

ANEXOS

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE CAUSALIDAD
EN EL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE LA UNIDAD
FISCALIZABLE PLANTA POMALCA DE LA
EMPRESA AGROINDUSTRIAL POMALCA S.A.A,
DISTRITO DE POMALCA, PROVINCIA DE
CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE
LAMBAYEQUE, EN EL 2023**

ANEXO 1

Detalle de la evaluación ambiental de causalidad en el ámbito de influencia de la unidad fiscalizable planta Pomalca de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., Distritos De Pomalca, Tumán, Saña, Pucalá y Chongoyape, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque, en el 2023



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE CAUSALIDAD EN EL ÁMBITO
DE INFLUENCIA DE LA UNIDAD FISCALIZABLE PLANTA
POMALCA DE LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL POMALCA
S.A.A., DISTRITOS DE POMALCA, TUMÁN, SAÑA, PUCALÁ Y
CHONGOYAPE, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO
DE LAMBAYEQUE EN EL 2023**

**SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

2023



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Profesionales que aportaron a este documento:

**ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN	11
2. ANTECEDENTES	13
2.1. Actividades productivas identificadas en el área de estudio	13
2.2. Instrumentos de gestión ambiental	14
2.3. Acciones realizadas por el OEFA	16
2.4. Denuncias ambientales.....	16
3. OBJETIVOS	17
3.1. Objetivo general	17
3.2. Objetivos específicos	17
4. ÁREA DE ESTUDIO	18
4.1. Ubicación geográfica y política del área de estudio	18
4.2. Características del terreno.....	18
4.2.1. Topografía en el área de estudio	18
4.2.2. Uso de suelos en el área de estudio.....	18
4.3. Climatología del Área de Estudio.....	23
4.3.1. Clasificación climática	23
4.3.2. Tiempo y clima.....	23
5. METODOLOGÍA.....	37
5.1. Objetivo específico 1: Evaluar la calidad de aire mediante el monitoreo de material particulado, gases y polvo sedimentable	37
5.1.1. Guías utilizadas para la evaluación.....	38
5.1.2. Ubicación de puntos de monitoreo.....	38
5.1.3. Equipos, parámetros y métodos de análisis	39
5.1.4. Procesamiento de datos.....	40
5.1.5. Criterios de evaluación	41
5.2. Objetivo específico 2: Estimar la dispersión espacial y las concentraciones de los contaminantes atmosféricos (PM ₁₀ y PM _{2.5}) producto de las emisiones provenientes de la planta de operaciones Pomalca y de la quema de caña de azúcar. Además, determinar la distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados.	45
5.2.1. Guías utilizadas para la evaluación.....	45
5.2.2. Análisis de las condiciones meteorológicas (clima y tiempo)	45
5.2.3. Justificación del Modelo de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos	48
5.2.4. Dominio de Modelamiento.....	51
5.2.5. Periodo de Modelamiento.....	51
5.2.6. Inventario de emisiones: Cálculo de Tasas de Emisión	51



5.2.7.	Escenarios de Modelamiento	65
5.2.8.	Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados.	66
5.2.9.	Receptores Discretos	66
5.2.10.	Criterios de evaluación	68
6.	RESULTADOS.....	72
6.1.	Objetivo específico 1: Evaluar la calidad de aire mediante los registros del monitoreo de material particulado, gases y polvo sedimentable	72
6.1.1.	Material particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5}) y Carbono negro.....	72
6.1.2.	Polvo sedimentable	73
6.1.3.	Gases (SO ₂ , CO y NO ₂).....	76
6.1.4.	Niveles de Fondo.....	79
6.2.	Estimar la dispersión espacial y las concentraciones de los contaminantes atmosféricos (PM ₁₀ y PM _{2.5}) producto de las emisiones provenientes de la planta de operaciones Pomalca y de la quema de caña de azúcar. Además, determinar la distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados. 79	
6.2.1.	Emisiones de la Agroindustrial Pomalca S.A.A.	79
6.2.2.	Concentraciones en los Receptores Discretos – Planta Pomalca.....	81
6.2.3.	Mapas de Isoconcentraciones – Planta Pomalca	102
6.2.4.	Análisis de las Distancias Máximas entre los centros poblados de interés y las Parcelas de quema representativas.....	109
7.	DISCUSIONES.....	123
8.	CONCLUSIONES.....	133
9.	RECOMENDACIONES	134
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	134



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Reportes de emergencias ambientales por la quema de caña de azúcar (hasta enero del 2023)	15
Tabla 2.2. Reportes de emergencias ambientales por la quema de caña de azúcar (durante las actividades de campo de OEFA en el 2023).....	16
Tabla 2.3. Denuncias ambientales registradas en el SINADA	17
Tabla 4.1. Ubicación geográfica del área de la planta Pomalca	18
Tabla 4.2. Detalle de los archivos usados para caracterizar el terreno.....	18
Tabla 4.3. Información de la Estación Meteorológica Virtual (EMA) Pomalca	23
Tabla 5.1. Protocolo de monitoreo utilizado para la evaluación de polvo sedimentable.....	38
Tabla 5.2. Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo	38
Tabla 5.3. Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo aledaños a las parcelas de caña de azúcar	39
Tabla 5.4. Ubicación de los puntos de monitoreo de polvo sedimentable	39
Tabla 5.5. Equipos utilizados en el monitoreo	40
Tabla 5.6. Estándares de calidad ambiental (ECA) para aire	41
Tabla 5.7. Información del Modelo Meteorológico.....	46
Tabla 5.8. Parametrizaciones físicas usadas para las simulaciones del modelo WRF	46
Tabla 5.9. Parámetros de las chimeneas de las calderas de bagazo de la Planta Pomalca	52
Tabla 5.10. Factores de emisión empleados para combustión en calderas de bagazo	52
Tabla 5.11. Cantidad de bagazo consumido en las calderas de la Planta Pomalca del 2022	53
Tabla 5.12. Factores de Emisión para el manejo del bagazo de caña de azúcar.....	53
Tabla 5.13. Cantidad de bagazo de caña en el proceso de Molienda del 2022	54
Tabla 5.14. Factor aerodinámico según el tamaño de partícula aerodinámico.....	55
Tabla 5.15. Distribución por tamaño de partículas de 7 muestras de ceniza de bagazo....	56
Tabla 5.16. Distribución por tamaño de partículas de 4 muestras de bagazo de caña	56
Tabla 5.17. Altura, perímetro y área de las pilas de almacenamiento de bagazo y ceniza de la Planta Pomalca.....	57



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Tabla 5.18. Factores de emisión empleados para Combustión de Vehículos pesados	58
Tabla 5.19. Valores del rendimiento y fracción de residuos empleados en este estudio ...	60
Tabla 5.20. Factores de emisión para PM ₁₀ , PM _{2.5} y CO emitidos por la quema de caña de azúcar empleados en este estudio	61
Tabla 5.21. Estadísticos del Área cosechada mediante quema controlada del calendario de quema del 2023 de la Agroindustrial Pomalca	61
Tabla 5.22. Áreas y centros poblados de interés de las parcelas representativas	65
Tabla 5.23. Receptores discretos del área de modelamiento de la Planta Pomalca.....	66
Tabla 5.24. Receptores de interés del área de modelamiento de quema de caña de azúcar	68
Tabla 5.25. Parámetros establecidos en el ECA-aire: D.S. N° 003-2017-MINAM.....	69
Tabla 6.1. Tasas de emisión de PM ₁₀ y PM _{2.5} generados por las fuentes de emisión de la planta industrial de la empresa Agroindustrial Pomalca.....	79
Tabla 6.2. Tasas de emisión de PM ₁₀ , PM _{2.5} y CO generados por la cosecha de caña de azúcar mediante quema controlada en las parcelas representativas.	81
Tabla 6.3. PM ₁₀ - Concentraciones finales (CF) del promedio de 24 horas del 1er valor máximo. Escenario Base.....	83
Tabla 6.4. PM ₁₀ - Concentraciones finales (CF) del promedio de 24 horas del 8avo valor máximo. Escenario Base.....	85
Tabla 6.5. PM _{2.5} - Concentraciones finales (CF) del promedio de 24 horas del 1er valor máximo. Escenario Base.....	88
Tabla 6.6. PM _{2.5} - Concentraciones finales (CF) del promedio de 24 horas del 8avo valor máximo. Escenario Base.....	90
Tabla 6.7. Concentraciones modeladas (CM) del promedio anual de PM ₁₀ – Escenario base.	94
Tabla 6.8. Concentraciones modeladas (CM) del promedio anual de PM _{2.5} – Escenario base.	96
Tabla 6.9. Concentraciones máximas finales de PM ₁₀ , promedio de 24 horas, del 1er y 8avo valor máximo.	99
Tabla 6.10. Concentraciones máximas finales del PM _{2.5} , promedio de 24 horas, del 1er y 8avo valor máximo.	100
Tabla 6.11. Distancias máximas y direcciones predominantes del área de mayor impacto generado por la quema de caña de azúcar	109



Tabla 7.1. Campos que deberían ser considerados para la cosecha en verde que colindan con los centros poblados de Interés 131

Índice de Figuras

Figura 3.1. Diagrama de flujos de proceso de elaboración de azúcar rubia general 14

Figura 4.1. Mapa base del Área de Estudio – Planta Pomalca 19

Figura 4.2. Mapa base del Área de Estudio – Campos de cultivo de caña de azúcar de la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A 20

Figura 4.3. Mapa Topográfico 21

Figura 4.4. Mapa de Uso de Suelos 22

Figura 4.5. Variación espacial de la temperatura promedio durante los años 2017-2022.. 24

Figura 4.6. Variación espacial de la humedad promedio durante los años 2017-2022 25

Figura 4.7. Variación espacial de la dirección y velocidad promedio de los vientos durante los años 2017-2022 25

Figura 4.8. Variación temporal diaria de la temperatura máxima, mínima y media durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 26

Figura 4.9. Variabilidad mensual de la temperatura máxima y mínima durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 27

Figura 4.10. Variabilidad estacional de la temperatura máxima y mínima durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 27

Figura 4.11. Variabilidad y promedio horario de la temperatura durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 27

Figura 4.12. Variabilidad diaria de la humedad relativa durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 28

Figura 4.13. Variabilidad y promedio mensual de la humedad relativa durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 29

Figura 4.14. Variabilidad y promedio mensual de la humedad relativa durante todo el periodo de los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 29

Figura 4.15. Variabilidad diaria de la precipitación durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 30

Figura 4.16. Variabilidad mensual de la precipitación durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 30

Figura 4.17. Variabilidad y promedio mensual de la precipitación durante todo el periodo de los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 30



Figura 4.18. Variabilidad anual de la precipitación durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 31

Figura 4.19. Rosa de vientos para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca.... 31

Figura 4.20. Rosa de vientos anual para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 32

Figura 4.21. Rosa de vientos mensual para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca..... 33

Figura 4.22. Rosa de vientos por estaciones el año para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 34

Figura 4.23. Rosa de vientos por horarios diurnos (día) y nocturnos (noche) para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 34

Figura 4.24. Ciclo horario promedio de la velocidad del viento durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca..... 35

Figura 4.25. Mapa de calor de velocidad de vientos para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca 35

Figura 4.26. Variabilidad diaria de la Radiación Global (2017-2022) en el área de la EMV Pomalca..... 36

Figura 4.27. Variabilidad mensual de la Radiación Global (2017-2022) en el área de la EMV Pomalca..... 37

Figura 4.28. Variabilidad y promedio horario de la Radiación Global (2017-2022) en el área de la EMV Pomalca 37

Figura 5.1. Mapa de ubicación de estaciones de monitoreo de calidad de aire 43

Figura 5.2. Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de polvo sedimentable 44

Figura 5.3. Mapa de la Grilla Meteorológica del modelo WRF a resolución de 1 km 47

Figura 5.4. Flujograma de modelamiento de dispersión atmosférica..... 50

Figura 5.5. Fuentes de emisión identificadas en Planta Pomalca..... 63

Figura 5.6. Fuentes de emisión: 11 parcelas representativas para la quema de caña de azúcar 64

Figura 5.7. Receptores discretos para el modelamiento de la Panta Pomalca..... 70

Figura 5.8. Centros poblados de interés y parcelas representativas para el modelamiento de la quema de caña de azúcar 71

Figura 6.1. Variación diaria de las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5} y carbono negro en PM_{2.5} y variación diaria del porcentaje de carbono negro generado por la quema de biomasa en el ámbito de influencia de la Planta Pomalca de la Agroindustrial Pomalca..... 74



Figura 6.2. Variación horaria de las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5} y carbono negro en PM_{2.5} en el ámbito de influencia de la Planta Pomalca de la Agroindustrial Pomalca 75

Figura 6.3. Variación diaria de las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} en el ámbito de influencia de las quemas de caña de azúcar 76

Figura 6.4. Variación diaria y horaria de las concentraciones de dióxido de azufre (SO₂) 77

Figura 6.5. Variación horaria y media móvil (8 horas) de las concentraciones de monóxido de carbono (CO). Estación CA-AP-03 77

Figura 6.6. Variación temporal y espacial de las concentraciones de polvo sedimentable en los puntos de monitoreo 78

Figura 6.7. Porcentaje (%) de aporte de emisiones de PM₁₀ en cada fuente identificada.. 80

Figura 6.8. Porcentaje (%) de aporte de emisiones de PM_{2.5} en cada fuente identificada . 81

Figura 6.9. Primer valor más alto de PM₁₀ en 24 horas– Año meteorológico 2018 – Planta Pomalca..... 103

Figura 6.10. Octavo valor más alto de PM₁₀ en 24 horas– Año meteorológico 2022 – Planta Pomalca..... 104

Figura 6.11. Valor más alto de PM₁₀ anual – Año meteorológico 2019 – Planta Pomalca 105

Figura 6.12. Primer valor más alto de PM_{2.5} en 24 horas– Año meteorológico 2018 – Planta Pomalca..... 106

Figura 6.13. Octavo valor más alto de PM_{2.5} en 24 horas– Año meteorológico 2017 – Planta Pomalca..... 107

Figura 6.14. Valor más alto de PM₁₀ anual – Año meteorológico 2019 – Planta Pomalca 108

Figura 6.15. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Samán..... 110

Figura 6.16. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Estaciones 111

Figura 6.17. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Zanjón IV..... 112

Figura 6.18. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Zanjón IA..... 113

Figura 6.19. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Laura I 114

Figura 6.20. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Laura IIA 115



Figura 6.21. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Huacas 116

Figura 6.22. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Higueron Alto 117

Figura 6.23. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Goto 118

Figura 6.24. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Juan Pablo 119

Figura 6.25. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Lote III 120

Figura 6.26. Mapa del Área de la distancia máxima de no quema de caña de azúcar 121

Figura 6.27. Mapa de las Áreas de cosecha en verde y cosecha por quema controlada de los cultivos de caña de azúcar de la Agroindustrial Pomalca S.A.A. 122

Figura 7.1. Variación diaria de las concentraciones de PM₁₀ en el ámbito de influencia de la Planta Pomalca de la Agroindustrial Pomalca y precipitaciones acumuladas 123

Figura 7.2. Tránsito de camiones de carga por caminos húmedos (debido a la precipitación) durante el periodo de operación de la planta (12 de marzo del 2023) 124

Figura 7.3. Tránsito de camiones de carga por caminos secos (ausencia de precipitación) durante el periodo de operación de la planta (16 y 17 de marzo del 2023) 125

Figura 7.4. Actividad de maquinaria pesada en el patio de cenizas y concentraciones horarias de PM₁₀ en la estación CA-AP-01 en los días a) 19, b) 21, c) 22, d) 23, e) 24 y f) 26 de marzo 126

Figura 7.5. Tránsito de vehículos en la vía de ingreso de la planta Pomalca durante el periodo de paralización 127

Figura 7.6. Actividad de las chimeneas de la Planta Pomalca y concentraciones horarias de PM_{2.5} en la estación CA-AP-02 durante los días a) 07, b) 08, c) 09, d) 10, e) 11 y f) 12 de marzo de 2023 128

Figura 7.7. Comportamiento horario de las concentraciones de carbono negro en PM_{2.5} registrado en las estaciones CA-AP-01 y CA-AP-02. 129

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

1. INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con aproximadamente 160 000 ha de cultivo de caña de azúcar, ubicadas en los departamentos de La Libertad, Ancash, Piura, Lambayeque, Lima y Arequipa. Esta actividad contribuye actualmente con el 3,6 % del PBI agrícola¹; además, las condiciones climáticas y de suelo posibilitan que el cultivo se realice durante todo el año.

Agroindustrial Pomalca S.A.A, se encuentra ubicada en el km. 7 de la carretera Chiclayo-Chongoyape en el distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo y departamento Lambayeque; produce azúcar a partir del cultivo de caña de azúcar, así como sus derivados (melaza, chancaca y bagazo), posee un aproximado de 13 208 Ha² de terreno cultivable.

Las empresas agroindustriales productoras de azúcar en el Perú utilizan el método de quema de caña de azúcar para cosecharla, considerando que no existe en la legislación peruana una norma expresa que prohíba la quema de caña, además, es considerada como un camino eficaz para mantener productividades elevadas del cortador manual y de las cosechadoras mecánicas, entregar limpia la caña para producción de azúcar y elimina el problema de dejar grandes cantidades de residuos en los campos.

La quema de la caña también genera la emisión de gases y material particulado en abundancia que incide en la calidad de aire y probablemente en la salud de las personas que viven en zonas aledañas a los cultivos de caña de azúcar (Jurado, 2020). Debido a ello, se han presentado diversas denuncias ante los diferentes organismos gubernamentales como el Ministerio Público, Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), Ministerio de la Producción (Produce) y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

Desde el año 2019 hasta la fecha se han reportaron 4 denuncias ambientales en el SINADA (Servicio de Información Nacional y Denuncias Ambientales) relacionadas a la generación de gases y material particulado que provendría de la quema de caña de azúcar de Agroindustrial Pomalca S.A.A., el cual estaría afectando a los pobladores de los centros poblados cercanos.

Cabe mencionar que durante las actividades de reconocimiento técnico en campo también se identificó la problemática señalada cerca de la planta Pomalca (procesamiento de caña de azúcar), a razón de ello y de las cartas enviadas por los pobladores, se realizaron reuniones informativas de las acciones de OEFA en el centro poblado Pomalca (marzo y junio del 2023) con participación de los interesados (pobladores de Pomalca, municipalidad distrital de Pomalca y la oficina desconcentrada de OEFA)³.

Mediante memorando la Dirección de Supervisión Ambiental en Actividad Productivas (DSAP) encargó a la Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM) el desarrollo de una Evaluación Ambiental de Causalidad (EAC) en el área de influencia de Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A. – Planta Pomalca⁴, vinculados principalmente a los presuntos impactos ambientales generados por la quema del 100% de sus campos los cuales están ubicados cerca de los centros poblados (10 m a 20 m), con el objetivo de generar un modelo

¹ Consultado el 14 de diciembre de 2018 <http://www.agronetworks.com.pe/produccion/item/621-produccion-de-cana-de-azucar-lograra-cubrir-el-100-de-la-demanda-del-mercado-nacional-durante-el-2018>.

² De acuerdo a la información proporcionada por el administrado en la Carta N°392-2023-GG-PO

³ Carta S/N del 19 de mayo de 2023 con HT 468585

⁴ Memorando N° 00945-2021-OEFA/DSAP: Encargo de función supervisora en relación con la Evaluación Ambiental de Causalidad, remitido el 25 de junio de 2021



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

de dispersión de contaminantes atmosféricos, el cual determinará distancias o áreas de no quema de cultivo de plantaciones de caña cercano a los centros poblados: Pomalca, San Antonio, Pucalá, Casa de Madera, El Triunfo, Saltur, Sipán, Pacherez, Pampa Grande y San Juan de Cuculí.

En ese sentido y con la finalidad de establecer la relación causa-efecto entre la alteración de la calidad ambiental y las actividades industriales se elaboró el presente informe, el cual contiene los objetivos, la información relevante y las acciones técnicas realizadas, para la evaluación de la calidad de aire y el polvo sedimentable, así como la identificación de los posibles efectos de la actividad agroindustrial sobre la calidad ambiental en el área de estudio.

Asimismo, para complementar esta evaluación se realizó un modelamiento de dispersión de contaminantes atmosféricos con el objetivo de evaluar el impacto en la calidad de aire de las actividades de operación de la Planta Pomalca (en el escenario actual de operaciones) y de la quema de caña de azúcar en 11 parcelas ubicadas alrededor de los centros poblados Pomalca, San Antonio, Pucalá, Casa de Madera, El Triunfo, Saltur, Sipán, Pacherez, Pampa Grande y San Juan de Cuculí. Además, con esto último, se generaron las distancias mínimas de no quema de cultivo de plantaciones de caña respecto a los centros poblados cercanos ya mencionados. Para la elaboración del modelamiento se utilizaron datos meteorológicos modelados generados por el Modelo de Pronóstico e Investigación del Tiempo (WRF, por sus siglas en inglés), para un dominio de 70 km x 70 km, con una resolución espacial de 1 km y temporal de 1 hora, para el periodo 2017-2022. Además, se utilizaron datos topográficos del modelo de elevación digital (DEM, por sus siglas en inglés) de Alos Palsar con una resolución espacial de 12 m y datos de uso de suelos proveniente de la base de datos del GlobeLand30, con una resolución espacial de 30 m. Para el modelamiento de la dispersión de los contaminantes atmosféricos, se utilizó el modelo CALPUFF v.7.0.

Cabe mencionar que durante la ejecución de actividades en campo se presentaron diversas situaciones no planificadas referente a las intensas lluvias reportadas en el norte^{5,6,7} que trajeron como consecuencia principalmente las paradas de planta de Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.⁸, retraso en la cosecha de caña de azúcar por quema y cortes de energía eléctrica en los centros poblados de estudio, dificultad en el traslado de personal por medidas de seguridad, etc.

⁵ Decreto Supremo N° 029-2023-PCM: Decreto Supremo que declara el Estado de Emergencia en varios distritos de algunas provincias de los departamentos de Áncash, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Lima, Piura y Tumbes, por peligro inminente ante intensas precipitaciones pluviales (3 de marzo)

⁶ Decreto Supremo N° 034-2023-PCM: Decreto Supremo que declara el Estado de Emergencia en varios distritos de algunas provincias de los departamentos de Cajamarca, La Libertad, Lambayeque y Piura, por impacto de daños ante intensas precipitaciones pluviales (12 de marzo)

⁷ Decreto Supremo N° 043-2023-PCM: Decreto Supremo que declara el Estado de Emergencia Nacional, por desastre de gran magnitud, a consecuencia de intensas precipitaciones pluviales en los departamentos de Lambayeque, Piura y Tumbes (26 de marzo)

⁸ Carta N°379-2023-GG-PO del 13 de abril de 2023



2. ANTECEDENTES

2.1. Actividades productivas identificadas en el área de estudio

En la actualidad la Agroindustrial Pomalca S.A.A. – Planta Pomalca no cuenta con IGA donde describa el proceso de producción de azúcar, por lo cual se describirá brevemente y de manera general lo mencionado por la Corporación Agroindustrial⁹ referente al proceso de la elaboración del azúcar:

- **Siembra:** *Para obtener un suelo adecuado donde germine la caña de azúcar se requiere realizar un estudio de suelos y, de acuerdo con el resultado, efectuar las labores necesarias de preparación de tierras para proceder con la siembra.*
- **Cultivo:** *El cultivo de la caña demanda la provisión apropiada de agua para alcanzar una buena producción. Para ello se lleva a cabo un análisis foliar, control de malezas, control biológico y aplicación de técnicas de fertilización con miras a obtener un desarrollo óptimo del cultivo. Por último, el riego se aplica hasta aproximadamente dos meses antes de la cosecha asegurando una excelente calidad de la caña.*
- **Cosecha:** *El corte se ejecuta manual o mecánicamente, utilizando parámetros de calidad que disminuyen los porcentajes de materia extraña. Una vez cortada la caña se transporta a la fábrica en tractores y camiones, procurando el menor tiempo de permanencia antes de su molienda.*
- **Descarga de caña y trapiche:** *La caña se descarga, utilizando grúas hilo que levantan las jaulas o carretas, en las mesas transportadoras para pasar por los equipos de preparación compuesto por cuchillas giratorias y desfibradoras, que la convierten en pequeños trozos, facilitando la extracción del jugo.*
- **Molienda:** *La molienda se realiza en un tándem de hasta seis molinos de cuatro mazas cada uno o en un difusor con molino secador. En ambos casos se extrae el jugo que luego es enviado a la fábrica para ser procesado, y el bagazo se destina a los calderos para producir el vapor con el que a la vez se genera la energía eléctrica para la fábrica y los pozos del campo. El jugo es colado con el fin de retirar las partículas de bagacillo, luego es preencalado y encalado usando sacarato de calcio para evitar pérdidas de azúcar en el proceso de purificación.*
- **Clarificación:** *El jugo encalado pasa a través de calentadores, ingresando al clarificador de jugo donde se produce la sedimentación de los sólidos insolubles, separándolos del jugo clarificado que permanece en la parte superior del clarificador, para ser luego enviado a la etapa de evaporización. Los lodos que quedan, denominados cachaza, son llevados a los filtros rotativos al vacío o a filtros de banda, para la recuperación de su contenido de sacarosa. Después, esta cachaza se usa en los campos como abono para mejorar la preparación de los suelos.*
- **Evaporación:** *El jugo clarificado, es recibido en un tanque de corto tiempo de retención, desde donde se bombea hacia una batería de calentadores de jugo clarificado y luego a un sistema de evaporación de cinco efectos para concentrarlo y convertirlo en jarabe.*
- **Cristalización y Centrifugación:** *El jarabe o meladura y mieles obtenidos se llevan hacia los tachos al vacío batch o continuos para producir las masas cocidas, donde el agotamiento y rendimiento de cristales tienen relación directa con el sistema de cocimiento que se está trabajando. La masa cocida pasa a las centrifugas, en esta máquina que se encuentran girando a altas velocidades, los cristales de azúcar se*

⁹ Consultado en http://www.coazucar.com/esp/coazucar_nosotros.html



separan de la miel. Durante este proceso se lava el azúcar para retirar los residuos de miel y posteriormente se seca y se enfría. La melaza es obtenida en las centrifugas de masa "C" y es la materia prima para elaborar alcohol en nuestras Destilerías.

- **Secado:** Para el secado del azúcar se emplea un secador enfriador que usa aire frío y caliente, para reducir el porcentaje de humedad en el producto.
- **Envasado:** Una vez que el azúcar se ha secado y enfriado se empaca en sacos de diferentes presentaciones, según las necesidades de nuestros clientes nacionales e internacionales.

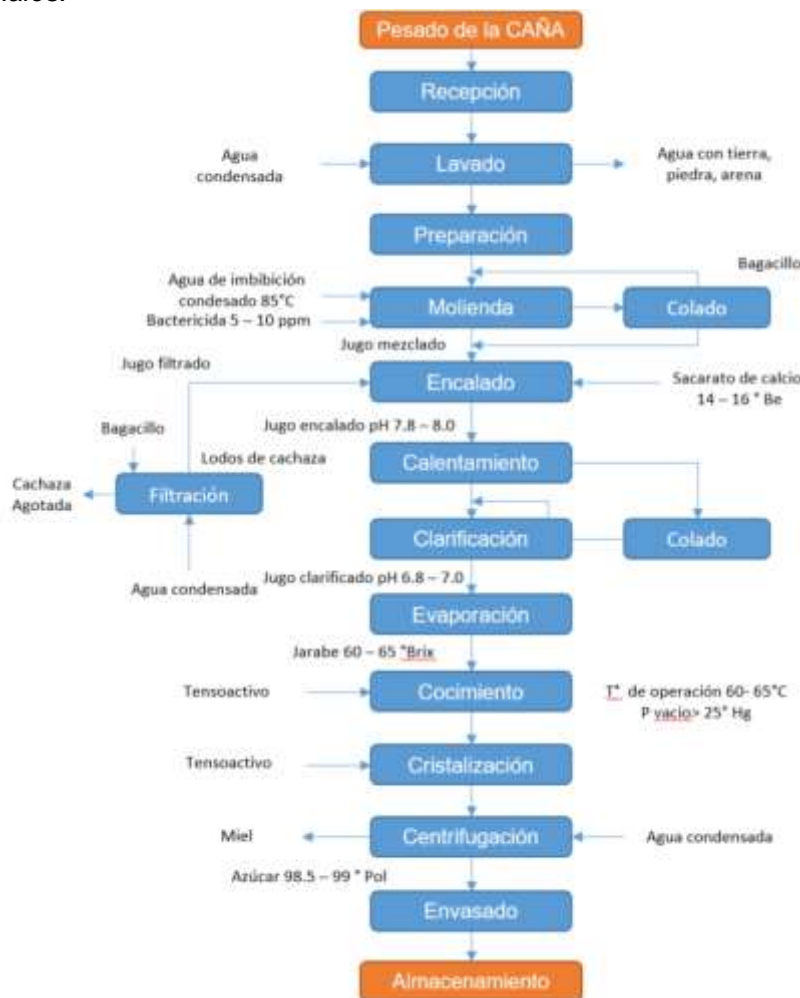


Figura 2.1. Diagrama de flujos de proceso de elaboración de azúcar rubia general
Fuente: <https://es.slideshare.net/AlejandraPisfilGonza/1-trabajo-procesamiento-de-caa-de-azucar>

2.2. Instrumentos de gestión ambiental

Agroindustrial Pomalca S.A.A. – Planta Pomalca no cuenta con Instrumento de gestión ambiental aprobado por la autoridad competente. Cabe mencionar, que próximo al área de estudio se presentan otras agroindustriales que tampoco presentan IGA como la Empresa Agroindustria Tumán S.A.A. y Agropucala S.A.A. ubicados en los distritos de Tumán y Pucalá, respectivamente.

Por otra parte, se han presentado desde el 2019 diferentes reportes de emergencias ambientales por la quema de campos de cultivos de caña de azúcar por parte de personas

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»ajenas a la Agroindustrial Pomalca S.A.A. – Planta Pomalca, los cuales se muestran en la
Tabla 2.1.**Tabla 2.1.** Reportes de emergencias ambientales por la quema de caña de azúcar (hasta
enero del 2023)

N°	Distrito	Localidad	Fecha del evento	Lugar donde ocurrió
1	Pomalca	Pomalca	10/01/2019	Campo Unión IA - Cuartel 2
2	Pomalca	Pomalca	15/01/2019	Campo Unión IA - Cuartel 1 y 3
3	Monsefú	Larán	12/02/2019	Campo Papelillo Larán - Cuartel 8 y 9
4	Monsefú	Laran	16-17/02/2019	Campo Papelillo Larán - Cuarteles 1,2,11 y 12
5	Pomalca	Pomalca	12/03/2019	Campo San Miguel - Cuartel 14
6	Pomalca	Pomalca	28/03/2019	Campo Camino Real A - Cuartel
7	Pomalca	Pomalca	30/03/2019	Campo Huabos Enfriaderas - Cuartel 1
8	Monsefú	Pomalca	19-20/04/2019	Campo San Luis I - Cuartel 18
9	Pomalca	Pomalca	7/05/2019	Campo Unión VI - Cuartel 12
10	Pomalca	Pomalca	12/05/2019	Campo Unión VI - Cuartel 8
11	Pomalca	Pomalca	21/05/2019	Campo Unión VI - Cuartel 8
12	Monsefú	Callanca	1/06/2019	Campo Martínez Larán - Cuartel 4
13	Monsefú	San Pablo	16/06/2019	Campo Desaguedero - Cuartel 38
14	Pomalca	Pomalca	25/06/2019	Campo Peredo - Cuartel 19
15	Monsefú	Callanca	28/08/2019	Campo Potrero Grande - Cuartel
16	Monsefú	Laran	18/10/2019	Campo Papelillo Larán - Cuartel 10
17	Monsefú	Larán	24/01/2020	Campo Papelillo Larám - Cuartel 1
18	Monsefú	Larán	14/02/2020	Campo Papelillo Larán, Cuartel 6 y 7
19	Pomalca	Casa de madera	16/04/2020	Campo Zanjón IV-B - Cuartel 27
20	Pomalca	Casa de madera	16/04/2020	Campo Zanjón II - Cuartel 8
21	Pomalca	Pomalca	29/04/2020	Campo Papelillo Huabos Enfriaderas - Cuartel 1
22	Pomalca	Pomalca	6/05/2020	Instalaciones de Servicentro
23	Pomalca	Anexo Saltur - Sipán	7/08/2020	La Punta C
24	Monsefú	San Pablo	26/08/2020	Campo Desaguedero - Cuartel 59
25	Chongoyape	Wadingtón Bajo	28/08/2020	Campo Wadingtón Bajo (parte) - Cuartel 46
26	Pomalca	Casa de madera	4/09/2020	Campo Zanjón IVA - Cuartel 2 y 41
27	Pomalca	Pomalca	26/09/2020	Campo Mercedes - Cuartel 20
28	Monsefú	Portero Grande	28/09/2020	Campo Potrero Grande - Cuartel 14
29	Saña	Anexo Saltur - Sipán	7/11/2021	Campo Estrella I - Cuartel 8
30	Chongoyape	Pampagrande	9/11/2021	Campo de cultivo
31	Chongoyape	Pampagrande	4/02/2022	Campo Jacobita - Cuartel 15,19 y 21
32	Saña	Anexo Saltur - Sipán	8/02/2022	Campo Fito
33	Saña	Anexo Sipán	15/02/2022	Campo Goto
34	Chongoyape	Pampagrande	19/05/2022	Campo Wandington Bajo
35	Saña	Sipán	14/06/2022	Campo Estrella III - Cuartel 11
36	Pomalca	Sipán	7/08/2022	La Punta C - Cuartel 9 y 10
37	Monsefú	Monsefú	19/08/2022	Campo San Luis III
38	Chongoyape	Pampagrande	1/11/2022	Campo Gregorio B - Cuartel 50
39	Pomalca	Pomalca	3/11/2022	Campo Real A - Cuartel 5
40	Saña	Saltur -Sipán	18/11/2022	Campo Estrella I - Cuartel 8
41	Pomalca	Pomalca	26/12/2022	Campo Huabos, Cuartel N°30
42	Pomalca	Pomalca	26/12/2022	Campo Huabos - Cuartel N° 30
43	Pomalca	Campo Huabos	28/12/2022	Campo Huabos - Cuartel N° 18
44	Chongoyape	Pampagrande	2/01/2023	Campo Petronila A
45	Pomalca	Pomalca	12/01/2023	Campo Porvenir - Cuartel 61, 62, 63
46	Pomalca	Pomalca	13/01/2023	Campo Porvenir
47	Pomalca	Pomalca	06-07/03/2020	Campo Mercedes (Inverna)



Cabe señalar que, durante la ejecución en campo en febrero (reconocimiento técnico), marzo y abril del 2023, también se presentaron diversas emergencias ambientales, todas relacionadas a la quema de caña de azúcar por parte de terceros en cultivos de propiedad de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A. – Planta Pomalca, que fueron reportadas a la DSAP (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Reportes de emergencias ambientales por la quema de caña de azúcar (durante las actividades de campo de OEFA en el 2023)

N°	Distrito	Localidad	Fecha del evento	Lugar donde ocurrió
1	Pomalca	San Carlos	24/02/2023	Campo San Carlos A, cuartel N° 01
2	Pomalca	Pomalca	16/03/2023	Campo Cafetal , cuartel N° 48
3	Lambayeque	Callanca	21/03/2023	Campo Martínez Laran, cuartel N° 03 Y 04
4	Lambayeque	Callanca	02/04/2023	campo de cultivo Martínez Laran Cuartel N° 06 y 07
5	Lambayeque	Laran	11/04/2023	Campo Papelillo Laran, Cuartel N° 01

2.3. Acciones realizadas por el OEFA

Desde el año 2018 hasta la actualidad, la Dirección de Supervisión en Actividades Productivas (DSAP) ha realizado tres supervisiones ambientales: del 6 al 10 de agosto del 2018, del 13 al 15 de mayo de 2019 y del 9 al 10 de febrero de 2021. En la primera supervisión se realizó un muestreo de efluentes industriales en dos puntos; además, todas las supervisiones fueron verificaciones *in situ*.

El 30 de enero de 2023 la DSAP ordenó como mandato de carácter particular que la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A¹⁰, debe:

- i. Realizar Modelamientos de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos para la actividad de cosecha mediante quema respecto de los campos de cultivos de la Planta Pomalca para los centros poblados San Antonio, Saltur, Sipán, los distritos de Pucalá, Cuculí, Pacherez y el distrito de Pomalca, cumpliendo con las especificaciones técnicas contenidas en la Tabla N° 3 de la resolución y lo señalado en el Manual Técnico para la Elaboración de Documentos Técnicos sobre Modelamientos de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos¹¹, todo ello con la finalidad de establecer distancias mínimas o áreas de no quema de los campos de cultivo de caña de azúcar.
- ii. Los Modelamientos de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos deberán presentarse al SENAMHI para su evaluación. Luego de otorgada la conformidad por parte de dicha entidad, el administrado deberá presentarlo al OEFA.

2.4. Denuncias ambientales

Entre los años 2019 y 2022 se presentaron 3 denuncias ambientales referente a la emisión de gases, material particulado y cenizas provenientes de la quema para la cosecha de caña de azúcar de los campos de cultivos de la Agroindustrial Pomalca S.A.A. cercanos a los centros poblados que afectaría la salud de los pobladores y una (1) denuncia en el 2023 referida a la quema de bagazo en la planta industrial que estaría generando una afectación ambiental por la emisión de humo y material particulado (Tabla 2.3).

¹⁰ Resolución Directoral N° 00008-2023-OEFA/DSAP

¹¹ Resolución de Presidencia Ejecutiva N° 053-2021-SENAMHI/PREJ

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»**Tabla 2.3. Denuncias ambientales registradas en el SINADA**

N.º	Código Sinada	Fecha de la denuncia	Descripción de hechos
1	SC-0410-2023	31/01/2023	Presunta afectación ambiental que se estaría generando por la emisión de humo y material particulado (ceniza) como consecuencia de la quema de bagazo por parte de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A. (desde hace 3 años aprox.), ubicada en el distrito Pomalca, provincia Chiclayo, departamento Lambayeque
2	SC-1826-2022	16/06/2022	Presunta afectación ambiental del aire, que se estaría generando como consecuencia de la quema de caña de azúcar, así como la generación de material particulado, producto del desarrollo de actividades de la empresa Agroindustrial Pomalca, en el distrito y provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. la empresa agroindustrial Pomalca, se encuentra realizando la quema de caña de azúcar como una actividad para la elaboración y fabricación de azúcar. esta actividad provoca con efecto del viento el desplazamiento de cenizas y material particulado, que se acumula por las diversas calles de Chiclayo y está afectando también la salud de las personas, porque respiramos ese material.
3	SC-1086-2019	21/09/2019	El día 06/09/2019, se observó un inmenso humo proveniente de la quema de caña de azúcar por parte de la empresa Pomalca S.A.A., dicho humo llega a afectarnos ya que la comunidad se encuentra por esa zona y al alrededor existen otros centros poblados, llegando lluvias de hollín a nuestras casas que afectan la salud y nuestros hogares, así mismo se pudo apreciar que por producto de la quema de caña llego a afectar a varios árboles de eucaliptos sin darle importancia a la contaminación atmosférica.
4	SC-0996-2019	30/08/2019	Presunta afectación ambiental a la calidad del aire y vegetación por la quema de zona agrícola con finalidad de ampliación de la frontera agrícola llegando a afectar a alrededores de patrimonio arqueológico. denunciante manifiesta que, como protectores de las zonas de forestación se ha iniciado un programa de reforestación de la zona huaca el frejol, con el sembrado de 300 algarrobos y para cuya protección se ha considerado para su cercado los arbustos dejados por la destrucción de dicho sector por parte de la empresa Agroindustrial Pomalca, pero resulta que el día 30 de agosto del presente el Ing. verga de dicha empresa de una manera prepotente y desafiante ha enviado a dos trabajadores para quemar el cerco.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de las operaciones de la Planta Pomalca y de la quema de caña de azúcar en el proceso de la cosecha sobre la calidad de aire de las poblaciones cercanas ubicadas en los distritos de Pomalca, Tután, Saña, Pucalá y Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque en el 2023

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la calidad de aire mediante el monitoreo de material particulado, gases y polvo sedimentable.
- Estimar la dispersión espacial y las concentraciones de los contaminantes atmosféricos (PM₁₀ y PM_{2.5}) producto de las emisiones provenientes de la planta de operaciones Pomalca y de la quema de caña de azúcar. Además, determinar la distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados.



4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Ubicación geográfica y política del área de estudio

El área de estudio está conformada por las instalaciones de la Planta Pomalca y los campos de cultivo de caña de azúcar de la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A. La Planta Pomalca se ubica políticamente en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo y distrito de Pomalca. Los campos de cultivo están ubicados en los distritos de Pomalca, Tumán, Saña, Pucalá y Chongoyape de la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Las coordenadas de la ubicación geográfica de la Planta Pomalca se muestran en la Tabla 4.1, la cual corresponde al centroide del área de la planta. En las Figuras 4.1 y 4.2, se presenta los mapas de ubicación considerados en el presente estudio.

Tabla 4.1. Ubicación geográfica del área de la planta Pomalca

ID	Coordenada Geográfica		Altitud (m.s.n.m.)
	Latitud	Longitud	
Planta Pomalca	-79.7728	-6.7666	53

4.2. Características del terreno

4.2.1. Topografía en el área de estudio

La zona de estudio se encuentra inmersa en un valle típico de la costa norte, limita al oeste con el océano pacífico y al este con el cordón montañoso de los Andes. Esta cadena montañosa ejerce una importante influencia en el patrón de circulación de los vientos de escala sinóptica, así también bloquean el ingreso de varios fenómenos meteorológicos que provienen desde la selva y sierra del país, ya que generan una barrera geográfica con un gran diferencial en las cotas.

4.2.2. Uso de suelos en el área de estudio

La zona de estudio se encuentra cubierta principalmente de áreas agrícolas, pastizales, matorrales, suelos desnudos y zonas urbanas. El mapa de uso de suelos se generó a partir de la base de datos del producto GlobeLand30. Este producto tiene una resolución espacial de 30 metros y ha sido generado por China durante los años 2000 y 2010, utilizando más de 20 000 imágenes del satélite LANDSAT y del satélite chino HJ-1 (Chen et al., 2015).

En la Tabla 4.2 se presenta el detalle de los archivos usados para caracterizar la elevación del terreno y el uso de suelos.

Tabla 4.2. Detalle de los archivos usados para caracterizar el terreno

Características del terreno	Resolución espacial	Fuente de información
Topografía	12 m	Alos Palsar
Uso de suelos	30 m	GlobeLand30

En las Figuras 4.3 y 4.4 se presentan los mapas de topografía y uso de suelos respectivamente, considerados en el presente estudio.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

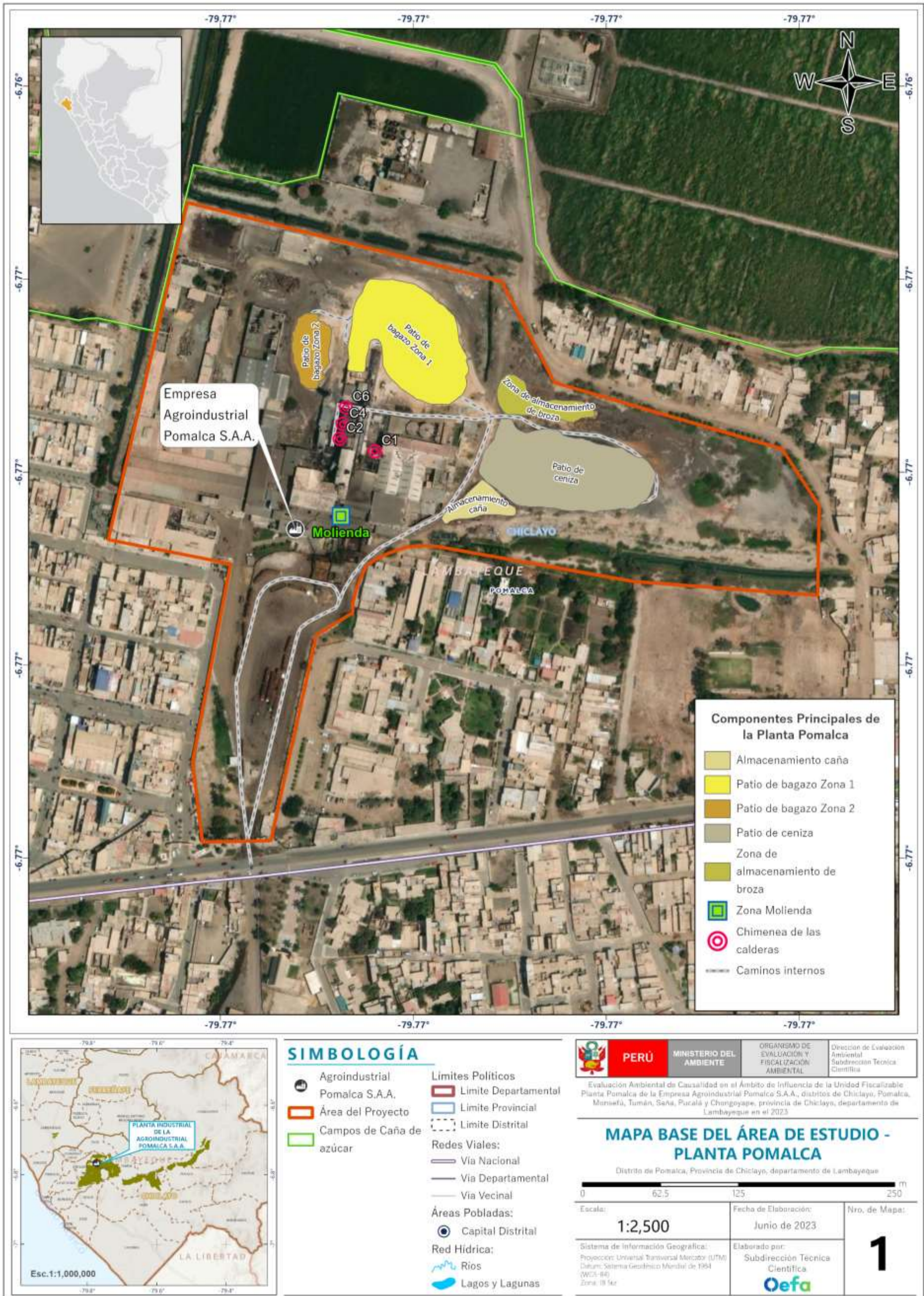


Figura 4.1. Mapa base del Área de Estudio – Planta Pomalca



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

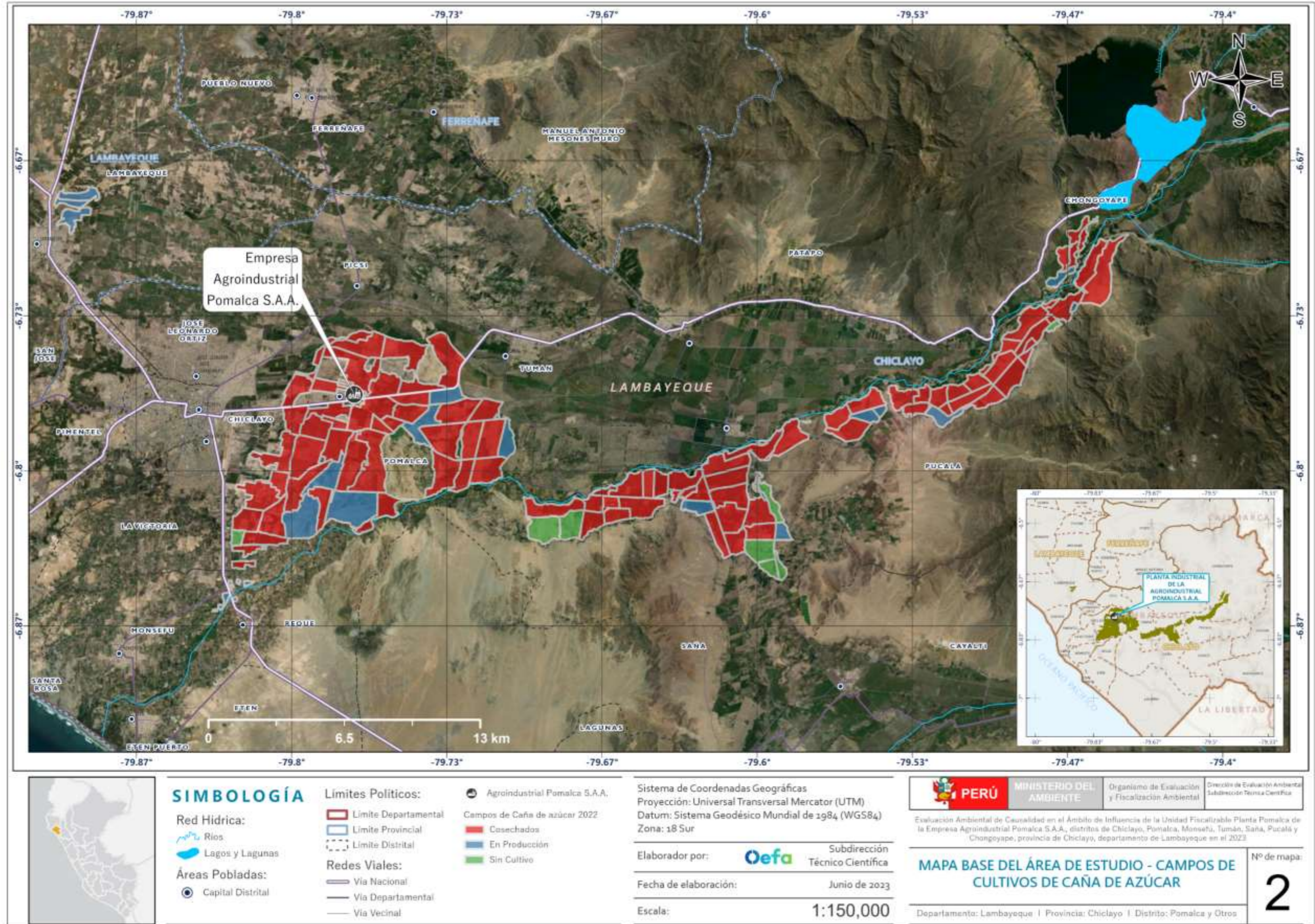


Figura 4.2. Mapa base del Área de Estudio – Campos de cultivo de caña de azúcar de la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A

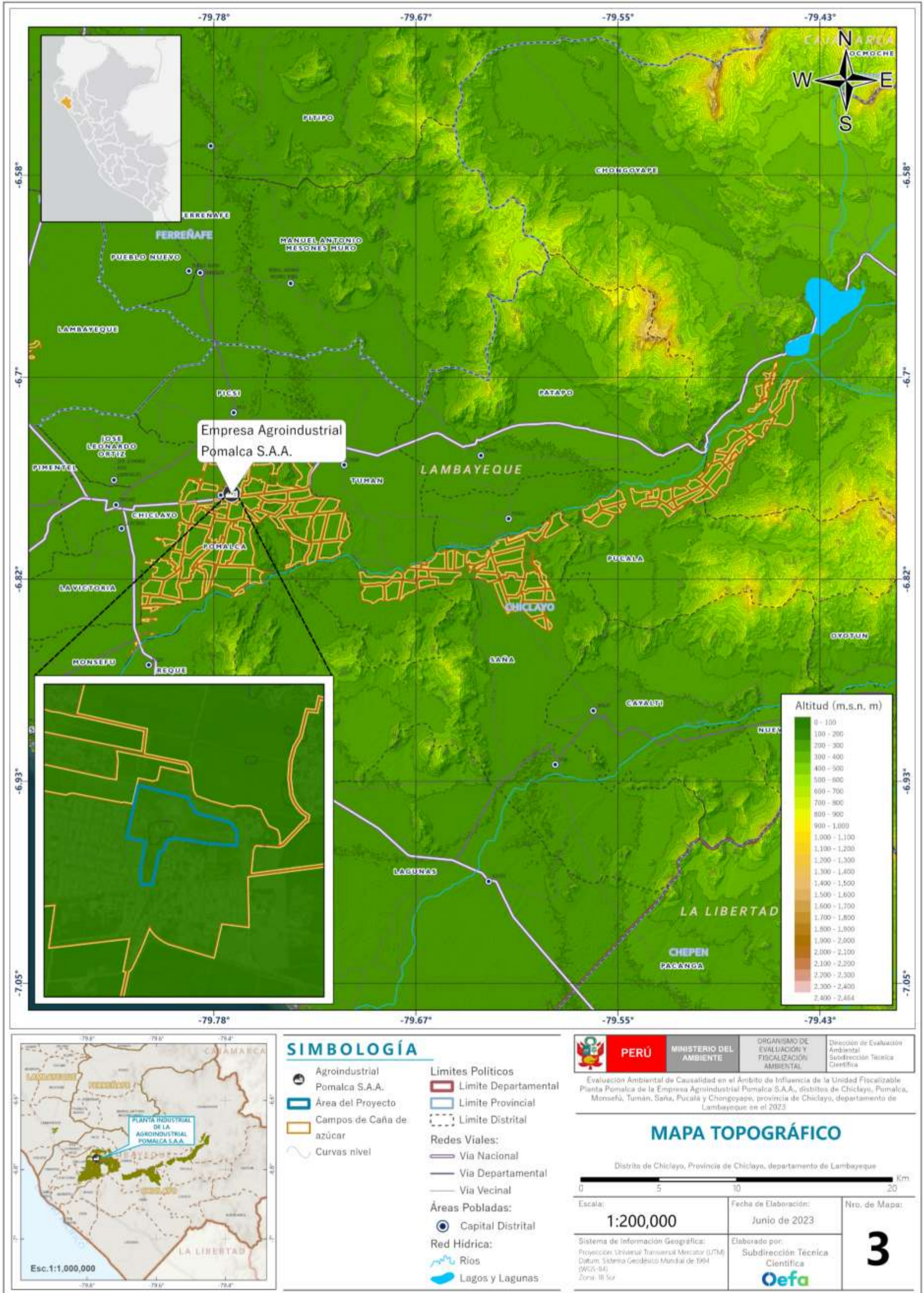


Figura 4.3. Mapa Topográfico



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

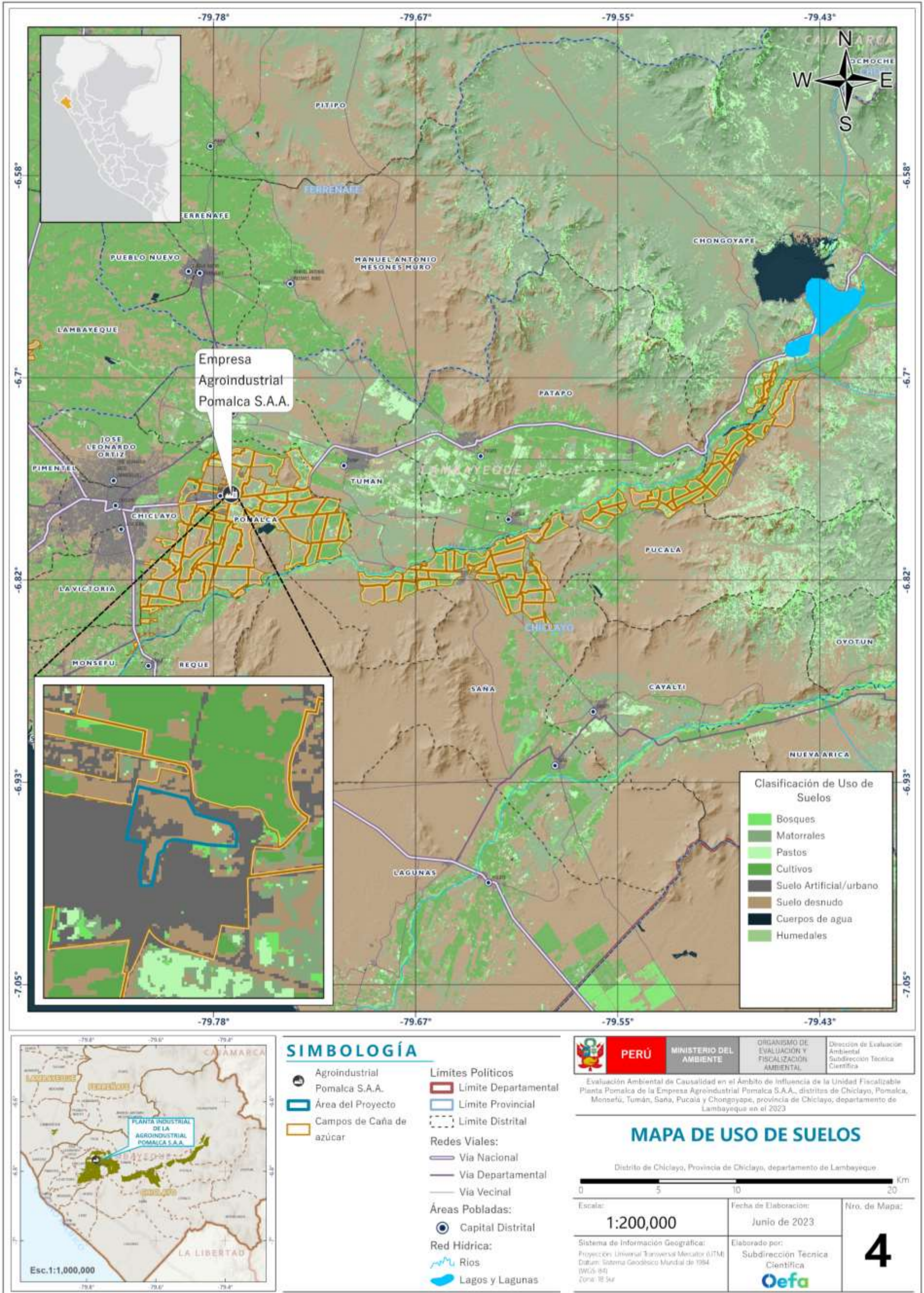


Figura 4.4. Mapa de Uso de Suelos



4.3. Climatología del Área de Estudio

4.3.1. Clasificación climática

Según el mapa Climático Nacional elaborado por el SENAMHI (2020) a partir de 30 años de información climática (1981-2010), el cual sirvió para determinar los Índices Climáticos y delimitar el trazado de las áreas de acuerdo con la clasificación de climas de Thornthwaite, las unidades climáticas dentro del dominio de modelamiento son las siguientes:

- Semiárido con invierno seco. Templado. D(i)B'
- Lluvioso con invierno seco. Templado. B(i)B'
- Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año. Templado. E(d)B'
- Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año. Cálido. E(d)A'

4.3.2. Tiempo y clima

Para el análisis de tiempo y clima se ha utilizado la información generada por el modelo WRF. El periodo analizado comprende del 2017 al 2022. Una vez generada la información meteorológica modelada, se verificó su representatividad para el área de estudio. Luego, se extrajo la información meteorológica de superficie de un punto, al que llamamos Estación Meteorológica Virtual (EMV) Pomalca, a través de la Interfaz del lenguaje de programación Python y NCL.

Tabla 4.3. Información de la Estación Meteorológica Virtual (EMA) Pomalca

N°	Nombre de la estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altitud (msnm)	Periodo de registro
		Latitud	Longitud		
1	EMV Virtual Pomalca	6.76681°S	79.7729°W	53	2017-2022

El clima del área de estudio está fuertemente marcado por todos aquellos factores que van a modificar o controlar la intensidad y variabilidad de los elementos climáticos como la temperatura, humedad relativa y vientos. Los principales factores climáticos que determinan el clima local en la zona de estudio son los controladores oceánicos y la cordillera de los andes que atraviesan meridionalmente la región, el cual controla y configura una compleja variabilidad climática espacial (SENAMHI, 2021).

El clima que abarca la mayor extensión del departamento de Lambayeque es el árido y cálido, con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año, E(d)A'. El segundo clima predominante es el árido y templado, con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año, E(d)B'; que comprende la mayor parte de la provincia de Chiclayo (SENAMHI, 2021). El clima es regulado por la corriente fría de Humboldt, la corriente marina El Niño y la fisiografía que está conformada por el litoral, la llanura costera y pequeñas áreas serranas (cordillera de los andes) en la provincia de Ferreñafe (SENAMHI, 2021). Las reducidas precipitaciones condicionan el carácter árido de la costa de Lambayeque; sin embargo, la ocurrencia periódica de eventos ENSO (El Niño Oscilación Sur) generan intensas precipitaciones en los meses de verano (SENAMHI, 2000).



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Por otro lado, la zona altoandina de Lambayeque (cadenas montañosas bajas y fragmentadas), localizado en el lado este de la provincia de Ferrañafe, restringe el ingreso de los vientos húmedos atlánticos que provienen desde el este y suroeste de la amazonia, originando precipitaciones relativamente intensas en esa vertiente oriental (como en el distrito de Kañaris), lo cual generó la formación de zonas con características de bosques lluviosos (SENAMHI, 2000).

La temperatura promedio durante los años 2017 al 2022 en el área de estudio varió entre los 14.8 °C en los lugares con menor altitud a los 23.3 °C en lugares con mayor altitud (Figura 4.5). Asimismo, la humedad relativa en promedio varió entre los 64.1% a 94.1% (Figura 4.6). Además, los vientos tuvieron una dirección condicionada por la topografía de la zona y una velocidad promedio que varió entre los 0.3 m/s y 5.7 m/s (Figura 4.7).

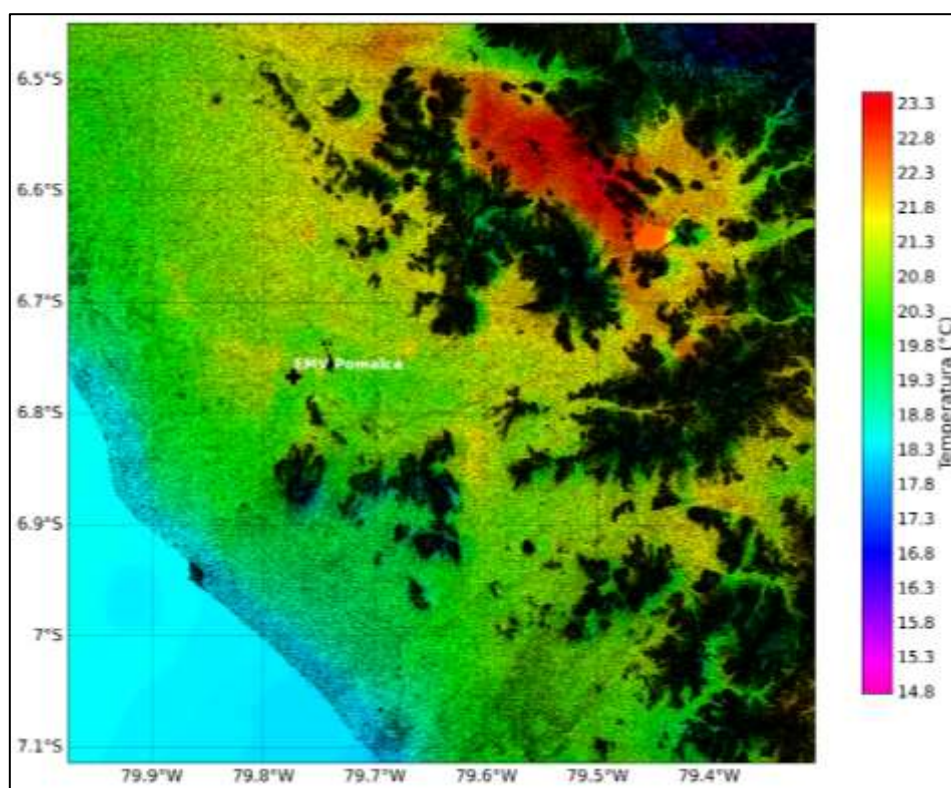


Figura 4.5. Variación espacial de la temperatura promedio durante los años 2017-2022



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

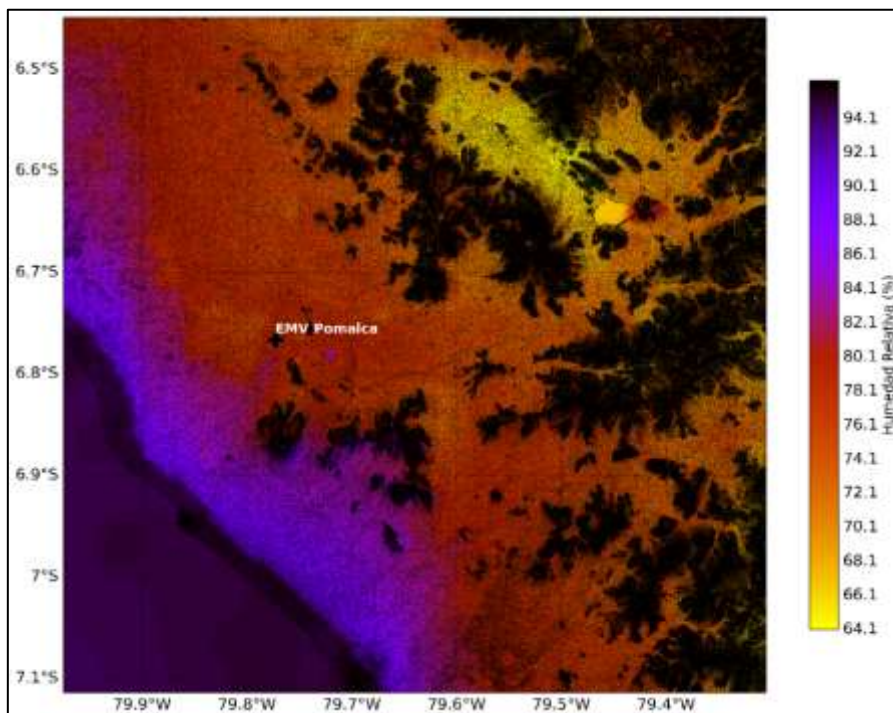


Figura 4.6. Variación espacial de la humedad promedio durante los años 2017-2022

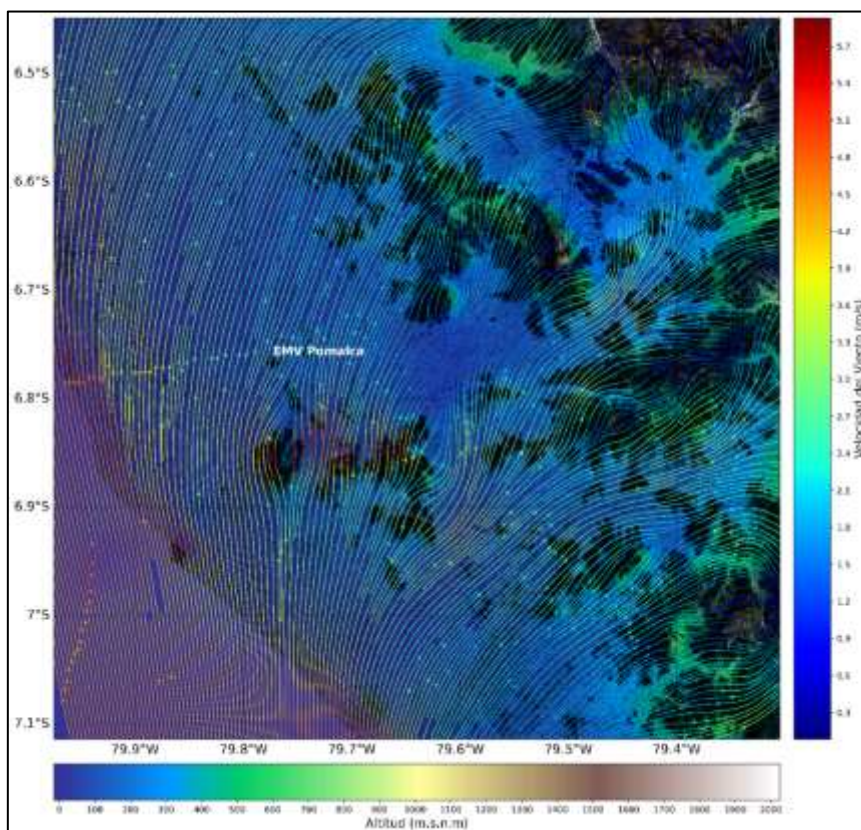


Figura 4.7. Variación espacial de la dirección y velocidad promedio de los vientos durante los años 2017-2022



A continuación, se describe el comportamiento de las principales variables meteorológicas en el área de estudio (zona de la estación virtual (EV) Pomalca).

- **Temperatura**

Las temperaturas disminuyen con el aumento de la altitud y dependen de la cobertura nubosa, de la cantidad de radiación solar incidente sobre la superficie, de la humedad y de la intensidad del viento. El régimen estacional y espacial de la temperatura del aire en el área de estudio, está determinado por su ubicación geográfica y las características del terreno, guardando estrecha relación con la altitud (gradiente vertical de la temperatura). La temperatura media anual en el área de estudio es de 20.7 °C, la temperatura máxima alcanza en promedio los 25.3 °C, con una máxima absoluta que ha llegado a registrar 32.5 °C; mientras que la temperatura mínima por su parte registra en promedio 17.3 °C, con un valor absoluto que ha alcanzado los 24.4 °C (Figura 4.8).

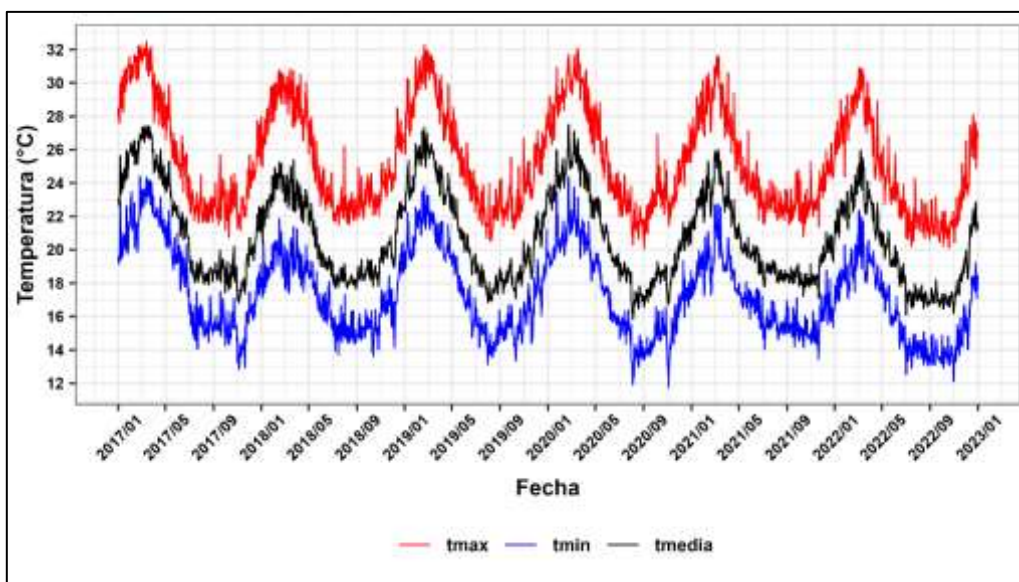


Figura 4.8. Variación temporal diaria de la temperatura máxima, mínima y media durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

Asimismo, la temperatura máxima al igual que la temperatura mínima presentan una variabilidad marcada con respecto a los meses y estaciones del año, presentando los valores más bajos durante los meses de julio, agosto y setiembre (invierno) y los valores más altos durante los meses de enero, febrero y marzo (verano) (Figura 4. 9 y Figura 4.10).

En cuanto al comportamiento horario de la temperatura se observó que las temperaturas más altas durante el día se registraron entre las 10:00 horas y 16:00 horas y las temperaturas más bajas se registraron entre las 4:00 horas y 5:00 horas (Figura 4. 11). Anualmente, no se ha registrado mucha variabilidad en la temperatura media para los años 2017, 2018, 2019, 2020, 2021,2022, sin embargo, el año 2022 registra la temperatura media anual más baja con 20.1 °C y el año 2019 registra la temperatura media anual más alta con 21.5 °C. Es importante precisar que a mayor temperatura se incrementa el potencial de dispersión de contaminantes y a menor temperatura disminuye el potencial.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

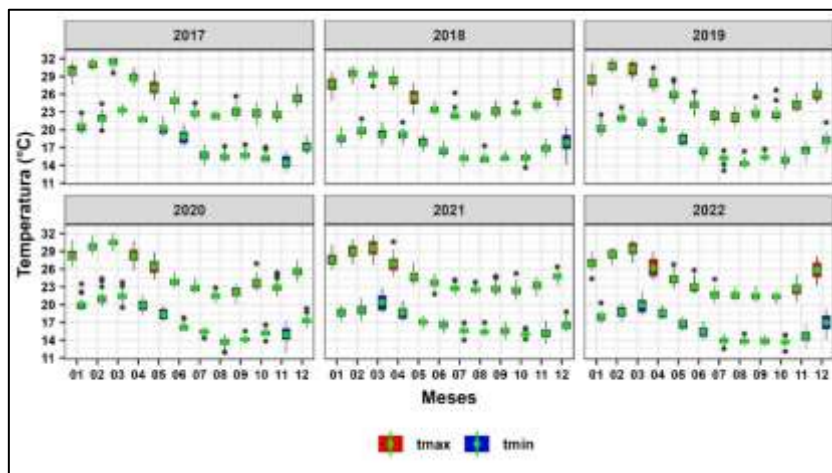


Figura 4.9. Variabilidad mensual de la temperatura máxima y mínima durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

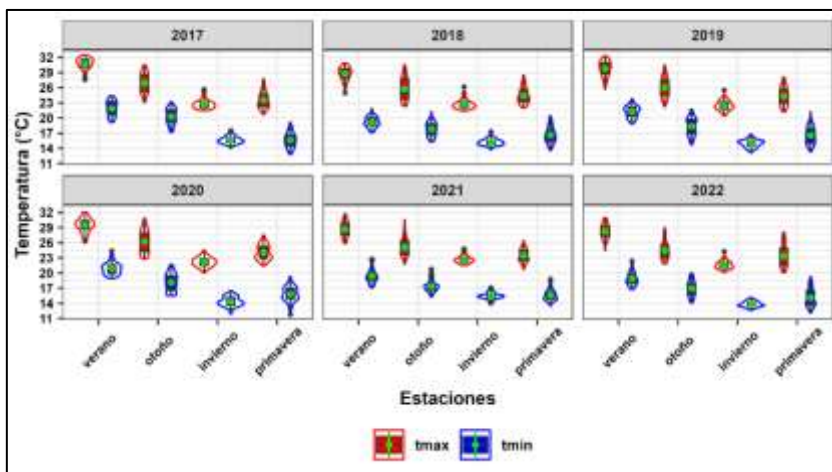


Figura 4.10. Variabilidad estacional de la temperatura máxima y mínima durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

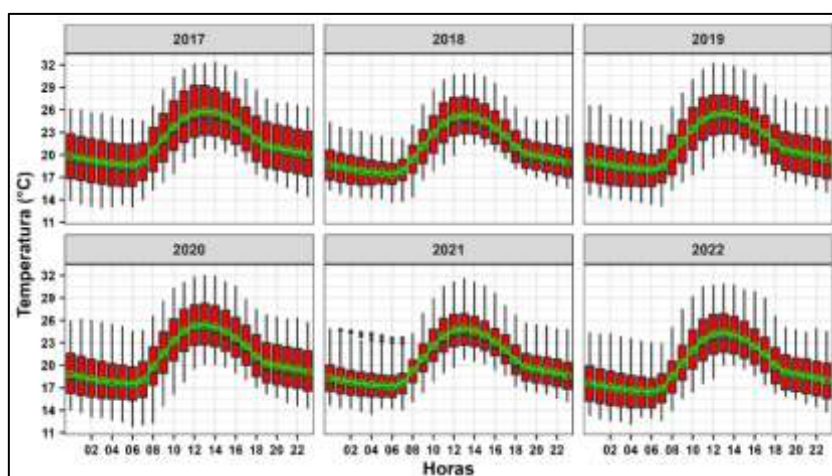


Figura 4.11. Variabilidad y promedio horario de la temperatura durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

- **Humedad relativa**

La humedad depende de diversos factores, entre los que se encuentran la composición de las masas de aire, la disponibilidad de cuerpos de agua y masas vegetales, el régimen de precipitaciones, las tasas de evaporación y las temperaturas promedio del aire (Ahrens, 2009). La humedad relativa se expresa en porcentaje y unidades enteras que van de cero (0%) hasta el 100% (IDEAM, 2019).

La humedad relativa media en el área de estudio es de 78.7%, siendo el valor medio diario más alto igual a 95.5% y el valor medio diario más bajo igual a 57.6% (Figura 4.12). Asimismo, la humedad relativa presenta una variabilidad marcada con respecto a las estaciones del año, presentando los valores más bajos durante los meses de enero, febrero, marzo y noviembre, y los valores más altos durante los meses de junio, julio y agosto (Figura 4.13). A nivel horario la humedad relativa, durante el día, presenta los valores más bajos entre las 10:00 horas y 16:00 horas y los valores más altos entre las 4:00 horas y 6:00 horas (Figura 4.14).

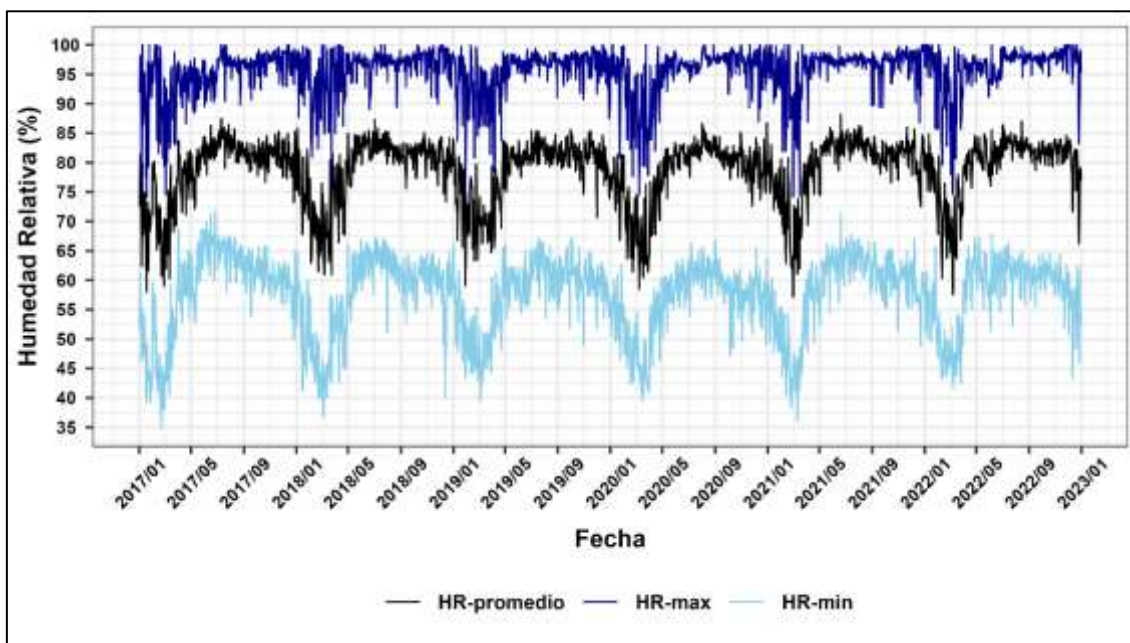


Figura 4.12. Variabilidad diaria de la humedad relativa durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

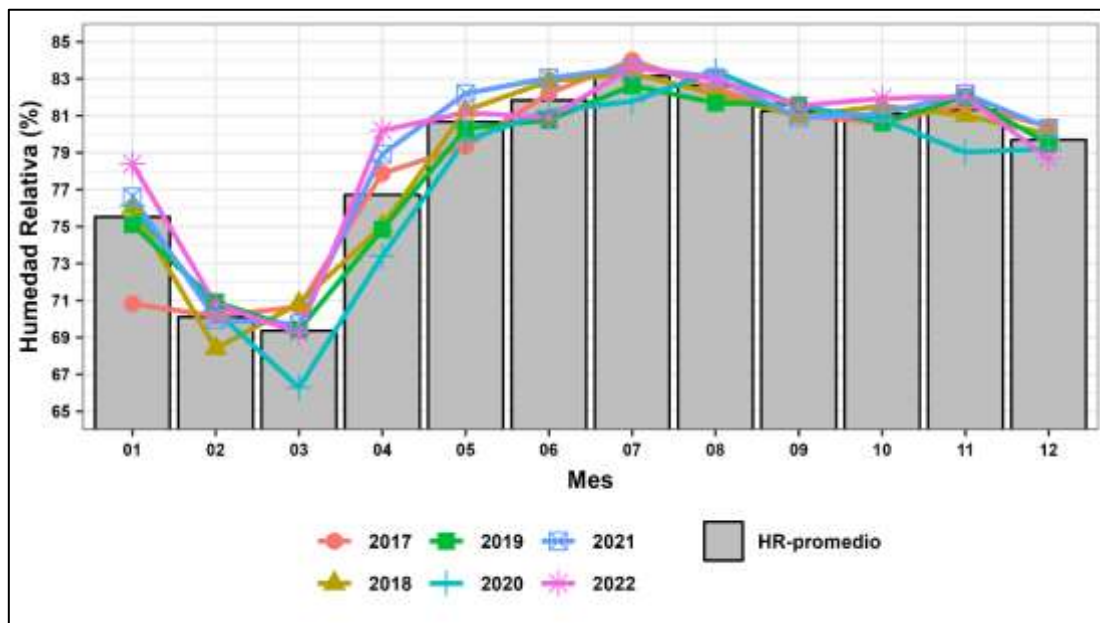


Figura 4.13. Variabilidad y promedio mensual de la humedad relativa durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

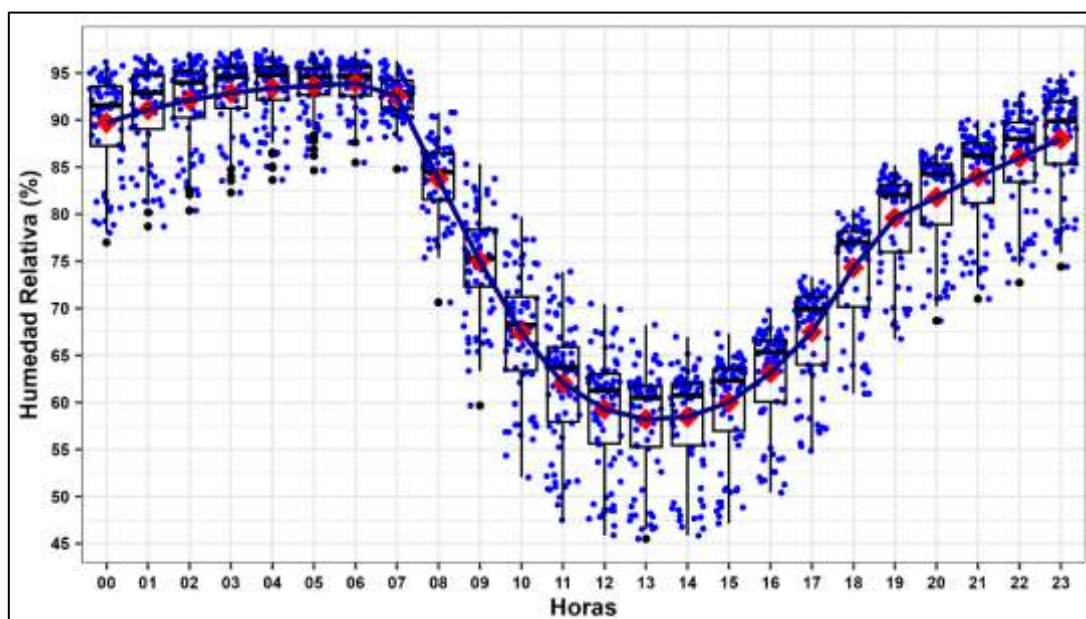


Figura 4.14. Variabilidad y promedio mensual de la humedad relativa durante todo el periodo de los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

- **Precipitación**

El régimen de precipitaciones en el área de estudio es escaso, sin embargo, se observa que las principales precipitaciones ocurren entre los meses de febrero y marzo. (Figura 4.15, Figura 4.16 y Figura 4.17).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

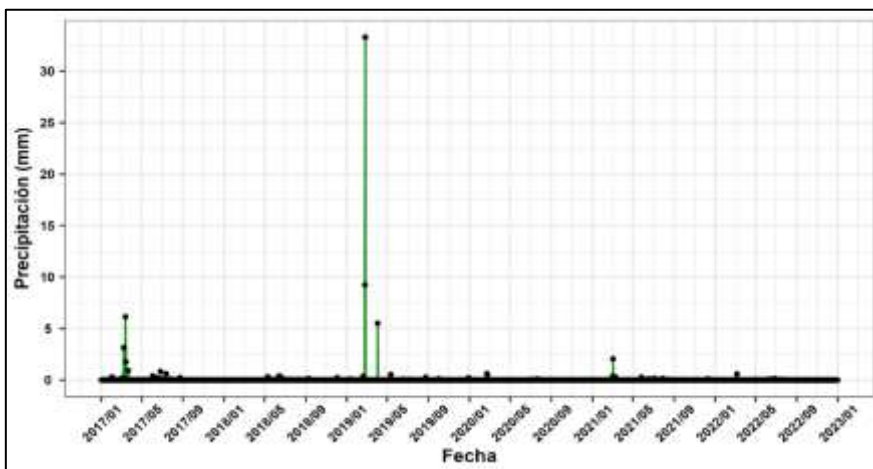


Figura 4.15. Variabilidad diaria de la precipitación durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

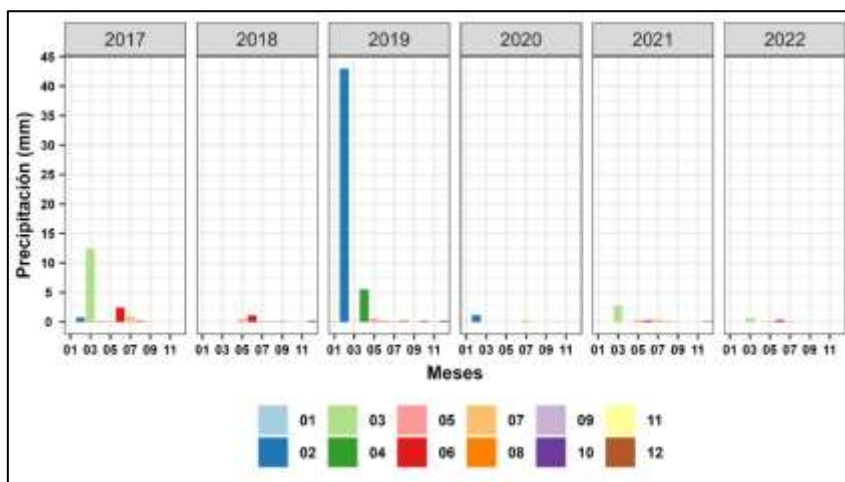


Figura 4.16. Variabilidad mensual de la precipitación durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

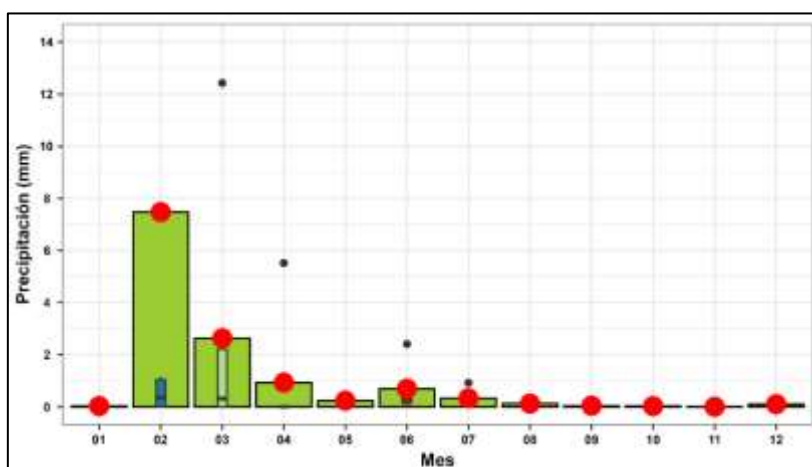


Figura 4.17. Variabilidad y promedio mensual de la precipitación durante todo el periodo de los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca



Las precipitaciones en el área de estudio son de ligera intensidad, ocurren principalmente durante los meses de verano, cuando los vientos cálidos del este se intensifican y cruzan la cordillera de los Andes, generando precipitaciones (SENAMHI, 2021).

La precipitación total acumulada media (2017-2022) fue de 12.6 mm, siendo el año 2019 el que registraron la mayor cantidad de precipitación acumulada con 50.0 mm y el año 2022 el que registró la menor cantidad con 1.2 mm (Figura 4.18). A nivel diario, la cantidad de días con precipitaciones mayores a 0.1 mm fueron de 17 días para el año 2017, el año 2018 registró 6 días, el año 2019 registró 9 días, el año 2020 registró 3 días, el año 2021 registró 8 días y el año 2022 registró 2 días.

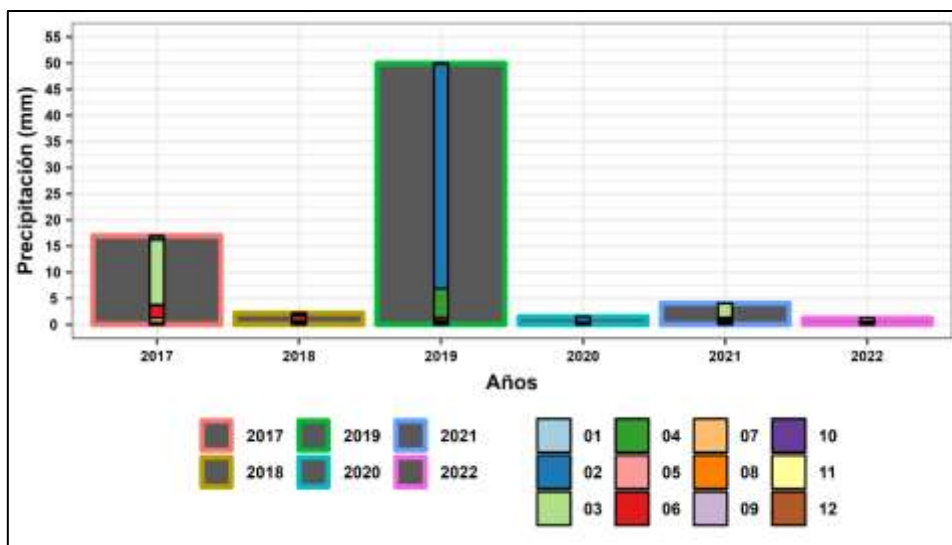


Figura 4.18. Variabilidad anual de la precipitación durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

- **Viento (velocidad y dirección)**

La velocidad promedio del viento en el área de estudio es de 2.7 m/s, con una dirección predominante del sursuroeste (SSO) y con direcciones importantes del sur (S) y suroeste (SO). (Figura 4.19).

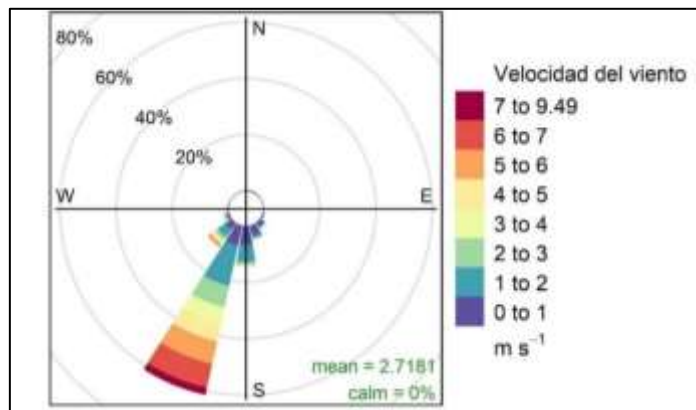


Figura 4.19. Rosa de vientos para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca



A nivel anual, la dirección del viento predominante también fue en la dirección sursuroeste (SSO), con direcciones importantes del sur (S) y suroeste (SO). En promedio el año 2022 registró las menores velocidades del viento con 2.65 m/s y el año 2021 las mayores velocidades con 2.78 m/s (Figura 4.20).

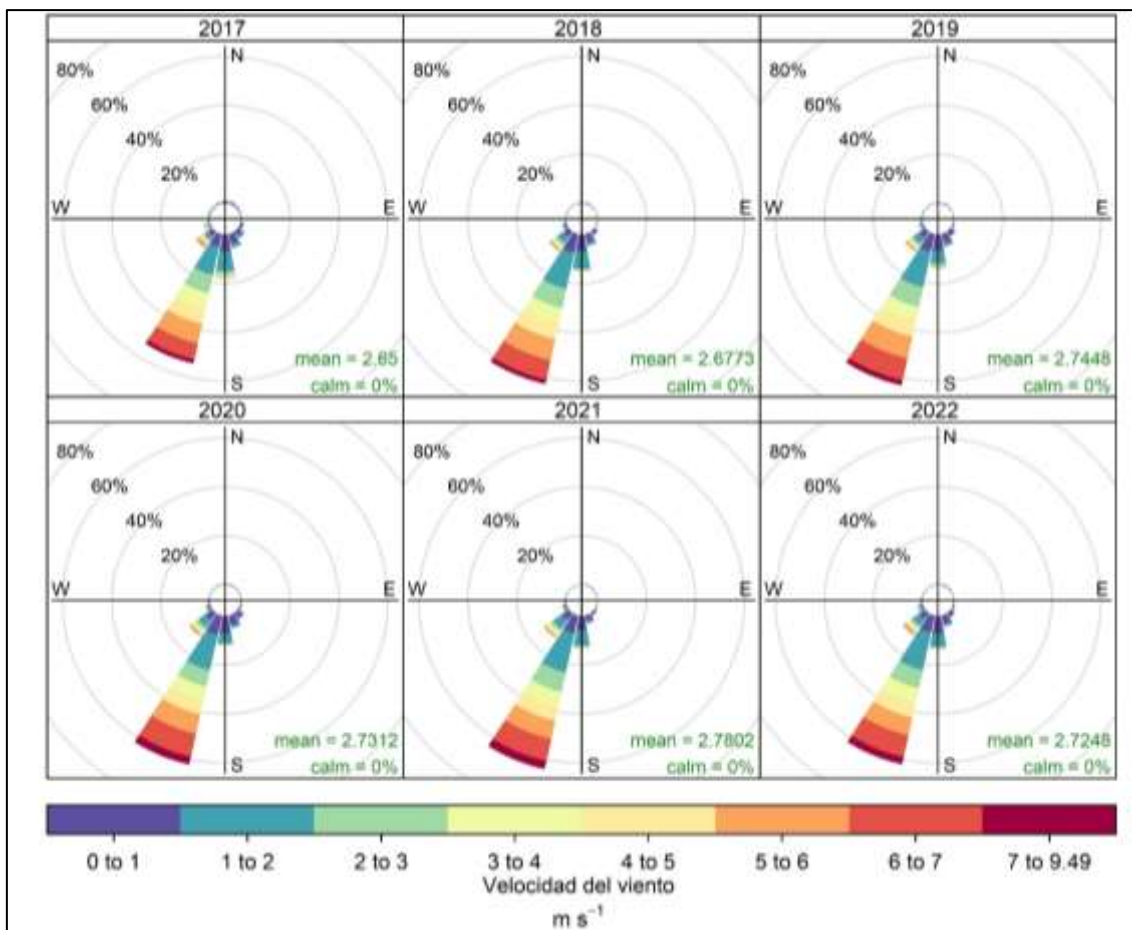


Figura 4.20. Rosa de vientos anual para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

A nivel mensual, también se observó que el viento predominante fue constante en la dirección sursuroeste (SSO), con direcciones importantes del sur (S) y suroeste (SO). Asimismo, las velocidades más importantes se registraron en los meses de setiembre y octubre, siendo setiembre el mes que registró las mayores velocidades (en promedio 3.1 m/s) (Figura 4.21).



Figura 4.21. Rosa de vientos mensual para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

A nivel estacional, en el otoño se registraron los vientos de menor intensidad (2.5 m/s), mientras que en la primavera se registraron los vientos de mayor intensidad (3.0 m/s) (Figura 4.22).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

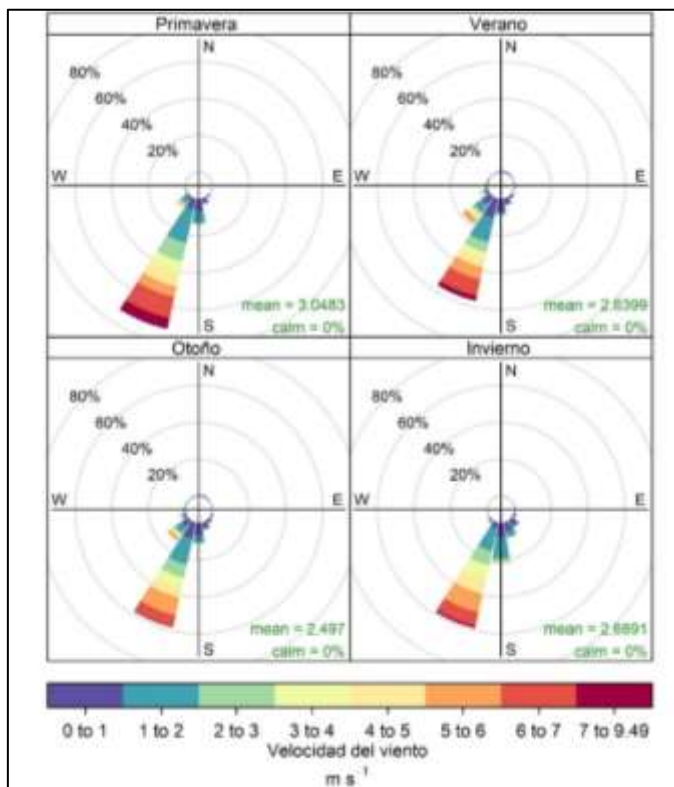


Figura 4.22. Rosa de vientos por estaciones el año para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

En promedio durante el día se observa que la velocidad del viento es mayor entre las 6:00 horas y 19:00 horas (horario diurno – 4.1 m/s) y la velocidad del viento es menor entre las 19:00 horas y 6:00 horas del día siguiente (horario nocturno – 1.6 m/s). Asimismo, durante el día y la noche se observa que la dirección del viento predominante es del sursuroeste (SSO). (Figura 4.23, Figura 4.24 y Figura 4.25).

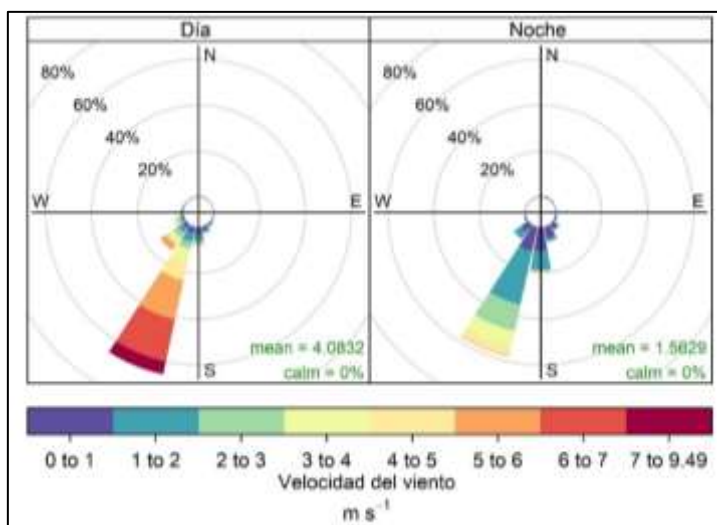


Figura 4.23. Rosa de vientos por horarios diurnos (día) y nocturnos (noche) para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

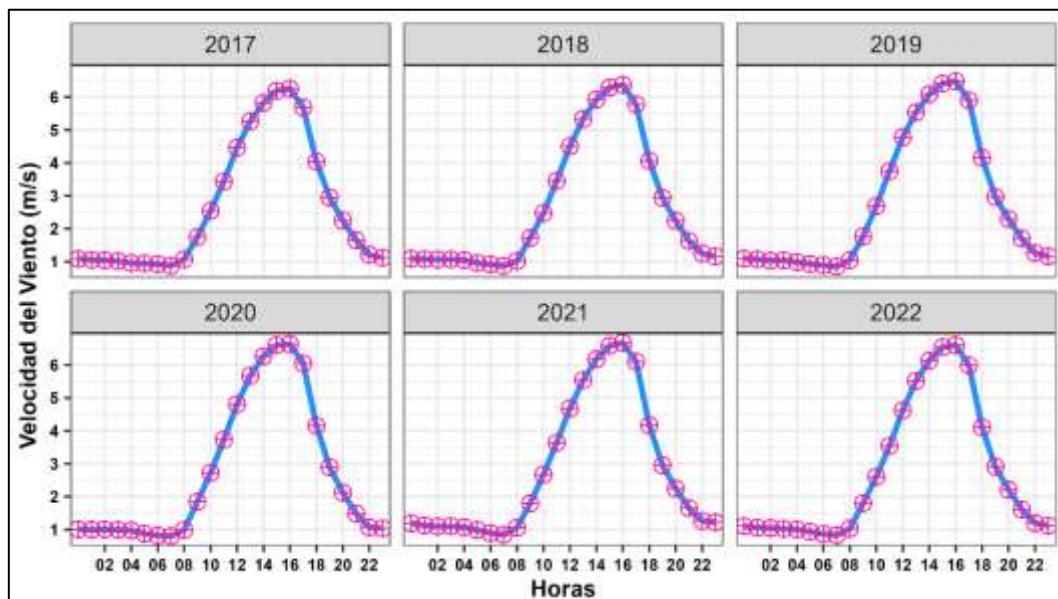


Figura 4.24. Ciclo horario promedio de la velocidad del viento durante los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca

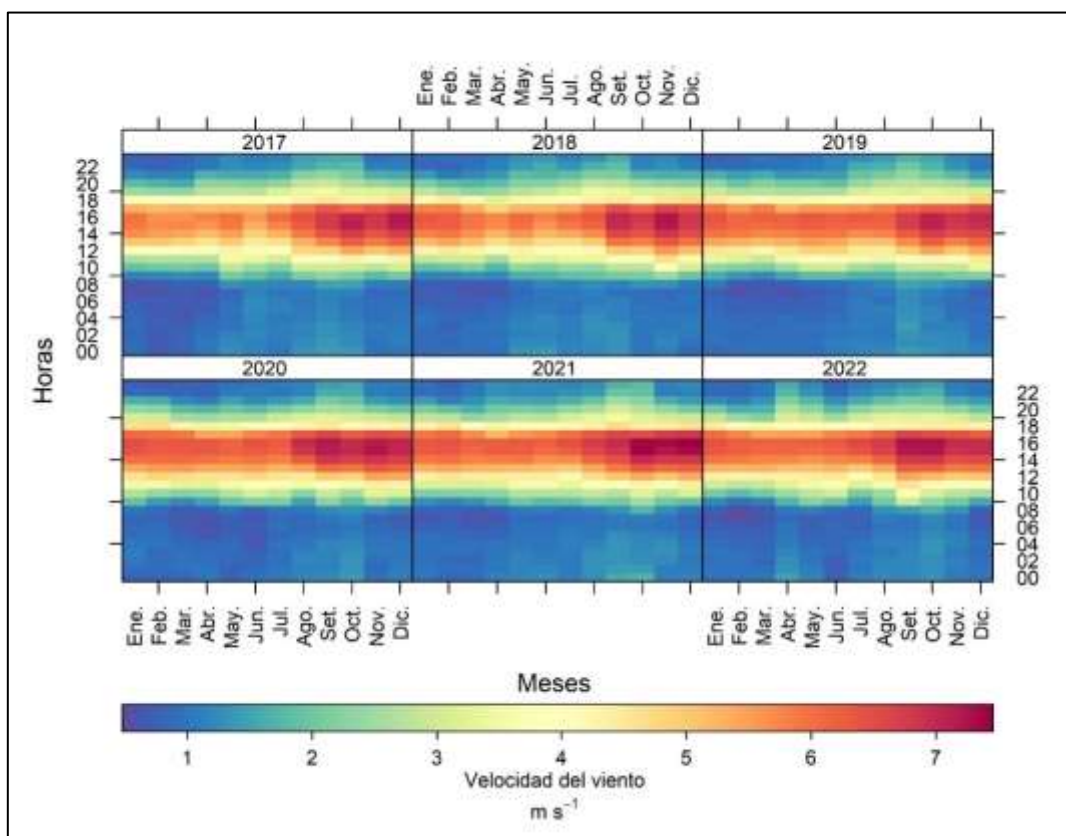


Figura 4.25. Mapa de calor de velocidad de vientos para los años 2017-2022 en el área de la EMV Pomalca



Es importante mencionar que la velocidad del viento es una condicionante para el potencial de dispersión de los contaminantes, a mayores velocidades hay un mayor potencial de dispersión y a menor velocidad, este potencial disminuye (Radaideh, 2017). Es por lo mencionado, que, en el horario diurno, ante emisiones de contaminantes, es muy probable que se generen incrementos significativos de las concentraciones de estos cerca de la fuente de emisión.

- **Radiación Global en la superficie**

En promedio (2017-2022) el acumulado diario de la radiación global en la superficie en el área de estudio es de 6.7 Kw/m². El valor máximo de la radiación global diaria registrado es de 8.0 Kw/m² y el valor mínimo de 1.8 Kw/m². Asimismo, en promedio el 2018 es el año con los menores valores acumulados de radiación diaria, con 6.65 Kw/m² y el año 2020 con los mayores valores acumulados de radiación diaria con 6.82 Kw/m². (Figura 4.26). Asimismo, entre los meses de primavera y verano se presentaron los valores más altos de la radiación global en la superficie y en el invierno los más bajos. (Figura 4.27). En cuanto al comportamiento horario de la radiación global en la superficie se observó que los valores más altos durante el día se registraron entre las 10:00 horas y 14:00 horas (Figura 4. 28).

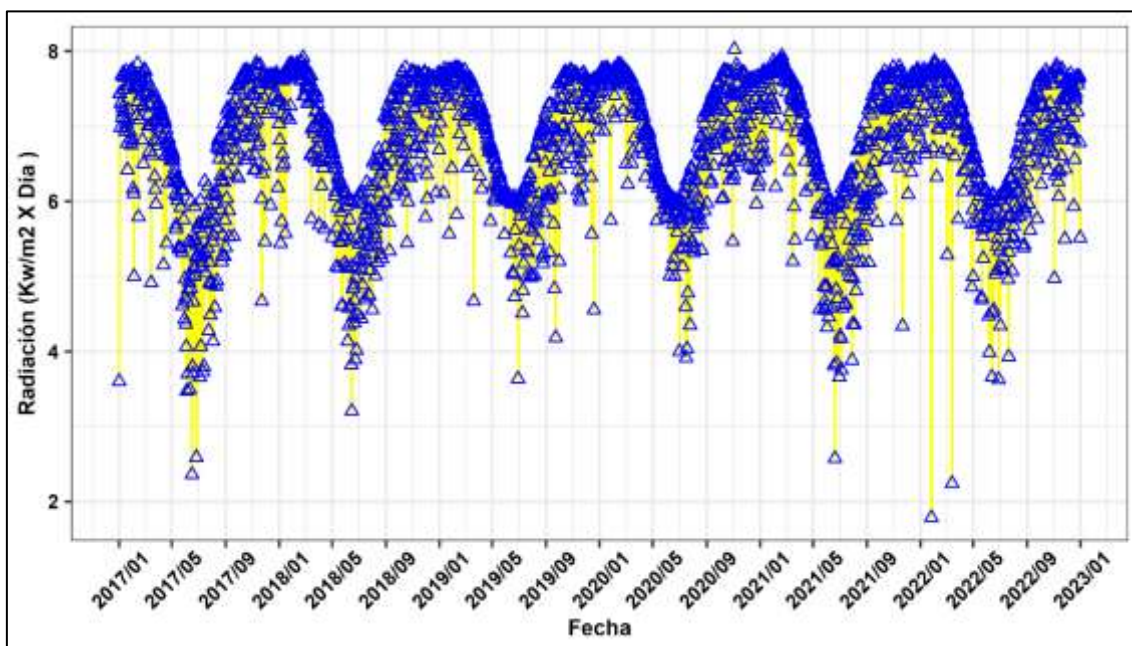


Figura 4.26. Variabilidad diaria de la Radiación Global (2017-2022) en el área de la EMV Pomalca

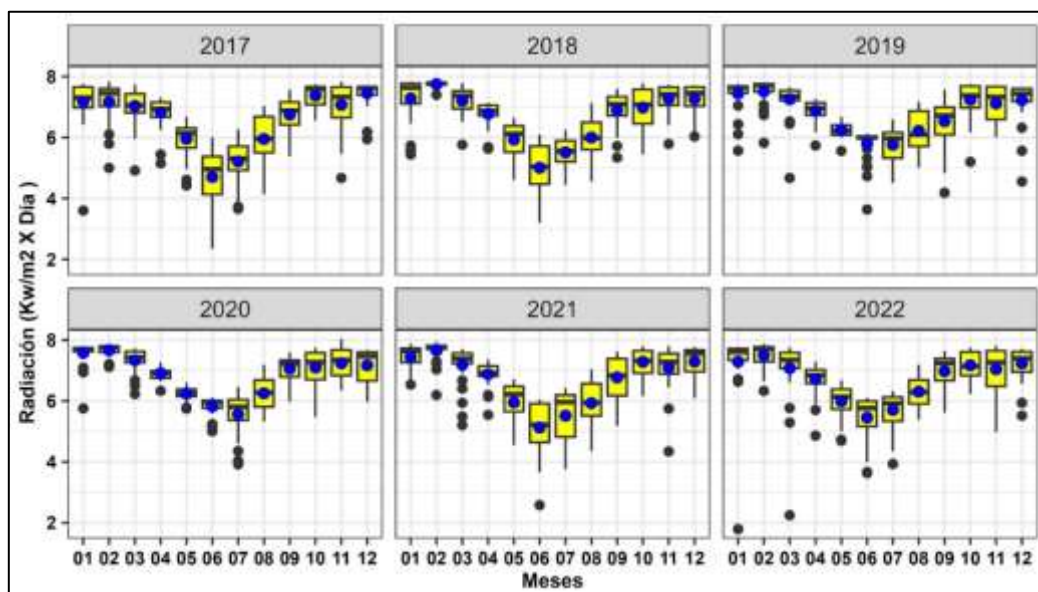


Figura 4.27. Variabilidad mensual de la Radiación Global (2017-2022) en el área de la EMV Pomalca

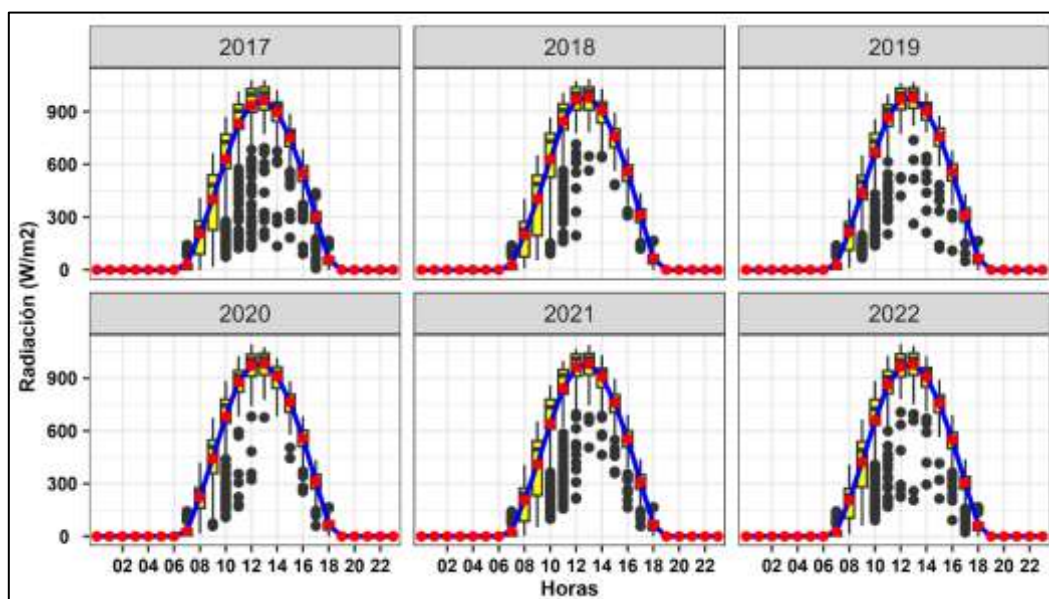


Figura 4.28. Variabilidad y promedio horario de la Radiación Global (2017-2022) en el área de la EMV Pomalca

5. METODOLOGÍA

5.1. Objetivo específico 1: Evaluar la calidad de aire mediante el monitoreo de material particulado, gases y polvo sedimentable

A continuación, se desarrolla la metodología considerada para determinar la afectación a la calidad del aire de la zona evaluada.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

5.1.1. Guías utilizadas para la evaluación

Para la ejecución del monitoreo de calidad del aire y parámetros meteorológicos, se emplearon los procedimientos y consideraciones técnicas establecidas en el Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM.

Los protocolos de monitoreo utilizados para el monitoreo de polvo sedimentable se describen en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Protocolo de monitoreo utilizado para la evaluación de polvo sedimentable

Matriz	Protocolo	País	Institución	Dispositivo Legal	Año
Polvo sedimentable	Protocolo para la toma de muestra de polvo sedimentable	Chile	Instituto de Salud Pública	Resolución Extrema N.º 0236	2014
	Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter), ASTM: D1739 – 98	United States	American Society for Testing and Materials	---	2010

5.1.2. Ubicación de puntos de monitoreo

Para el monitoreo de la calidad del aire en el ámbito de influencia de la Planta Pomalca de la Agroindustrial Pomalca se establecieron dos puntos de monitoreo ubicados al noreste y suroeste de la Planta Pomalca (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo

N.º	Código OEFA	Coordenadas Zona 17 M		Altitud m.s.n m	Descripción
		Longitud	Latitud		
1	CA-AP-01	-79.7704	-6.7659	52	Vivienda en AH Lino, 200 m al noreste de la planta industrial de Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., distrito de Pomalca
2	CA-AP-02	-79.7738	-6.7678	46	Vivienda en calle 9 de octubre, 40 m al sur de la puerta de ingreso a la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., distrito de Pomalca
3	CA-AP-06*	-79.7756	-6.7659	58	Instalaciones de la municipalidad distrital de Pomalca, calle Andrés A. Cáceres, Cámaras de seguridad

*Los equipos del punto de monitoreo CA-AP-02 fueron trasladados al punto CA-AP-06 el 28 de marzo del 2023.

Para el monitoreo de la calidad del aire en el ámbito de influencia de las parcelas de caña de azúcar cosechadas por quema controlada, se establecieron tres puntos de monitoreo, ubicados en los diferentes centros poblados de la provincia de Chiclayo, colindantes a estas parcelas (Ver Figura 5.1). La ubicación de los puntos de monitoreo se estableció en base al cronograma actualizado de cosecha de caña de azúcar por quema controlada proporcionado por el administrado (Tabla 5.3).

**Tabla 5.3.** Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo aledaños a las parcelas de caña de azúcar

N.º	Código OEFA	Coordenadas WGS-84 Zona 17 M		Altitud m.s.n m	Descripción
		Longitud	Latitud		
1	CA-AP-03	-79.7748	-6.7702	52	Instalaciones de la municipalidad distrital de Pomalca, sede central, carretera a Chongoyape
2	CA-AP-04	-79.5459	-6.7785	144	IE Inca Garcilaso CP Pacherez, cruce de Calle Juan Velasco s/n con Calle Tupac Amaru, distrito de Pucalá
3	CA-AP-05	-79.4831	-6.7544	132	Inicial Primaria Pampagrande, CP Pampagrande, distrito de Chongoyape

Los puntos de monitoreo para polvo sedimentable se ubicaron en el ámbito de influencia de la Planta Pomalca, en función a la dirección de los vientos, fuentes de emisión primarias y puntos de monitoreo de calidad del aire en el distrito de Pomalca (Ver Figura 5.2). Los códigos, coordenadas y descripción de los puntos se visualizan en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Ubicación de los puntos de monitoreo de polvo sedimentable

N.º	Código OEFA	Coordenadas Zona 17 M		Altitud m.s.n m	Descripción
		Longitud	Latitud		
1	PS-AP-01	-79.7719	-6.7653	44	En el lado noroeste de la planta de industrial de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.
2	PS-AP-03	-79.7704	-6.7660	46	Al noreste de la planta de industrial de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A
3	PS-AP-05	-79.7738	-6.7678	48	En un vivienda ubicada en Calle Castilla cerca de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A
4	PS-AP-06	-79.7757	-6.7657	44	Instalaciones de la municipalidad distrital de Pomalca, sede central, carretera a Chongoyape
5	PS-AP-07	-79.7748	-6.7702	44	Instalaciones de la municipalidad distrital de Pomalca, Calle Andrés A. Cáceres Cámaras de Seguridad
6	PS-AP-08	-79.7733	-6.7698	46	Patio frontal de la Parroquia Nuestra Señora del Perpetuo Socorro
7	PS-AP-13	-79.7733	-6.7672	52	En las áreas verdes de las oficinas administrativas de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A
8	PS-AP-14	-79.7701	-6.7664	45	En el lado oeste de la planta industrial de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.; zona de ceniza.

En las Figuras 5.1 y 5.2 se presentan los mapas de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire y de las estaciones de monitoreo de polvo sedimentable consideradas en el presente estudio.

5.1.3. Equipos, parámetros y métodos de análisis

En la evaluación de la calidad del aire, se utilizaron equipos automáticos de medición continua de material particulado, los cuales proporcionaron mediciones promedios horarios.



Además, se utilizaron equipos muestreadores activos manuales, que recolectaron material particulado mediante filtros por un periodo de 24 horas, los cuales, fueron analizados posteriormente (determinación de peso) por un laboratorio acreditado. Antes del inicio del monitoreo se procedió con la verificación de los equipos para garantizar su operatividad.

El monitoreo de la calidad del aire en el ámbito de influencia de la Planta Pomalca fue durante 44 días continuos (empleando equipos automáticos), las dos estaciones de monitoreo contaron con estaciones meteorológicas. El monitoreo de la calidad del aire en el ámbito de influencia de las parcelas de caña de azúcar cosechadas por quema controlada, fue por un periodo de 30 días de monitoreo discontinuo (empleando equipos manuales).

Los equipos y métodos de análisis, por parámetros, utilizados para la evaluación son detallados en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Equipos utilizados en el monitoreo

Parámetros	Equipos	Marca
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀) y diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	Monitor automático de partículas	GRIMM
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀) y diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	Muestreadores de partículas de alto y bajo volumen	Thermo Scientific/ Met one
Dióxido de azufre (SO ₂)	Muestreador automático Fluorescencia ultravioleta	Thermo Scientific
Monóxido de carbono (CO)	Muestreador automático	Thermo Scientific
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Muestreador automático	Thermo Scientific
Carbono elemental	Muestreador automático	Magee Scientific
Temperatura y humedad Velocidad y dirección de viento Pluviómetro, Presión atmosférica	Estación meteorológica	LSI LASTEM
Velocidad del viento, Dirección del viento Temperatura ambiente, Humedad relativa Precipitación, Presión atmosférica	Estación meteorológica	Davis / Campbell Scientific
Flujo de aire	Calibrador de bajo flujo	BIOS
Flujo de aire	Calibrador de flujo variable	BGI
Flujo de aire	Calibrador de flujo variable	TISCH

El parámetro y método de análisis en polvo sedimentable se realizó mediante una técnica validada del ASTM: D1739 – 98, los mismos que de acuerdo con esta metodología fueron muestreados mediante el uso de jarras colectoras de polvo.

5.1.4. Procesamiento de datos

Los resultados de las concentraciones obtenidas con los equipos automáticos fueron validados en base a criterios cuantitativos y cualitativos. Los criterios cuantitativos hacen referencia a información histórica del sitio de medición, estado operacional de los equipos, calibraciones, rango de medición, etc. Los criterios cualitativos consideraron información relevante respecto de las condiciones de la medición, observaciones de campo, tales como meteorología y mediciones de otra estación, entre otros. Además, los promedios horarios y promedios de 24 horas fueron datos válidos, calculados con un mínimo de 75 % de observaciones totales en cada uno de los periodos de evaluación.



Las muestras de material particulado obtenidas en los filtros de PM₁₀ y PM_{2.5} fueron enviadas a un laboratorio acreditado para la determinación de su peso. Adicionalmente, para la cuantificación de las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5}; en primer lugar, se calculó el flujo según la siguiente ecuación:

$$Q_{std} = Q_a \left(\frac{P_{av}}{T_{av}} \right) \left(\frac{T_{std}}{P_{std}} \right)$$

Donde:

Q_{std} = Flujo promedio (m³/min) a condiciones de referencia indicadas (i.e. 25 °C y 101,3 kPa).

Q_a = Flujo promedio (m³ /min) a condiciones ambientales.

P_{av} = Presión barométrica promedio durante el período de muestreo o presión barométrica promedio para el lugar de muestreo (KPa o mmHg).

T_{av} = Temperatura ambiente promedio durante el período de muestreo o temperatura ambiente estacional promedio para el lugar de muestro (K).

T_{std} = Temperatura estándar (i.e. 298 K).

P_{std} = Presión estándar (i.e. 101,3 kPa o 760 mmHg).

Una vez calculado el flujo promedio se procedió a calcular el volumen total de aire muestreado, el cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$V_{std} = (Q_{std})(t)$$

Donde:

V_{std} = Total de aire muestreado en unidades patrón de volumen (m³).

t = Tiempo de muestreo (min).

Sobre la base de la diferencia de pesos (muestra/filtro) reportados por el laboratorio y los parámetros meteorológicos de presión y temperatura registrados en el lugar de muestreo, se calculó la concentración de material particulado en unidades de masa por unidad de volumen, de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$C_{PM10} = 10^{-6} \cdot (W_f - W_i) / V_{std}$$

Dónde:

C_{PM10} = Concentración de PM₁₀ (µg/m³).

$W_f - W_i$ = Diferencia de pesos final e inicial del filtro (g).

V_{std} = Volumen de aire muestreado a condiciones estándar (m³).

5.1.5. Criterios de evaluación

Los resultados obtenidos en la evaluación ambiental fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, aprobados mediante Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM. En la Tabla 5.6 se precisan los parámetros, periodos de evaluación y sus respectivas concentraciones expresadas en µg/m³.

Tabla 5.6. Estándares de calidad ambiental (ECA) para aire

Parámetro	Periodo	Formato del Estándar		Método de análisis	Norma
		Valor µg/m ³	Criterio de evaluación		
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Anual	100	No exceder más de 7 veces al año	Separación inercial / filtración (Gravimetría)	"Aprueban Estándares de Calidad

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Parámetro	Periodo	Formato del Estándar		Método de análisis	Norma
		Valor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Criterio de evaluación		
	24 horas	50	Media aritmética anual		Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias»
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$)	Anual	50	No exceder más de 7 veces al año		
	24 horas	25	Media aritmética anual		
Dióxido de azufre (SO_2)	24 horas	250	No exceder más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)	
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)	
	Anual	100	Media aritmética anual		
Monóxido de carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)	
	8 horas	10000	Media aritmética móvil		



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

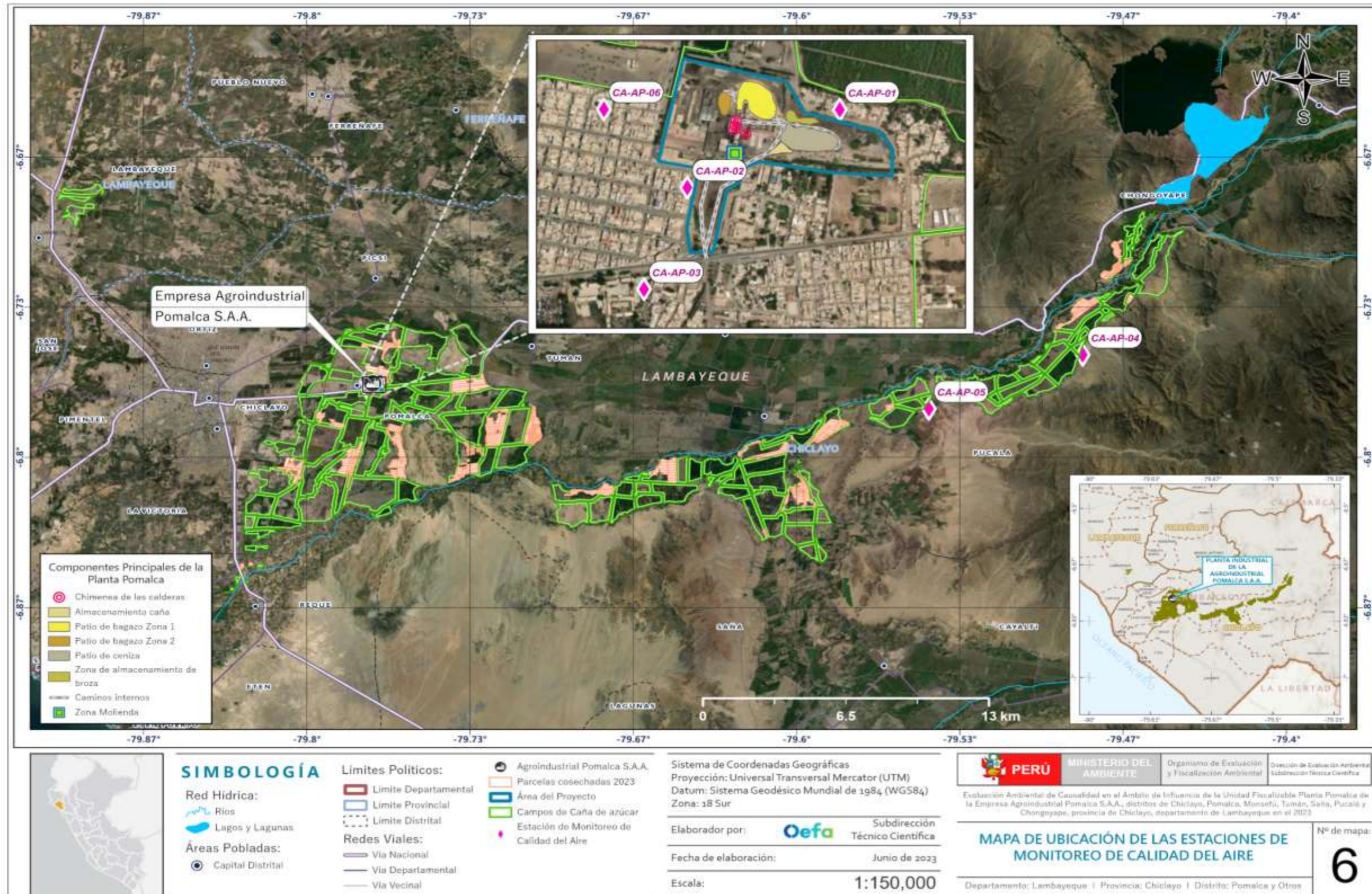


Figura 5.1. Mapa de ubicación de estaciones de monitoreo de calidad de aire



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

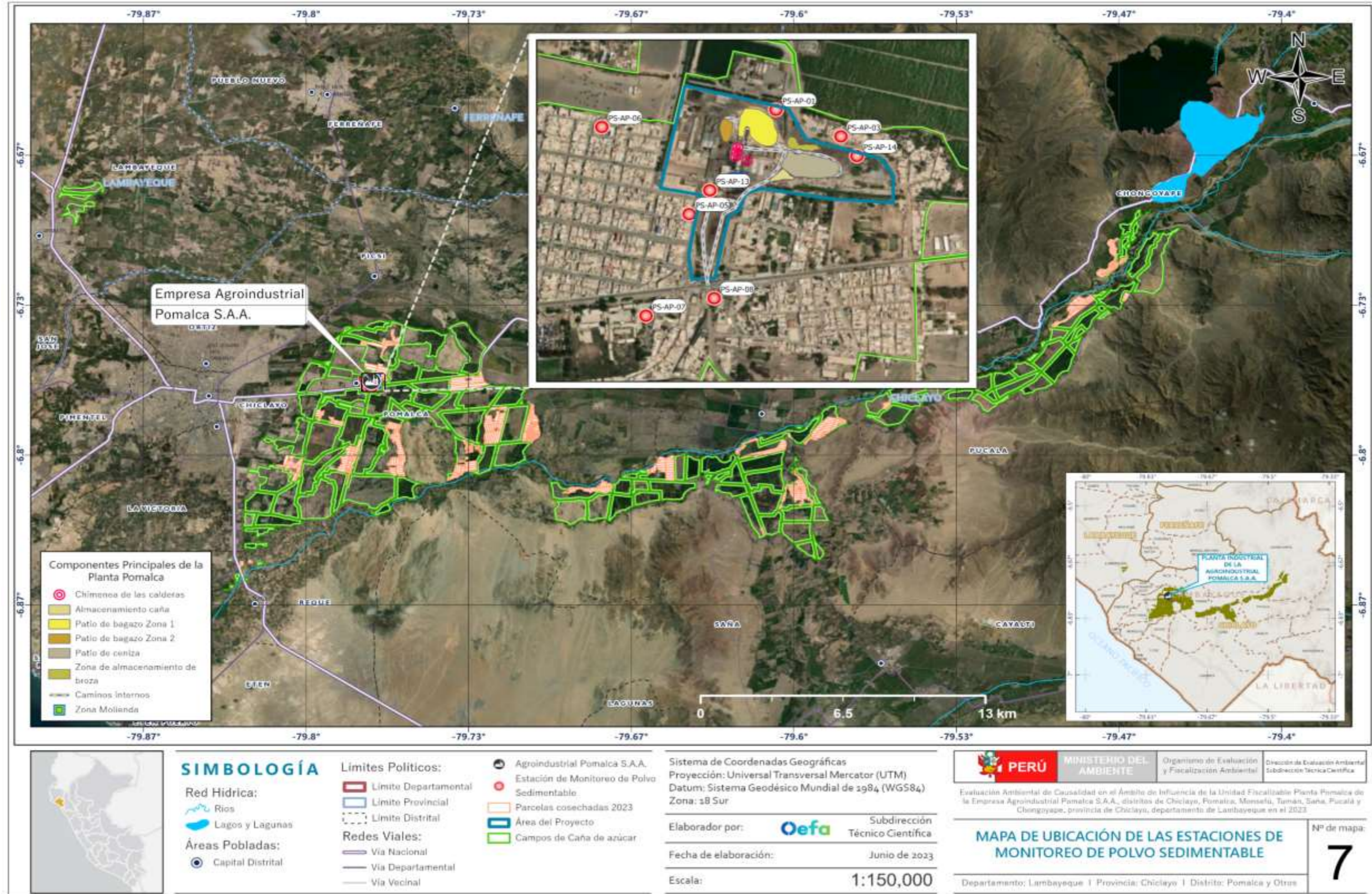


Figura 5.2. Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de polvo sedimentable



5.2. Objetivo específico 2: Estimar la dispersión espacial y las concentraciones de los contaminantes atmosféricos (PM₁₀ y PM_{2.5}) producto de las emisiones provenientes de la planta de operaciones Pomalca y de la quema de caña de azúcar. Además, determinar la distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados.

5.2.1. Guías utilizadas para la evaluación

Para el modelamiento se consideraron las recomendaciones dadas en el Manual Técnico para la Elaboración de Documentos Técnicos sobre Modelamiento de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos del SENAMHI, considerando las siguientes etapas:

1. Recopilación de información del proyecto.
2. Determinación de los objetivos del modelamiento.
3. Determinación del dominio de modelamiento.
4. Caracterización del terreno y condiciones meteorológicas del dominio de modelamiento.
5. Caracterización de la calidad del aire.
6. Determinación de valor de fondo.
7. Determinación de escenarios de modelamiento
8. Determinación de fuentes de emisión
9. Determinación de parámetros de modelamiento
10. Inventario y cálculo de emisiones
11. Procesamiento de información meteorológica, topográfica y usos de suelo
12. Configuración del modelo según los escenarios de modelamiento
13. Ejecución del modelo
14. Procesamiento de resultados
15. Elaboración de mapas
16. Elaboración de informe

5.2.2. Análisis de las condiciones meteorológicas (clima y tiempo)

Para el estudio de las condiciones meteorológicas se realizó un análisis climático y de tiempo de la zona de estudio. Para el análisis climático se generó información modelada de 6 años (2017-2022) y para el análisis de tiempo se utilizó la información registrada por las estaciones meteorológicas instaladas en los puntos de calidad de aire durante el periodo de monitoreo. La información meteorológica modelada se generó mediante la aplicación del modelo WRF, el cual es un modelo numérico que sirve para la simulación y predicción del estado atmosférico a escalas de corto, mediano y largo plazo (NCAR, 2022). Este modelo fue creado bajo un esfuerzo colaborativo entre diversas instituciones americanas como el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR, por sus siglas en inglés), la Administración Nacional Atmosférica y Oceánica (NCEP, por sus siglas en inglés), entre otras (NCAR, 2022). Este modelo es eficiente tanto para la investigación de fenómenos a escala espacial local, regional y escala sinóptica, cuya principal característica es que resuelve ecuaciones de tipo euleriano no-hidrostático (Wang et al., 2018). Este motivo y las constantes contribuciones desde su desarrollo a la actualidad, lo han puesto en la cima de los modelos meteorológicos regionales (Powers et al., 2017).

ERA5 es la reanálisis del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Mediano Plazo de quinta generación para el clima y el tiempo global durante las últimas 8 décadas (Hersbach et al., 2023). Los modelos atmosféricos globales, en general no logran reproducir



o representar los fenómenos atmosféricos importantes (para la estructura y evolución de la atmósfera como la convección, microfísica, turbulencia, etc.) con escala superior o igual al tamaño de grilla del modelo y por tal es necesario el uso de fórmulas deducidas teóricamente y obtenidas empíricamente en función de una serie de parámetros (esquemas de parametrizaciones físicas) (Villalba y Tapiador, 2022).

Para las simulaciones del modelo WRF se utilizó como entrada los datos meteorológicos de reanálisis ERA 5, los cuales tuvieron un pretratamiento para su uso en el modelo WRF. ERA 5 tiene una resolución espacial de 25 km y temporal de 1 hora. Las simulaciones consistieron en generar información meteorológica de superficie y de altura en alta resolución para el área de estudio, para este proceso se utilizó 2 anidamientos, un anidamiento que generaba información meteorológica con una resolución desde 25 km (resolución de la data de entrada) a 5 km y el otro anidamiento que generó información desde una resolución de 5 km a 1 km.

Tabla 5.7. Información del Modelo Meteorológico

Nombre del modelo meteorológico	Versión	Resolución espacial	Resolución temporal
WRF	4,3	1 km	1 hora

Tabla 5.8. Parametrizaciones físicas usadas para las simulaciones del modelo WRF

Parametrizaciones Físicas	Esquema
Microfísica	Thompson
Capa Límite Planetaria	Universidad de Yonsei
Superficie de la tierra	Noah-MP
Modelo de Radiación	RRTMG- Modelo de transferencia radiativa rápida
Parametrización de Cúmulos	Grell-Devenyi
Capa Superficial	Unified Noah land-surface model

El periodo de modelamiento fue de 6 años (2017-2022), con una resolución espacial de 1 km y temporal de 1 hora, para un dominio de modelamiento de 70 km x 70 km. En la Figura 5.3 se presentan la grilla meteorológica y el dominio de simulación considerado en el presente estudio.

Una vez generada la información meteorológica modelada, se verificó su representatividad para el área de estudio. Luego, se extrajo la información meteorológica de superficie de un punto, al que llamamos Estación Meteorológica Virtual (EMV) Pomalca, a través de la Interfaz del del lenguaje de programación Python y NCL.

El análisis de tiempo y clima se describieron en el ítem 4.3 del presente informe.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

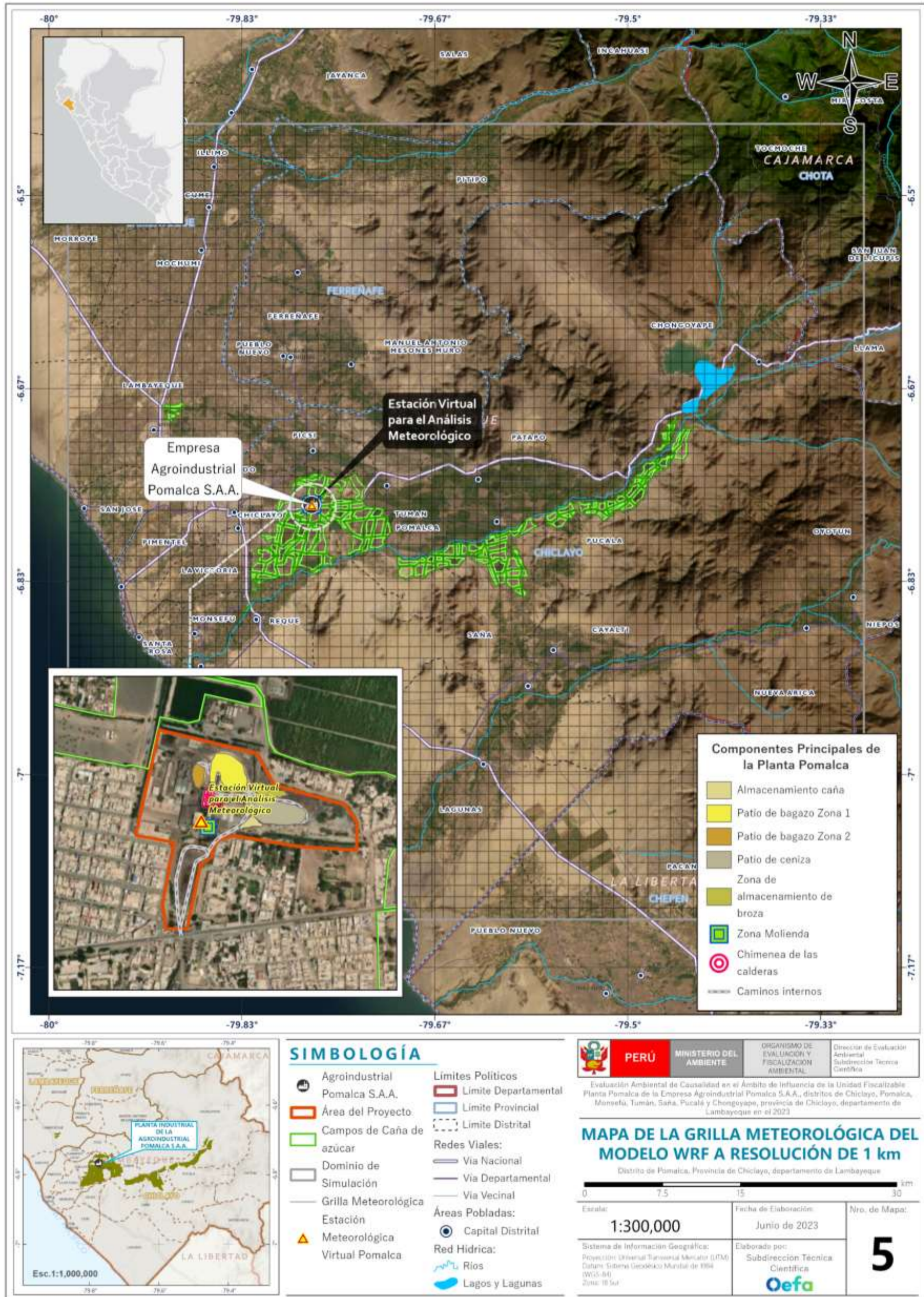


Figura 5.3. Mapa de la Grilla Meteorológica del modelo WRF a resolución de 1 km



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

5.2.3. Justificación del Modelo de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos

Para el presente estudio se seleccionó el Modelo Puff de California (CALPUFF, por sus siglas en inglés) en su versión 7.0. CALPUFF es un modelo Lagrangiano-Gaussiano No Estacionario tipo Puff, multi-Especie y multi-capas, que simula los efectos de variación espacio- tiempo de las condiciones meteorológicas en el transporte, transformación y remoción de los contaminantes (EPA, 2022). CALPUFF ha sido adoptado por la U.S. EPA, en su Guía de Modelos de Calidad de Aire, como un modelo alternativo, que puede ser empleado en aplicaciones regulatorias (bajo justificación del caso) para estimar el transporte y dispersión de contaminantes tanto de largo como corto alcance y sus impactos en escenarios que involucren condiciones meteorológicas complejas (EPA, 2017). Además, es ampliamente usado para aplicaciones regulatorias en Australia, Nueva Zelanda (Johnson, 2022), y Chile (SEIA, 2023). Asimismo, el SENAMHI recomienda el uso de este modelo tal como lo indica en el Manual Técnico para la Elaboración de Documentos Técnicos Sobre Modelamiento de Dispersión de Contaminantes (2021), en casos donde las fuentes de emisión se encuentren ubicados cerca de la costa, en escenarios de estancamiento, en condiciones de vientos en calma prolongados, así como en dominios de modelamiento de terrenos complejos donde la meteorología se caracteriza por ser heterogénea.

La elección del modelo se basó en los siguientes criterios:

- i. CALPUFF es un modelo de tipo puff recomendado por la U.S. EPA y que ha sido acogido también como modelo recomendado en el Manual Técnico para la Elaboración de Documentos Técnicos sobre Modelamiento de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos, aprobado por Resolución de Presidencia Ejecutiva N° 053-2021-SENAMHI/PREJ.
- ii. CALPUFF es un modelo de largo alcance, obteniendo resultados confiables para distancias de hasta 300 km.
- iii. CALPUFF considera la transformación de contaminantes debido a la química atmosférica.

- **Descripción del Modelo CALPUFF**

CALPUFF es un modelo de dispersión tipo Puff no estacionario capaz de representar las variaciones temporales (a nivel horario) y espaciales de los efectos meteorológicos sobre el transporte y dispersión de los contaminantes atmosféricos. CALPUFF simula la pluma continua de una fuente como una serie de puffs discretos (paquetes de aire contaminado) emitidos a una tasa constante, los cuales son transportados y dispersados a través de un campo de vientos tridimensional grillado (Scire et al., 2000). En general, los modelos Puff funcionan bien a distancias, a favor del viento, entre la fuente y el receptor que abarcan unos pocos kilómetros hasta más de 100 km; así también, CALPUFF contiene algoritmos adicionales que le permiten modelar los efectos de contaminantes a largo alcance (EPA, 2022), por lo que se ha determinado que es razonablemente preciso a distancias de hasta 300 km. Por lo tanto, es recomendable la aplicación de CALPUFF para todas las distancias hasta 300 km (EPA, 2003).

Así también es recomendable el uso del modelo CALPUFF para aplicaciones de corto alcance, con distancias de transporte de hasta 50 km, y en aquellos casos que impliquen la presencia de fenómenos de vientos complejos, que se producen debido a terrenos



complejos, en el dominio de modelamiento, tales como brisas marinas o vientos de valle y montaña (Brode y Bret, 2008). Los vientos complejos se generan por el efecto de las variaciones geográficas abruptas (presencia de valles, terreños accidentados o montañosas, a lo largo de zonas costeras, cerca de grandes variaciones en el uso de suelo) que inducen modificaciones en las circulaciones de los vientos predominantes o generan vientos y circulaciones locales (EPA, 2018). El sistema de modelamiento CALPUFF es apropiado para estos casos debido a que el procesador CALMET puede generar campos de vientos tridimensionales que varían espacialmente, por lo que logra representar los procesos de dispersión y transporte en estas condiciones (meteorología heterogénea). Además, CALMET incorpora algoritmos de bloqueo del terreno y de flujos en pendiente que pueden explicar las circulaciones de viento complejos que se producen en terrenos complejos (Brode y Bret, 2008). Es importante señalar, que una resolución más fina de los datos de entrada a CALMET como variables meteorológicas simuladas, uso de suelo y topografía, son capaces de representar mejor los fenómenos de vientos complejos como las brisas marinas, lo cual afectara en las salidas de CALMET; por ende, la estimación de las concentraciones de contaminantes del aire mediante CALPUFF serán más precisas (Brode y Bret, 2008).

CALPUFF ha sido aplicado mayormente para evaluaciones de calidad del aire en ciudades y países como Estambul, Beijing, y Tailandia. Numerosos estudios han utilizado CALPUFF en el modelamiento de la dispersión de contaminantes sobre terrenos complejos (Tomasi et al., 2018; Ghannam & El-Fadel, 2013; Guo et al., 2020; cui et al., 2011; Hernández-Garcés et al., 2016). Por ejemplo, este modelo ha tenido un buen rendimiento en contextos de evaluación de impactos sobre la calidad del aire de múltiples fuentes localizados en terrenos complejos de zonas costeras (influenciado por las circulaciones de brisas marinas y la superficie), bajo diferentes escenarios de factores de emisión (extraídos de las guías técnicas de la US EPA y EEA) y eficiencia de las técnicas de control de emisiones (Guo et al., 2020). De modo que, CALPUFF puede ser usado en contextos regulatorios para el cumplimiento de la normativa ambiental en áreas con relaciones fuente-receptor complejas.

El sistema de modelamiento CALPUFF incluye tres componentes principales: CALMET, CALPUFF y CALPOST, y un gran conjunto de programas de preprocesamiento diseñados para interconectar el modelo con conjuntos de datos meteorológicos y geofísicos disponibles de forma rutinaria (Scire et al., 2000).

CALMET es un modelo meteorológico que desarrolla campos de viento y temperatura por hora en un dominio de modelamiento en cuadrícula tridimensional. CALPOST se usa para procesar los archivos de salida primarios de CALPUFF que contienen concentraciones por hora en cada receptor, produciendo tabulaciones que resumen los resultados de la simulación, identificando concentraciones más altas (Scire et al., 2000).

La ecuación básica para la contribución de un puff en un receptor es:

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_x\sigma_y} g \exp\left[-d_a^2/(2\sigma_x^2)\right] \exp\left[-d_c^2/(2\sigma_y^2)\right]$$

$$g = \frac{2}{(2\pi)^{1/2}\sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp\left[-(H_e + 2nh)^2/(2\sigma_z^2)\right]$$



Donde:

C es la concentración a nivel del suelo (g/m³),

Q es la masa contaminante (g) en el puff,

σ_x es la desviación estándar (m) de la distribución gaussiana en la dirección del viento,

σ_y es la desviación estándar (m) de la distribución gaussiana en la dirección del viento cruzado,

σ_z es la desviación estándar (m) de la distribución gaussiana en la dirección vertical,

da es la distancia (m) desde el centro del puff hasta el receptor en la dirección del viento,

dc es la distancia (m) desde el centro del puff hasta el receptor en la dirección del viento cruzado,

g es el término vertical (m) de la ecuación de Gauss,

H es la altura efectiva (m) sobre el suelo del centro del puff, y

h es la altura de la capa mixta (m).

- **Proceso de modelamiento con el sistema CALPUFF**

Por lo general, los datos de entrada básicos de un modelo de dispersión de contaminantes incluyen las fuentes de emisión, variables meteorológicas, e información del terreno como topografía y uso de suelo.

El flujograma del proceso de modelamiento con el sistema CALPUFF se presenta en el Figura 5.4, el cual toma como referencia el Manual del Usuario de CALPUFF desarrollado por Scire et al. (2000). Los datos meteorológicos simulados por el modelo WRF, que abarca el dominio de modelamiento con una resolución espacial de 1 km, fueron usados como campos meteorológicos para CALMET, este modelo ajusta los campos meteorológicos considerando la influencia del terreno y uso de suelo, mediante el cual se obtuvieron campos de temperatura y vientos horarios tridimensional sobre el dominio de modelamiento grillado de 70 km x 70 km. Adicionalmente, CALMET también genera campos bidimensionales para los parámetros de la capa limite planetaria (altura de mezcla, velocidad de fricción, etc), características de la superficie (altura del terreno y uso de suelo), y las propiedades de dispersión. CALPUFF usó los campos meteorológicos generados por CALMET y los archivos que contienen información sobre las fuentes de emisión para producir salidas que contienen las concentraciones horarias de PM₁₀ y PM_{2.5} en los receptores discretos y grillados. Estos archivos son procesados por CALPOST, obteniendo tabulaciones que resumen los resultados de la simulación al identificar las concentraciones más altas en cada receptor.

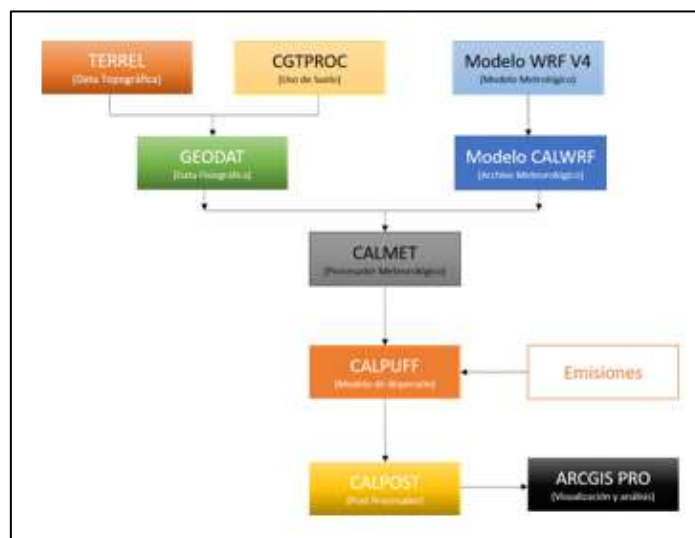


Figura 5.4. Flujograma de modelamiento de dispersión atmosférica



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

5.2.4. Dominio de Modelamiento

Para estimar la dispersión espacial y las concentraciones de los contaminantes atmosféricos (PM_{10} y $PM_{2.5}$) producto de las emisiones provenientes de la Planta industrial Pomalca se utilizó un dominio de 10 km x 12 km, con una resolución espacial de 200 m y temporal de 1 hora.

Para estimar la dispersión espacial y las concentraciones de los contaminantes atmosféricos (PM_{10}) producto de la quema de caña de azúcar, así como la distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados de interés, se utilizó un dominio de 70 km x 70 km, con una resolución espacial de 1 km y temporal de 1 hora.

5.2.5. Periodo de Modelamiento

El periodo de modelamiento con el cual fue elaborado el modelo de dispersión es igual al periodo de los datos meteorológicos modelados que fueron ingresados al programa CALPUFF, el cual abarca el periodo del 2017 al 2022.

5.2.6. Inventario de emisiones: Cálculo de Tasas de Emisión

Para las actividades operativas de la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., se ha considerado emisiones de tipo puntual, de área y lineal (de tipo Road) que están vinculadas a las calderas de bagazo, el manejo del bagazo y cenizas, almacenamiento del bagazo y ceniza en pilas, combustión de vehículos pesados y tránsito por caminos de acceso no pavimentados.

Para determinar las emisiones asociadas a cada actividad de la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A. se utilizaron factores de emisión que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA por sus siglas en inglés) ha establecido a través de su serie AP-42 (*Compilation of Air Pollutant Emission Factors*). El compendio AP-42 contiene factores de emisión para diversas actividades y procesos, y puede ser consultado vía Internet en el sitio web de la US EPA (<https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors>). Asimismo, se utilizaron los factores de emisión establecidos por el Departamento de Cambio Climático, Energía, Ambiente y Agua del Gobierno Australiano (DCCEEW por sus siglas en inglés) en sus Manuales de Técnicas de Estimación de Emisiones. La ecuación para estimar las emisiones tiene la siguiente forma general:

$$E = A \times FE \times \left(1 - \frac{ER}{100}\right)$$

Donde:

E: Tasa de emisión.

A: Nivel de la actividad.

FE: Factor de emisión.

ER: Eficiencia de las medidas de control (%).

El nivel de actividad fue calculado en base a la información del año 2022 proporcionada por la Agroindustrial Pomalca e información obtenida de fuentes bibliográficas académicas.



- **Combustión en calderas de bagazo**

En los ingenios azucareros es común el uso de bagazo de caña como combustible en calderas industriales para la generación de vapor y energía necesarios para la producción de azúcar. El mayor contaminante emitido por la quema de bagazo en calderas es el material particulado como resultado de la ceniza generada (USEPA, 1996).

El ingenio de la Agroindustrial Pomalca cuenta con 4 calderas acuatubulares de tecnología antigua marca Backoc & Wilcox, que utilizan el bagazo de caña como combustible para la generación de vapor, y en consecuencia energía. Las calderas 1, 2 y 4 tienen una capacidad máxima de 24 400 kg de bagazo por hora, mientras que la caldera 6 cuenta con una capacidad de 31 757 kg/h, otros parámetros relacionados a las chimeneas de las calderas se presentan en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Parámetros de las chimeneas de las calderas de bagazo de la Planta Pomalca

Caldera	1	2	4	6
Altura (m)	7.32	7.32	7.32	7.32
Diámetro (m)	1.3	1.3	1.3	1.3
Área chimenea (m ²)	1.327	1.327	1.327	1.327
Flujo de gases (t/h)	88.63	88.63	88.63	103.6
Velocidad (m/s)	9.42	9.42	9.42	11.01
Temperatura (°C)	160	160	160	160
Capacidad (kg/h)	24400	24400	24400	31757
Latitud	-79.7725	-79.7728	-79.7727	-79.7727
Longitud	-6.7665	-6.7664	-6.7663	-6.7662

Fuente: Informe Nro. 001 - 2023 Empresa Agroindustrial Pomalca (17/02/2023)

Para la estimación de emisiones de material particulado liberado por las calderas de bagazo se utilizaron los factores de emisión para PM (material particulado) establecidos en el Volumen I: Stationary Point and Area Sources, Capítulo 1: External Combustion Sources del compendio AP-42, 5ta edición (EPA, 1996). De forma conservadora, para este estudio, el factor de emisión que corresponde al PM₁₀ seleccionado fue el valor extremo superior del intervalo (4.68 g/kWh). El factor de emisión para PM_{2.5}, se cuantificó multiplicando el FE para PM₁₀ por 0.57, este valor de conversión fue determinado en base a las tasas de emisión estimados por el método del Manual de Técnicas de Estimación de Emisiones para Molienda y Refinamiento de Azúcar del Gobierno Australiano (DCCEEW, 2001). Los factores de emisión de PM₁₀ y PM_{2.5} se muestran en el Tabla 5.10.

Tabla 5.10. Factores de emisión empleados para combustión en calderas de bagazo

Contaminante emitido	Factor de Emisión (g/kWh)
PM ₁₀	0.32 – 4.68
PM _{2.5}	2.67

Fuente: EPA (1996)

Debido a que las tasas de emisión para PM₁₀ y PM_{2.5} estimadas empleando los factores de emisión del DCCEEW (2001) y la cantidad de bagazo consumida en las calderas (t) resultaron relativamente altas, se consideró emplear los factores de emisión de la EPA (1996) y la generación de energía anual a partir de la combustión del bagazo (kWh/año) como nivel de actividad (A), la cual fue calculada por la siguiente ecuación.

$$A = PB * BC$$



Donde:

PB: Potencial de generación de electricidad del bagazo de caña en kWh/t

BC: Cantidad de bagazo de caña consumida en calderas en t/año

De acuerdo con W. E. Council (2007), una tonelada de bagazo de caña de azúcar puede generar hasta 130 kWh de electricidad en las plantas industriales azucareras, por lo que, en este estudio, se empleó este valor como PB.

En el año 2022, la Agroindustrial Pomalca empleó un total de 276 860 toneladas de bagazo como combustible para las calderas (Tabla 5.11). Para determinar la cantidad de bagazo anual utilizado en cada caldera, se estimó la proporción de bagazo consumido por cada caldera (%) a partir de la capacidad individual (t/h) y la capacidad total de las 4 calderas (t/h), resultando en valores de 23.2 %, 23.2 %, 23.2 % y 31.4 % para las calderas 1, 2, 4 y 6 respectivamente.

Tabla 5.11. Cantidad de bagazo consumido en las calderas de la Planta Pomalca del 2022

Año: 2022	Cantidad de bagazo consumido en las calderas (t)				
	Caldera 1	Caldera 2	Caldera 4	Caldera 6	Todas las calderas
Enero	5096.11	5096.11	5096.11	6632.67	21921.00
Febrero	4829.92	4829.92	4829.92	6286.23	20776.00
Marzo	5442.03	5442.03	5442.03	7082.90	23409.00
Abril	5295.81	5295.81	5295.81	6892.58	22780.00
Mayo	6096.69	6096.69	6096.69	7934.94	26225.00
Junio	5496.20	5496.20	5496.20	7153.40	23642.00
Julio	5731.93	5731.93	5731.93	7460.20	24656.00
Agosto	4256.17	4256.17	4256.17	5539.48	18308.00
Setiembre	5017.30	5017.30	5017.30	6530.10	21582.00
Octubre	5488.30	5488.30	5488.30	7143.11	23608.00
Noviembre	5560.36	5560.36	5560.36	7236.91	23918.00
Diciembre	6052.52	6052.52	6052.52	7877.45	26035.00
Total	64363.35	64363.35	64363.35	83769.95	276860.00

Fuente: Control de Producción, Venta y Consumo de Bagazo de la Carta N°392-2023-GG-PO

- **Manejo de Bagazo de caña de azúcar**

Para la estimación de emisiones de PM₁₀ generados por las actividades de manejo del bagazo de caña de azúcar, tales como acarreo (por actividades de carga y descarga con cargadores frontales) y molienda del bagazo, se utilizaron los factores de emisión establecidos en el Manual de Técnicas de Estimación de Emisiones para Molienda y Refinamiento de azúcar del DCCEEW del Gobierno Australiano, que se presentan en la Tabla 5.12.

Tabla 5.12. Factores de Emisión para el manejo del bagazo de caña de azúcar

Fuente de emisión de PM ₁₀	Factor de Emisión (Kg PM ₁₀ /t de caña molida)
Pila de almacenamiento del bagazo (acarreo)	2.72 x 10 ⁻³
Polvo de bagazo (molienda)	5.67 x 10 ⁻³

Fuente: DCCEEW (2004)



Las tasas de emisión para PM_{2.5}, se determinaron por el método del Capítulo 13: Miscellaneous Sources, Sección 13.2.4: Aggregate Handling And Storage Piles del documento AP 42 de la US EPA. El contenido de humedad del bagazo de caña empleado fue de 53% (Da Silva y Garcia; 2019).

En el año 2022, la Agroindustrial Pomalca realizó la molienda de un total de 936 022 toneladas de caña de azúcar (Tabla 5.13). De acuerdo con la información proporcionada por el administrado, el ingenio tiene una capacidad de molienda de 3200 toneladas de caña por día, con un tiempo efectivo de 21 horas¹². La zona de molienda se ubica al interior de un recinto cerrado; por lo que, se aplicó una eficiencia de control de 75% (WRAP, 2006) a la tasa de emisión estimada para polvo de bagazo (molienda)

Tabla 5.13. Cantidad de bagazo de caña en el proceso de Molienda del 2022

Año: 2022	Molienda Real (t)	Molienda Sembradores (t)	Molienda Total (t)
Enero	50924	22161	73085
Febrero	43884	22915	66799
Marzo	47487	29065	76552
Abril	48818	26586	75404
Mayo	59753	28525	88278
Junio	57748	26575	84323
Julio	51563	26753	78316
Agosto	41232	22361	63593
Setiembre	47458	26536	73994
Octubre	50419	30564	80983
Noviembre	46709	36790	83499
Diciembre	58086	33110	91196
Total	604081	331941	936022

Fuente: Cronograma de toneladas de caña ingresadas a la E.A. Pomalca - Año 2022 de la carta N°379-2023-GG-PO del 13 de abril de 2023

- **Manejo de Cenizas (carga y descarga)**

Las emisiones de material particulado liberadas por actividades de carga y descarga de cenizas que se realizan en las calderas y patio de almacenamiento de cenizas, respectivamente, se cuantificaron a partir de la cantidad de cenizas generadas por la combustión del bagazo (nivel de la actividad) y los factores de emisión para PM₁₀ y PM_{2.5}, que fueron estimados empleando la metodología del Capítulo 13: Miscellaneous Sources, Sección 13.2.4: Aggregate Handling And Storage Piles del documento AP 42 de la US EPA, en base a la siguiente fórmula:

$$FE = \frac{Kx(0.0016)x\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

Donde:

FE: Factor de emisión, en kilogramos emitidos por cada tonelada de ceniza de bagazo;

¹² Informe Nro. 001 - 2023 Empresa Agroindustrial Pomalca (17/02/2023)



k: Coeficiente de tamaño de partícula emitida, adimensional; 0.053 para PM_{2.5} y 0.35 para PM₁₀;

U: Velocidad promedio del viento, en m/s;

M: Contenido de humedad de las cenizas de bagazo, en %

La velocidad promedio del viento fue de 2.71 m/s, obtenida de la data meteorológica empleada para el modelamiento. El contenido de humedad de las cenizas de bagazo usado en este estudio fue de 2.6 %, valor promedio determinado por Akram et al. (2009) a partir de muestras de cenizas producto de la combustión de bagazo.

Para el cálculo de la cantidad de cenizas generadas producto de la combustión del bagazo, se empleó un contenido en cenizas promedio del bagazo igual a 8.1%, obtenido del estudio de Vergara et al. (2020); es decir, cada tonelada de bagazo de caña consumido en las calderas produce 81 kg de ceniza. Este valor fue multiplicado por la cantidad de bagazo total (t) utilizado en las calderas durante el 2022.

• **Erosión eólica en patios de almacenamiento de bagazo y ceniza**

Las emisiones por erosión eólica son debidas al viento, que levanta las partículas depositadas en las pilas de almacenamiento. La tasa de emisión de la superficie depende de la velocidad del viento sobre la superficie y el área de exposición de la superficie.

Para calcular los factores de emisión del material particulado liberado por la superficie total expuesta de una pila activa (patios de bagazo y ceniza) se utilizó la metodología descrita en el Capítulo 13, Sección 13.2.5 Industrial Wind Erosion (USEPA, 1995). Se considera una pila activa aquella donde se desarrollan actividades de carga y descarga, o volteo que perturban constantemente la pila, lo cual renueva el material disponible en la superficie para que se produzca la erosión eólica (WRAP, 2006).

$$FE = 1.12 \times 10^{-4} \times J \times 1.7 \left(\frac{sL}{1.5}\right) \times \left(\frac{365 - p}{235}\right) \times \left(\frac{I}{15}\right)$$

Donde:

FE: Factor de emisión; en kilogramos por día por cada m² de superficie activa (kg/m²/día);

J = Factor aerodinámico de las partículas.

sL = Contenido promedio de limo (% en peso).

P = Numero promedio de días durante el año con más de 0.254 mm de precipitación (0.01 pulgadas).

I = Porcentaje de tiempo con velocidad de viento sin obstáculos, mayor a 5.365 m/s (12 mph).

El Factor aerodinámico (J) varia con el tamaño de partícula aerodinámico, como se presenta en el Tabla 5.14.

Tabla 5.14. Factor aerodinámico según el tamaño de partícula aerodinámico

30 µm	<15 µm	<10 µm	<2.5 µm
1	0.6	0.5	0.075

Del análisis de los datos meteorológicos modelados se determinó que en promedio se tuvo 19.84% de vientos que excedieron los 5.365 m/s; y, 1 día con precipitaciones mayores a 0.254 mm (de forma conservadora, se empleó el menor número de días durante un año del periodo de modelamiento (2017 al 2022), este valor corresponde al año 2022).



En las Tablas 5.15 y 5.16 se presentan la distribución por tamaño de las partículas presentes en muestras de ceniza y bagazo respectivamente, que fueron extraídos de los estudios de Da Silva y García (2019) para cenizas y Muñoz (2012) para bagazo, y fueron obtenidas mediante análisis de granulometría (las muestras pasan a través de tamices con mallas de diferentes tamaños). En base a estas distribuciones por tamaño de partículas, se determinó el contenido de limo en cenizas y en bagazo de caña de azúcar, que resultaron en valores promedio de 20.76% y 4.8% respectivamente.

Tabla 5.15. Distribución por tamaño de partículas de 7 muestras de ceniza de bagazo

Tamaño (µm)	Muestras, Fracción en peso (%)						
	A	B	C	D	E	F	G
4000	5.14	2.00	0.00	40.47	0.00	0.39	0.00
2800	0.94	1.21	0.26	3.91	0.00	0.50	0.00
1000	3.02	8.40	1.26	5.60	3.87	1.72	1.07
850	1.09	4.76	0.64	1.52	0.86	0.84	0.23
600	2.64	10.85	0.93	2.65	1.29	1.16	0.85
180	52.42	36.79	25.25	8.19	60.89	14.08	35.96
90	23.74	20.27	22.90	7.94	16.37	24.94	24.66
75	3.43	5.08	16.56	5.38	5.20	14.73	9.38
53	2.06	3.39	12.88	5.74	3.85	13.53	7.19
25	4.50	5.17	17.07	14.29	5.63	24.02	15.91
< 25	0.50	0.83	0.97	1.14	0.85	2.31	3.46

Fuente: Da Silva y García (2019)

Tabla 5.16. Distribución por tamaño de partículas de 4 muestras de bagazo de caña

Tamaño (mm)	Muestras, Fracción en peso (%)			
	La Unión	Palo Gordo	Santa Ana	Trinidad
1.70	33.90	44.20	42.60	49.50
1.18	8.20	10.30	9.60	9.10
1.00	5.40	6.30	6.20	5.40
0.85	7.20	7.00	7.20	6.80
0.60	14.00	12.10	13.00	11.10
0.42	12.50	9.40	10.20	8.20
0.25	11.60	7.00	6.80	6.20
< 0.25	7.10	3.70	4.50	3.80

Fuente: Muñoz (2012)

La tasa de emisión se calculó multiplicando el factor de emisión por el nivel de actividad, definido como el área de la superficie activa expuesta, que fue estimado empleando la siguiente ecuación (Government of Canada, 2023).

$$A = \pi x \left(\frac{DE^2}{4} \right)$$

Donde:

A: Área de la superficie activa expuesta en m²

DE: Diámetro equivalente en m

La altura máxima, perímetro y área de las pilas de almacenamiento de bagazo y ceniza de la Planta Pomalca se presentan en la Tabla 5.17.

**Tabla 5.17.** Altura, perímetro y área de las pilas de almacenamiento de bagazo y ceniza de la Planta Pomalca

Pila de almacenamiento	Altura máxima	Perímetro (m)	Área (m ²)
Patio de bagazo zona 1	8.3	385	6614
Patio de bagazo zona 2	5.4	168	1438
Patio de ceniza	5.6	362	7145

Fuente: Detalle de patio de bagazo y ceniza, área y altura de la Carta N°392-2023-GG-PO

- **Tránsito por caminos de acceso no pavimentados**

La estimación de las emisiones generadas por el desplazamiento de vehículos por accesos sin pavimento se realizó en base a lo descrito en el Capítulo 13: Miscellaneous Sources, Sección 13.2.2: Unpaved Roads, del documento AP 42 de la US EPA (2006), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$FE = k x \left(\frac{s}{12}\right)^a x \left(\frac{W}{3}\right)^b x \left(1 - \frac{p}{d}\right)$$

Donde:

FE: Factor de emisión, en gramos emitidos por vehículo por cada kilómetro recorrido;

k: Coeficiente de tamaño de partícula emitida, adimensional; 0.15 para PM_{2.5} y 1.5 para PM₁₀;a: Constante, adimensional; 0.9 para PM_{2.5} y 0.9 para PM₁₀;b: Constante, adimensional; 0.45 para PM_{2.5} y 0.45 para PM₁₀;

s: Contenido de finos del camino, en %;

W: Peso promedio de la flota vehicular que transita por las vías, en toneladas;

p: Número de días con precipitaciones superiores a 0.254 mm;

d: Número de días totales del periodo a considerar (365 si se trata de un año).

Se empleó el valor por defecto de contenido de finos igual a 8.5% (USEPA, 2006). Además, del análisis de los datos meteorológicos modelados, se obtuvo que el menor número de días durante un año con precipitaciones mayores a 0.254 mm para el periodo del 2017 al 2022 fue de 1 día (valor usado de forma conservadora que corresponde al año 2022).

En la planta de la Agroindustrial Pomalca, se identificaron 3 vías principales de tipo afirmada, que son transitadas por vehículos pesados. La flota vehicular de la vía 1 está compuesta principalmente de camiones de carga con capacidad de 50 t, y se extiende desde la puerta principal de entrada del ingenio hacia la zona de recepción de la materia prima (caña de azúcar). En promedio, ingresan alrededor de 63 camiones por día. Durante el año 2022, un total de 21 233 camiones con caña de azúcar ingresaron al ingenio de la empresa Agroindustrial Pomalca¹³. Las vías 2 y 3 son transitadas por 2 cargadores frontales, que operan diariamente en los patios de ceniza y bagazo, realizando labores de acarreo.

En el cálculo de las tasas de emisión por combustión durante el tránsito vehicular por las vías 1, 2 y 3, la Actividad (A) está definida por la cantidad de kilómetros recorridos por toda la flota vehicular (camiones de carga y cargadores frontales) por año (VKT en km/año).

¹³ Valores calculados en base al Cronograma de cantidad diaria de camiones con caña de azúcar que ingresan a la E.A. Pomalca – Año 2022 de la carta N°379-2023-GG-PO del 13 de abril de 2023



- **Combustión de vehículos pesados**

Para la estimación de emisiones generadas por la combustión interna de vehículos, se utilizó la Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana. Capítulo 5: Combustión de vehículos, del SEREMI Chile. Los factores de emisión recomendados en esta guía son del método "Tier 2" de la sección 3.3. del EMEP/EEA (2019c). Estos factores dependen de la categoría vehicular, tipo de vehículo, cilindrada y peso. En el Tabla 5.18 se presentan los factores de emisión para la categoría de Vehículos pesados, que fueron extraídos de la Guía mencionada. En este estudio, al no disponer de información confiable sobre la tecnología de los camiones de carga, se emplearon, de forma conservadora, los factores de emisión para la tecnología convencional.

Tabla 5.18. Factores de emisión empleados para Combustión de Vehículos pesados

Subcategoría	Tecnología	PM ₁₀ (g/km)	PM _{2.5} (g/km)	NO _x (g/km)	SO ₂ (g/km)	CO (g/km)
Diesel > 32 (t)	Convencional	0.4910	0.4910	12.800	0.0089	2.2500
	HD Euro I - 91/542/EEC I	0.3580	0.3580	9.0400	0.0075	1.9000
	HD Euro II - 91/542/EEC II	0.1940	0.1940	9.3600	0.0075	1.6900
	HD Euro III - 2000	0.1510	0.1510	7.4300	0.0075	1.7900
	HD Euro IV - 2005	0.0268	0.0268	4.6100	0.0075	0.1210
	HD Euro V - 2008	0.0268	0.0268	2.6300	0.0075	0.1210
	HD Euro VI	0.0013	0.0013	0.5070	0.0075	0.1210

Fuente: SEREMI – Chile (2020)

En el cálculo de las tasas de emisión por combustión durante el tránsito vehicular por las vías 1, 2 y 3, la Actividad (A) está definida por la cantidad de kilómetros recorridos por el número total de camiones de carga por año (VKT en km/año)

- **Combustión por maquinaria fuera de ruta**

Para la estimación de emisiones generadas por combustión interna de la maquinaria pesada que opera en las instalaciones de la Planta Pomalca, se empleó la metodología de la Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana. Capítulo 6: Combustión de Maquinaria Fuera de Ruta del SEREMI Chile (2020), la cual está basada en los documentos "Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling" (EPA, 2002), que aporta con la fórmula general de obtención de emisiones y el capítulo 1.A.4 Non Road Mobile Machinery (EMEP/EEA, 2019b), que aporta con factores de emisión. Las emisiones se cuantificaron de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_{i,j} = h * P_i * (1 - FD_i) * FC_i * TAF_i * FE_{Base\ i,j}$$

Donde:

$E_{i,j}$: Emisiones del contaminante j, de la maquinaria i, en g/año

h_i : Horas de utilización de la maquinaria i, en h/año

P_i : Potencia del tipo de maquinaria i en kW

FD_i : Factor de deterioro de la maquinaria i, adimensional

FC_i : Factor de carga de la maquinaria i, adimensional

TAF_i : Factor de ajuste transiente de la maquinaria i, adimensional

$FE_{base\ i,j}$: Factor de emisión del contaminante j, de la maquinaria i, en g/kWh

$$FD = \frac{K}{VU} * FD_{vu}$$



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Donde:

K: Edad de la maquinaria (entre 0 y la vida útil), en años

VU: Vida útil de la maquinaria, en años

FD_{VU}: Factor de deterioro relativo a la vida útil de la maquinaria

La Agroindustrial Pomalca emplea una serie de maquinarias para las operaciones de la planta (tales como tractores, excavadoras, motoniveladoras, retroexcadoras, etc¹⁴); que, según el administrado, son usadas de forma esporádica, y son contratadas a terceros de acuerdo con la exigencia de sus necesidades; por lo que, en este estudio solo se estimaron las emisiones generadas por 2 cargadores frontales, que trabajan de manera continua las 24 horas durante los 365 días del año 2022. Los cargadores frontales son de la marca SDLG y modelo L956F, con una potencia de 162 kW¹⁵. El nivel de emisiones del motor es Tier 2.

- **Quema de caña de azúcar**

La quema de caña de azúcar antes de la cosecha es una práctica común de las empresas agroindustriales productoras de azúcar en el Perú, este método es usado para remover las hojas secas y verdes de la caña, lo cual facilita la cosecha al mantener productividades elevadas del cortador manual y de las cosechadoras mecánicas, entregar limpia la caña para producción de azúcar y eliminar el problema de dejar grandes cantidades de residuos en los campos.

La quema de caña emite material particulado y gases que afectan la calidad del aire en las zonas aledañas al cultivo de caña. Un gran número de personas pueden estar sujetas a los efectos adversos a la salud de la quema en eventos en el cual los vientos dominantes se dirigen hacia las áreas más densamente pobladas, siendo el caso de las áreas urbanas localizadas a las proximidades de los campos de cultivo de caña de azúcar de la empresa Agroindustrial Pomalca.

Es posible estimar las emisiones de material particulado y gases generados por la quema de caña de azúcar a partir de la cantidad de biomasa quemada y los factores de emisión de cada contaminante emitido. La cantidad de biomasa se puede obtener si la carga de combustible, la eficiencia de combustión y el área quemada son conocidos (Longo et al., 2009; IPCC, 2006).

Para el cálculo de las emisiones de material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}) y gases (CO) generadas por la quema de caña de azúcar se empleó la siguiente ecuación general para quema de biomasa (USEPA, 2011; Prato y Huertas, 2019; IPCC, 2006)

$$E_i = FE_i * L * S \quad (10-1)$$

Donde:

E: Tasa de emisión del contaminante i liberado, en g/s

FE: Factor de emisión del contaminante i, en g/kg

¹⁴ Lista de maquinaria que utiliza la Empresa Agroindustrial Pomalca proporcionado por el Administrado en la carta N°379-2023-GG-PO del 13 de abril de 2023.

¹⁵ Información proporcionada por el administrado en el Informe Nro. 001 - 2023 Empresa Agroindustrial Pomalca (17/02/2023) de la carta N°379-2023-GG-PO del 13 de abril de 2023.



L: Cantidad de biomasa quemado por unidad de área cultivada, en kg/m²

S: Tasa de quema, en m²/s

Los parámetros L y S fueron calculados empleando las ecuaciones 10-2 y 10-3, respectivamente:

$$L = FL * FC \quad (10-2)$$

$$S = \frac{A}{t} \quad (10-3)$$

Donde:

FL: Carga de combustible, en kg/m²

FC: Factor de combustión (adimensional)

A: Área de la parcela quemada para la cosecha de caña de azúcar, en m²

t: Duración de la quema en, s

La carga de combustible (fuel load en inglés) es la cantidad de residuos disponibles que son quemados por unidad de superficie cultivada. En los cultivos de caña de azúcar, los residuos incluyen al cogollo y las hojas (verdes y secas) principalmente. La carga de combustible fue estimada en base al rendimiento de la caña de azúcar en t/ha (R)¹⁶ y la fracción de residuos en la biomasa de caña de azúcar en % por tonelada (RB)¹⁷; el cual, de acuerdo a Ripoli y Gamero (2007), varía entre 15% a 30% de la biomasa de caña de azúcar. La carga de combustible resultante fue de 32.41 t/ha. Los valores de estos parámetros se presentan en la Tabla 5.19. Para calcular la carga de combustible se empleó la ecuación 10-4, que fue modificada del estudio de Rangel et al (2018)

$$FL = RB * R \quad (10-4)$$

Tabla 5.19. Valores del rendimiento y fracción de residuos empleados en este estudio

Rendimiento	Fracción de residuos en la biomasa de caña de azúcar
t / ha	% / t
147.33	22

El factor de combustión (FC) es la fracción del residuo disponible (parte de la biomasa considerado como combustible) que será realmente consumido en la quema, la cual varía en función del tamaño y disposición de la carga de combustible, el contenido de humedad del combustible (a mayor contenido de humedad de la biomasa, el factor de combustión disminuye) y el tipo de quema (es decir, la intensidad y la tasa de propagación, que se ven notablemente afectados por la variabilidad climática) (IPCC, 2006). Los valores de la FC resultan ser menores a 1; por lo que, a medida que la FC disminuye, la tasa de emisión también disminuye. Para evaluar el escenario base (peor de los casos), el valor de la FC, de forma conservadora, fue considerado igual a 1, en el cual la formación de contaminantes se espera que sea la máxima.

El factor de emisión representa la cantidad de un contaminante emitido por la cantidad de combustible consumido (g/kg), siendo valores específicos para el cultivo de caña de azúcar.

¹⁶ Es el promedio de los rendimientos obtenidos por el administrado en los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2023, información que fue proporcionada mediante la Carta N°392-2023-GG-PO.

¹⁷ Información proporcionada por el administrado en la Carta N°392-2023-GG-PO.



Los factores de emisión para PM₁₀ y CO empleados en este estudio fueron extraídos del capítulo 2, sección 2.5. Open Burning del compendio AP-42 (USEPA, 2011), se seleccionaron los valores extremos superiores de cada intervalo (3.5 y 41 g/kg para PM₁₀ y CO, respectivamente), valido para cargas de combustibles relativamente bajas (USEPA, 2011), tal como la carga de combustible de 22% empleada para este estudio. El factor de emisión para PM_{2.5} fue obtenido del estudio de Daniela, F. et al. (2012), este fue determinado a partir de experimentos de quema de biomasa (hojas de caña de azúcar) en laboratorio, las muestras fueron obtenidas de parcelas ubicadas en Sao Paulo, Brasil. En la Tabla 5.20 se presentan los factores de emisión para PM₁₀, PM_{2.5} y CO.

Tabla 5.20. Factores de emisión para PM₁₀, PM_{2.5} y CO emitidos por la quema de caña de azúcar empleados en este estudio

Autor	PM2.5 (g/kg)	PM10 (g/kg)	CO (g/kg)
Daniela, F. et al. (2012), Brasil	2.6	-	
EPA (2011)	-	2.3 – 3.5	30 - 41

De acuerdo con el calendario de quema de caña de azúcar del 2023 proporcionado por el administrado, la Agroindustrial Pomalca ha planificado la cosecha de 4882 ha de caña de azúcar por año mediante el método de quema, las parcelas serán quemadas en un total de 137 eventos programados durante el año 2023. La cantidad mínima de cosecha será de 1 ha/día y la cantidad máxima será de 152.4 ha/día. En promedio, la Agroindustrial Pomalca S.A.A. quema alrededor de 44 ha/día (Tabla 5.21).

Tabla 5.21. Estadísticos del Área cosechada mediante quema controlada del calendario de quema del 2023 de la Agroindustrial Pomalca

Mes/2023	Área cosechada por día mediante quema controlada			Área Total quemada (ha)
	ha/día			
	Mínimo	Máximo	Promedio	
Enero	2.6	113.1	45.13	451.30
Febrero	22	113.8	63.50	508.00
Marzo	9.8	95.4	47.11	424.00
Abril	8.5	103	45.90	413.10
Mayo	10.7	82.2	31.35	376.20
Junio	9.6	76	44.47	533.60
Julio	8.8	152.4	44.66	580.60
Agosto	2	102.6	35.63	106.90
Setiembre	1	86.8	48.93	293.60
Octubre	2.7	95.1	42.42	381.80
Noviembre	3.3	103.7	33.32	399.80
Diciembre	17.5	72.4	51.66	413.30
Valor Anual (2023)	1	152.4	44.51	4882.20

Según la información registrada por la STEC en la ejecución en campo, la duración de la quema es entre 12 min a 40 min para superficies entre 1 ha a 2 ha, esta variabilidad es el resultado de la longitud y del número de líneas utilizadas como frentes de llama para el inicio de la quema (Prato y Huertas, 2019). En base a estos datos, se calculó que para una superficie de 44 ha, la quema tendría una duración aproximada de 300 min y para una superficie de 30 ha, la duración de la quema sería igual a 210 min.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

En la Figura 5.5 se detalla la ubicación de las fuentes de emisión utilizadas para el inventario de emisiones de la Planta Pomalca y en la figura 5.6 la ubicación de las parcelas utilizadas como fuentes de emisión representativas para la quema de caña de azúcar.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

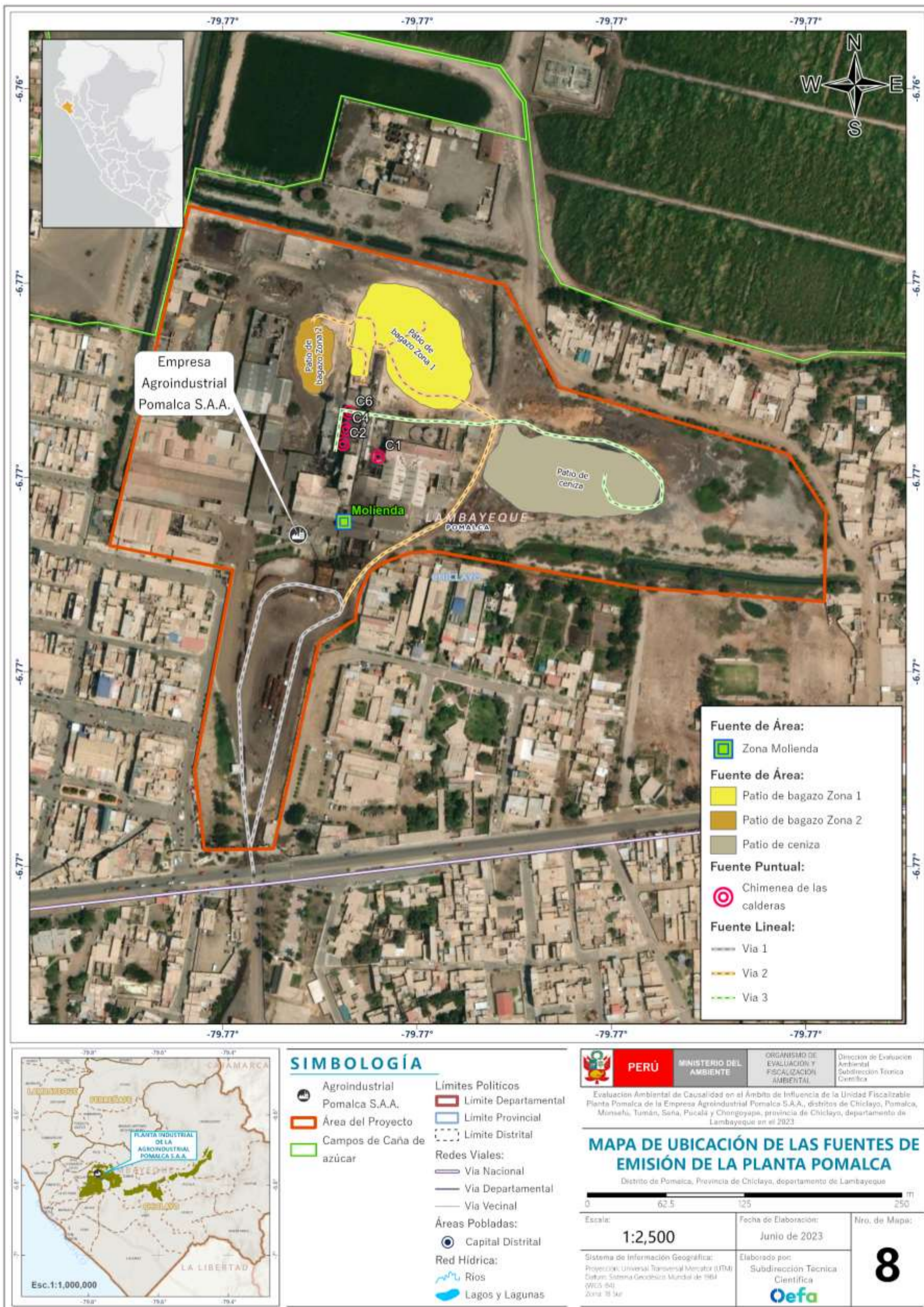


Figura 5.5. Fuentes de emisión identificadas en Planta Pomalca

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

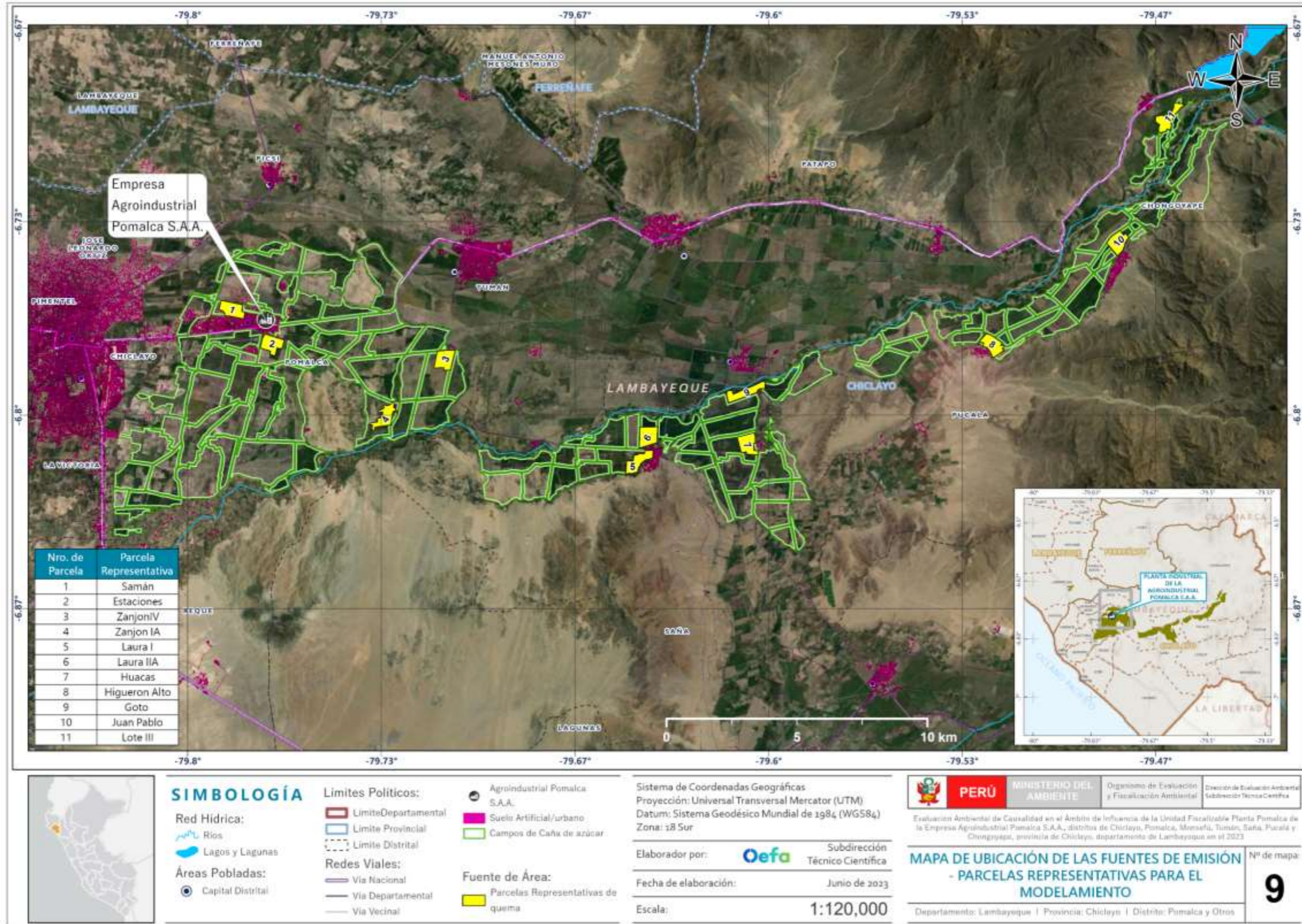


Figura 5.6. Fuentes de emisión: 11 parcelas representativas para la quema de caña de azúcar



5.2.7. Escenarios de Modelamiento

- **Escenarios de modelamiento de la Planta Pomalca**

El escenario de modelamiento de dispersión (denominado escenario base) consideró las actividades de la empresa Agroindustrial Pomalca y las medidas de control de emisiones actuales. Los niveles de actividad de las fuentes se cuantificaron en base a información del 2022.

Por otro lado, para las estimaciones del PM₁₀ y PM_{2.5} se han considerado los escenarios del primer (1er) y el octavo (8vo) valor más alto en 24 horas y el promedio anual en concordancia con los criterios de evaluación establecidos en el ECA Aire vigente, respecto a la permisividad de hasta 7 excedencias en un año. Los escenarios fueron modelados para cada año del periodo meteorológico (2017 al 2022).

- **Escenarios de modelamiento de la quema de caña de azúcar**

La quema de caña de azúcar son eventos de corto plazo (la duración de quema es menor a 24 horas) y puede ocurrir en cualquier época del año y en cualquiera de los campos de cultivo del administrado; en ese sentido, los escenarios de modelamiento planteados fueron las máximas concentraciones diarias de material particulado PM₁₀. Las concentraciones de PM₁₀ estimadas por el modelo fueron comparadas con los ECA-aire respectivos para exposición a corto plazo; en este caso, 100 µg/m³ y 50 µg/m³ para 24 h de exposición humana a PM₁₀ y PM_{2.5} respectivamente.

La quema de caña de azúcar es considerada una fuente de área. Para los escenarios de emisión, estas fuentes consistieron en parcelas representativas (muestras del universo de parcelas de propiedad de la Agroindustrial Pomalca), localizados dentro de los campos de cultivos de caña de azúcar de la Agroindustrial Pomalca y distribuidos en las proximidades de los centros poblados de interés (receptores discretos). En total, se identificaron 11 parcelas representativas, con áreas que varían entre 43 ha y 45 ha (valores aproximados al área de quema promedio diario de 44 ha). Estas parcelas colindan con 10 centros poblados de interés, y pueden observarse en el Gráfico 5.9. Se modelaron plumas de emisión para cada una de estas parcelas, lo que corresponde a un escenario de emisión para cada contaminante (PM₁₀) y año del periodo meteorológico (2017 al 2022). Las áreas de cada parcela de prueba y el centro poblado de interés correspondiente se presentan en la Tabla 5.22.

Tabla 5.22. Áreas y centros poblados de interés de las parcelas representativas

Nro de parcela	Campo	División	Área (ha)	Centro poblado de Interés
1	Samán	Pomalca 2	44.50	Pomalca
2	Estaciones	Pomalca 1	44.11	San Antonio
3	Zanjón IV	Pomalca 1	44.08	Casa Madera
4	Zanjón IA	Pomalca 1	43.08	El Triunfo
5	Laura I	Saltur - Sipán	44.77	Saltur
6	Laura IIA	Saltur - Sipán	43.94	Saltur
7	Huacas	Saltur - Sipán	43.93	Sipán
8	Higueron Alto	Pampagrande	44.51	Pacherrez
9	Goto	Saltur - Sipán	43.60	Pucalá
10	Juan Pablo	Pampagrande	43.36	Pampagrande
11	Lote III	Pampagrande	44.32	San Juan de Cuculí



5.2.8. Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados.

Para determinar la distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados se delimitó para cada parcela representativa el área de la pluma de dispersión de PM₁₀ con concentraciones mayores a 100 µg/m³ (> 100 µg/m³), luego se trazaron 2 distancias, desde el centroide de la parcela representativa hasta el centroide del centro poblado de interés y desde el centroide de la parcela representativa hacia la distancia máxima que formaría con el borde del área de la pluma de dispersión de PM₁₀ con concentraciones mayores a 100 µg/m³. Finalmente, de las dos distancias obtenidas de las once parcelas representativas se extrajo el mayor valor como distancia mínima requerida.

5.2.9. Receptores Discretos

- **Receptores Discretos del Modelamiento de las emisiones de la Planta Pomalca**

“Los receptores discretos se definen como aquellos lugares donde es importante evaluar el comportamiento de la concentración de contaminantes” (SENAMHI, 2021, p. 20). En esta sección se presenta los receptores discretos conformados por estaciones de monitoreo de calidad del aire y receptores de interés social. Los receptores sociales son aquellos más vulnerables a las emisiones de un proyecto (viviendas y establecimientos cercanos al proyecto que son afectados por la dirección predominante de los vientos), también son consideradas aquellas áreas que albergan un gran número de personas expuestas por ciertos periodos de tiempos a los contaminantes atmosféricos, tales como instituciones educativas (I.E.), establecimientos de salud (E.S.) y parques urbanos. En la Tabla 5.23 se presentan los receptores discretos que fueron identificados en el área de modelamiento de la Planta Pomalca y en la Figura 5.7 se adjunta el mapa de ubicación de estos receptores.

Tabla 5.23. Receptores discretos del área de modelamiento de la Planta Pomalca

Nro.	Nombre del Receptor Discreto	Tipo Receptor	Coordenadas Geográficas		Altitud (m.s.n.m)	Distancia mínima a la fuente de emisión (m)
			Latitud	Longitud		
1	CA-AP-01	Estación de Monitoreo de Calidad del Aire	-79.7704	-6.7660	46	315.75
2	CA-AP-02	Estación de Monitoreo de Calidad del Aire	-79.7738	-6.7678	48	111.35
3	CA-AP-06	Estación de Monitoreo de Calidad del Aire	-79.7756	-6.7659	45	308.02
4	Intersección Calle 24 de junio con calle Juan Manuel Iturregui	Área Residencial	-79.7750	-6.7687	45	274.11
5	PE-6A	Área Residencial	-79.7722	-6.7699	47	329.97
6	Intersección Calle Chiclayo y Santos Chocano	Área Residencial	-79.7768	-6.7692	46	472.90
7	Intersección Calle Chiclayo y Ramón Castilla	Área Residencial	-79.7761	-6.7671	45	335.07
8	Urbanización Sol de Pomalca	Área Residencial	-79.7694	-6.7700	45	520.61
9	LA-765	Área Residencial	-79.7687	-6.7668	45	478.79

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Nro.	Nombre del Receptor Discreto	Tipo Receptor	Coordenadas Geográficas		Altitud (m.s.n.m)	Distancia mínima a la fuente de emisión (m)
			Latitud	Longitud		
10	Casa Huerta	Parque	-79.7720	-6.7682	47	173.48
11	Parque Infantil	Parque	-79.7745	-6.7670	48	154.62
12	Túpac Amaru	Parque	-79.7774	-6.7675	45	481.87
13	Las Delicias	Parque	-79.7793	-6.7664	40	690.50
14	San Juan	Parque	-79.7787	-6.7699	45	698.71
15	Los Jazmines	Parque	-79.7814	-6.7679	40	929.55
16	Ex Vivero	Parque	-79.7829	-6.7678	42	1092.35
17	La Unión	Parque	-79.7895	-6.7674	38	1811.02
18	Los Simpsons	Parque	-79.7804	-6.7695	45	852.01
19	San Vicente de Paul	I.E.	-79.7686	-6.7704	43	618.07
20	Pomalca	I.E.	-79.7829	-6.7702	42	1136.05
21	La Unión	I.E.	-79.7893	-6.7702	40	1821.89
22	El Chorro	I.E.	-79.7657	-6.7649	60	852.54
23	San Antonio	I.E.	-79.7762	-6.7785	44	1309.62
24	Pomalca	I.E.	-79.7855	-6.7691	42	1391.82
25	Pomalca	I.E.	-79.7716	-6.7676	49	172.65
26	Pomalca	I.E.	-79.7753	-6.7702	44	420.00
27	Pomalca	I.E.	-79.7789	-6.7687	43	670.43
28	Pomalca	I.E.	-79.7773	-6.7672	47	471.91
29	Pomalca	I.E.	-79.7758	-6.7675	45	306.74
30	Pomalca	I.E.	-79.7737	-6.7697	45	297.57
31	Pomalca	I.E.	-79.7727	-6.7708	44	409.18
32	Pomalca	I.E.	-79.7804	-6.7682	44	815.88
33	Pomalca	I.E.	-79.7781	-6.7684	45	575.89
34	Pomalca	I.E.	-79.7742	-6.7678	48	146.03
35	Invernillo	I.E.	-79.7802	-6.7598	41	1122.16
36	Las Palmeras	I.E.	-79.7749	-6.7813	43	1591.19
37	Pomalca	I.E.	-79.7786	-6.7762	45	1175.66
38	Pomalca	I.E.	-79.7701	-6.7692	44	400.68
39	Ramon Castilla	I.E.	-79.7801	-6.7655	43	797.00
40	San Juan	I.E.	-79.7777	-6.7685	44	537.47
41	La Unión	I.E.	-79.7880	-6.7685	38	1658.35
42	20 de Enero	I.E.	-79.7841	-6.7667	43	1224.26
43	Pomalca	I.E.	-79.7869	-6.7684	40	1540.19
44	Pomalca	I.E.	-79.7811	-6.7677	41	885.74
45	Pomalca	I.E.	-79.7773	-6.7653	43	505.94
46	Pomalca	I.E.	-79.7814	-6.7694	41	955.33
47	Pomalca	I.E.	-79.7748	-6.7667	46	197.89
48	San Isidro	I.E.	-79.7691	-6.7711	46	629.63
49	El Chorro	I.E.	-79.7662	-6.7635	51	854.42

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Nro.	Nombre del Receptor Discreto	Tipo Receptor	Coordenadas Geográficas		Altitud (m.s.n.m)	Distancia mínima a la fuente de emisión (m)
			Latitud	Longitud		
50	Las Palmeras	I.E.	-79.7760	-6.7815	45	1625.92
51	La Unión - los Pocitos	I.E.	-79.7893	-6.7667	41	1799.09
52	Pomalca	I.E.	-79.7762	-6.7700	45	472.52
53	Pomalca	E.S.	-79.7749	-6.7697	44	359.86
54	San Antonio (Pomalca)	E.S.	-79.7770	-6.7780	42	1280.31

- **Receptores Discretos del Modelamiento de quema de caña de azúcar**

Los receptores discretos que se consideraron en el modelamiento de quema de caña de azúcar están conformados por los 7 centros poblados identificados en la Resolución Directoral N° 00008-2023-OEFA/DSAP y otros 3 centros poblados de interés identificados de forma adicional, los cuales se encuentran rodeados por los campos de cultivo de caña de azúcar de propiedad de la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A (Tabla 5.24 y Gráfico 5.9), siendo Pomalca uno de los distritos más poblados con un número de habitantes igual a 19 812 (INEI, 2017).

Tabla 5.24. Receptores de interés del área de modelamiento de quema de caña de azúcar

Nro	Centro Poblado (Receptor)	Parcelas que rodean el Centro Poblado (Fuente)	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas Geográficas del Centro Poblado		Distancia mínima de la Parcela a la primera vivienda (m)
						Latitud	Longitud	
1	Pomalca	Samán	Pomalca	Chiclayo	Lambayeque	-79.7823	-6.7684	15.42
2	San Antonio	Estaciones	Pomalca	Chiclayo	Lambayeque	-79.7780	-6.7773	15.41
3	Casa de Madera	Zanjón IV	Pomalca	Chiclayo	Lambayeque	-79.7087	-6.7764	18.06
4	El Triunfo	Zanjón IA	Tumán	Chiclayo	Lambayeque	-79.7281	-6.7964	60.21
5	Saltur	Laura I	Saña	Chiclayo	Lambayeque	-79.6387	-6.8152	10.15
		Laura IIA						32.57
6	Pucalá	Goto	Pucalá	Chiclayo	Lambayeque	-79.6090	-6.7846	284.46
7	Sipán	Huacas	Saña	Chiclayo	Lambayeque	-79.6029	-6.8107	33.7
8	Pacherrez	Higuerón Alto	Pucalá	Chiclayo	Lambayeque	-79.5271	-6.7782	15.31
9	Pampa Grande	Juan Pablo	Chongoyape	Chiclayo	Lambayeque	-79.4784	-6.7471	31.36
10	San Juan de Cuculí	Lote III	Chongoyape	Chiclayo	Lambayeque	-79.4698	-6.6926	350.34

5.2.10. Criterios de evaluación

Para evaluar los resultados del modelamiento en el área de estudio se empleó los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (ECA-aire) vigentes y aprobados por el Estado peruano mediante el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Los ECA-aire fijan la medida que establece el nivel de concentración o del grado de sustancias presentes en el aire, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Para cada sustancia regulada, se han establecido diferentes tiempos y límites de exposición, así como diferentes concentraciones en el aire. Los tiempos límites de exposición pueden ser de:



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

- Corto plazo (1 hora hasta 8 horas), sirven para proteger la salud de la población de efectos agudos de corto plazo (sus efectos son reversibles); y.
- Largo plazo (24 horas, 1 mes, 1 año), los cuales protegen la salud de la población de efectos crónicos de largo plazo (sus efectos suelen ser irreversibles en la salud y constituyen el mayor riesgo en la población, principalmente para las personas vulnerables).

Los contaminantes que serán objeto de la evaluación son PM₁₀ y PM_{2.5}. Dado que los ECA tienen períodos de corto y mediano plazo, se utilizarán los ECA de 24 horas y promedio anual para PM₁₀ y PM_{2.5}.

Tabla 5.25. Parámetros establecidos en el ECA-aire: D.S. N° 003-2017-MINAM

Parámetros	Período	Forma del Estándar		Método de Análisis
		Valor	Criterio de Evaluación	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras Partículas (PM ₁₀)	24 horas	100 µg/m ³	NE más de 7 veces al año	Separación Inercial/Filtración Gravimetría
	Anual	50 µg/m ³	Media Aritmética	
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM _{2.5})	24 horas	50 µg/m ³	NE más de 7 veces al año	Separación Inercial/Filtración Gravimetría
	Anual	25 µg/m ³	Media Aritmética	

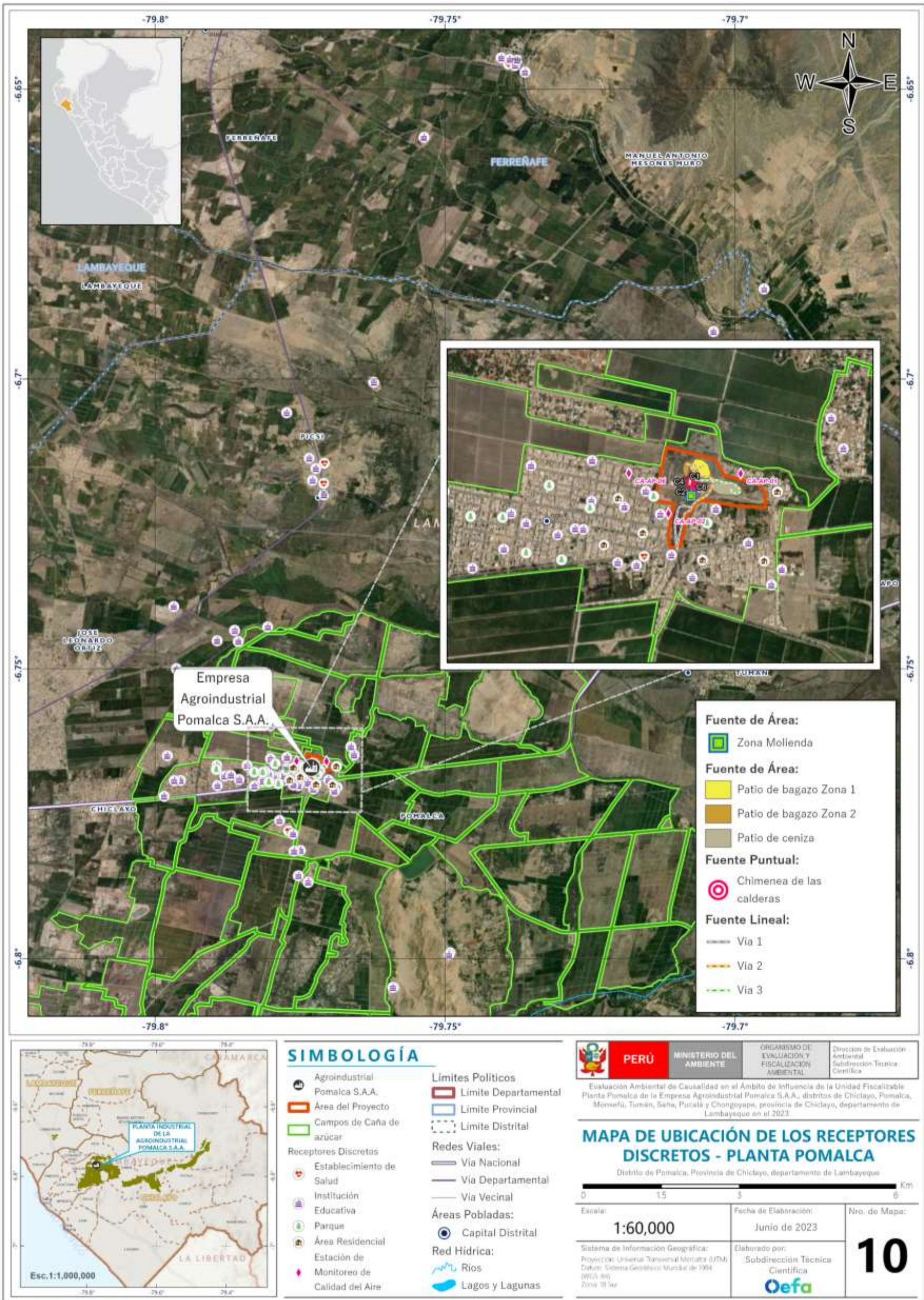


Figura 5.7. Receptores discretos para el modelamiento de la Panta Pomalca



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

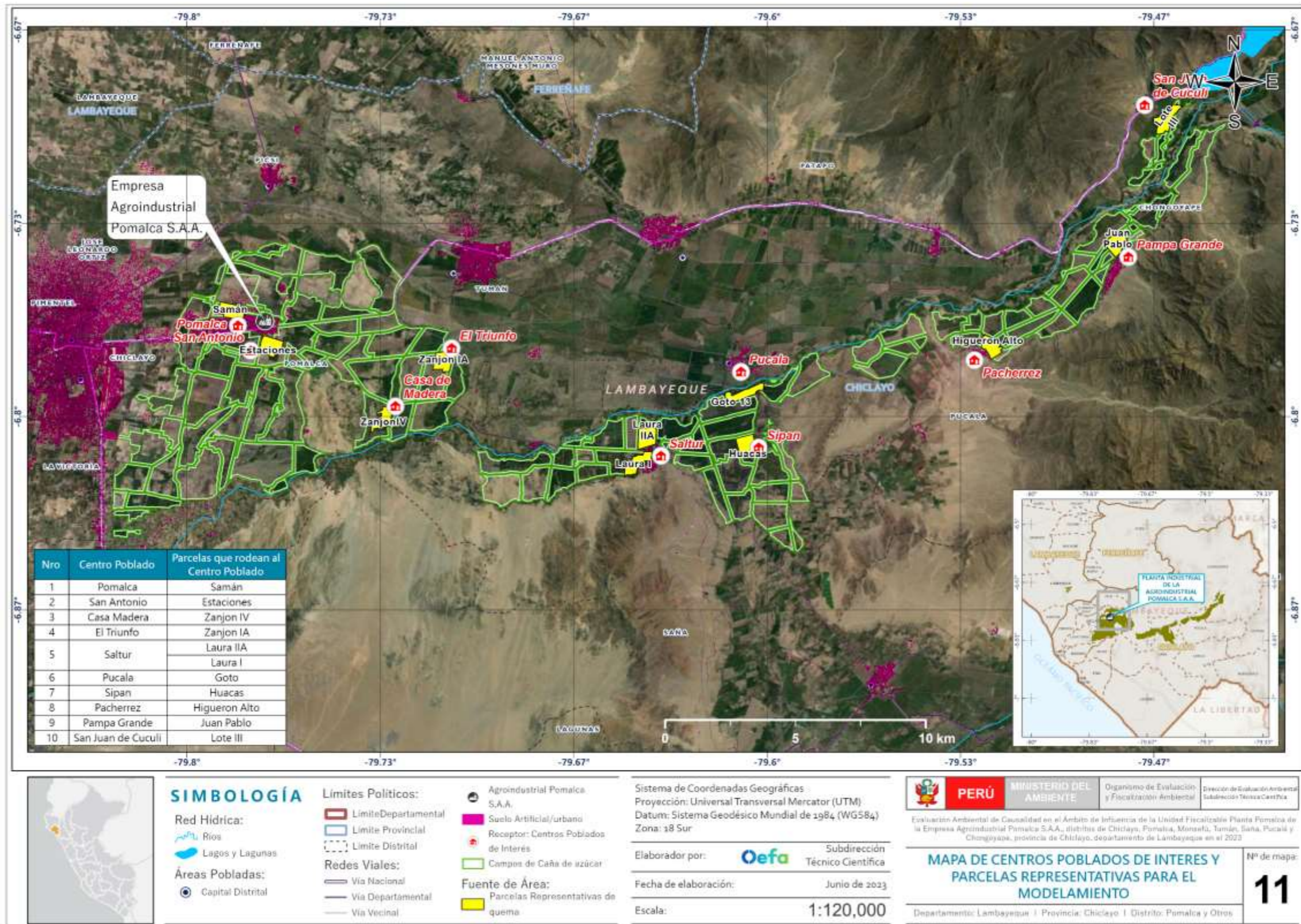


Figura 5.8. Centros poblados de interés y parcelas representativas para el modelamiento de la quema de caña de azúcar



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

6. RESULTADOS

6.1. Objetivo específico 1: Evaluar la calidad de aire mediante los registros del monitoreo de material particulado, gases y polvo sedimentable

De acuerdo a lo establecido en el literal C.3. del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire aprobado mediante Decreto Supremo N°010-2019-MINAM, los parámetros de monitoreo priorizados fueron aquellos asociados a las fuentes de emisión de la Planta Pomalca de la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A (vinculados a las actividades de manejo y almacenamiento de cenizas y bagazo, combustión en calderas de bagazo, de vehículos y maquinaria; así como, transporte por caminos no pavimentados) y las generadas en la quema de caña de azúcar; por lo tanto, los parámetros monitoreados fueron el material particulado menor a 10 micras (PM_{10}) y menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$), polvo sedimentable, carbono negro en $PM_{2.5}$, dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO_2).

6.1.1. Material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y Carbono negro

Se instalaron dos estaciones automáticas de calidad de aire en el ámbito de influencia de las actividades de la Planta industrial de la empresa Agroindustrial Pomalca, las estaciones fueron llamadas CA-AP-01 y CA-AP-02, aunque esta última fue removida a otra ubicación el día 28 de marzo recibiendo la nueva denominación CA-AP-06. En ambas estaciones se midieron los parámetros de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ y carbono negro en $PM_{2.5}$, para este último también se obtuvo el porcentaje de carbono negro generado por la quema de biomasa.

En la Figura 6.1 se observa que el comportamiento temporal del PM_{10} y $PM_{2.5}$ en las 2 estaciones de monitoreo fue muy variable durante los días de monitoreo, presentando los valores más alto durante los periodos del 04 al 06 de marzo, del 15 al 27 de marzo y del 08 al 15 de abril, y los valores más bajos durante los periodos del 07 al 14 de marzo y del 28 de marzo al 07 de abril.

Las concentraciones de PM_{10} en la estación de monitoreo CA-AP-01 excedieron el valor del ECA para PM_{10} ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas) en 1 día de los 44 días de monitoreo, por lo que se infiere que en 1 año podría superar hasta en 8 veces el valor del ECA, incumplándose el ECA para aire de este contaminante, teniendo en cuenta el criterio de evaluación del ECA (no exceder más de 7 veces al año). En la estación CA-AP-02 no se excedió el valor del ECA para PM_{10} en ninguno de los 44 días de monitoreo. Asimismo, las concentraciones de $PM_{2.5}$ en las estaciones de monitoreo CA-AP-01 y CA-AP-02 no excedieron el valor del ECA para $PM_{2.5}$ ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas) en ningún día de monitoreo.

Las concentraciones de carbono negro en $PM_{2.5}$ también fueron muy variables durante los días de monitoreo, presentando los valores más altos durante los periodos del 04 al 06 de marzo y del 17 al 27 de marzo, asimismo, se observa que durante los primeros días monitoreo en la estación CA-AP-02 a diferencia de la estación CA-AP-01 hubo una mayor generación de carbono negro debido a la quema de biomasa.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Por otro lado, del comportamiento horario del material particulado en las estaciones CA-AP-01 y CA-AP-02 las mayores concentraciones horarias de PM_{10} ($364 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $264 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente) se dieron entre las 8:00 y 16:00 horas (Figura 6.2). Sin embargo, las mayores concentraciones de carbono negro se dieron entre las 4:00 y 07:00 de la mañana.

Asimismo, se instalaron tres estaciones másicas de calidad de aire en el ámbito de influencia de las quemadas de caña de azúcar, las estaciones fueron denominadas CA-AP-03, CA-AP-04 y CA-AP-05. En estas 3 estaciones se midieron los parámetros de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, sin embargo, en las tres estaciones en ningún día se superó los valores del ECA para PM_{10} ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas) y para $PM_{2.5}$ ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas) (Figura 6.3).

6.1.2. Polvo sedimentable

Las concentraciones de polvo sedimentable en todos los puntos de monitoreo excedieron referencialmente el límite máximo de la OMS de $0.5 \text{ mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$ (Figura 6.6). Asimismo, estas concentraciones superaron los umbrales de otras normas internacionales referenciales de la calidad atmosférica para el polvo sedimentable, tales como los límites máximos de Australia ($0.4 \text{ mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$), Chile ($0.6 \text{ mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$) y Argentina ($1 \text{ mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$). En el Figura 6.6, se observa que las concentraciones de polvo sedimentable más altas se producen en los puntos de monitoreo colindantes a las vías internas de tránsito de camiones con carga de caña de azúcar y a las chimeneas de la Planta Pomalca (PS-AP-05, PS-AP-08, PA-AP-08).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

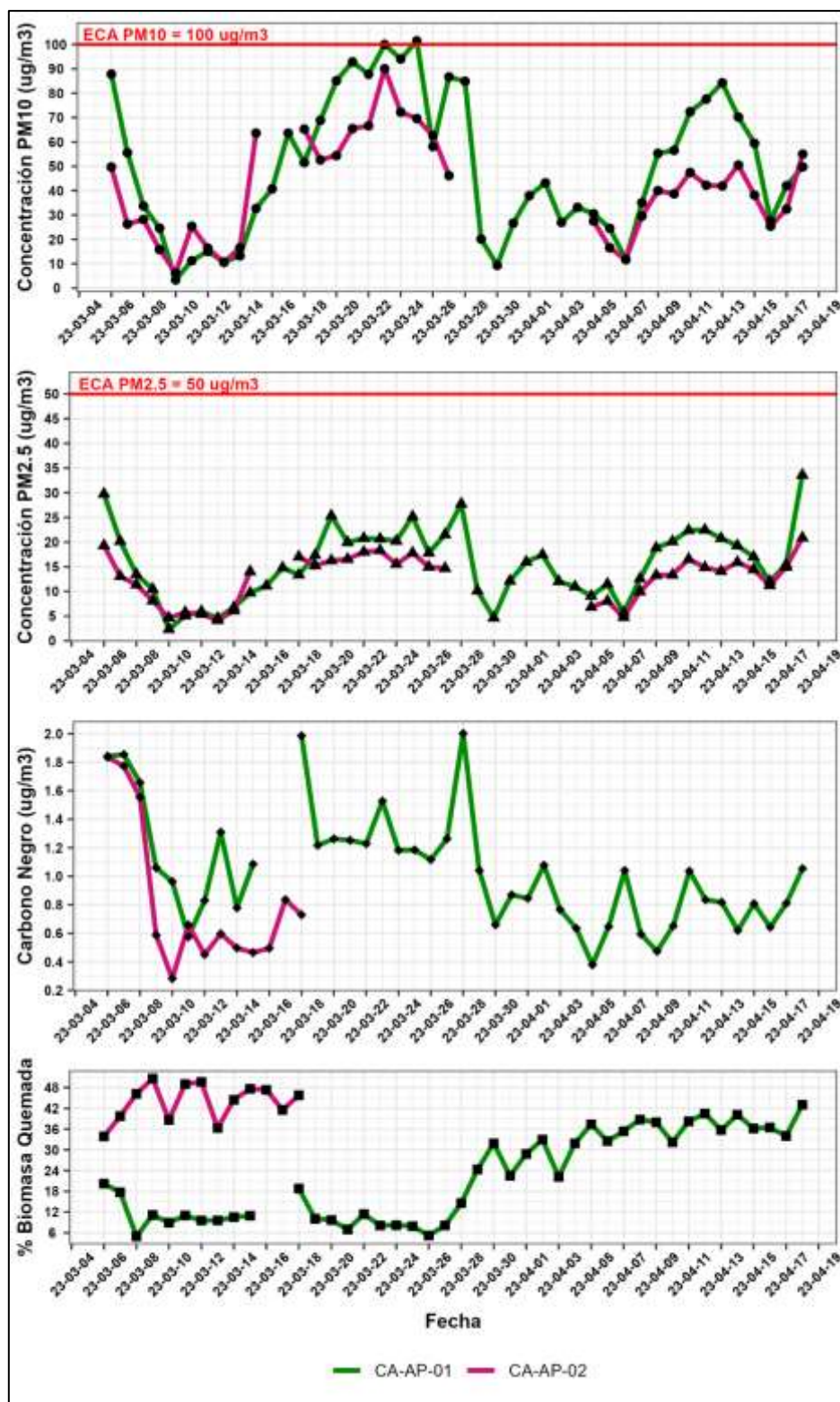


Figura 6.1. Variación diaria de las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5} y carbono negro en PM_{2.5} y variación diaria del porcentaje de carbono negro generado por la quema de biomasa en el ámbito de influencia de la Planta Pomalca de la Agroindustrial Pomalca



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

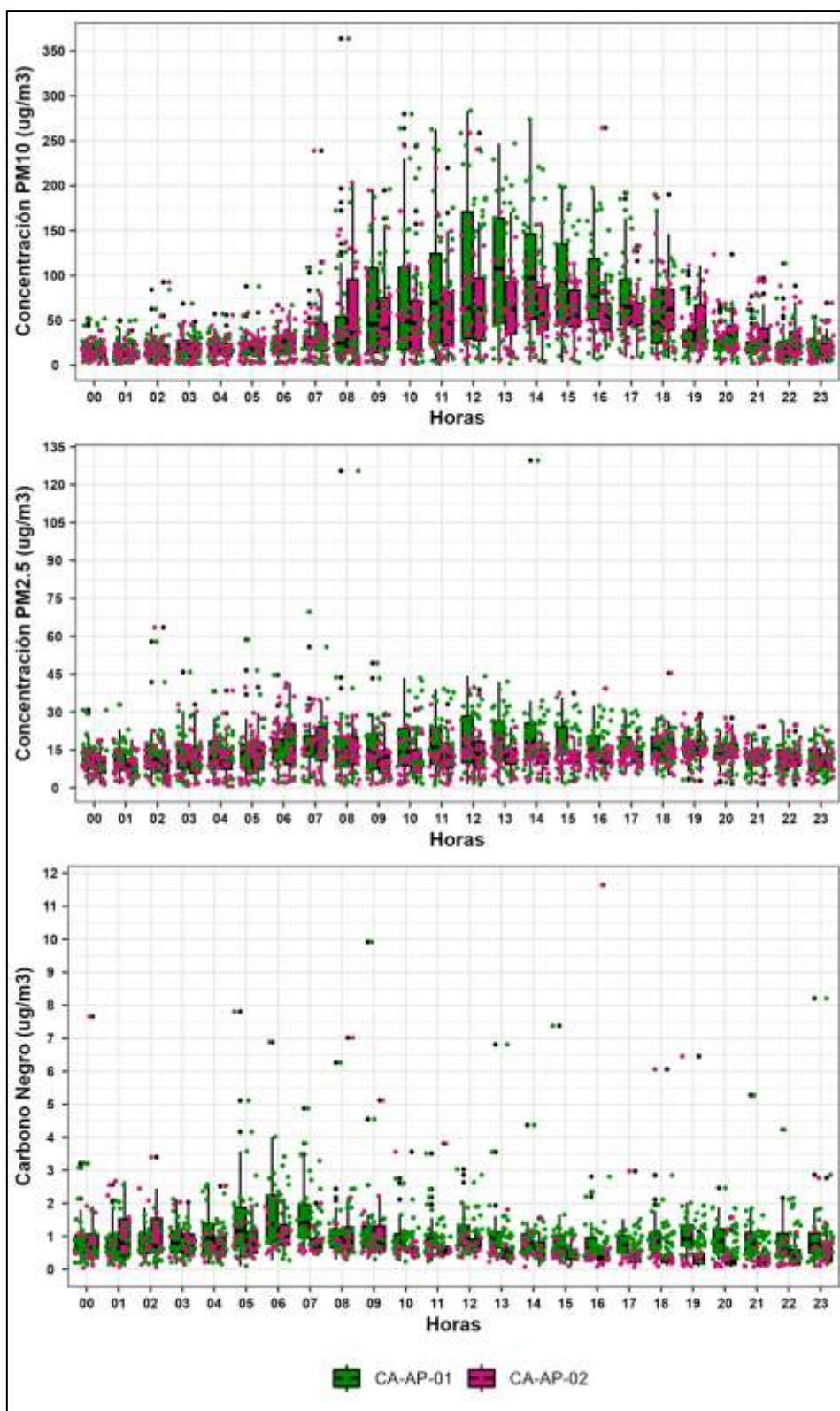


Figura 6.2. Variación horaria de las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5} y carbono negro en PM_{2.5} en el ámbito de influencia de la Planta Pomalca de la Agroindustrial Pomalca

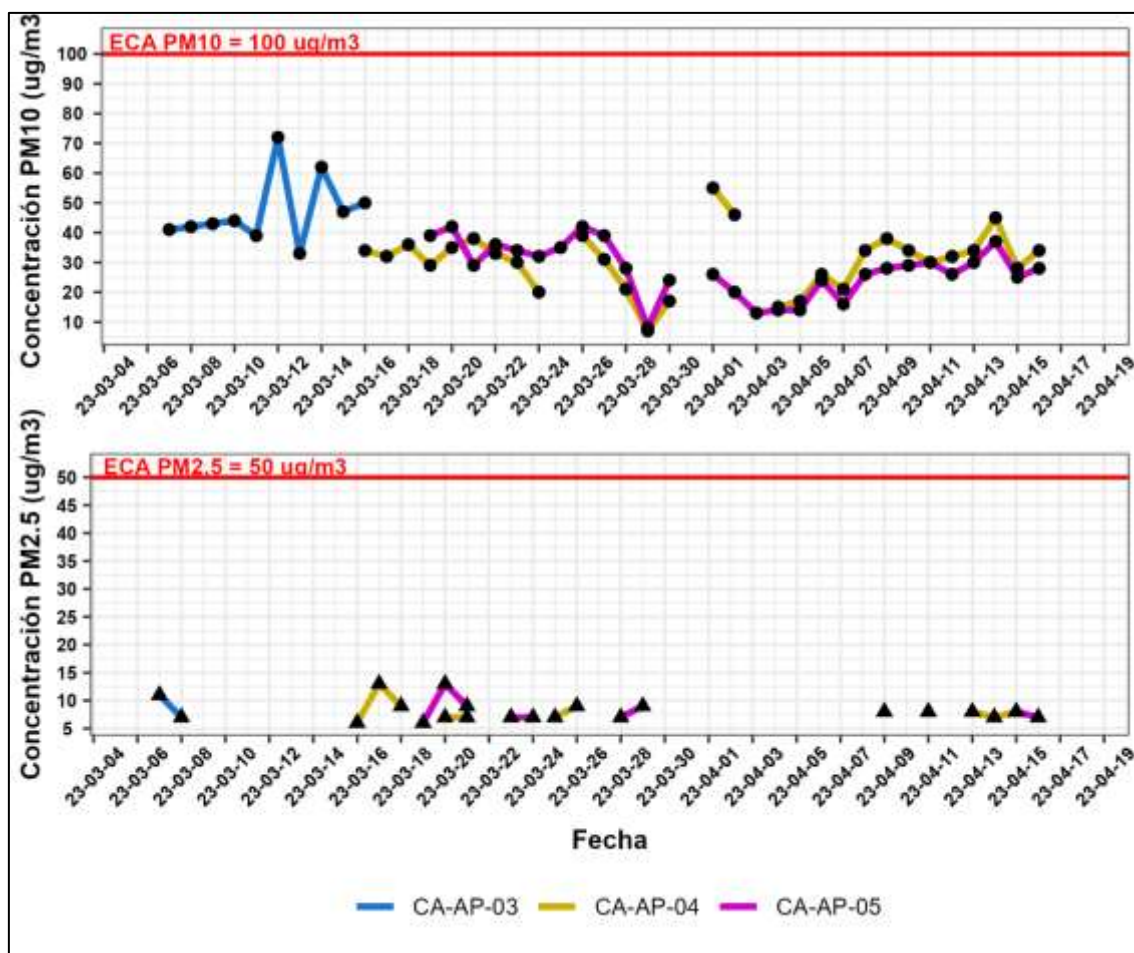


Figura 6.3. Variación diaria de las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} en el ámbito de influencia de las quemas de caña de azúcar

6.1.3. Gases (SO₂, CO y NO₂)

Se han instalado analizadores automáticos de calidad del aire en las estaciones CA-AP-01 (SO₂) y CA-AP-03 (SO₂, CO y NO₂) con el fin de medir los niveles de gases presentes en la atmósfera. En ambas estaciones, se han observado concentraciones bajas de los gases SO₂, CO y NO₂ en comparación con los estándares establecidos por el ECA aire para estos contaminantes (Figura 6.4 y Figura 6.5).



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

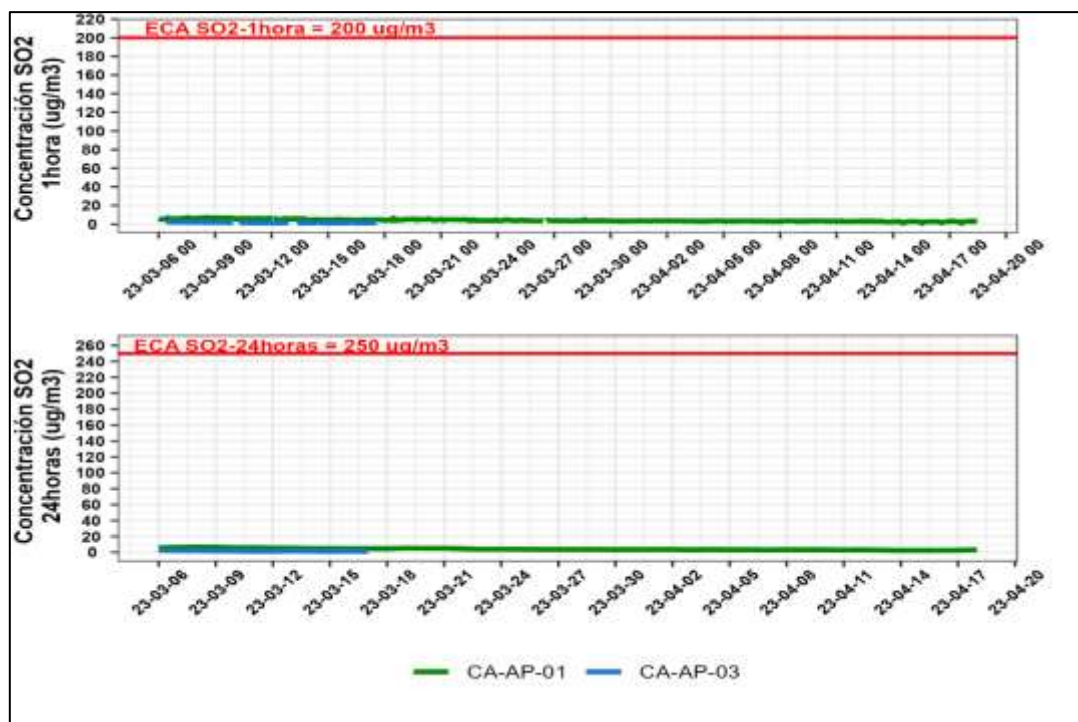


Figura 6.4. Variación diaria y horaria de las concentraciones de dióxido de azufre (SO2)

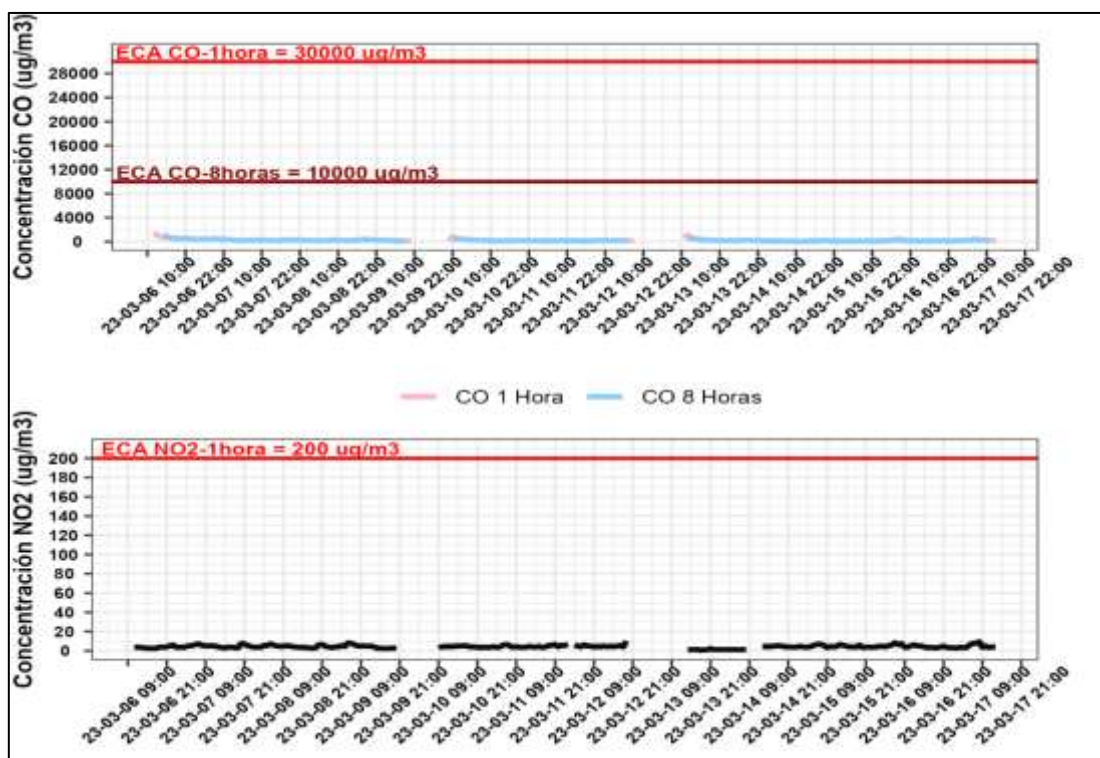


Figura 6.5. Variación horaria y media móvil (8 horas) de las concentraciones de monóxido de carbono (CO). Estación CA-AP-03

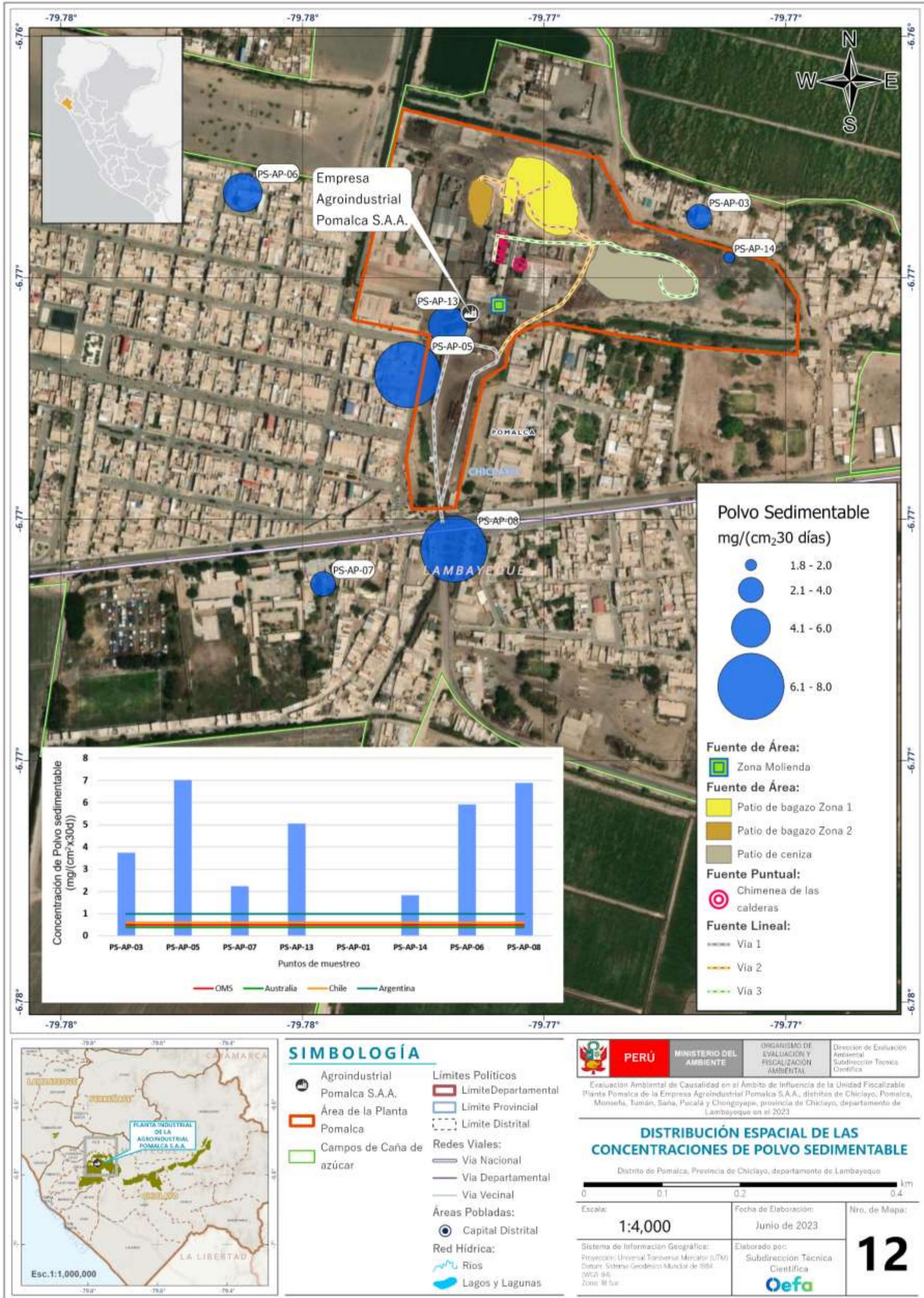


Figura 6.6. Variación temporal y espacial de las concentraciones de polvo sedimentable en los puntos de monitoreo



6.1.4. Niveles de Fondo

El criterio estipulado para determinar las concentraciones de fondo, de acuerdo con el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, se basó en que la estación de monitoreo de calidad del aire de concentraciones de fondo se debe ubicar en un área geográfica localizada a barlovento de las actividades antropogénicas o del fenómeno natural que se pretende evaluar.

Por lo que, tras el análisis, los puntos de monitoreo CA-AP-04 y CA-AP-05 fueron seleccionados como estaciones de fondo, debido a los siguientes criterios:

- Por ser las estaciones más alejadas de los principales componentes generadores de emisiones, por lo tanto, son las que menos influenciadas por las emisiones generadas por las operaciones de la Planta Pomalca.
- Los días elegidos para calcular el nivel de fondo promedio son aquellos en los que no se realizaron quemas controladas de caña de azúcar próximas a estas estaciones.

Para efectos del análisis, los niveles de fondo de PM₁₀ y PM_{2.5} para promedio de 24 horas fueron los valores de 28.56 µg/m³ y 8.19 µg/m³, respectivamente. Por la poca cantidad de registros de monitoreo no se calcularon los niveles de fondo del promedio anual para PM₁₀ y PM_{2.5}.

6.2. Estimar la dispersión espacial y las concentraciones de los contaminantes atmosféricos (PM₁₀ y PM_{2.5}) producto de las emisiones provenientes de la planta de operaciones Pomalca y de la quema de caña de azúcar. Además, determinar la distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados.

6.2.1. Emisiones de la Agroindustrial Pomalca S.A.A.

- **Emisiones de la Planta Pomalca.**

En base a los factores de emisión descritos en la metodología y los niveles de actividad, se estimaron las tasas de emisión para PM₁₀ y PM_{2.5} en el escenario base, estas son presentadas en la Tabla 6.1.

En los Figuras 6.7 y 6.8, se observa que de todas las fuentes de emisión identificadas en la planta industrial de la empresa Agroindustrial Pomalca, el mayor aportante de PM₁₀ y PM_{2.5} son las calderas de bagazo, seguido del manejo de cenizas y tránsito por caminos no pavimentados.

Tabla 6.1. Tasas de emisión de PM₁₀ y PM_{2.5} generados por las fuentes de emisión de la planta industrial de la empresa Agroindustrial Pomalca

Fuente de Emisión	Código de Modelado	Escenario Base			
		PM ₁₀		PM _{2.5}	
		Tasa de Emisión E(g/s)	Emisiones totales t/año	Tasa de Emisión E(g/s)	Emisiones totales t/año
Calderas de bagazo	Caldera 1	1.24	39.16	0.708	22.320
	Caldera 2	1.24	39.16	0.708	22.320
	Caldera 4	1.24	39.16	0.708	22.320



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

Fuente de Emisión	Código de Modelado	Escenario Base			
		PM ₁₀		PM _{2.5}	
		Tasa de Emisión	Emisiones totales	Tasa de Emisión	Emisiones totales
		E(g/s)	t/año	E(g/s)	t/año
	Caldera 6	1.62	50.97	0.921	29.050
Manejo del bagazo de caña de azúcar	Patio de bagazo	8.07E-02	2.546	1.99E-02	0.627
	Zona de molienda	3.16E-02	3.980	4.78E-03	0.603
Manejo de cenizas	Patio de ceniza	0.76	24.099	0.116	3.649
Tránsito por caminos no pavimentados	Vía 1	1.01	31.972	0.101	3.197
	Vía 2	1.39E-02	0.437	1.39E-03	4.37E-02
	Vía 3	1.08E-02	0.339	1.08E-03	3.39E-02
Combustión de Vehículos pesados	Vía 1	6.61E-04	2.09E-02	6.61E-04	2.09E-02
Combustión de maquinaria fuera de ruta	Vía 2	5.72E-03	0.181	5.72E-03	1.81E-01
	Vía 3	5.72E-03	0.181	5.72E-03	1.81E-01
Erosión eólica en pila de almacenamiento de ceniza	Patio de ceniza	3.33E-01	10.509	5.00E-02	1.576
Erosión eólica en pila de almacenamiento de bagazo	Patio de bagazo zona 1	7.12E-02	2.25	1.07E-02	3.37E-01
	Patio de bagazo zona 2	1.55E-02	4.89E-01	2.32E-03	7.33E-02

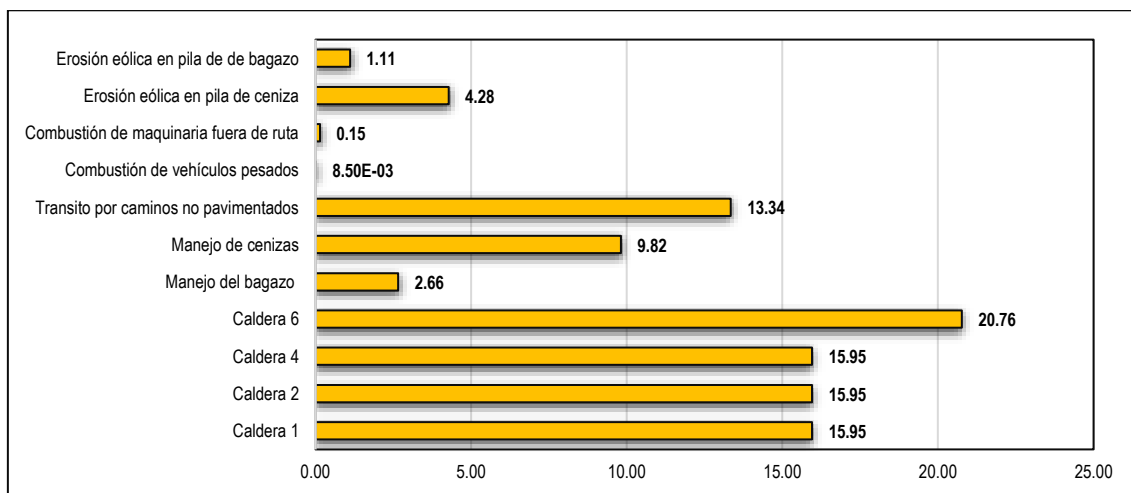


Figura 6.7. Porcentaje (%) de aporte de emisiones de PM₁₀ en cada fuente identificada

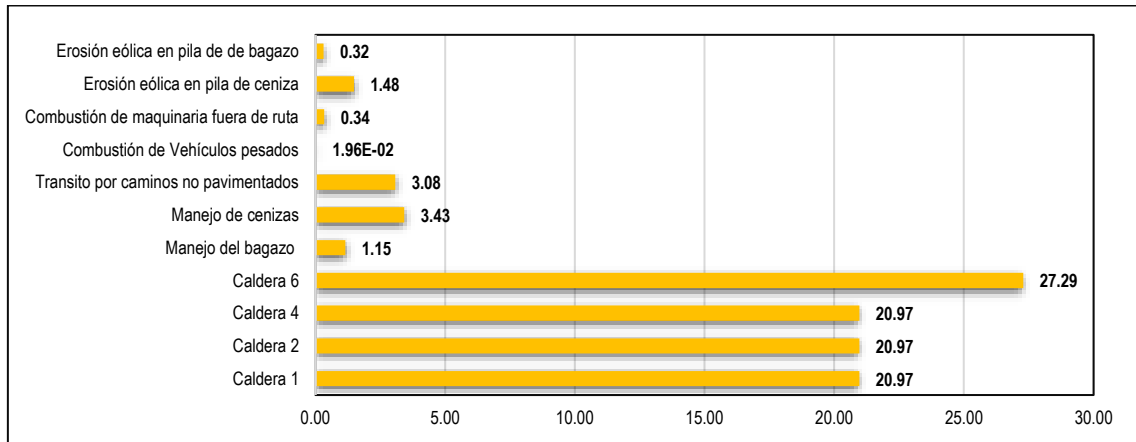


Figura 6.8. Porcentaje (%) de aporte de emisiones de PM_{2.5} en cada fuente identificada

• Emisiones de la quema de caña de azúcar

Las tasas de emisión estimadas de PM₁₀, PM_{2.5} y CO para quema de caña de azúcar en las 11 parcelas representativas se presentan en la Tabla 6.2. Las áreas de las parcelas representativas varían entre 43 a 45 ha, lo cual es un factor que influencia las variaciones de las tasas de emisión entre parcelas. Cabe resaltar, que estas tasas de emisión consideran que la quema de caña de azúcar emite cierta cantidad de un contaminante atmosférico en g por cada m² de área quemada por segundo de quema.

Tabla 6.2. Tasas de emisión de PM₁₀, PM_{2.5} y CO generados por la cosecha de caña de azúcar mediante quema controlada en las parcelas representativas.

Nro. de Parcela	Nombre de Parcela (campo)	Tasas de Emisión (g/m ² .s)			Tasas de Emisión (g/s)		
		PM _{2.5}	PM ₁₀	CO	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO
1	Samán	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	208.34	280.46	3285.34
2	Estaciones	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	206.52	278.00	3256.59
3	Zanjon IV	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	206.37	277.81	3254.30
4	Zanjon IA	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	201.71	271.53	3180.82
5	Laura I	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	209.61	282.17	3305.45
6	Laura IIA	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	205.72	276.93	3244.00
7	Huacas	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	205.68	276.88	3243.47
8	Higueron Alto	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	208.40	280.54	3286.30
9	Goto	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	204.13	274.78	3218.90
10	Juan Pablo	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	203.02	273.30	3201.54
11	Lote III	4.682E-04	6.303E-04	7.383E-03	207.48	279.30	3271.84

6.2.2. Concentraciones en los Receptores Discretos – Planta Pomalca

Los resultados del modelamiento de dispersión de contaminantes representan las concentraciones obtenidas por el modelamiento más las concentraciones de fondo, según los escenarios descritos en el ítem 5.2.7. Las concentraciones finales se calculan mediante la siguiente ecuación:



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

$$CFI = CM + CF$$

Donde:

CFI: Concentración final en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

CM: Concentración modelada en los receptores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

CF: Concentración de fondo en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- **PM₁₀ y PM_{2.5} - Concentraciones Finales (CFI) del promedio de 24 horas del 1er y el 8avo valor máximo en el periodo 2017 al 2022**

En Tablas 6.3, 6.4, 6.5 y 6.6 se presentan las concentraciones finales (CFI) del promedio de 24 horas del 1er valor máximo y el 8avo valor máximo de PM₁₀ y PM_{2.5} en los receptores discretos obtenidas a partir de la suma de las concentraciones de fondo (CF) y las concentraciones modeladas (CM) para cada escenario durante el periodo 2017-2022 (las celdas resaltadas de color rosado en las tablas corresponden a los valores superiores a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM₁₀).

Respecto al 1er valor máximo de PM₁₀, las concentraciones finales estimadas en las 03 estaciones de monitoreo de calidad del aire (EMCA), en 04 receptores de tipo área residencial, 02 parques, 09 instituciones educativas (I.E.) y 01 establecimiento de salud (E.S.) superaron el ECA-aire vigente (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas) en al menos uno de los años meteorológicos de modelamiento (2017 – 2022).

En relación al 8vo valor máximo de PM₁₀, las concentraciones finales estimadas en la estación de calidad del aire CA-AP-01 y CA-AP-02, así como en 01 parque y 02 instituciones educativas sobrepasaron el ECA-aire vigente (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas) en al menos uno de los años meteorológicos de modelamiento (2017 – 2022). Si tomamos en cuenta el criterio de evaluación del ECA - aire (no exceder más de 7 veces al año), habría un incumplimiento del ECA de aire en estos receptores de acuerdo a la normativa nacional de evaluación.

En cuanto a las concentraciones finales estimadas del 1er valor máximo y el 8avo valor máximo de PM_{2.5}, estas estuvieron por debajo del ECA-aire vigente (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas) en todos los receptores discretos identificados.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

Tabla 6.3. PM₁₀ - Concentraciones finales (CF) del promedio de 24 horas del 1er valor máximo. Escenario Base

Año					2017		2018		2019		2020		2021		2022		
ID	Nombre	Tipo de Receptor	Latitud	Longitud	Concentración de Fondo (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)
1	CA-AP-01	EMCA	-79,7704	-6,7660	28,56	80,8	109,4	101,6	130,2	97,9	126,5	98,5	127,1	86,7	115,2	95,5	124,1
2	CA-AP-02	EMCA	-79,7738	-6,7678	28,56	103,2	131,8	125,0	153,5	122,8	151,4	121,6	150,2	111,5	140,1	109,1	137,7
3	CA-AP-06	EMCA	-79,7756	-6,7659	28,56	85,9	114,5	76,9	105,5	78,3	106,9	87,7	116,3	82,7	111,3	87,1	115,6
4	Intersección Calle 24 de junio con calle Juan Manuel Iturregui	Área Residencial	-79,7750	-6,7687	28,56	93,7	122,3	91,0	119,6	89,4	118,0	90,6	119,2	87,0	115,5	79,5	108,1
5	PE-6A	Área Residencial	-79,7722	-6,7699	28,56	73,3	101,8	59,4	88,0	66,4	95,0	71,0	99,6	65,2	93,7	59,4	88,0
6	Intersección Calle Chiclayo y Santos Chocano	Área Residencial	-79,7768	-6,7692	28,56	75,9	104,5	51,1	79,7	50,1	78,7	63,1	91,7	55,5	84,1	52,1	80,7
7	Intersección Calle Chiclayo y Ramón Castilla	Área Residencial	-79,7761	-6,7671	28,56	88,9	117,4	83,6	112,1	78,4	107,0	83,0	111,5	81,7	110,2	86,7	115,3
8	Urbanización Sol de Pomalca	Área Residencial	-79,7694	-6,7700	28,56	44,6	73,2	22,3	50,9	32,6	61,2	26,8	55,3	34,8	63,3	36,9	65,5
9	LA-765	Área Residencial	-79,7687	-6,7668	28,56	38,8	67,4	34,0	62,5	34,3	62,8	39,2	67,8	31,5	60,0	40,4	69,0
10	Casa Huerta	Parque	-79,7720	-6,7682	28,56	74,2	102,8	59,2	87,8	71,2	99,8	71,3	99,8	74,8	103,3	69,6	98,2
11	Parque Infantil	Parque	-79,7745	-6,7670	28,56	113,6	142,1	123,4	152,0	116,6	145,1	120,9	149,5	106,1	134,7	116,5	145,0
12	Túpac Amaru	Parque	-79,7774	-6,7675	28,56	43,3	71,9	41,9	70,5	33,9	62,4	40,6	69,1	36,5	65,1	41,7	70,3
13	Las Delicias	Parque	-79,7793	-6,7664	28,56	25,2	53,8	25,2	53,7	19,2	47,7	23,4	52,0	20,2	48,7	24,3	52,9
14	San Juan	Parque	-79,7787	-6,7699	28,56	44,0	72,6	25,2	53,8	27,3	55,8	32,6	61,1	27,8	56,4	23,3	51,8
15	Los Jazmines	Parque	-79,7814	-6,7679	28,56	14,7	43,2	15,6	44,1	13,1	41,7	16,0	44,5	11,5	40,0	12,7	41,3
16	Ex Vivero	Parque	-79,7829	-6,7678	28,56	12,3	40,8	12,8	41,3	11,3	39,8	13,3	41,9	9,3	37,8	9,7	38,3



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

17	La Unión	Parque	-79,7895	-6,7674	28,56	5,4	34,0	4,4	32,9	4,7	33,2	6,0	34,6	3,7	32,2	4,0	32,6
18	Los Simpsons	Parque	-79,7804	-6,7695	28,56	23,8	52,4	16,2	44,8	18,2	46,7	20,4	48,9	14,9	43,4	13,2	41,7
19	San Vicente de Paul	I.E.	-79,7686	-6,7704	28,56	40,8	69,3	18,0	46,5	27,0	55,5	20,2	48,8	28,1	56,7	29,9	58,5
20	Pomalca	I.E.	-79,7829	-6,7702	28,56	18,1	46,7	10,0	38,6	13,6	42,1	13,5	42,0	9,4	38,0	8,2	36,7
21	La Unión	I.E.	-79,7893	-6,7702	28,56	5,4	34,0	3,9	32,5	4,9	33,5	6,1	34,6	3,6	32,2	3,8	32,4
22	El Chorro	I.E.	-79,7657	-6,7649	28,56	17,0	45,5	18,4	47,0	19,8	48,4	24,3	52,8	15,3	43,9	20,4	49,0
23	San Antonio	I.E.	-79,7762	-6,7785	28,56	32,0	60,6	38,4	67,0	11,6	40,2	13,4	42,0	9,7	38,3	15,7	44,2
24	Pomalca	I.E.	-79,7855	-6,7691	28,56	7,8	36,3	7,2	35,8	7,6	36,2	8,9	37,5	5,4	33,9	5,3	33,8
25	Pomalca	I.E.	-79,7716	-6,7676	28,56	81,4	110,0	89,0	117,5	90,9	119,5	96,2	124,7	97,2	125,7	88,3	116,9
26	Pomalca	I.E.	-79,7753	-6,7702	28,56	95,0	123,6	58,0	86,6	60,9	89,5	73,5	102,1	69,7	98,3	58,3	86,8
27	Pomalca	I.E.	-79,7789	-6,7687	28,56	34,9	63,4	28,8	57,4	26,1	54,7	32,9	61,5	26,5	55,0	26,0	54,6
28	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7672	28,56	43,1	71,6	42,6	71,2	35,0	63,6	40,3	68,9	38,8	67,4	44,2	72,8
29	Pomalca	I.E.	-79,7758	-6,7675	28,56	92,3	120,9	81,2	109,7	75,2	103,8	80,5	109,0	78,9	107,4	80,8	109,4
30	Pomalca	I.E.	-79,7737	-6,7697	28,56	80,7	109,2	79,5	108,1	79,5	108,1	74,2	102,7	76,0	104,5	64,2	92,8
31	Pomalca	I.E.	-79,7727	-6,7708	28,56	62,0	90,6	50,6	79,2	49,7	78,3	64,6	93,1	45,0	73,6	43,0	71,6
32	Pomalca	I.E.	-79,7804	-6,7682	28,56	18,7	47,3	19,6	48,2	15,9	44,5	19,8	48,3	14,9	43,4	17,1	45,7
33	Pomalca	I.E.	-79,7781	-6,7684	28,56	48,1	76,7	36,7	65,2	33,4	61,9	42,7	71,3	35,8	64,3	34,9	63,5
34	Pomalca	I.E.	-79,7742	-6,7678	28,56	101,4	130,0	112,3	140,9	108,0	136,5	107,8	136,3	97,7	126,3	100,1	128,7
35	Invernillo	I.E.	-79,7802	-6,7598	28,56	12,9	41,5	12,8	41,4	15,1	43,7	15,8	44,4	16,2	44,7	14,2	42,8
36	Las Palmeras	I.E.	-79,7749	-6,7813	28,56	20,3	48,8	16,4	45,0	16,7	45,2	11,3	39,9	8,1	36,7	12,5	41,1
37	Pomalca	I.E.	-79,7786	-6,7762	28,56	28,7	57,2	19,0	47,6	15,5	44,0	16,3	44,9	17,4	45,9	23,1	51,6
38	Pomalca	I.E.	-79,7701	-6,7692	28,56	47,4	76,0	29,9	58,5	39,4	67,9	36,0	64,6	41,4	70,0	46,0	74,6
39	Ramon Castilla	I.E.	-79,7801	-6,7655	28,56	28,3	56,9	24,8	53,4	19,7	48,2	22,6	51,2	22,2	50,8	25,0	53,6
40	San Juan	I.E.	-79,7777	-6,7685	28,56	48,1	76,7	36,7	65,2	33,4	61,9	42,7	71,3	35,8	64,3	34,9	63,5
41	La Unión	I.E.	-79,7880	-6,7685	28,56	6,2	34,8	5,4	34,0	5,9	34,5	7,4	36,0	4,2	32,8	4,5	33,1
42	20 de Enero	I.E.	-79,7841	-6,7667	28,56	9,4	38,0	9,1	37,7	8,2	36,8	9,2	37,8	6,6	35,1	7,4	36,0
43	Pomalca	I.E.	-79,7869	-6,7684	28,56	6,9	35,4	6,2	34,7	6,7	35,2	8,1	36,6	4,7	33,2	4,8	33,4
44	Pomalca	I.E.	-79,7811	-6,7677	28,56	18,7	47,3	19,6	48,2	15,9	44,5	19,8	48,3	14,9	43,4	17,1	45,7
45	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7653	28,56	46,0	74,6	39,2	67,8	36,1	64,7	41,0	69,6	41,8	70,3	42,9	71,4



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

46	Pomalca	I.E.	-79,7814	-6,7694	28,56	18,0	46,6	13,3	41,8	14,8	43,4	16,5	45,0	11,6	40,1	10,1	38,7
47	Pomalca	I.E.	-79,7748	-6,7667	28,56	113,6	142,1	123,4	152,0	116,6	145,1	120,9	149,5	106,1	134,7	116,5	145,0
48	San Isidro	I.E.	-79,7691	-6,7711	28,56	40,8	69,3	18,0	46,5	27,0	55,5	20,2	48,8	28,1	56,7	29,9	58,5
49	El Chorro	I.E.	-79,7662	-6,7635	28,56	19,4	48,0	24,6	53,2	24,3	52,8	26,1	54,7	21,1	49,7	23,5	52,1
50	Las Palmeras	I.E.	-79,7760	-6,7815	28,56	22,2	50,7	24,5	53,0	17,0	45,5	10,8	39,4	7,1	35,6	9,6	38,2
51	La Unión - los Pocitos	I.E.	-79,7893	-6,7667	28,56	5,9	34,5	4,5	33,1	4,9	33,4	5,6	34,1	3,9	32,5	4,2	32,8
52	Pomalca	I.E.	-79,7762	-6,7700	28,56	80,7	109,2	43,9	72,5	46,8	75,4	59,6	88,2	55,2	83,8	45,8	74,3
53	Pomalca	E.S.	-79,7749	-6,7697	28,56	88,0	116,6	77,4	105,9	76,4	105,0	74,9	103,4	76,8	105,3	63,5	92,0
54	San Antonio (Pomalca)	E.S.	-79,7770	-6,7780	28,56	33,2	61,8	37,3	65,8	12,3	40,9	14,2	42,8	11,3	39,8	18,3	46,9

Tabla 6.4. PM₁₀ - Concentraciones finales (CF) del promedio de 24 horas del 8avo valor máximo. Escenario Base

Año					2017		2018		2019		2020		2021		2022		
ID	Nombre	Tipo de receptor	Latitud	Longitud	Concentración de Fondo (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM ₁₀ (ug/m ³)
1	CA-AP-01	EMCA	-79,7704	-6,7660	28,56	63,8	92,4	66,6	95,2	68,9	97,5	71,7	100,2	66,3	94,9	70,1	98,7
2	CA-AP-02	EMCA	-79,7738	-6,7678	28,56	73,8	102,3	92,8	121,3	101,1	129,7	85,6	114,1	87,2	115,8	101,1	129,7
3	CA-AP-06	EMCA	-79,7756	-6,7659	28,56	61,0	89,5	53,4	82,0	59,6	88,2	57,7	86,2	49,2	77,8	60,0	88,5
4	Intersección Calle 24 de junio con calle Juan Manuel Iturregui	Área Residencial	-79,7750	-6,7687	28,56	60,6	89,2	60,9	89,5	62,4	91,0	57,5	86,0	57,9	86,5	67,0	95,6
5	PE-6A	Área Residencial	-79,7722	-6,7699	28,56	54,3	82,9	37,3	65,8	33,8	62,4	35,9	64,5	34,6	63,1	34,5	63,0
6	Intersección Calle Chiclayo y Santos Chocano	Área Residencial	-79,7768	-6,7692	28,56	40,4	69,0	23,7	52,3	28,1	56,6	27,1	55,7	27,0	55,5	29,2	57,8
7	Intersección Calle Chiclayo	Área Residencial	-79,7761	-6,7671	28,56	62,4	91,0	51,4	79,9	60,5	89,1	57,1	85,7	49,5	78,1	63,8	92,3



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

	y Ramón Castilla																
8	Urbanización Sol de Pomalca	Área Residencial	-79,7694	-6,7700	28,56	23,4	51,9	16,6	45,2	15,3	43,9	17,1	45,7	16,1	44,7	15,3	43,9
9	LA-765	Área Residencial	-79,7687	-6,7668	28,56	23,3	51,8	21,0	49,6	20,2	48,8	19,6	48,2	19,9	48,4	18,8	47,3
10	Casa Huerta	Parque	-79,7720	-6,7682	28,56	54,3	82,9	40,6	69,2	37,7	66,2	42,0	70,5	39,6	68,2	37,5	66,1
11	Parque Infantil	Parque	-79,7745	-6,7670	28,56	78,4	106,9	89,1	117,6	99,2	127,8	85,5	114,0	82,4	110,9	101,1	129,7
12	Túpac Amaru	Parque	-79,7774	-6,7675	28,56	31,2	59,7	18,8	47,3	22,8	51,4	23,0	51,6	18,0	46,5	23,8	52,4
13	Las Delicias	Parque	-79,7793	-6,7664	28,56	18,1	46,6	11,5	40,1	13,4	41,9	13,2	41,8	10,0	38,5	14,2	42,7
14	San Juan	Parque	-79,7787	-6,7699	28,56	19,3	47,9	11,5	40,1	12,0	40,6	12,7	41,3	11,8	40,4	13,0	41,5
15	Los Jazmines	Parque	-79,7814	-6,7679	28,56	10,8	39,4	6,5	35,0	7,3	35,9	7,4	35,9	5,7	34,3	7,1	35,6
16	Ex Vivero	Parque	-79,7829	-6,7678	28,56	8,9	37,4	5,5	34,1	5,7	34,3	5,6	34,1	4,7	33,3	5,5	34,1
17	La Unión	Parque	-79,7895	-6,7674	28,56	3,2	31,7	1,8	30,4	1,8	30,4	1,8	30,4	1,7	30,3	1,8	30,4
18	Los Simpsons	Parque	-79,7804	-6,7695	28,56	11,7	40,2	7,5	36,0	7,2	35,7	8,0	36,5	6,8	35,4	7,9	36,4
19	San Vicente de Paul	I.E.	-79,7686	-6,7704	28,56	18,9	47,5	13,5	42,1	12,9	41,5	14,2	42,7	13,2	41,8	12,7	41,3
20	Pomalca	I.E.	-79,7829	-6,7702	28,56	7,2	35,8	4,9	33,5	4,3	32,9	4,8	33,4	4,8	33,4	4,7	33,2
21	La Unión	I.E.	-79,7893	-6,7702	28,56	3,0	31,5	1,7	30,3	1,7	30,2	1,8	30,4	1,9	30,4	1,8	30,3
22	El Chorro	I.E.	-79,7657	-6,7649	28,56	11,6	40,1	11,6	40,2	10,3	38,9	10,4	39,0	10,7	39,3	10,1	38,7
23	San Antonio	I.E.	-79,7762	-6,7785	28,56	12,6	41,2	5,0	33,5	5,8	34,3	4,4	32,9	4,0	32,5	4,2	32,8
24	Pomalca	I.E.	-79,7855	-6,7691	28,56	5,1	33,6	3,1	31,7	3,0	31,6	2,9	31,5	2,9	31,4	3,0	31,6
25	Pomalca	I.E.	-79,7716	-6,7676	28,56	62,0	90,6	54,8	83,4	56,8	85,4	58,3	86,8	55,9	84,5	55,7	84,2
26	Pomalca	I.E.	-79,7753	-6,7702	28,56	49,5	78,0	29,3	57,9	30,5	59,0	30,4	58,9	32,4	60,9	32,8	61,4
27	Pomalca	I.E.	-79,7789	-6,7687	28,56	20,6	49,2	12,3	40,9	14,1	42,7	14,5	43,1	12,1	40,7	14,6	43,1
28	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7672	28,56	32,6	61,1	20,9	49,5	25,6	54,2	25,6	54,2	19,7	48,3	27,5	56,1
29	Pomalca	I.E.	-79,7758	-6,7675	28,56	60,0	88,5	45,8	74,3	54,6	83,1	51,0	79,6	46,4	75,0	58,7	87,2
30	Pomalca	I.E.	-79,7737	-6,7697	28,56	58,2	86,8	48,2	76,8	44,5	73,0	44,1	72,7	42,5	71,0	48,5	77,1
31	Pomalca	I.E.	-79,7727	-6,7708	28,56	44,3	72,9	22,9	51,5	22,5	51,1	21,0	49,5	20,6	49,2	21,8	50,3
32	Pomalca	I.E.	-79,7804	-6,7682	28,56	13,7	42,3	8,4	36,9	9,6	38,1	9,7	38,3	7,1	35,7	9,3	37,8
33	Pomalca	I.E.	-79,7781	-6,7684	28,56	26,9	55,5	15,7	44,2	18,7	47,2	18,7	47,3	16,8	45,3	19,4	48,0

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

34	Pomalca	I.E.	-79,7742	-6,7678	28,56	68,5	97,0	80,9	109,5	90,8	119,4	75,7	104,3	76,1	104,7	92,1	120,7
35	Invernillo	I.E.	-79,7802	-6,7598	28,56	10,2	38,8	8,9	37,5	9,6	38,1	10,6	39,1	8,5	37,0	10,2	38,8
36	Las Palmeras	I.E.	-79,7749	-6,7813	28,56	9,8	38,4	4,5	33,0	4,3	32,8	3,4	32,0	3,4	31,9	3,5	32,1
37	Pomalca	I.E.	-79,7786	-6,7762	28,56	11,3	39,9	5,7	34,3	5,8	34,4	6,0	34,5	6,4	35,0	6,1	34,6
38	Pomalca	I.E.	-79,7701	-6,7692	28,56	27,8	56,3	21,0	49,6	20,1	48,6	21,2	49,7	20,4	49,0	19,3	47,8
39	Ramón Castilla	I.E.	-79,7801	-6,7655	28,56	18,1	46,7	11,8	40,3	14,0	42,5	13,6	42,2	11,7	40,2	17,1	45,7
40	San Juan	I.E.	-79,7777	-6,7685	28,56	26,9	55,5	15,7	44,2	18,7	47,2	18,7	47,3	16,8	45,3	19,4	48,0
41	La Unión	I.E.	-79,7880	-6,7685	28,56	3,8	32,4	2,3	30,9	2,3	30,8	2,2	30,8	2,2	30,8	2,3	30,8
42	20 de Enero	I.E.	-79,7841	-6,7667	28,56	6,5	35,1	3,9	32,5	4,2	32,7	3,8	32,3	3,4	32,0	3,9	32,5
43	Pomalca	I.E.	-79,7869	-6,7684	28,56	4,3	32,9	2,7	31,2	2,6	31,1	2,5	31,1	2,5	31,1	2,6	31,1
44	Pomalca	I.E.	-79,7811	-6,7677	28,56	13,7	42,3	8,4	36,9	9,6	38,1	9,7	38,3	7,1	35,7	9,3	37,8
45	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7653	28,56	31,4	59,9	22,0	50,5	27,0	55,5	26,6	55,2	21,6	50,1	30,2	58,8
46	Pomalca	I.E.	-79,7814	-6,7694	28,56	9,5	38,0	6,0	34,6	5,6	34,2	6,3	34,9	5,5	34,1	6,2	34,7
47	Pomalca	I.E.	-79,7748	-6,7667	28,56	78,4	106,9	89,1	117,6	99,2	127,8	85,5	114,0	82,4	110,9	101,1	129,7
48	San Isidro	I.E.	-79,7691	-6,7711	28,56	18,9	47,5	13,5	42,1	12,9	41,5	14,2	42,7	13,2	41,8	12,7	41,3
49	El Chorro	I.E.	-79,7662	-6,7635	28,56	13,9	42,5	13,7	42,3	12,5	41,0	14,6	43,2	14,4	42,9	12,7	41,3
50	Las Palmeras	I.E.	-79,7760	-6,7815	28,56	8,4	37,0	4,2	32,8	4,0	32,5	3,0	31,5	3,2	31,8	3,0	31,6
51	La Unión - los Pocitos	I.E.	-79,7893	-6,7667	28,56	3,2	31,8	1,8	30,4	1,9	30,4	1,8	30,3	1,7	30,3	1,9	30,4
52	Pomalca	I.E.	-79,7762	-6,7700	28,56	38,2	66,8	20,7	49,2	22,3	50,9	22,6	51,2	24,0	52,6	23,9	52,4
53	Pomalca	E.S.	-79,7749	-6,7697	28,56	56,2	84,7	44,4	73,0	42,4	71,0	41,5	70,0	41,0	69,6	46,8	75,3
54	San Antonio (Pomalca)	E.S.	-79,7770	-6,7780	28,56	13,1	41,7	5,3	33,9	6,2	34,7	4,9	33,5	4,4	33,0	4,7	33,2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

Tabla 6.5. PM_{2.5} - Concentraciones finales (CF) del promedio de 24 horas del 1er valor máximo. Escenario Base

Año					2017		2018		2019		2020		2021		2022		
ID	Nombre	Tipo de Receptor	Latitud	Longitud	Concentración de Fondo (Promedio o 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio o 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio o 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio o 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio o 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio o 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio o 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio o 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	1er Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)
1	CA-AP-01	EMCA	-79,7704	-6,7660	8,2	14,7	22,9	16,6	24,8	15,4	23,6	14,9	23,1	14,9	23,1	16,6	24,7
2	CA-AP-02	EMCA	-79,7738	-6,7678	8,2	17,2	25,4	13,5	21,7	15,0	23,1	18,2	26,4	16,3	24,5	16,3	24,5
3	CA-AP-06	EMCA	-79,7756	-6,7659	8,2	9,8	17,9	8,1	16,2	9,3	17,5	10,1	18,3	10,1	18,3	9,7	17,8
4	Intersección Calle 24 de junio con calle Juan Manuel Turregui	Área Residencial	-79,7750	-6,7687	8,2	18,5	26,6	12,0	20,1	13,0	21,2	15,7	23,9	14,9	23,1	14,7	22,9
5	PE-6A	Área Residencial	-79,7722	-6,7699	8,2	15,6	23,8	7,9	16,1	8,8	17,0	9,4	17,6	8,4	16,6	8,8	17,0
6	Intersección Calle Chiclayo y Santos Chocano	Área Residencial	-79,7768	-6,7692	8,2	8,8	16,9	7,0	15,1	5,7	13,9	7,4	15,6	6,6	14,8	7,1	15,3
7	Intersección Calle Chiclayo y Ramón Castilla	Área Residencial	-79,7761	-6,7671	8,2	9,8	18,0	9,5	17,7	9,3	17,5	9,8	18,0	9,6	17,8	9,7	17,9
8	Urbanización Sol de Pomalca	Área Residencial	-79,7694	-6,7700	8,2	6,4	14,6	4,1	12,3	4,5	12,7	5,2	13,4	5,4	13,6	5,2	13,4
9	LA-765	Área Residencial	-79,7687	-6,7668	8,2	6,8	15,0	5,5	13,7	5,4	13,6	5,8	14,0	5,4	13,5	6,6	14,8
10	Casa Huerta	Parque	-79,7720	-6,7682	8,2	11,8	20,0	7,2	15,4	8,2	16,4	8,9	17,0	8,6	16,8	8,5	16,7
11	Parque Infantil	Parque	-79,7745	-6,7670	8,2	14,4	22,6	12,9	21,1	13,7	21,8	16,3	24,5	14,0	22,2	14,7	22,9
12	Túpac Amaru	Parque	-79,7774	-6,7675	8,2	5,7	13,9	5,6	13,8	4,3	12,4	5,1	13,3	4,2	12,4	4,8	13,0
13	Las Delicias	Parque	-79,7793	-6,7664	8,2	3,7	11,9	3,4	11,6	3,0	11,2	3,0	11,2	2,6	10,8	2,6	10,8
14	San Juan	Parque	-79,7787	-6,7699	8,2	5,2	13,4	3,9	12,1	3,2	11,4	4,2	12,3	3,3	11,5	3,7	11,9
15	Los Jazmines	Parque	-79,7814	-6,7679	8,2	2,3	10,5	2,3	10,5	2,4	10,6	2,2	10,4	1,7	9,9	1,6	9,8
16	Ex Vivero	Parque	-79,7829	-6,7678	8,2	2,1	10,2	2,0	10,2	2,2	10,4	1,9	10,1	1,5	9,7	1,3	9,5



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

17	La Unión	Parque	-79,7895	-6,7674	8,2	1,2	9,4	1,2	9,4	1,3	9,5	0,8	9,0	0,8	9,0	0,8	9,0
18	Los Simpsons	Parque	-79,7804	-6,7695	8,2	2,9	11,1	2,8	11,0	2,2	10,4	2,7	10,9	2,0	10,2	2,4	10,6
19	San Vicente de Paul	I.E.	-79,7686	-6,7704	8,2	5,8	14,0	3,6	11,8	3,8	12,0	4,1	12,3	4,7	12,9	4,6	12,8
20	Pomalca	I.E.	-79,7829	-6,7702	8,2	2,2	10,4	2,0	10,2	1,7	9,9	1,9	10,1	1,5	9,6	1,9	10,1
21	La Unión	I.E.	-79,7893	-6,7702	8,2	1,1	9,3	1,1	9,3	0,7	8,9	0,8	8,9	0,8	9,0	0,6	8,8
22	El Chorro	I.E.	-79,7657	-6,7649	8,2	3,7	11,9	4,4	12,6	3,2	11,4	3,6	11,8	3,4	11,6	3,5	11,7
23	San Antonio	I.E.	-79,7762	-6,7785	8,2	4,0	12,1	4,5	12,7	1,5	9,7	1,7	9,9	1,8	10,0	2,6	10,8
24	Pomalca	I.E.	-79,7855	-6,7691	8,2	1,5	9,7	1,5	9,7	1,3	9,5	1,2	9,4	1,0	9,2	1,0	9,1
25	Pomalca	I.E.	-79,7716	-6,7676	8,2	11,8	20,0	10,0	18,1	10,1	18,3	10,9	19,1	11,3	19,5	10,4	18,6
26	Pomalca	I.E.	-79,7753	-6,7702	8,2	15,0	23,2	7,8	16,0	7,4	15,6	9,3	17,5	8,9	17,1	9,2	17,4
27	Pomalca	I.E.	-79,7789	-6,7687	8,2	4,4	12,6	4,3	12,5	3,2	11,4	4,2	12,4	3,2	11,4	3,6	11,8
28	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7672	8,2	5,6	13,8	5,3	13,5	4,5	12,6	4,9	13,1	4,6	12,8	4,9	13,1
29	Pomalca	I.E.	-79,7758	-6,7675	8,2	10,7	18,9	9,9	18,1	9,0	17,2	9,9	18,1	9,4	17,6	9,8	18,0
30	Pomalca	I.E.	-79,7737	-6,7697	8,2	20,6	28,8	11,4	19,6	11,6	19,7	12,6	20,8	12,4	20,6	13,0	21,2
31	Pomalca	I.E.	-79,7727	-6,7708	8,2	15,5	23,7	7,5	15,7	7,1	15,2	8,3	16,5	6,0	14,2	6,8	15,0
32	Pomalca	I.E.	-79,7804	-6,7682	8,2	2,8	11,0	2,8	11,0	2,6	10,8	2,7	10,9	2,0	10,2	2,0	10,2
33	Pomalca	I.E.	-79,7781	-6,7684	8,2	5,9	14,1	5,3	13,5	4,0	12,1	5,3	13,5	4,2	12,4	4,9	13,1
34	Pomalca	I.E.	-79,7742	-6,7678	8,2	15,6	23,8	12,6	20,8	13,5	21,7	16,4	24,6	14,5	22,7	15,0	23,2
35	Invernillo	I.E.	-79,7802	-6,7598	8,2	3,7	11,9	2,3	10,4	2,0	10,2	2,3	10,5	2,6	10,8	2,9	11,1
36	Las Palmeras	I.E.	-79,7749	-6,7813	8,2	2,5	10,7	2,5	10,7	2,2	10,4	1,5	9,7	1,7	9,9	1,6	9,8
37	Pomalca	I.E.	-79,7786	-6,7762	8,2	3,3	11,5	2,5	10,6	2,1	10,3	2,2	10,4	2,5	10,7	3,7	11,8
38	Pomalca	I.E.	-79,7701	-6,7692	8,2	6,9	15,1	5,0	13,1	5,4	13,5	6,2	14,4	6,5	14,7	6,3	14,5
39	Ramon Castilla	I.E.	-79,7801	-6,7655	8,2	4,1	12,3	3,4	11,6	3,2	11,3	2,8	10,9	3,0	11,2	2,8	11,0
40	San Juan	I.E.	-79,7777	-6,7685	8,2	5,9	14,1	5,3	13,5	4,0	12,1	5,3	13,5	4,2	12,4	4,9	13,1
41	La Unión	I.E.	-79,7880	-6,7685	8,2	1,3	9,5	1,3	9,5	1,1	9,3	0,9	9,1	0,8	9,0	0,7	8,9
42	20 de Enero	I.E.	-79,7841	-6,7667	8,2	2,2	10,3	1,7	9,9	2,1	10,3	1,3	9,5	1,2	9,4	1,0	9,2
43	Pomalca	I.E.	-79,7869	-6,7684	8,2	1,4	9,6	1,4	9,6	1,3	9,5	1,1	9,3	0,9	9,1	0,8	9,0
44	Pomalca	I.E.	-79,7811	-6,7677	8,2	2,8	11,0	2,8	11,0	2,6	10,8	2,7	10,9	2,0	10,2	2,0	10,2
45	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7653	8,2	5,5	13,7	4,6	12,8	4,5	12,7	4,8	13,0	5,4	13,6	5,1	13,3



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

46	Pomalca	I.E.	-79,7814	-6,7694	8,2	2,4	10,6	2,4	10,6	1,8	10,0	2,3	10,5	1,7	9,9	2,0	10,2
47	Pomalca	I.E.	-79,7748	-6,7667	8,2	14,4	22,6	12,9	21,1	13,7	21,8	16,3	24,5	14,0	22,2	14,7	22,9
48	San Isidro	I.E.	-79,7691	-6,7711	8,2	5,8	14,0	3,6	11,8	3,8	12,0	4,1	12,3	4,7	12,9	4,6	12,8
49	El Chorro	I.E.	-79,7662	-6,7635	8,2	4,7	12,9	5,9	14,1	3,5	11,7	3,8	12,0	3,8	12,0	3,9	12,1
50	Las Palmeras	I.E.	-79,7760	-6,7815	8,2	2,7	10,9	3,1	11,3	2,2	10,4	1,5	9,7	1,6	9,8	1,4	9,6
51	La Unión - los Pocitos	I.E.	-79,7893	-6,7667	8,2	1,5	9,7	1,2	9,4	1,5	9,7	0,8	8,9	0,9	9,1	0,9	9,1
52	Pomalca	I.E.	-79,7762	-6,7700	8,2	10,9	19,1	5,9	14,1	5,4	13,6	7,1	15,3	6,5	14,7	6,8	15,0
53	Pomalca	E.S.	-79,7749	-6,7697	8,2	20,0	28,1	11,1	19,3	10,8	19,0	12,3	20,5	12,2	20,4	12,8	20,9
54	San Antonio (Pomalca)	E.S.	-79,7770	-6,7780	8,2	4,1	12,3	4,4	12,6	1,6	9,8	1,8	9,9	1,9	10,1	2,9	11,1

Tabla 6.6. PM_{2.5} - Concentraciones finales (CF) del promedio de 24 horas del 8avo valor máximo. Escenario Base

Año					2017		2018		2019		2020		2021		2022		
ID	Nombre	Tipo de Receptor	Latitud	Longitud	Concentración de Fondo (Promedio o 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio o 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio o 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio o 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio o 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio o 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CM (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo CFI (Promedio 24 horas) PM _{2.5} (ug/m ³)
1	CA-AP-01	EMCA	-79,7704	-6,7660	8,2	13,3	21,5	12,7	20,9	12,5	20,7	12,7	20,9	12,5	20,7	12,7	20,9
2	CA-AP-02	EMCA	-79,7738	-6,7678	8,2	11,9	20,1	9,8	18,0	10,8	19,0	10,0	18,2	10,0	18,1	10,6	18,8
3	CA-AP-06	EMCA	-79,7756	-6,7659	8,2	7,2	15,4	5,9	14,1	6,8	15,0	6,3	14,5	5,8	14,0	7,1	15,3
4	Intersección Calle 24 de junio con calle Juan Manuel Iturregui	Área Residencial	-79,7750	-6,7687	8,2	9,5	17,7	6,9	15,1	7,4	15,6	7,2	15,4	8,4	16,6	8,1	16,3
5	PE-6A	Área Residencial	-79,7722	-6,7699	8,2	7,0	15,2	4,6	12,8	4,2	12,4	4,5	12,7	4,6	12,8	4,4	12,6
6	Intersección Calle Chiclayo y Santos Chocano	Área Residencial	-79,7768	-6,7692	8,2	4,9	13,1	2,7	10,9	3,0	11,2	3,1	11,3	3,3	11,5	3,5	11,7
7	Intersección Calle Chiclayo y Ramón Castilla	Área Residencial	-79,7761	-6,7671	8,2	7,6	15,8	5,5	13,7	6,5	14,7	6,3	14,5	5,6	13,8	7,0	15,2



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

8	Urbanización Sol de Pomalca	Área Residencial	-79,7694	-6,7700	8,2	4,0	12,2	2,9	11,1	2,5	10,7	2,6	10,8	2,5	10,7	2,9	11,1
9	LA-765	Área Residencial	-79,7687	-6,7668	8,2	4,5	12,7	3,8	12,0	3,8	11,9	4,1	12,3	3,9	12,1	3,8	11,9
10	Casa Huerta	Parque	-79,7720	-6,7682	8,2	6,7	14,9	5,1	13,3	4,6	12,8	4,9	13,1	4,9	13,1	4,7	12,9
11	Parque Infantil	Parque	-79,7745	-6,7670	8,2	11,3	19,4	9,2	17,4	10,4	18,6	9,7	17,9	8,7	16,9	10,6	18,8
12	Túpac Amaru	Parque	-79,7774	-6,7675	8,2	3,8	12,0	2,3	10,5	2,4	10,6	2,5	10,7	2,0	10,2	2,6	10,8
13	Las Delicias	Parque	-79,7793	-6,7664	8,2	2,3	10,5	1,5	9,7	1,6	9,8	1,5	9,7	1,3	9,5	1,6	9,8
14	San Juan	Parque	-79,7787	-6,7699	8,2	2,6	10,8	1,5	9,7	1,4	9,6	1,5	9,7	1,6	9,8	1,6	9,8
15	Los Jazmines	Parque	-79,7814	-6,7679	8,2	1,5	9,7	1,0	9,2	0,9	9,1	0,8	9,0	1,0	9,2	0,9	9,1
16	Ex Vivero	Parque	-79,7829	-6,7678	8,2	1,2	9,4	0,8	9,0	0,8	9,0	0,7	8,9	0,9	9,1	0,7	8,9
17	La Unión	Parque	-79,7895	-6,7674	8,2	0,5	8,7	0,3	8,5	0,3	8,5	0,3	8,5	0,4	8,5	0,3	8,5
18	Los Simpsons	Parque	-79,7804	-6,7695	8,2	1,7	9,9	1,1	9,3	0,9	9,1	0,9	9,1	1,2	9,4	1,0	9,2
19	San Vicente de Paul	I.E.	-79,7686	-6,7704	8,2	3,3	11,5	2,4	10,6	2,1	10,3	2,2	10,4	2,1	10,3	2,5	10,7
20	Pomalca	I.E.	-79,7829	-6,7702	8,2	1,1	9,3	0,7	8,9	0,6	8,8	0,6	8,8	0,7	8,9	0,6	8,8
21	La Unión	I.E.	-79,7893	-6,7702	8,2	0,4	8,6	0,3	8,5	0,3	8,5	0,3	8,5	0,3	8,5	0,3	8,5
22	El Chorro	I.E.	-79,7657	-6,7649	8,2	2,3	10,5	2,5	10,7	2,1	10,3	2,2	10,4	2,2	10,4	2,2	10,4
23	San Antonio	I.E.	-79,7762	-6,7785	8,2	1,6	9,8	0,6	8,8	0,7	8,9	0,6	8,8	0,6	8,8	0,6	8,8
24	Pomalca	I.E.	-79,7855	-6,7691	8,2	0,7	8,9	0,5	8,7	0,4	8,6	0,4	8,6	0,6	8,8	0,5	8,7
25	Pomalca	I.E.	-79,7716	-6,7676	8,2	8,1	16,3	6,8	15,0	6,8	15,0	6,6	14,8	6,9	15,1	6,4	14,6
26	Pomalca	I.E.	-79,7753	-6,7702	8,2	6,1	14,2	3,3	11,5	3,5	11,7	3,6	11,8	4,2	12,4	4,1	12,3
27	Pomalca	I.E.	-79,7789	-6,7687	8,2	2,7	10,9	1,6	9,8	1,6	9,8	1,6	9,8	1,6	9,8	1,7	9,9
28	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7672	8,2	4,0	12,1	2,5	10,7	2,8	11,0	2,8	11,0	2,2	10,4	3,1	11,3
29	Pomalca	I.E.	-79,7758	-6,7675	8,2	7,5	15,7	4,9	13,1	5,8	14,0	5,7	13,9	5,4	13,6	6,3	14,5
30	Pomalca	I.E.	-79,7737	-6,7697	8,2	8,8	16,9	5,7	13,9	5,6	13,8	5,7	13,9	6,5	14,7	6,1	14,3
31	Pomalca	I.E.	-79,7727	-6,7708	8,2	6,3	14,5	3,2	11,4	2,9	11,1	3,0	11,2	2,9	11,1	3,2	11,4
32	Pomalca	I.E.	-79,7804	-6,7682	8,2	1,9	10,0	1,2	9,4	1,2	9,4	1,1	9,2	1,1	9,3	1,1	9,3
33	Pomalca	I.E.	-79,7781	-6,7684	8,2	3,4	11,6	2,0	10,2	2,0	10,2	2,1	10,3	2,0	10,2	2,3	10,5
34	Pomalca	I.E.	-79,7742	-6,7678	8,2	10,9	19,1	8,5	16,7	9,6	17,8	8,9	17,1	8,7	16,9	9,7	17,9



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

35	Invernillo	I.E.	-79,7802	-6,7598	8,2	1,6	9,8	1,4	9,6	1,3	9,5	1,4	9,6	1,2	9,3	1,4	9,5
36	Las Palmeras	I.E.	-79,7749	-6,7813	8,2	1,2	9,4	0,5	8,7	0,6	8,8	0,4	8,6	0,6	8,8	0,6	8,8
37	Pomalca	I.E.	-79,7786	-6,7762	8,2	1,5	9,7	0,7	8,9	0,7	8,9	0,7	8,9	0,9	9,1	0,8	9,0
38	Pomalca	I.E.	-79,7701	-6,7692	8,2	4,7	12,9	3,6	11,8	3,2	11,4	3,2	11,4	3,1	11,3	3,5	11,7
39	Ramon Castilla	I.E.	-79,7801	-6,7655	8,2	2,4	10,6	1,5	9,7	1,8	10,0	1,6	9,8	1,5	9,7	1,9	10,1
40	San Juan	I.E.	-79,7777	-6,7685	8,2	3,4	11,6	2,0	10,2	2,0	10,2	2,1	10,3	2,0	10,2	2,3	10,5
41	La Unión	I.E.	-79,7880	-6,7685	8,2	0,5	8,7	0,4	8,6	0,4	8,6	0,3	8,5	0,4	8,6	0,4	8,6
42	20 de Enero	I.E.	-79,7841	-6,7667	8,2	0,9	9,1	0,6	8,8	0,6	8,8	0,5	8,7	0,7	8,8	0,6	8,8
43	Pomalca	I.E.	-79,7869	-6,7684	8,2	0,6	8,8	0,4	8,6	0,4	8,6	0,4	8,6	0,5	8,7	0,4	8,6
44	Pomalca	I.E.	-79,7811	-6,7677	8,2	1,9	10,0	1,2	9,4	1,2	9,4	1,1	9,2	1,1	9,3	1,1	9,3
45	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7653	8,2	4,0	12,2	2,6	10,7	3,2	11,4	3,0	11,2	2,6	10,8	3,7	11,8
46	Pomalca	I.E.	-79,7814	-6,7694	8,2	1,4	9,6	0,9	9,1	0,7	8,9	0,7	8,9	1,0	9,2	0,8	9,0
47	Pomalca	I.E.	-79,7748	-6,7667	8,2	11,3	19,4	9,2	17,4	10,4	18,6	9,7	17,9	8,7	16,9	10,6	18,8
48	San Isidro	I.E.	-79,7691	-6,7711	8,2	3,3	11,5	2,4	10,6	2,1	10,3	2,2	10,4	2,1	10,3	2,5	10,7
49	El Chorro	I.E.	-79,7662	-6,7635	8,2	2,8	11,0	2,9	11,1	2,8	11,0	2,4	10,6	2,6	10,8	2,7	10,9
50	Las Palmeras	I.E.	-79,7760	-6,7815	8,2	1,1	9,3	0,5	8,7	0,6	8,8	0,4	8,6	0,6	8,8	0,5	8,6
51	La Unión - los Pocitos	I.E.	-79,7893	-6,7667	8,2	0,5	8,7	0,3	8,5	0,3	8,5	0,3	8,5	0,3	8,5	0,3	8,5
52	Pomalca	I.E.	-79,7762	-6,7700	8,2	4,5	12,7	2,4	10,6	2,6	10,7	2,6	10,8	3,0	11,1	2,9	11,1
53	Pomalca	E.S.	-79,7749	-6,7697	8,2	8,3	16,5	5,1	13,3	5,2	13,4	5,3	13,5	6,2	14,4	5,9	14,0
54	San Antonio (Pomalca)	E.S.	-79,7770	-6,7780	8,2	1,6	9,8	0,7	8,9	0,8	8,9	0,7	8,9	0,7	8,9	0,6	8,8



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

- **PM₁₀ y PM_{2.5} - Concentraciones Modeladas (CM) promedio anual en el periodo 2017 al 2020**

En las Tablas 6.7 y 6.8 se presentan las concentraciones modeladas del promedio anual de PM₁₀ y PM_{2.5} respectivamente, para este caso no se ha calculado las concentraciones finales, debido a que no se contó con el valor de nivel de fondo del promedio anual para PM₁₀ y PM_{2.5}, ya que el periodo de monitoreo realizado no es representativo para determinar los promedios anuales de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Respecto a las concentraciones modeladas anuales del 1er valor máximo y el 8avo valor máximo de PM₁₀ y PM_{2.5}, estas estuvieron por debajo del ECA-aire vigente anual de 50 µg/m³ y 25 µg/m³ respectivamente en todos los receptores discretos identificados.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»**Tabla 6.7.** Concentraciones modeladas (CM) del promedio anual de PM₁₀ – Escenario base.

Año					2017	2018	2019	2020	2021	2022
ID	Nombre	Tipo de Receptor	Latitud	Longitud	Promedio Anual de PM ₁₀ (ug/m ³)	Promedio Anual de PM ₁₀ (ug/m ³)	Promedio Anual de PM ₁₀ (ug/m ³)	Promedio Anual de PM ₁₀ (ug/m ³)	Promedio Anual de PM ₁₀ (ug/m ³)	Promedio Anual de PM ₁₀ (ug/m ³)
1	CA-AP-01	EMCA	-79,7704	-6,7660	23,6	25,8	26,9	26,6	26,0	26,6
2	CA-AP-02	EMCA	-79,7738	-6,7678	19,7	23,3	26,6	24,9	19,9	26,0
3	CA-AP-06	EMCA	-79,7756	-6,7659	16,7	12,4	14,2	15,5	10,2	14,6
4	Intersección Calle 24 de junio con calle Juan Manuel Iturregui	Área Residencial	-79,7750	-6,7687	16,5	10,2	11,9	12,0	9,0	13,4
5	PE-6A	Área Residencial	-79,7722	-6,7699	8,2	3,9	4,1	4,3	3,6	4,4
6	Intersección Calle Chiclayo y Santos Chocano	Área Residencial	-79,7768	-6,7692	6,2	3,2	3,7	4,0	2,8	4,5
7	Intersección Calle Chiclayo y Ramón Castilla	Área Residencial	-79,7761	-6,7671	14,5	10,8	12,7	13,5	9,0	13,6
8	Urbanización Sol de Pomalca	Área Residencial	-79,7694	-6,7700	2,8	1,7	1,8	1,8	1,6	1,9
9	LA-765	Área Residencial	-79,7687	-6,7668	3,6	3,2	3,2	3,4	2,9	3,5
10	Casa Huerta	Parque	-79,7720	-6,7682	8,0	6,2	6,4	6,4	5,9	6,4
11	Parque Infantil	Parque	-79,7745	-6,7670	22,0	24,0	27,3	27,0	19,8	26,6
12	Túpac Amaru	Parque	-79,7774	-6,7675	5,1	2,6	3,1	3,4	2,2	3,8
13	Las Delicias	Parque	-79,7793	-6,7664	3,0	1,5	1,8	2,0	1,3	2,2
14	San Juan	Parque	-79,7787	-6,7699	2,6	1,3	1,4	1,5	1,1	1,7
15	Los Jazmines	Parque	-79,7814	-6,7679	1,5	0,8	0,9	0,9	0,6	1,1
16	Ex Vivero	Parque	-79,7829	-6,7678	1,2	0,6	0,7	0,7	0,5	0,8
17	La Unión	Parque	-79,7895	-6,7674	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
18	Los Simpsons	Parque	-79,7804	-6,7695	1,5	0,8	0,9	0,9	0,7	1,0
19	San Vicente de Paul	I.E.	-79,7686	-6,7704	2,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,5
20	Pomalca	I.E.	-79,7829	-6,7702	1,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

21	La Unión	I.E.	-79,7893	-6,7702	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
22	El Chorro	I.E.	-79,7657	-6,7649	1,8	1,7	1,7	1,8	1,6	1,9
23	San Antonio	I.E.	-79,7762	-6,7785	1,1	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4
24	Pomalca	I.E.	-79,7855	-6,7691	0,6	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4
25	Pomalca	I.E.	-79,7716	-6,7676	13,9	13,9	14,7	14,3	13,4	14,4
26	Pomalca	I.E.	-79,7753	-6,7702	7,5	3,4	3,9	4,1	3,2	4,6
27	Pomalca	I.E.	-79,7789	-6,7687	3,0	1,5	1,8	1,9	1,3	2,1
28	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7672	6,0	3,2	3,9	4,3	2,7	4,7
29	Pomalca	I.E.	-79,7758	-6,7675	12,1	8,4	10,0	10,5	7,2	11,2
30	Pomalca	I.E.	-79,7737	-6,7697	13,1	5,7	6,4	6,7	5,3	7,7
31	Pomalca	I.E.	-79,7727	-6,7708	5,6	2,2	2,3	2,4	1,9	2,3
32	Pomalca	I.E.	-79,7804	-6,7682	2,0	1,0	1,2	1,2	0,8	1,4
33	Pomalca	I.E.	-79,7781	-6,7684	4,0	2,1	2,4	2,5	1,8	2,8
34	Pomalca	I.E.	-79,7742	-6,7678	17,2	18,8	21,9	20,8	15,6	22,0
35	Invernillo	I.E.	-79,7802	-6,7598	2,4	1,7	2,0	2,2	1,3	2,0
36	Las Palmeras	I.E.	-79,7749	-6,7813	0,9	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3
37	Pomalca	I.E.	-79,7786	-6,7762	1,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6
38	Pomalca	I.E.	-79,7701	-6,7692	3,4	2,4	2,5	2,5	2,2	2,6
39	Ramon Castilla	I.E.	-79,7801	-6,7655	3,4	1,8	2,1	2,3	1,5	2,6
40	San Juan	I.E.	-79,7777	-6,7685	4,0	2,1	2,4	2,5	1,8	2,8
41	La Unión	I.E.	-79,7880	-6,7685	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3
42	20 de Enero	I.E.	-79,7841	-6,7667	0,9	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6
43	Pomalca	I.E.	-79,7869	-6,7684	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
44	Pomalca	I.E.	-79,7811	-6,7677	2,0	1,0	1,2	1,2	0,8	1,4
45	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7653	6,7	3,8	4,6	5,2	3,2	5,4

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

46	Pomalca	I.E.	-79,7814	-6,7694	1,2	0,6	0,7	0,7	0,5	0,8
47	Pomalca	I.E.	-79,7748	-6,7667	22,0	24,0	27,3	27,0	19,8	26,6
48	San Isidro	I.E.	-79,7691	-6,7711	2,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,5
49	El Chorro	I.E.	-79,7662	-6,7635	2,4	2,4	2,4	2,6	2,3	2,6
50	Las Palmeras	I.E.	-79,7760	-6,7815	0,8	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
51	La Unión - los Pocitos	I.E.	-79,7893	-6,7667	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
52	Pomalca	I.E.	-79,7762	-6,7700	5,0	2,4	2,7	2,8	2,2	3,2
53	Pomalca	E.S.	-79,7749	-6,7697	12,5	5,4	6,2	6,4	5,0	7,5
54	San Antonio (Pomalca)	E.S.	-79,7770	-6,7780	1,2	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4

Tabla 6.8. Concentraciones modeladas (CM) del promedio anual de PM_{2.5} – Escenario base.

Año					2017	2018	2019	2020	2021	2022
ID	Nombre	Tipo de Receptor	Latitud	Longitud	Promedio Anual de PM _{2.5} (ug/m ³)	Promedio Anual de PM _{2.5} (ug/m ³)	Promedio Anual de PM _{2.5} (ug/m ³)	Promedio Anual de PM _{2.5} (ug/m ³)	Promedio Anual de PM _{2.5} (ug/m ³)	Promedio Anual de PM _{2.5} (ug/m ³)
1	CA-AP-01	EMCA	-79,7704	-6,7660	5,47	5,85	5,93	5,92	5,90	6,00
2	CA-AP-02	EMCA	-79,7738	-6,7678	3,28	2,40	2,73	2,86	2,06	2,69
3	CA-AP-06	EMCA	-79,7756	-6,7659	1,94	1,37	1,55	1,72	1,13	1,65
4	Intersección Calle 24 de junio con calle Juan Manuel Iturregui	Área Residencial	-79,7750	-6,7687	2,01	1,07	1,24	1,32	0,95	1,41
5	PE-6A	Área Residencial	-79,7722	-6,7699	0,93	0,45	0,47	0,48	0,40	0,50
6	Intersección Calle Chiclayo y Santos Chocano	Área Residencial	-79,7768	-6,7692	0,70	0,37	0,42	0,45	0,32	0,52
7	Intersección Calle Chiclayo y Ramón Castilla	Área Residencial	-79,7761	-6,7671	1,81	1,17	1,35	1,50	0,97	1,49
8	Urbanización Sol de Pomalca	Área Residencial	-79,7694	-6,7700	0,46	0,28	0,27	0,26	0,24	0,30
9	LA-765	Área Residencial	-79,7687	-6,7668	0,70	0,61	0,56	0,57	0,57	0,65
10	Casa Huerta	Parque	-79,7720	-6,7682	1,01	0,73	0,74	0,74	0,67	0,75
11	Parque Infantil	Parque	-79,7745	-6,7670	3,41	2,53	2,86	3,10	2,08	2,84



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

12	Túpac Amaru	Parque	-79,7774	-6,7675	0,59	0,31	0,35	0,38	0,26	0,44
13	Las Delicias	Parque	-79,7793	-6,7664	0,36	0,19	0,22	0,23	0,16	0,27
14	San Juan	Parque	-79,7787	-6,7699	0,32	0,16	0,17	0,18	0,14	0,21
15	Los Jazmines	Parque	-79,7814	-6,7679	0,19	0,11	0,12	0,11	0,08	0,13
16	Ex Vivero	Parque	-79,7829	-6,7678	0,16	0,09	0,09	0,09	0,07	0,11
17	La Unión	Parque	-79,7895	-6,7674	0,06	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
18	Los Simpsons	Parque	-79,7804	-6,7695	0,20	0,10	0,11	0,11	0,09	0,13
19	San Vicente de Paul	I.E.	-79,7686	-6,7704	0,38	0,23	0,22	0,21	0,20	0,25
20	Pomalca	I.E.	-79,7829	-6,7702	0,13	0,06	0,07	0,07	0,06	0,08
21	La Unión	I.E.	-79,7893	-6,7702	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
22	El Chorro	I.E.	-79,7657	-6,7649	0,39	0,40	0,34	0,35	0,37	0,42
23	San Antonio	I.E.	-79,7762	-6,7785	0,15	0,07	0,06	0,05	0,05	0,06
24	Pomalca	I.E.	-79,7855	-6,7691	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06
25	Pomalca	I.E.	-79,7716	-6,7676	1,69	1,54	1,62	1,56	1,48	1,60
26	Pomalca	I.E.	-79,7753	-6,7702	0,83	0,39	0,44	0,45	0,36	0,53
27	Pomalca	I.E.	-79,7789	-6,7687	0,36	0,19	0,21	0,22	0,16	0,26
28	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7672	0,69	0,38	0,44	0,48	0,32	0,54
29	Pomalca	I.E.	-79,7758	-6,7675	1,53	0,91	1,06	1,17	0,77	1,21
30	Pomalca	I.E.	-79,7737	-6,7697	1,40	0,62	0,69	0,71	0,57	0,82
31	Pomalca	I.E.	-79,7727	-6,7708	0,65	0,27	0,28	0,28	0,23	0,28
32	Pomalca	I.E.	-79,7804	-6,7682	0,24	0,13	0,15	0,15	0,11	0,17
33	Pomalca	I.E.	-79,7781	-6,7684	0,47	0,25	0,27	0,29	0,21	0,34
34	Pomalca	I.E.	-79,7742	-6,7678	2,89	1,94	2,25	2,41	1,61	2,28
35	Invernillo	I.E.	-79,7802	-6,7598	0,34	0,25	0,27	0,30	0,18	0,28
36	Las Palmeras	I.E.	-79,7749	-6,7813	0,12	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

37	Pomalca	I.E.	-79,7786	-6,7762	0,15	0,07	0,07	0,07	0,06	0,08
38	Pomalca	I.E.	-79,7701	-6,7692	0,58	0,39	0,38	0,37	0,34	0,42
39	Ramon Castilla	I.E.	-79,7801	-6,7655	0,42	0,22	0,26	0,27	0,18	0,31
40	San Juan	I.E.	-79,7777	-6,7685	0,47	0,25	0,27	0,29	0,21	0,34
41	La Unión	I.E.	-79,7880	-6,7685	0,07	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
42	20 de Enero	I.E.	-79,7841	-6,7667	0,12	0,07	0,07	0,07	0,05	0,08
43	Pomalca	I.E.	-79,7869	-6,7684	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
44	Pomalca	I.E.	-79,7811	-6,7677	0,24	0,13	0,15	0,15	0,11	0,17
45	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7653	0,78	0,45	0,53	0,59	0,37	0,63
46	Pomalca	I.E.	-79,7814	-6,7694	0,16	0,09	0,09	0,09	0,07	0,11
47	Pomalca	I.E.	-79,7748	-6,7667	3,41	2,53	2,86	3,10	2,08	2,84
48	San Isidro	I.E.	-79,7691	-6,7711	0,38	0,23	0,22	0,21	0,20	0,25
49	El Chorro	I.E.	-79,7662	-6,7635	0,55	0,59	0,51	0,54	0,55	0,60
50	Las Palmeras	I.E.	-79,7760	-6,7815	0,12	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
51	La Unión - los Pocitos	I.E.	-79,7893	-6,7667	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
52	Pomalca	I.E.	-79,7762	-6,7700	0,57	0,28	0,31	0,32	0,25	0,38
53	Pomalca	E.S.	-79,7749	-6,7697	1,32	0,58	0,66	0,68	0,54	0,81
54	San Antonio (Pomalca)	E.S.	-79,7770	-6,7780	0,16	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06



- **Concentraciones máximas finales del promedio de 24 horas del 1er y el 8avo valor máximo en el periodo 2017 al 2022**

En la Tabla 6.9 y 6.10 se presenta las concentraciones más altas del promedio de 24 horas del PM₁₀ y PM_{2.5} (el 1er y 8avo valor máximo) en todo el periodo 2017 - 2022. En el cual se observa que las actividades realizadas en la Planta Pomalca de la empresa Agroindustrial Pomalca generan un mayor impacto en la calidad de aire de 18 receptores discretos, entre los cuales se encuentran áreas residenciales colindantes a la planta Pomalca, parques (Casa Huerta y Parque Infantil), instituciones educativas y centros de salud del distrito de Pomalca, generando episodios de superación del ECA Aire para el contaminante PM₁₀ (100 µg/m³ para 24 horas), si no realizan medidas de control para reducir sus emisiones. Respecto al PM_{2.5}, las concentraciones más altas del promedio de 24 horas en los receptores discretos no exceden el ECA Aire de PM_{2.5} (50 µg/m³ para 24 horas) en el periodo 2017 al 2022.

Tabla 6.9. Concentraciones máximas finales de PM₁₀, promedio de 24 horas, del 1er y 8avo valor máximo.

ID	Nombre	Tipo de Receptor	Latitud	Longitud	1er Máximo (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)	8vo Máximo (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM ₁₀ (ug/m ³)
1	CA-AP-01	EMCA	-79,7704	-6,7660	130,2	100,2
2	CA-AP-02	EMCA	-79,7738	-6,7678	153,5	129,7
3	CA-AP-06	EMCA	-79,7756	-6,7659	116,3	89,5
4	Intersección Calle 24 de junio con calle Juan Manuel Iturregui	Área Residencial	-79,7750	-6,7687	122,3	95,6
5	PE-6A	Área Residencial	-79,7722	-6,7699	101,8	82,9
6	Intersección Calle Chiclayo y Santos Chocano	Área Residencial	-79,7768	-6,7692	104,5	69,0
7	Intersección Calle Chiclayo y Ramón Castilla	Área Residencial	-79,7761	-6,7671	117,4	92,3
8	Urbanización Sol de Pomalca	Área Residencial	-79,7694	-6,7700	73,2	51,9
9	LA-765	Área Residencial	-79,7687	-6,7668	69,0	51,8
10	Casa Huerta	Parque	-79,7720	-6,7682	103,3	82,9
11	Parque Infantil	Parque	-79,7745	-6,7670	152,0	129,7
12	Túpac Amaru	Parque	-79,7774	-6,7675	71,9	59,7
13	Las Delicias	Parque	-79,7793	-6,7664	53,8	46,6
14	San Juan	Parque	-79,7787	-6,7699	72,6	47,9
15	Los Jazmines	Parque	-79,7814	-6,7679	44,5	39,4
16	Ex Vivero	Parque	-79,7829	-6,7678	41,9	37,4
17	La Unión	Parque	-79,7895	-6,7674	34,6	31,7
18	Los Simpsons	Parque	-79,7804	-6,7695	52,4	40,2
19	San Vicente de Paul	I.E.	-79,7686	-6,7704	69,3	47,5
20	Pomalca	I.E.	-79,7829	-6,7702	46,7	35,8

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

21	La Unión	I.E.	-79,7893	-6,7702	34,6	31,5
22	El Chorro	I.E.	-79,7657	-6,7649	52,8	40,2
23	San Antonio	I.E.	-79,7762	-6,7785	67,0	41,2
24	Pomalca	I.E.	-79,7855	-6,7691	37,5	33,6
25	Pomalca	I.E.	-79,7716	-6,7676	125,7	90,6
26	Pomalca	I.E.	-79,7753	-6,7702	123,6	78,0
27	Pomalca	I.E.	-79,7789	-6,7687	63,4	49,2
28	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7672	72,8	61,1
29	Pomalca	I.E.	-79,7758	-6,7675	120,9	88,5
30	Pomalca	I.E.	-79,7737	-6,7697	109,2	86,8
31	Pomalca	I.E.	-79,7727	-6,7708	93,1	72,9
32	Pomalca	I.E.	-79,7804	-6,7682	48,3	42,3
33	Pomalca	I.E.	-79,7781	-6,7684	76,7	55,5
34	Pomalca	I.E.	-79,7742	-6,7678	140,9	120,7
35	Invernillo	I.E.	-79,7802	-6,7598	44,7	39,1
36	Las Palmeras	I.E.	-79,7749	-6,7813	48,8	38,4
37	Pomalca	I.E.	-79,7786	-6,7762	57,2	39,9
38	Pomalca	I.E.	-79,7701	-6,7692	76,0	56,3
39	Ramon Castilla	I.E.	-79,7801	-6,7655	56,9	46,7
40	San Juan	I.E.	-79,7777	-6,7685	76,7	55,5
41	La Unión	I.E.	-79,7880	-6,7685	36,0	32,4
42	20 de Enero	I.E.	-79,7841	-6,7667	38,0	35,1
43	Pomalca	I.E.	-79,7869	-6,7684	36,6	32,9
44	Pomalca	I.E.	-79,7811	-6,7677	48,3	42,3
45	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7653	74,6	59,9
46	Pomalca	I.E.	-79,7814	-6,7694	46,6	38,0
47	Pomalca	I.E.	-79,7748	-6,7667	152,0	129,7
48	San Isidro	I.E.	-79,7691	-6,7711	69,3	47,5
49	El Chorro	I.E.	-79,7662	-6,7635	54,7	43,2
50	Las Palmeras	I.E.	-79,7760	-6,7815	53,0	37,0
51	La Unión - los Pocitos	I.E.	-79,7893	-6,7667	34,5	31,8
52	Pomalca	I.E.	-79,7762	-6,7700	109,2	66,8
53	Pomalca	E.S.	-79,7749	-6,7697	116,6	84,7
54	San Antonio (Pomalca)	E.S.	-79,7770	-6,7780	65,8	41,7

Tabla 6.10. Concentraciones máximas finales del PM_{2.5}, promedio de 24 horas, del 1er y 8avo valor máximo.

ID	Nombre	Tipo de Receptor	Latitud	Longitud	1er Máximo (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)	8vo Máximo (Promedio 24 horas) - Escenario Base PM _{2.5} (ug/m ³)
1	CA-AP-01	EMCA	-79,7704	-6,7660	24,8	21,5

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

2	CA-AP-02	EMCA	-79,7738	-6,7678	26,4	20,1
3	CA-AP-06	EMCA	-79,7756	-6,7659	18,3	15,4
4	Intersección Calle 24 de junio con calle Juan Manuel Iturregui	Área Residencial	-79,7750	-6,7687	26,6	17,7
5	PE-6A	Área Residencial	-79,7722	-6,7699	23,8	15,2
6	Intersección Calle Chiclayo y Santos Chocano	Área Residencial	-79,7768	-6,7692	16,9	13,1
7	Intersección Calle Chiclayo y Ramón Castilla	Área Residencial	-79,7761	-6,7671	18,0	15,8
8	Urbanización Sol de Pomalca	Área Residencial	-79,7694	-6,7700	14,6	12,2
9	LA-765	Área Residencial	-79,7687	-6,7668	15,0	12,7
10	Casa Huerta	Parque	-79,7720	-6,7682	20,0	14,9
11	Parque Infantil	Parque	-79,7745	-6,7670	24,5	19,4
12	Túpac Amaru	Parque	-79,7774	-6,7675	13,9	12,0
13	Las Delicias	Parque	-79,7793	-6,7664	11,9	10,5
14	San Juan	Parque	-79,7787	-6,7699	13,4	10,8
15	Los Jazmines	Parque	-79,7814	-6,7679	10,6	9,7
16	Ex Vivero	Parque	-79,7829	-6,7678	10,4	9,4
17	La Unión	Parque	-79,7895	-6,7674	9,5	8,7
18	Los Simpsons	Parque	-79,7804	-6,7695	11,1	9,9
19	San Vicente de Paul	I.E.	-79,7686	-6,7704	14,0	11,5
20	Pomalca	I.E.	-79,7829	-6,7702	10,4	9,3
21	La Unión	I.E.	-79,7893	-6,7702	9,3	8,6
22	El Chorro	I.E.	-79,7657	-6,7649	12,6	10,7
23	San Antonio	I.E.	-79,7762	-6,7785	12,7	9,8
24	Pomalca	I.E.	-79,7855	-6,7691	9,7	8,9
25	Pomalca	I.E.	-79,7716	-6,7676	20,0	16,3
26	Pomalca	I.E.	-79,7753	-6,7702	23,2	14,2
27	Pomalca	I.E.	-79,7789	-6,7687	12,6	10,9
28	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7672	13,8	12,1
29	Pomalca	I.E.	-79,7758	-6,7675	18,9	15,7
30	Pomalca	I.E.	-79,7737	-6,7697	28,8	16,9
31	Pomalca	I.E.	-79,7727	-6,7708	23,7	14,5
32	Pomalca	I.E.	-79,7804	-6,7682	11,0	10,0
33	Pomalca	I.E.	-79,7781	-6,7684	14,1	11,6
34	Pomalca	I.E.	-79,7742	-6,7678	24,6	19,1
35	Invernillo	I.E.	-79,7802	-6,7598	11,9	9,8
36	Las Palmeras	I.E.	-79,7749	-6,7813	10,7	9,4
37	Pomalca	I.E.	-79,7786	-6,7762	11,8	9,7
38	Pomalca	I.E.	-79,7701	-6,7692	15,1	12,9
39	Ramon Castilla	I.E.	-79,7801	-6,7655	12,3	10,6
40	San Juan	I.E.	-79,7777	-6,7685	14,1	11,6
41	La Unión	I.E.	-79,7880	-6,7685	9,5	8,7

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

42	20 de Enero	I.E.	-79,7841	-6,7667	10,3	9,1
43	Pomalca	I.E.	-79,7869	-6,7684	9,6	8,8
44	Pomalca	I.E.	-79,7811	-6,7677	11,0	10,0
45	Pomalca	I.E.	-79,7773	-6,7653	13,7	12,2
46	Pomalca	I.E.	-79,7814	-6,7694	10,6	9,6
47	Pomalca	I.E.	-79,7748	-6,7667	24,5	19,4
48	San Isidro	I.E.	-79,7691	-6,7711	14,0	11,5
49	El Chorro	I.E.	-79,7662	-6,7635	14,1	11,1
50	Las Palmeras	I.E.	-79,7760	-6,7815	11,3	9,3
51	La Unión - los Pocitos	I.E.	-79,7893	-6,7667	9,7	8,7
52	Pomalca	I.E.	-79,7762	-6,7700	19,1	12,7
53	Pomalca	E.S.	-79,7749	-6,7697	28,1	16,5
54	San Antonio (Pomalca)	E.S.	-79,7770	-6,7780	12,6	9,8

6.2.3. Mapas de Isoconcentraciones – Planta Pomalca

Los Figuras 6.14, 6.15, 6.17 y 6.18 muestran los mapas de las concentraciones modeladas más altas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ del periodo meteorológico (2017-2022) en los escenarios del 1er y 8avo valor máximo del promedio de 24 horas. En los Figuras 6.16 y 6.19 se presentan los mapas de las concentraciones modeladas anuales más altas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ del periodo meteorológico (2017-2022). En el Anexo 5 se adjuntan los mapas de isoconcentraciones elaborados a partir de las mayores concentraciones estimadas como aporte de las actividades realizadas en la Planta Pomalca para todo el periodo meteorológico (2017-2022) de modelamiento.



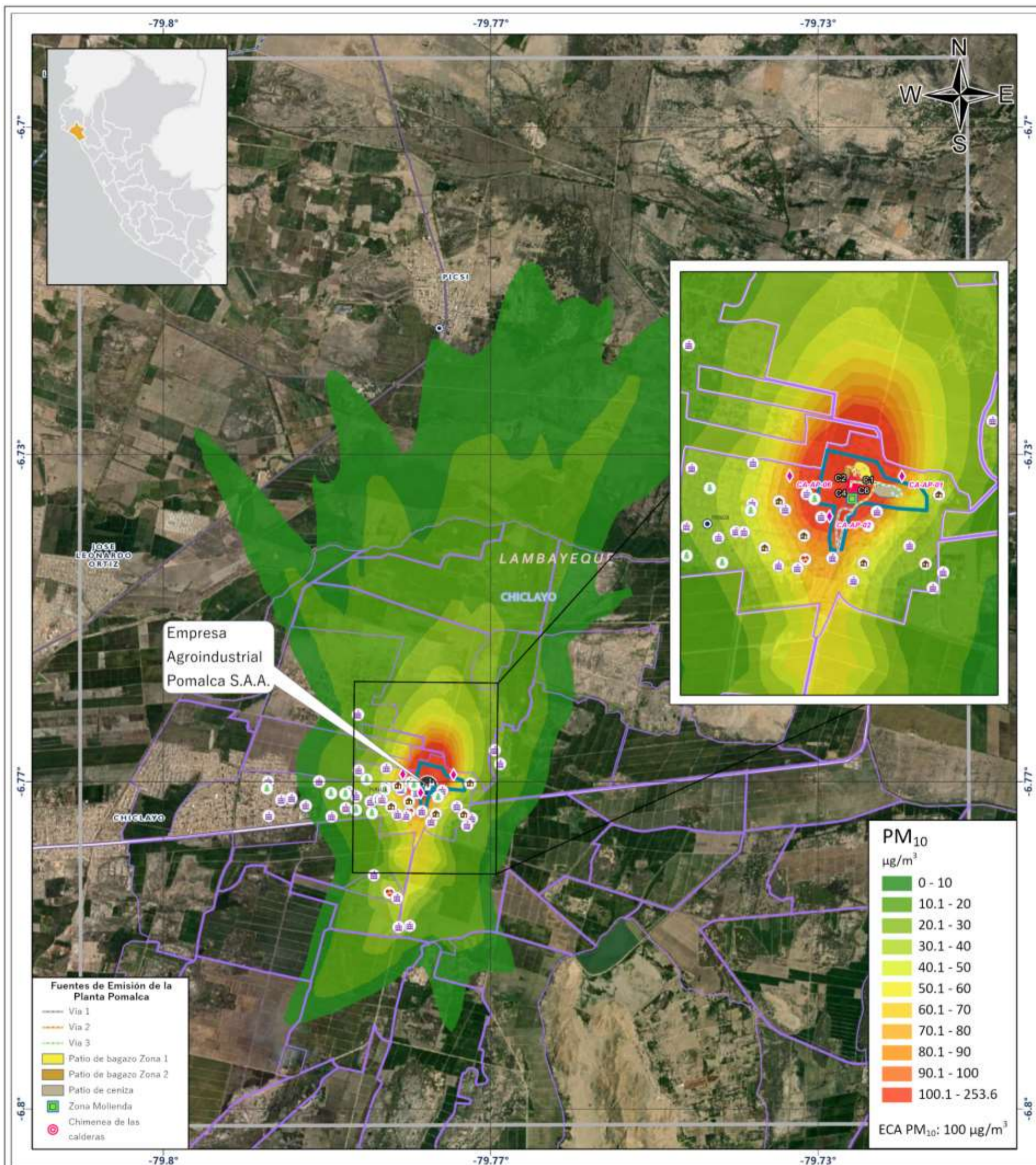
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»



SIMBOLOGÍA

- Agroindustrial Pomalca S.A.A.
- Área de la Planta Pomalca
- Campos de Caña de azúcar
- Dominio de Modelamiento
- Receptores Discretos
- Establecimiento de Salud
- Institución Educativa
- Parque
- Área Residencial
- Estación de Monitoreo de Calidad del Aire
- Límite Distrital
- Límite Provincial
- Límite Departamental
- Redes Viales:
 - Via Nacional
 - Via Departamental
 - Via Vecinal
- Áreas Pobladas:
 - Capital Distrital
- Red Hidrica:
 - Ríos
 - Lagos y Lagunas



PERÚ

MINISTERIO DEL AMBIENTE

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

Dirección de Evaluación Ambiental Subdirección Técnica Científica

Evaluación Ambiental de Causalidad en el Ámbito de Influencia de la Unidad Fiscalizable: Planta Pomalca de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., distritos de Chiclayo, Pomalca, Monsefú, Tumbén, Seña, Pucallá y Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque en el 2023

PRIMER VALOR MÁS ALTO DE PM₁₀ EN 24 HORAS – AÑO METEOROLÓGICO 2018 – PLANTA POMALCA

Distrito de Pomalca, Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque



Escala: 1:40,000	Fecha de Elaboración: Junio de 2023	Nro. de Mapa: 13
Sistema de Información Geográfica: Proyección: Universal Transversal Mercator (UTM) Datum: Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS 84) Zona: 18 Sur		Elaborado por: Subdirección Técnica Científica

Figura 6.9. Primer valor más alto de PM₁₀ en 24 horas– Año meteorológico 2018 – Planta Pomalca



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

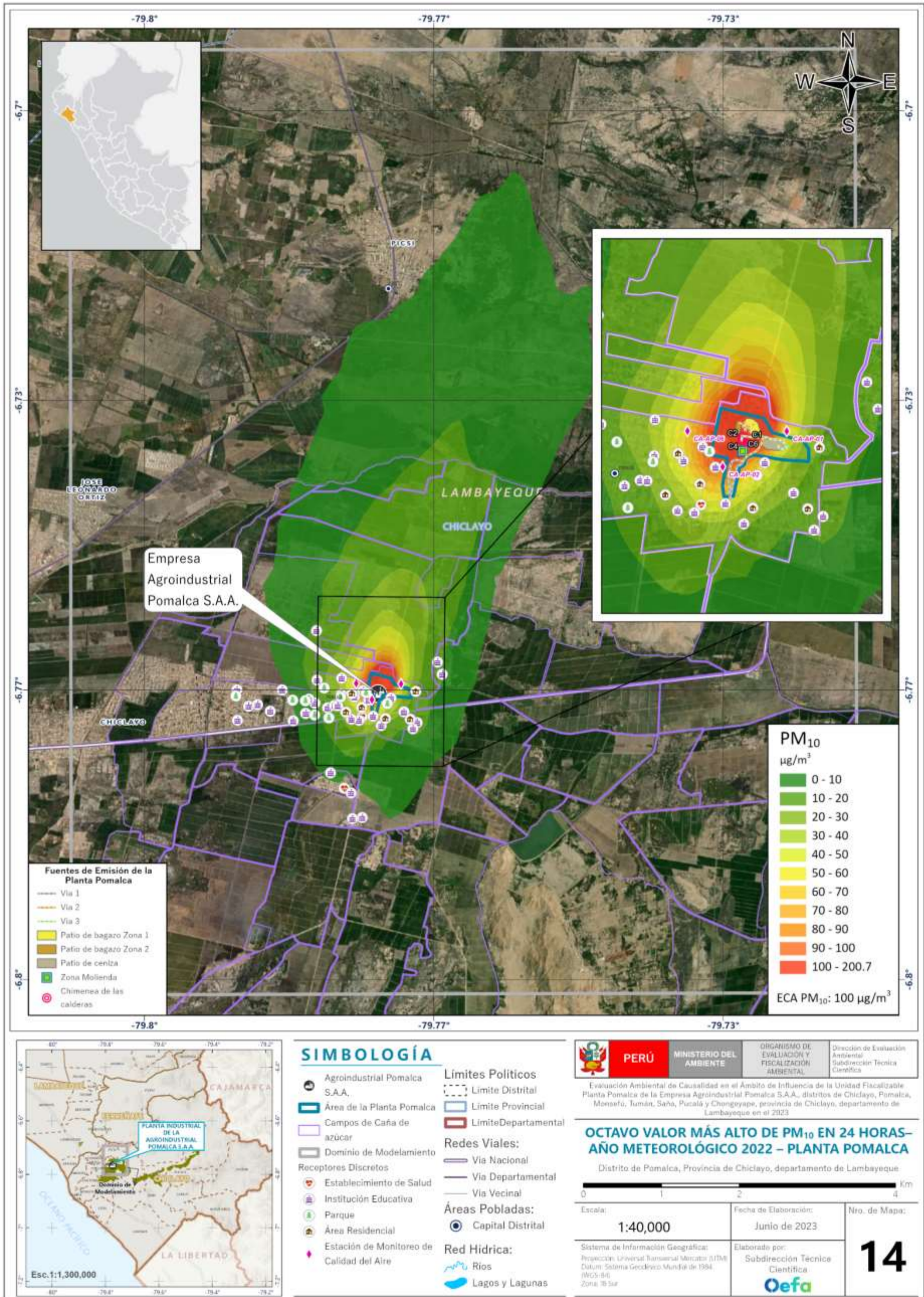


Figura 6.10. Octavo valor más alto de PM₁₀ en 24 horas- Año meteorológico 2022 – Planta Pomalca



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

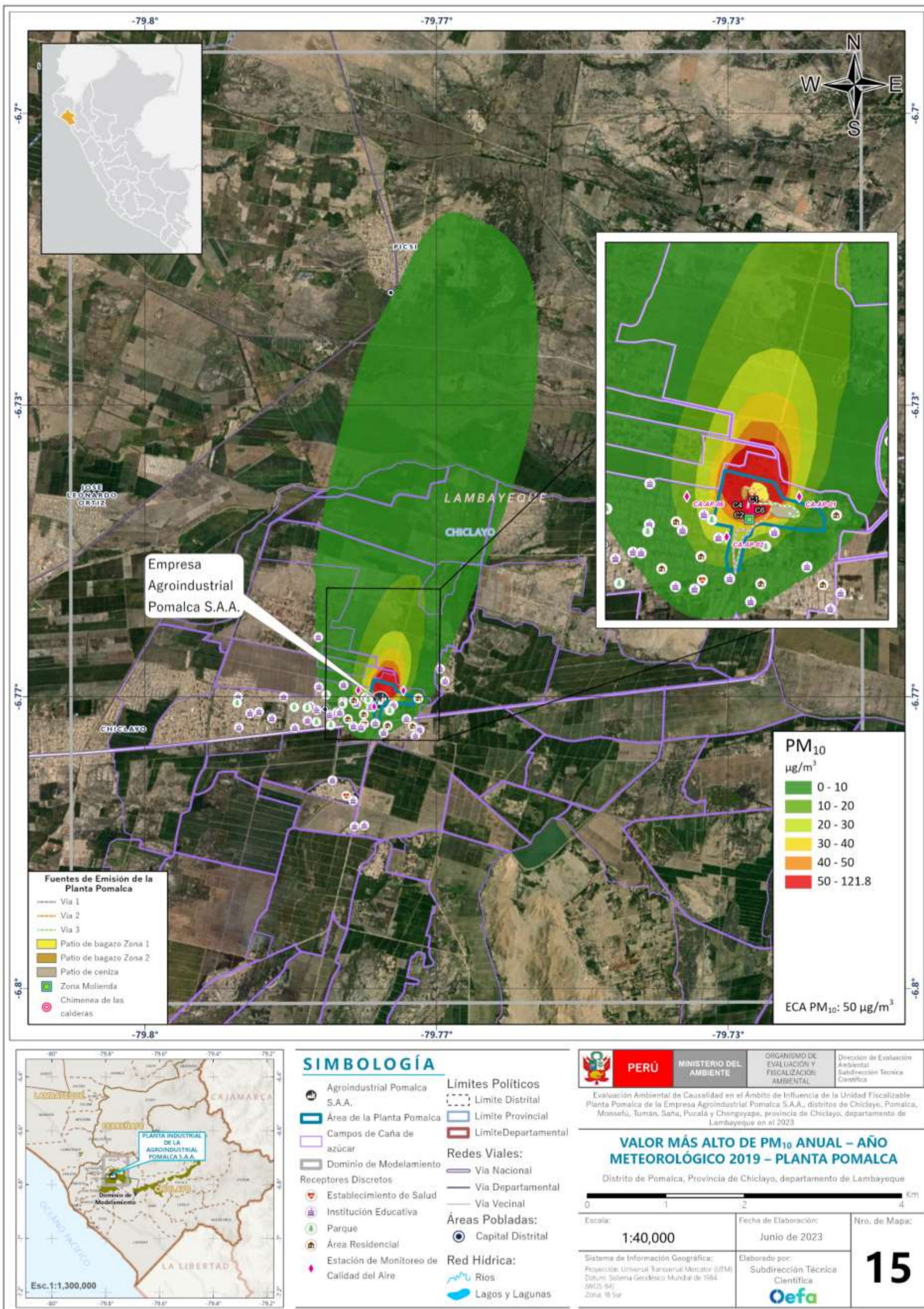


Figura 6.11. Valor más alto de PM₁₀ anual – Año meteorológico 2019 – Planta Pomalca



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

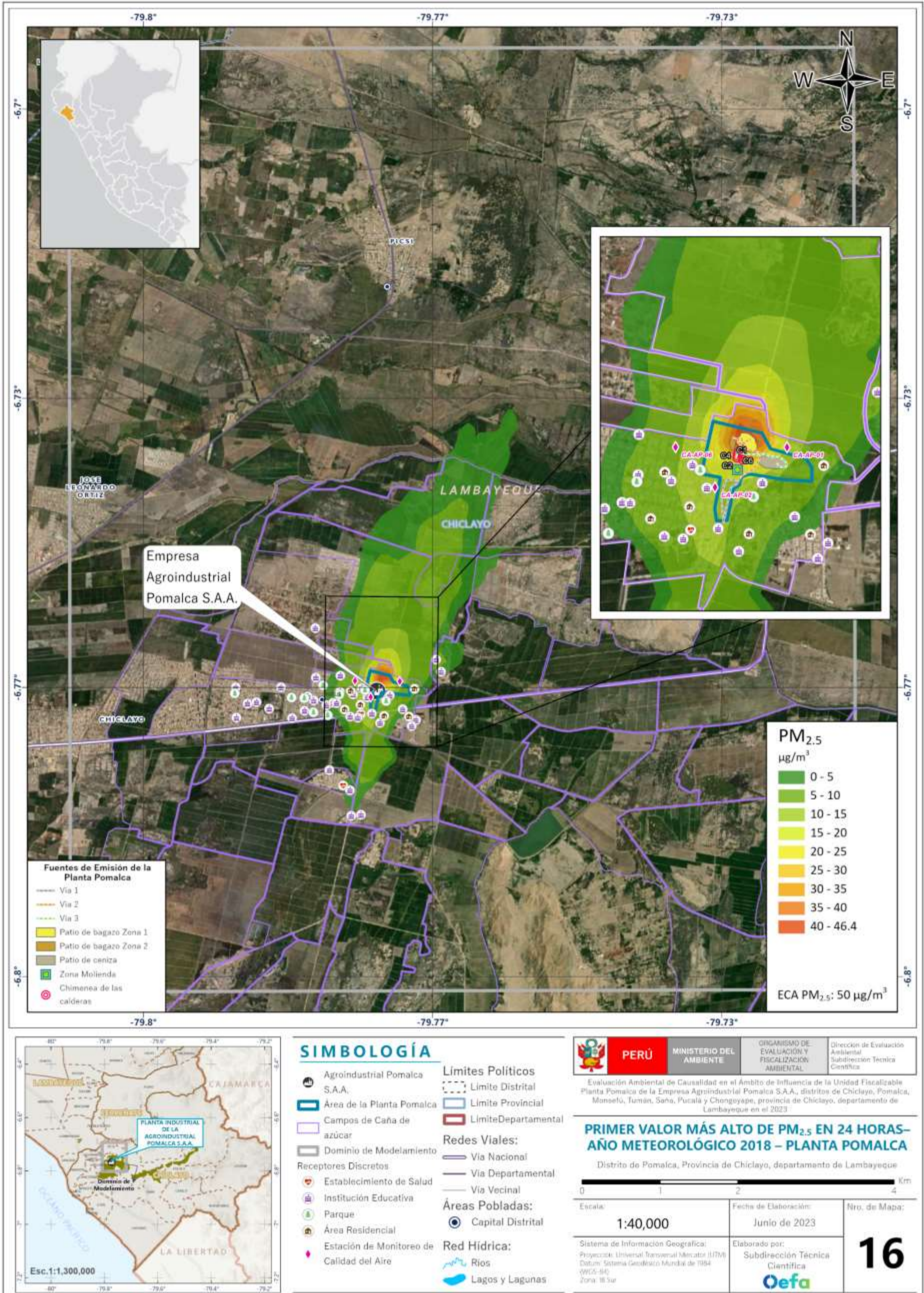


Figura 6.12. Primer valor más alto de PM_{2.5} en 24 horas- Año meteorológico 2018 – Planta Pomalca



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

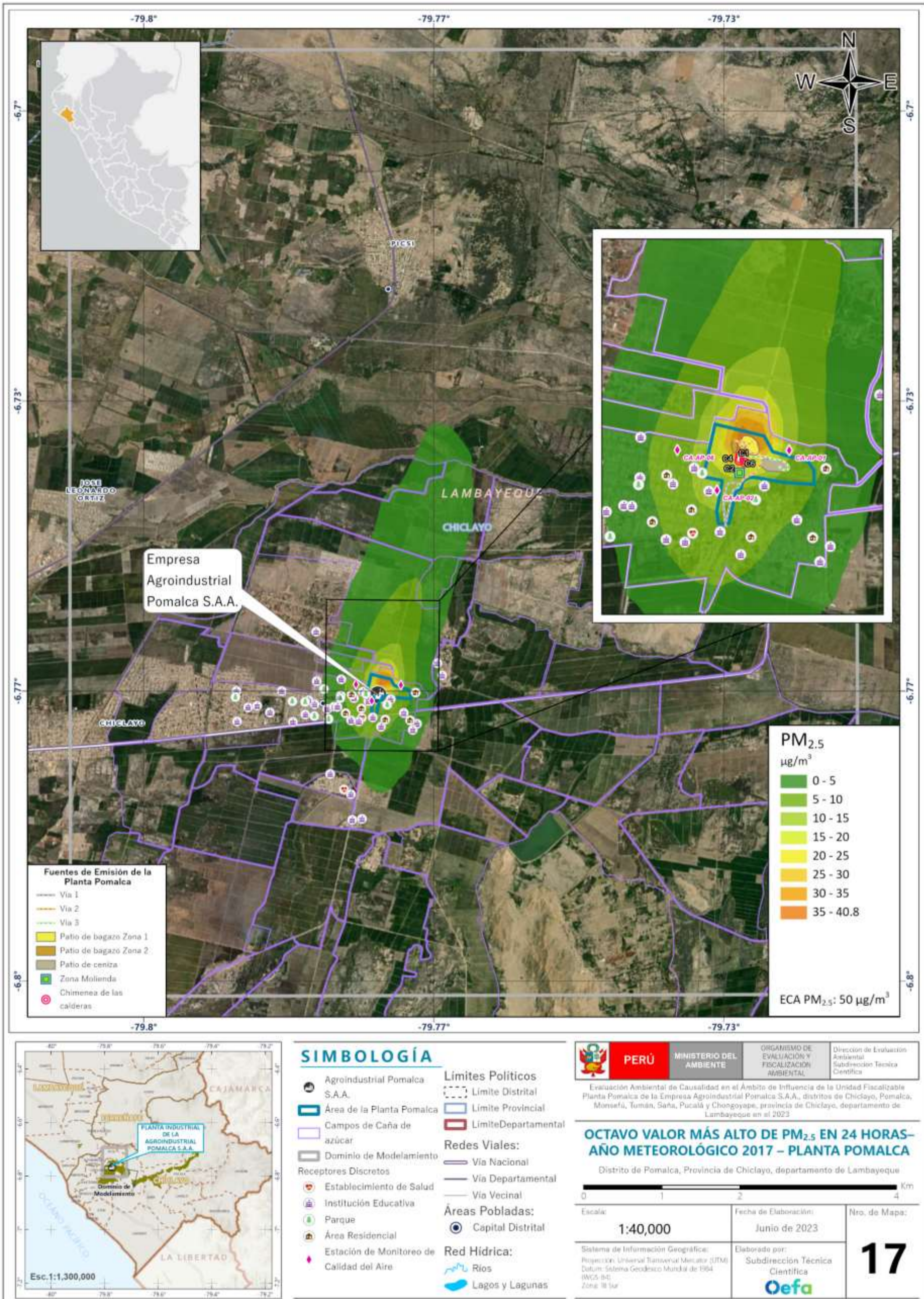


Figura 6.13. Octavo valor más alto de PM_{2.5} en 24 horas- Año meteorológico 2017 – Planta Pomalca



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres «Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

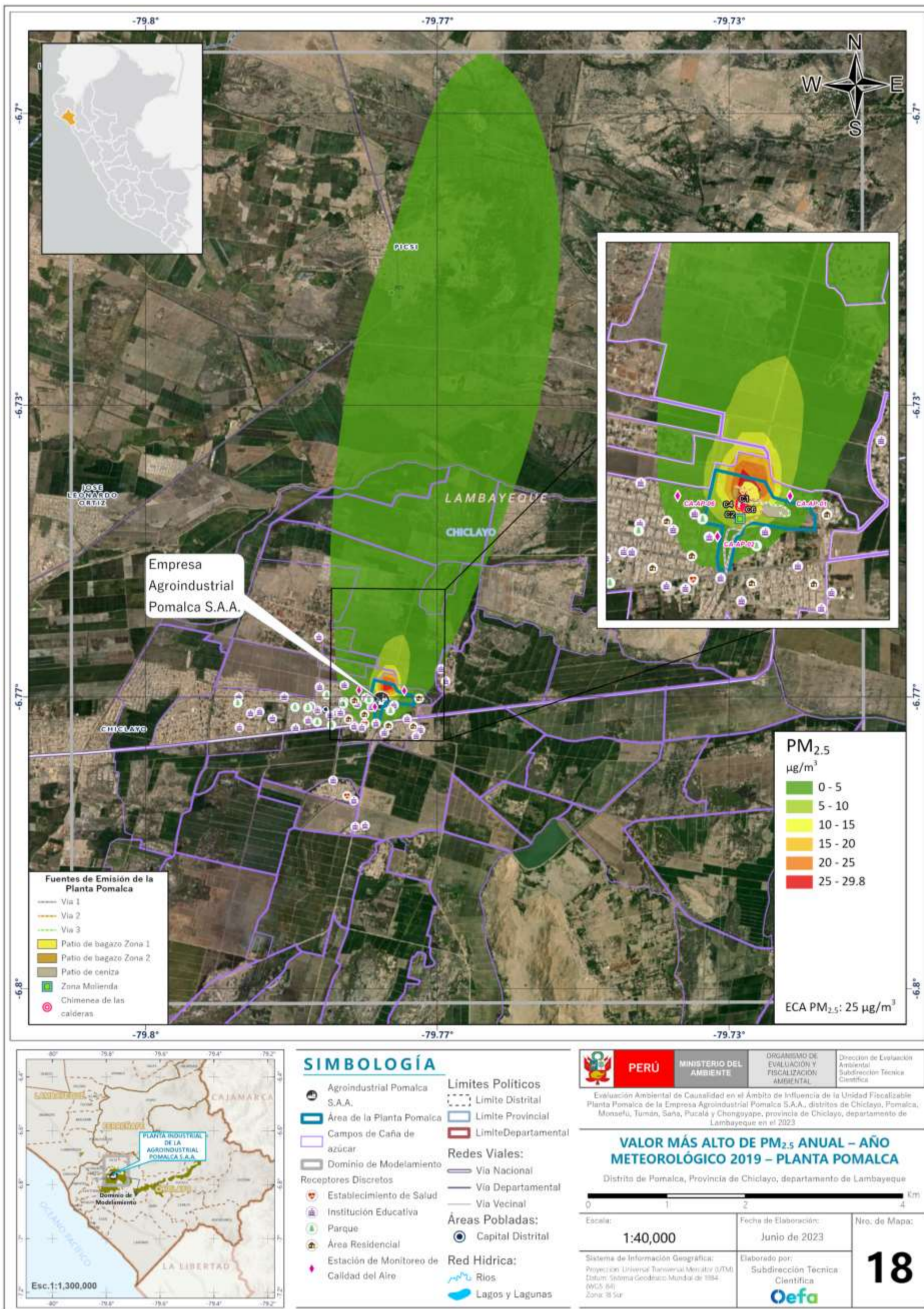


Figura 6.14. Valor más alto de PM₁₀ anual – Año meteorológico 2019 – Planta Pomalca



6.2.4. Análisis de las Distancias Máximas entre los centros poblados de interés y las parcelas de quema representativas

A partir de los resultados del modelamiento de las 11 parcelas representativas, se determinó el área de mayor impacto generado por las quemaduras de caña de azúcar (área con concentraciones de PM₁₀ mayores a 100 µg/m³), así como las distancias máximas y dirección predominante de impacto (Tabla 6.11). Las distancias máximas, que se extienden desde el centroide de las parcelas hasta el límite más extremo de las áreas de mayor impacto, fluctúan entre 933 hasta 1622 m, el mayor valor corresponde a la parcela Juan Pablo. Las variaciones en las distancias máximas y las direcciones predominantes de las plumas de emisión de cada parcela dependen de factores como la dirección de los vientos predominantes en la capa de mezcla y la topografía de la zona de estudio. En los casos en que las plumas (y a su vez el área de mayor impacto) se propagaron en dirección a un centro poblado, se determinó las distancias máximas entre el centroide de las parcelas y el centro poblado más cercano, resultando en valores de hasta 899 m (correspondiente a la parcela Laura I que se extiende hacia el centro poblado Saltur).

Tabla 6.11. Distancias máximas y direcciones predominantes del área de mayor impacto generado por la quema de caña de azúcar

N.	Parcela	Área de impacto		Centro poblado más cercano			
		Distancia Máxima (m)	Dirección	Nombre del centro poblado	Distancia máxima (m)	Dirección	Concentración de PM ₁₀ (µg/m ³)
1	Samán	1456	NE	Pomalca	807	SE	103.6
2	Estaciones	1485	NE	San Antonio	-	-	-
3	Zanjon IV	1194	SW	Casa Madera	-	-	-
4	Zanjon IA	1344	NE	El Triunfo	642	NE	164.7
5	Laura I	1533	NW	Saltur	899	NE	104.0
6	Laura IIA	1593	NE	Saltur	883	SE	108.2
7	Huacas	1036	SW	Sipán	713	SE	111.7
8	Higueron Alto	1463	NW	Pacherrez	807	SW	145.0
9	Goto	933	SW	Pucalá	824	NW	104.8
10	Juan Pablo	1622	NW	Pampa Grande	709	SE	109.9
11	Lote III	1107	SW	San Juan de Cuculí	-	-	-
Distancia más alta		1622		Distancia más alta	899		

Sin embargo, el análisis se basa únicamente en una muestra de 11 parcelas representativas, lo cual es un universo mucho menor en comparación con el número total de parcelas. Además, estas parcelas están ubicadas a diferentes distancias y direcciones de los centros poblados de interés. Por lo que, con el fin de determinar la distancia mínima requerida entre una parcela que será quemada y los centros poblados, se utilizó la distancia más larga registrada entre el centroide de la parcela y la frontera más alejada del área de mayor impacto, alcanzando un valor de 1622 metros. A partir de esta distancia, se calculó que un área de 5976.6 hectáreas, de las 13208.7 hectáreas totales de la Agroindustrial Pomalca, debe ser cosechada en verde.

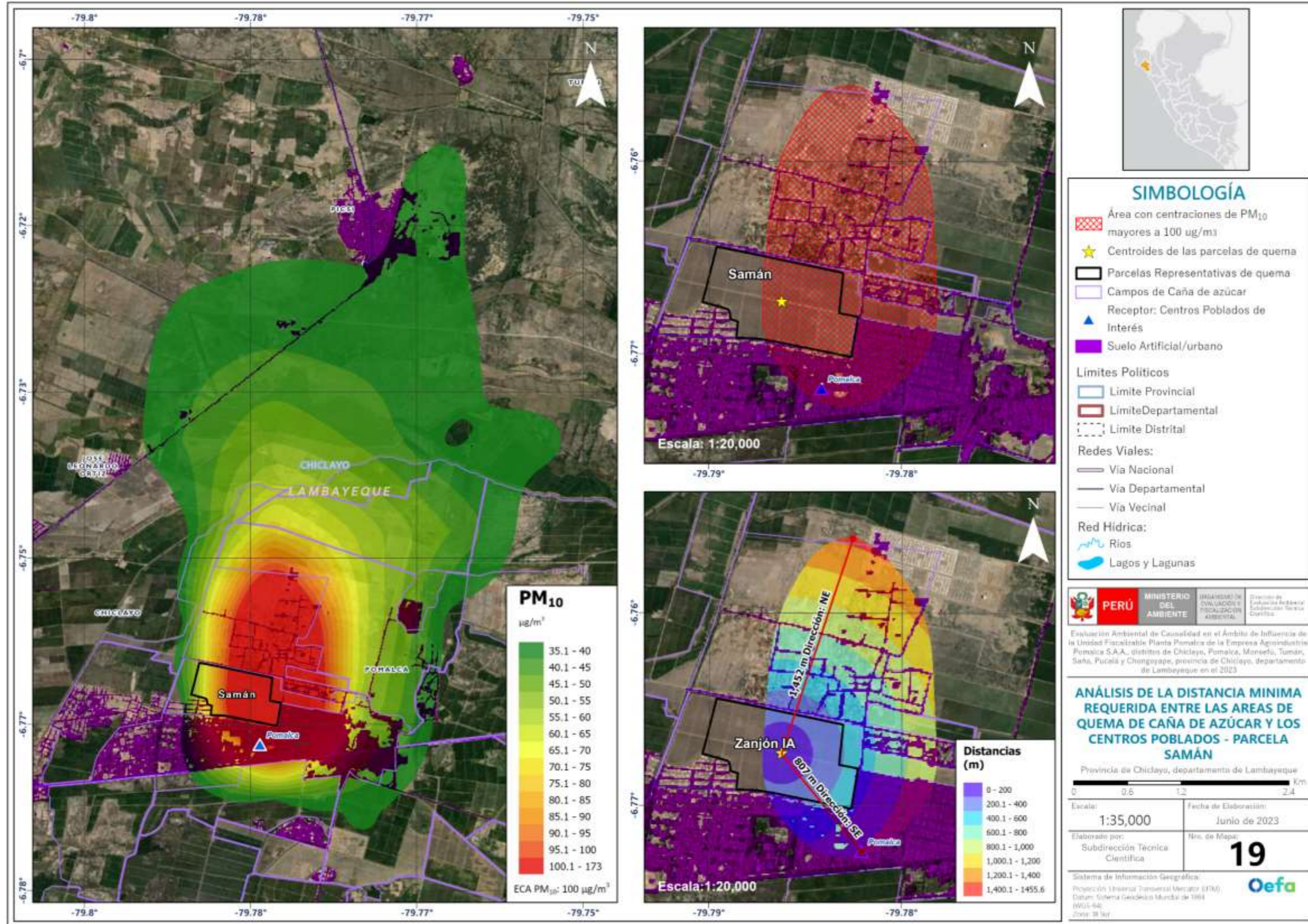


Figura 6.15. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Samán

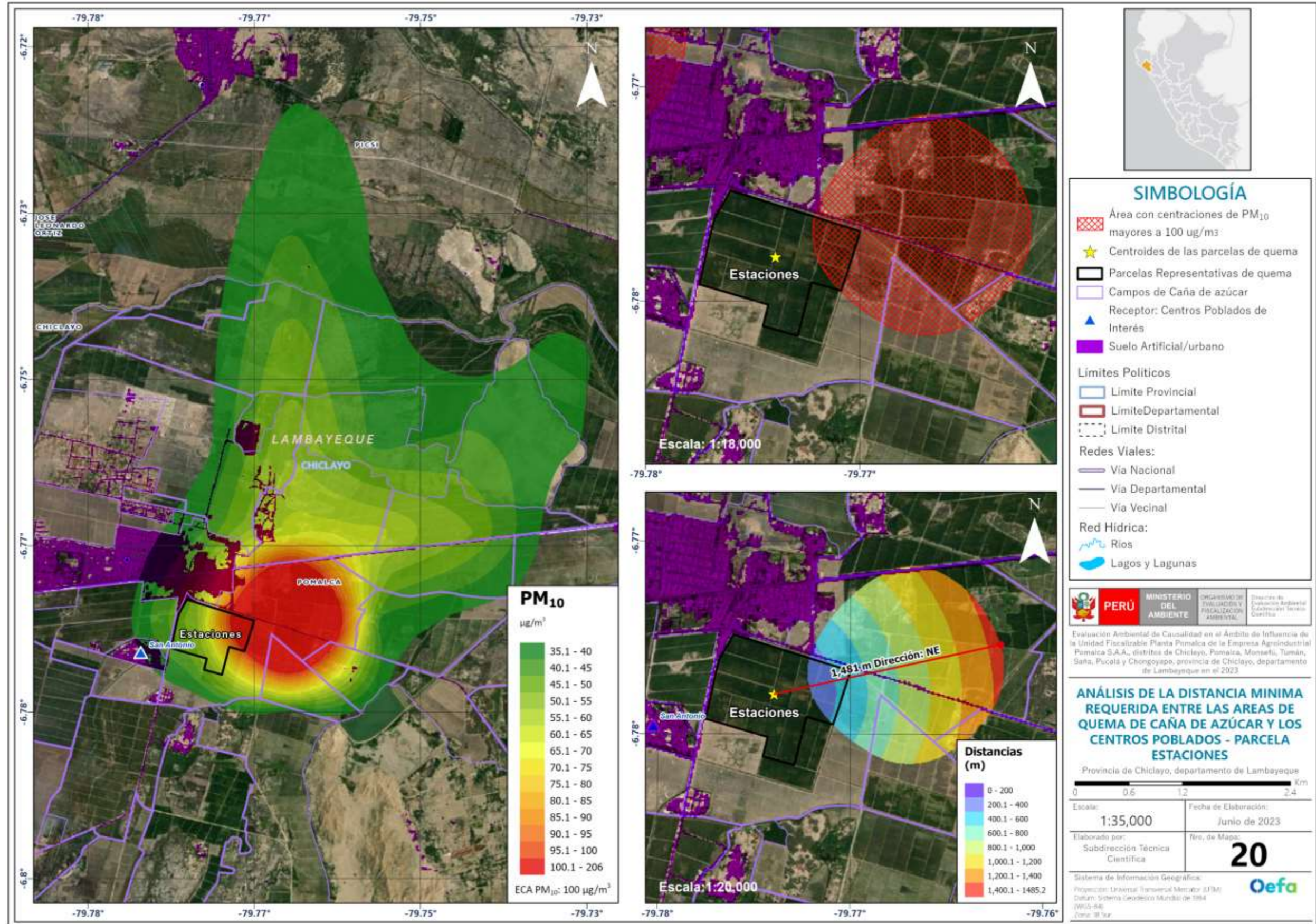


Figura 6.16. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Estaciones

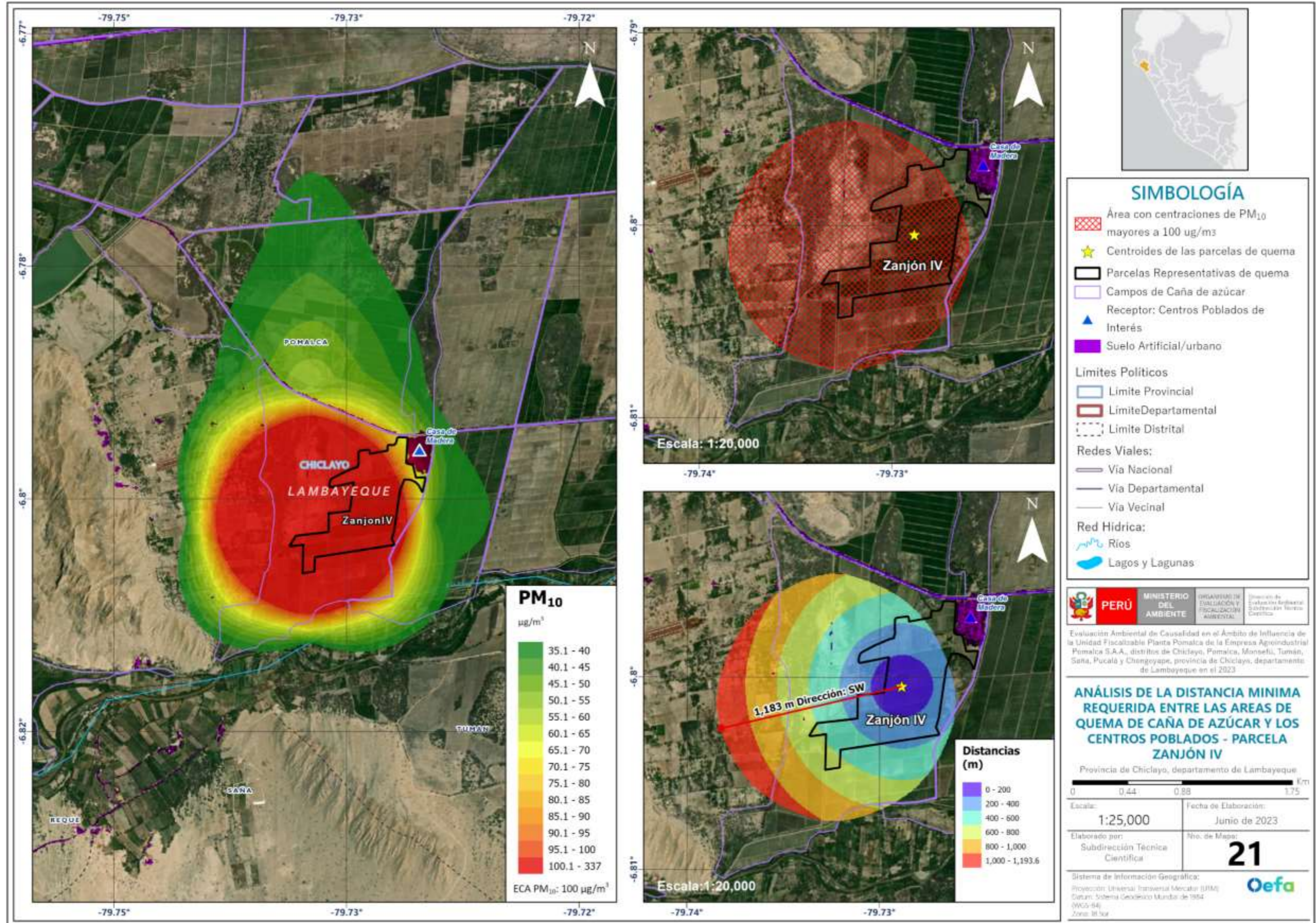


Figura 6.17. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Zanjón IV

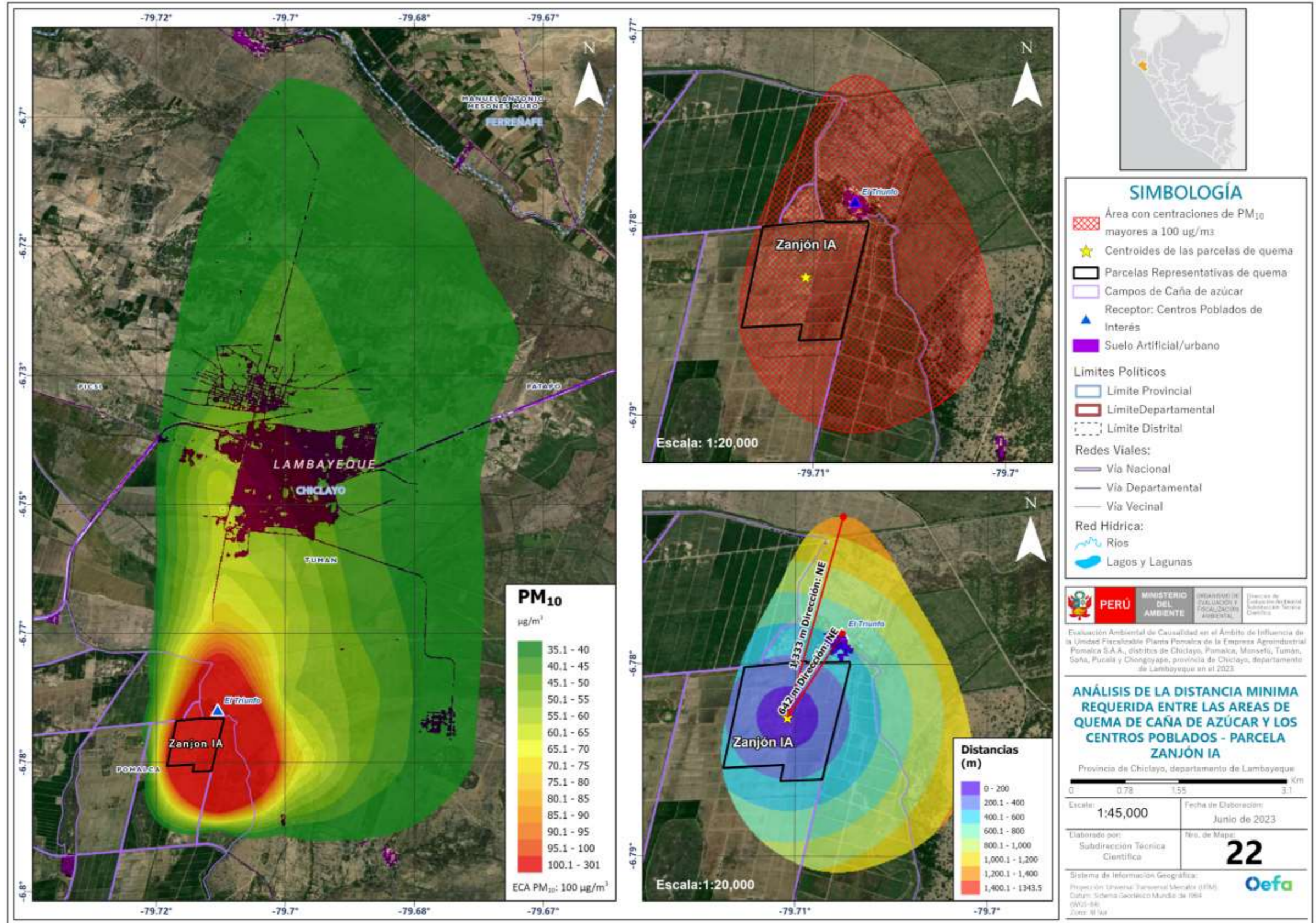


Figura 6.18. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Zanjón IA

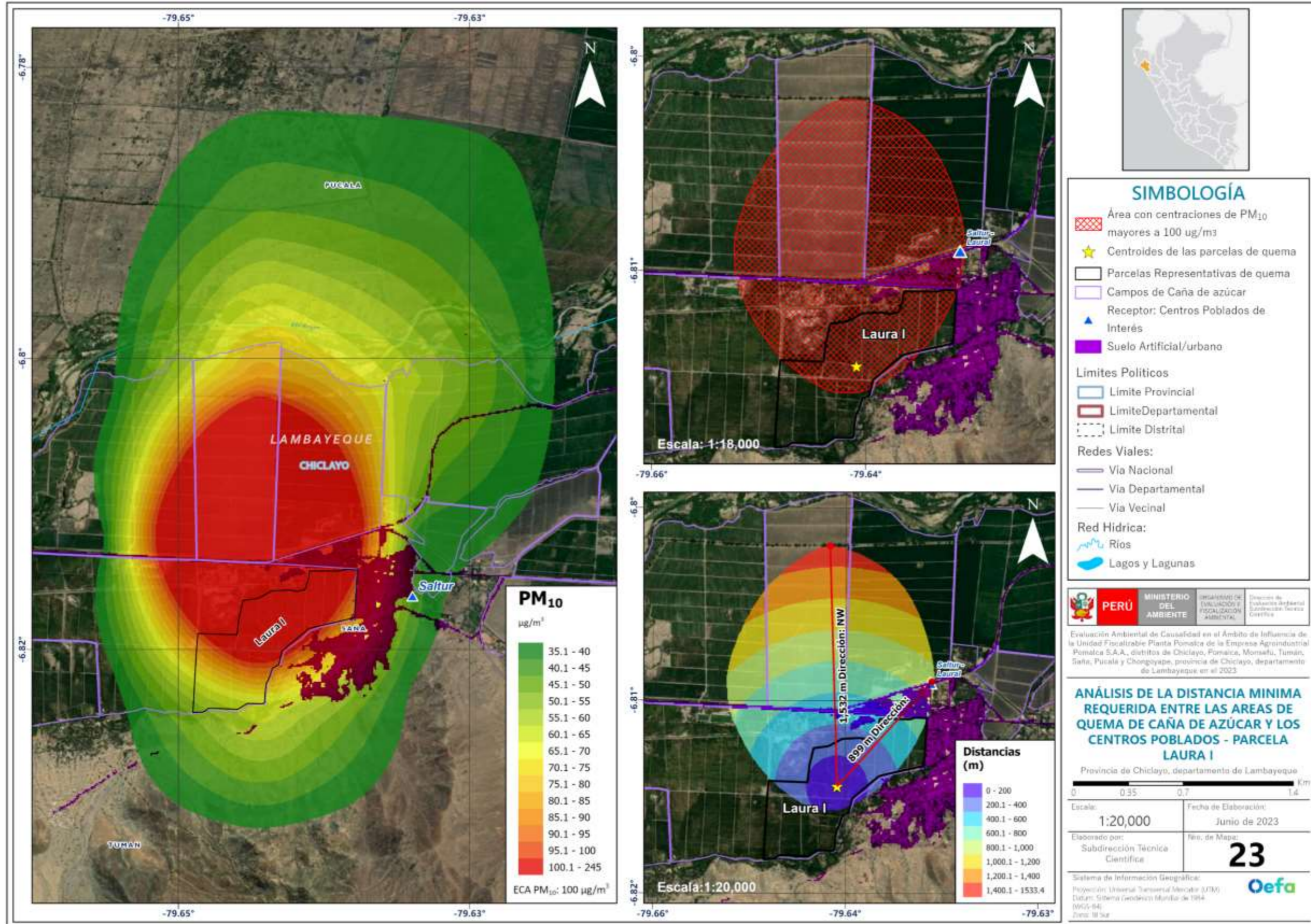


Figura 6.19. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Laura I

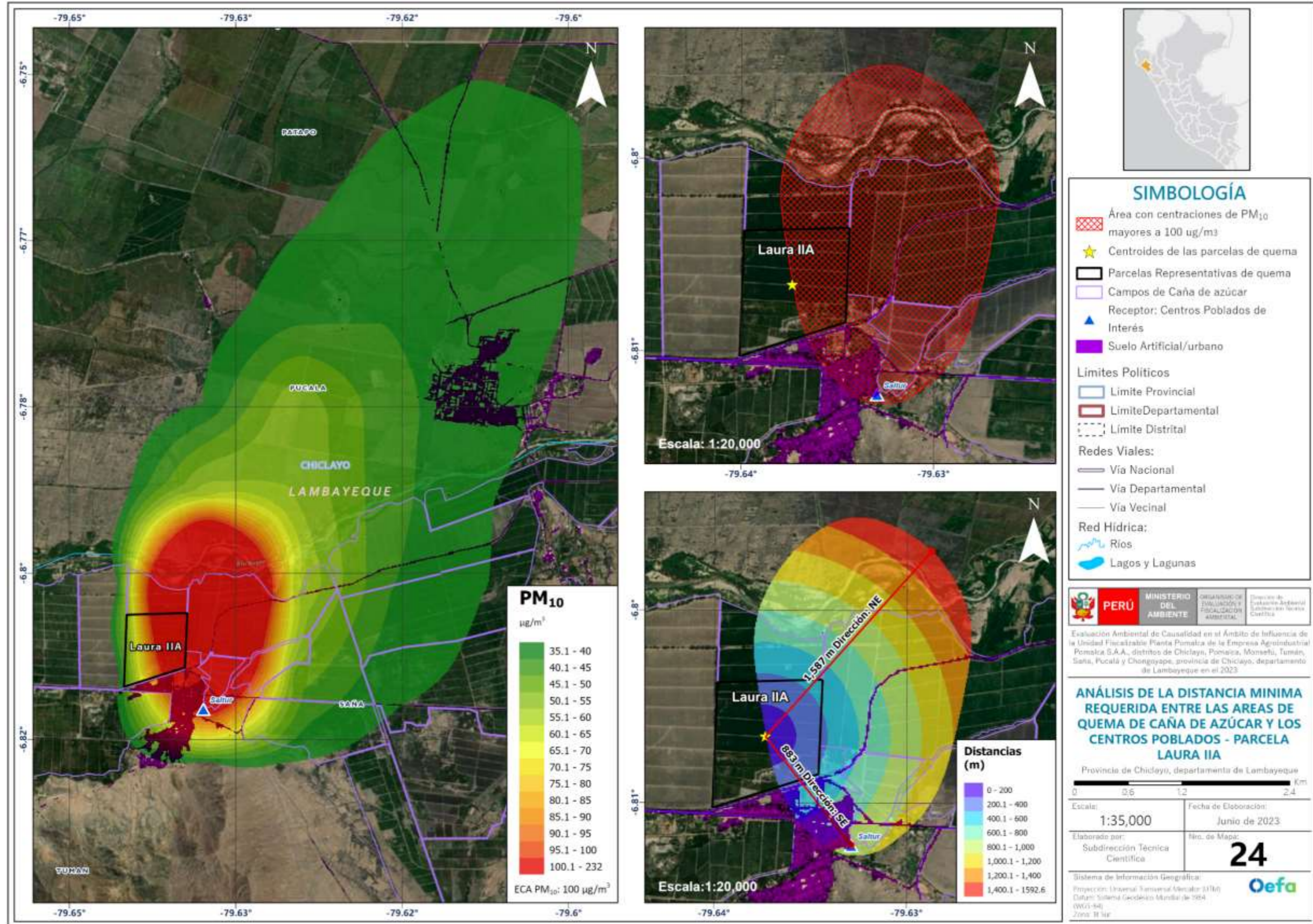


Figura 6.20. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Laura IIA

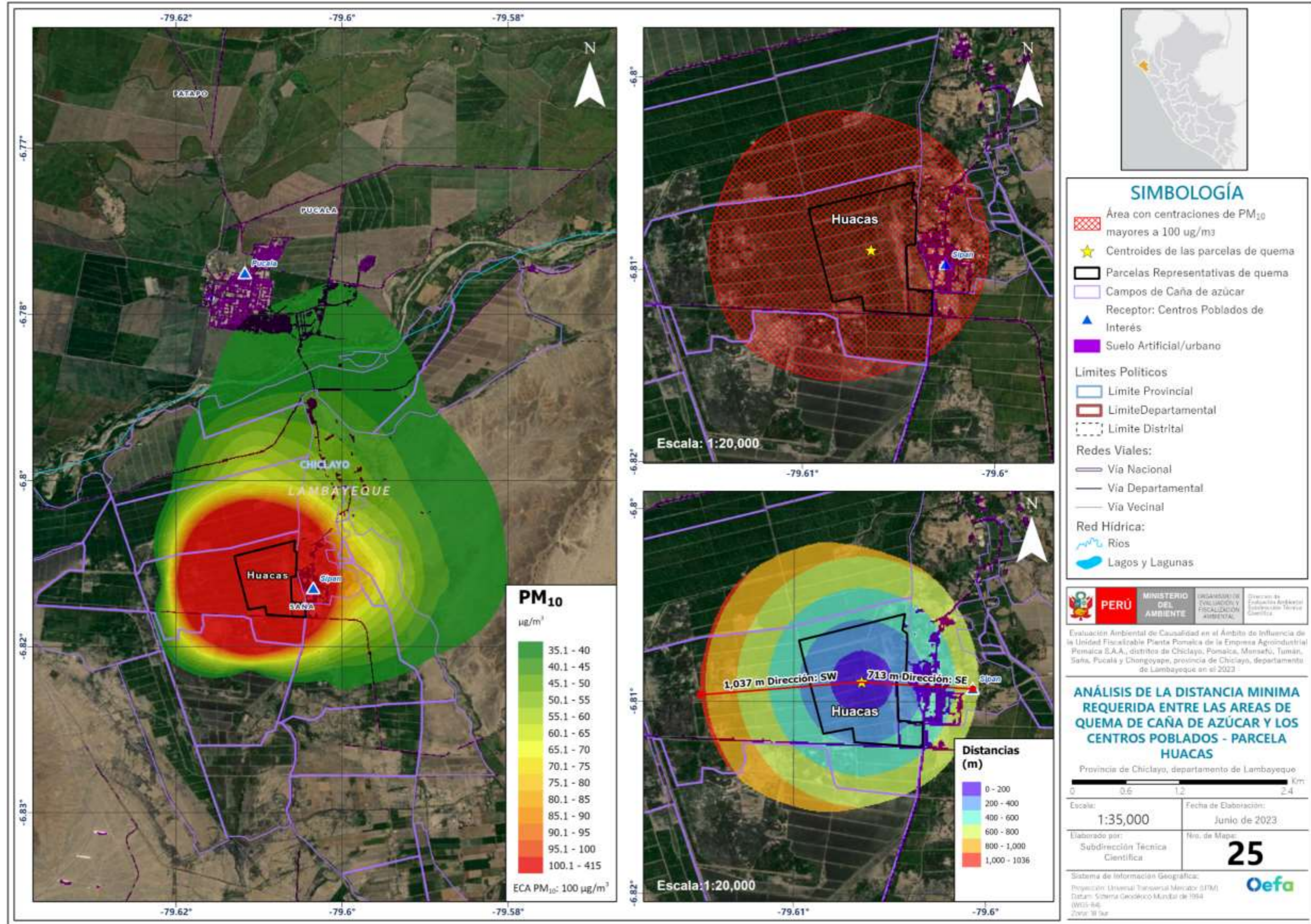


Figura 6.21. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Huacas

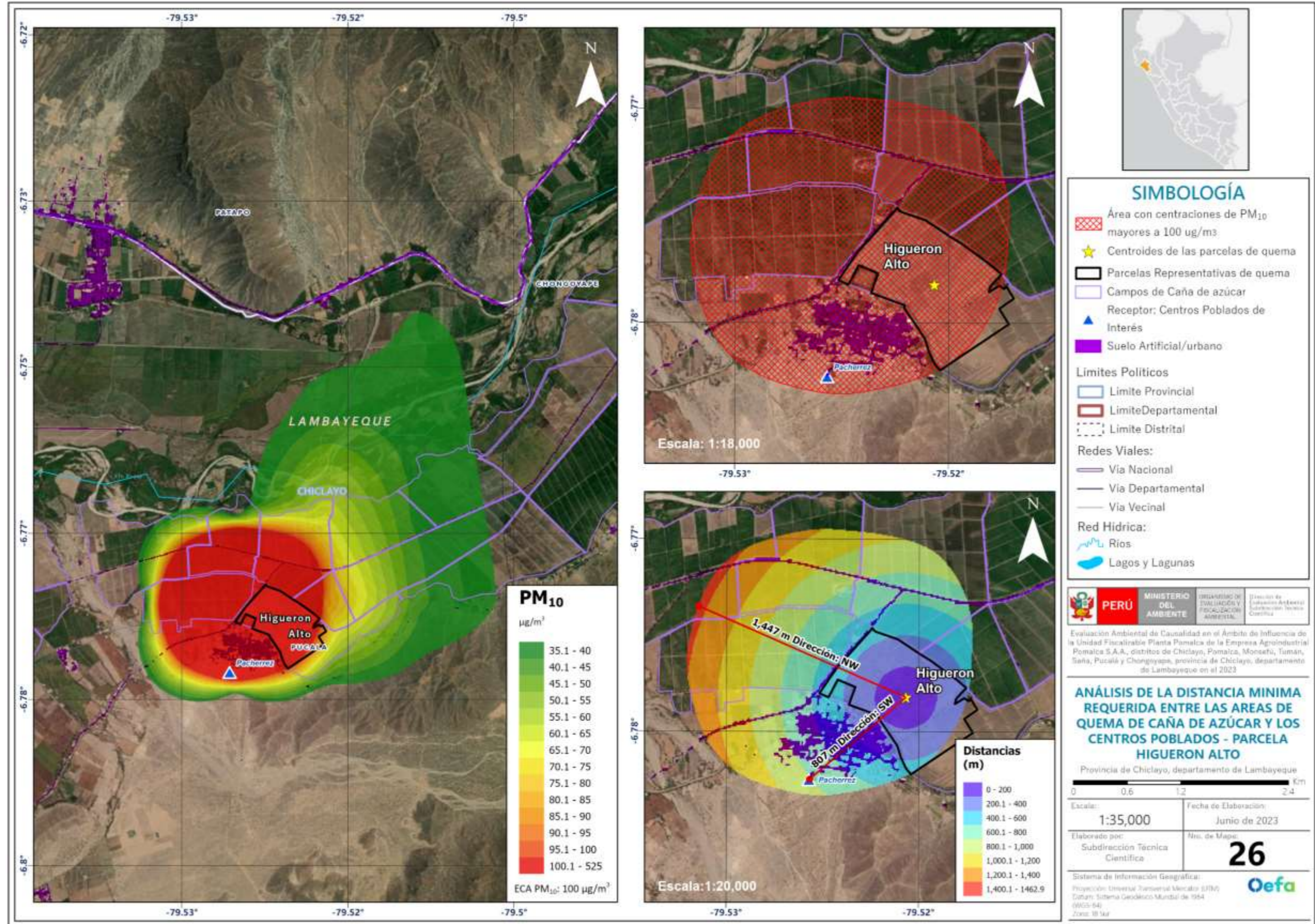


Figura 6.22. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Higueron Alto



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

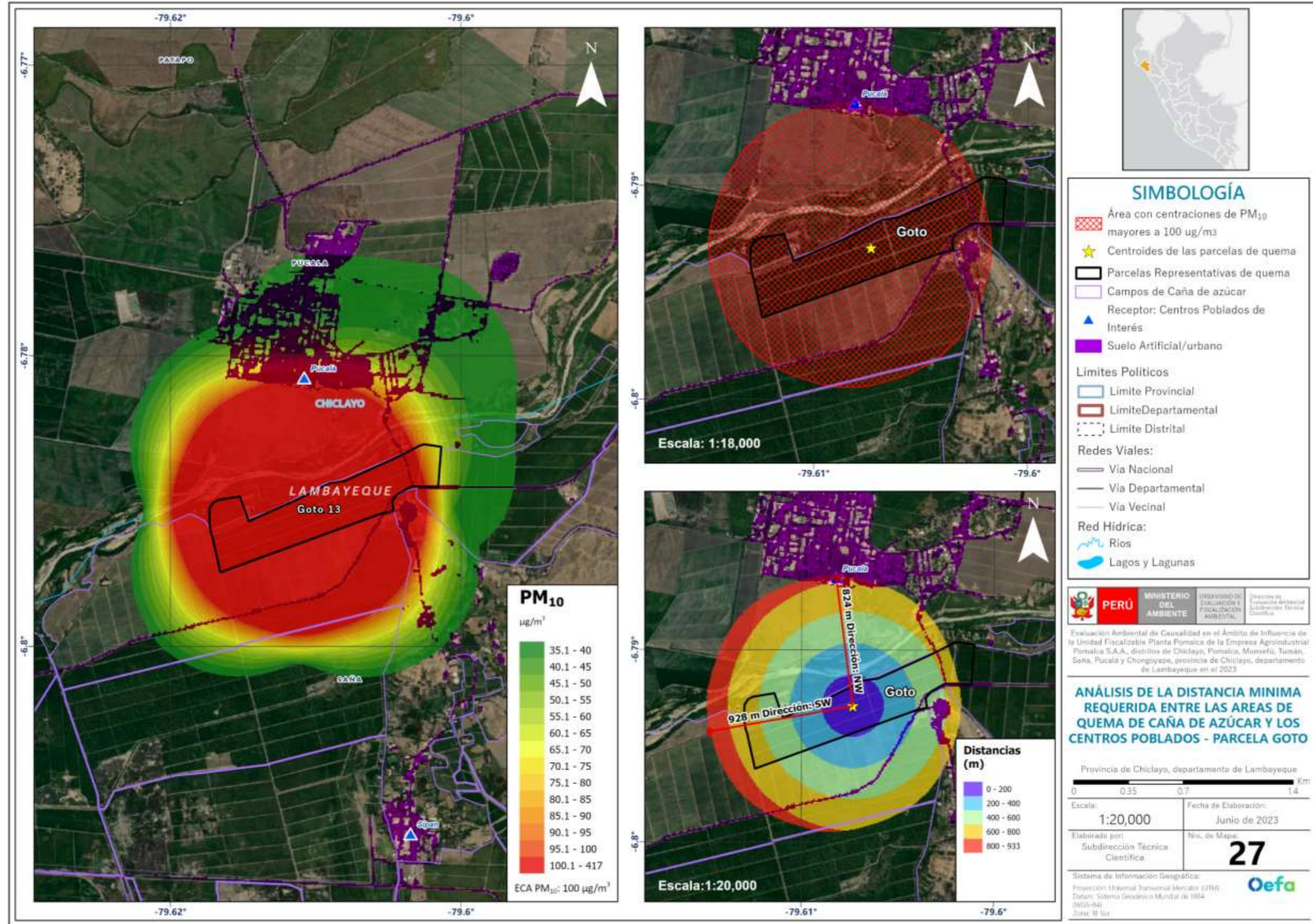


Figura 6.23. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Goto

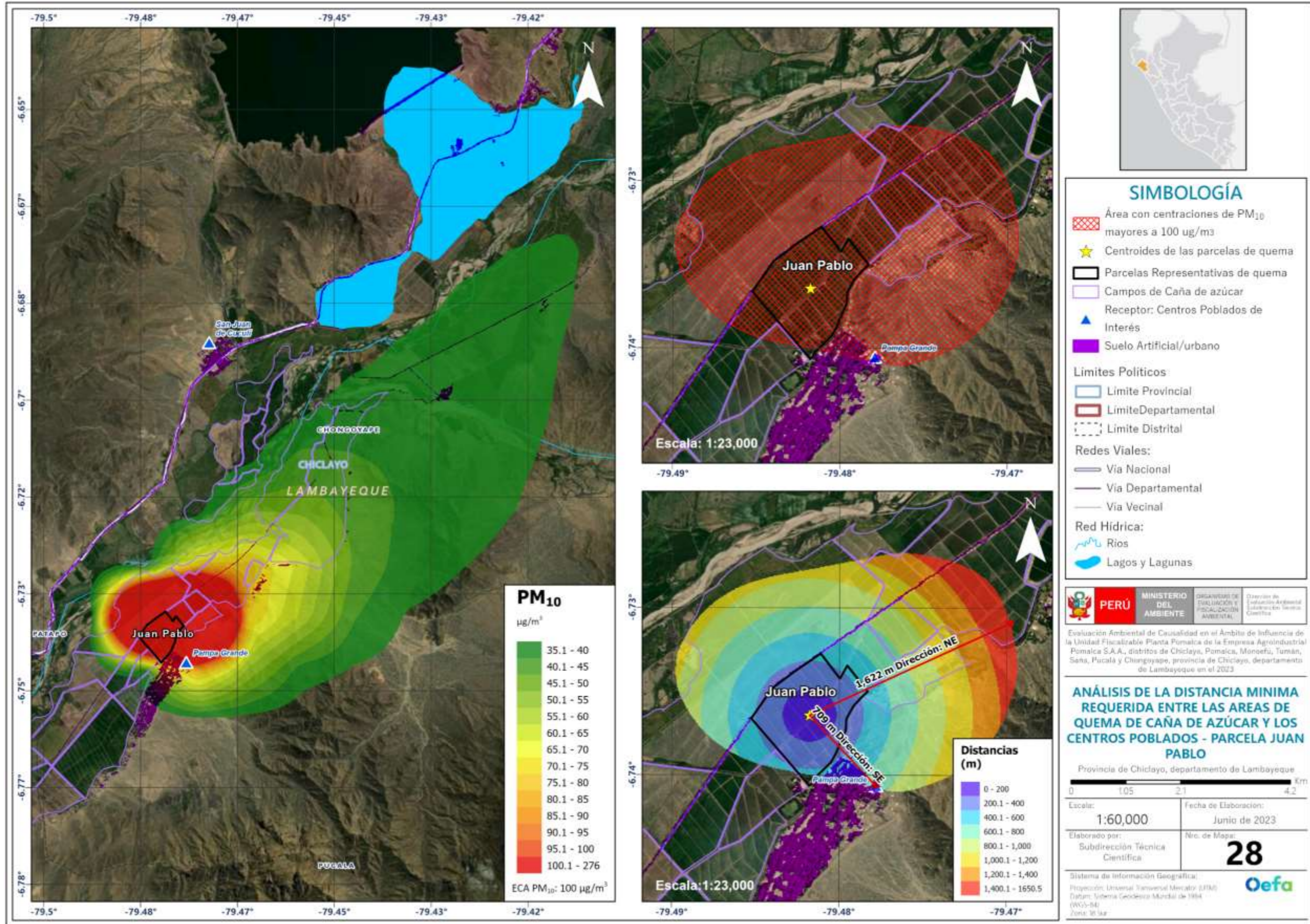


Figura 6.24. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Juan Pablo

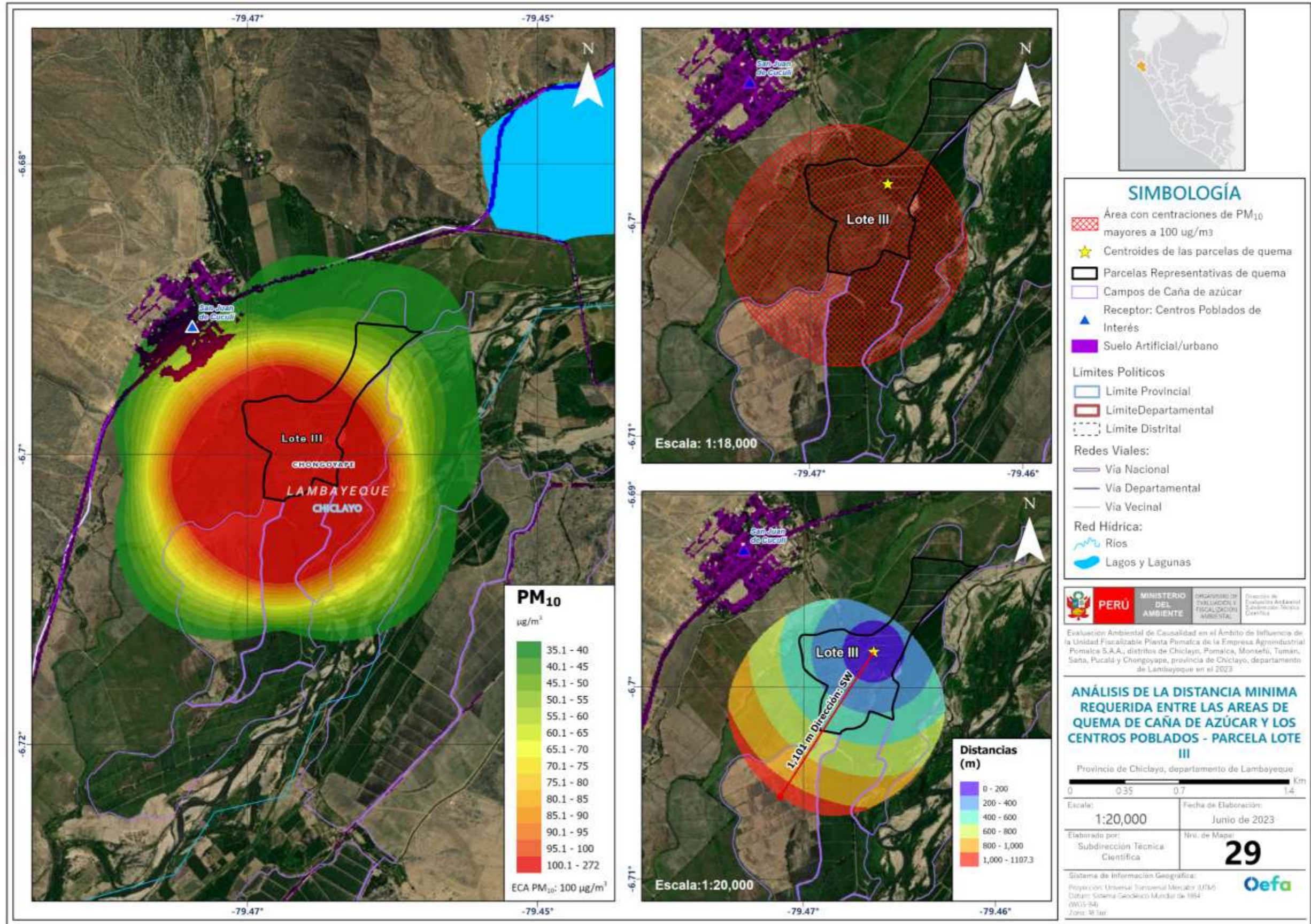


Figura 6.25. Análisis de la Distancia mínima requerida entre las áreas de quema de caña de azúcar y los centros poblados – Parcela Lote III



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

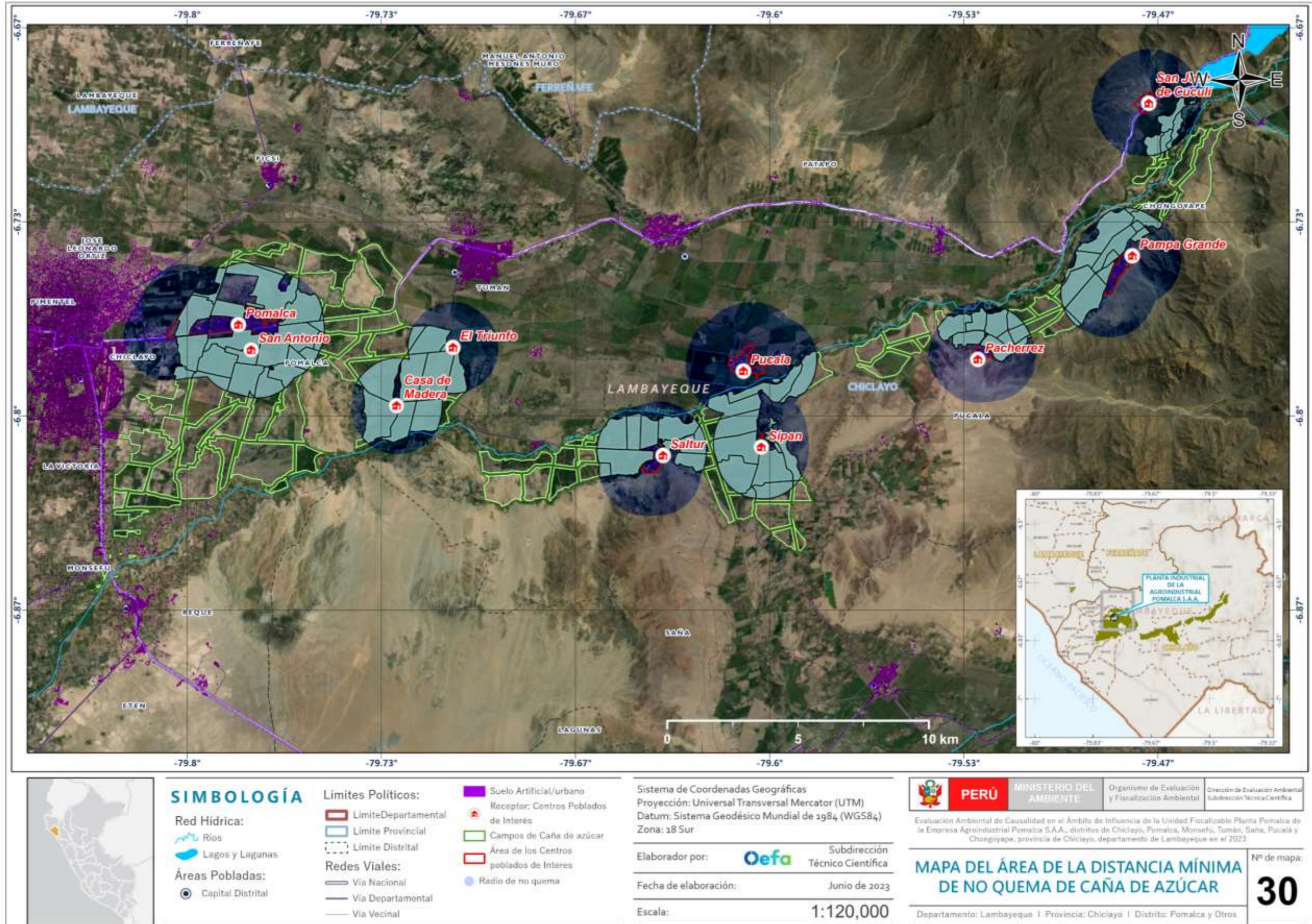


Figura 6.26. Mapa del Área de la distancia máxima de no quema de caña de azúcar

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

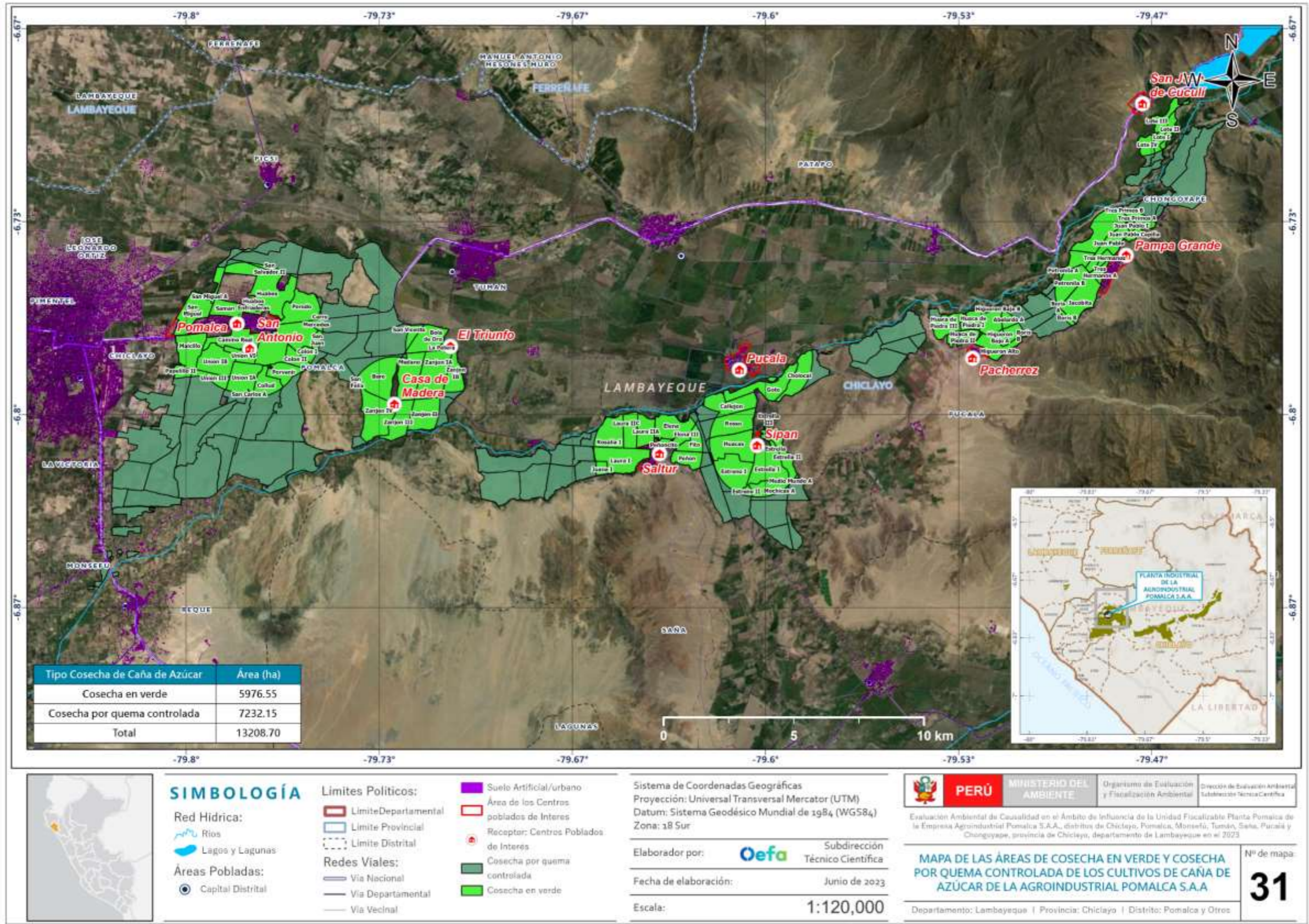


Figura 6.27. Mapa de las Áreas de cosecha en verde y cosecha por quema controlada de los cultivos de caña de azúcar de la Agroindustrial Pomalca S.A.A.



7. DISCUSIONES

De los resultados del monitoreo, 1 de las 5 estaciones que se encontraban instaladas en el área de influencia de las actividades de la planta Pomalca (CA-AP-01, CA-AP-02 y CA-AP-06) y de la quema de caña de azúcar (CA-AP-03, CA-AP-04 y CA-AP-05) registró concentraciones de PM₁₀ que excedieron el valor de ECA aire para este contaminante (100 µg/m³) en 1 día de los 44 días de monitoreo. Sin embargo, para PM_{2.5} y gases, en ninguna estación se superó los valores de sus respectivos ECA para aire.

Es importante destacar que, durante el período de monitoreo, se produjo un ciclón tropical poco organizado, caracterizado por una baja presión atmosférica y vientos que giran en sentido horario. Este fenómeno tuvo un impacto significativo en la temperatura y humedad de la costa norte y centro del Perú, como en Chiclayo, creando las condiciones propicias para la ocurrencia de fuertes lluvias. Las precipitaciones se registraron desde el 5 de marzo hasta el 5 de abril, siendo especialmente intensas en los primeros días debido a los efectos derivados de la ubicación del ciclón frente a la costa norte del Perú. Posteriormente, el calentamiento de la temperatura superficial del mar provocado por el ciclón generó una importante cantidad de humedad que se desplazó hacia las zonas costeras, originando más precipitaciones.

Varios artículos científicos han examinado el impacto de las precipitaciones en la concentración de material particulado en entornos urbanos. Estos estudios han revisado los mecanismos físicos y químicos involucrados en este fenómeno y han demostrado consistentemente una disminución en la concentración de material particulado después de episodios de lluvia (McMullen et al., 2021; Wang et al., 2023). Durante nuestro período de monitoreo, se observó una disminución significativa del material particulado en la atmósfera baja durante los eventos de precipitación.

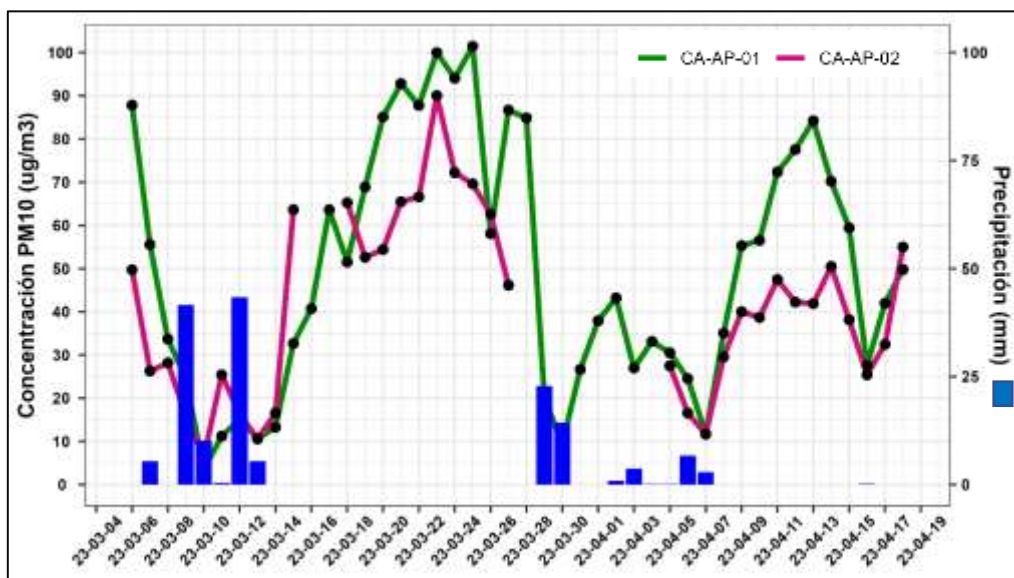


Figura 7.1. Variación diaria de las concentraciones de PM₁₀ en el ámbito de influencia de la Planta Pomalca de la Agroindustrial Pomalca y precipitaciones acumuladas



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Asimismo, durante el periodo de monitoreo, según la información proporcionada por la agroindustrial Pomalca, se paralizaron las actividades de molienda de caña de azúcar en la Planta Pomalca durante 25 días, en los periodos 18 al 28 de marzo, 31 de marzo y 06 de abril al 18 de abril de 2023¹⁸. En los días restantes (19 días), la planta operó. Cabe recalcar que, según lo manifestado por el administrado en el mes de marzo, el porcentaje de caña procesada fue aproximadamente el 50% de lo que se procesó en el mes de enero.

Durante el periodo comprendido entre el 6 de marzo y el 17 de marzo, del 29 de marzo al 30 de marzo, y del 1 de abril al 6 de abril, la planta estuvo operando. Durante estos días, como se mencionó anteriormente, hubo presencia de precipitaciones, lo que resultó en una notable disminución en las concentraciones de material particulado (Ver Figura 7.1).

Al analizar los registros fotográficos de la cámara trampa instalada en la estación CA-AP-02, durante el periodo 6 de marzo y el 17 de marzo (días que la planta operó), se pudo observar un elevado número de camiones cargados de caña de azúcar transitando por el camino de entrada de la empresa hacia el molino. Cabe destacar que esta vía no está asfaltada y representa una potencial fuente de emisión de material particulado. Esta observación se aplica tanto a los días con precipitación, como al 11 de marzo, así como a los días sin precipitación, como el 16 de marzo. Es notable que, durante los días con precipitación, la vía se encontraba humedecida debido a las lluvias, lo que limitó la generación de material particulado (Figura 7.2). En contraste, los días sin precipitación presentaron una vía seca que generó una resuspensión de material particulado (Figura 7.3). Estos hallazgos sugieren una clara influencia de las precipitaciones, en las concentraciones de material particulado registrados en nuestras estaciones, lo que se evidencia con un incremento en las concentraciones de material particulado de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (registrado el 12 de marzo en la estación CA-AP-01 – vía húmeda) a 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (registrado el 17 de marzo en la estación CA-AP-01 – vía seca)



Figura 7.2. Tránsito de camiones de carga por caminos húmedos (debido a la precipitación) durante el periodo de operación de la planta (12 de marzo del 2023)

¹⁸ De acuerdo con el cronograma de cantidad de caña procesada del 01 de enero de 2023 al 20 de abril de 2023 proporcionada por el Administrado, las toneladas de caña de azúcar procesadas en la molienda fueron cero durante estos 25 días.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»



Figura 7.3. Tránsito de camiones de carga por caminos secos (ausencia de precipitación) durante el periodo de operación de la planta (16 y 17 de marzo del 2023)

Entre el 19 y el 28 de marzo, se registró un aumento significativo en las concentraciones de material particulado, principalmente PM₁₀, en las estaciones de monitoreo CA-AP-01 y CA-AP-02. De hecho, en un día en particular, el 25 de marzo, se superó el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para PM₁₀ (100 µg/m³ en un período de 24 horas) en la estación CA-AP-01. A pesar de que la empresa agroindustrial Pomalca afirmó que no estaba operando durante este periodo (procesamiento de caña), se evidenció a través de las cámaras trampa que estos incrementos estaban relacionados con otras actividades dentro de la empresa.



Específicamente, se observó el uso de maquinaria pesada, como un cargador frontal, en el área del patio de cenizas durante el horario diurno, entre las 7:00 y las 18:00 horas, durante estos días. Estas actividades resultaron en la liberación de partículas, como se muestra en las fotografías de la Figura 7.4. Además, los horarios en los que se llevó a cabo esta actividad coincidieron con las concentraciones máximas registradas en la estación CA-AP-01 durante esos días. Por ejemplo, el 22 de marzo a las 9:45 horas, se observó un cargador frontal en funcionamiento en el patio de cenizas, generando material particulado, lo cual está relacionado con el aumento en la concentración horaria de PM₁₀ a las 10:00 horas (Figura 7.4c). De manera similar, el día 23 de marzo se evidenció el funcionamiento del cargador frontal entre las 7:30 y las 8:30 horas, y nuevamente entre las 15:00 y las 17:40 horas (Figura 7.4d), horarios en los que se registraron las mayores concentraciones de PM₁₀ durante ese día.

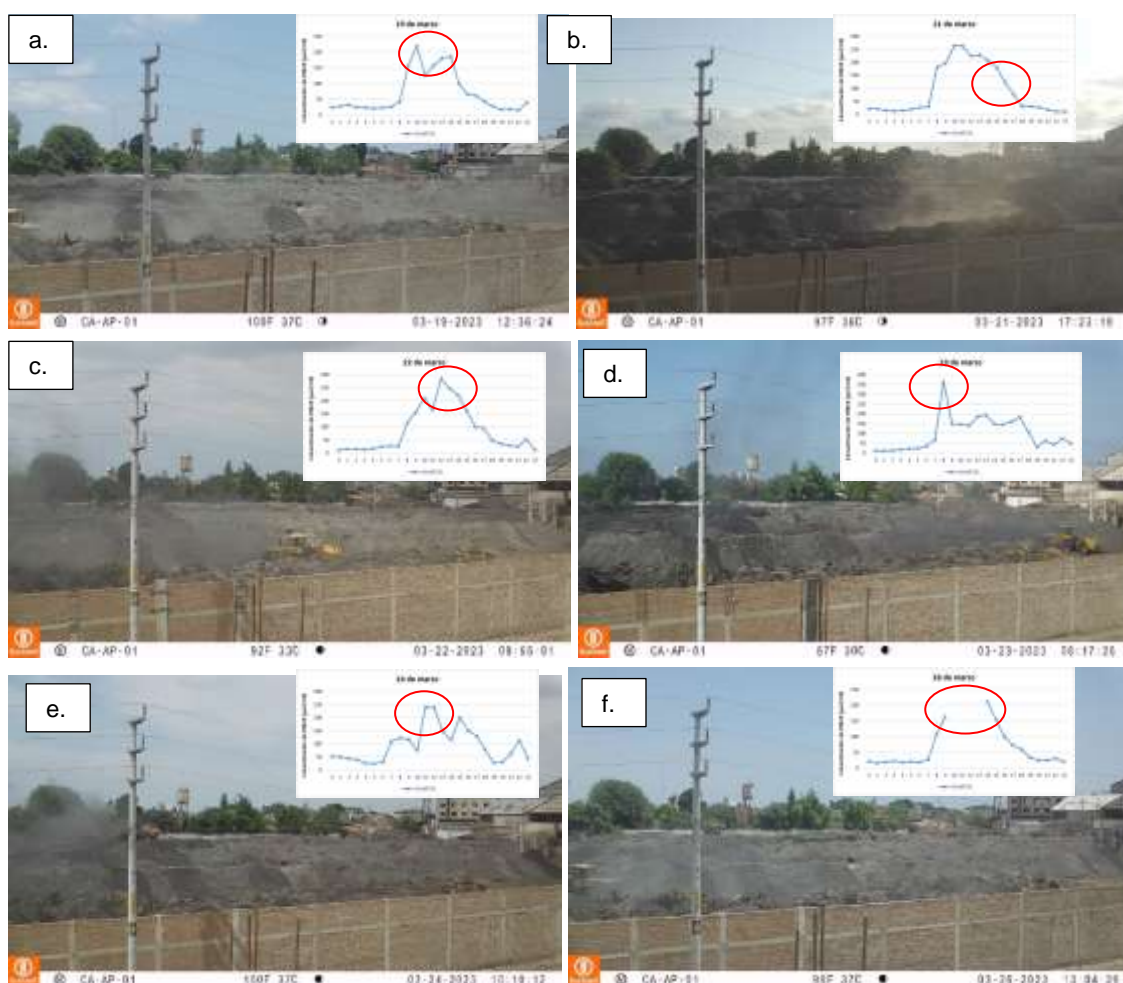


Figura 7.4. Actividad de maquinaria pesada en el patio de cenizas y concentraciones horarias de PM₁₀ en la estación CA-AP-01 en los días a) 19, b) 21, c) 22, d) 23, e) 24 y f) 26 de marzo

Asimismo, durante el periodo de paralización del procesamiento de caña de la planta, que tuvo lugar del 18 al 22 de marzo de 2023, se observó tránsito de maquinaria pesada y vehículos de gran tamaño por la vía de ingreso a la empresa, tal como se evidencia en los registros fotográficos tomados desde la estación CA-AP-02. Esta actividad resultó en la liberación de material particulado, como se muestra en el Figura 7.5.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Aunque el número de vehículos en circulación durante el periodo de paralización del procesamiento de caña era menor en comparación con el periodo de operación, se observó un aumento en las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ durante estos días. Esto puede atribuirse al hecho de que la vía sin asfaltar se encontraba seca, lo que generaba emisiones significativas de material particulado. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar no solo la cantidad de vehículos en circulación, sino también las condiciones de las fuentes de emisión, como el estado de la vía (húmeda y seca), para comprender y abordar adecuadamente las emisiones de material particulado generado dentro de la planta Pomalca.

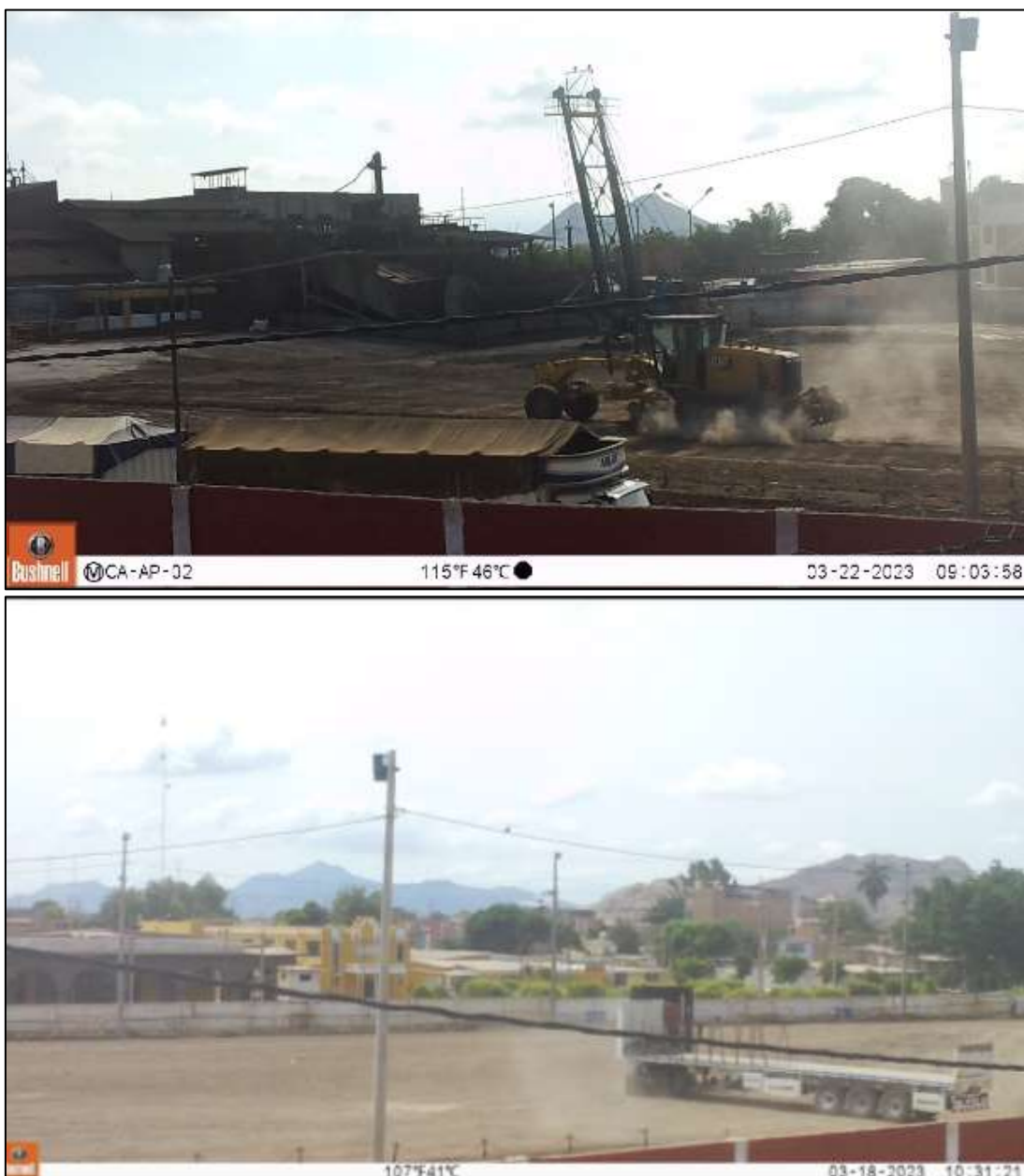


Figura 7.5. Tránsito de vehículos en la vía de ingreso de la planta Pomalca durante el periodo de paralización



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

La agroindustrial Pomalca presenta otra fuente significativa de emisiones de material particulado, la cual se deriva de la quema de bagazo en las calderas de la planta, y estas emisiones son liberadas a través de cuatro chimeneas. En la Figura 7.6 se puede observar que las concentraciones máximas de $PM_{2.5}$ registradas en la estación CA-AP-02 durante este periodo de tiempo están directamente asociadas a la liberación de emisiones provenientes de las chimeneas.

Estos hallazgos evidencian que las emisiones resultantes de la quema de bagazo en las calderas constituyen una fuente importante de material particulado en la zona.

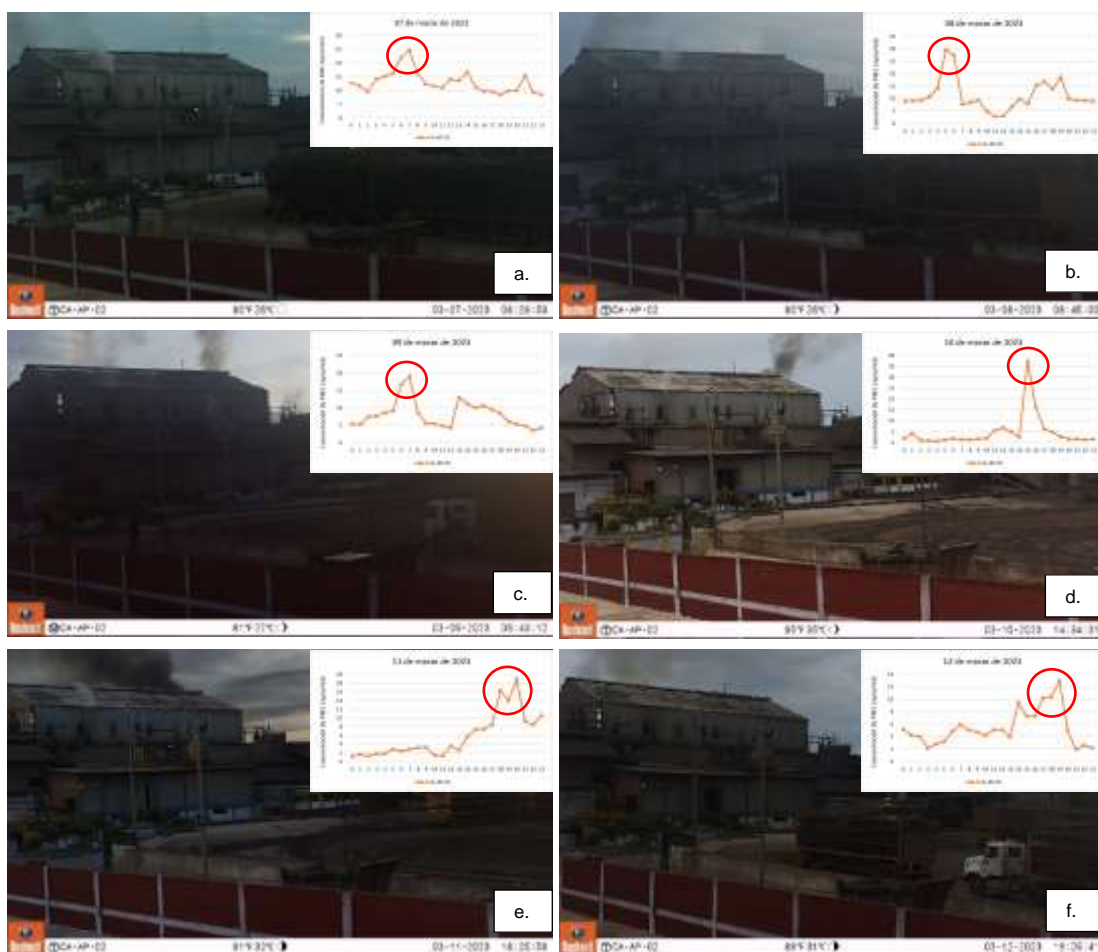


Figura 7.6. Actividad de las chimeneas de la Planta Pomalca y concentraciones horarias de $PM_{2.5}$ en la estación CA-AP-02 durante los días a) 07, b) 08, c) 09, d) 10, e) 11 y f) 12 de marzo de 2023

El carbono negro es un componente del material particulado fino ($PM_{2.5}$) que se genera principalmente debido a la quema incompleta de combustibles fósiles y biomasa. La quema de biomasa, incluyendo los residuos agrícolas, representa una fuente significativa de emisiones de carbono negro (Sahu et al., 2012). Los registros mostrados en la Figura 7.6 revelan que la quema de bagazo en las calderas de la planta de Pomalca se produce principalmente entre la 1:00 am y las 8:00 am. Durante este periodo, se observa un incremento notable en las concentraciones de carbono negro en los alrededores de la planta, como se refleja en las mediciones horarias registradas durante el monitoreo (Ver Figura 7.7).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Estos resultados confirman que la quema de bagazo en las calderas es una fuente importante de emisiones de carbono negro en la zona. Es evidente que las concentraciones horarias de carbono negro muestran un aumento significativo durante el periodo en el que ocurre esta actividad. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar medidas adecuadas para reducir las emisiones de carbono negro en la agroindustrial Pomalca y mitigar sus efectos adversos en la calidad del aire y la salud humana.

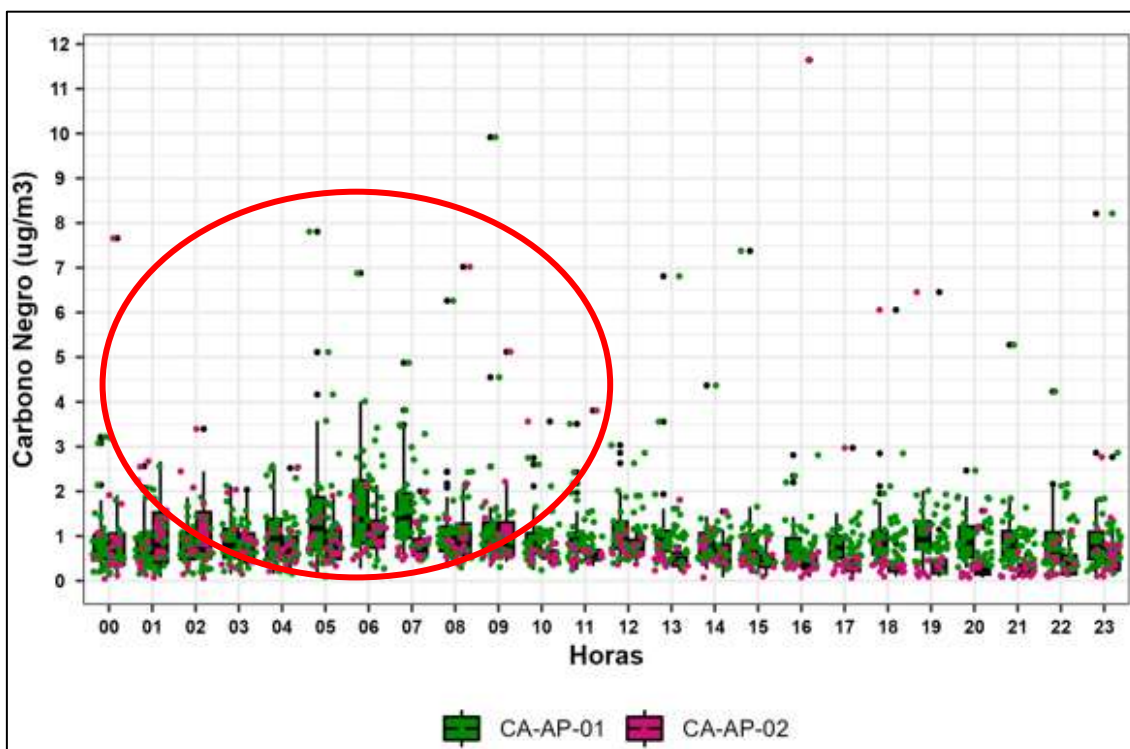


Figura 7.7. Comportamiento horario de las concentraciones de carbono negro en PM_{2.5} registrado en las estaciones CA-AP-01 y CA-AP-02.

Es relevante destacar que las cámaras trampa instaladas en la estación CA-AP-02 experimentaron un desajuste a partir del 22 de marzo a las 13:00 horas, mientras que en la estación CA-AP-01 ocurrió el 18 de abril a las 00:00 horas. Como resultado, las fotografías registradas posteriormente no pudieron ser analizadas.

Para el modelamiento de la dispersión de contaminantes atmosféricos relacionados con las actividades llevadas a cabo en la planta Pomalca, se realizó un exhaustivo inventario de emisiones. Este inventario tuvo en cuenta las principales actividades que podrían generar emisiones significativas de material particulado. Entre las actividades consideradas como las principales fuentes emisoras de material particulado se encuentran: las calderas de bagazo, el manejo del bagazo y las cenizas, el almacenamiento del bagazo y las cenizas en pilas, la combustión de vehículos pesados y el tránsito por caminos de acceso no pavimentados.

Para validar estas fuentes de emisión, se realizaron visitas en campo y se tomaron fotografías utilizando cámaras trampa. Estos registros fotográficos fueron fundamentales para corroborar la presencia y magnitud de las emisiones generadas por cada una de estas actividades.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Las concentraciones estimadas para PM_{10} por el modelo de calidad de aire, para un periodo de simulación del 2017 al 2022, revelan la presencia de superaciones del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para PM_{10} (100 mg/m^3) en las estaciones CA-AP-01 y CA-AP-02, así como en las áreas circundantes a la Planta Pomalca. Estas zonas contiguas al complejo industrial albergan viviendas donde la población residente estaría expuesta a estos niveles elevados de material particulado. Las concentraciones estimadas de $PM_{2.5}$ no superaron el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para este contaminante (50 mg/m^3).

Los resultados obtenidos mediante el modelamiento corroboran los registros de monitoreo de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en las estaciones CA-AP-01 y CA-AP-02. En la estación CA-AP-01, se observó una superación del valor del ECA para PM_{10} (100 $\mu g/m^3$ en 24 horas) durante un día de los 44 días de monitoreo. Esto sugiere que, durante un año, podría haber hasta ocho superaciones del valor del ECA, incumpliendo el criterio de evaluación del ECA para el aire, que establece que no debe excederse más de siete veces al año.

Además, como se discutió previamente, las condiciones climáticas anormales durante el periodo de monitoreo y las actividades de producción en la planta que coincidieron con los días de precipitación podrían haber ocultado concentraciones más altas de material particulado en la zona, como lo confirma el modelamiento realizado.

Las estaciones de monitoreo de calidad del aire (CA-AP03, CA-AP04 y CA-AP-05), ubicadas para captar las concentraciones de material particulado resultantes de la quema de caña de azúcar, no registraron superaciones del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para PM_{10} y $PM_{2.5}$. Esto se debe a las limitaciones en cuanto a las opciones de ubicación de las estaciones en los centros poblados de interés. Además, el cronograma de cosecha por quemadas planificado por la empresa agroindustrial Pomalca experimentó cambios constantes debido a las lluvias que humedecieron los campos de cultivo, lo que dificultó la realización de quemadas programadas. Es importante destacar que las pocas quemadas que se llevaron a cabo se realizaron a distancias considerablemente alejadas de las estaciones de monitoreo de OEFA y las pocas que se encontraron cerca (1700 m a la estación de calidad de aire) quemaron menos de 5 ha.

Se realizó el modelamiento de dispersión de contaminantes atmosféricos para PM_{10} para 11 parcelas de quema de caña de azúcar con la finalidad de generar distancias mínimas de no quema entre 10 centros poblados de interés y las parcelas de caña de azúcar colindantes a estos. Los centros poblados de interés son: Pomalca, San Antonio, Pucalá, Casa de Madera, El Triunfo, Saltur, Sipán, Pacherez, Pampa Grande y San Juan de Cuculí.

Las plumas de emisión resultantes se dispersaron hacia el norte, noreste y estenoreste siguiendo la dirección de los vientos predominantes y condicionadas por la topografía del área de estudio. Para cada pluma modelada se delimitó el área con concentraciones mayores a 100 $\mu g/m^3$ (área de mayor impacto); 7 de los 10 centros poblados de interés se encontraron dentro de estas áreas (Pomalca, Pucalá, El Triunfo, Saltur, Sipán, Pacherez, Pampa Grande). Además, se trazaron 2 distancias, la primera entre el centroide de las parcelas y la zona más alejada del centro poblado que se encontraba dentro del área de mayor impacto y la segunda entre el centroide de las parcelas y la frontera más alejada del área de mayor impacto que no necesariamente estaba a la dirección del centro poblado. De estas distancias generadas se usó la de mayor distancia para obtener una distancia mínima que pueda asegurar que la quema de caña de azúcar en las parcelas colindantes a estos centros poblados no genere ningún tipo de afectación.



Luego se delimitó un área con radio igual a la distancia mínima encontrada (1622 m) alrededor de cada centro poblado (polígono). Los campos de cañas de azúcar de propiedad de la Agroindustrial Pomalca dentro de esta área se consideraron como áreas de cultivo que deberían ser cosechadas en verde. En la Tabla 7.1 se presentan estos campos identificados.

Tabla 7.1. Campos que deberían ser considerados para la cosecha en verde que colindan con los centros poblados de Interés

Nro.	Centro Poblado de Interés	Nombre Campo	Área Campo (ha)	Área Total por Centro Poblado (ha)
1	Casa Madera	Zanjon III	99.49	725.27
2		Medano	144.05	
3		Zanjon II	124.54	
4		Boro	170.65	
5		Zanjon IV	183.45	
6		San Felix	3.09	
7	El Triunfo	Zanjon IA	184.22	409.64
8		Bola de Oro	110.33	
9		San Vicente	29.32	
10		Zanjon IB	81.01	
11		La Patera	4.75	
12	Pacherrez	Huaca de Piedra III	82.17	425.45
13		Higueron Bajo B	70.69	
14		Abelardo A	27.22	
15		Huaca de Piedra II	58.61	
16		Huaca de Piedra I	48.47	
17		Higueron Bajo A	23.08	
18		Boris A	36.25	
19		Higueron Alto	78.96	
20	Pampa Grande	Jacobita	142.79	688.41
21		Gregorio	153.44	
22		Tres Primos A	44.86	
23		Petronila B	101.03	
24		Juan Pablo I	12.81	
25		Tres Primos B	6.44	
26		Juan Pablo	89.5	
27		Tres Hermanos	19.63	
28		Tres Hermanos A	26.16	
29		Boris B	13.78	
30		Petronila A	58.28	
31		Juan Pablo Capilla	19.69	
32	Pomalca	Peredo	140.32	806.1
33		Huabos	249.31	
34		Saman	82.17	
35		Mercedes	17.52	
36		San Juan	19.98	
37		Camino Real	105.54	
38		San Miguel	126.77	
39		Huabos Enfriaderas	8.98	
40		San Miguel A	38.92	

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica
CientíficaDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Nro.	Centro Poblado de Interés	Nombre Campo	Área Campo (ha)	Área Total por Centro Poblado (ha)
41		San Salvador II	16.6	
42	Pucala	Callejon	118.18	354.55
43		Cholocal	100.44	
44		Goto	135.93	
45	Saltur	Rosalía I	112.21	732.45
46		Laura IIC	70.2	
47		Laura IIA	73.58	
48		Elena	107.98	
49		Peñoncito	17.26	
50		Fito	56.5	
51		Elena III	25.13	
52		Laura I	155.96	
53		Juana I	21.99	
54		Peñon	62.9	
55	San Antonio	Colon I	28.75	954.8
56		Collud	76.73	
57		Union III	43.8	
58		Union VI	42.52	
59		Union IB	130.79	
60		Union IA	122.38	
61		Porvenir	72.11	
62		Cerro	2.71	
63		Colon II	46.19	
64		Estaciones	239.31	
65		Maicillo	117.6	
66		Papelillo II	29.22	
67		San Carlos A	2.66	
68	San Juan de Cuculí	Lote III	53.53	153.96
69		Lote II	32.81	
70		Lote I	24.99	
71		Lote IV	42.63	
72	Sipan	Huacas	154.72	754.67
73		Rosso	124.16	
74		Estreno I	143.44	
75		Estrella I	145.5	
76		Estreno II	13.89	
77		Mochicas A	72.69	
78		Estrella III	12.96	
79		Estrella	9.52	
80		Medio Mundo A	2.71	
81		Estrella II	75.08	
Área Total				5976.55



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

8. CONCLUSIONES

De las cinco estaciones de monitoreo instaladas, una de ellas (CA-AP-01) registró concentraciones de PM_{10} que excedieron el valor del ECA para aire establecido para este contaminante ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en un solo día de los 44 días de monitoreo. En cuanto al $PM_{2.5}$ y gases en el aire ninguna estación superó los ECA para aire para estos contaminantes.

Durante los días en los que la planta estuvo operando, se observó la presencia de precipitaciones (debido a la ocurrencia del ciclón tropical Yacu), lo cual resultó en una notable disminución (en promedio 65%) en las concentraciones de material particulado PM_{10} .

Durante el período comprendido entre el 19 y el 28 de marzo, se observó un aumento significativo en las concentraciones de material particulado, especialmente PM_{10} , en las estaciones de monitoreo CA-AP-01 y CA-AP-02. A pesar de que la empresa agroindustrial Pomalca informó que no estaba llevando a cabo actividades de procesamiento de caña durante este período, se evidenció con las cámaras que estos incrementos estaban relacionados con otras actividades dentro de la empresa.

Las emisiones más significativas generadas por las actividades de la empresa agroindustrial Pomalca incluyen la quema de bagazo en las calderas, el manejo y almacenamiento del bagazo y las cenizas, así como el tránsito y la combustión de vehículos y maquinarias pesadas en caminos de acceso no pavimentados.

Los resultados del modelamiento de dispersión de contaminantes atmosféricos (PM_{10} y $PM_{2.5}$) de la planta Pomalca y el monitoreo de PM_{10} en las estaciones CA-AP-01 y CA-AP-02 demuestran superaciones del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para PM_{10} en el centro poblado Pomalca.

Del modelamiento de la quema de caña de azúcar en 11 parcelas representativas se determinó que:

- ✓ El PM_{10} se dispersa principalmente hacia el norte, noreste y estenoreste, siguiendo la dirección de los vientos predominantes y condicionado por la topografía del área de estudio.
- ✓ Siete de los diez centros poblados de interés (Pomalca, Pucalá, El Triunfo, Saltur, Sipán, Pacherez, Pampa Grande) se encontraron dentro de las plumas de dispersión con valores mayores a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- ✓ La distancia mínima entre las parcelas de cosecha en quema y los 10 centros poblados de interés sería de 1622 metros, la cual garantiza que las concentraciones de PM_{10} generadas por la quema no excedan, en los centros poblados, el valor establecido en el ECA aire para este contaminante.
- ✓ 5976.6 hectáreas de los campos de caña de azúcar de propiedad de la Agroindustrial Pomalca deberían ser cosechados en verde para cumplir con la distancia mínima calculada.



9. RECOMENDACIONES

El administrado debe aplicar medidas de control de emisiones sobre: las chimeneas de las calderas de bagazo; el manejo y almacenamiento de cenizas y bagazo; y el movimiento de vehículos y maquinarias pesadas dentro de las instalaciones, con la finalidad de reducir la cantidad de emisiones de los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5}. Estas medidas contribuirán a la disminución de las concentraciones de material particulado registradas y estimadas en los receptores de interés.

El administrado debe limitar la quema de caña de azúcar en los campos que se encuentran dentro del radio de afectación determinado para los centros poblados de interés (1662 m desde los centros poblados), y optar por otros métodos de cosecha, como la cosecha de caña de azúcar en verde.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahrens, Donald C. (2009). *An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. Cengage Learning, USA: Belmont
- Akram, T., Memon, S. A., & Obaid, H. (2009). Production of low cost self compacting concrete using bagasse ash. *Construction and Building Materials*, 23(2), 703–712. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.02.012>
- Barcelos, S. T. V., Tomielis, I. P., Garcia, M. da S., & Cereda, M. P. (2019). Characterization of boiler ashes from sugarcane mill. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 10(3), 179–190. <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2019.003.0016>
- Chen, J., Chen, J., Liao, A., Cao, X., Chen, L., Chen, X., He, C., Han, G., Peng, S., Lu, M., Zhang, W., Tong, X., & Mills, J. (2015). Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 103, 7–27. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.09.002>
- Cui, H., Yao, R., Xu, X., Xin, C., & Yang, jinming. (2011). A tracer experiment study to evaluate the CALPUFF real time application in a near-field complex terrain setting. *Atmospheric Environment*, 45(39), 7525–7532. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.08.041>
- DCCEEW. (2001a). National Pollutant Inventory Emission estimation technique manual For Combustion in boilers, Version 3.6.
- DCCEEW. (2001b). National Pollutant Inventory Emission estimation technique manual For Sugar Milling and Refining, Version 1.1.
- Decreto Supremo N°003-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.
- Decreto Supremo N°010-2019-MINAM, que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.
- França, D. de A., Longo, K. M., Neto, T. G. S., Santos, J. C., Freitas, S. R., Rudorff, B. F. T., Cortez, E. V., Anselmo, E., & Carvalho, J. A. (2012). Pre-harvest sugarcane burning: Determination of emission factors through laboratory measurements. *Atmosphere*, 3(1), 164–180. <https://doi.org/10.3390/atmos3010164>
- Ghannam, K., & El-Fadel, M. (2013). Emissions characterization and regulatory compliance at an industrial complex: An integrated MM5/CALPUFF approach. *Atmospheric Environment*, 69, 156–169. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.12.022>



- Guo, D., Wang, R., & Zhao, P. (2020). Spatial distribution and source contributions of PM_{2.5} concentrations in Jincheng, China. *Atmospheric Pollution Research*, 11(8), 1281–1289. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.05.004>
- Government of Canada. (2023) Stockpiles and exposed area wind erosion calculator: guide to reporting. (<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/national-pollutant-release-inventory/report/tools-calculating-emissions/stockpiles-exposed-area-wind-erosion-calculator.html>)
- Hernández-Garcés, A., Souto, J. A., Rodríguez, Á., Saavedra, S., & Casares, J. J. (2016). Validation of CALMET/CALPUFF models simulations around a large power plant stack. *Física de La Tierra*, 27(0), 35–55. <http://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/view/51192>
- IDEAM (2019). Glosario Meteorológico. Disponible online: <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorol%C3%B3gico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>
- INEI (2017). Directorio Nacional de Centros Poblados – Censos Nacionales 2017 (https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm)
- IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; National Greenhouse Gas Inventories Programme; Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., Eds.; IGES: Kanagawa, Japan, 2006
- Johnson, J. B. (2022). An Introduction to Atmospheric Pollutant Dispersion Modelling. 18. <https://doi.org/10.3390/ecas2022-12826>
- Longo, K. M., Freitas, S. R., Andreae, M. O., Yokelson, R., & Artaxo, P. (2009). Biomass burning in Amazonia: Emissions, long-range transport of smoke and its regional and remote impacts. *Geophysical Monograph Series*, 207–232. doi:10.1029/2008gm000847
- McMullen, N., Annesi-Maesano, I., & Renard, J. B. (2021). Impact of rain precipitation on urban atmospheric particle matter measured at three locations in France between 2013 and 2019. *Atmosphere*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/atmos12060769>
- NCAR (2022). Weather Research & Forecasting Model (WRF). Disponible online: <https://www.mmm.ucar.edu/models/wrf>
- Powers, J. G., Klemp, J. B., Skamarock, W. C., Davis, C. A., Dudhia, J., Gill, D. O., Coen, J. L., Gochis, D. J., Ahmadov, R., Peckham, S. E., Grell, G. A., Michalakes, J., Trahan, S., Benjamin, S. G., Alexander, C. R., Dimego, G. J., Wang, W., Schwartz, C. S., Romine, G. S., ... Duda, M. G. (2017). The weather research and forecasting model: Overview, system efforts, and future directions. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(8), 1717–1737. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00308.1>
- Prato, D. F., & Huertas, J. I. (2019). Determination of the Area Affected by Agricultural Burning. *Atmosphere*, 10(6), 312. doi:10.3390/atmos10060312
- Sahu, L.K.; Kondo, Y.; Moteki, N.; Takegawa, N.; Zhao, Y.; Cubison, M.J.; Jimenez, J.L.; Vay, S.; Diskin, G.S.; Wisthaler, A.; et al. Emission characteristics of black carbon in anthropogenic and biomass burning plumes over California during ARCTAS-CARB 2008. *J. Geophys. Res.* 2012, 117, D16302.
- Scire, J.S., Strimaitis, D.G., Yamartino, R.J., (2000). A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model. Earth Tech Inc, Concord, MA.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEIA). (2023). Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

- SEREMI. (2020). Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana, Capítulo 5: Combustión de vehículos.
- SEREMI. (2020). Guía para la estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana. Capítulo 6: Combustión de Maquinaria Fuera de Ruta.
- SENAMHI. (2000). El evento El Niño - Oscilación Sur 1997 -1998: su impacto en el departamento de Lambayeque.
- SENAMHI. (2020). Climas de Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional, Resumen Ejecutivo. Disponible online:
- SENAMHI. (2021). Clima del Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional. Disponible online: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- SENAMHI. (2021), Manual técnico para la elaboración de documentos técnicos sobre modelamiento de dispersión de contaminantes atmosféricos
- Solares, M. M. (2012). *Caracterización del bagazo de 4 Ingenios Azucareros de Guatemala*. <https://www.researchgate.net/publication/235955115>
- Radaideh JA (2017) Effect of Meteorological Variables on Air Pollutants Variation in Arid Climates. *J Environ Anal Toxicol* 7: 478. doi:10.4172/2161-0525.1000478
- Rangel, M. G. L., Henríquez, J. R., Costa, J. A. P., & de Lira Junior, J. C. (2018). An assessment of dispersing pollutants from the pre-harvest burning of sugarcane in rural areas in the northeast of Brazil. *Atmospheric Environment*, 178, 265–281. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.02.006>
- Ripoli, M.L.C.; Gamero, C.A. Palhiço de cana de açúcar: ensaio padronizado de 625 recolhimento por enfardamento cilíndrico, *Energia agrícola, Boitucatu*, v. 22, p. 75-93, 626 2007.
- Tomasi, E., Giovannini, L., Falocchi, M., Zardi, D., Antonacci, G., Ferrero, E., Bisignano, A., Alessandrini, S., & Mortarini, L. (2018). Dispersion modeling over complex terrain in the bolzano basin (it): preliminary results from a WRF-CALPUFF modeling system. *Springer Proceedings in Complexity*, 157–161. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57645-9_25
- USEPA, 1989. Air/Superfund National Technical Guidance Study Series; Volume III – Estimation of Air Emissions from Cleanup Activities at Superfund Sites, Interim final report EPA-450/1-89-003, January
- USEPA. (2003). Revisions to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred Long Range Transport Model and Other Revisions, Final Rule. 40 CFR Part 51. *Federal Register*, Vol. 68, 72, Tuesday April 15, 2003. (<http://frwebgate3.access.gpo.gov/cgi-bin/PDFgate.cgi?WAISdocID=xoakAq/0/2/0&WAISaction=retrieve>).
- USEPA (1992) AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 2: Solid Waste Disposal. Section 2.5: Open Burning, 5th Edition, USEPA
- USEPA (1996a) AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 1: External Combustion Sources. Section 1.8: Bagasse Combustion in Sugar Mills, 5th Edition, USEPA.
- USEPA (1996b) AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 1: External Combustion Sources. 5th Edition, USEPA.
- USEPA (1996c) AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 13: Miscellaneous Sources. Section 13.1 Wildfires and Prescribed Burning. 5th Edition, USEPA.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica
Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

- USEPA (2006a) AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 13: Miscellaneous Sources. Section 13.2.4: Aggregate Handling and Storage Piles, 5th Edition, USEPA.
- USEPA (2006b) AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 13: Miscellaneous Sources. Section 13.2.2: Unpaved Roads, 5th Edition, USEPA.
- USEPA (2008). Technical Issues Related to Use of the CALPUFF Modeling System for Near-field Applications
- USEPA. (2017). Guideline on Air Quality Models. Air Quality Dispersion Modeling, Appendix W(10), 54.
- USEPA (2022). Air Quality Dispersion Modeling Alternative Models. Disponible online: <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-alternative-models>
- Vergara, J. C., Rojas, G., & Ortegón, K. (2020). Sugarcane Straw Recovery for Bioenergy Generation: A Case of an Organic Farm in Colombia. ACS Omega, 5(14), 7950–7955. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b04340>
- Villalba-Pradas, A. and Tapiador, F. J.: Empirical values and assumptions in the convection schemes of numerical models, Geosci. Model Dev., 15, 3447–3518, <https://doi.org/10.5194/gmd-15-3447-2022>, 2022
- Wang, R., Cui, K., Sheu, H.-L., Wang, L.-C., & Liu, X. (2023). Effects of Precipitation on the Air Quality Index, PM2.5 Levels and on the Dry Deposition of PCDD/Fs in the Ambient Air. Aerosol and Air Quality Research, 23, 220417. <https://doi.org/10.4209/aaqr.220417>
- Wang, W., Bruyère, C., Duda, M., Dudhia, J., Gill, D., Kavulich, M., Werner, K., Chen, M., Lin, H.-C., Michalakes, J., Rizvi, S., Zhang, X., Berner, J., Muñoz-Esparza, D., Reen, B., Ha, S., & Fossell, K. (2018). Advanced Research WRF (ARW) Version 4.0 Modeling System User's Guide. National Center for Atmospheric Research, USA, June, 464.
- Western Regional Air Partnership (WRAP) (2006). Fugitive Dust Control Measures Applicable for the WRAP Fugitive Dust Handbook. 2. (https://www-archive.env.nm.gov/wp/content/uploads/sites/2/2017/02/WRAP_FDHandbook_Rev_06.pdf)
- W. E. Council, 2007 survey of energy resources, 2007, <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.478.9340&rep=rep1&type=pdf>.