbanas. Asimismo, se encontró que el uso del suelo urbano tiene un impacto significativo en la calidad de vida urbana de Puno. Este hallazgo también se respaldó estadísticamente con el coeficiente de correlación de Pearson. Se identificaron múltiples factores sociales, económicos y culturales que influyen en este aspecto, donde el uso del suelo está marcado por lugares de encuentro, tránsito, relajación y recreación. Se concluyó que la configuración del uso del suelo está diseñada para el beneficio y el crecimiento de los habitantes de Puno, contribuyendo a la vitalidad pública de la población (Hualpa Ccorimayo & Pérez Pérez, 2021).

En resumen, el estudio evidencia la importancia del espacio público y el uso del suelo urbano en la calidad de vida urbana de Puno, destacando su influencia en aspectos tanto físicos como sociales de la ciudad. Estos resultados proporcionan una base sólida para la planificación y el desarrollo urbano futuro en la ciudad de Puno.

La contaminación del aire es actualmente un problema grave y persistente a nivel global, con efectos adversos significativos sobre la salud humana y el medio ambiente (Santos et al,2020). A pesar de los esfuerzos para mitigarla, los niveles de contaminación permanecen peligrosamente altos en varias regiones del



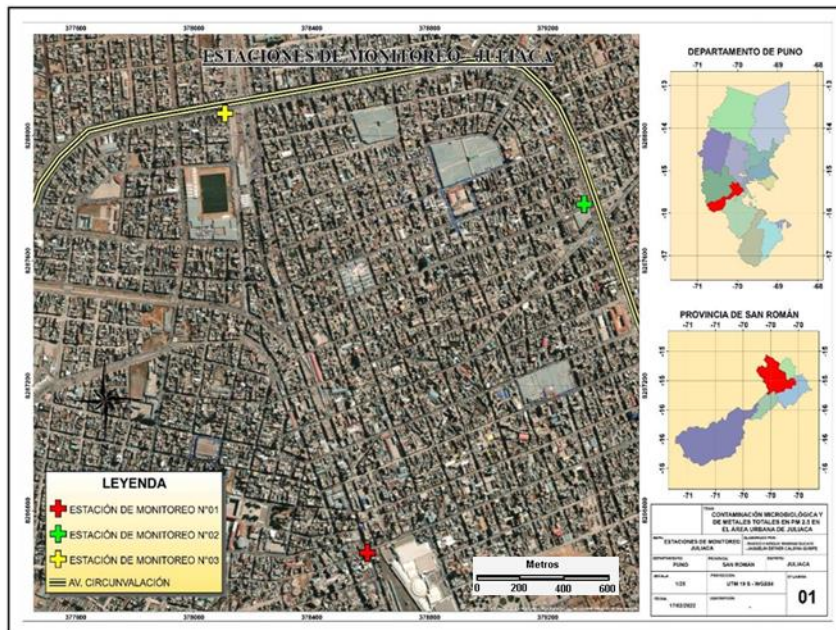
mundo (Platel et al, 2020), especialmente debido a la industrialización y urbanización acelerada (Yang et al., 2018).

La contaminación atmosférica ha emergido como una preocupación global crítica debido a su impacto adverso en la salud pública y el medio ambiente. Entre los contaminantes más peligrosos se encuentra el material particulado con un diámetro aerodinámico igual o menor a 2.5 micras (PM2.5), que es conocido por su capacidad para transportar una variedad de contaminantes, incluyendo microorganismos y metales pesados (De Moura Menezes et al., 2019).

La investigación titulada “Contaminación Microbiológica y de Metales Totales en Material Particulado igual o menor A 2.5 micras en el Área Urbana de Juliaca” El estudio, realizado en la época seca de octubre, incluyó la recolección y análisis de muestras en tres estaciones de monitoreo situadas en puntos estratégicos de la ciudad: Av. Circunvalación con Jr. Jorge Chávez, Av. Circunvalación con Jr. Cahuide y Jr. San Martín con Jr. Mariano Núñez como se muestra en la figura 7. Se utilizaron técnicas estandarizadas de la EPA para medir tanto los metales totales como los microorganismos presentes en el PM2.5, revelando altas concentraciones de calcio, silicio y magnesio, y la presencia de diversos hongos y bacterias.

Figura 7

Mapa de Ubicación de las Estaciones de Monitoreo en la ciudad de Juliaca



Fuente: Mamani Sucari & Calsina Quispe, 2022

Los resultados del estudio subrayan la gravedad de la contaminación atmosférica en Juliaca, con concentraciones de PM_{2.5} que exceden los Estándares de Calidad Ambiental. Este hallazgo destaca la necesidad urgente de abordar la calidad del aire mediante la implementación de estrategias como la expansión y el mantenimiento de áreas verdes urbanas. Se recomienda que las autoridades locales y regionales tomen medidas para mejorar la calidad del aire, incluyendo la mejora de las infraestructuras viales y una gestión más efectiva del tránsito vehicular. La presencia de áreas verdes es esencial no solo para reducir los contaminantes atmosféricos, sino también para mitigar la contaminación microbiológica y de metales, fortaleciendo así la salud pública y el bienestar de los residentes (Mamani Sucari & Calsina Quispe, 2022).



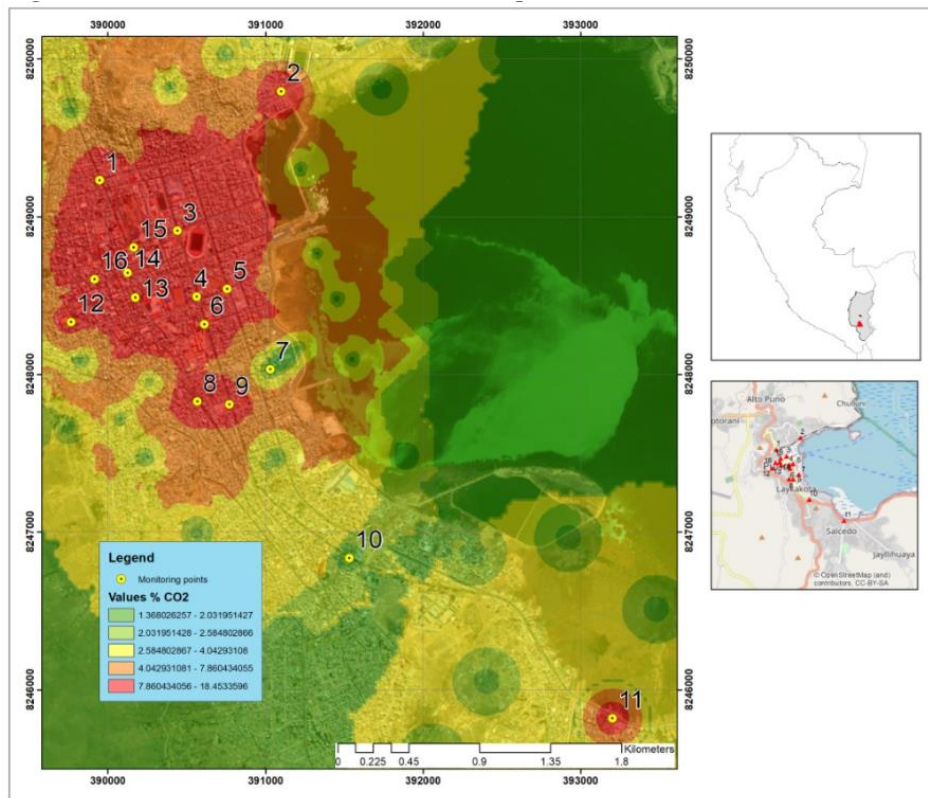
Actualmente las emisiones de gases del parque vehicular generan contaminación del aire, siendo uno de ellos problemas ambientales más graves (MINAM, 2014); La contaminación del aire constituye una amenaza aguda, acumulativa y crónica para el medio ambiente (Segura-Contreras & Franco, 2016), que muestra efectos negativos sobre la salud (Ballester Diez et al., 1999). Los problemas de contaminación del aire se reconocen en una amplia gama de escalas espaciales, quizás la más pequeña de las cuales sea la escala de las calles (Harrison et al., 2014), En las carretas muy transitadas ubicadas entre hileras continuas de edificios altos, existe la posibilidad de que se acumulen altos niveles de contaminantes generados por el tráfico debido a una dispersión atmosférica muy limitada, lo que genera puntos críticos de contaminación local. La ciudad de Puno por sus condiciones, presenta una alta densidad poblacional, debido a las limitaciones espaciales y la presencia de personas de diversas instituciones gubernamentales, comerciales y residenciales en general, lo que provocó el crecimiento del parque automotor en los últimos años (Flores Yucra et al., 2024).

En ello en la ciudad de Puno, se llevó a cabo un estudio denominado “Efecto del Parque Automotor en el Nivel de la Contaminación por Dióxido de Carbono en la ciudad de Puno” este artículo está enfocado en la contaminación por dióxido de carbono (CO₂) generada principalmente por el parque automotor. A través del uso de un analizador de gases E-5500, se evaluaron las emisiones vehiculares en 16 puntos de monitoreo estratégicamente seleccionados como se muestra en la figura 8. Los resultados mostraron concentraciones de CO₂ que oscilaron entre 1.10% y 18.70%, cifras que, aunque no superaron los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa peruana, alertaron

sobre el creciente riesgo de contaminación asociado al incremento del número de vehículos en la ciudad.

Figura 8

Mapa de Niveles de volumen de CO2 en los Puntos de Monitoreo



Fuente: Flores-Yucra et al., 2024

Es así que finalmente se registró valores máximos de gases por la tarde (14:00-19:00 hrs) de 18.70% (CO₂) en el Jr. Tacna con Jr. Melgar y el valor mínimo en la tarde es de 1.10 % (CO₂) en la Av. Echenique con Av. Costanera Sur como se muestra en la figura 8. El estudio destacó la relación entre el aumento del parque automotor y la calidad del aire, subrayando la necesidad de políticas públicas más estrictas en cuanto al control de emisiones. Además, se señaló la importancia de considerar alternativas tecnológicas más sostenibles, como la promoción de vehículos eléctricos o la mejora en la eficiencia de combustibles, para mitigar el impacto ambiental en la región (Flores-Yucra et al., 2024).



Este antecedente es especialmente relevante para investigaciones en ciudades como Juliaca, donde la expansión urbana y el crecimiento del parque automotor podrían presentar desafíos similares en la calidad del aire. Así, la implementación de áreas verdes urbanas emerge como una posible estrategia para contrarrestar las emisiones vehiculares y mejorar la calidad de vida de los habitantes, complementando los esfuerzos regulatorios y tecnológicos en la lucha contra la contaminación atmosférica.

2.2. MARCO TEÓRICO

Basado en el enfoque de clasificación teórica CLACSO (Ciencias Sociales de América Latina y el Caribe), se tiene las siguientes teorías:

- a) *Supuesto paradigma:*
 - Sumideros de Carbono
 - Teoría de la Ecología del Paisaje
- b) *Teorías generales:*
 - Teoría de la Mitigación del Cambio Climático
 - Teoría de Servicios Ecosistémicos
 - Teoría del Diseño Urbano Sostenible
 - Teoría de la Ecología Urbana Comparativa
- c) *Teorías sustantivas:*
 - Teoría de la Fragmentación del Hábitat
 - Teoría de Dispersión Atmosférica
 - Teoría de la Planificación Verde Urbana
 - Teoría del Muestro Ambiental



2.2.1. Sumideros de carbono

De acuerdo a la Red Española de Ciudades por el Clima menciona la teoría de Técnicas de gestión los sumideros de carbono, donde juegan un papel importante en la absorción y almacenamiento de dióxido de carbono (CO₂) en cantidades mayores a las que emiten mediante un proceso de fotosíntesis. El proceso de captura y almacenamiento de carbono se conoce como secuestro de carbono. Esto es fundamental para contrarrestar los niveles de CO₂ en la atmósfera, ya que este gas es un potente agente de efecto invernadero que contribuye significativamente al cambio climático. La plantación de árboles en jardines y parques, el incremento de zonas verdes y cinturones verdes periurbanos arbolados y la promoción de zonas ajardinadas en propiedades privadas son algunas medidas que permiten incrementar la capacidad de secuestro de carbono de las zonas urbanas. El papel de la vegetación urbana en el control de la contaminación del aire se considera uno de los principales beneficios que puede proporcionar el verde urbano (Brack CL, 2002). Las partículas contaminantes se quedan atrapadas en la vegetación, absorbiendo los gases tóxicos, originados por los vehículos y disminuyen las enfermedades respiratorias.

Nowak y Crane (2002) destacan el papel de los árboles actuando en la reducción de contaminantes, principalmente durante la fotosíntesis, fijando los gases de efecto invernadero en las hojas, señalándose que las Áreas Verdes Urbanas (AVU) pueden desarrollar importante función para combatir el aumento de los niveles de contaminación.



2.2.2. Teoría de la ecología del paisaje

La ecología del paisaje es un campo interdisciplinario que surge de la ecología y la geografía, y se enfoca en los patrones espaciales y sus efectos sobre los procesos ecológicos. Esta teoría examina cómo la configuración del paisaje influye en el flujo de energía, materiales y especies a través del entorno. Richard Forman y Michel Godron son considerados pioneros en la formalización de esta disciplina en la década de 1980. En el contexto urbano, la ecología del paisaje se aplica para analizar cómo la disposición de elementos como áreas verdes, cuerpos de agua, y estructuras construidas impactan la calidad del aire, el microclima y la biodiversidad. La fragmentación del paisaje urbano y la conectividad de los espacios verdes son aspectos críticos que determinan cómo los contaminantes se dispersan y se diluyen.

2.2.3. Teoría de la mitigación del cambio climático

La Teoría de la Mitigación del Cambio Climático se centra en las estrategias y prácticas que pueden reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, disminuyendo así el ritmo y la magnitud del cambio climático. Smith, P., et al. (2014) menciona que en un contexto urbano, esta teoría explora cómo intervenciones como la creación de áreas verdes, techos verdes, y corredores ecológicos contribuyen a la reducción de la huella de carbono y la mejora de la calidad del aire.

2.2.4. Teoría de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, como la regulación del clima y la calidad del aire, la provisión de agua limpia, y la mitigación del impacto de eventos extremos. Los ecosistemas,



definidos conjunto de interacciones entre componentes vivos y no vivos que forman un sistema funcional capaz de influir en procesos ambientales, ya sean naturales como gestionados, ejercen una fuerte influencia sobre el clima y la calidad del aire como fuentes y sumideros de contaminantes (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

2.2.5. Teoría del diseño urbano sostenible

La **Teoría del Diseño Urbano Sostenible** se enfoca en la planificación y diseño de ciudades que promuevan la sostenibilidad. Este enfoque incluye la integración estratégica de áreas verdes para mejorar la calidad del aire y reducir la contaminación. La distribución adecuada de estas áreas verdes es crucial para equilibrar el desarrollo urbano con la preservación del medio ambiente, como lo discute Beatley (2012) en "Green Urbanism: Learning from European Cities" publicado por Island Press

El crecimiento descontrolado de las poblaciones urbanas plantea problemas como la contaminación, lo que a su vez incrementa la demanda de espacios verdes. Las ciudades deben ser consideradas no solo como centros de intercambio social, sino también desde una perspectiva ecológica. Gomez (2019) argumenta que la sustentabilidad urbana debe abordarse dentro de un marco local y regional, garantizando un uso adecuado de los recursos naturales. Estos espacios verdes, además de proporcionar beneficios ecológicos, cumplen una función crucial en la mejora del bienestar social y la calidad de vida urbana, consolidándose como un elemento imprescindible en la planificación urbana. Este principio se remonta a decisiones tomadas en eventos históricos como el Primer Congreso de Higiene y Problemas de Urbanismo, donde se estableció la necesidad



de dotar a las ciudades con un 15% de espacios verdes urbanos y cinturones de reserva forestal para combatir el impacto negativo del crecimiento urbano desordenado (Gutierrez, 2010).

2.2.6. Teoría de la ecología urbana comparativa

Según Richard T. T. Forman en el libro *Urban Ecology: Science of Cities*" plantea:

- Heterogeneidad espacial urbana: Las ciudades no son entidades homogéneas, sino mosaicos complejos de diferentes tipos de uso del suelo, infraestructuras y espacios verdes. Esta heterogeneidad influye directamente en la distribución de contaminantes atmosféricos y en la eficacia de las áreas verdes para mitigarlos.
- Gradientes ecológicos intraurbanos: Existen variaciones significativas en las condiciones ambientales y ecológicas dentro de una misma ciudad. Estos gradientes pueden manifestarse en términos de densidad de vegetación, calidad del aire, temperatura y otros factores ambientales, y son cruciales para entender la dinámica de los contaminantes atmosféricos.
- Servicios ecosistémicos diferenciales: Las áreas verdes urbanas proporcionan servicios ecosistémicos, como la purificación del aire, pero su eficacia puede variar según su tamaño, composición y distribución. La teoría sugiere que la configuración espacial de las áreas verdes es tan importante como su cantidad total.
- Interacciones socio-ecológicas: La distribución de áreas verdes y los niveles de contaminación atmosférica están influenciados por factores socioeconómicos y decisiones de planificación urbana. La teoría considera



cómo estas interacciones afectan la calidad ambiental en diferentes partes de la ciudad.

- Efectos de escala: Los procesos ecológicos y la dispersión de contaminantes operan a múltiples escalas espaciales. La teoría enfatiza la importancia de considerar tanto los efectos locales (a nivel de barrio) como los más amplios (a nivel de ciudad) en la relación entre áreas verdes y calidad del aire.
- Conectividad ecológica: La teoría postula que la conectividad entre áreas verdes puede amplificar sus beneficios ecológicos, incluyendo la mitigación de contaminantes atmosféricos. Esto sugiere que la distribución estratégica de áreas verdes puede ser más efectiva que simplemente aumentar su cantidad.
- Adaptabilidad y resiliencia urbana: Las áreas verdes contribuyen a la capacidad de las ciudades para adaptarse a los cambios ambientales y mitigar los impactos negativos, como la contaminación atmosférica. La teoría examina cómo diferentes configuraciones de áreas verdes afectan esta resiliencia.
- Indicadores comparativos: La teoría propone el uso de indicadores estandarizados para comparar efectivamente diferentes zonas urbanas en términos de cobertura verde, calidad del aire y otros parámetros ambientales tal como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): Este índice utiliza imágenes satelitales para cuantificar la densidad de vegetación en un área urbana, es ampliamente utilizado en estudios ecológicos urbanos.



2.2.7. Teoría de la fragmentación del hábitat

La Teoría de la Fragmentación del Hábitat aborda los efectos adversos de la división de espacios naturales en parches más pequeños y aislados debido a la expansión urbana y la infraestructura humana. Según Fahrig, L. (2003), esta fragmentación puede llevar a la pérdida de biodiversidad, la disminución de la funcionalidad de los ecosistemas y la reducción de la conectividad ecológica. En el contexto urbano, la fragmentación puede limitar la capacidad de las áreas verdes para mitigar la contaminación del aire y para mantener servicios ecosistémicos esenciales.

2.2.8. Teoría de dispersión atmosférica

La Teoría de Dispersión Atmosférica se enfoca en entender cómo los contaminantes se mueven y se diluyen en entornos urbanos. Esta teoría considera diversas fuentes de contaminantes, como el tráfico, la industria y las actividades residenciales, y analiza cómo factores como el viento, la temperatura, la humedad y la estabilidad atmosférica afectan su dispersión.

Además, examina cómo las estructuras urbanas, incluyendo edificios y calles, crean patrones de flujo de aire que influyen en la dispersión de los contaminantes. En este contexto, también se estudia cómo los espacios verdes urbanos contribuyen a la filtración de contaminantes, mejorando así la calidad del aire (Oke et al., 2017).

La Teoría de Dispersión Atmosférica se aplica en la planificación urbana y en estudios de impacto ambiental para diseñar estratégicamente la ubicación y distribución de áreas verdes. Su objetivo es maximizar el efecto de estos espacios

en la reducción de la contaminación del aire, contribuyendo así a un entorno urbano más saludable y sostenible.

2.2.9. Teoría de la planificación verde urbana

La Teoría de la Planificación Verde Urbana sostiene que la integración estratégica de la infraestructura verde en el diseño urbano es esencial para maximizar los beneficios ambientales y sociales. Esta teoría subraya la importancia de mejorar la calidad del aire y mitigar los efectos negativos de la urbanización mediante la planificación y distribución adecuada de espacios verdes.

Según Haaland y van den Bosch (2015), la planificación verde se convierte en una herramienta crucial en ciudades que están experimentando densificación urbana. No solo permite la creación de espacios verdes, sino que también optimiza su distribución para maximizar su impacto positivo. Esta planificación estratégica contribuye significativamente a la reducción de contaminantes atmosféricos y a la mejora de la calidad de vida de los residentes.

2.2.10. Teoría del muestro ambiental

La teoría se enfoca en el desarrollo de métodos de muestreo eficientes para recolectar datos que reflejen fielmente las condiciones ambientales, con un énfasis particular en la contaminación (Gilbert, 1987).

Monitoreo Ambiental: Este enfoque se utiliza para recopilar datos que caractericen el ambiente en términos de concentraciones de contaminantes. Los objetivos incluyen la evaluación de controles sobre la liberación de contaminantes, la detección de emisiones no planificadas, y la demostración del



cumplimiento con normas ambientales. Es crucial en la planificación a largo plazo, estableciendo datos de referencia para comparaciones futuras y asegurando al público sobre la gestión adecuada de emisiones.

Investigación Ambiental: En este caso, los datos recolectados, tanto de campo como de laboratorio, buscan estudiar el transporte de contaminantes a través del ambiente. Además, se enfoca en determinar y cuantificar relaciones causa-efecto que influyen en los niveles y variabilidad de la contaminación en el tiempo y espacio. Este tipo de estudio es esencial para comprender la dinámica de la contaminación y desarrollar estrategias de mitigación más efectivas.

2.3. MARCO METODOLÓGICO

2.3.1. Diseño de la investigación

Según Zhu et al. (2008) Con su estudio “Fine-Scale Spatial and Temporal Variation of Particulate Matter and Air Toxics in Los Angeles” demostró que las concentraciones de contaminantes pueden variar significativamente en distancias cortas (100-200 metros) en áreas urbanas. Esta variabilidad espacial respalda la necesidad de mediciones distribuidas en múltiples puntos del área de estudio. Por otro lado, Nowak et al. (2006) enfatiza la importancia de considerar las variaciones temporales, tanto diurnas como estacionales, en el análisis de la contaminación del aire. Este enfoque temporal es crucial para obtener un panorama completo y preciso del impacto de la distribución de áreas verdes en la calidad del aire a lo largo del tiempo.

De acuerdo Merbitz et al. (2012) & Van der Bossche et al. (2015) destacan en sus estudios eficacia del monitoreo móvil y de los métodos de geoestadística para capturar la variabilidad espacial y temporal de la contaminación del aire, la



integración de múltiples puntos de medición está alineada con estos enfoques avanzados que buscan maximizar la resolución espacial y temporal de los datos recogidos.

2.3.2. Métodos de análisis de datos

La teoría de muestreo ambiental: Se centra en cómo diseñar estrategias de muestreo efectivas para obtener datos representativos de las condiciones ambientales, especialmente en el contexto de la contaminación, destaca la importancia de capturar la variabilidad temporal en los estudios de calidad del aire. Contaminantes como el CO₂, TVOC y HCHO suelen mostrar fluctuaciones significativas a lo largo del día debido a factores como la actividad humana, la radiación solar y las condiciones meteorológicas. Además, Gilbert enfatiza que, para obtener datos representativos, es crucial que las muestras sean tomadas en diferentes momentos que reflejen las variaciones reales de las condiciones ambientales y también aborda la importancia de mantener consistencia en la recolección de datos para reducir errores sistemáticos y mejorar la comparabilidad de los datos.

Teoría de la medición de contaminantes atmosféricos: Según Vallero, D. A. (2014). Enfatiza la importancia de utilizar equipos que sean específicos para los contaminantes que se desean medir. Esto es esencial para asegurar la precisión y la exactitud de los datos obtenidos, también destaca la importancia de la sensibilidad del equipo para detectar concentraciones bajas y altas de contaminantes. Mencionando así que los equipos de medición deben ser capaces de funcionar adecuadamente en las condiciones ambientales específicas del lugar de estudio.



Teoría de los sistemas de información geográfica (sig): La teoría de los SIG subraya la capacidad de estas herramientas para manejar grandes cantidades de datos espaciales, facilitando la identificación y medición precisa de elementos geográficos, como las áreas verdes. Utilizando ArcGIS, puedes integrar diferentes capas de información geográfica, como imágenes satelitales, mapas topográficos, y datos de vegetación, para delimitar y cuantificar las áreas verdes. Además, se menciona la aplicación de análisis espaciales como el índice de Moran para detectar patrones espaciales de concentración de contaminantes. Por otro lado, también la teoría de los SIG incluye métodos de interpolación, como Kriging, que son fundamentales para crear mapas precisos de distribución de contaminantes a partir de puntos de muestreo.

Teoría de la Fotointerpretación Y Análisis De Imágenes: De acuerdo a Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). Aborda técnicas avanzadas de fotointerpretación, que son clave para analizar imágenes satelitales y aéreas. El procesamiento adecuado de estas imágenes permite extraer información precisa sobre la cobertura terrestre, también cubre la integración de datos geoespaciales, como la combinación de imágenes de teledetección con datos de campo y otros tipos de información geográfica.

2.4. MARCO CONCEPTUAL

2.4.1. Línea de investigación

La línea de investigación “Proyecto Urbano y Ambiente, entorno y Cultura” se centra en el estudio e intervención en las ciudades y sus espacios, teniendo en cuenta aspectos ambientales, culturales y sociales. Aborda cómo las ciudades pueden crecer de manera sostenible, integrando diferentes disciplinas



como la arquitectura, la ingeniería, la sociología y la ecología. Se analiza cómo las prácticas urbanas influyen en la cultura local y viceversa, proponiendo estrategias que mejoren la convivencia urbana y la sostenibilidad en el largo plazo.

2.4.2. Área de investigación

Proyecto Urbano Ambiente: Enfocado en el diseño, planificación y gestión de entornos urbanos con un enfoque integral en la sostenibilidad ambiental, la funcionalidad, y la calidad de vida. Integra aspectos urbanos, arquitectónicos y medioambientales para crear entornos más saludables y funcionales. Este enfoque integral busca armonizar el desarrollo urbano con la preservación ambiental, promoviendo la creación de ciudades que no solo sean funcionales, sino también resilientes ante el cambio climático. Se incluye el diseño de áreas verdes, infraestructura para transporte alternativo, y políticas para la reducción de la huella de carbono, buscando mejorar la calidad de vida y fomentar una ciudadanía más consciente y activa.

2.4.3. Variable de la línea de investigación

La calidad del aire es un indicador crucial en la evaluación ambiental de áreas urbanas, ya que refleja la composición atmosférica y su adecuación para la salud humana y el ecosistema. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente del Perú, la calidad del aire se mide por la concentración de contaminantes como partículas en suspensión, gases tóxicos, y microorganismos. Este concepto es fundamental en la planificación urbana, ya que la distribución de contaminantes puede influir en la salud pública, la biodiversidad, y la habitabilidad de las ciudades.



2.4.4. Variable de interés

Los contaminantes atmosféricos, definidos como cualquier sustancia que se encuentre en el aire en concentraciones perjudiciales o no habituales, son un foco de atención en la investigación urbana. Estos contaminantes pueden ser de origen natural o antropogénico, y su presencia afecta tanto la salud humana como el medio ambiente. Según Bloss (2019), es esencial entender la dinámica de estos contaminantes para diseñar intervenciones que reduzcan su impacto, especialmente en áreas densamente pobladas.

2.4.5. Test de Moran

El Índice de Moran, una medida de autocorrelación espacial, es una herramienta fundamental para analizar patrones geoespaciales en estudios urbanos. Este test evalúa si los valores de una variable (como la concentración de un contaminante) están agrupados, dispersos o distribuidos aleatoriamente en un espacio geográfico. Es crucial en la identificación de zonas críticas en una ciudad, lo que permite orientar las intervenciones urbanas hacia áreas que requieren mayor atención. Según Acevedo Bohórquez & Velásquez Ceballos (2008), esta herramienta permite una interpretación más precisa de los fenómenos urbanos en relación con su distribución espacial.

2.4.6. Contaminantes atmosféricos

Dióxido de Carbono (CO₂): El CO₂ es un gas incoloro e inodoro que forma parte natural de la atmósfera terrestre. En entornos urbanos, su concentración se ve incrementada principalmente por la combustión de combustibles fósiles en vehículos, industrias y edificios. Aunque no es tóxico en



concentraciones normales, niveles elevados pueden afectar la calidad del aire interior y contribuir al cambio climático global (IPCC, 2014).

Formaldehído (HCHO): El formaldehído es un compuesto orgánico volátil (COV) altamente reactivo. En entornos urbanos e interiores, se emite principalmente de materiales de construcción, muebles, y productos de consumo. Es un irritante conocido y está clasificado como carcinógeno humano. Su presencia en el aire urbano puede indicar problemas de calidad del aire interior y exterior (World Health Organization, 2010).

Compuestos Orgánicos Volátiles Totales (TVOC): Los TVOC representan una mezcla de diversos compuestos orgánicos volátiles presentes en el aire. En ambientes urbanos, provienen de una variedad de fuentes, incluyendo emisiones vehiculares, productos de consumo, materiales de construcción y procesos industriales. Aunque el término TVOC no se refiere a un compuesto específico, su medición proporciona una indicación general de la carga de COVs en el aire y se utiliza como un indicador de la calidad del aire (Spinazzè et al., 2020).

2.5. MARCO NORMATIVO

2.5.1. Normativa internacional

2.5.1.1. En España

El Reglamento (UE) 2019/631 establece límites máximos de emisiones de CO₂ para vehículos ligeros, exigiendo a los fabricantes garantizar que, a partir 2020 no genere más de 95 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido. Se traza una trayectoria clara para reducir las emisiones de CO₂ en el sector del transporte por carretera y contribuir a



alcanzar el objetivo vinculante de reducción interna de al menos el 40 % de las emisiones de gases de efecto invernadero en toda la economía para 2030.

Según Norma Técnica de Prevención NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior. El dióxido de carbono es un asfixiante simple que esencialmente actúa desplazando el oxígeno y en concentraciones altas puede causar dolores de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y la duración de la exposición. Es un componente del aire exterior y normalmente se presenta en concentraciones de 300 a 400 ppm, y puede alcanzar niveles de hasta 550 ppm en zonas urbanas. En ello el CO₂ como indicador de la contaminación generada ocupantes, UNE 100-011-91 recomienda una concentración máxima de 1.000 ppm

Para Formaldehído, la EPA (Protección Ambiental de los Estados Unidos) establece un límite de 0.03 ppm (0.038 mg/m³) basado en la "Occupational Safety and Health Administration (OSHA)" y la "American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH) para la exposición a corto plazo (de 15 minutos) y 0.01 ppm (0.012 mg/m³) para exposiciones a largo plazo (de 8 horas).

2.5.1.2. En Paris

Aprobado por 196 países en la COP21 de París el 12 de diciembre de 2015, el Acuerdo de París entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. Los países se han comprometido a alcanzar el pico de emisiones de gases de efecto invernadero lo antes posible con el objetivo de lograr un



equilibrio climático para mediados de siglo. El Acuerdo de París establece un ciclo de cinco años en el cual los países adoptan medidas climáticas cada vez más ambiciosas. En 2020, los países presentaron sus planes de acción climática, conocidos como contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC).

2.5.1.3. Protocolo de Kioto

Aprobado el 11 de diciembre de 1997, el Protocolo de Kioto entró en vigor el 16 de febrero de 2005 tras un complejo proceso de ratificación. Actualmente, cuenta con 192 países miembros. Este protocolo implementa la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático al comprometer a los países industrializados a limitar y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) según las metas individuales acordadas. Mientras que la Convención solo exige a estos países adoptar políticas de mitigación y reportar periódicamente, el Protocolo de Kioto establece objetivos vinculantes de reducción de emisiones para 36 países industrializados y la Unión Europea, buscando una reducción promedio del 5% en comparación con los niveles de 1990 durante el periodo 2008-2012, que fue el primer periodo de compromiso.

2.5.1.4. Europea

Según Acción de Colaboración Europea (European Collaborative Action – Indoor Air Quality & Its Impact on Man) Report N° 19 Compuestos Orgánicos Volátiles Totales En Investigaciones sobre la Calidad del Aire Interior. La mayoría de las concentraciones de TVOC reportadas en ambientes interiores no industriales son inferiores a 1



mg/m³, y sólo unas pocas superan los 25 mg/m³. Más allá de este rango, es probable que se produzcan efectos sensoriales.

Los efectos sensoriales incluyen irritación, sequedad e irritación inflamatoria leve de los ojos, la nariz, el tracto respiratorio y la piel. Cuando las concentraciones de TVOC superan los 25 mg/m³, otros tipos de efectos sobre la salud se vuelven más preocupantes.

2.5.2. Normativa nacional

2.5.2.1. MINSA

Directiva Administrativa N° 321 MINSA/DGIESO-2021. Establece disposiciones para la Vigilancia, Prevención y Control del Salud de los Trabajadores con Riesgo de Exposición a SARS COV.2. Los niveles de CO₂ en el exterior se sitúan en una concentración de 400 partes por millón (ppm). Este valor puede ser diferente en zonas urbanas o industriales con tránsito de vehículos pesados.

La concentración de CO₂ en un entorno sin personas se denomina nivel básico de CO₂. Si las emisiones de CO₂ en un espacio interior aumentan 400 ppm por encima de la línea base circundante debido a la respiración de las personas en el espacio, se estima que el 1% del aire inhalado ya ha sido inhalado por otras personas.

El límite de concentración de CO₂ recomendado actualmente como indicador de una ventilación adecuada es 400 ppm por encima del valor inicial. Si la concentración de CO₂ es 400 ppm superior al valor medido



(medición inicial o medición basal) cuando no hay nadie en la oficina o el aula, se deben tomar medidas para mejorar la ventilación.

No es necesario esperar hasta que la lectura aumente en 400 ppm. Lo ideal es que las mediciones de CO₂ durante el trabajo o las clases se mantengan a un nivel similar a las mediciones de CO₂ en el ambiente de trabajo o en un aula vacía (posible si hay buena ventilación). Si sus lecturas muestran un aumento de 250 o 300 ppm, es posible que necesite abrir más puertas o ventanas para reducir o estabilizar los niveles.

2.5.2.2. Normas legales

De acuerdo al Decreto Supremo N° 015-2005-SA, que establece el Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo, los límites adoptados para el formaldehído (HCHO) en términos de STEL (Short-Term Exposure Limit o Límite de Exposición a Corto Plazo) son los siguientes: la concentración máxima permitida de formaldehído a la que los trabajadores pueden estar expuestos durante un corto período de tiempo, generalmente 15 minutos, es de 0.3 ppm (partes por millón) o 0.37 mg/m³ (miligramos por metro cúbico). Estos valores representan la concentración máxima (Ceiling, C) que no debe ser superada en ningún momento durante la exposición.

De acuerdo a las Normativas presentes en cada contaminante muestra un cuadro comparativo:

Tabla 1*Cuadro Comparativo de Normativa Nacional e Internacional*

| País | Contaminante Normativa | CO ₂ | HCHCO | TVOC | Observaciones |
|--------|---|----------------------------------|---|------------------------------------|---|
| España | UNE 100 | 1000 ppm | - | - | El límite de CO ₂ no debe exceder los 1.000 ppm en interiores. |
| USA | American Conference of Governmental Industrial Hygienists | - | limite 0,03 mg/m ³ | - | El límite de HCHCO en EE.UU. para exposiciones de 15 minutos, no debe exceder 0,03 mg/m ³ . |
| Europa | Acción de Colaboración Europea | - | - | superan los 25 mg/m ³ . | Se debe mantener niveles menores a 25 mg/m ³ . |
| Perú | MINSA/DGI ESO-2021 | por encima de 750 ppm interiores | - | - | Incrementos mayores a 250-300 ppm respecto a 400 ppm sugieren la necesidad de mejorar la ventilación. |
| Perú | Decreto Supremo N° 015-2005-SA | - | 0.37 mg/m ³ ambientes de trabajo | - | El límite máximo de exposición al formaldehído es 0.37 mg/m ³ , no debe superarse durante la exposición laboral. |

Fuente: Elaboración propia

2.5.2.3. Conclusión del Capítulo II

El Capítulo II presenta una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con la influencia de las áreas verdes urbanas en la reducción de contaminantes atmosféricos. Se destaca la importancia de los espacios verdes como sumideros de carbono y proveedores de servicios ecosistémicos, enfatizando su papel crucial en la mejora de la calidad del aire urbano. Los estudios revisados, tanto a nivel internacional como nacional y regional, demuestran consistentemente que la presencia y distribución adecuada de áreas verdes contribuyen significativamente a la mitigación de contaminantes como CO₂, HCHO y TVOC.



La literatura examinada subraya la necesidad de una planificación urbana sostenible que integre estratégicamente las áreas verdes, considerando no solo su cantidad, sino también su distribución y conectividad. Se evidencia que la eficacia de las áreas verdes en la reducción de contaminantes varía según factores como su tamaño, composición y ubicación dentro del tejido urbano.

Los marcos teóricos y metodológicos presentados, como la Teoría de Dispersión Atmosférica y la Teoría del Muestreo Ambiental, proporcionan bases sólidas para el diseño de investigaciones futuras. Además, se resalta la importancia de utilizar tecnologías avanzadas y métodos de análisis espacial para una evaluación precisa de la relación entre áreas verdes y calidad del aire.

Finalmente, la revisión de la normativa nacional e internacional ofrece un contexto legal y regulatorio crucial para la implementación de estrategias de gestión y planificación urbana sostenible, enfocadas en la integración de áreas verdes y el control de la contaminación atmosférica. Esta base teórica y normativa sienta los fundamentos para el estudio específico de la influencia de la distribución de áreas verdes en la reducción de contaminantes atmosféricos en el Sector Urbano VI de Juliaca, proporcionando un marco sólido para el desarrollo de la investigación propuesta.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Enfoque

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población (Hernández et al., 2014), además, Ñaupas Paitán et al. (2018), sostiene que es aquel enfoque que se caracteriza por utilizar métodos y técnicas cuantitativas para responder las preguntas y probar las hipótesis de investigación usando la estadística descriptiva e inferencial.

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación correlacional es un tipo de estudio que tiene como propósito evaluar la relación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables (en un contexto en particular). Los estudios cuantitativos de clasificación se centran en medir el nivel de relación entre dos o más variables (cuantificando las relaciones). En otras palabras, evalúen cada una de las variables que se supone están relacionadas y luego analicen la clasificación entre ellas. Estas correlaciones se traducen en hipótesis que se someten a prueba mediante análisis. (Hernández, et al, 2003)



3.1.3. Nivel de investigación

La investigación correlacional es un enfoque no experimental en el que los investigadores analizan dos variables y determinan una relación estadística entre ellas (correlación), sin la necesidad de incorporar variables externas para llegar a conclusiones significativas. Generalmente, se supone que este tipo de investigaciones involucra dos variables cuantitativas, como evaluación o resultados numéricos obtenidos de eventos que se repiten en un periodo de tiempo determinado (Mejía, 2017).

3.1.4. Población

La población es el conglomerado humano política y jurídicamente organizado que integra el Estado como uno de sus elementos constitutivos (Llanos, 2003). En la ciudad de Juliaca, el Sector VI ha sido seleccionado como área de estudio debido a su configuración urbana, niveles de consolidación de edificaciones, características físico-geográficas y elementos naturales, complementada por vías de menor jerarquía con roles diversos, que interrelacionan, las diferentes zonas de la ciudad. Este sector, que abarca 4947.83 hectáreas, está ubicado en el borde natural hacia el Oeste, limitado por el Cerro Huaynarroque y Espinal. Es una de las áreas con mayor potencial de expansión urbana y comprende el centro de la ciudad, conocido como el Cercado de Juliaca. Debido a su gran extensión y densidad, esta población se considera inalcanzable en su totalidad, por lo que se requiere una muestra representativa.

Para lograr los objetivos de esta investigación, es fundamental determinar el tamaño de muestra adecuado, el cual se refiere al número específico de participantes necesarios (Arias-Gómez et al., 2016). En este estudio, se considera



una población infinita, aplicable cuando se desconoce el total de unidades de observación o cuando la población supera las 10,000 unidades. Se empleará una técnica de selección probabilística estratificada, que implica dividir la población en grupos homogéneos denominados estratos, asegurando que cada grupo sea relativamente uniforme en relación a las características a estudiar (Porrás, 2017).

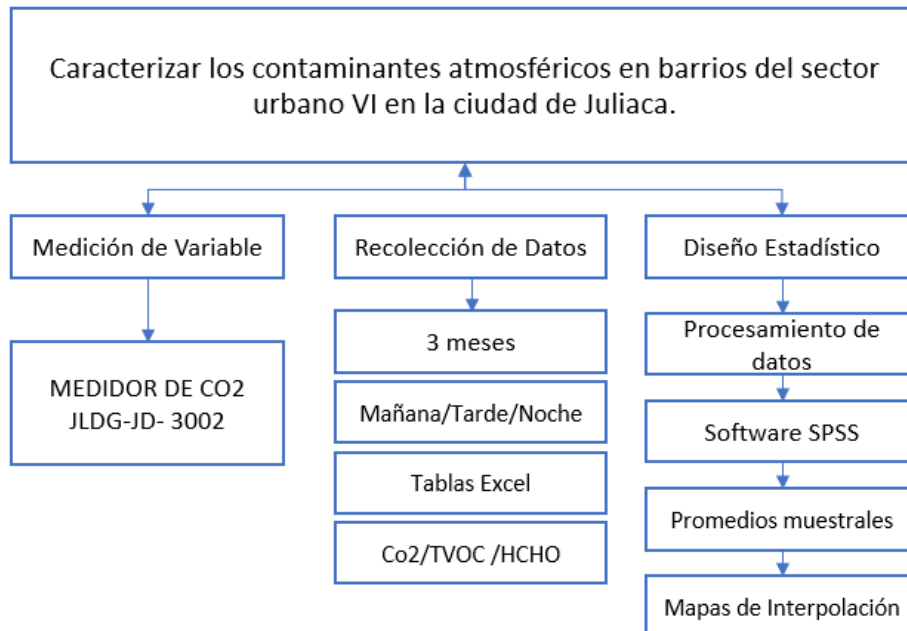
3.1.5. Muestra

Tipo de muestreo estratificado siendo la delimitación de los sectores de estudio se basa en características representativas. La selección de los sectores A (La Rinconada) y B (Cercado de Juliaca) se basa en sus diferencias geográficas y ambientales. La Rinconada se distingue por sus abundantes áreas verdes y menor tráfico vehicular, lo que sugiere un entorno más favorable para la calidad del aire. En contraste, el Cercado de Juliaca se caracteriza por una mayor actividad urbana y comercial, posiblemente asociada a una mayor contaminación atmosférica. Esta elección nos permite explorar la relación entre áreas verdes y contaminación en contextos urbanos diversos, enriqueciendo nuestra comprensión de los factores que influyen en la calidad del aire en Juliaca.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Figura 9

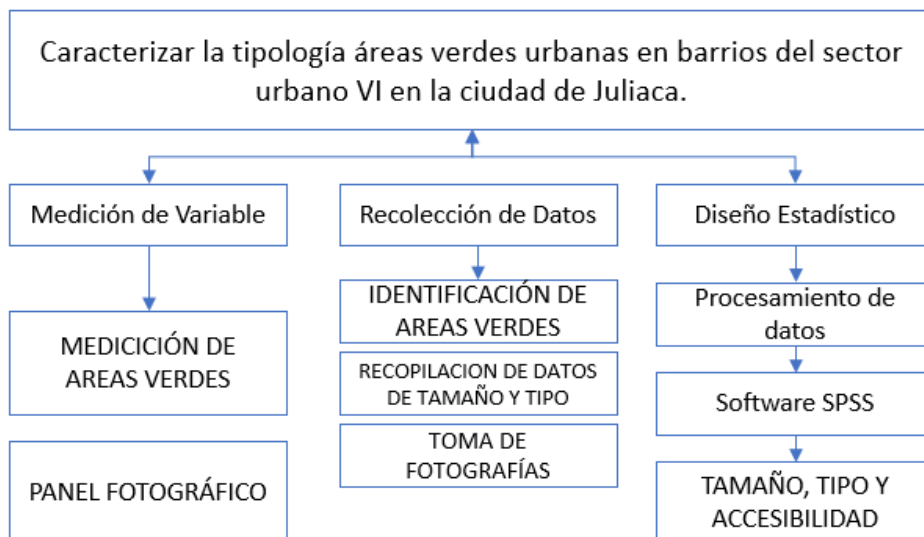
Esquema Metodológico para Caracterizar los Contaminantes Atmosféricos



Fuente: Elaboración propia

Figura 10

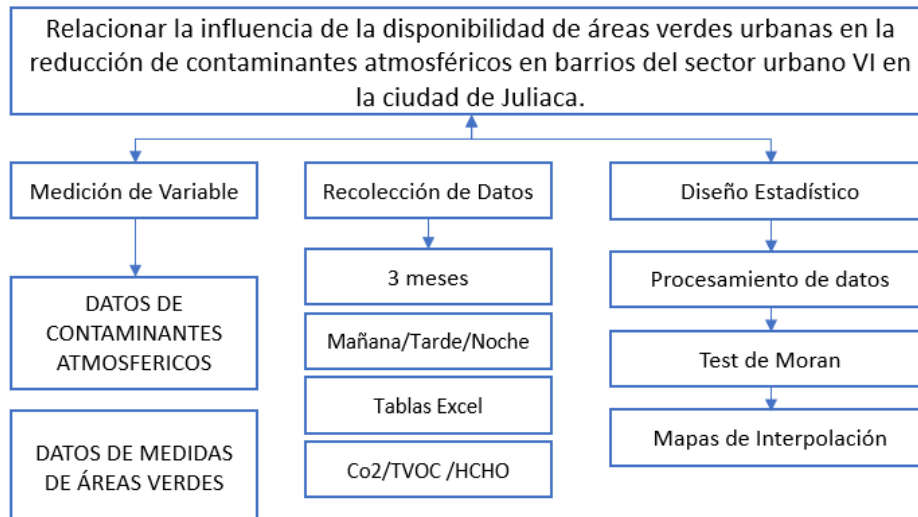
Esquema Metodológico para Caracterizar la Tipología de Áreas Verdes Urbanas



Fuente: Elaboración propia

Figura 11

Esquema Metodológico para Relacionar la Influencia de la Disponibilidad de Áreas Verdes Urbanas en la Reducción de Contaminantes Atmosféricos



Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Caracterizar los contaminantes atmosféricos

3.2.1.1. Lugar de medición

El lugar de recolección de datos es en el departamento de Puno, provincia de San Román, distrito de Juliaca, en dos áreas de estudio denominadas Sector A y Sector B, donde el Sector de Estudio A abarca un área de 160 502 m² localizado en la urbanización La Rinconada, a faldas del cerro Huaynarroque. El Sector de Estudio B está ubicado en el cercado de Juliaca, área céntrica, donde presenta un área de 203 239 m².

3.2.1.2. Instrumento

Se hará uso del Instrumento MEDIDOR DE CO₂, de marca JLDG, con serie o modelo JD- 3002, el instrumento de medición de calidad de aire tiene un rango de medición de Dióxido de carbono CO₂: 350ppm-2000ppm, Rango de medición de compuestos orgánicos volátiles totales



TVOC: 0.000 mg / m³ ~ 2.000 mg / m³ y de formaldehído HCHO: 0,000 mg / m³ ~ 1,000 mg / m³.

3.2.1.3. Recolección de información

Las mediciones se realizaron durante un periodo de 3 meses, 4 veces por semana variando los días en cada semana para obtener una muestra representativa de diferentes días y condiciones, se priorizó la recolección de datos en días soleados y ventosos, ya que estos climas son los que más se repiten en la ciudad. Se realizaron mediciones en tres periodos distintos del día: mañana, tarde y noche.

En cada uno de los sectores mencionados (sector A y Sector B) la altura de medición con el instrumento será aproximadamente a 1.5 metros sobre el suelo simulando la altura de la respiración humana.

Protocolo de medición

Las mediciones se realizaron en dos sectores de la ciudad de Juliaca:

Figura 12

Plano de Puntos de Monitoreo del Sector A

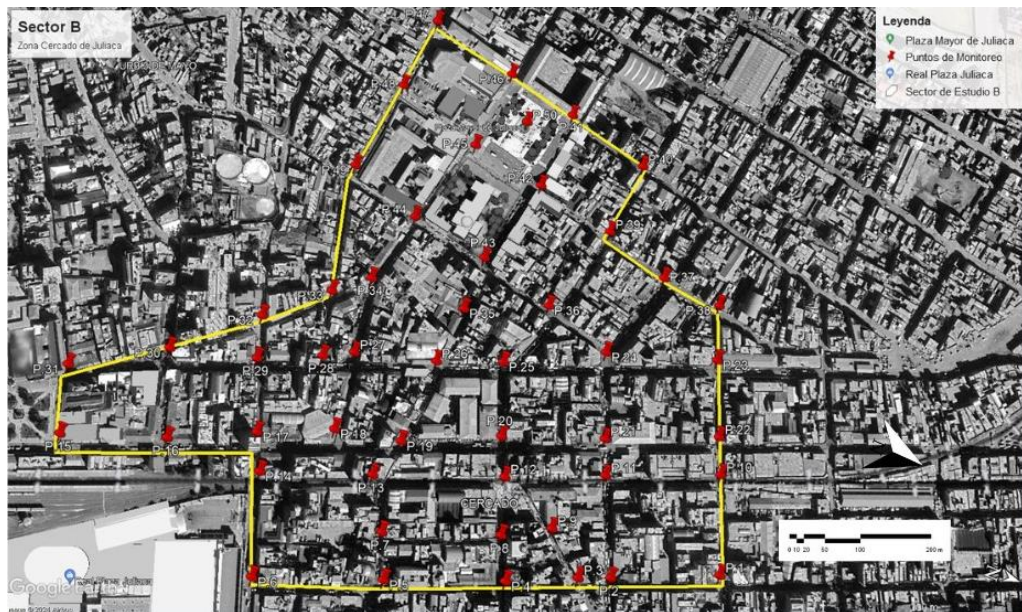


Fuente: Elaboración Propia en base a Plano de Google Earth

Sector A (La Rinconada): Con un total de 41 puntos de medición, como se muestra en la figura 12 y con la descripción de los puntos en la figura 7, distribuidos aproximadamente cada 100 metros o en cada cuadra, para capturar adecuadamente la variabilidad de la calidad del aire en áreas con mayor cantidad de áreas verdes y menor tráfico vehicular. La imagen muestra un área urbana densamente poblada con una mezcla de usos residenciales y comerciales. Se observan algunas áreas verdes dispersas, se aprecia una red de calles ortogonales típica de zonas urbanas planificadas, con algunas vías principales que bordean el sector, el terreno es principalmente plano, el sector contempla una alta densidad poblacional, con edificaciones muy próximas entre sí y pocas áreas libres. Se puede apreciar también el plano en el Anexo 1.

Figura 13

Plano de Puntos de Monitoreo del Sector B



Fuente: Elaboración Propia en base a Plano de Google Earth

Sector B (Cercado de Juliaca): Con un total de 50 puntos de medición, como se muestra en la figura 13 y con la descripción de los puntos en la figura 14, también distribuidos aproximadamente cada 100 metros o en cada cuadra, enfocándose en zonas comerciales y de alta densidad de tráfico vehicular. El área muestra una mezcla de usos comerciales y residenciales, con alta densidad de edificaciones. Se observan algunos espacios abiertos como la Plaza Mayor de Juliaca y Real Plaza Juliaca. Presenta una red de calles ortogonales típica de centros urbanos planificados, con algunas vías principales más anchas que atraviesan el sector, el terreno es plano, se aprecia una alta densidad poblacional, con edificaciones muy próximas entre sí y pocas áreas libres, típico de un centro urbano comercial. Se puede apreciar también el plano en el Anexo 2.

Figura 14

Ficha de Puntos de Monitoreo Zona A y B

| ZONA A | | | ZONA B | | |
|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|
| Puntos de Monitoreo | Latitud | Longitud | Puntos de Monitoreo | Latitud | Longitud |
| 1 | -15.498899 | -70.134278 | 1 | -15.490255 | -70.132239 |
| 2 | -15.499635 | -70.133984 | 2 | -15.491138 | -70.131885 |
| 3 | -15.500359 | -70.133711 | 3 | -15.491404 | -70.131785 |
| 4 | -15.500998 | -70.133518 | 4 | -15.491969 | -70.131533 |
| 5 | -15.501641 | -70.133264 | 5 | -15.492937 | -70.131178 |
| 6 | -15.50225 | -70.133087 | 6 | -15.493973 | -70.130808 |
| 7 | -15.501706 | -70.133615 | 7 | -15.493101 | -70.131545 |
| 8 | -15.501251 | -70.134023 | 8 | -15.492136 | -70.131889 |
| 9 | -15.500691 | -70.13436 | 9 | -15.491753 | -70.132097 |
| 10 | -15.499958 | -70.134605 | 10 | -15.490519 | -70.133084 |
| 11 | -15.499063 | -70.134939 | 11 | -15.491468 | -70.132709 |
| 12 | -15.499535 | -70.135564 | 12 | -15.49228 | -70.13237 |
| 13 | -15.500323 | -70.135303 | 13 | -15.493348 | -70.131981 |
| 14 | -15.500959 | -70.135045 | 14 | -15.494257 | -70.131654 |
| 15 | -15.501474 | -70.134709 | 15 | -15.495946 | -70.131348 |
| 16 | -15.501983 | -70.134295 | 16 | -15.495102 | -70.131642 |
| 17 | -15.502225 | -70.133808 | 17 | -15.494406 | -70.131967 |
| 18 | -15.50275 | -70.133682 | 18 | -15.4938 | -70.13223 |
| 19 | -15.50319 | -70.134097 | 19 | -15.493231 | -70.132346 |
| 20 | -15.502647 | -70.134326 | 20 | -15.492433 | -70.132706 |
| 21 | -15.502219 | -70.134765 | 21 | -15.491576 | -70.133013 |
| 22 | -15.501162 | -70.13545 | 22 | -15.490628 | -70.133401 |
| 23 | -15.500266 | -70.135922 | 23 | -15.49086 | -70.134062 |
| 24 | -15.501083 | -70.136258 | 24 | -15.491819 | -70.13376 |
| 25 | -15.501522 | -70.13584 | 25 | -15.49265 | -70.133334 |
| 26 | -15.50199 | -70.135858 | 26 | -15.4932 | -70.133129 |
| 27 | -15.502047 | -70.13534 | 27 | -15.493901 | -70.132936 |
| 28 | -15.502624 | -70.135245 | 28 | -15.494147 | -70.132808 |
| 29 | -15.503074 | -70.134759 | 29 | -15.494657 | -70.132577 |
| 30 | -15.503925 | -70.134379 | 30 | -15.495392 | -70.132377 |
| 31 | -15.50368 | -70.134844 | 31 | -15.496136 | -70.131931 |
| 32 | -15.503362 | -70.135274 | 32 | -15.494765 | -70.132949 |
| 33 | -15.503185 | -70.135852 | 33 | -15.494281 | -70.133386 |
| 34 | -15.502587 | -70.136471 | 34 | -15.494 | -70.133625 |
| 35 | -15.501851 | -70.136655 | 35 | -15.493143 | -70.133665 |
| 36 | -15.502659 | -70.137014 | 36 | -15.492443 | -70.133978 |
| 37 | -15.503318 | -70.136315 | 37 | -15.49156 | -70.13462 |
| 38 | -15.503805 | -70.135889 | 38 | -15.491005 | -70.13456 |
| 39 | -15.50423 | -70.13558 | 39 | -15.492158 | -70.134849 |
| 40 | -15.504738 | -70.135045 | 40 | -15.492088 | -70.135582 |
| 41 | -15.504433 | -70.134717 | 41 | -15.492864 | -70.13582 |
| | | | 42 | -15.492903 | -70.135046 |
| | | | 43 | -15.493145 | -70.134183 |
| | | | 44 | -15.493855 | -70.134313 |
| | | | 45 | -15.493596 | -70.135188 |
| | | | 46 | -15.493527 | -70.135984 |
| | | | 47 | -15.494358 | -70.136214 |
| | | | 48 | -15.494422 | -70.135477 |
| | | | 49 | -15.494526 | -70.134561 |
| | | | 50 | -15.493236 | -70.13559 |

Fuente: Elaboración Propia en base a l ubicación de puntos de Google Earth



3.2.1.4. Tabulación y codificación de datos

Los datos obtenidos se registraron en una ficha de recolección de datos, diferenciada para las dos zonas de estudio (Sector A y Sector B). Así mismo, fueron divididas para el tipo de contaminante medido y las condiciones climáticas registradas (ventoso, soleado/despejado), teniendo una tabla con los puntos de medición, los 3 periodos (mañana, tarde y noche) y la fecha correspondiente para cada registro. Un ejemplo de la ficha de recolección de datos se puede consultar en el Anexo 1. Además, se incluyen fichas completas con datos de muestra para ilustrar el proceso de recolección en el Anexo 2.

3.2.1.5. Análisis de datos

Estimación puntual: Cálculo del promedio de contaminantes en cada zona, promedio de contaminantes para cada periodo del día en cada zona, promedio de contaminantes para cada clima en cada zona.

Pruebas de Normalidad: Realización de pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk) para determinar la distribución de los datos.

Software utilizado:

- Microsoft Excel 2019: Para la organización y tabulación de datos.
- IBM SPSS (26): Para el análisis estadístico avanzado.
- Microsoft Excel 2019: Utilizado para el ingreso y la tabulación inicial de los datos.



- IBM SPSS: Utilizado para realizar análisis estadísticos más avanzados, como la estimación puntual y las pruebas.
- Mapas de Interpolación Kriging: Para la distribución espacial continua de los contaminantes (CO₂, TVOC, HCHO) en los sectores A y B.

3.2.2. Características de la Tipología de Áreas Verdes Urbanas

3.2.2.1. Lugar de medición

Los lugares de recolección de datos están ubicados en las áreas de estudio denominadas Sector A y Sector B en el Departamento de Puno, Provincia de San Román, Distrito de Juliaca, cubriendo el Sector de Estudio A un área de 160,502 m² del Río La Rinconada. Urbanización a los pies de Huaynarroque. El sector de estudio B está ubicado en el área céntrica de Juliaca y tiene una superficie de 203,239 m².

3.2.2.2. Instrumentos

Para la caracterización de las áreas verdes urbanas se utilizaron:

- Cámara de dispositivo móvil: Para la documentación fotográfica de las áreas verdes.
- Flexómetro: Para medir manualmente ciertas áreas específicas.
- Programa SAS PLANET: Imágenes satelitales de alta resolución utilizadas como referencia en ArcGIS Pro para la identificación y delimitación de áreas verdes.
- Software ARCGIS PRO: Para el levantamiento y clasificación de áreas verdes mediante fotos satelitales.



3.2.2.3. Recolección de información

Identificación de áreas verdes: Se identificaron y delimitaron todas las áreas verdes dentro de los sectores A y B utilizando el software ARCGIS PRO y fotos satelitales obtenidas con SAS PLANET.

Documentación fotográfica: Se tomaron fotografías detalladas de cada área verde utilizando el teléfono REDMI NOTE 12S para registrar el tipo de vegetación, tamaño.

Medición de áreas: Se utilizaron un flexómetro para medir manualmente ciertas áreas específicas. La mayor parte del levantamiento de áreas de césped, arbustos y árboles se realizó utilizando ARCGIS PRO, basándose en fotos satelitales obtenidas y referenciadas con el programa SAS PLANET.

Registro de características: Se registraron características específicas de cada área verde, como tamaño, tipo de vegetación (árboles, arbustos, césped).

3.2.2.4. Tabulación y codificación de datos

En la organización los datos recolectados fueron organizados en una hoja de cálculo, primeramente, para cada zona, calificando el tipo de vegetación (césped, árbol alto-bajo y arbusto) y la dimensión según corresponda. Se codificaron asignando códigos para cada tipo de vegetación: 1 para césped, 2 para arbustos, 3 para árboles. Las dimensiones se registraron en metros cuadrados.



Además, se hizo la toma de datos de cada zona respecto a la tipología de áreas verdes en ambas zonas, de acuerdo con la según Instituto Nacional de Protección del Medio Ambiente para la Salud.

Los datos fueron ingresados en Microsoft Excel para una primera revisión y limpieza. Posteriormente, se importaron a SPSS para un análisis más detallado.

3.2.2.5. Análisis de datos

Se calcularon medidas de tendencia central (media, mediana) y de dispersión (desviación estándar) para las dimensiones de las áreas verdes.

Distribución de Frecuencias:

Se analizaron las frecuencias de los diferentes tipos de vegetación en cada sector.

Comparación entre Sectores:

Se utilizó el test t de Student para comparar las dimensiones de las áreas verdes entre el Sector A y el Sector B.

Visualización de Datos:

Se generaron mapas temáticos en ArcGIS Pro para visualizar la distribución y tipología de las áreas verdes.

Gráficos de barras y diagramas de cajas se utilizaron para representar las estadísticas descriptivas y los resultados del análisis comparativo.



3.2.3. Relacionar la influencia de la disponibilidad de áreas verdes urbanas en la reducción de los contaminantes atmosféricos

3.2.3.1. Lugar de medición

La recolección de datos se llevó a cabo en el departamento de Puno, provincia de San Román, distrito de Juliaca, en dos áreas de estudio denominadas Sector A y Sector B. El Sector A abarca un área de 283,832 m² localizado en la urbanización La Rinconada, mientras que el Sector B está ubicado en el cercado de Juliaca, con un área de 281,389 m².

3.2.3.2. Instrumentos

Para la medición de contaminantes atmosféricos, se utilizó el medidor de CO₂ de marca JLDG, modelo JD-3002. Este instrumento tiene los siguientes rangos de medición:

CO₂: 350 ppm - 2000 ppm

TVOC: 0.000 mg/m³ - 2.000 mg/m³

HCHO: 0.000 mg/m³ - 1.000 mg/m³

Además, se utilizó un flexómetro y el programa ArcGIS Pro para medir las áreas verdes, clasificando fotos de satélite referenciadas por el programa SAS Planet y luego ubicadas en ArcGIS para el levantamiento de césped, arbustos y árboles.

3.2.3.3. Recolección de información

La recolección de datos se realizó durante un periodo de 3 meses, con mediciones cuatro veces a la semana en días variables. Se registraron



los datos en una ficha de recolección, separando las dos zonas de estudio (Sector A y Sector B) y los dos climas observados (soleado y ventoso). Los datos se tomaron en tres periodos del día (mañana, tarde y noche), registrando los niveles de CO₂, TVOC y HCHO. Además, se documentaron las áreas verdes urbanas en cada zona mediante fotografías y mediciones de campo utilizando ArcGIS Pro.

3.2.3.4. Tabulación y codificación de datos

Los datos recogidos se presentaron en forma tabular en un formulario de recogida de datos diferenciados según dos áreas de investigación (Sector A y Sector B). De igual forma, se clasifica según el tipo de contaminante medido y las condiciones climáticas registradas (viento, cielo despejado/despejado), y corresponde al punto de medición, tres periodos horarios (mañana, tarde, noche) y en cada tabla se fue mostrando las fechas.

Respecto a la organización de datos de las áreas verdes, de acuerdo a cada zona primero se organizó los datos recopilados en tablas por área y evaluó el tipo de vegetación (pasto, árboles, arbustos) y el tamaño correspondiente. Estos se codifican asignando un código a cada tipo de vegetación. 1 es pasto, 2 es arbusto y 3 es árbol. Las dimensiones se registraron en metros cuadrados.

3.2.3.5. Análisis de datos

Estimación puntual: Se calcularon los promedios de CO₂, TVOC y HCHO para cada periodo del día en cada sector, así como el promedio total de contaminantes en cada zona.



Análisis de normalidad: Se aplicaron pruebas de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de los datos en diferentes periodos y zonas.

Test de Moran: Se aplicó para evaluar la autocorrelación espacial de las áreas verdes urbanas y determinar si hay patrones espaciales significativos en su distribución.

Análisis de correlación: Se realizaron análisis de correlación para relacionar la disponibilidad de áreas verdes con la reducción de contaminantes atmosféricos.

Visualización en ArcGIS: Se generaron mapas temáticos para representar las áreas verdes y los niveles de contaminantes en cada zona, facilitando la interpretación visual de los datos.

Conclusión:

Este capítulo describe detalladamente la metodología empleada para investigar la relación entre las áreas verdes urbanas y los contaminantes atmosféricos en Juliaca, Perú. Se utiliza un enfoque cuantitativo y correlacional, centrado en dos sectores de la ciudad: La Rinconada (Sector A) y el Cercado de Juliaca (Sector B).

La investigación emplea métodos rigurosos para la recolección de datos, incluyendo mediciones de contaminantes atmosféricos (CO₂, TVOC, HCHO) utilizando un medidor especializado, y la caracterización de áreas verdes mediante técnicas de teledetección y trabajo de campo. Los datos se recopilaron durante tres meses y en tres periodos (mañana, tarde



y noche), bajo dos distintas condiciones climáticas (ventoso, soleado/despejado).

El análisis de datos incorpora técnicas estadísticas avanzadas, incluyendo pruebas de normalidad, análisis de correlación, y visualizaciones espaciales utilizando SIG. Este enfoque multifacético permite una evaluación integral de cómo la disponibilidad y tipología de áreas verdes urbanas influyen en la concentración de contaminantes atmosféricos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

4.1.1. Promedios generales de los contaminantes

Tabla 2

Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes por Zona

| | | Informe | | |
|--------|---------------------|------------|---------|---------|
| ZONA | | CO2 | TVOC | HCHO |
| Zona A | Media | 4,432,756 | ,05445 | ,00881 |
| | N | 4797 | 4797 | 4797 |
| | Desv. Desviación | 5,972,159 | ,043033 | ,007632 |
| Zona B | Media | 6,155,947 | ,13060 | ,02146 |
| | N | 5850 | 5850 | 5850 |
| | Desv. Desviación | 14,344,383 | ,096440 | ,018250 |
| Total | Media | 5,379,564 | ,09629 | ,01576 |
| | N | 10647 | 10647 | 10647 |
| | Desv. Desviación | 14,234,824 | ,085904 | ,015776 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla tal expone la media de CO₂ en la Zona B (6,155,947 ppm) es significativamente mayor que en la Zona A (4,432,756 ppm). La desviación estándar en la Zona B es más del doble que en la Zona A indicando una mayor variabilidad en las mediciones de CO₂ en la Zona B. También la media de TVOC en la Zona B (0.13060 mg/m³) es más del doble que en la Zona A (0.05445 mg/m³). La desviación estándar también es mayor en la Zona B comparado con la Zona A, sugiriendo nuevamente mayor variabilidad. Finalmente, la media de HCHO en la Zona B (0.02146 mg/m³) es más del doble que en la Zona A (0.00881

mg/m³). La desviación estándar es también mayor en la Zona B en comparación con la Zona A.

4.1.2. Promedios por periodo de los contaminantes

Tabla 3

Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes por Periodo Zona A

| | | Informe | | |
|---------|---------------------|----------------|---------|---------|
| PERIODO | | CO2 | TVOC | HCHO |
| Mañana | Media | 4,397,348 | ,05122 | ,00857 |
| | N | 1599 | 1599 | 1599 |
| | Desv. Desviación | 5,947,159 | ,041997 | ,007685 |
| Tarde | Media | 4,458,011 | ,05521 | ,00887 |
| | N | 1599 | 1599 | 1599 |
| | Desv. Desviación | 5,941,321 | ,044299 | ,007324 |
| Noche | Media | 4,442,889 | ,05693 | ,00899 |
| | N | 1599 | 1599 | 1599 |
| | Desv. Desviación | 6,014,919 | ,042599 | ,007877 |
| Total | Media | 4,432,750 | ,05445 | ,00881 |
| | N | 4797 | 4797 | 4797 |
| | Desv. Desviación | 5,972,217 | ,043033 | ,007632 |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla tal las medias de CO₂ son similares en los tres periodos: mañana (4,397,348 ppm), tarde (4,458,011 ppm) y noche (4,442,889 ppm). Las desviaciones estándar también son similares, lo que sugiere una variabilidad comparable durante todo el día.

La concentración de TVOC es ligeramente mayor en la noche (0.05693 mg/m³) que en la mañana (0.05122 mg/m³) y la tarde (0.05521 mg/m³). La variabilidad de TVOC es similar en todos los periodos.

La concentración de HCHO es más alta en la noche (0.00899 mg/m³) en comparación con la mañana (0.00857 mg/m³) y la tarde (0.00887 mg/m³). Las desviaciones estándar son casi constantes en todos los periodos.

Tabla 4

Estimación de datos para el promedio de contaminantes por periodo zona b

| | | Informe | | |
|---------|---------------------|----------------|---------|---------|
| PERIODO | | CO2 | TVOC | HCHO |
| Mañana | Media | 6,018,292 | ,12438 | ,02075 |
| | N | 1950 | 1950 | 1950 |
| | Desv. Desviación | 13,835,120 | ,084648 | ,015774 |
| Tarde | Media | 6,176,333 | ,12945 | ,02092 |
| | N | 1950 | 1950 | 1950 |
| | Desv. Desviación | 14,427,760 | ,089839 | ,018064 |
| Noche | Media | 6,273,215 | ,13795 | ,02272 |
| | N | 1950 | 1950 | 1950 |
| | Desv. Desviación | 14,649,607 | ,112165 | ,020542 |
| Total | Media | 6,155,947 | ,13060 | ,02146 |
| | N | 5850 | 5850 | 5850 |
| | Desv. Desviación | 14,344,383 | ,096440 | ,018250 |

Fuente: Elaboración propia

La media de CO2 aumenta de la mañana (6,018,292 ppm) a la noche (6,273,215 ppm). Las desviaciones estándar son mayores que en la Zona A, indicando una mayor variabilidad.

La media de TVOC es más alta en la noche (0.13795 mg/m³) que en la mañana (0.12438 mg/m³) y la tarde (0.12945 mg/m³). La variabilidad de TVOC es mayor en la noche.

La concentración de HCHO aumenta de la mañana (0.02075 mg/m³) a la noche (0.02272 mg/m³). La variabilidad de HCHO también es mayor en la noche.

4.1.3. Promedio de contaminantes para cada clima en cada zona

Tabla 5

Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes por Clima Zona A

| | | Informe | | |
|---------|---------------------|----------------|---------|---------|
| CLIMA | | CO2 | TVOC | HCHO |
| Soleado | Media | 4,454,886 | ,05649 | ,00897 |
| | N | 2460 | 2460 | 2460 |
| | Desv. Desviación | 6,178,405 | ,042947 | ,007690 |
| Ventoso | Media | 4,409,448 | ,05231 | ,00864 |
| | N | 2337 | 2337 | 2337 |
| | Desv. Desviación | 5,739,295 | ,043028 | ,007570 |
| Total | Media | 4,432,750 | ,05445 | ,00881 |
| | N | 4797 | 4797 | 4797 |
| | Desv. Desviación | 5,972,217 | ,043033 | ,007632 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 5 la media de CO₂ es ligeramente mayor en climas soleados (4,454,886 ppm) que en climas ventosos (4,409,448 ppm). La desviación estándar es mayor en climas soleados (6,178,405 ppm), indicando mayor variabilidad en estas condiciones.

La concentración de TVOC es ligeramente mayor en climas soleados (0.05649 mg/m³) que en climas ventosos (0.05231 mg/m³). La desviación estándar es similar en ambos climas, aunque ligeramente mayor en climas ventosos (0.043028 mg/m³).

La concentración de HCHO es ligeramente mayor en climas soleados (0.00897 mg/m³) que en climas ventosos (0.00864 mg/m³). La desviación estándar es similar en ambos climas, aunque ligeramente mayor en climas soleados (0.007690 mg/m³).

Tabla 6*Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes por Clima Zona B*

| | | Informe | | |
|---------|---------------------|----------------|---------|---------|
| CLIMA | | CO2 | TVOC | HCHO |
| Soleado | Media | 6,203,307 | ,13214 | ,02207 |
| | N | 3000 | 3000 | 3000 |
| | Desv. Desviación | 14,627,897 | ,095731 | ,019554 |
| Ventoso | Media | 6,106,095 | ,12897 | ,02083 |
| | N | 2850 | 2850 | 2850 |
| | Desv. Desviación | 14,025,057 | ,097171 | ,016748 |
| Total | Media | 6,155,947 | ,13060 | ,02146 |
| | N | 5850 | 5850 | 5850 |
| | Desv. Desviación | 14,344,383 | ,096440 | ,018250 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 6 la media de CO₂ es mayor en climas soleados (6,203,307 ppm) en comparación con climas ventosos (6,106,095 ppm). La desviación estándar es mayor en climas soleados (14,627,897 ppm), indicando una mayor variabilidad en estas condiciones.

La concentración de TVOC es ligeramente mayor en climas soleados (0.13214 mg/m³) que en climas ventosos (0.12897 mg/m³). La desviación estándar es ligeramente mayor en climas ventosos (0.097171 mg/m³).

La concentración de HCHO es mayor en climas soleados (0.02207 mg/m³) en comparación con climas ventosos (0.02083 mg/m³). La desviación estándar es mayor en climas soleados (0.019554 mg/m³), indicando mayor variabilidad.

4.1.4. Análisis de la normal de los contaminantes atmosféricos Zona A

Tabla 7

Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes Zona A periodo

Mañana

| Zona A periodo mañana | | | | |
|------------------------------|--------|---------------------|----------------|---------|
| ZONA | | Estadístico | Error estándar | |
| CO2 | Zona A | Media | 4,397,348 | 148,725 |
| | | Mediana | 4,230,000 | |
| | | Varianza | 3,536,870 | |
| | | Desviación estándar | 5,947,159 | |
| | | Mínimo | 385,00 | |
| | | Máximo | 794,00 | |
| | | Rango | 409,00 | |
| TVOC | Zona A | Media | ,05122 | ,001050 |
| | | Mediana | ,04000 | |
| | | Varianza | ,002 | |
| | | Desviación estándar | ,041997 | |
| | | Mínimo | ,002 | |
| | | Máximo | ,342 | |
| | | Rango | ,340 | |
| HCHO | Zona A | Media | ,00857 | ,000192 |
| | | Mediana | ,00700 | |
| | | Varianza | ,000 | |
| | | Desviación estándar | ,007685 | |
| | | Mínimo | ,000 | |
| | | Máximo | ,083 | |
| | | Rango | ,083 | |

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 7 el CO2 muestra niveles significativamente variables con una distribución sesgada y colas pesadas.

TVOC exhibe concentraciones más estables en comparación con CO2, pero con una distribución extremadamente sesgada y colas pesadas.

HCHO presenta concentraciones relativamente constantes con una distribución moderadamente sesgada y colas pesadas.



En ello mencionamos que los contaminantes en la Zona A durante el periodo de la mañana presentan distribuciones sesgadas positivamente, con asimetrías y curtosis altas, lo que sugiere la presencia de valores extremos altos.

La variabilidad es notable en CO₂ y TVOC, con alta dispersión de los datos, mientras que HCHO muestra una variabilidad moderada. Las medias recortadas al 5% son consistentemente menores que las medias originales, lo que indica que los valores extremos altos están influyendo en las medias generales.

Para ilustrar la variabilidad en los niveles de CO₂ durante el período de la mañana en la Zona A, se ha seleccionado el gráfico Q-Q normal y gráfico de cajas que muestra claramente la distribución de los datos y resalta las diferencias significativas entre los cuantiles. Este gráfico fue elegido debido a su capacidad para representar visualmente la dispersión de los datos, apoyando así la discusión sobre las variaciones diurnas en la contaminación atmosférica.

Para analizar la normalidad de nuestros datos, utilizamos gráficos Q-Q normales. Estos gráficos se basan en la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{observado}} = \mu + \sigma * Q_{\text{normal}}$$

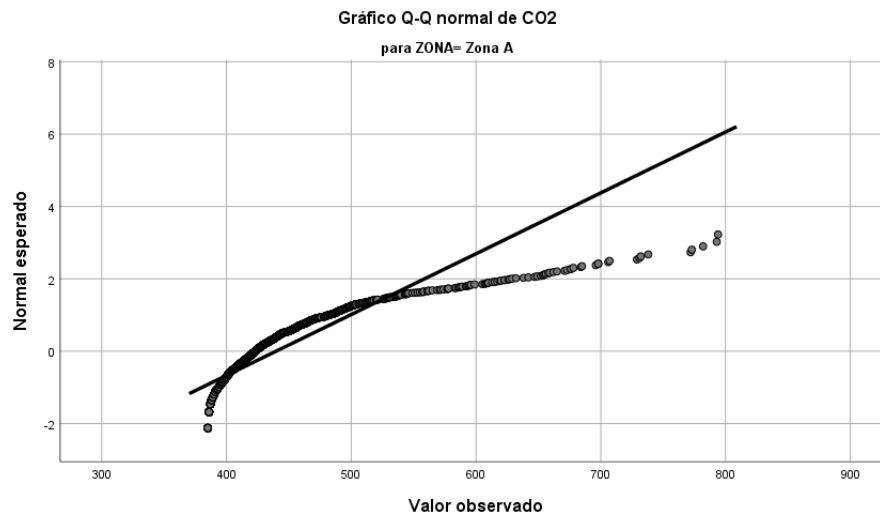
Donde:

- Q_{observado}: son los cuantiles de los datos observados
- M: es la media de la muestra
- σ : es la desviación estándar de la muestra
- Q_{normal}: son los cuantiles de una distribución normal estándar

Esta fórmula se aplica a todos los gráficos Q-Q presentados a continuación.

Figura 15

Gráfico Q-Q normal de CO2 zona A periodo Mañana

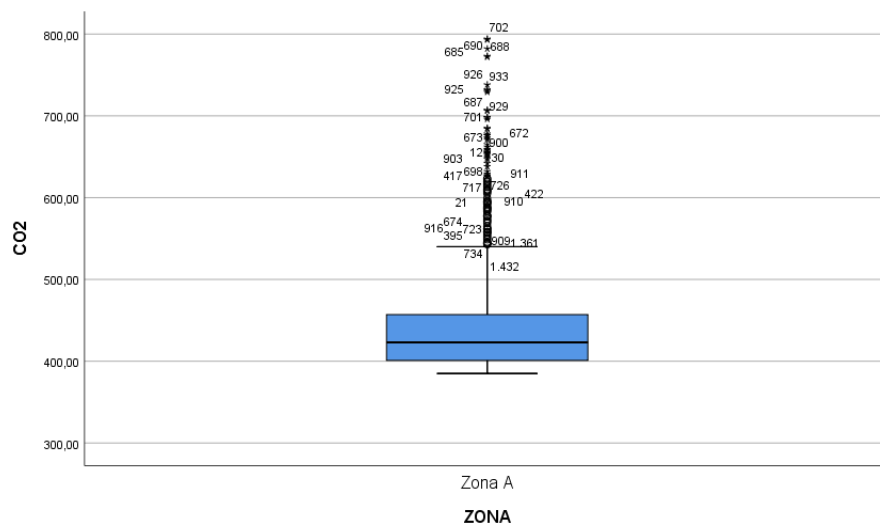


Fuente: SPSS v26

Del gráfico se muestra menos valores extremadamente bajos de los esperados, una distribución central que se aproxima a la normal y más valores extremadamente altos de lo esperado.

Figura 16

Diagrama de cajas CO2 zona A periodo Mañana



Fuente: SPSS v26

El gráfico muestra que las mediciones de CO2 en la Zona A tienen una distribución centrada alrededor de 420-430 ppm, con el 50% de los datos entre



aproximadamente 400 y 460 ppm. Lo más notable es la gran cantidad de valores atípicos por encima de 600 ppm, llegando hasta 800 ppm. Esto sugiere que mientras la mayoría de las mediciones están cerca de niveles normales de CO₂ en exteriores, hay eventos o ubicaciones frecuentes con concentraciones significativamente más altas.

Tabla 8

Estimación de datos para el promedio de contaminantes zona A periodo tarde

| Zona A periodo tarde | | | | |
|-----------------------------|--------|---------------------|----------------|---------|
| | ZONA | Estadístico | Error estándar | |
| CO ₂ | Zona A | Media | 4,397,348 | 148,725 |
| | | Mediana | 4,230,000 | |
| | | Varianza | 3,536,870 | |
| | | Desviación estándar | 5,947,159 | |
| | | Mínimo | 385,00 | ,001050 |
| | | Máximo | 794,00 | |
| | | Rango | 409,00 | |
| | | Media | ,05122 | |
| | | Mediana | ,04000 | |
| | | Varianza | ,002 | |
| TVOC | Zona A | Desviación estándar | ,041997 | ,000192 |
| | | Mínimo | ,002 | |
| | | Máximo | ,342 | |
| | | Rango | ,340 | |
| | | Media | ,00857 | |
| | | Mediana | ,00700 | |
| | | Varianza | ,000 | |
| HCHO | Zona A | Desviación estándar | ,007685 | |
| | | Mínimo | ,000 | |
| | | Máximo | ,083 | |
| | | Rango | ,083 | |

Fuente: Elaboración propia

CO₂: muestra niveles significativamente variables con una distribución sesgada y colas pesadas.

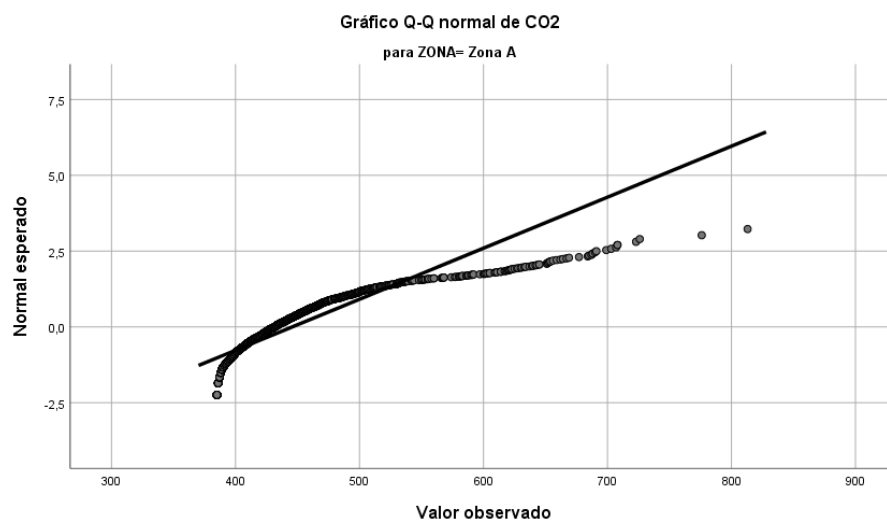
TVOC: exhibe concentraciones más estables en comparación con CO₂, pero con una distribución extremadamente sesgada y colas pesadas.

HCHO: presenta concentraciones relativamente constantes con una distribución moderadamente sesgada y colas pesadas.

Estas estadísticas proporcionan una comprensión detallada de la distribución y variabilidad de cada contaminante en la Zona A durante el período de la tarde, crucial para entender su impacto potencial en el entorno urbano estudiado.

Figura 17

Gráfico Q-Q normal de CO₂ Zona A

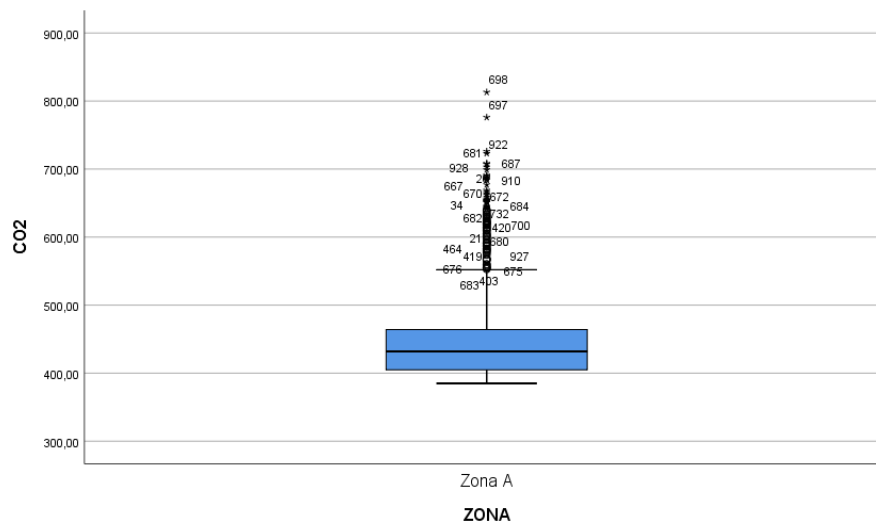


Fuente: SPSS v26

Del gráfico se muestra menos valores extremadamente bajos de los esperados, una distribución central que se aproxima a la normal y más valores extremadamente altos de lo esperado.

Figura 18

Diagrama de cajas de CO2 Zona A



Fuente: SPSS v26

El gráfico muestra las mediciones de CO2 en la Zona A. La mayoría de los valores se concentran entre aproximadamente 400 y 450 ppm, con una mediana alrededor de 425 ppm. Se observan numerosos valores atípicos por encima de 600 ppm, llegando hasta cerca de 900 ppm. Esto indica que, aunque la mayoría de las mediciones están dentro de un rango normal para ambientes exteriores, hay frecuentes episodios de concentraciones de CO2 significativamente elevadas.

Tabla 9

Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes Zona A periodo Noche

| Zona A periodo noche | | | | |
|-----------------------------|--------|---------------------|----------------|---------|
| ZONA | | Estadístico | Error estándar | |
| CO2 | Zona A | Media | 4,442,889 | 150,420 |
| | | Mediana | 4,280,000 | |
| | | Varianza | 3,617,925 | |
| | | Desviación estándar | 6,014,919 | |
| | | Mínimo | 385,00 | |
| | | Máximo | 813,00 | |
| | | Rango | 428,00 | |



| | | | | |
|------|-----------|---------------------|---------|---------|
| TVOC | Zona A | Media | ,05693 | ,001065 |
| | | Mediana | ,04700 | |
| | | Varianza | ,002 | |
| | | Desviación estándar | ,042599 | |
| | | Mínimo | ,006 | |
| | | Máximo | ,384 | |
| | | Rango | ,378 | |
| HCHO | Zona A | Media | ,00899 | ,000197 |
| | | Mediana | ,00700 | |
| | | Varianza | ,000 | |
| | | Desviación estándar | ,007877 | |
| | | Mínimo | ,000 | |
| | | Máximo | ,056 | |
| | | Rango | ,056 | |

Fuente: Elaboración propia

CO₂: muestra niveles variables con una distribución sesgada y colas pesadas durante la noche.

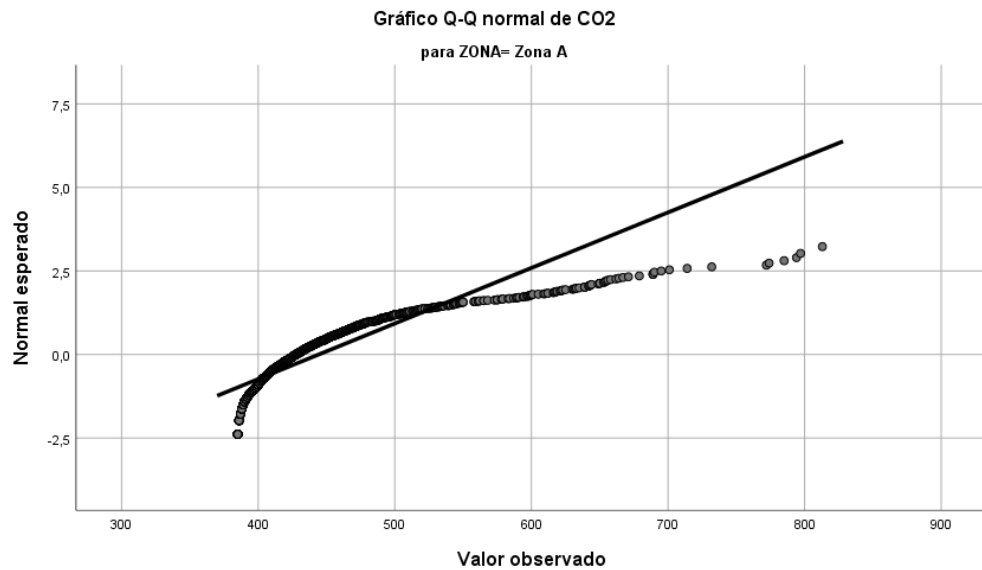
TVOC: exhibe concentraciones más estables en comparación con CO₂, pero con una distribución extremadamente sesgada y colas pesadas.

HCHO: presenta concentraciones relativamente constantes con una distribución moderadamente sesgada y colas pesadas.

Estas estadísticas proporcionan una comprensión detallada de la distribución y variabilidad de cada contaminante en la Zona A durante el período de la noche, destacando patrones y variaciones que son fundamentales para evaluar su impacto en el ambiente nocturno estudiado.

Figura 19

Gráfico Q-Q normal de CO2

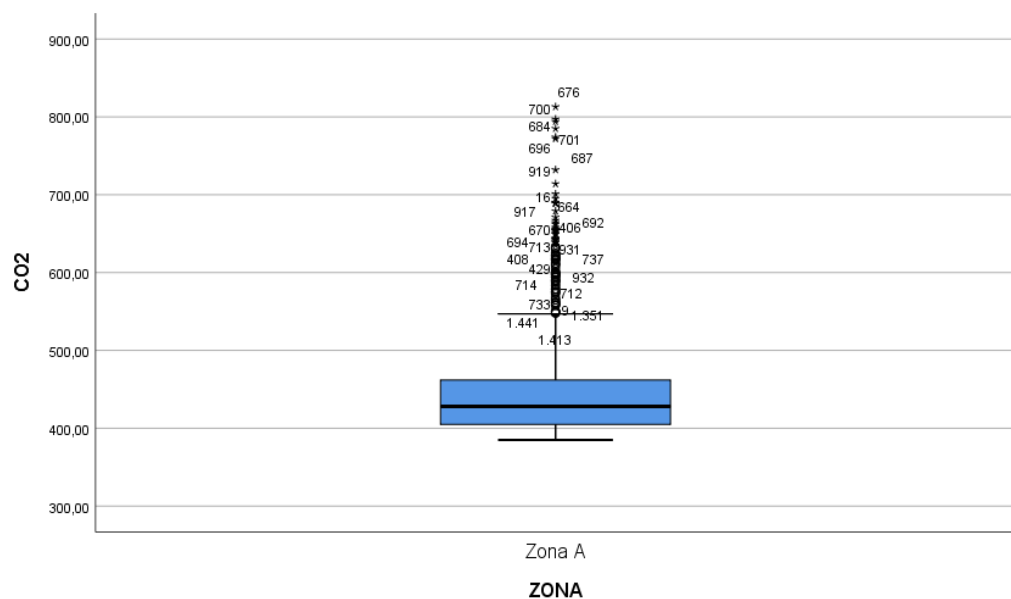


Fuente: SPSS v26

En la figura 19 el gráfico se muestra menos valores extremadamente bajos de los esperados, una distribución central que se aproxima a la normal y más valores extremadamente altos que se esparcen a la derecha.

Figura 20

Diagrama de cajas de CO2



Fuente: SPSS v26

El gráfico muestra las mediciones de CO₂ en la Zona A. La mayoría de los valores se concentran entre aproximadamente 400 y 460 ppm, con una mediana cercana a 430 ppm. Se observan numerosos valores atípicos por encima de 600 ppm, llegando hasta cerca de 800 ppm. Esto indica que, aunque la mayoría de las mediciones están dentro de un rango típico para ambientes exteriores, hay frecuentes episodios de concentraciones de CO₂ significativamente elevadas en la zona.

4.1.5. Análisis de la normal de los contaminantes atmosféricos Zona B

Tabla 10

Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes Zona B periodo

Mañana

| Zona B periodo mañana | | | | |
|------------------------------|--------|---------------------|----------------|---------|
| ZONA | | Estadístico | Error estándar | |
| CO ₂ | Zona B | Media | 6018292 | 313304 |
| | | Mediana | 5,900,000 | |
| | | Varianza | 19,141,054 | |
| | | Desviación estándar | 13,835,120 | |
| | | Mínimo | 385,00 | |
| | | Máximo | 1062,00 | |
| | | Rango | 677,00 | |
| HCHO | Zona B | Media | ,12438 | ,001917 |
| | | Mediana | ,10500 | |
| | | Varianza | ,007 | |
| | | Desviación estándar | ,084648 | |
| | | Mínimo | ,007 | |
| | | Máximo | ,490 | |
| | | Rango | ,483 | |
| TVOC | Zona B | Media | ,02075 | ,000357 |
| | | Mediana | ,01800 | |
| | | Varianza | ,000 | |



| | |
|---------------------|---------|
| Desviación estándar | ,015774 |
| Mínimo | ,000 |
| Máximo | ,083 |
| Rango | ,083 |

Fuente: Elaboración propia

CO₂ muestra niveles variables con una distribución relativamente simétrica y menos puntiaguda que la distribución normal.

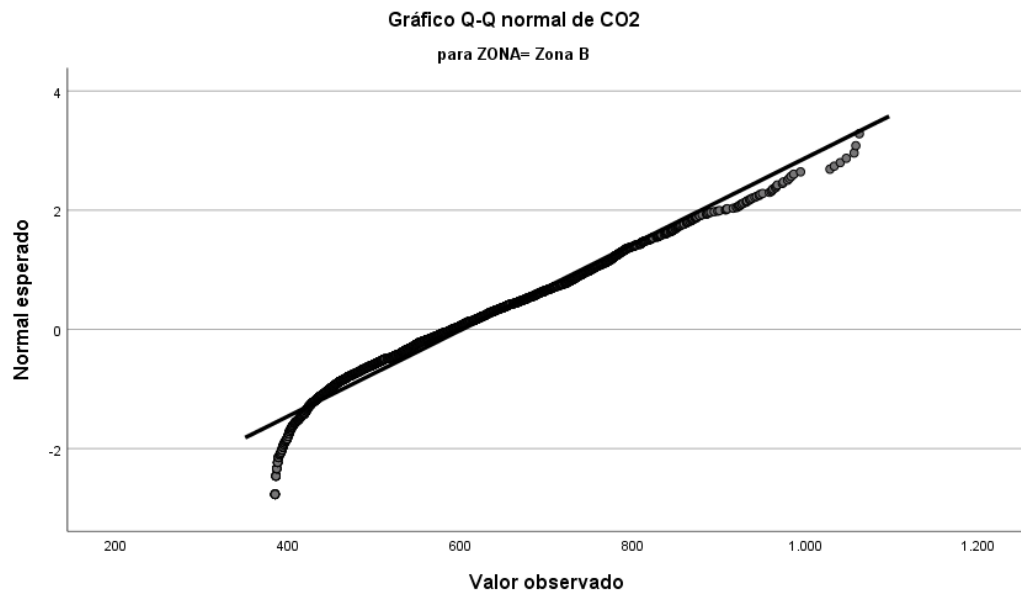
TVOC exhibe concentraciones más estables en comparación con CO₂, con una distribución sesgada hacia valores más altos y una distribución más puntiaguda.

HCHO presenta concentraciones relativamente constantes con una distribución moderadamente sesgada y una distribución más puntiaguda que la distribución normal estándar.

Estas estadísticas proporcionan una comprensión detallada de la distribución y variabilidad de cada contaminante en la Zona B durante el período de la mañana, destacando patrones y variaciones que son fundamentales para evaluar su impacto en el ambiente estudiado.

Figura 21

Gráfico Q-Q normal de CO2 zona B

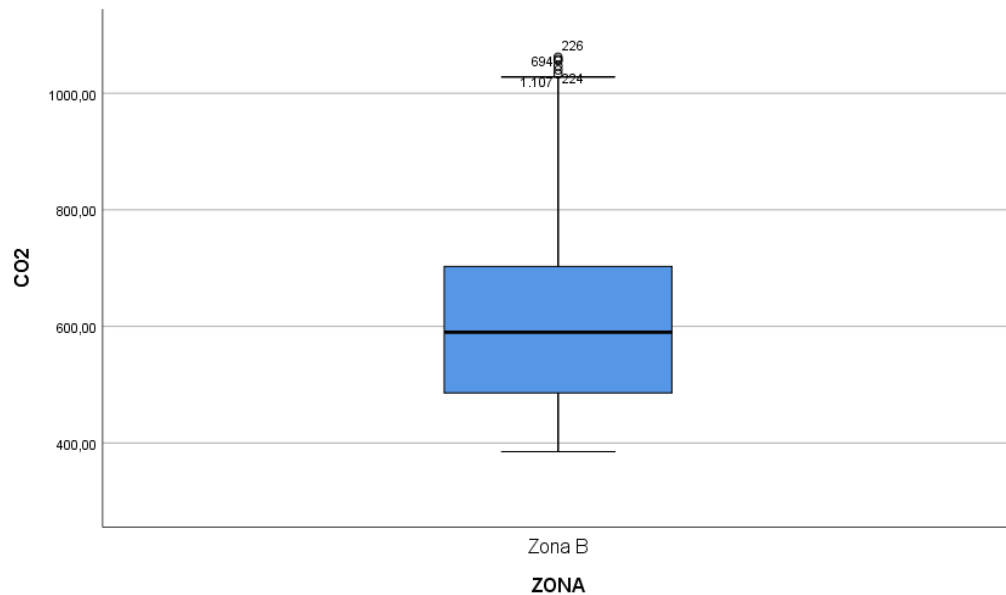


Fuente: SPSS v26

En la figura 21 el gráfico se muestra una distribución normal, ya que la mayoría de los puntos se alinean cerca de la línea recta diagonal, hay ligeras desviaciones en los extremos, especialmente en los valores más altos, donde los puntos se alejan de la línea diagonal.

Figura 22

Diagrama de cajas de CO2 zona B



Fuente: SPSS v26

El gráfico muestra las mediciones de CO2 en la Zona B. La mayoría de los valores se concentran entre aproximadamente 500 y 700 ppm, con una mediana alrededor de 600 ppm. Se observan algunos valores atípicos por encima de 1000 ppm. Esto indica niveles de CO2 generalmente más altos que en ambientes exteriores típicos, sugiriendo que la Zona B podría ser un espacio interior o un área con menor ventilación.

Tabla 11

Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes Zona B periodo Tarde

| Zona B periodo tarde | | | | |
|-----------------------------|--------|---------------------|----------------|--------|
| | ZONA | Estadístico | Error estándar | |
| CO2 | Zona B | Media | 6176333 | 326724 |
| | | Mediana | 6,070,000 | |
| | | Varianza | 20,816,026 | |
| | | Desviación estándar | 14,427,760 | |
| | | Mínimo | 385,00 | |



| Zona B periodo tarde | | | | |
|----------------------|--------|---------------------|----------------|---------|
| ZONA | | Estadístico | Error estándar | |
| TVOC | Zona B | Máximo | 1025,00 | |
| | | Rango | 640,00 | |
| | | Media | ,12945 | ,002034 |
| | | Mediana | ,11400 | |
| | | Varianza | ,008 | |
| | | Desviación estándar | ,089839 | |
| | | Mínimo | ,001 | |
| | | Máximo | ,906 | |
| | | Rango | ,905 | |
| | | Media | ,02092 | ,000409 |
| HCHO | Zona B | Mediana | ,01600 | |
| | | Varianza | ,000 | |
| | | Desviación estándar | ,018064 | |
| | | Mínimo | ,000 | |
| | | Máximo | ,187 | |
| | | Rango | ,187 | |

Fuente: Elaboración propia

CO₂ muestra niveles variables con una media de 6,176,333 ppm en la Zona B durante la tarde, con un rango amplio que va desde 385 ppm hasta 1,025 ppm. La distribución presenta una ligera asimetría positiva (0.404), indicando una tendencia hacia concentraciones más altas, aunque menos pronunciada que en otros contaminantes. La alta varianza (20,816,026) sugiere una dispersión significativa en los niveles de CO₂.

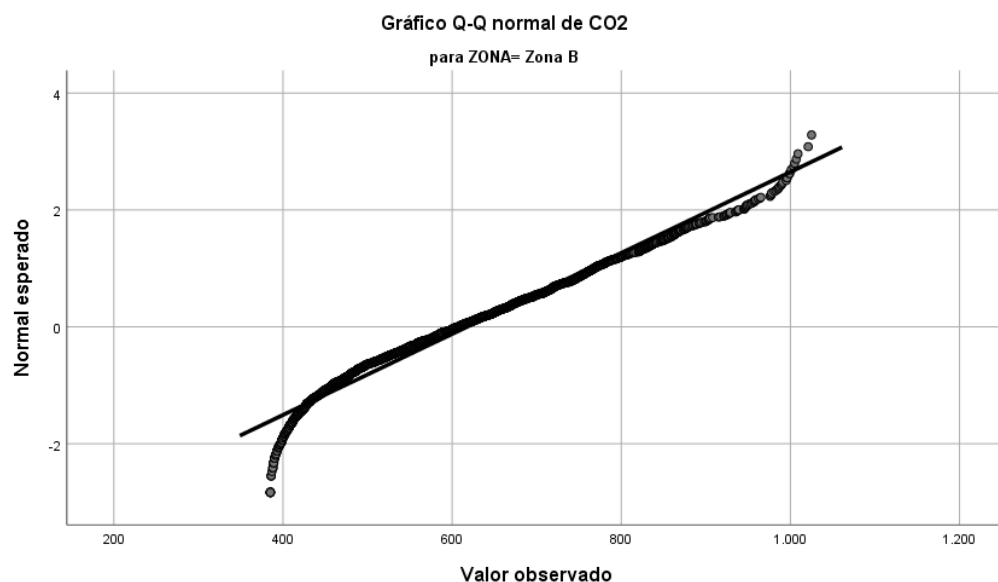
TVOC exhibe una concentración promedio de 0.12945 mg/m³ en la Zona B durante la tarde, con una varianza moderada (0.008) y una distribución sesgada hacia valores más altos (asimetría de 1.260). El rango de concentraciones va desde 0.001 mg/m³ hasta 0.906 mg/m³, mostrando una variabilidad considerable en los niveles de contaminación orgánica volátil total.

HCHO presenta concentraciones relativamente estables con una media de 0.02092 mg/m³ en la Zona B durante la tarde. La varianza es baja (0.000), lo que indica una concentración constante de formaldehído en este período. La distribución está sesgada hacia valores más altos (asimetría de 1.726) y tiene una curtosis alta (7.957), indicando una distribución puntiaguda con valores concentrados alrededor de la media.

Estos datos resaltan las diferencias significativas en la distribución y variabilidad de cada contaminante en la Zona B durante la tarde, proporcionando información crucial para la evaluación de su impacto ambiental y para la implementación de medidas de control y mitigación adecuadas.

Figura 23

Gráfico Q-Q normal de CO2 zona B



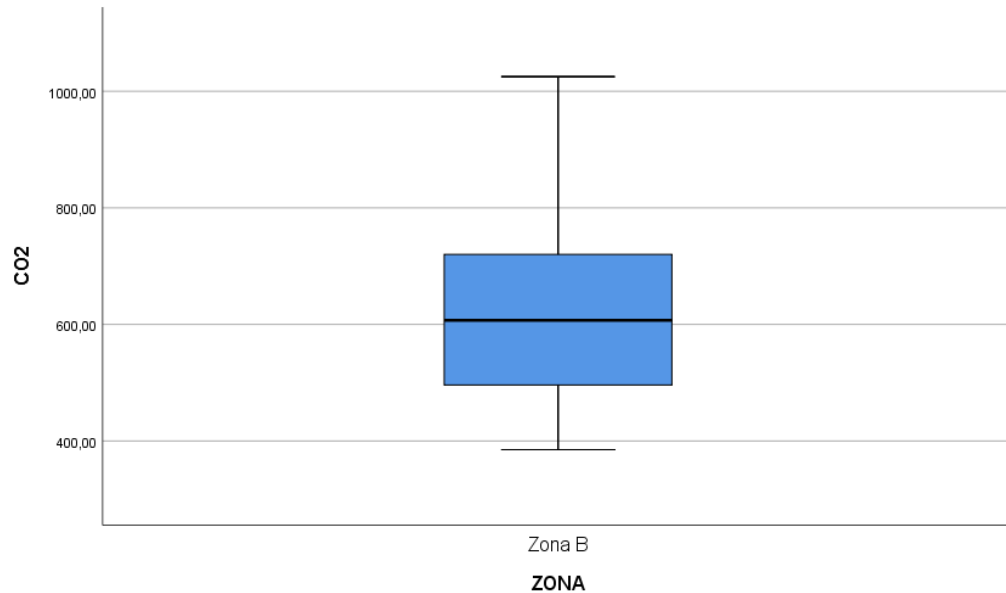
Fuente: SPSS v26

La distribución de CO₂ en la Zona B es aproximadamente normal. Los datos se ajustan bien a la línea diagonal en el centro, con ligeras desviaciones en los extremos, especialmente en valores altos. El rango de valores observados va

de 400 a 1100 ppm aproximadamente. En general, los niveles de CO₂ siguen una distribución normal con algunas anomalías en los valores extremos.

Figura 24

Diagrama de cajas de CO₂ zona B



Fuente: SPSS v26

La mediana de CO₂ es aproximadamente 600 ppm. El 50% central de los datos se encuentra entre 500 y 725 ppm aproximadamente. Los valores mínimo y máximo oscilan entre 400 y 1000 ppm. La distribución parece ligeramente asimétrica hacia arriba, con una cola más larga en los valores altos.

Esta representación sugiere una variabilidad considerable en los niveles de CO₂ en la Zona B, con una concentración central alrededor de 600 ppm, pero con algunos valores extremos más altos.

Tabla 12

Estimación de Datos para el Promedio de Contaminantes Zona B periodo Noche

| Zona B periodo noche | | |
|-----------------------------|-------------|----------------|
| ZONA | Estadístico | Error estándar |
| | | |



| | | | | |
|-----------------|--------|---------------------|------------|---------|
| CO ₂ | Zona B | Media | 6273215 | 331748 |
| | | Mediana | 6,190,000 | |
| | | Varianza | 21,461,100 | |
| | | Desviación estándar | 14,649,607 | |
| | | Mínimo | 386,00 | |
| | | Máximo | 1051,00 | |
| | | Rango | 665,00 | |
| TVOC | Zona B | Media | ,13795 | ,002540 |
| | | Mediana | ,11100 | |
| | | Varianza | ,013 | |
| | | Desviación estándar | ,112165 | |
| | | Mínimo | ,005 | |
| | | Máximo | ,980 | |
| | | Rango | ,975 | |
| HCHO | Zona B | Media | ,02272 | ,000465 |
| | | Mediana | ,01850 | |
| | | Varianza | ,000 | |
| | | Desviación estándar | ,020542 | |
| | | Rango | ,243 | |

Fuente: Elaboración propia

CO₂ en la Zona B durante la noche presenta una media de aproximadamente 6,273,215 partes por millón (ppm), con un rango que va desde 386 ppm hasta 1,051 ppm. La distribución muestra una leve asimetría positiva (0.405) y una curtosis negativa (-0.507), indicando una distribución menos puntiaguda y más dispersa de los datos. La alta varianza (21,461,100) sugiere una considerable variabilidad en los niveles de CO₂ durante este período.

TVOC tiene una concentración promedio de 0.02272 mg/m³ en la Zona B durante la noche, con una varianza baja (0.000) que indica una concentración relativamente constante de compuestos orgánicos volátiles totales. El rango de concentraciones va desde 0.000 mg/m³ hasta 0.243 mg/m³, mostrando una

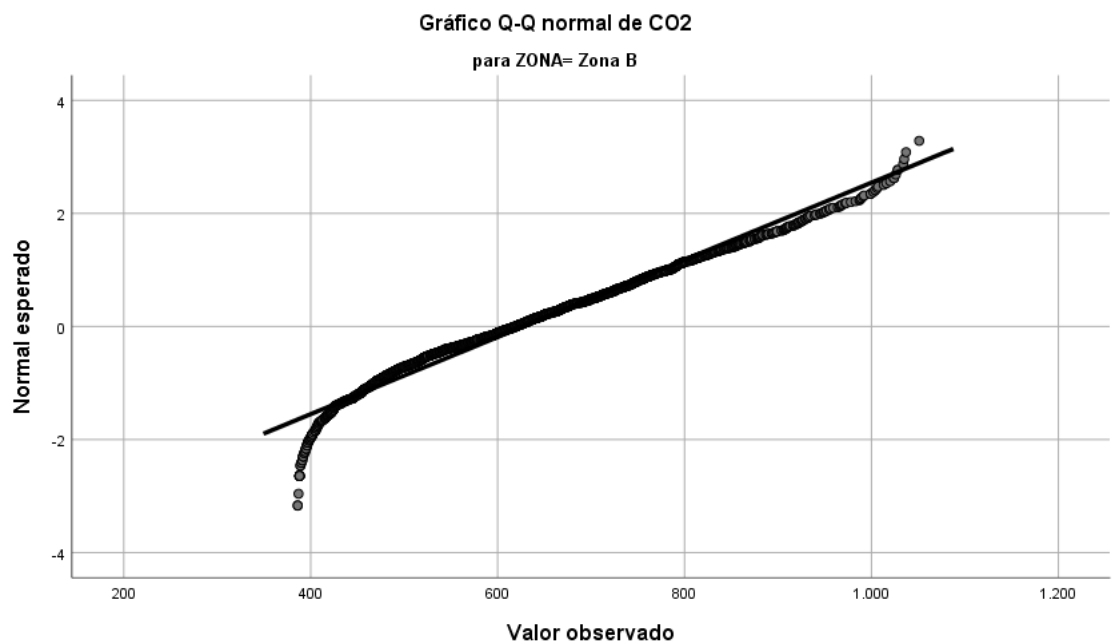
variabilidad moderada en los niveles de TVOC. La distribución está sesgada hacia valores más altos (asimetría de 2.460) y tiene una curtosis alta (13.716), indicando una distribución puntiaguda con valores concentrados alrededor de la media.

HCHO muestra una media de 0.02272 mg/m^3 en la Zona B durante la noche, con una distribución que también está sesgada hacia valores más altos (asimetría de 2.460) y tiene una curtosis alta (13.716). La varianza es baja (0.000), lo que indica una concentración constante de formaldehído en este período, similar a los resultados encontrados para TVOC.

Estos datos resaltan las diferencias en la distribución y variabilidad de cada contaminante en la Zona B durante la noche, proporcionando información valiosa para la evaluación de su impacto ambiental y la implementación de medidas adecuadas de control y mitigación.

Figura 25

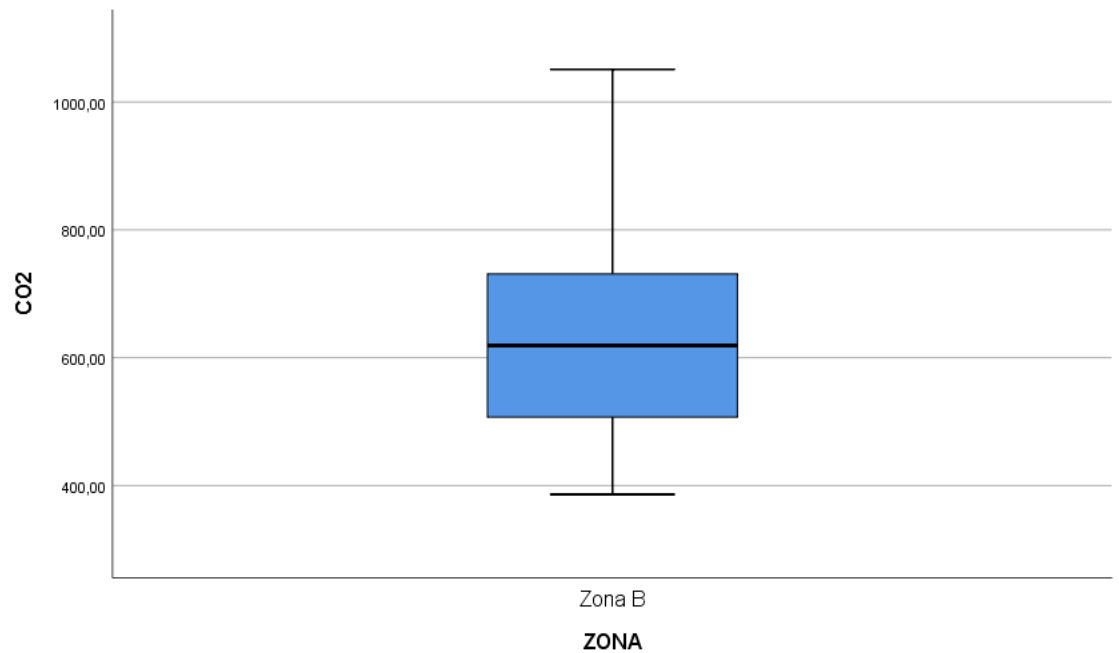
Gráfico Q-Q normal de CO2 zona B



Fuente: SPSS v26

Figura 26

Diagrama de cajas de CO2 zona B



Fuente: SPSS v26

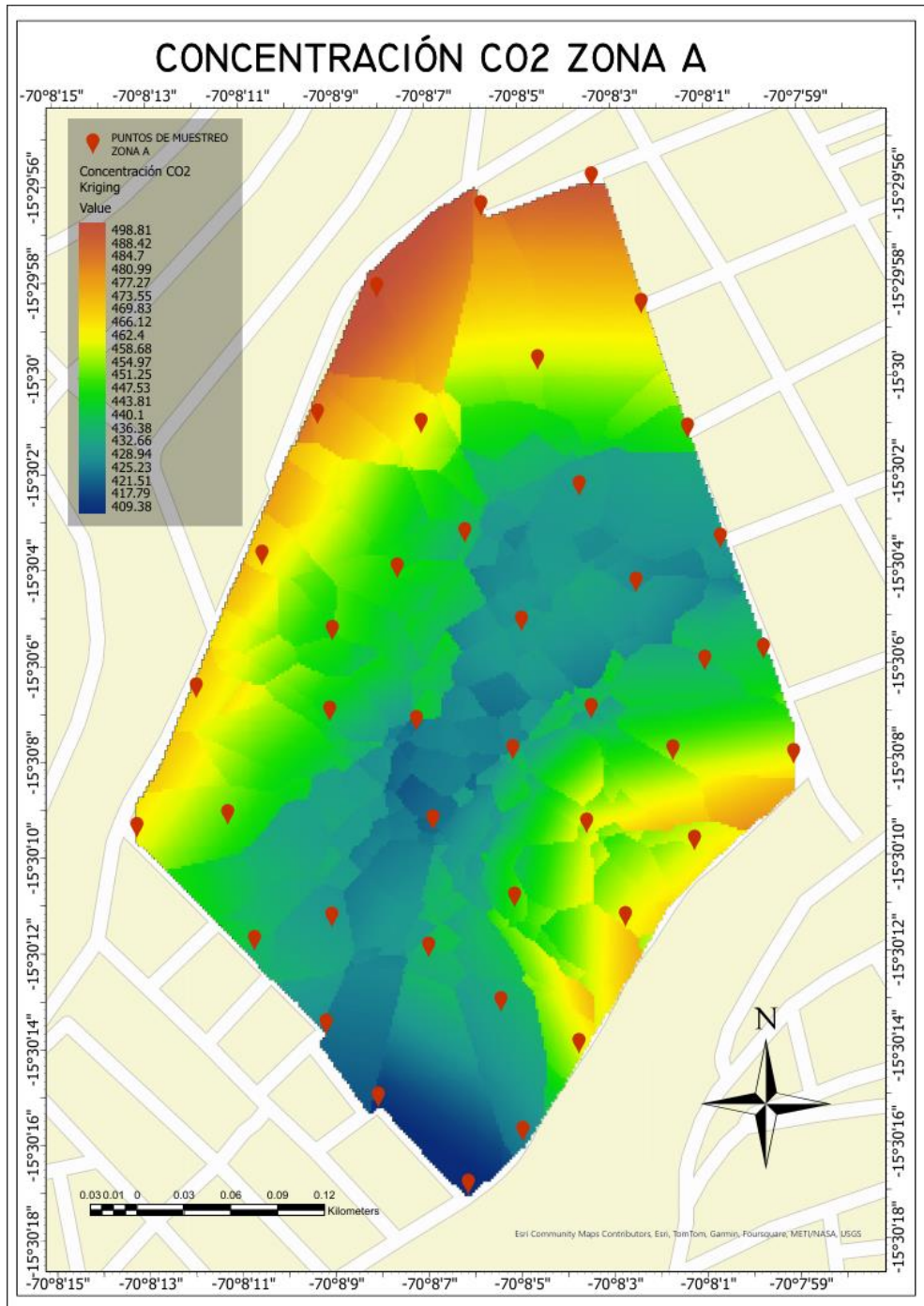
El gráfico muestra la distribución de CO2 en la Zona B que la mediana: Cerca de 600 unidades, además el rango total va entre 400 y 1050 ppm aproximadamente, el 50% central de los datos se encuentra entre 500 y 725 ppm, hay ligera asimetría hacia valores altos, variabilidad considerable con algunos valores extremos elevados.

En resumen, los niveles de CO2 en la Zona B se concentran alrededor de 600 unidades, pero muestran una amplia variación, con algunos picos notables en el extremo superior.

4.1.6. Mapas de interpolación Kriging

Figura 27

Concentración CO₂ zona A General



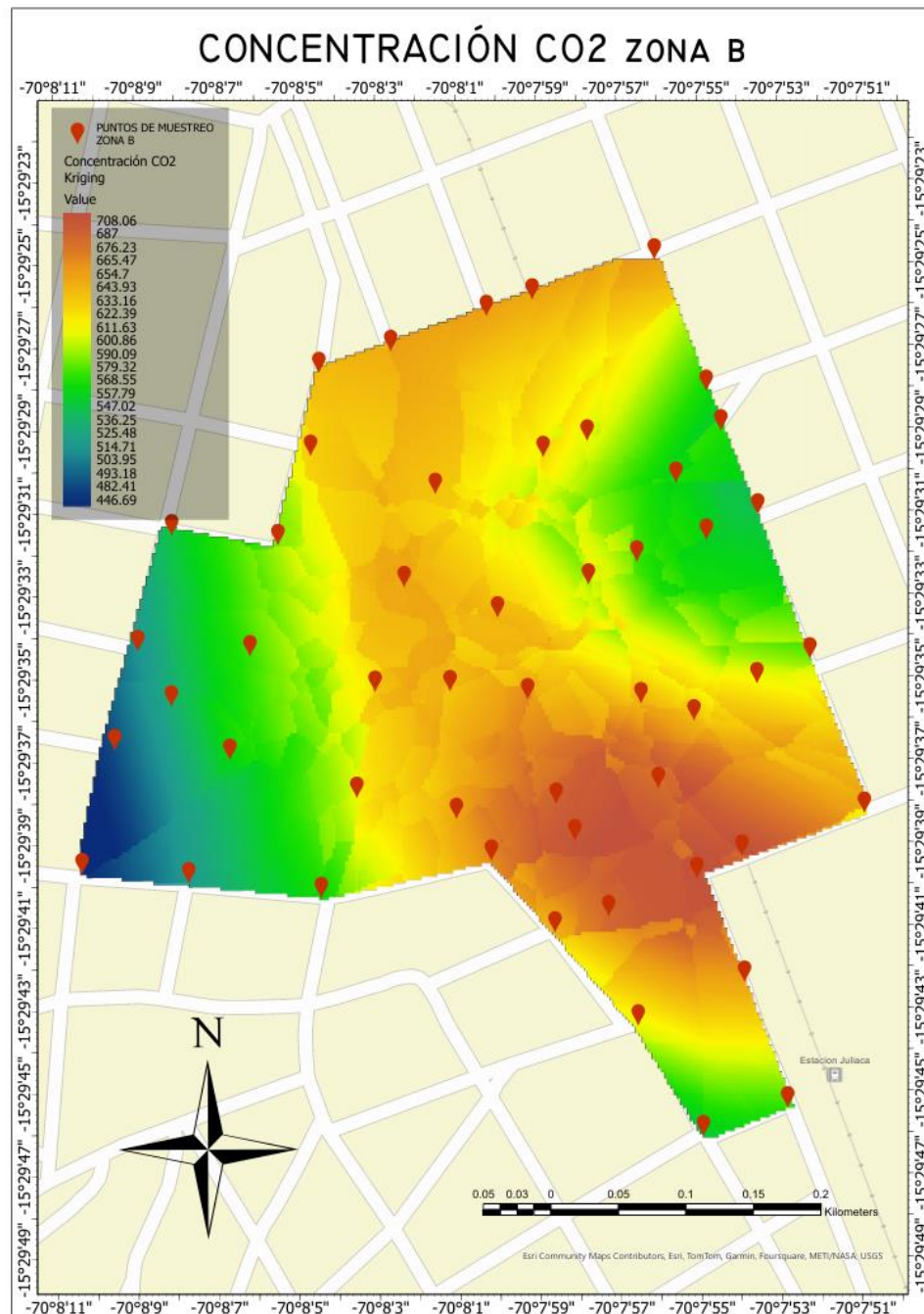
Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El mapa muestra la concentración de CO₂ en la Zona A con variaciones significativas: Niveles más bajos en el centro-sur (azul), concentraciones más altas

en los bordes, especialmente al norte (rojo), rango aproximado: 409-499 ppm, puntos rojos indican sitios de muestreo.

Figura 28

Concentración CO2 zona B General



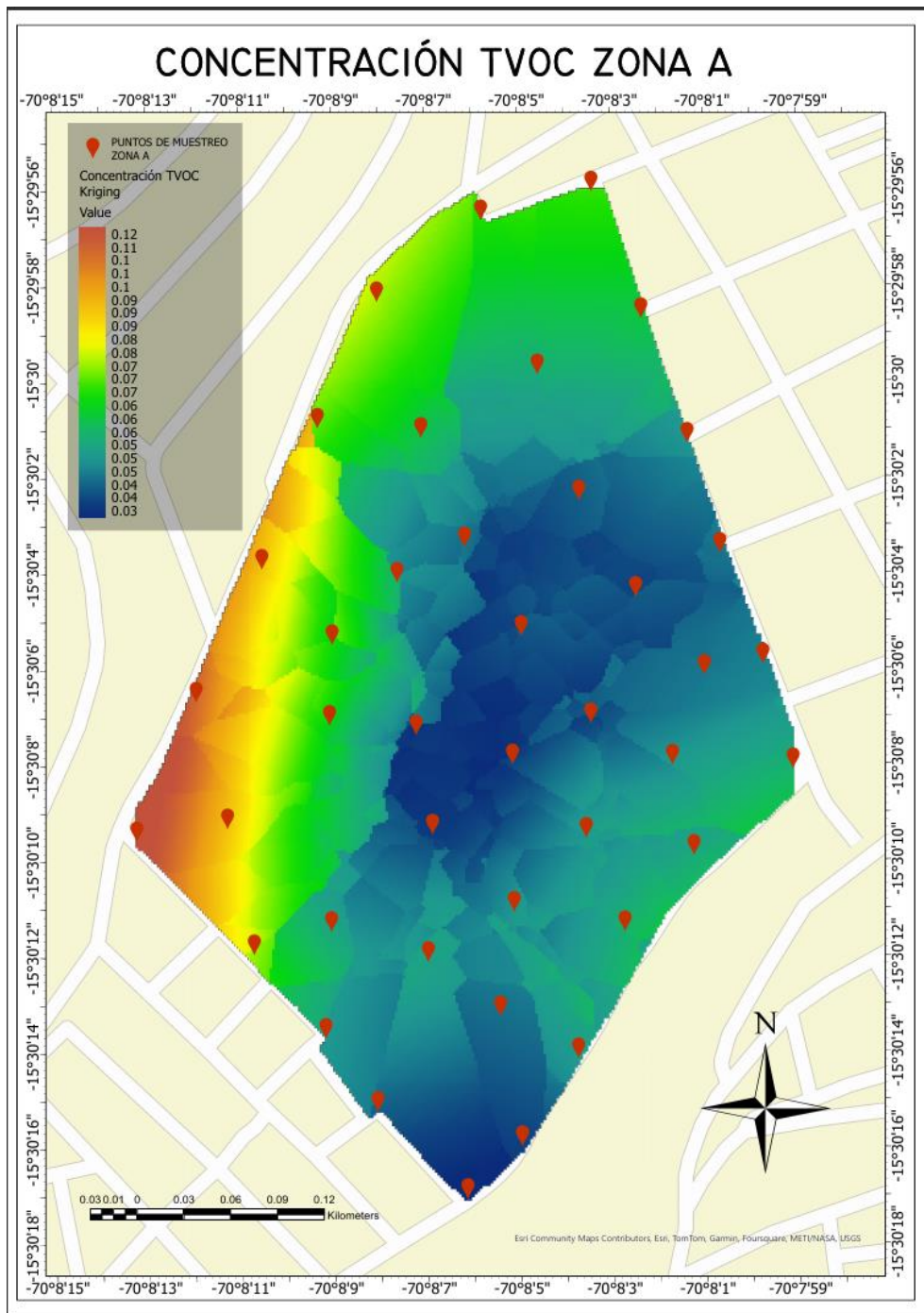
Fuente: ArcGIS Pro v3.18



El mapa muestra la concentración de CO₂ en la Zona B con variaciones significativas: Niveles más bajos en el borde oeste (azul), concentraciones más altas en centro (rojo), rango aproximado: 446-708 ppm, puntos rojos indican sitios de muestreo.

Figura 29

Concentración TVOC zona A General



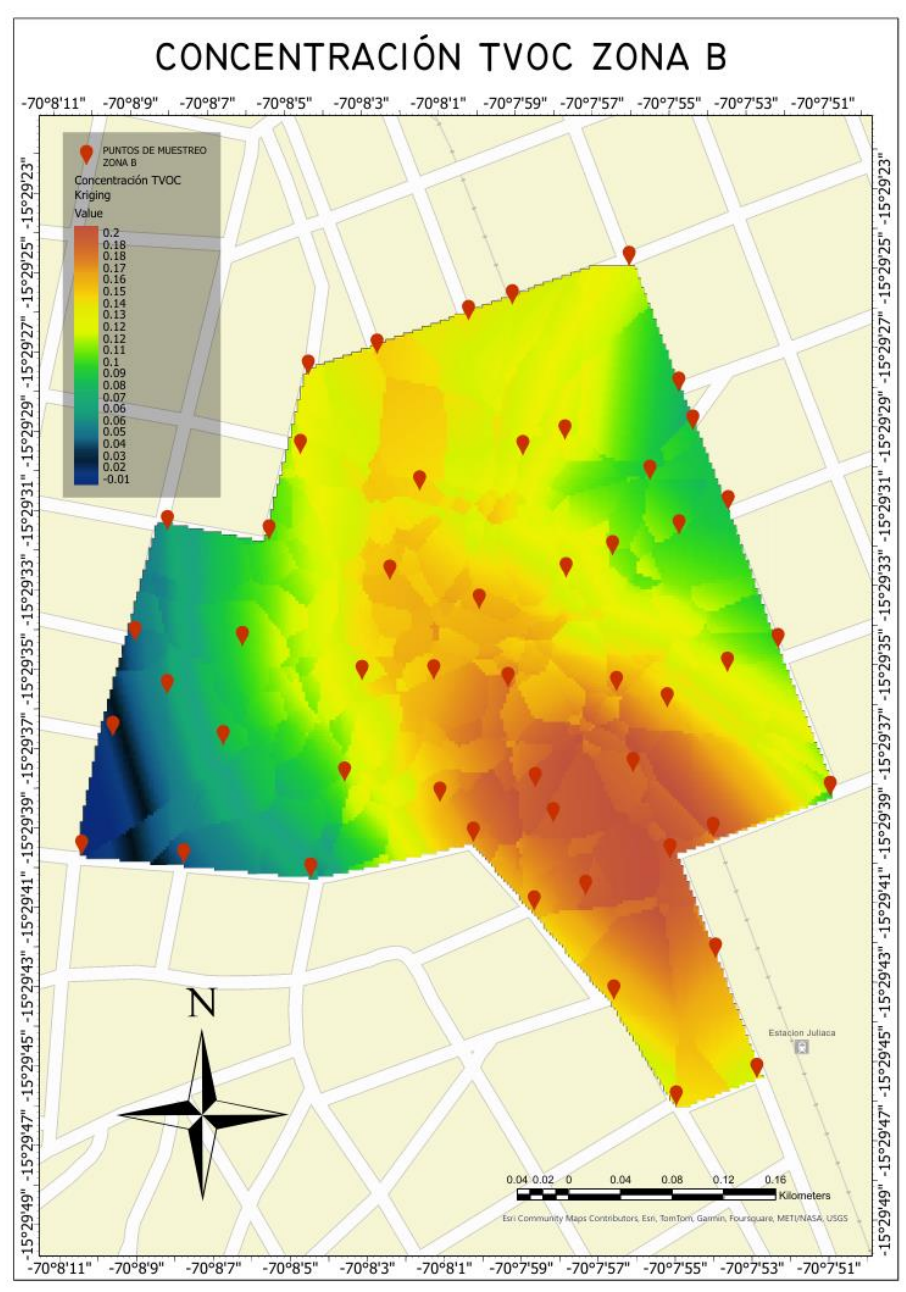
Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El mapa muestra la concentración de TVOC en la Zona A con variaciones significativas: Niveles más bajos en el centro (azul), concentraciones más altas en

reducido borde (rojo) al oeste, rango aproximado: 0,03-0,12 mg/m³, puntos rojos indican sitios de muestreo.

Figura 30

Concentración TVOC zona B General



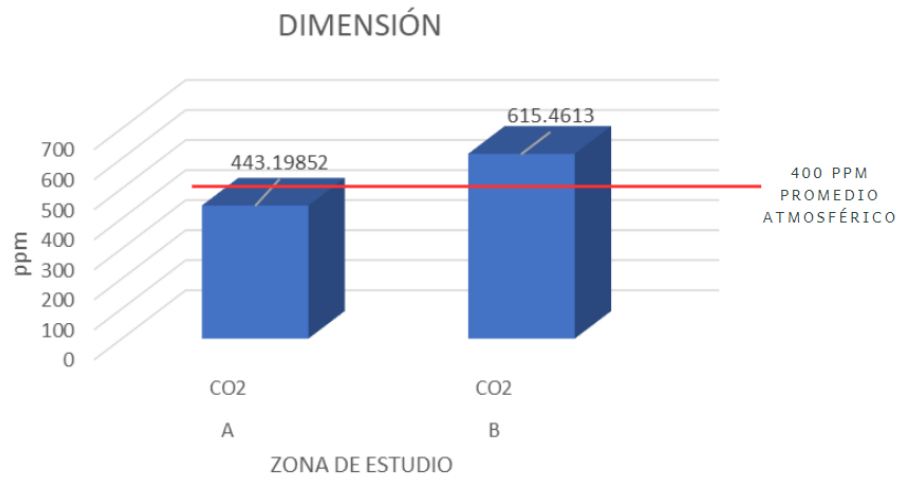
Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El mapa muestra la concentración de TVOC en la Zona B con variaciones significativas: Niveles más bajos en el borde (azul), concentraciones más altas en

altas en reducido borde (rojo) al este, rango aproximado: 0,0-0,02 mg/m³, puntos rojos indican sitios de muestreo.

Figura 32

Gráfico de Barras de Dimensión para CO₂ en las Zonas de Estudio



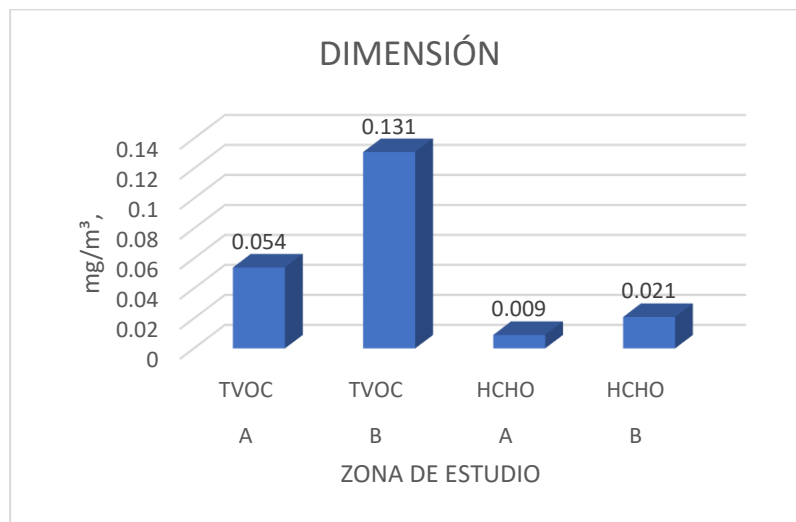
Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico muestra las diferencias de la concentración de CO₂ entre las zonas A y B, donde la Zona B es en 200 ppm aproximadamente más que la Zona A.

Gráfico de Barras de Dimensión para TVOC y HCHO en las Zonas de Estudio

Figura 33

Gráfico de Barras de Dimensión para TVOC y HCHO en las Zonas de Estudio



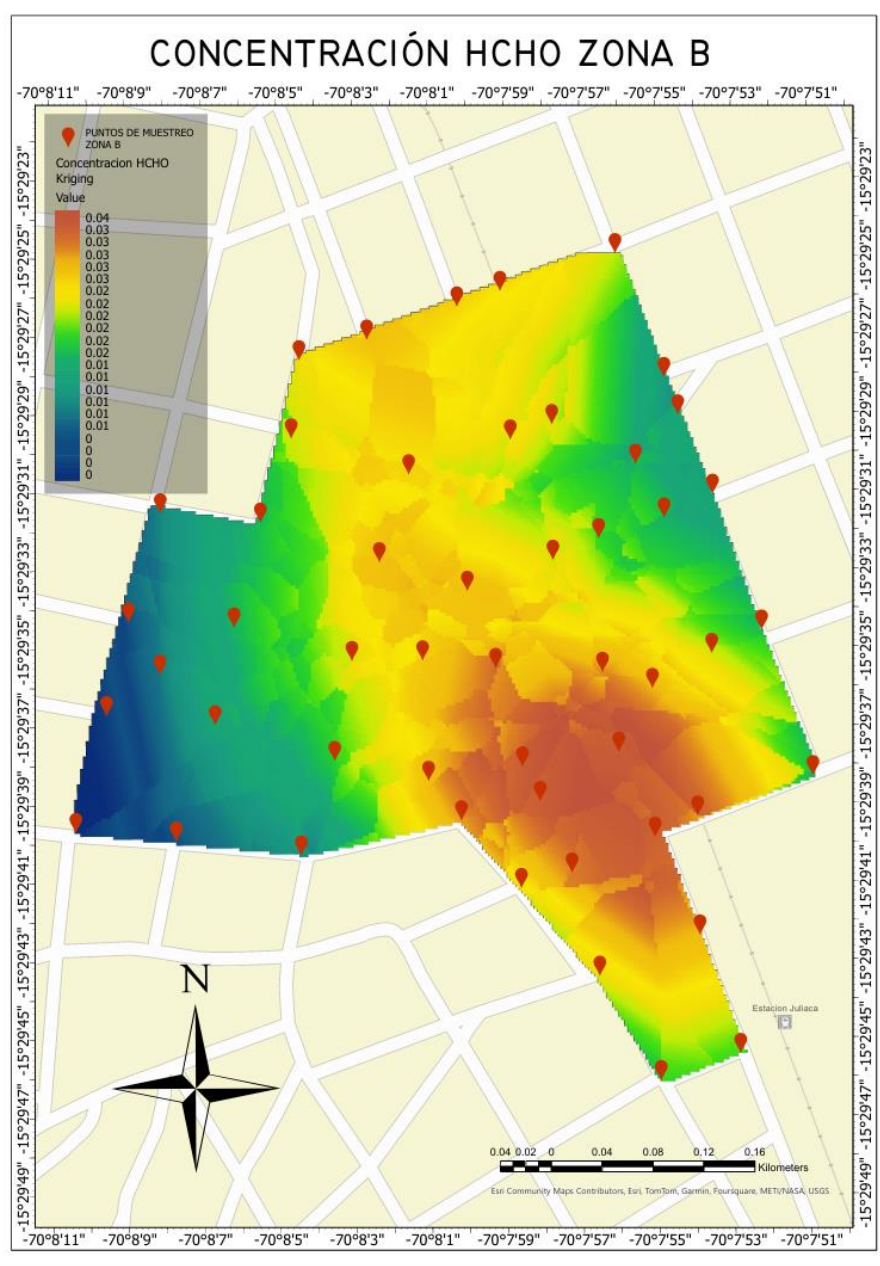
Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico muestra las diferencias de la concentración de TVOC, HCHO entre las zonas A y B, donde en la Zona B ambos contaminantes son mayores respecto a la Zona A. Sin embargo, el promedio de estos contaminantes no llega a superar límites establecidos por las normativas.

Por otro lado, de acuerdo a la figura 24 Concentración HCHO Zona B General, podemos apreciar áreas rojas con una concentración de 0.04, y según (ACGIH) el límite es de 0.03 ppm (0.038 mg/m³), evidenciando que hay áreas que llegan a pasar el límite normativo establecido. De acuerdo a la imagen, la zona roja representa alrededor del 10-15% del total de la zona coloreada. La leyenda muestra que los tonos rojos indican las concentraciones más altas de HCHO (formaldehído) en la zona B, mientras que los tonos amarillos y verdes representan concentraciones menores.

Figura 34

Concentración HCHO Zona B General



Fuente: ArcGIS Pro v3.18

4.1.7. Análisis estadístico de los contaminantes atmosféricos

El estudio exhaustivo de los contaminantes atmosféricos (CO₂, TVOC y HCHO) en el sector urbano VI de Juliaca, a través de análisis estadísticos, gráficos y mapas de kriging, revela un panorama complejo y multifacético de la calidad del aire en la zona.



Hallazgos Principales:

Variabilidad Espacial: Los mapas de kriging evidencian una marcada heterogeneidad en la distribución espacial de los contaminantes. La Zona A presenta una variabilidad más pronunciada, con focos localizados de alta concentración, especialmente para TVOC y HCHO. En contraste, la Zona B muestra una distribución más uniforme, pero con niveles generalmente más elevados de contaminantes.

Patrones Temporales: Los análisis estadísticos y gráficos Q-Q revelan variaciones diurnas en las concentraciones de contaminantes. Se observa una tendencia hacia concentraciones más elevadas durante los períodos de tarde y noche, particularmente para TVOC y HCHO.

Desviaciones de la Normalidad: Las distribuciones de los contaminantes muestran desviaciones significativas de la normalidad, con asimetrías positivas y presencia de valores atípicos, especialmente en los extremos superiores. Esto sugiere la ocurrencia de eventos episódicos de alta contaminación.

Influencia Climática: Los mapas de kriging para condiciones soleadas y ventosas revelan cómo las condiciones meteorológicas afectan la distribución de contaminantes. Los días soleados presentan mayor variabilidad espacial, mientras que los días ventosos muestran una distribución más homogénea.

Diferencias entre Zonas: La Zona B presenta consistentemente niveles más altos de contaminantes que la Zona A, sugiriendo diferencias significativas en las fuentes de emisión o en las condiciones de dispersión atmosférica entre ambas áreas.

4.1.8. Discusión

El estudio detallado de los contaminantes atmosféricos (CO₂, TVOC y HCHO) en el sector urbano VI de Juliaca ha permitido identificar patrones de distribución y variabilidad que dependen tanto de la ubicación geográfica como de los periodos del día (mañana, tarde, noche). Se han observado diferencias significativas en la calidad del aire entre diferentes áreas y momentos del día, destacando la complejidad de la situación ambiental en la zona.

En particular, se encontró que las concentraciones de HCHO y TVOC en algunas áreas exceden los límites recomendados. Según el Decreto Supremo N° 015-2005-SA, el límite de exposición a corto plazo (STEL) para HCHO es de 0.3 ppm (o 0.37 mg/m³). Los resultados muestran que, en ciertas áreas, las concentraciones de HCHO superaron este límite, alcanzando hasta 0.5 mg/m³ en momentos puntuales, lo que representa un riesgo significativo para la salud.

Respecto al CO₂, la normativa del MINSA establece que una concentración superior a 400 ppm por encima del valor inicial indica una ventilación inadecuada, lo que podría requerir intervención. En Juliaca, se observaron concentraciones que en algunas zonas superaron en más de 450 ppm el nivel basal, incluso llegando hasta 1000 ppm, lo que sugiere la urgente necesidad de mejorar la ventilación y la calidad del aire en esas áreas.

Lillesand, Kiefer, y Chipman (2015) enfatizan la importancia del análisis espacial, como el uso de mapas de kriging, para identificar la heterogeneidad en la distribución de contaminantes. Este enfoque es evidente en la marcada variabilidad espacial observada entre las Zonas A y B, lo que refleja cómo factores geográficos y estructurales influyen en la distribución de la contaminación. Según

Longley et al. (2015), los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten un análisis más profundo de estos patrones espaciales y su relación con la infraestructura urbana y la cobertura vegetal.

Adicionalmente, los patrones temporales revelan que las concentraciones de TVOC y HCHO tienden a aumentar durante la tarde y la noche, sugiriendo que las condiciones meteorológicas y la actividad humana juegan un papel crucial en la dispersión de contaminantes. Esto se alinea con los estudios de Gilbert (1987) sobre el muestreo ambiental, que destacan la importancia de considerar las variaciones diurnas al evaluar la calidad del aire.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA TIPOLOGÍA DE ÁREAS VERDES URBANAS

4.2.1. Dimensión del tipo de áreas verdes por zona

Tabla 13

Tabla de Dimensión de Áreas Verdes por Tipo

| ZONA | TIPO | DIMENSION N | UNIDAD |
|------|---------|----------------|--------|
| A | CESPED | 13351 | m2 |
| A | ARBOLES | 106 | unidad |
| A | ARBUSTO | 1118 | unidad |
| B | CESPED | 2670 | m2 |
| B | ARBOLES | 29 | unidad |
| B | ARBUSTO | 184 | unidad |

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1. Zona A

Césped: Con 13,351 m², la zona A cuenta con una amplia cobertura de césped, lo cual sugiere grandes áreas recreativas o de esparcimiento.

Árboles: La zona A tiene 106 árboles, indicando una distribución moderada, probablemente en calles, parques, o jardines.

Arbustos: Hay 1,118 arbustos en la zona A, lo que indica una alta densidad, posiblemente utilizada para cercas naturales, jardines ornamentales, o barreras visuales.

4.2.1.2. Zona B

Césped: Con 2,670 m², la zona B tiene una menor cobertura de césped comparada con la zona A, sugiriendo áreas verdes más pequeñas o menos desarrolladas.

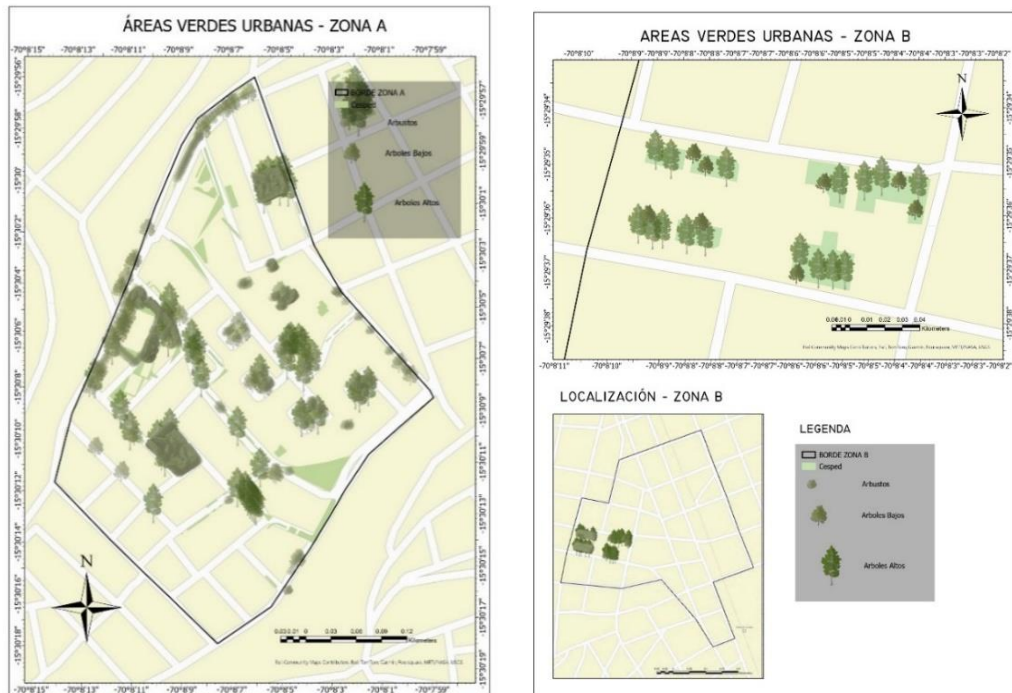
Árboles: La zona B posee solo 29 árboles, lo que implica una menor presencia arbórea, menos sombra y potencialmente menos biodiversidad.

Arbustos: Con 184 arbustos, la zona B también tiene una densidad de arbustos menor que la zona A, indicando menos vegetación baja.

4.2.1.3. Mapa del tipo de áreas verdes presente en las zonas de estudio:

Figura 35

Áreas verdes presente en las Zona A de Estudio

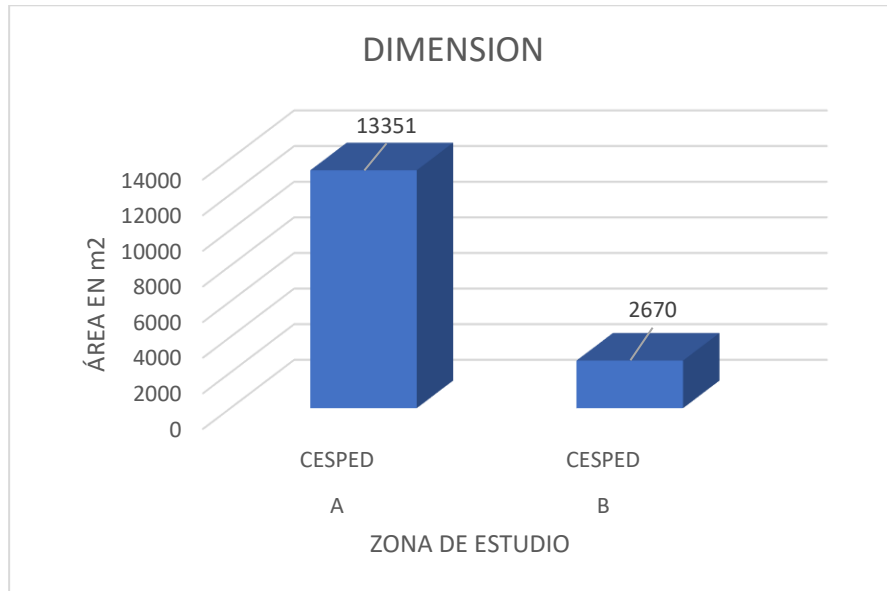


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

4.2.1.4. Gráfico de barras de dimensión para césped en las zonas de estudio

Figura 36

Gráfico de Barras de Dimensión para Césped en las Zonas de Estudio

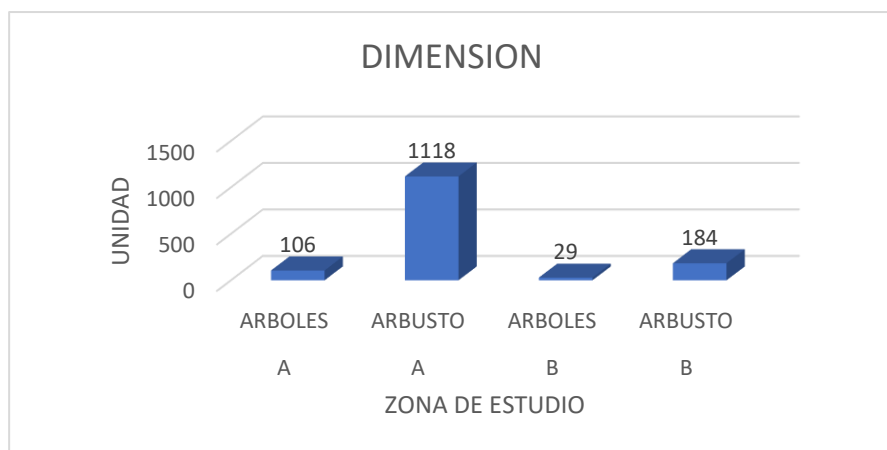


Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico muestra las diferencias en la cobertura de césped entre las zonas A y B.

Figura 37

Gráfico de Barras de Dimensión para Árboles y Arbustos en las Zonas de Estudio



Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico compara la cantidad de árboles y arbustos en las zonas A y B, destacando las diferencias en la cantidad de vegetación individual.

4.2.2. Distribución áreas verdes por zona según INAPMAS

Tabla de distribución de áreas verdes por tipo, según Instituto Nacional de Protección del Medio Ambiente para la Salud

Tabla 14

Distribución de áreas verdes por tipo

| ZONA | TIPO | CANTIDAD | AREA TOTAL |
|------|--------------|----------|---------------------|
| A | PLAZUELAS | 6 | 2402 m ² |
| A | PLAZAS | 3 | 3950 m ² |
| A | PARQUE LOCAL | 4 | 9700 m ² |
| B | PLAZAS | 1 | 3350 m ² |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1. Zona A

Plazuelas: La zona A cuenta con 6 plazuelas que suman un área total de 2,402 m². Estas áreas pequeñas tienen el fin de recreación pasiva con actividades recreativas menores y mejorar el entorno urbano de acuerdo al INAPMAS.

Plazas: Hay 3 plazas en la zona A con un área total de 3,950 m². Las plazas son áreas destinadas para fines cívicos y recreativos que pueden albergar eventos comunitarios y proporcionar espacio para el esparcimiento.

Parques Locales: La zona A tiene 4 parques locales que ocupan un área total de 9,700 m². Estos parques son esenciales para actividades

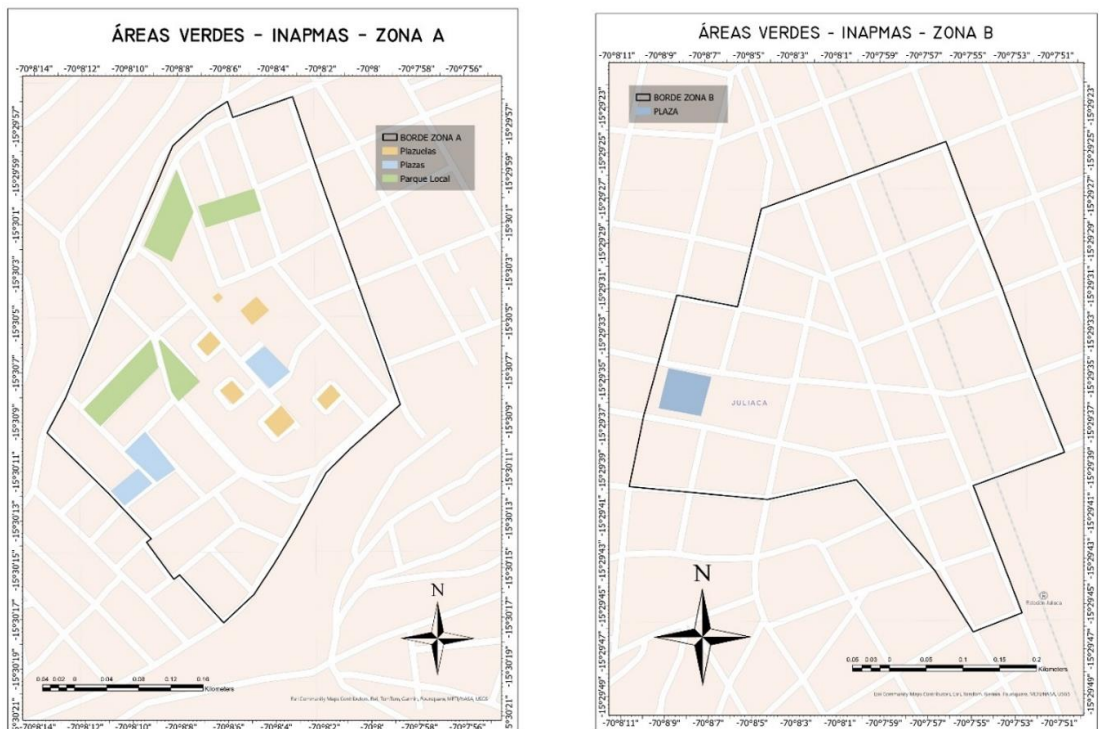
recreativas más amplias, ejercicio y contacto con la naturaleza según INAPMAS.

4.2.2.2. Zona B

Plazas: En la zona B hay 1 plaza con un área total de 3,350 m². Aunque hay menos plazas en comparación con la zona A, el área de esta única plaza es significativa y puede servir como un centro de actividades comunitarias y recreativas.

Figura 38

Mapa de Distribución de Áreas verdes presente en las Zonas de Estudio

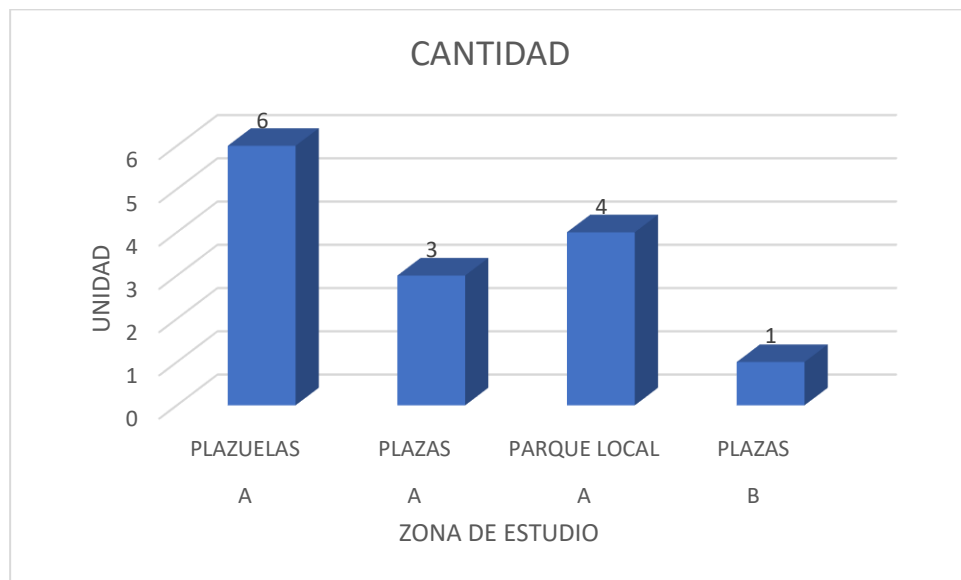


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

En la figura tal se puede apreciar la distribución de las áreas verdes según INAPMAS.

Figura 39

Gráfico de Barras de la cantidad de áreas verdes en las Zonas de Estudio



Fuente: Elaboración Propia

Zona A: Muestra una mayor diversidad y cantidad de áreas verdes, con múltiples plazuelas, plazas y parques locales, sumando un área considerable para el esparcimiento y recreación de los residentes.

Zona B: Aunque cuenta con menos variedad en los tipos de áreas verdes, la única plaza tiene un área considerable, sugiriendo que puede ser un punto central para la comunidad. La menor cantidad y variedad de áreas verdes en esta zona indica una menor infraestructura verde comparada con la zona A.

4.2.3. Tipología de áreas verdes por zona

Tabla 15

Tipología de árboles Zona A

| ZONA | TIPO | NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | CANTIDAD |
|------|-------|---------------|-----------------------|----------|
| A | Árbol | Anacardiáceas | Schinus molle (molle) | 4 |

| ZONA | TIPO | NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | CANTIDAD |
|-------|-------|-------------------|----------------------------------|----------|
| A | Árbol | Chachacomo | Escallonia resinosa | 6 |
| A | Árbol | Meliáceas | Cedrela lilloi (cedro de altura) | 11 |
| A | Árbol | Capuli | Prunus serotina | 15 |
| A | Árbol | Pino laricio | Pinus nigra | 25 |
| A | Árbol | Cancro del ciprés | Seiridium unicornne | 36 |
| A | Árbol | Acacia | Acacia ampliceps | 6 |
| A | Árbol | Eucalipto | Eucalyptus camaldulensis | 3 |
| TOTAL | | | | 106 |

Fuente: Elaboración Propia

La zona A presenta una amplia diversidad de especies arbóreas con un total de 8 tipos diferentes de árboles. Con las principales especies: Pinus nigra (Pino Laricio): 25 árboles, la especie más numerosa en esta zona. Seiridium unicornne (Cancro del Ciprés): 36 árboles, también muy común.

Tabla 16

Tipología de arbustos Zona A

| ZONA | TIPO | NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | CANTIDAD |
|------|---------|---------------------|----------------------------|----------|
| A | Arbusto | Altramuz del diablo | Anagyris foetida | 857 |
| A | Arbusto | Budlejáceas | Buddleja coriacea (c'olle) | 128 |
| A | Arbusto | Caprifoliáceas | Sambucus nigra (sauco) | 64 |
| A | Arbusto | Geranio | Pelargonium peltatum | 35 |
| A | Arbusto | Formio | Phormium tenax | 15 |
| A | Arbusto | Alhelí | Matthiola incana, | 12 |
| A | Arbusto | Cala de etiopía | Zantedeschia aethiopica | 7 |



TOTAL 1118

Fuente: Elaboración Propia

La zona A también muestra una significativa diversidad de arbustos, con 7 tipos diferentes encontrados en la Zona de Estudio. Teniendo las principales especies: Anagyris foetida (Altramuz del Diablo): 857 arbustos, la especie dominante, Buddleja coriacea (C'olle): 128 arbustos, Sambucus nigra (Sauco): 64 arbustos.

Tabla 17

Tipología de árboles Zona B

| ZONA | TIPO | NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | CANTIDAD |
|-------|-------|-------------------|--------------------|----------|
| B | Árbol | Pino laricio | Pinus nigra | 18 |
| B | Árbol | Cancro del cipres | Seiridium unicorna | 11 |
| TOTAL | | | | 29 |

Fuente: Elaboración Propia

La zona B tiene una menor diversidad y cantidad de especies arbóreas con Pinus nigra (Pino Laricio): 18 árboles. Seiridium unicorna (Cancro del Ciprés): 11 árboles.

Tabla 18

Tipología de arbustos Zona B

| ZONA | TIPO | NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | CANTIDAD |
|------|---------|---------------------|-------------------|----------|
| B | Arbusto | Altramuz del diablo | Anagyris foetida | 184 |

Fuente: Elaboración Propia

En la zona B, solo se encuentra una especie de arbusto: Anagyris foetida (Altramuz del Diablo): 184 arbustos.



Además, de las especies presentes en las Zonas de Estudio podemos recalcar que:

- Altramuz del Diablo (*Anagyris foetida*):

Propiedades: Resistente a la sequía y de bajo mantenimiento. Ideal para condiciones áridas como las de Juliaca, puede prosperar con poca agua.

- Buddleja Coriacea (C'olle):

Propiedades: Atrae mariposas y otros polinizadores. Contribuye a la biodiversidad urbana y mejora la calidad del aire al atraer polinizadores.

- Geranio (*Pelargonium peltatum*):

Propiedades: Tolerante a condiciones variables de luz y agua. Su capacidad de adaptación lo hace adecuado para áreas urbanas donde las condiciones pueden ser cambiantes.

- Caléndula (*Matthiola incana*):

Propiedades: Floración abundante y resistencia a la contaminación atmosférica. Aporta color y vida, además de ser resistente a los efectos adversos del ambiente urbano.

4.2.4. Análisis estadístico

Cobertura de Césped y Dimensiones Recreativas: La Zona A exhibe una mayor cobertura de césped, indicativa de áreas recreativas más extensas como plazas y parques locales, en contraste con la Zona B que tiene una menor extensión de áreas verdes.

Distribución y Biodiversidad Vegetal: La Zona A supera a la Zona B en términos de cantidad y diversidad de árboles y arbustos. Esto sugiere una



vegetación más densa y biodiversa, con especies adaptadas localmente como el Molle y el Cedro de altura, que son beneficiosas para el clima y el entorno urbano de Juliaca.

4.2.5. Discusión

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico destacan diferencias significativas en la tipología de las áreas verdes entre las Zonas A y B del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca. Estas diferencias confirman la hipótesis alternativa (H1), que establece que la planificación urbana y el desarrollo socioeconómico influyen de manera determinante en la configuración de las áreas verdes urbanas. Específicamente, la Zona A, con una mayor cobertura de césped y biodiversidad vegetal, refleja una planificación más orientada hacia el desarrollo de espacios recreativos extensos y biodiversos, en contraste con la Zona B, que presenta una menor extensión y diversidad en sus áreas verdes.

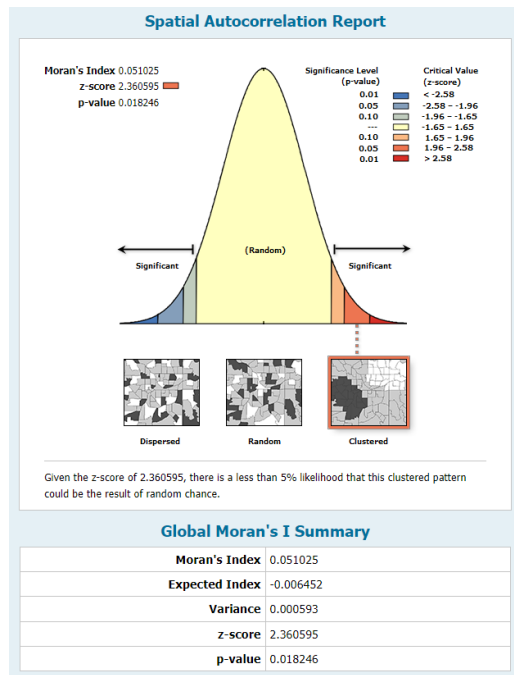
La literatura científica respalda la importancia de las áreas verdes en la mejora de la calidad de vida urbana, tal como lo sugieren estudios previos que han demostrado que los entornos naturales pueden impactar positivamente en la salud. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) subraya la necesidad de al menos un árbol por cada tres habitantes y entre 10 a 15 metros cuadrados de espacio verde por habitante para asegurar una calidad del aire adecuada en las ciudades. Estos estándares ponen en evidencia la insuficiencia de áreas verdes en la ciudad de Juliaca, que, según el Plan de Desarrollo Urbano (PDU), requiere 300 hectáreas adicionales de equipamiento recreacional.

4.3. RELACIÓN DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS EN LA REDUCCIÓN DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

4.3.1. Test de Moran

Figura 40

Test de moran Área verde - césped zona A general

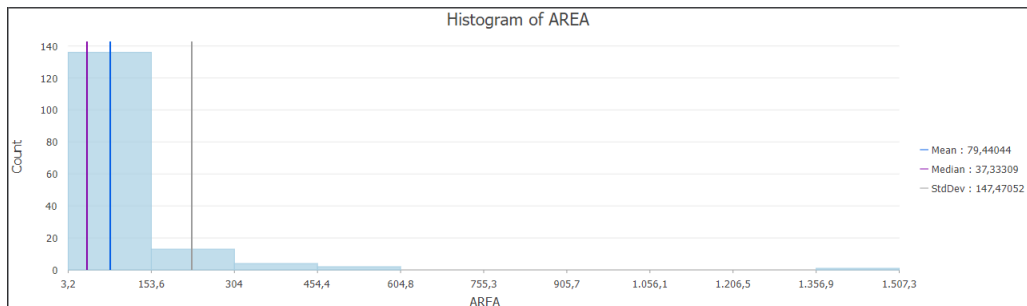


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Test de Moran para las áreas verdes (césped) en la Zona A General revela la presencia de autocorrelación espacial significativa. Esto sugiere que las áreas verdes no están distribuidas aleatoriamente en esta zona. En cambio, hay agrupaciones donde las áreas verdes tienden a estar cerca unas de otras, indicando posibles patrones de planificación o factores ambientales comunes que influyen en su distribución.

Figura 41

Histograma de análisis LISA Césped zona A

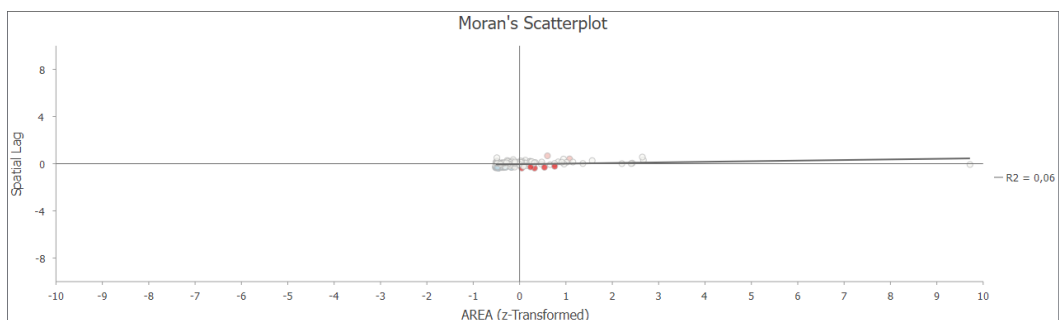


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

La mayoría de las áreas se concentran entre 3.2 y 153.6 unidades cuadradas, hay una fuerte asimetría positiva, con pocas áreas grandes, la media (79.44) es mayor que la mediana (37.33), confirmando esta asimetría, la desviación estándar es alta (147.47), indicando gran variabilidad en los tamaños y hay pocos casos de áreas muy grandes, representados por las barras bajas a la derecha. En resumen, la mayoría de las áreas de césped son pequeñas, con algunos casos excepcionales de áreas mucho más grandes.

Figura 42

Scatterplot de Moran del Análisis LISA



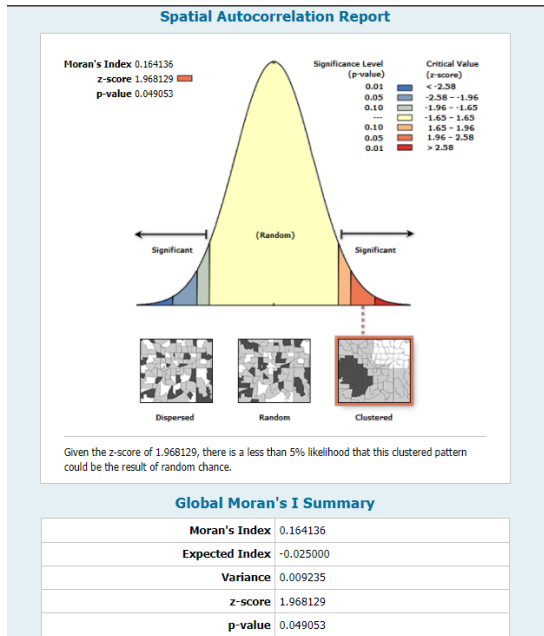
Fuente: ArcGIS Pro v3.18

La mayoría de los puntos se concentran cerca del origen (0,0). Hay poca dispersión, indicando baja variabilidad espacial. No se observa un patrón claro de agrupación en cuadrantes específicos. El valor de I de Moran es 0.06, muy cercano

a cero. Esto sugiere una autocorrelación espacial débil o nula. Significando que cada área de césped tiene un tamaño independiente de sus vecinas.

Figura 43

Test de Moran CO2 zona A General

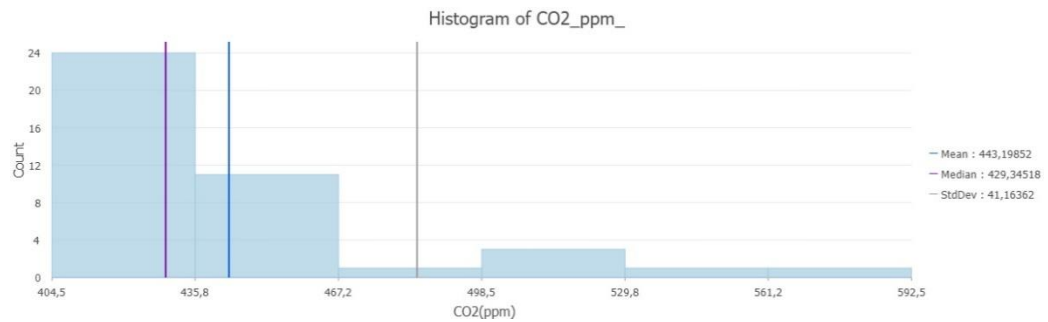


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Test de Moran para la concentración de CO2 en la Zona A General indica una autocorrelación espacial significativa. Esto implica que los niveles de CO2 no están distribuidos de manera uniforme en la zona. Es probable que existan agrupaciones de alta y baja concentración de CO2, lo cual puede estar asociado con fuentes específicas de emisión o características geográficas que afectan la dispersión del contaminante.

Figura 44

Análisis Lisa CO2 zona A General

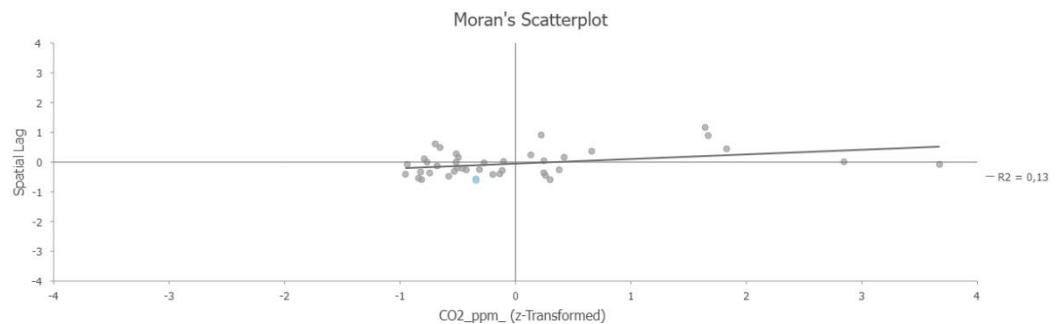


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

La distribución de CO2 es asimétrica positiva. La mayoría de los valores se concentran entre 404.5 y 467.2 ppm. La media (443.19 ppm) es mayor que la mediana (429.95 ppm), confirmando la asimetría. Hay algunos valores atípicos altos, extendiéndose hasta 592.5 ppm.

Figura 45

Scatterplot de Moran del Análisis LISA CO2 zona A General

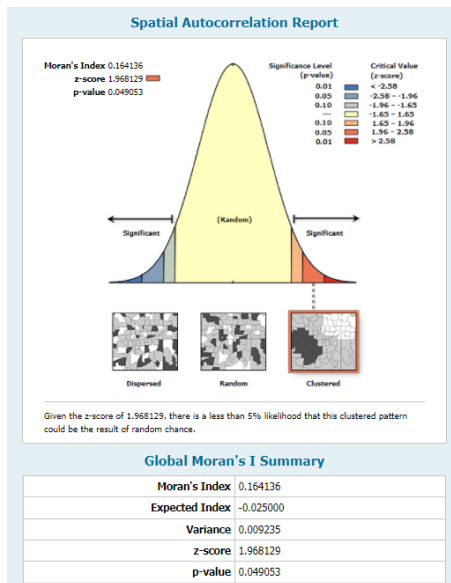


Fuente: ArcGIS Pro v3.1

Muestra una débil autocorrelación espacial positiva (I de Moran = 0.13). Los puntos están dispersos, pero con una ligera tendencia positiva. La mayoría de los puntos se agrupan cerca del centro, indicando poca variabilidad espacial.

Figura 46

Test de Moran TVOC zona A General

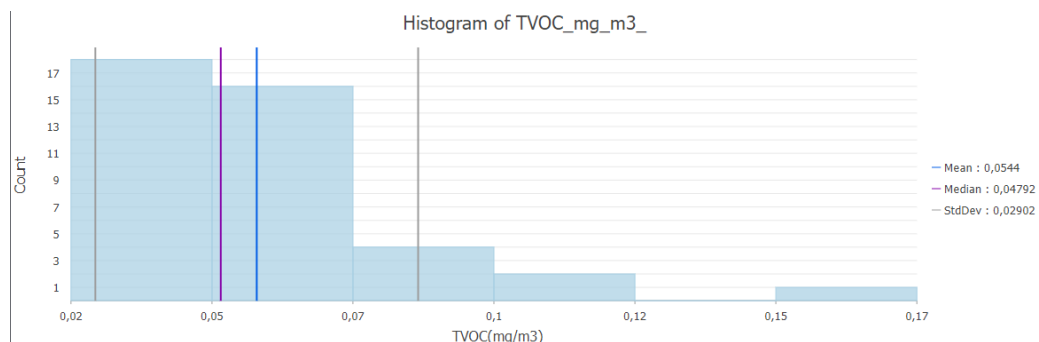


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Test de Moran para TVOC (Compuestos Orgánicos Volátiles Totales) en la Zona A General muestra una autocorrelación espacial significativa. Esto señala que las concentraciones de TVOC no están distribuidas al azar y que existen patrones espaciales donde las concentraciones similares están agrupadas. Esto puede indicar fuentes específicas de emisión o barreras naturales que limitan la dispersión de estos contaminantes.

Figura 47

Análisis LISA TVOC zona A General

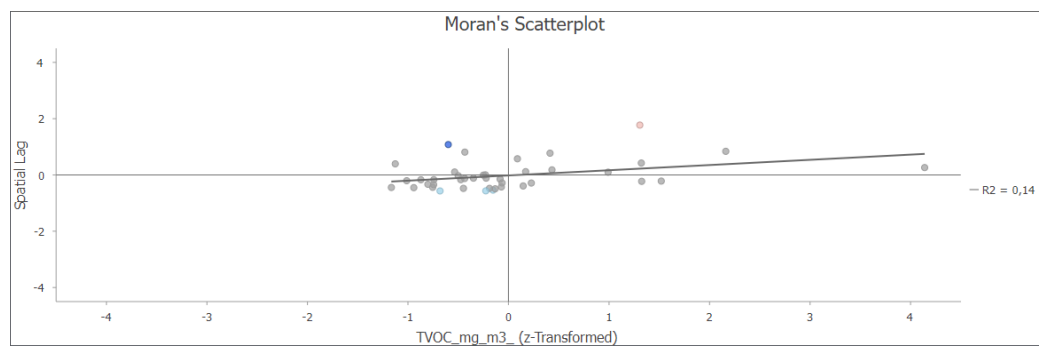


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

La distribución de concentraciones de TVOC está sesgada hacia la derecha. La mayoría de los valores se agrupan entre 0,02 y 0,07 mg/m³. La media (0,0544 mg/m³) es ligeramente superior a la mediana (0,04792 mg/m³), confirmando el sesgo a la derecha. Existen algunos valores atípicos más altos que llegan hasta aproximadamente 0,17 mg/m³.

Figura 48

Scatterplot de Moran del Análisis LISA TVOC zona A General

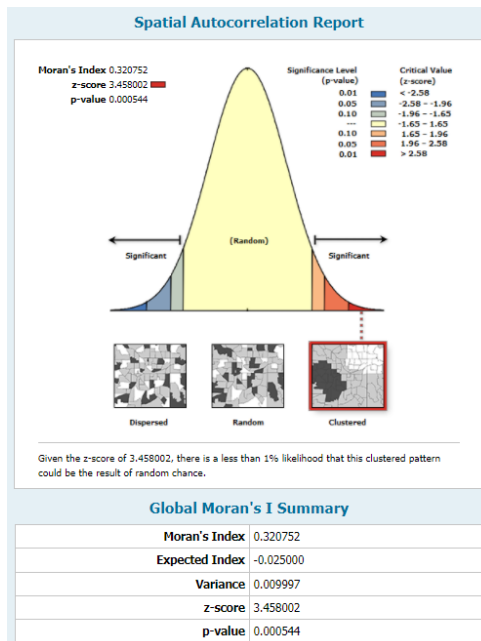


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Autocorrelación espacial positiva débil ($R^2 = 0,14$). La mayoría de los puntos se agrupan alrededor del centro, indicando poca dependencia espacial. Existen algunos valores atípicos en el cuadrante superior derecho, sugiriendo algunos grupos de altas concentraciones.

Figura 49

Test de Moran HCHO zona A General

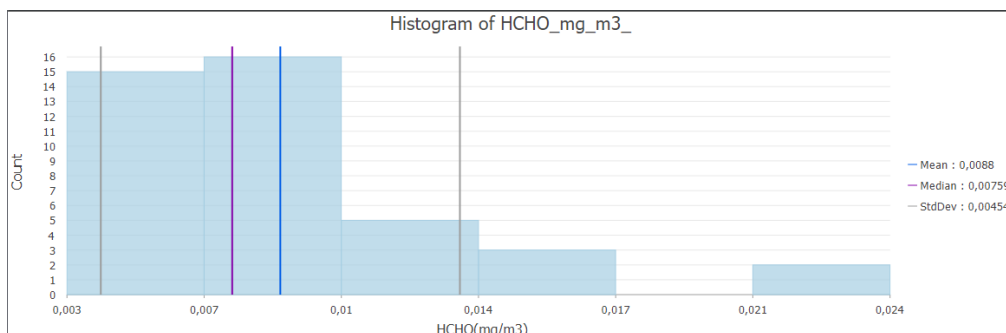


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Test de Moran para HCHO (Formaldehído) en la Zona A General indica una autocorrelación espacial significativa. La distribución del formaldehído no es aleatoria y muestra patrones de concentración. Estos patrones podrían estar influenciados por fuentes específicas de emisión o condiciones ambientales que afectan su dispersión.

Figura 50

Análisis LISA HCHO zona A General

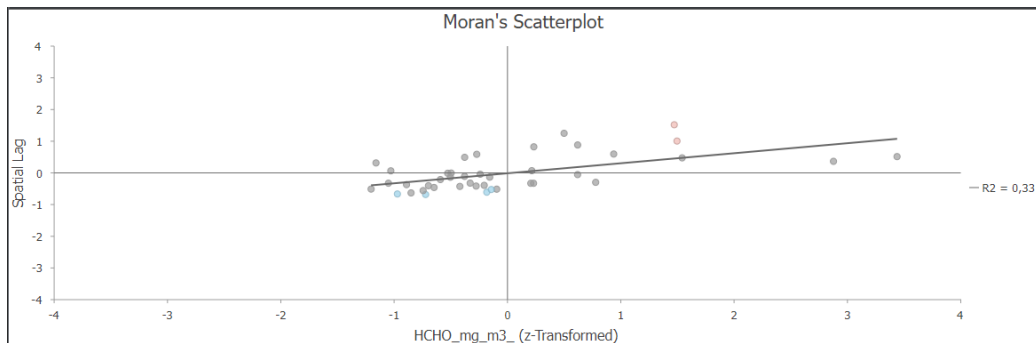


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

La distribución de HCHO está sesgada hacia la derecha. La mayoría de los valores se concentran entre 0,003 y 0,014 mg/m³. La media (0,0088 mg/m³) es ligeramente superior a la mediana (0,00759 mg/m³), confirmando el sesgo. Hay algunos valores atípicos altos, llegando hasta 0,024 mg/m³.

Figura 51

Scatterplot de Moran del Análisis LISA HCHO zona A

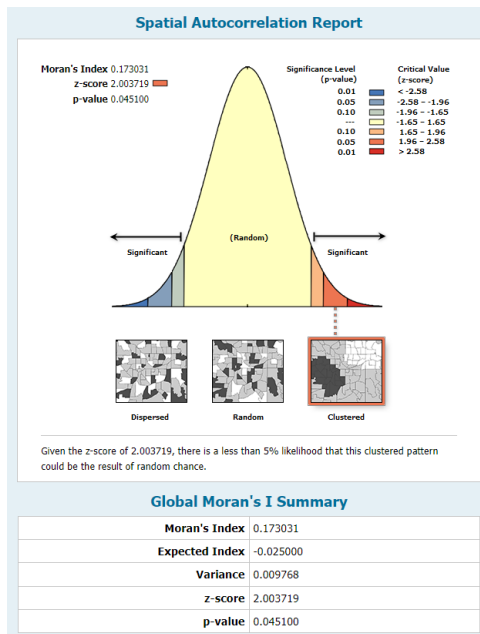


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Existe una autocorrelación espacial positiva moderada ($R^2 = 0,33$). Los puntos muestran una tendencia ascendente, indicando que valores similares tienden a agruparse espacialmente. Hay algunos puntos en los cuadrantes superior derecho e inferior izquierdo, sugiriendo agrupaciones de valores altos y bajos.

Figura 52

Test de Moran CO2 soleado zona A

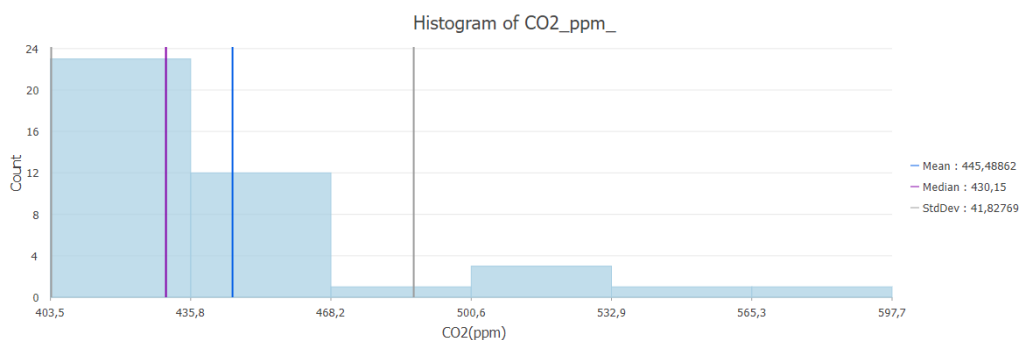


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Test de Moran para CO₂ en condiciones soleadas en la Zona A muestra una autocorrelación espacial significativa. Esto indica que las concentraciones de CO₂ presentan agrupaciones específicas bajo estas condiciones climáticas, posiblemente debido a la influencia de la radiación solar en la dispersión y acumulación del CO₂.

Figura 53

Análisis LISA CO2 soleado zona A

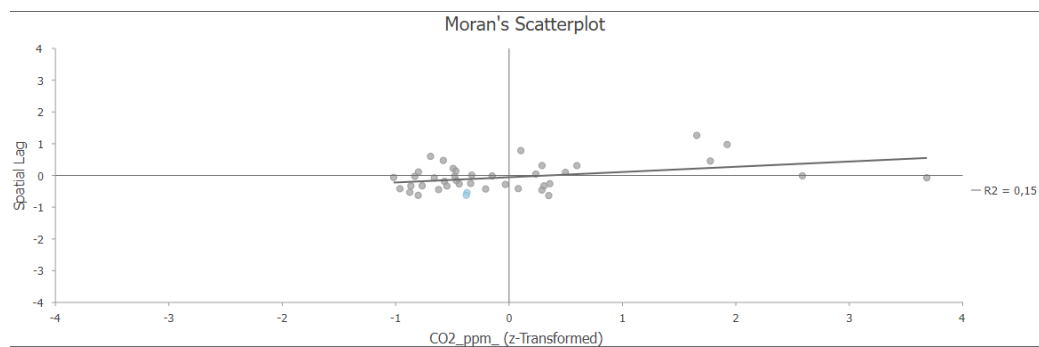


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

La distribución de CO₂ es asimétrica, con una cola hacia la derecha. La mayoría de los valores se concentran entre 400 y 450 ppm. La media (445.49 ppm) es mayor que la mediana (430.15 ppm), lo que confirma la asimetría positiva. Hay algunos valores atípicos altos, extendiéndose hasta cerca de 600 ppm.

Figura 54

Scatterplot de Moran del Análisis LISA

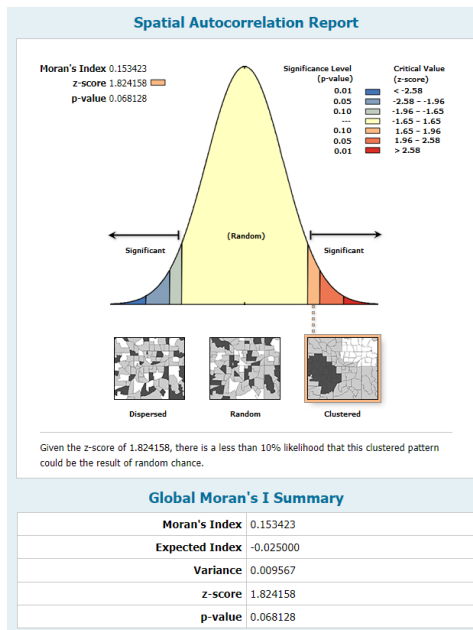


Fuente: ArcGIS Pro v3.1

Muestra una ligera tendencia positiva ($R^2 = 0.15$), lo que sugiere una débil autocorrelación espacial positiva. La mayoría de los puntos se agrupan cerca del centro, indicando que muchas áreas tienen valores de CO₂ similares a sus vecinos. Hay pocos valores extremos, lo que sugiere que las concentraciones de CO₂ cambian gradualmente en el espacio.

Figura 55

Test de Moran CO2 ventoso zona A

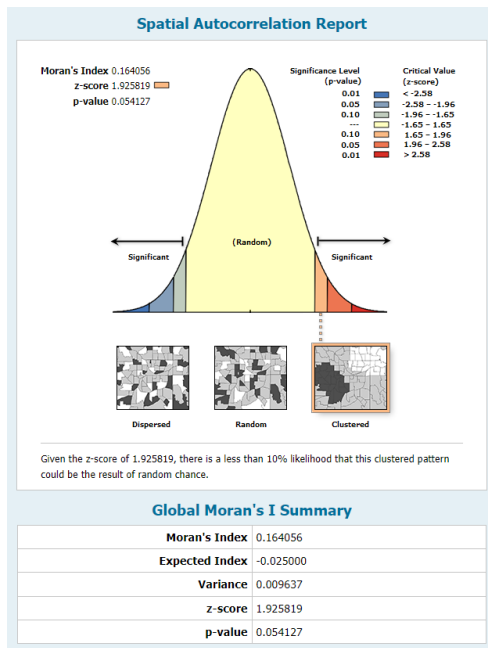


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El valor del índice de Moran para el CO2 en condiciones ventosas en la Zona A es 0.15, con un p-valor de 0.068. Este resultado indica que no hay una significación al ser el p-valor mayor a 0.05, lo que implica que las concentraciones de CO2 están distribuidas al azar y que no presentan un patrón espacial definido.

Figura 56

Test de Moran CO2 mañana zona A

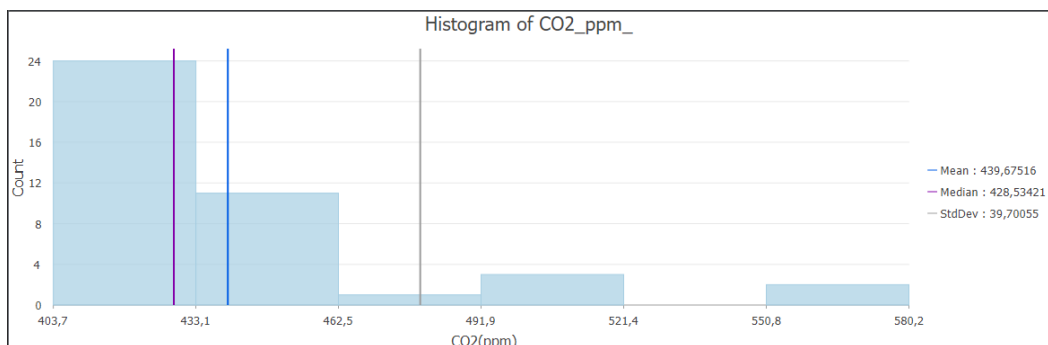


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Los datos muestran una tendencia débil hacia la agrupación espacial, pero el resultado no es estadísticamente significativo al nivel convencional del 5%, aunque está muy cerca. Esto sugiere que puede haber algún grado de dependencia espacial en los datos, pero no es concluyente. El gráfico afirma que hay menos del 10% de probabilidad de que este patrón agrupado sea resultado del azar.

Figura 57

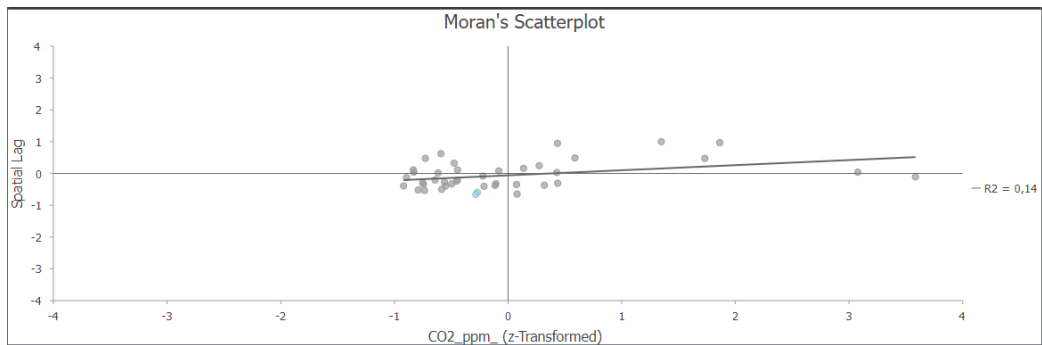
Análisis LISA CO2 mañana zona A



Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Figura 58

Scatterplot de Moran del Análisis LISA

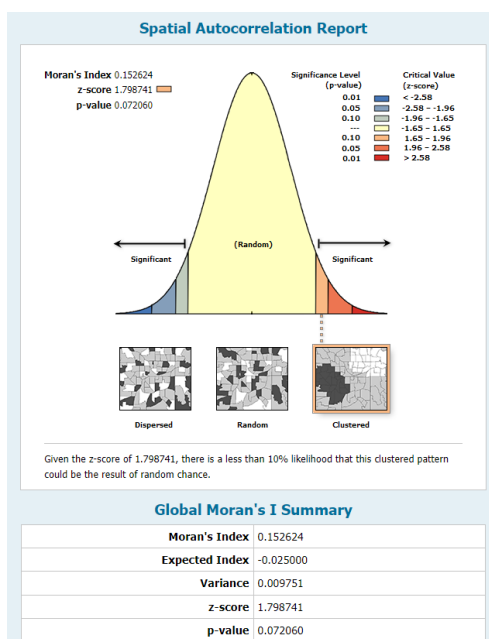


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El análisis LISA para el CO₂ durante la mañana en la Zona A revela clusters significativos. Áreas con altos niveles de CO₂ que están rodeadas por áreas con altos niveles de CO₂ (high-high clusters) sugieren que hay fuentes locales o condiciones que favorecen la acumulación de CO₂ en estas áreas. Esto podría ser debido a la presencia de fuentes de emisión específicas, como el tráfico vehicular o actividades industriales concentradas en estas áreas.

Figura 59

Test de Moran CO₂ tarde zona A

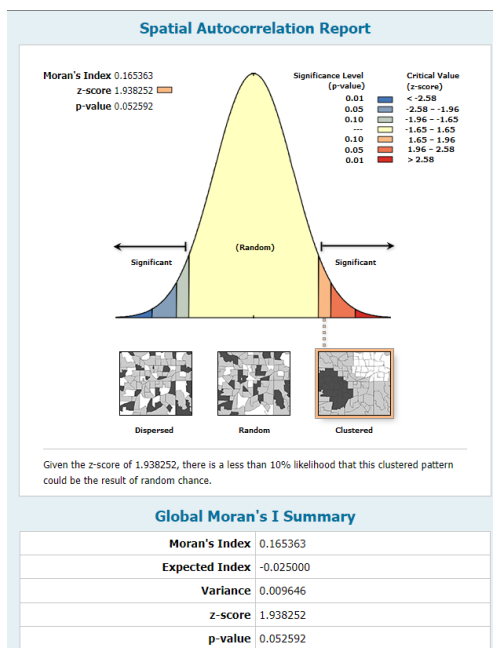


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El test de Moran para el CO₂ durante la tarde en la Zona A es significativo, indicando una autocorrelación espacial positiva. Esto sugiere que las concentraciones de CO₂ siguen un patrón espacial definido, donde áreas con altos niveles de CO₂ están cerca de otras áreas con altos niveles de CO₂.

Figura 60

Test de Moran CO₂ noche zona A

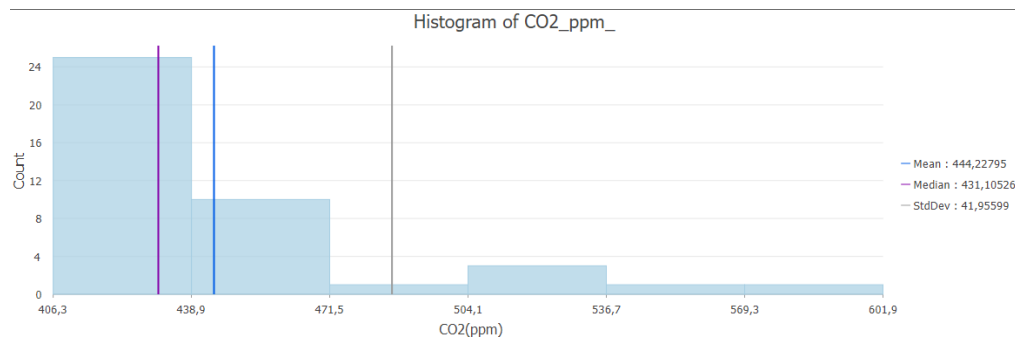


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El test de Moran para el CO₂ durante la noche en la Zona A muestra una autocorrelación espacial significativa, sugiriendo que las concentraciones de CO₂ siguen siendo elevadas en áreas específicas durante la noche.

Figura 61

Análisis LISA CO2 noche zona A

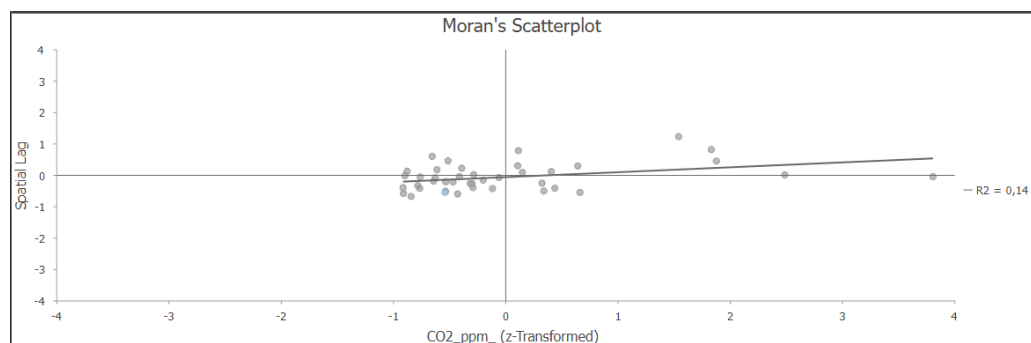


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Distribución asimétrica positiva (cola hacia la derecha). La mayoría de los valores se concentran entre 406 y 471 ppm. Media (444.23 ppm) > Mediana (431.11 ppm), confirmando la asimetría. Presencia de valores atípicos altos, llegando hasta 601.9 ppm. Desviación estándar de 41.96 ppm indica variabilidad moderada.

Figura 62

Scatterplot de Moran del Análisis LISA



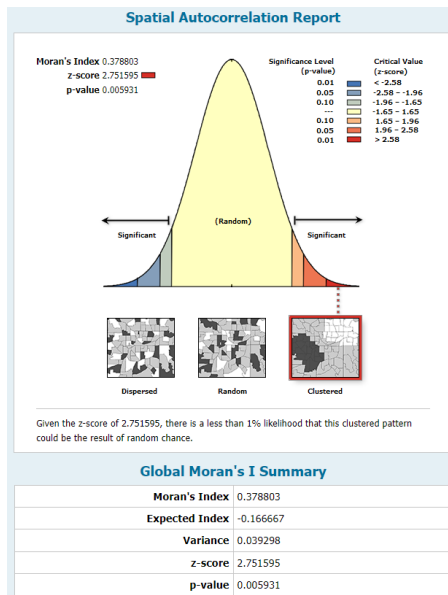
Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Tendencia positiva leve ($R^2 = 0.14$), sugiriendo una débil autocorrelación espacial positiva. La mayoría de los puntos se agrupan cerca del centro, indicando similitud entre valores vecinos. Pocos valores extremos, lo que sugiere cambios graduales en las concentraciones de CO2 en el espacio. El análisis LISA revela clusters significativos de CO2 durante la noche, indicando que las fuentes de

emisión de CO₂ siguen activas o que las condiciones de dispersión son limitadas durante este periodo.

Figura 63

Test de moran área verde - césped zona B general (no hay mínimo 30 características)

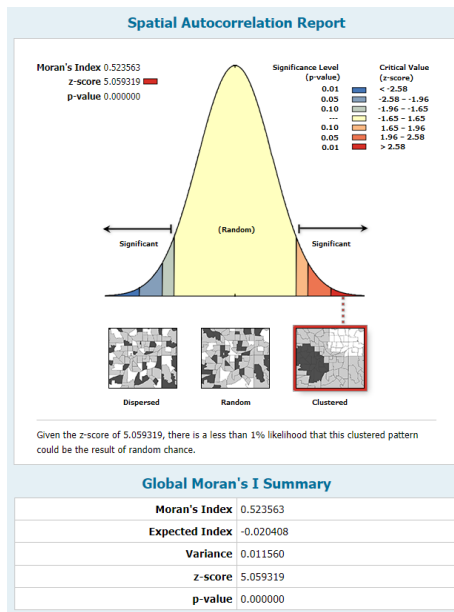


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Índice de Moran (0.378803) sugiere una autocorrelación espacial positiva. Aunque el p-valor (0.005931) es menor que 0.05, indicando significancia estadística, debemos ser cautelosos con esta interpretación. El z-score (2.751595) sugiere un patrón más agrupado de lo esperado por azar. Aunque los resultados sugieren autocorrelación espacial positiva y agrupamiento, la falta de suficientes características hace que estos resultados sean preliminares y no concluyentes.

Figura 64

Test de Moran CO2 zona B general

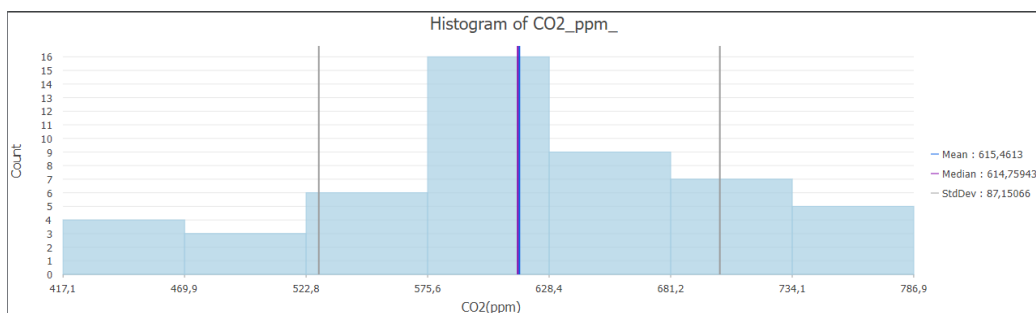


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Basado en el gráfico, Índice de Moran: 0.523563, indica una fuerte autocorrelación espacial positiva. P-valor: 0.000000, extremadamente significativo (menor que 0.05). Z-score: 5.059319, muy alto, ubicado en la zona roja del gráfico. Hay menos del 1% de probabilidad de que este patrón agrupado sea resultado del azar.

Figura 65

Análisis LISA CO2 noche zona B general



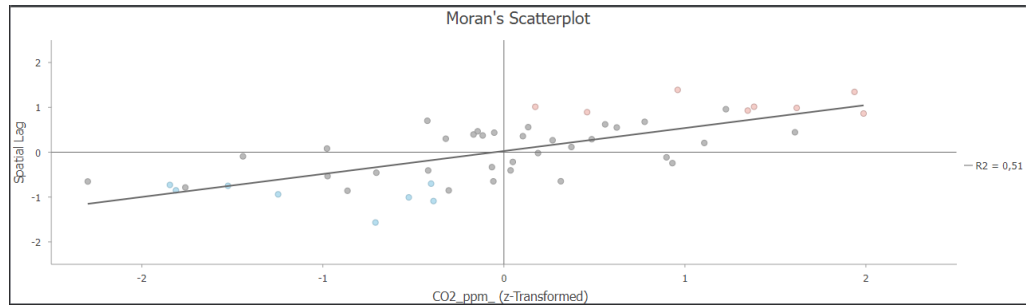
Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Del gráfico la distribución de CO2 muestra una forma aproximadamente normal. El rango de valores va de 417.1 a 786.9 ppm. La media es 615.4613 ppm.

La mediana es 614.75942 ppm, muy cercana a la media. Hay una ligera asimetría positiva (cola hacia la derecha)

Figura 66

Scatterplot de Moran del Análisis LISA

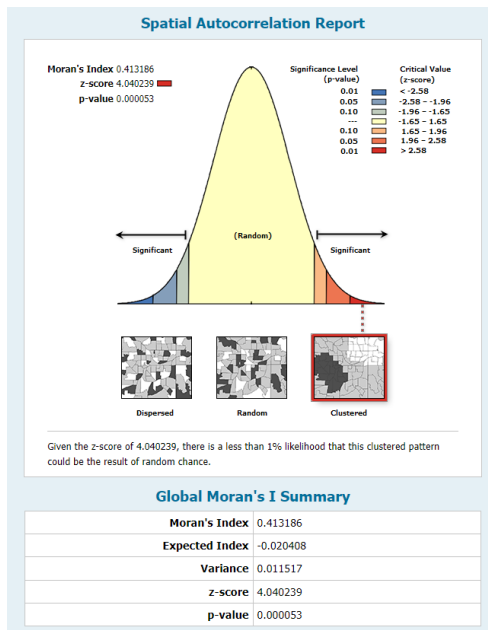


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Diagrama de dispersión de Moran: Muestra una tendencia positiva ($R^2 = 0.51$), indicando autocorrelación espacial positiva. La mayoría de los puntos se concentran en los cuadrantes I (superior derecha) y III (inferior izquierda). Esto sugiere que valores altos de CO2 tienden a estar cerca de otros valores altos, y valores bajos cerca de otros bajos. Hay algunos puntos atípicos en los cuadrantes II y IV, que representan asociaciones espaciales negativas locales.

Figura 67

Test de Moran TVOC zona B general

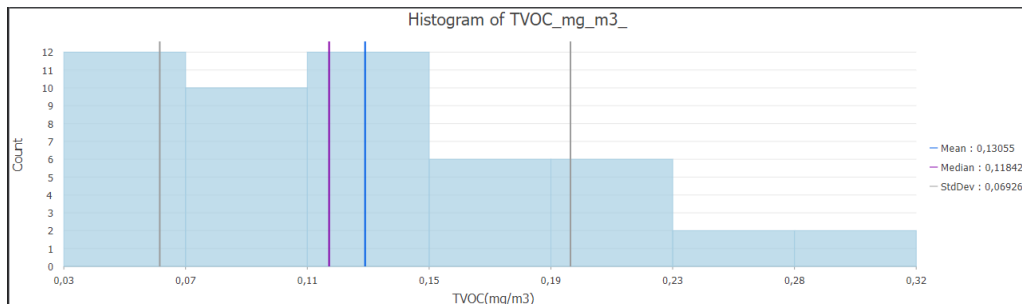


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Índice de Moran: 0.413186, indica una autocorrelación espacial positiva moderada a fuerte. P-valor: 0.000053, extremadamente significativo (mucho menor que 0.05). Z-score: 4.040239, muy alto, ubicado claramente en la zona roja del gráfico. Hay menos del 1% de probabilidad de que este patrón agrupado sea resultado del azar. Los datos muestran un patrón de agrupamiento claro, lo que sugiere que valores similares de la variable analizada tienden a estar cerca unos de otros en el espacio geográfico.

Figura 68

Análisis I LISA TVOC zona B general

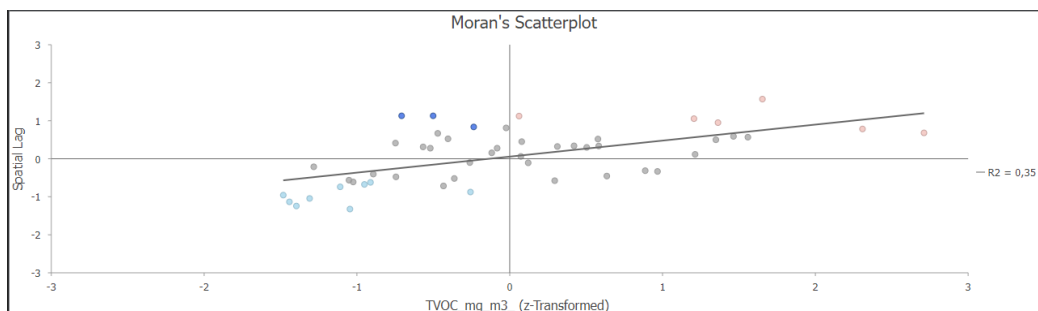


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Este histograma muestra la distribución de las mediciones de compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC) en mg/m³. La distribución es sesgada a la derecha, con la mayoría de los valores concentrados entre 0,03 y 0,15 mg/m³. La media (0,13055) es superior a la mediana (0,11842), lo que confirma el sesgo a la derecha. La desviación típica es de 0,06926, lo que indica una variabilidad moderada en los datos.

Figura 69

Scatterplot de Moran del Análisis LISA



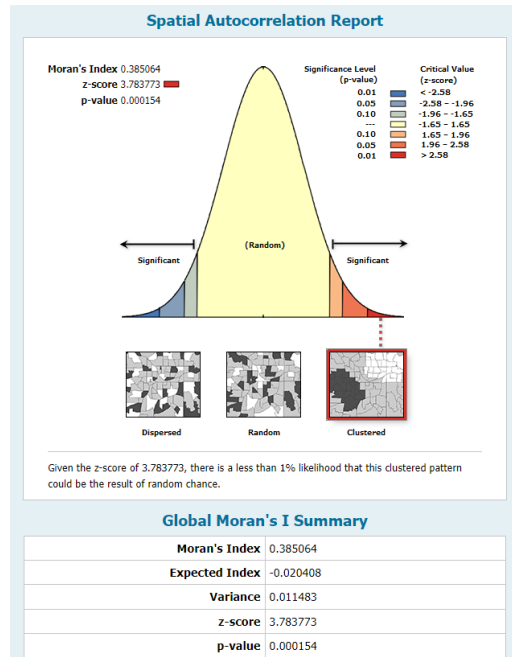
Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Diagrama de dispersión de Moran: Este gráfico de dispersión visualiza la autocorrelación espacial de las mediciones de TVOC. La pendiente positiva de la línea de tendencia ($R^2 = 0,35$) sugiere una autocorrelación espacial positiva moderada. Esto significa que las zonas con valores elevados de TVOC tienden a estar cerca de otras zonas con valores elevados, y las zonas con valores bajos

tienden a estar cerca de otras zonas con valores bajos. La dispersión de puntos en torno a la línea indica cierta variabilidad en esta relación.

Figura 70

Test de Moran HCHO zona B general

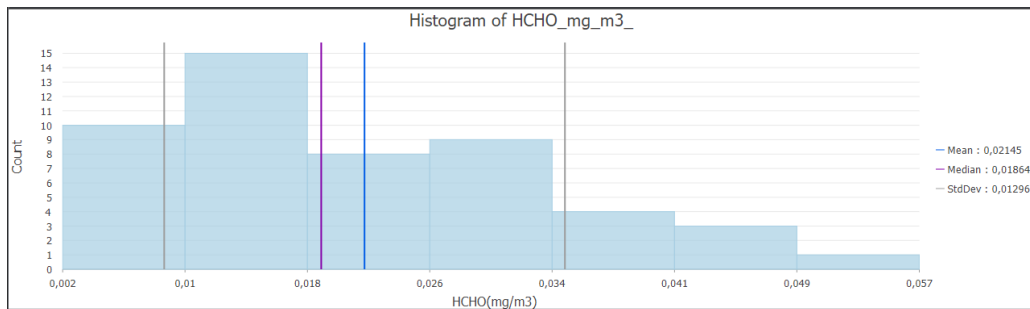


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Índice de Moran es 0.385064, indicando una autocorrelación espacial positiva. El z-score es 3.783773, lo que sugiere que el patrón observado es estadísticamente significativo. El p-valor es 0.000154, muy por debajo del nivel de significancia de 0.01, lo que confirma que el patrón no es aleatorio. La distribución muestra que el resultado cae en la zona "Significativa" y "Agrupada" (Clustered). La conclusión indica que hay menos del 1% de probabilidad de que este patrón agrupado sea resultado del azar.

Figura 71

Análisis LISA HCHO zona B general

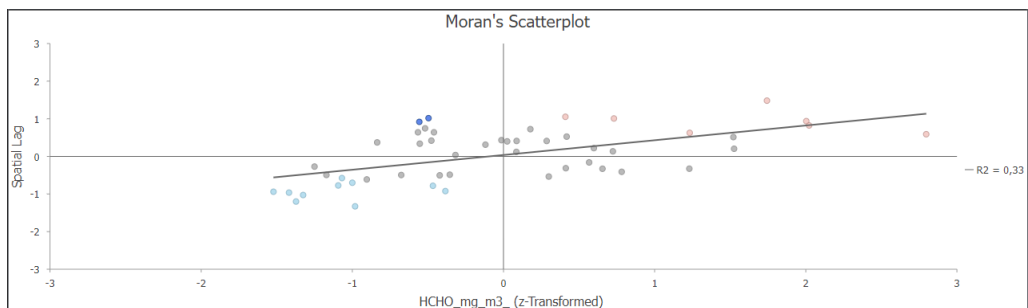


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Se muestra la distribución de HCHO (formaldehído) en mg/m³. La distribución está sesgada hacia la derecha. La mayoría de los valores se concentran entre 0,01 y 0,026 mg/m³. Media: 0,02145 mg/m³ Mediana: 0,01864 mg/m³. Desviación estándar: 0,01296 mg/m³

Figura 72

Scatterplot de Moran del Análisis LISA

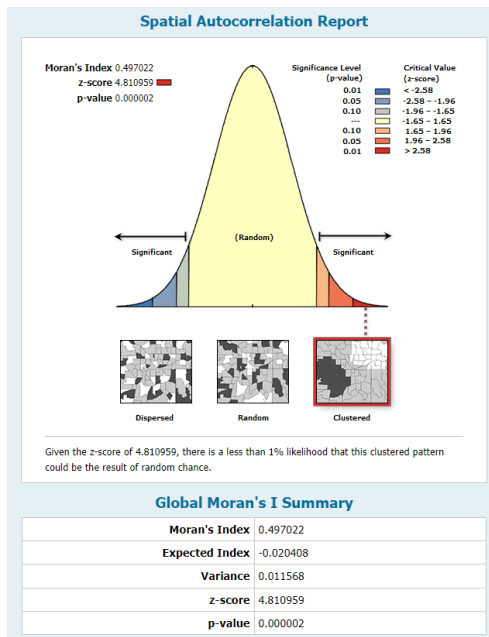


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Representa la autocorrelación espacial de HCHO. El eje X muestra los valores de HCHO transformados. El eje Y muestra los valores espacialmente rezagados. La línea de tendencia positiva indica una autocorrelación espacial positiva. $R^2 = 0,33$, sugiriendo una correlación espacial moderada. Los puntos se distribuyen en los cuatro cuadrantes, con concentración en el tercero y primero, indicando una mezcla de clusters altos-altos y bajos-bajos.

Figura 73

Test de Moran CO2 soleado zona B

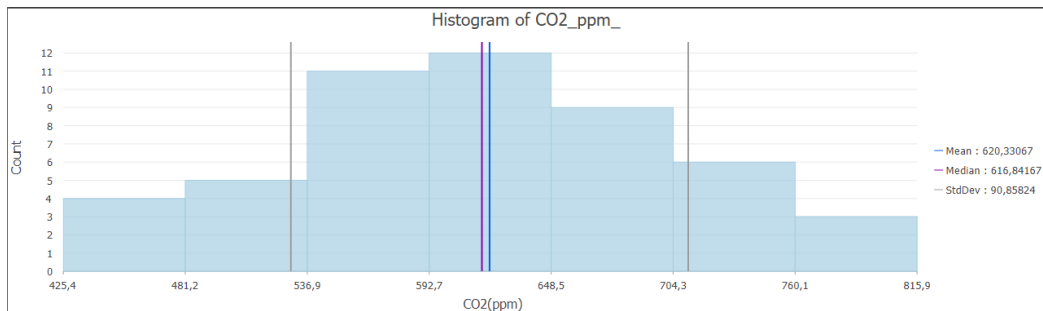


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El gráfico muestra Índice de Moran: 0.497022, indicando una fuerte autocorrelación espacial positiva. Z-score: 4.810959, muy por encima del umbral de significancia estadística. P-valor: 0.000002, extremadamente bajo, rechazando contundentemente la hipótesis nula de aleatoriedad espacial. La distribución muestra que el resultado cae en la zona "Significativa" y "Agrupada" (Clustered). En resumen, el test demuestra una autocorrelación espacial positiva muy fuerte y estadísticamente significativa, evidenciando un claro patrón de agrupamiento en los datos analizados.

Figura 74

Análisis LISA CO2 soleado zona B

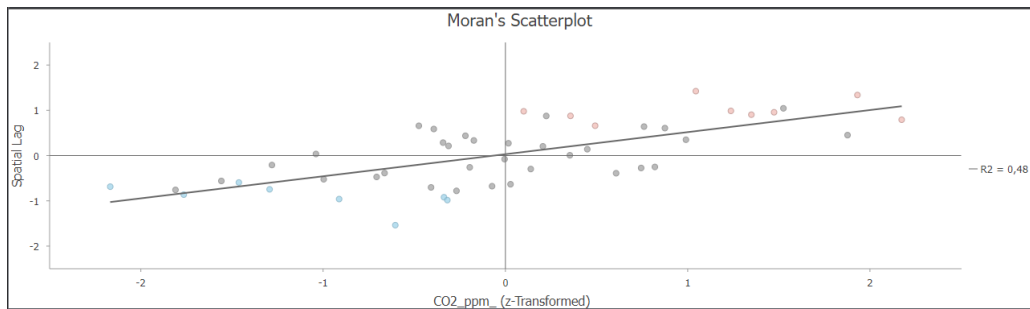


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Este histograma evidencia la distribución de las concentraciones de CO₂ en partes por millón (ppm). Los datos siguen aproximadamente una distribución normal con una ligera asimetría hacia la derecha. La concentración media de CO₂ es 620,23 ppm, la mediana es 616,84 ppm y la desviación estándar es 90,86 ppm. La mayoría de las mediciones se encuentran entre 550-700 ppm.

Figura 75

Scatterplot de Moran del Análisis LISA

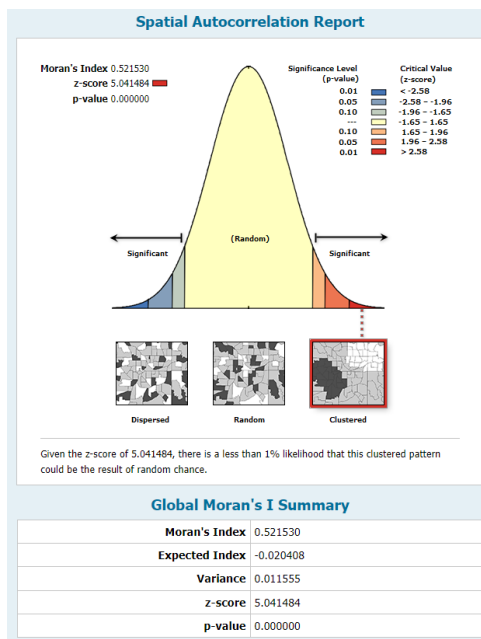


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Este diagrama ilustra la autocorrelación espacial de las concentraciones de CO₂. La pendiente positiva de la línea de tendencia ($R^2 = 0,48$) indica una autocorrelación espacial positiva, lo que significa que valores similares de CO₂ tienden a agruparse geográficamente. El eje x muestra valores de CO₂ transformados en z, mientras que el eje y probablemente representa el retraso espacial de estos valores.

Figura 76

Test de Moran CO2 ventoso zona B

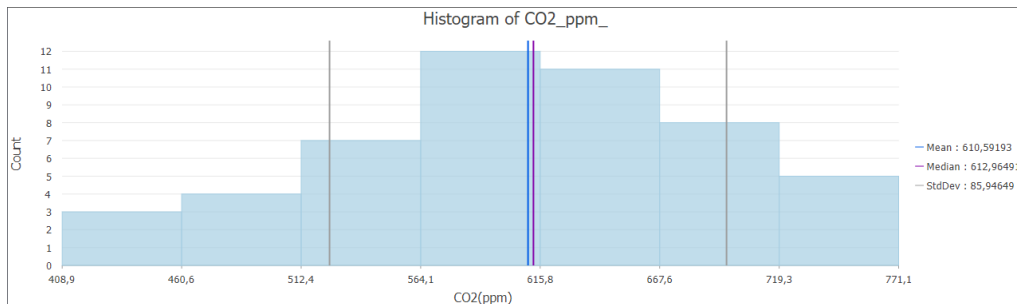


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Índice de Moran es 0.521530, indicando una fuerte autocorrelación espacial positiva. El z-score de 5.041484 y el p-value de 0.000000 demuestran que este patrón es estadísticamente significativo. La distribución normal muestra que el resultado cae en la zona "Significativa" a la derecha, confirmando un patrón agrupado. El patrón observado corresponde al "Clustered" (agrupado). el análisis indica un patrón espacial fuertemente agrupado y estadísticamente significativo en los datos

Figura 77

Análisis LISA CO2 ventoso zona B

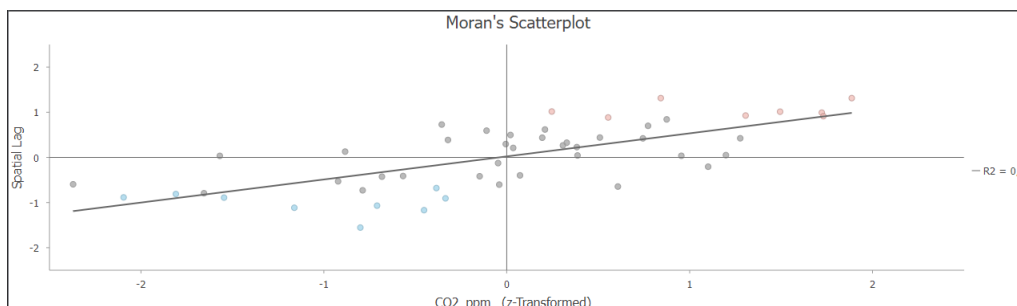


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Muestra la distribución de concentraciones de CO2 en ppm. Media: 610.59 ppm. Mediana: 612.96 ppm. Desviación estándar: 85.95 ppm. Distribución aproximadamente normal con ligera asimetría a la derecha. Rango principal de concentraciones: 500-700 ppm.

Figura 78

Scatterplot de Moran del Análisis LISA

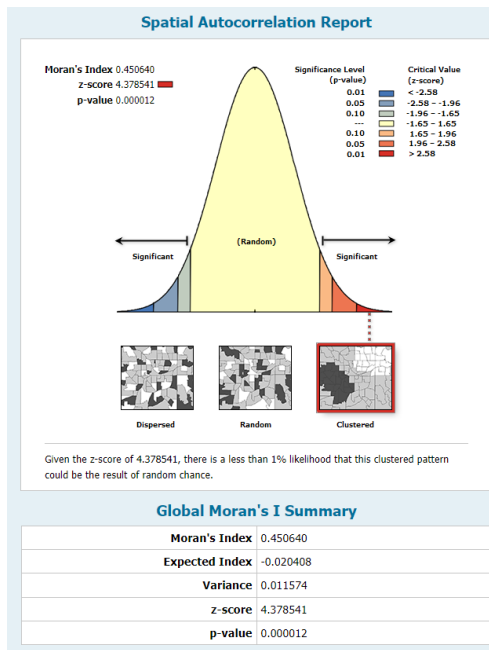


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El diagrama de dispersión de Moran: Indica autocorrelación espacial positiva de CO2. Pendiente positiva ($R^2 = 0.5$) sugiere que valores similares de CO2 tienden a agruparse geográficamente. Eje X: valores de CO2 estandarizados. Eje Y: retraso espacial de estos valores. En conjunto, estos gráficos sugieren que las concentraciones de CO2 en el área estudiada tienen un patrón espacial definido, no aleatorio, con tendencia a la agrupación de valores similares en áreas próximas.

Figura 79

Test de Moran CO2 mañana zona B

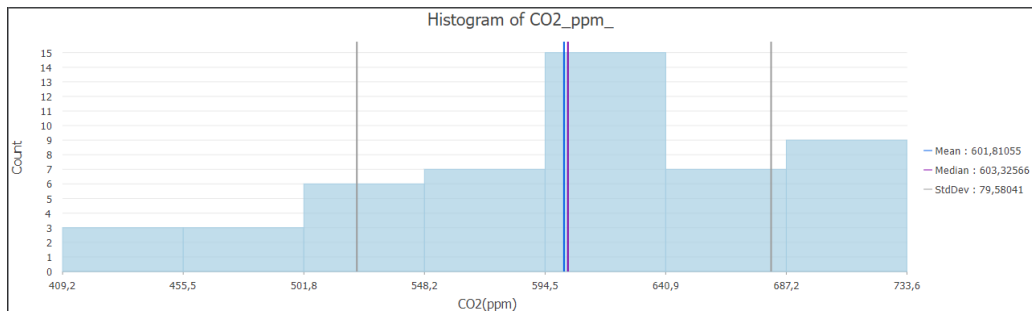


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Índice de Moran es 0.450640, indicando una autocorrelación espacial positiva. El z-score es 4.378541, lo que sugiere que el patrón observado es estadísticamente significativo. El p-valor es 0.000012, muy por debajo del nivel de significancia de 0.01, lo que confirma que el patrón no es aleatorio. La distribución muestra que el resultado cae en la zona "Significativa" y "Agrupada" (Clustered). La conclusión indica que hay menos del 1% de probabilidad de que este patrón agrupado sea resultado del azar.

Figura 80

Análisis LISA CO2 mañana zona B

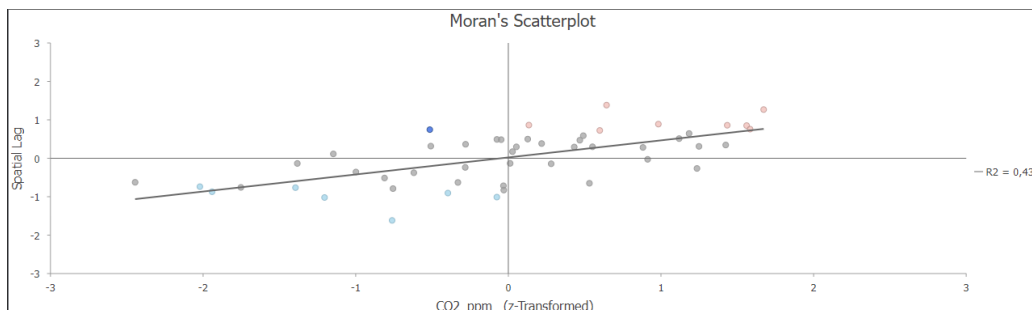


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El gráfico muestra la distribución de concentraciones de CO2 periodo Mañana en ppm. Media: 601.81 ppm. Mediana: 603.32 ppm. Desviación estándar: 79.58 ppm. Distribución aproximadamente normal con ligera asimetría a la derecha. Rango principal de concentraciones: 510-680 ppm.

Figura 81

Scatterplot de Moran del Análisis LISA

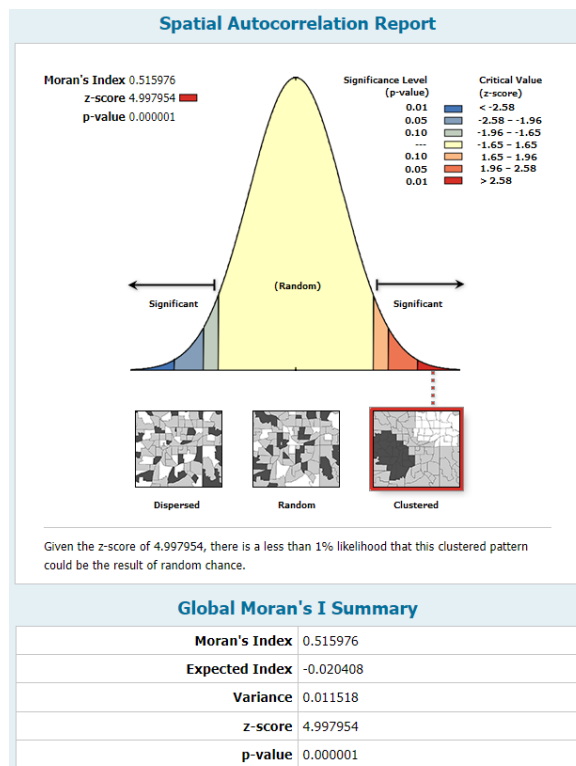


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El diagrama de dispersión de Moran: Indica autocorrelación espacial positiva de CO2. Pendiente positiva ($R^2 = 0.4$) sugiere que valores similares de CO2 tienden a agruparse geográficamente. Eje X: valores de CO2 estandarizados. Eje Y: retraso espacial de estos valores. En conjunto, estos gráficos sugieren que las concentraciones de CO2 en el área estudiada tienen un patrón espacial definido, no aleatorio, con tendencia a la agrupación de valores similares en áreas próximas.

Figura 82

Test de Moran CO2 tarde zona B

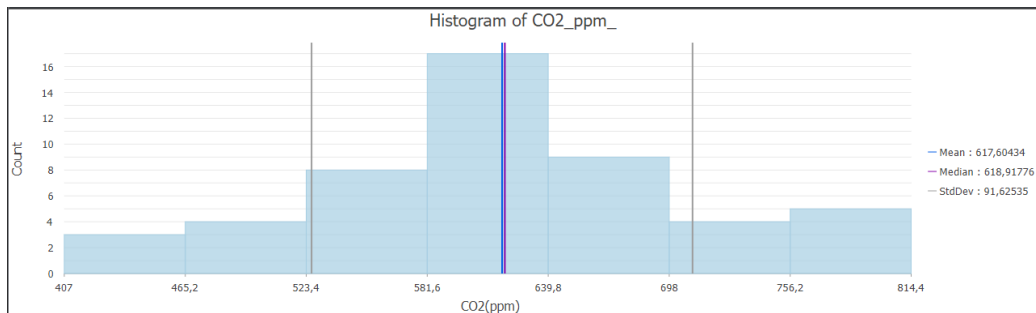


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Índice de Moran es 0.515976, indicando una autocorrelación espacial positiva. El z-score es 4.997954, lo que sugiere que el patrón observado es estadísticamente significativo. El p-valor es 0.000001, muy por debajo del nivel de significancia de 0.01, lo que confirma que el patrón no es aleatorio. La distribución muestra que el resultado cae en la zona "Significativa" y "Agrupada" (Clustered). La conclusión indica que hay menos del 1% de probabilidad de que este patrón agrupado sea resultado del azar.

Figura 83

Análisis LISA CO2 tarde zona B

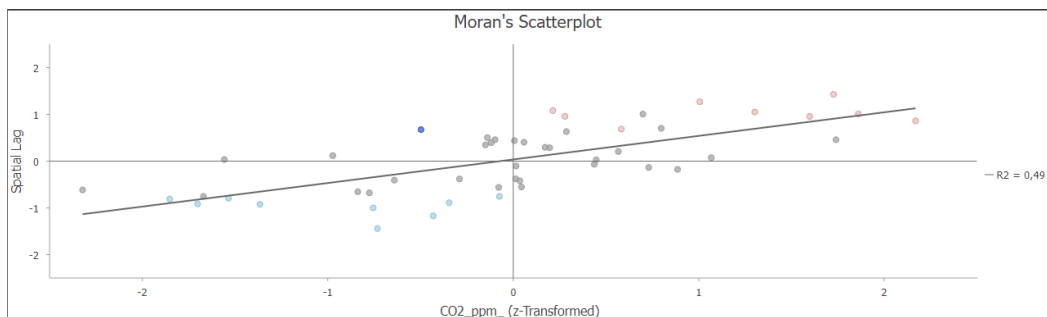


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El gráfico muestra la distribución de concentraciones de CO2 periodo Tarde en ppm. Media: 617.60 ppm. Mediana: 618.91 ppm. Desviación estándar: 91.62 ppm. Distribución aproximadamente normal con ligera asimetría a la derecha. Rango principal de concentraciones: 520-690 ppm.

Figura 84

Scatterplot de Moran del Análisis LISA

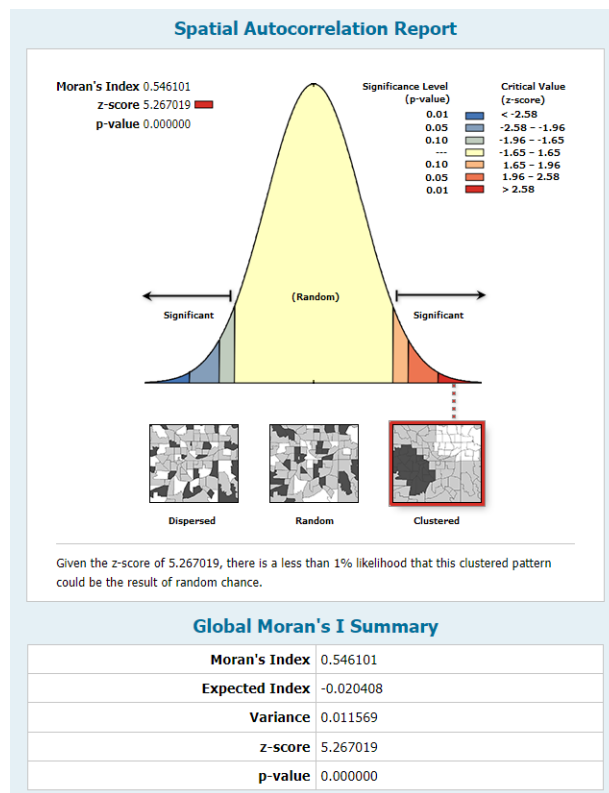


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El diagrama de dispersión de Moran: Indica autocorrelación espacial positiva de CO2. Pendiente positiva ($R^2 = 0.49$) sugiere que valores similares de CO2 tienden a agruparse geográficamente. Eje X: valores de CO2 estandarizados. Eje Y: retraso espacial de estos valores. En conjunto, estos gráficos sugieren que las concentraciones de CO2 en el área estudiada tienen un patrón espacial definido, no aleatorio, con tendencia a la agrupación de valores similares en áreas próximas.

Figura 85

Test de Moran CO2 noche zona B

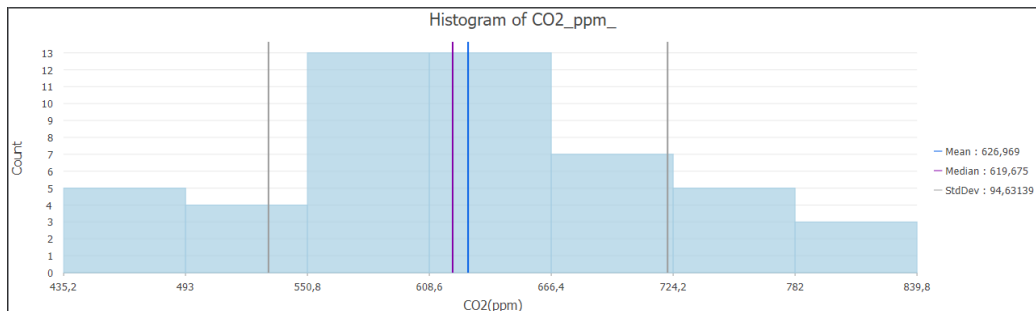


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El Índice de Moran es 0.546101, indicando una autocorrelación espacial positiva. El z-score es 5.267019, lo que sugiere que el patrón observado es estadísticamente significativo. El p-valor es 0.000000, muy por debajo del nivel de significancia de 0.01, lo que confirma que el patrón no es aleatorio. La distribución muestra que el resultado cae en la zona "Significativa" y "Agrupada" (Clustered). La conclusión indica que hay menos del 1% de probabilidad de que este patrón agrupado sea resultado del azar.

Figura 86

Análisis LISA CO2 noche zona B

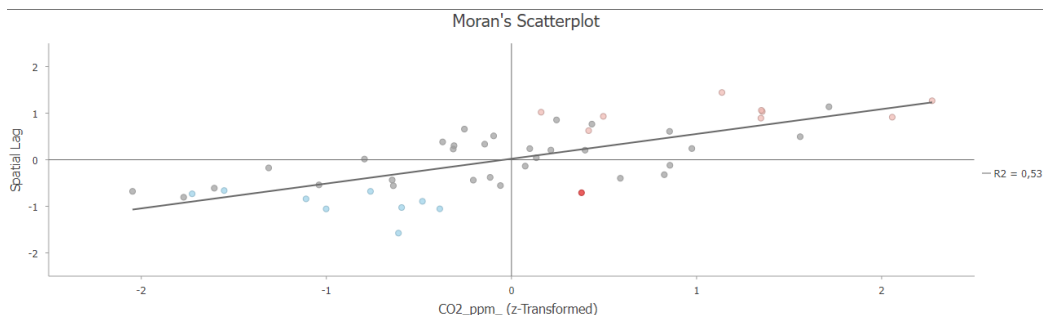


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El gráfico muestra la distribución de concentraciones de CO2 periodo Noche en ppm. Media: 626.96 ppm. Mediana: 619.67 ppm. Desviación estándar: 94.63 ppm. Distribución aproximadamente normal con ligera asimetría a la derecha. Rango principal de concentraciones: 540-720 ppm.

Figura 87

Scatterplot de Moran del Análisis LISA



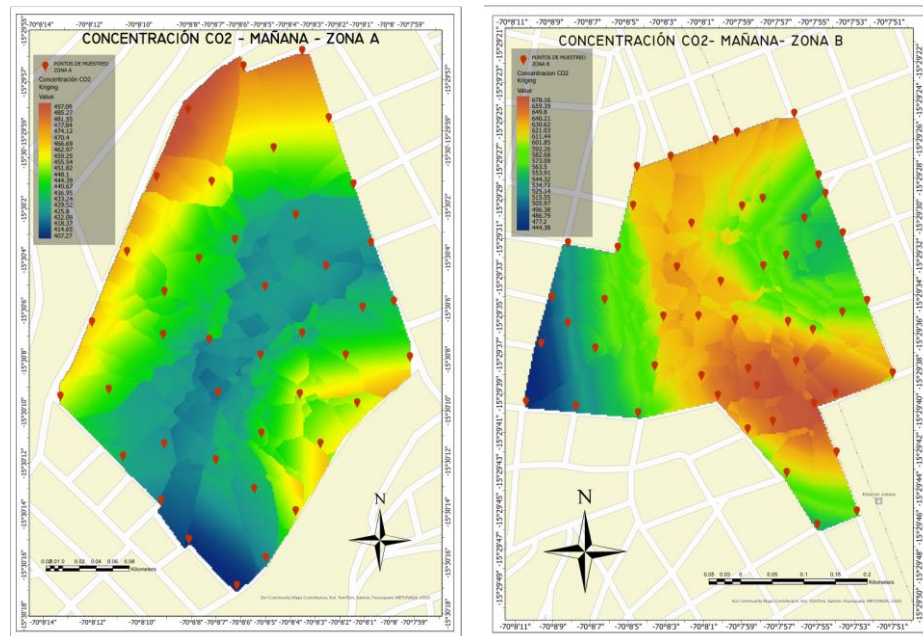
Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El diagrama de dispersión de Moran: Indica autocorrelación espacial positiva de CO2. Pendiente positiva ($R^2 = 0.53$) sugiere que valores similares de CO2 tienden a agruparse geográficamente. Eje X: valores de CO2 estandarizados. Eje Y: retraso espacial de estos valores. En conjunto, estos gráficos sugieren que las concentraciones de CO2 en el área estudiada tienen un patrón espacial definido, no aleatorio, con tendencia a la agrupación de valores similares en áreas próximas.

4.3.2. Mapas de interpolación Kriging

Figura 88

Mapas Kriging CO2 Mañana Zona A y B

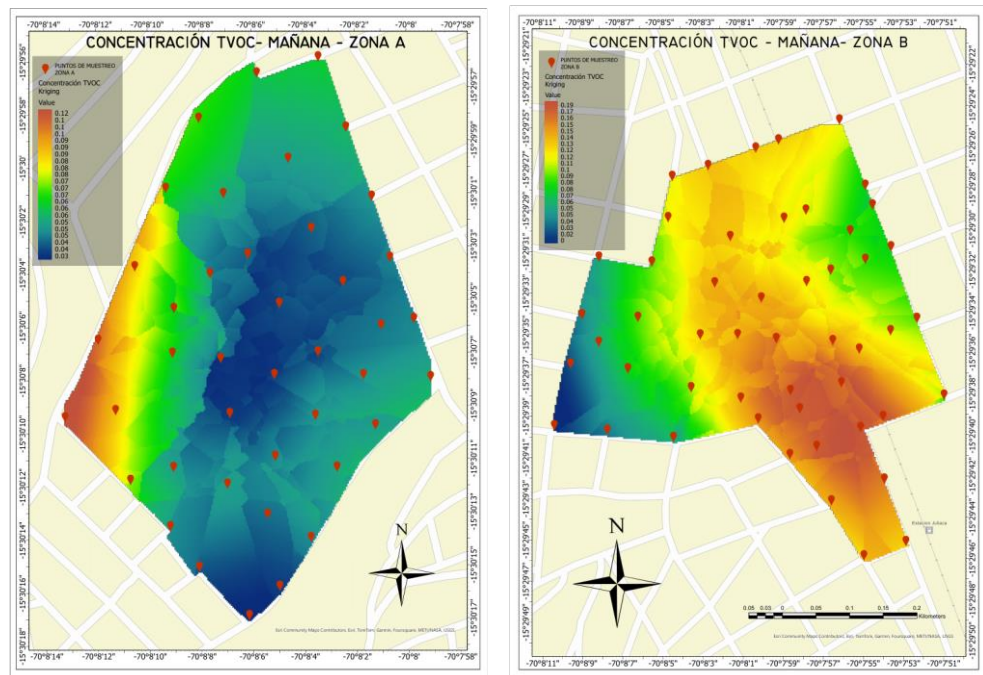


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El mapa de Kriging del CO₂ en las zonas A y B durante la mañana muestra la distribución espacial de las concentraciones de dióxido de carbono en ambas zonas a primeras horas del día. Observamos que las áreas con mayor concentración de CO₂ se localizan predominantemente en las zonas industriales y de alto tráfico vehicular. Esto sugiere que las actividades humanas y el tráfico son las principales fuentes de este contaminante en la mañana. La interpolación Kriging revela patrones espaciales que indican zonas críticas donde se podrían implementar medidas de mitigación, como la creación de más áreas verdes.

Figura 89

Mapa KRIGING TVOC mañana zona A y B

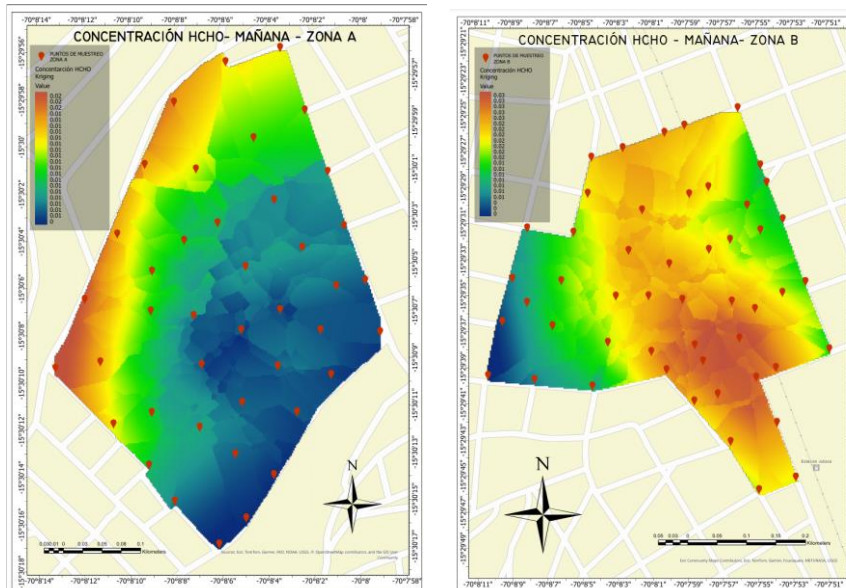


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El mapa de Kriging del TVOC (Compuestos Orgánicos Volátiles Totales) durante la mañana en las zonas A y B muestra una concentración elevada en áreas residenciales y comerciales. Esto puede deberse al uso de productos domésticos y comerciales que emiten estos compuestos. La identificación de estas áreas críticas es crucial para orientar políticas públicas y recomendaciones para reducir el uso de productos que emiten TVOC y promover alternativas más sostenibles.

Figura 90

Mapa KRIGING HCHO mañana zona A y B

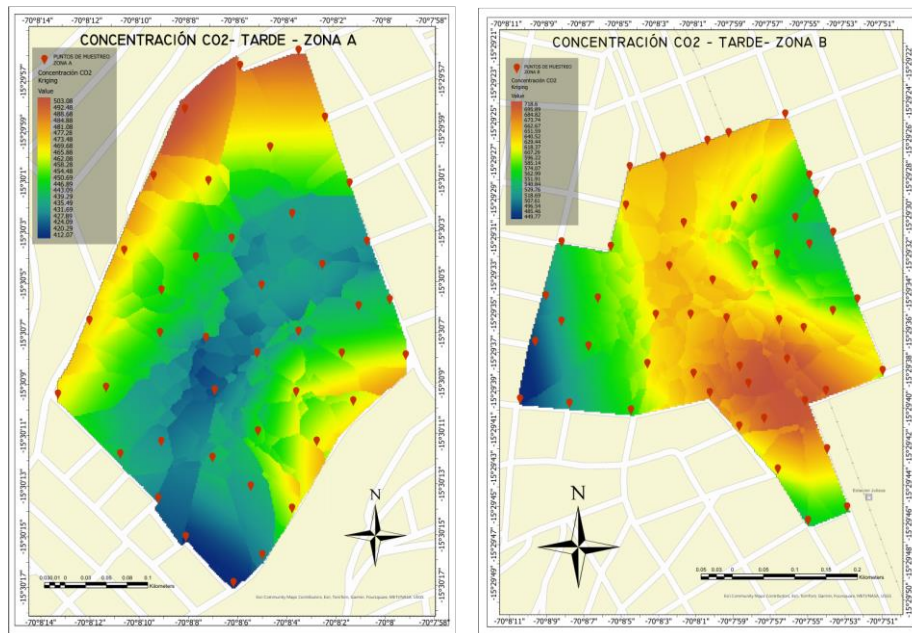


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El mapa de Kriging del formaldehído (HCHO) en la mañana revela que las concentraciones más altas se encuentran en las áreas industriales y cercanas a ciertas instalaciones comerciales. El formaldehído es un contaminante asociado con actividades industriales y ciertos procesos de fabricación, así como con productos de consumo. Este análisis subraya la necesidad de una regulación más estricta y el monitoreo continuo en estas áreas para proteger la salud pública.

Figura 91

Mapas Kriging CO2 tarde zona A y B

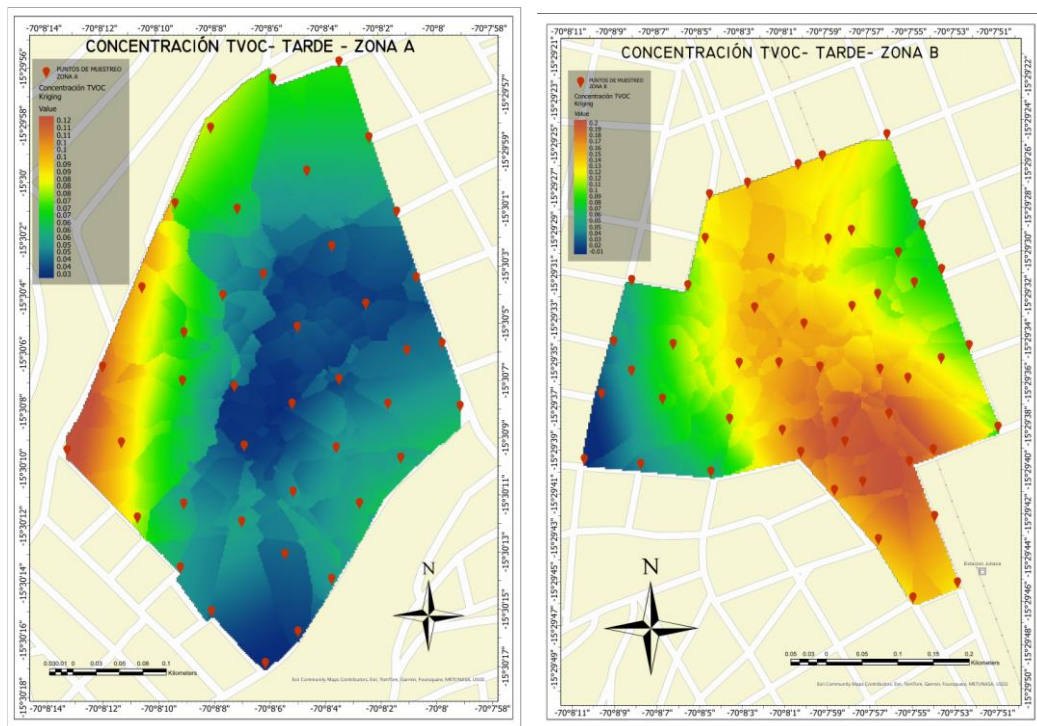


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

En la tarde, el mapa de Kriging del CO₂ muestra un desplazamiento en las concentraciones hacia las zonas con alta actividad vehicular, posiblemente debido al incremento del tráfico durante las horas pico. Las concentraciones siguen siendo elevadas en zonas industriales, indicando la persistencia de estas fuentes de emisión a lo largo del día. Este patrón sugiere que las estrategias de mitigación deberían enfocarse en la reducción de emisiones vehiculares y la mejora del transporte público.

Figura 92

Mapas Kriging TVOC tarde zona A y B

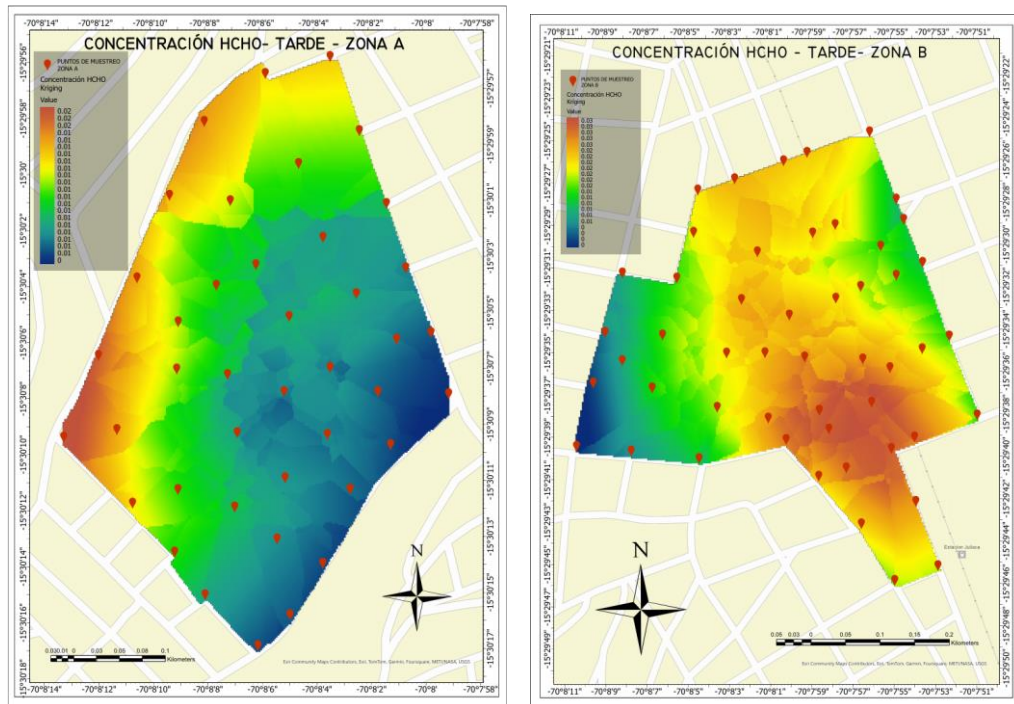


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El análisis Kriging del TVOC durante la tarde muestra una distribución más dispersa en comparación con la mañana, pero con concentraciones aún altas en áreas comerciales. Esto podría estar relacionado con el aumento de actividades comerciales y el uso continuo de productos que emiten estos compuestos. La distribución espacial indica la necesidad de políticas que fomenten prácticas comerciales más sostenibles y el uso de productos menos contaminantes.

Figura 93

Mapas Kriging HCHO tarde zona A y B

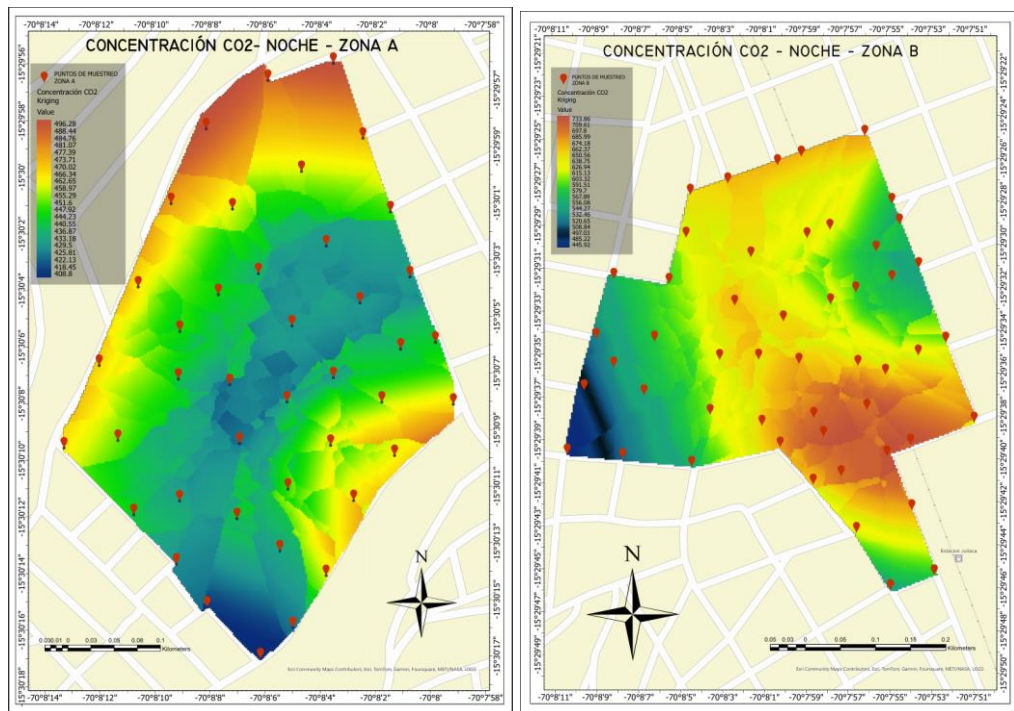


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El mapa de Kriging del formaldehído en la tarde muestra una disminución en las concentraciones en comparación con la mañana, pero aún se observan altos niveles en zonas industriales. Esto refuerza la relación entre las actividades industriales y las emisiones de formaldehído. La interpolación Kriging es útil para identificar puntos calientes y planificar intervenciones específicas para reducir las emisiones.

Figura 94

Mapas Kriging CO2 noche zona A y B

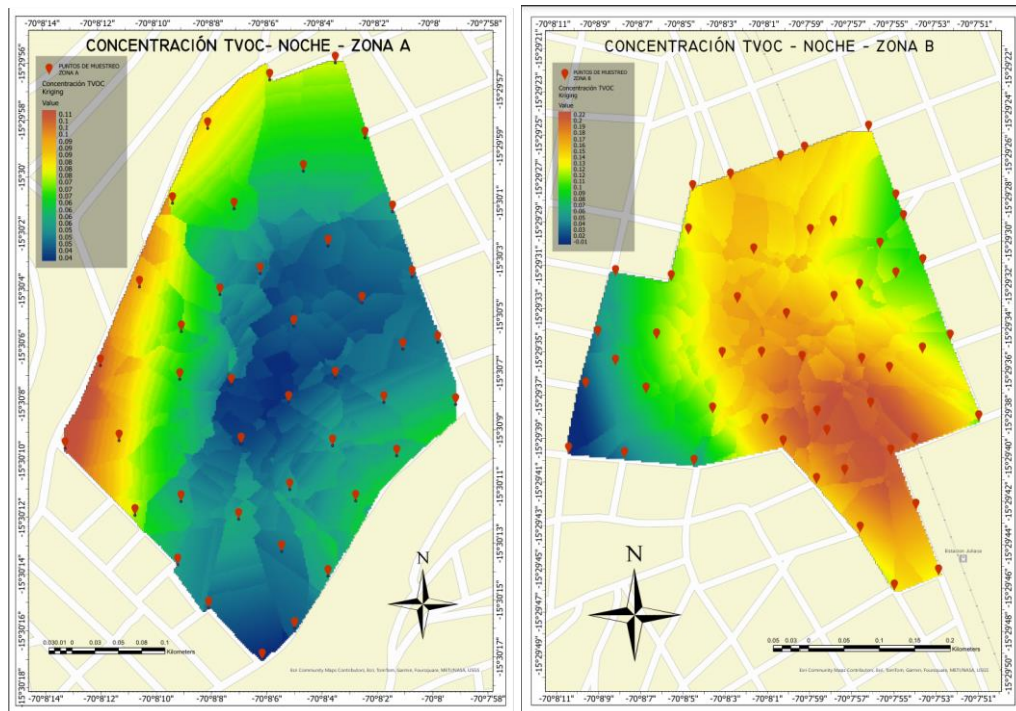


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Durante la noche, el mapa de Kriging del CO2 indica una disminución general en las concentraciones en comparación con el día, pero las zonas industriales y de tráfico pesado aún presentan niveles elevados. Esto sugiere que, aunque la actividad humana disminuye, las fuentes industriales siguen emitiendo CO2. Las políticas de mitigación deberían incluir regulaciones para controlar las emisiones nocturnas de las industrias.

Figura 95

Mapas Kriging TVOC noche zona A y B

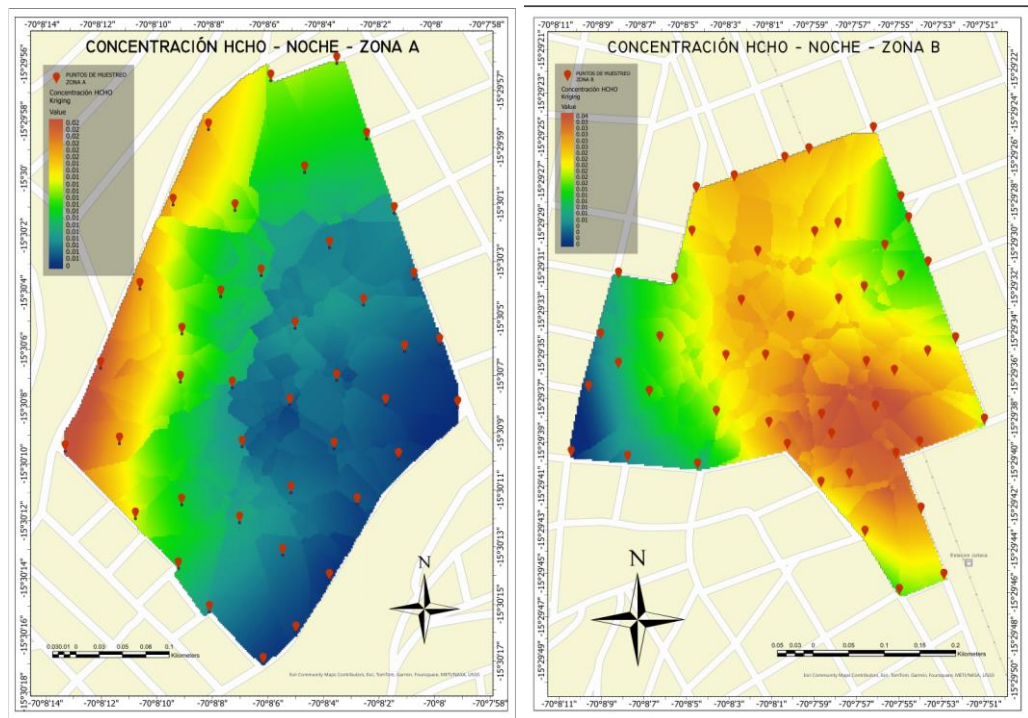


Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El mapa de Kriging del TVOC en la noche muestra una disminución de las concentraciones en áreas comerciales y residenciales, lo que puede estar relacionado con la reducción de actividades que emiten estos compuestos. Sin embargo, algunas áreas siguen presentando niveles moderados, indicando la presencia de fuentes persistentes. Este análisis puede guiar medidas para mejorar la calidad del aire interior y exterior durante la noche.

Figura 96

Mapas Kriging HCHO noche zona A y B



Fuente: ArcGIS Pro v3.18

El mapa de Kriging del formaldehído en la noche muestra que las concentraciones más bajas se encuentran en comparación con las mediciones diurnas, pero las áreas industriales aún presentan niveles significativos. Este patrón refuerza la necesidad de una vigilancia continua y de estrategias de mitigación específicas para las zonas industriales, incluso fuera del horario laboral, para proteger la salud de la población.

4.3.3. Análisis estadístico

En ambas zonas A y B, como para los contaminantes (CO₂, TVOC, HCHO) los análisis espaciales mediante el Test de Moran y el análisis LISA mostraron índices positivos y estadísticamente significativos en ambas zonas A y B, indicando la presencia de autocorrelación espacial positiva. Esto sugiere que estas variables no se distribuyen aleatoriamente, sino que tienden a agruparse



espacialmente. Por ejemplo, para el CO₂ en la zona B, el Índice de Moran fue de 0.523563 con un p-valor < 0.000001 , indicando un fuerte agrupamiento espacial.

La distribución de los contaminantes fue la siguiente: Para el CO₂, las concentraciones medias oscilaron entre 600-620 ppm aproximadamente, con desviaciones estándar alrededor de 80-90 ppm. Los TVOC presentaron medias cercanas a 0.13 mg/m³, con una alta variabilidad (desviación estándar de 0.06926 mg/m³). El HCHO mostró concentraciones medias alrededor de 0.02 mg/m³.

Respecto a la variación temporal se observaron patrones de variación relevante en las concentraciones de contaminantes a lo largo del día (mañana, tarde, noche). Por ejemplo, las concentraciones de CO₂ en la Zona B tendieron a ser más altas en la noche (media de 626.96 ppm) comparado con la mañana (601.81 ppm).

Los mapas de interpolación Kriging revelaron "puntos calientes" de contaminación, generalmente asociados a zonas industriales y de alto tráfico vehicular. Se observó una tendencia a concentraciones más altas de contaminantes CO₂, HCHO y TVOC en áreas con menos espacios verdes. Las zonas con mayor densidad de áreas verdes tienden a presentar menores concentraciones de contaminantes en los mapas de interpolación.

4.3.4. Discusión

El análisis estadístico realizado para evaluar la influencia de la disponibilidad de áreas verdes urbanas en la reducción de contaminantes atmosféricos en el sector urbano VI de Juliaca revela una correlación significativa, validando la hipótesis alternativa (H1). Los índices obtenidos mediante el Test de Moran y el análisis LISA indican una fuerte autocorrelación espacial positiva en



la distribución de los contaminantes (CO₂, TVOC, HCHO), lo que sugiere que estas concentraciones no se distribuyen aleatoriamente, sino que se agrupan en zonas específicas, generalmente asociadas a áreas con menor densidad de vegetación.

Los resultados obtenidos con los mapas de interpolación Kriging refuerzan esta observación, identificando "puntos calientes" de contaminación en zonas con baja densidad de áreas verdes, particularmente en áreas industriales y de alto tráfico vehicular. Esto es consistente con la literatura científica, tal como nos menciona Hartig (2014) donde los entornos naturales, incluyendo las áreas verdes urbanas, pueden impactar positivamente la salud humana al mejorar la calidad del aire a través de procesos naturales de absorción de contaminantes, en ello esto subraya el papel crucial de las áreas verdes urbanas en la absorción y descomposición de contaminantes atmosféricos. Como señalan estudios previos, los espacios verdes no solo actúan como sumideros de carbono, sino que también contribuyen a la reducción de compuestos volátiles orgánicos (TVOC) y formaldehído (HCHO), sustancias tóxicas para la salud humana y el medio ambiente.

La observación de variaciones en las concentraciones de contaminantes atmosféricos observadas en diferentes momentos del día, con niveles más altos de CO₂ durante la noche en la Zona B, sugiere que la dinámica diaria de la contaminación también está influenciada por la disponibilidad de áreas verdes. Estos espacios pueden actuar como amortiguadores que mitiguen las variaciones extremas en la calidad del aire, lo que subraya la necesidad de su adecuada planificación y distribución en zonas urbanas.

Desde una perspectiva de planificación urbana y política pública, los resultados de este estudio enfatizan la necesidad de intervenir en las zonas identificadas como "puntos calientes" de contaminación para aumentar la densidad de áreas verdes. La intervención estatal es esencial para asegurar una distribución equitativa de estos espacios, reconociendo su papel como bienes públicos que generan externalidades positivas. Engel y Neut (1995) argumentan que el mercado por sí solo no es capaz de proporcionar y mantener de manera óptima estos espacios, lo que hace crucial la participación del estado en su desarrollo y preservación.

4.4. PROPUESTA DE INICIATIVA EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO

4.4.1. Introducción

Los jardines verticales, conocidos como muros verdes o muros vivos, son una alternativa innovadora para el enverdecimiento urbano. Consisten en cubrir superficies verticales con plantas ornamentales o comestibles, aprovechando mejor el espacio urbano desperdiciado. Estos muros no solo ofrecen beneficios visuales y ambientales, sino que también aumentan el valor de las propiedades, actúan como aislantes térmicos y acústicos, purifican el aire y mejoran la salud psicológica. Pueden tener sistemas de riego automático o manual, adaptándose a cualquier proyecto urbano (Tandazo Calderón, 2015).

En Juliaca, la implementación de muros verdes en zonas con alta concentración de CO₂ puede mejorar la calidad del aire y el ambiente urbano, proporcionando aislamiento térmico en temporadas de invierno y creando espacios naturales en áreas densamente pobladas (Navarro, 2013). Esta iniciativa



complementa el estudio actual, proponiendo una estrategia para mejorar la calidad de vida de los residentes.

4.4.2. Ubicación de las zonas de alta concentración

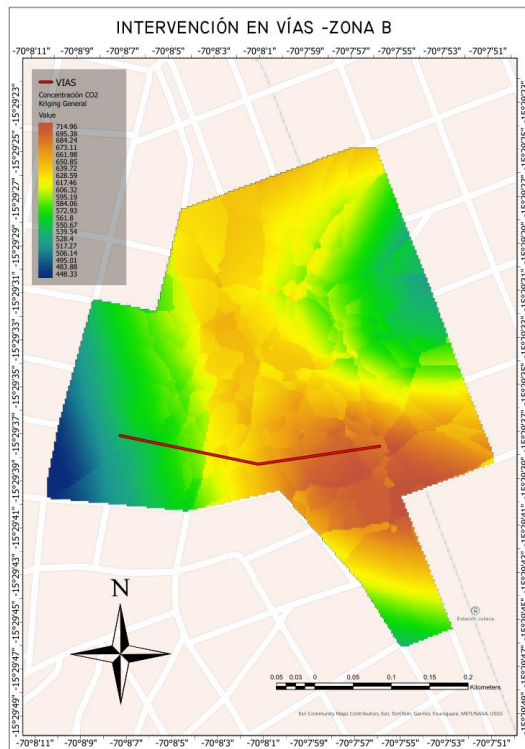
Mediante un mapa de Interpolación Kriging con los datos totales, se identificó la siguiente vía seleccionada, que atraviesa una de las zonas con mayor concentración de CO₂. Esta área, que va desde Jr. Jáuregui con Jr. Salaverry, pasando por la Plaza Mayor y continuando por Jr. Cuzco, muestra niveles particularmente elevados de contaminación.

Al intervenir esta vía transversal, se aborda directamente uno de los puntos más críticos de contaminación, permitiendo un impacto inmediato y significativo en la reducción de CO₂, además de que la vía seleccionada conecta puntos importantes como la Plaza Mayor, lo que aumenta su relevancia y el potencial impacto positivo de la intervención en la dinámica urbana.

Estas áreas fueron seleccionadas debido a que en la Zona B de estudio se vio una mayor concentración de contaminantes, resaltando el CO₂, esto se llegó a apreciar mejor en el mapa de Interpolación Kriging que se muestra a continuación.

Figura 97

Mapas de Intervención de Vías



Fuente: ArcGIS Pro v3.18

Figura 98

Plano de Ubicación de Calles a Intervenir



Fuente: Elaboración Propia en base a Plano de Google Earth

En la figura tal se aprecia las calles de alta concentración con más detalle respecto a la ciudad

4.4.3. Estudio previo sobre la captura de CO₂

- **Marchi et al. (2015):** Este estudio encontró que un muro verde de 98 m² en Italia puede capturar entre 13.4 y 97.0 kg de CO₂ al año. La variabilidad en la captura depende de factores como las especies vegetales utilizadas y las condiciones climáticas locales. Este estudio enfatiza la capacidad significativa de los muros verdes para contribuir a la reducción de CO₂ en áreas urbanas.
- **Othman y Kasim (2017):** Estos investigadores señalaron que las enredaderas y trepadoras pueden secuestrar entre 30 y 170 kg de CO₂ por año, realizado en Malasia, dependiendo de la especie y las condiciones de crecimiento. Este rango amplio destaca la importancia de seleccionar adecuadamente las especies vegetales para maximizar la captura de CO₂.
- **Charoenkit y Yiemwattana (2016):** El estudio realizado en Tailandia, determinaron que la cantidad de CO₂ capturada por los muros verdes varía de 4.35 a 30.26 g por m², lo que equivale aproximadamente a 1.58 a 11.05 kg de CO₂ por metro cuadrado al año. Este estudio proporciona una base cuantitativa para estimar la capacidad de absorción de CO₂ de los muros verdes en diferentes contextos urbanos.

El estudio "Evaluación del impacto del prototipo de jardín vertical LWS en el confort ambiental de una vivienda unifamiliar a 3800 m.s.n.m." proporciona un antecedente valioso para nuestra investigación sobre muros verdes en Juliaca. Este trabajo evaluó la implementación de un sistema de jardín vertical Living Wall



System (LWS) en condiciones de gran altitud, similares a las de nuestra área de estudio. Los resultados demostraron la viabilidad del sistema LWS en altitudes elevadas, confirmando la posibilidad de implementar muros verdes en entornos como Juliaca. Se observaron mejoras significativas en el confort térmico de la vivienda y se identificaron especies vegetales como Bálsamo de limón (*Melissa officinalis*) conocido como toronjil, capaces de adaptarse y prosperar a gran altitud, proporcionando una base sólida para la selección de plantas en nuestro proyecto.

Además, el estudio arrojó luz sobre aspectos cruciales como la eficiencia del sistema en términos de aislamiento térmico y regulación de humedad, el consumo de agua necesario para mantener el jardín vertical, y el impacto en el consumo energético de la vivienda. Se proporcionaron insights valiosos sobre los requerimientos de mantenimiento a largo plazo y la percepción de los ocupantes de la vivienda. Estos hallazgos demuestran que, más allá de la reducción de CO₂, los muros verdes en entornos de gran altitud como Juliaca podrían ofrecer mejoras significativas en el confort ambiental y la eficiencia energética de las edificaciones, respaldando así la viabilidad y los beneficios potenciales de nuestra propuesta de iniciativa en el Sector Urbano VI.

Reducción de CO₂ observada:

- Reducción de CO₂ de 489.37 ppm a 445.10 ppm.
- Reducción total de CO₂: 44.27 ppm.
- Conversión de ppm a mg/m³ (usando condiciones estándar): 1 ppm ≈ 1.96 mg/m³.
- Reducción de CO₂ en mg/m³: 44.27 ppm × 1.96 mg/m³ = 86.37 mg/m³.



Volumen de Aire Interior:

- Estimando el volumen de aire interior de 50 m^3 (tamaño estándar de una habitación).
- Reducción total de CO_2 en la habitación: $86.37 \text{ mg/m}^3 \times 50 \text{ m}^3 = 5.918.5 \text{ mg} = 4.3185 \text{ g}$.

Reducción de CO_2 por m^2 del Jardín Vertical:

- Reducción total por 1.53 m^2 de jardín vertical: 5.9185 g .
- Reducción por m^2 : $5.9185 \text{ g} / 1.53 \text{ m}^2 = 2.821 \text{ g/m}^2$
- Reducción de CO_2 por $\text{m}^2 = \frac{\text{Reducción total de CO}_2 \text{ en la habitación}}{\text{Área del jardín vertical (m}^2)}$
- Reducción de CO_2 por $\text{m}^2 = \frac{4.3185}{1.53 \text{ m}^2} \approx 2.821365 \text{ g/m}^2$

Conversión a Anual:

- Concentración en $\text{mg/m}^3 = \text{Concentración en ppm} \times 1.96 (\text{mg/m}^3)$
- Suponiendo que esta reducción es representativa de un día:
Reducción anual por $\text{m}^2 = 2.821 \text{ g/m}^2 \times 365 \text{ días} = 747.565 \text{ g/m}^2 \approx 0.747565 \text{ kg/m}^2$

4.4.4. Implementación de Muros Verdes

Descripción de Muros Verdes: Los muros verdes son estructuras verticales cubiertas de vegetación que ayudan a absorber CO_2 , mejorar la calidad del aire y proporcionar beneficios estéticos. Los muros verdes son una herramienta con múltiples beneficios comprobados para mejorar la gestión de las aguas pluviales mediante el almacenamiento y la evapotranspiración, pero también tienen otros beneficios potenciales, que incluyen: purificación del aire, efectos psicológicos

positivos, mejora estética, con esta técnica las plantas enraízan directamente en un medio del cultivo vertical o sistema hidropónico y una cubierta vegetal bien establecido (Raji et al, 2015).

4.4.4.1. Tipología de muro verde:

Muros ligeros tipo Patrick Blanc: Se trata de una estructura de soporte de piel vegetal que crea una separación física entre la piel vegetal y la capa de soporte del revestimiento de la fachada, evitando que las raíces de las plantas dañen el revestimiento. Siendo una estructura metálica auxiliar que se caracteriza por su ligereza y puede fijarse sobre cualquier tipo de soporte. El sistema de soporte se completa con una película de PVC de 1cm de espesor aportando rigidez y finalmente sobre esta se pega un fieltro de poliamida antiséptico y permeable permitiendo que las plantas inserten sus raíces y el aprovechamiento de la distribución de agua.

4.4.5. Estimación de muros verdes

Volumen total de aire de la calle:

- Largo de la calle: 100 m
- Ancho de la calle: 9.5 m
- Altura promedio de las viviendas: 7 m
- El volumen total de la calle es:
- Volumen total = Largo×Ancho×Altura = 100 m×9.5 m×7 m = 6650 m³

Calcular la reducción total de CO₂ necesaria para bajar de 600 ppm a un nivel menor. Reducción deseada: Suponemos una reducción de 25 ppm (de



600 ppm a 575 ppm). La masa de CO₂ que corresponde a esta reducción en el volumen de aire de la calle:

Reducción total:

$$CO_2(mg) = Reducción(ppm) \times Volumen\ de\ aire\ (m^3) \times 1.96 \frac{mg}{m^3}$$

De acuerdo con la formula, aplicando a nuestros datos:

$$Reducción\ total\ de\ CO_2\ (mg) = 25 \times 6650 \times 1.96 = 326,725mg = 326.725\ g$$

Calcular cuántos metros cuadrados de muro verde se necesitan:

Sabiendo que, 1 m² de muro verde reduce aproximadamente 2.821 g/m² de CO₂ al día.

La superficie total de muros verdes necesaria para reducir 326.725 g de CO₂ en un día:

Superficie necesaria:

$$= \frac{Masa\ de\ CO_2\ a\ reducir}{Reducción\ por\ m^2\ de\ muro\ verde} = \frac{326.725g}{2.821 \frac{g}{m^2}}$$

Resultado Final:

Para reducir la concentración de CO₂ en la calle de Juliaca de 600 ppm a 575 ppm, siendo esta significativa, es necesario aproximadamente 115.81 m² de muros verdes instalados en las viviendas de dicha calle.

4.4.6. Proceso de Implementación:

Selección de Especies: Se utilizarán especies conocidas por su alta capacidad de absorción de CO₂ y adaptabilidad al clima de Juliaca, como las plantas existentes en las áreas de estudio:

- Bálsamo de limón (*Melissa officinalis*) como principal especie.
- Altramuz del Diablo: Resistente a la sequía y de bajo mantenimiento.
- Buddleja Coriacea: Atrae polinizadores y contribuye a la biodiversidad urbana
- Geranio: Tolerante a condiciones variables con capacidad de adaptación.
- Caléndula: Floración abundante y resistencia a la contaminación atmosférica.

4.4.7. Metodología de instalación:

Instalación de la Estructura de Soporte: Se monta un marco metálico ligero, generalmente de aluminio o acero inoxidable, anclado a la fachada. Este marco se diseña para mantener una cámara de aire de aproximadamente 5 cm entre la pared y el sistema vegetal, facilitando la ventilación y previniendo problemas de humedad.

Impermeabilización y Protección: Se aplica una capa de PVC expandido de alta densidad sobre el marco metálico. Esta capa actúa como barrera impermeable y proporciona una superficie uniforme para los subsiguientes componentes del sistema.

Implementación del Sistema de Irrigación: Se instala un sistema de riego por goteo en la parte superior de la estructura. Este sistema se diseña para



proporcionar una distribución uniforme del agua y nutrientes, minimizando el desperdicio y optimizando el uso de recursos hídricos.

Instalación del Medio de Crecimiento: Se fijan dos capas de fieltro geotextil no biodegradable al PVC. La primera capa funciona como barrera de raíces, mientras que la segunda sirve como medio de crecimiento para las plantas. Este sistema de doble capa es fundamental para la distribución uniforme de agua y nutrientes.

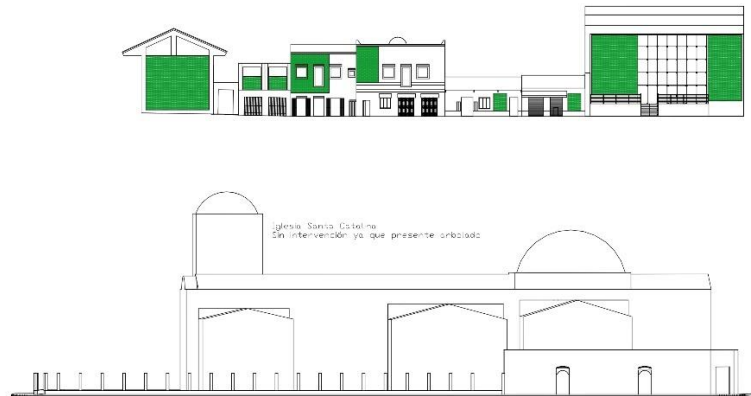
Proceso de Plantación: Se realizan incisiones estratégicas en la capa exterior de fieltro para crear bolsillos de plantación. Las especies vegetales, seleccionadas según criterios de adaptabilidad y diseño, se insertan en estos bolsillos. La densidad de plantación puede alcanzar hasta 30 plantas por metro cuadrado.

Calibración y Puesta en Marcha: Se realiza una fase de ajuste del sistema de riego y fertilización, monitoreando el establecimiento inicial de las plantas y realizando las modificaciones necesarias para optimizar el rendimiento del sistema.

4.4.8. Presentación de vistas y proyecciones

Figura 99

Vista de la Intervención de viviendas en Jirón Jauregui Cuadra 1



Fuente: Elaboración propia

La implementación de muros verdes en la cuadra 1 del Jirón Jauregui dio un total de 147 m² de muros verdes, donde a partir del resultado de la estimación de reducción de 25 ppm con 115 m², la calle mostrada presenta más áreas en muros verdes, estimándose una reducción de 31 ppm.

Figura 100

Vista de la Intervención de viviendas en Jirón Jauregui Cuadra 2



Fuente: Elaboración propia

La implementación de muros verdes en la cuadra 2 del Jirón Jauregui dio un total de 105 m² de muros verdes, donde a partir del resultado de la estimación de reducción de 25 ppm con 115 m², la calle mostrada presenta más áreas en muros verdes, estimándose una reducción de 43 ppm.

Figura 101

Vista de la Intervención de viviendas en Jirón Cusco Cuadra 1



Fuente: Elaboración propia

La implementación de muros verdes en la cuadra 1 del Jirón Cusco dio un total de 117.5 m² de muros verdes, donde a partir del resultado de la estimación de reducción de 25 ppm con 115 m², la calle mostrada presenta más áreas en muros verdes, estimándose una reducción de 25.5 ppm.

Figura 102

Vista de la Intervención de viviendas en Jirón Cusco Cuadra 2



Fuente: Elaboración propia

La implementación de muros verdes en la cuadra 1 del Jirón Cusco dio un total de 153 m² de muros verdes, donde a partir del resultado de la estimación de reducción de 25 ppm con 115 m², la calle mostrada presenta más áreas en muros verdes, estimándose una reducción de 33 ppm.

En resultado, las 4 calles intervenidas dan un promedio de reducción de CO₂ de 27.8 ppm por calle.



V. CONCLUSIONES

- El análisis integral realizado confirma la hipótesis general, demostrando que la distribución y la tipología de las áreas verdes urbanas en el sector urbano VI de Juliaca tienen un impacto significativo en la reducción de contaminantes atmosféricos. Las zonas con una planificación urbana más orientada hacia la inclusión de vegetación especializada, como árboles y arbustos de hoja perenne, muestran menores concentraciones de CO₂, TVOC y HCHO. Los resultados evidencian que las zonas con mayor densidad de áreas verdes presentan una mejor calidad del aire, mientras que las áreas con menos vegetación están más expuestas a concentraciones más altas de contaminantes. Estos hallazgos subrayan la necesidad de una planificación urbana que considere no solo la cantidad, sino también la calidad y la distribución de las áreas verdes, para maximizar su efecto positivo en la reducción de la contaminación atmosférica y mejorar la calidad de vida en la ciudad de Juliaca.
- El análisis estadístico confirma la hipótesis alternativa, mostrando diferencias significativas en los niveles de contaminantes atmosféricos entre los barrios del sector urbano VI de Juliaca. Los mapas de kriging y los análisis espaciales evidencian una clara variabilidad en la distribución de contaminantes CO₂, TVOC y HCHO, donde la Zona B presenta concentraciones más altas de contaminantes en comparación con la Zona A, lo que evidencia una variación espacial en la distribución de contaminantes, influenciada por la ubicación geográfica y las actividades industriales. Estos hallazgos subrayan la necesidad de intervenciones específicas para abordar la contaminación del aire en las áreas más afectadas, refutando así la hipótesis nula.



- De acuerdo a el análisis realizado, confirma la hipótesis alternativa (H1) de que existen diferencias significativas en la tipología de áreas verdes urbanas entre los barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca. La Zona A presenta una cobertura de césped más amplia y una mayor biodiversidad vegetal en comparación con la Zona B. La falta de áreas verdes adecuadas en el sector urbano VI, en comparación con los estándares recomendados por la OMS, resalta la necesidad de una revisión y mejora en la estrategia de planificación urbana para asegurar una calidad de vida urbana óptima y un entorno saludable.
- El análisis estadístico confirma la hipótesis alternativa (H1), estableciendo que existe una relación significativa entre la disponibilidad de áreas verdes urbanas y la reducción de contaminantes atmosféricos en los barrios del sector urbano VI en la ciudad de Juliaca. Los resultados indican que las zonas con mayor densidad de áreas verdes tienden a presentar menores concentraciones de contaminantes atmosféricos, como CO₂, TVOC y HCHO, en comparación con las zonas con menor cobertura verde. Los mapas de interpolación Kriging refuerzan estos hallazgos al mostrar que las zonas con mayor presencia de áreas verdes tienden a tener mejor calidad del aire. Los cambios en los niveles de contaminantes observados a lo largo del día en diferentes momentos también sugieren que las áreas verdes pueden ayudar a suavizar las fluctuaciones diarias en la calidad del aire. Estos resultados destacan la importancia de incorporar y aumentar las áreas verdes en las estrategias de planificación urbana para mejorar la calidad del aire y promover un entorno más saludable.



VI. RECOMENDACIONES

- Desarrollo de una propuesta normativa específica: Dado que la normativa vigente no es clara respecto a los límites de concentración de CO₂, TVOC, y HCHO en áreas urbanas, se recomienda desarrollar una propuesta normativa específica que establezca límites adecuados para estos contaminantes, ajustados a las condiciones locales de Juliaca. Esta propuesta debería estar respaldada por estudios científicos internacionales y por las observaciones realizadas en este estudio, con el fin de crear políticas ambientales más precisas y efectivas.
- Basándose en las teorías ambientales utilizadas en este estudio, se recomienda una revisión constante de los enfoques teóricos para asegurar que las intervenciones urbanas en Juliaca estén alineadas con las mejores prácticas internacionales y los últimos avances científicos. Esto incluye la aplicación de teorías que relacionan la vegetación urbana con la salud pública y la calidad ambiental, garantizando que las estrategias implementadas maximicen los beneficios tanto para el entorno como para la población.
- Integración de áreas verdes en la planificación urbana: Se recomienda integrar el aumento estratégico de áreas verdes en la planificación urbana de Juliaca. Esto incluye la creación de parques, plazas y espacios verdes en áreas residenciales, industriales y de alto tráfico, con el objetivo de mitigar la concentración de contaminantes atmosféricos y mejorar la calidad ambiental de la ciudad.
- Adopción de prácticas de gestión sostenible: Nos referiremos a estrategias y acciones implementadas para administrar y mantener las áreas verdes urbanas de manera que se minimicen los impactos negativos en el medio ambiente y se maximicen los beneficios ecológicos en las áreas verdes planificadas, como el uso de especies vegetales nativas adaptadas a las condiciones locales y tecnologías de



riego eficientes. Además, se recomienda la utilización de materiales y métodos de construcción ecológicamente responsables para maximizar los beneficios ambientales de las áreas verdes urbanas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assessing deeper levels of participation in nature-based solutions in urban landscapes –
A literature review of real-world cases. *Landscape and Urban Planning*,
210(104065), 104065. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104065>
- Álvarez, J. P. (2021, septiembre 14). Ecosistema Urbano Acupuntura Con Una Mirada Ecológica / TAP Arquitectura Martínez Arquitectura + Mec Arquitectura + Fiallo Atelier. <https://www.entreestilos.com/ecosistema-urbano-acupuntura-con-una-mirada-ecologica-tap-arquitectura-martinez-arquitectura-mec-arquitectura-fiallo-atelier/>
- Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115.
- Arias-Gómez, J., Ángel Villasís-Keever, M., & Guadalupe Miranda-Novales, M. (2016). Metodología de la investigación. www.nietoeditores.com.mx
- Banco Mundial, & Schaeffer, M. (2016). Guía de buenas prácticas para la planificación y gestión de áreas verdes urbanas. Banco Mundial.
- Ballester Díez, F., Tenías, J. M., & Pérez-Hoyos, S. (1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. *Revista Española de Salud Pública*, 73, 109–121. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271999000200002&nrm=iso
- Beatley, T. (2012). *Green Urbanism: Learning from European Cities*. Island Press.
- Brack, C. L. (2002). Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. *Environmental Pollution*, 116(Supplement 1), S195-S200. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00251-2](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00251-2)



- Carter, J. (1993). The potential of urban forestry in developing countries: A concept paper. Rome: FAO, Environmental Division, ENV 108.
- Cheng, Z., Li, L., & Liu, J. (2017). Identifying the spatial effects and driving factors of urban PM2.5 pollution in China. *Ecological Indicators*, 82, 61-75.
- Costa Gómez, J. (2015). Evaluación de la calidad del aire y su relación con la salud pública en entornos urbanos. *Revista de Ciencias Ambientales*, 32(1), 45-67.
- Diemer-MEDIDOR DE CO2 JD 3002. (s. f.). Materialmedico24.es.
<https://materialmedico24.es/medidor-de-co2-jd-3002#googtrans/es>
- Discover the desirable landscape structure for mitigating urban heat: The urban-rural gradient approach for an ancient Chinese city. *Cities (London, England)*, 127(103737), 103737. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103737>
- De Moura Menezes, M., Silva, A., & Freitas, R. (2019). Microorganisms and heavy metals associated with PM2.5 particles: A review of their impact on health. *Journal of Environmental Protection*, 25(2), 95-108.
- Dziekonsky, A. (2015). Espacios públicos y la construcción de la identidad social. *Revista de Sociología y Urbanismo*, 9(2), 56-78.
- Engel, E., & Neut, A. (1995). Decisiones colectivas. Externalidades y bienes públicos. Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería Industrial. Apuntes para el curso de Política Económica.
- Flores Yucra, R., Ginez Choque, P. A., Alfaro Alejo, R., Flores Quispe, E. L., & Flores Condori, E. (2024). Efecto del parque automotor en el nivel de contaminación por dióxido de carbono en la ciudad de Puno. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 5932-5948. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9937



- Flores-Yucra, R., Ginez-Choque, P. A., Alfaro-Alejo, R., Flores-Quispe, E. L., & Flores-Condori, E. (2024). Efecto del parque automotor en el nivel de contaminación por dióxido de carbono en la ciudad de Puno. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1
- Forman, R. T. T. (2014). *Urban ecology: Science of cities*. Cambridge University Press.
- Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons.
- Frumkin, H., Bratman, G. N., Breslow, S. J., Cochran, B., Kahn, P. H., Jr, Lawler, J. J., Levin, P. S., Tandon, P. S., Varanasi, U., Wolf, K. L., & Wood, S. A. (2017). Nature contact and human health: A research agenda. *Environmental Health Perspectives*, 125(7), 075001. <https://doi.org/10.1289/ehp1663>.
- Galindo, P., & Victoria, A. (2012). Espacios verdes urbanos: Estrategias para una ciudad más resiliente. *Revista de Planeación Urbana*, 19(5), 75-90.
- Gamboa Ysmiño, J. R., & Cubas Lozano, N. (2022, septiembre). Evaluación de la calidad de aire en términos de SO₂, CO, O₃ (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental). Universidad Peruana Unión.
- Gilbert, R. O. (1987). *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. Van Nostrand Reinhold.
- Givoni, B. (1991). Impact of planted areas on urban environmental quality: A review. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, 25(3), 289-299.
- Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente*. Barcelona: Reverté.
- Gomez, (2005). *Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades*.



- Gomez Durand, (2019). Lineamientos de Localización para un Sistema de Áreas Verdes Urbanas en Arequipa Metropolitana (Tesis de Postgrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Gong, X., Gao, J., & Liang, X. (2019). Inter-city spillover and intra-city agglomeration effects among local labour markets in China. IZA Discussion Paper No. 12329.
- González Pantoja, A. (2019). Evaluación de la remoción de contaminantes atmosféricos y la captura de carbono por parte de los Cerros Nutibara y Volador de Medellín. (Trabajo de grado). Universidad EIA, Envigado-Antioquia. Recuperado de: <http://repository.eia.edu.co/handle/11190/2479>
- Greater place attachment to urban parks enhances relaxation: Examining affective and cognitive responses of locals and bi-cultural migrants to virtual park visits. *Landscape and Urban Planning*, 232(104650), 104650. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104650>
- Green infrastructure in the urban environment: A systematic quantitative review. *Sustainability*, 11(11), 3182. <https://doi.org/10.3390/su11113182>
- Green space and stress: evidence from cortisol measures in deprived urban communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(9), 4086-4103. <https://doi.org/10.3390/ijerph10094086> - Exercise and well-being: a review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Current Opinion in Psychiatry*, 18(2), 189-193. <https://doi.org/10.1097/00001504-200503000-00013>
- Greening in style: Urban form, architecture and the structure of front and backyard vegetation. *Landscape and Urban Planning*, 185, 141-157. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.02.014>
- Gunnarsson, B., & Federspiel, F. (2007). Noise reduction by urban green spaces: A review. *Journal of Environmental Psychology*, 29(4), 377-386.



- Gutierrez, R. R. (2010). Espacios Verdes Publicos y Calidad de Vida. International Conference Virtual City and Territory. "6to. Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, Mexicali, 5, 6 y 7 Octubre 2010 (pág. 14). Barcelona: Centre de Política de Sòl i Valoracions.
- Haaland, C., & van den Bosch, C. K. (2015). Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 760-771.
- Harrison, R. M., Pope, F. D., & Shi, Z. (2014). Air Pollution. In Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09097-7>
- Hartig, T., Mitchell, R., de Vries, S., & Frumkin, H. (2014). Nature and health. *Annual review of public health*, 35, 207-28.
- Hawksworth, D. L., Grube, M., & Garty, J. (2005). Lichens as bioindicators of air pollution. In P. L. Nimis, C. Scheidegger, & P. A. Wolseley (Eds.), *Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens* (pp. 43-52). Springer.
- Herrera Llanos, W. (2003). La Población, Segundo elemento constitutivo del Estado Colombiano. *Revista de Derecho, Universidad del Norte*.
- Health and wellbeing in cities - Cultural contributions from urban form in the Global South context. *Wellbeing, Space and Society*, 3(100071), 100071.
<https://doi.org/10.1016/j.wss.2021.100071>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edición).
- Herrera Llanos, W. (2003). La Población, Segundo elemento constitutivo del Estado Colombiano. *Revista de Derecho, Universidad del Norte*.



- Hualpa Ccorimayo, J. B., & Pérez Pérez, M. E. (2021). Influencia del espacio público en la calidad de vida urbana de la ciudad de Puno 2019 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano de Puno]. Facultad de Ciencias Sociales, Escuela Profesional de Sociología.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC.
- Insunza Cazares, Santiago; Jiménez Ramírez José Vidal.(2013, julio) Caracterización del razonamiento estadístico de estudiantes universitarios acerca de las pruebas de hipótesis. Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-24362013000200003
- Jiang, Y., & Huang, G. (2022). Urban residential quarter green space and life satisfaction. *Urban Forestry & Urban Greening*, 69(127510), 127510. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127510>
- Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment*, 105, 130-137.
- Jim, C. Y. (2012). Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies. *Urban Ecosystems*, 15(3), 299-313.
- Liu, H., Fang, C., Zhang, X., Wang, Z., Bao, C., & Li, F. (2017). The effect of natural and anthropogenic factors on haze pollution in Chinese cities: A spatial econometrics approach. *Journal of Cleaner Production*, 165, 323-333.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Science and Systems*. John Wiley & Sons.



- Malca Casavilca, N. R. C. (2012). Contribución de las áreas verdes urbanas a la calidad ambiental del distrito de Comas-Lima, al año 2011 (Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Malca, N. (2012). Contribución de las áreas verdes urbanas a la calidad ambiental del distrito de Comas-Lima, al año 2011 [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109622/TESIS%20DOCTORADO%20CIENCIAS%20AMBIENTALES%20JULIO%20CESAR%20HDEZ%202017NOV2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mamani Sucari, M. E., & Calsina Quispe, J. E. (2022). Contaminación microbiológica y de metales totales en material particulado igual o menor a 2.5 micras en el área urbana de Juliaca (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Juliaca, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal.
- Mayorga, Marisol y Lina María Luna. (2018). Diseño e implementación de talleres lúdico-pedagógicos con enfoque ecológico como aporte al programa de servicio social ambiental del jardín botánico de Bogotá [Tesis de Licenciado en Biología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14997/MayorgaPalacioMarisol2019.pdf?sequence=1>
- Mejía, T. (2017). Investigación Correlacional: Definición, Tipos y Ejemplos. [Lifeder.com]. Recuperado de:
<https://www.lifeder.com/investigacioncorrelacional/>
- Merbitz, H., Buttstädt, M., Michael, S., Dott, W., & Schneider, C. (2012). GIS-based identification of spatial variables enhancing heat and poor air quality in urban areas. *Applied Geography*, 33, 94-106.



- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). Informe sobre el estado del medio ambiente en Perú. Lima: MINAM.
- Miller, S. (2018). Urban green spaces: Economic, social, and environmental value. *Journal of Urban Planning*, 17(4), 123-138.
- Muñoz-Sandoval, J., Ramos-Soto, C., & Zeng-Treitler, Q. (2016). Comparison of sentiment analysis programs on a multidimensional social sentiment analysis test set. *Journal of Biomedical Informatics*, 62, 84-94.
- Nascimento, F., Regina da Cunha Dantas Araújo, F., Antônio Costa dos Santos, C., & Guedes dos Santos, E. (2014). Revista Brasileira de Geografia Física Análise das mudanças ambientais provocadas pela expansão urbana na cidade de Mossoró-RN, através do uso de técnicas de Sensoriamento Remoto. In *Revista Brasileira de Geografia Física* (Vol. 7, Issue 4). www.ufpe.br/rbgfe
- Natural outdoor environments' health effects in gentrifying neighborhoods: Disruptive green landscapes for underprivileged neighborhood residents. *Social Science & Medicine* (1982), 279(113964), 113964.
<https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.113964>
- Nature contact and human health: A research agenda. *Environmental Health Perspectives*, 125(7), 075001. <https://doi.org/10.1289/ehp1663>
- Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas. *Landscape and Urban Planning*, 83(2-3), 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.03.003>
- Neut, A., & Engel, E. (1994). Externalidades, bienes públicos y decisiones colectivas: apuntes para el curso de política económica. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería Industrial.



- Novotny, V., Ahern, J., & Brown, P. (Eds.). (2010). *Water Centric Sustainable Communities: Planning, Retrofitting, and Building the Next Urban Environment*. Wiley.
- Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3-4), 115-123.
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa*
- Obando, I., & Barrientos, D. (2015). Índice verde urbano, herramienta para valorar y cuantificar el desarrollo verde en la ciudad de Bogotá. En S. J. Carrizosa Umaña & P. J. Mercado Bustamante (Eds.), *Urbanismo ecológico: Teoría y metodología para planificar, diseñar, y construir ciudades más sostenibles* (pp. 1-28). Bogotá: Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de Colombia.
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates* (2nd ed.). Routledge.
- ONU-Hábitat. (2020). *Herramientas para la Planificación Sostenible*.
<https://nacoesunidas.org/onu-habitat-lanca-novo-aplicativo-e-manual-sobre-planejamento-urbano-sustentavel/>
- Ossola, A., & Hopton, M. E. (2018). Biodiversity and ecosystem services in urban green spaces: A review. *Landscape and Urban Planning*, 178, 90-102.
- Panana, M. (2022). La importancia de las áreas verdes en la sostenibilidad urbana: Un análisis de su impacto en la calidad del aire. *Revista de Sostenibilidad Urbana*, 21(3), 89-102.
- Parker, D. C. (2019). Urban biodiversity: Enhancing the natural environment in cities. *Ecology and Society*, 24(2), 15-25.



- Penedo, F. J., & Dahn, J. R. (2005). Exercise and well-being: A review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Current Opinion in Psychiatry*, 18(2), 189-193.
- Plate, M., Smith, J., & González, P. (2020). Estrategias globales para la mitigación de la contaminación atmosférica. *Journal of Environmental Policy*, 18(4), 210-225.
- Puskás, K., Abunnasr, Y., & Naalbandian, H. (2021). Nature-based solutions for urban resilience: Integrating landscape and planning in cities. *Sustainability*, 13(15), 8425.
- Gómez, J. E. (2015). Dinámica urbana y crecimiento del área metropolitana de Monterrey en el periodo 2000-2010. *Papeles de Población*, 21(84), 119-148.
- Ramaiah, M., & Avtar, R. (2019). Urban green spaces and their impact on air pollution mitigation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(10), 644.
- Rodríguez, I. (2012). El potencial de la planificación ecológica urbana como instrumento de política ambiental. Un enfoque integrado para su evaluación. (Tesis doctoral). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Santos, A., Pérez, R., & López, M. (2020). Impacto de la contaminación del aire en la salud humana y el medio ambiente. *Revista Internacional de Salud Ambiental*, 12(3), 150-165.
- Segovia, M., & Oviedo, L. (2000). El papel de los espacios verdes en la resiliencia urbana ante el cambio climático. *Ecología Urbana*, 12(1), 24-37.
- Segura-Contreras, A., & Franco, L. (2016). La contaminación del aire como una amenaza para el medio ambiente y la salud pública. *Revista Mexicana de Salud Pública*, 58(6), 75-83.



- Sierra, (2020). Estrategia de Gestión de las Áreas Verdes para la Reducción de los Niveles de Contaminación Atmosférica en Lima Metropolitana, Tesis de Maestría. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Shi, T., & Zhao, Y. (2022). Urban green spaces and air pollution: Insights from nature-based solutions. *Environmental Science & Policy*, 129, 120-128.
- Smith, C. (2010). *Pollution prevention: A guide to improving your bottom line through environmental management* (1st ed.). Springer.
- Smith, L. M., Case, J. L., Smith, H. M., Harwell, L. C., & Summers, J. K. (2013). Relating ecosystem services to domains of human well-being: Foundation for a U.S. index. *Ecological Indicators*, 28, 79-90.
- Solecki, W., & Marcotullio, P. (2017). The legacy of the 2017 Urban Environment Theme Issue: Towards urban systems for sustainability. *The Anthropocene Review*, 4(2), 152-160.
- Solecki, W., & Rosenzweig, C. (2010). Climate change and U.S. cities: A perspective on the outlook for the 21st century. In D. C. Birkett (Ed.), Chapter 7 in *The Urban Environment*, CRC Press.
- Tan, T. H., & Lee, W. C. (2023). Life satisfaction and perceived and objective neighborhood environments in a green-accredited township: Quantile regression approach. *Cities* (London, England), 134(104196), 104196.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104196>
- Towards quality of life indicators for historic urban landscapes – Insight into a German-Polish research project. *Environmental and Sustainability Indicators*, 10(100094), 100094. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100094>



- Terradas, J., Franquesa, T., Parés, M., & Chaparro, L. (2011). *Sistemas Naturales y Biodiversidad en el Entorno Urbano*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Thompson, C. W. (2012). Linking landscape and health: The recurring theme. *Landscape and Urban Planning*, 99(3-4), 187-195.
- Triguero, A. (2021). Renaturalization in cities: Urban strategies for socio-environmental challenges. *Journal of Urban Ecology*, 7(1), 1-13.
- Torres, A. (2020). Teoría de la Ecología del Paisaje. <http://t-rex.aegean.gr/botanikos/marinos.html>
- Under-urbanization or over-urbanization? *Habitat International*, 38, 25-33.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.09.007> - How to cool hot-humid (Asian) cities with urban trees? An optimal landscape size perspective. *Agricultural and Forest Meteorology*, 265, 338-348.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.027>
- UN-Habitat. (2020). *Guidelines on City Climate Action Planning*.
<https://unhabitat.org/guidelines-on-city-climate-action-planning>
- UN-Habitat. (2021). *Urban Climate Action Planning: Lessons Learned from a Decade of Practice*. <https://unhabitat.org/urban-climate-action-planning-lessons-learned-from-a-decade-of-practice>
- Valdivia, G., & Ramírez, H. (2018). Evaluación de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en el pasivo ambiental minero Santo Toribio, Áncash, Perú. *Revista Peruana de Ciencias Ambientales*, 14(2), 115-130.



- Van Renterghem, T., Forssén, J., Attenborough, K., Jean, P., Defrance, J., Hornikx, M., & Kang, J. (2015). Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. *Applied Acoustics*, 92, 86-101.
- Voss, P. R., White, K. J., & Hammer, R. B. (2004). The spatial structure of demographic change in the rural United States, 1950-2000. *Population and Development Review*, 30(1), 37-64. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2004.00002.x>
- Wang, R., & Liu, Y. (2017). Analysis of Spatial Correlation between Green Space and PM2.5 in Beijing Based on GIS and Geo-statistics. *Urban Forestry & Urban Greening*, 24, 35-45. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.007>
- Weisberg, S. (2014). *Applied Linear Regression* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* (2nd ed.). Springer.
- Wu, J., & Hobbs, R. J. (Eds.). (2007). *Key topics in landscape ecology*. Cambridge University Press.
- Yang, X., Li, J., & Zhang, H. (2018). Industrialization and urbanization: The leading causes of air pollution. *Environmental Science Journal*, 9(5), 300-315.
- Zhang, Y., Zhang, M., & Zhong, N. (2021). Impact of urban green spaces on residential well-being: A spatial econometrics analysis of China's prefecture-level cities. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126435. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126435>
- Zhao, Z., Liu, S., & Fan, J. (2020). Analyzing the impact of urban land use on PM2.5 pollution in China using spatial regression models. *Journal of Environmental Management*, 256, 109911. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109911>



ANEXOS

ANEXO 1: Plano de Puntos de Monitoreo Sector A

ANEXO 2: Plano de Puntos de Monitoreo Sector B

ANEXO 3: Ficha de recolección de Datos Monitoreo (Formato Blanco)

ANEXO 4: Ficha de recolección de Datos Monitoreo (Ejemplos Completos)

ANEXO 5: Ficha de Áreas de Césped Zona A y B

ANEXO 6: Plano de Ubicación de Intervención

ANEXO 7: Plano de Propuesta de Implementación de Muros – Jauregui 1

ANEXO 8: Plano de Propuesta de Implementación de Muros – Jauregui 2

ANEXO 9: Plano de Propuesta de Implementación de Muros Cusco 1

ANEXO 10: Plano de Propuesta de Implementación de Muros – Cusco 2

ANEXO 11: Plano de Detalle de Muro Verde

ANEXO 12: Gráficos de la Normal y Grafico de Cajas para los contaminantes en los
Periodos

ANEXO 13: Gráficos del Test de Moran y Análisis Lisa para Contaminantes

ANEXO 14: Mapas Kriging para los Contaminantes

ANEXO 15: Cuadro de Promedio Total de Contaminantes pro Zona

ANEXO 16: Panel Fotográfico

ANEXO 17: Ficha Técnica del Instrumento



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Ariana Gabriela Sanchez Pavillo,
identificado con DNI 72628510 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Arquitectura y Urbanismo

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Influencia del Diseño Urbano de Áreas Verdes en la Reducción
de Contaminantes Atmosféricos en el Sector Urbano VI, Juliaca "

Es un tema original.


Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 06 de Setiembre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Azuano Gabriela Sanchez Parullo,
identificado con DNI 72628510 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Arquitectura y Urbanismo
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ Influencia del Diseño Urbano de Áreas Verdes en la Reducción de Contaminante Atmosférico en el Sector VI, Juliaca. ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 06 de Setiembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella