



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE PRODUCTO DE LA
INCINERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL BARRIO EL
TEJAR, CANTÓN SAQUISILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros Ambientales

Autores:

Moreno Carrillo Gilbert Daniel

Toral Moreno Melany Stefany

Tutor:

Cajas Cayo Isaac Eduardo

L\$7&81*\$- E&8\$'25

Julio 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Gilbert Daniel Moreno Carrillo con cédula de ciudadanía No. 0503706483, y Melany Stefany Toral Moreno, con cédula de ciudadanía No. 0951034289, declaramos ser los autores del presente proyecto de investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE PRODUCTO DE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL BARRIO EL TEJAR, CANTÓN SAQUISILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, siendo el Ingeniero Mg. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 22 de julio de 2025.

Gilbert Daniel Moreno Carrillo
C.C. 0503706483
ESTUDIANTE

Melany Stefany Toral Moreno
C.C. 0951034289
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GILBERT DANIEL MORENO CARRILLO**, identificado con cédula de ciudadanía N° **050370648-3**, de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la **Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema**, en calidad de Rectora y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación de la calidad del aire producto de la incineración de residuos orgánicos en el Barrio El Tejar, cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico:

Fecha de inicio de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Fecha de finalización: Abril 2025 - Agosto 2025

Tutor: Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.

Tema: “Determinación de la calidad del aire producto de la incineración de residuos orgánicos en el Barrio El Tejar, cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho una vez que las partes se notifiquen, cumpliendo por esta notificación, a la otra que hubiera causado dicho perjuicio.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás disposiciones jurídicas aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que se pudieren suscitarse en torno al presente contrato, serán dirimidas ante el Juzgado de lo Civil con sede en el Cantón del Consejo o la Junta Cantonal de la ciudad de Latacunga, reconociendo las partes la definitividad del pronunciamiento de este ente judicial. En todo caso las partes podrán, si así lo desean, acordar el uso de mecanismos de mediación y/o negociación para llegar a un acuerdo, en cuyo caso los costos que generen este procedimiento serán cubiertos por parte del solicitante del servicio.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y efecto en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de julio de 2025.



Gilbert Daniel Moreno Carrillo
EL CEDENTE

Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MELANY STEFANY TORAL MORENO**, identificado con cédula de ciudadanía N° **095103428-9**, de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la **Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema**, en calidad de Rectora y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación de la calidad del aire producto de la incineración de residuos orgánicos en el Barrio El Tejar, cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico:

Fecha de inicio de la carrera: Octubre 2018 – Marzo 2019

Fecha de finalización: Abril 2025 - Agosto 2025 **Tutor:**

Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.

Tema: “Determinación de la calidad del aire producto de la incineración de residuos orgánicos en el Barrio El Tejar, cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin. b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho una vez que las partes se notifiquen, cumpliendo por esta notificación, a la otra que hubiera causado dicho perjuicio.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás disposiciones jurídicas aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que se pudieren suscitarse en torno al presente contrato, serán dirimidas ante el Juzgado de lo Civil con sede en el Cantón del Consejo o la Junta Cantonal de la ciudad de Latacunga, reconociendo las partes la definitividad del pronunciamiento de este ente judicial. En todo caso las partes podrán, si así lo desean, acordar el uso de mecanismos de mediación y/o negociación para llegar a un acuerdo, en cuyo caso los costos que generen este procedimiento serán cubiertos por parte del solicitante del servicio.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y efecto en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de julio de 2025.

Melany Stefany Toral Moreno
LA CEDENTE

Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema
LA CESIONARIA

AVAL DEI TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE PRODUCTO DE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL BARRIO EL TEJAR, CANTÓN SAQUISILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”, de Moreno Carrillo Gilbert Daniel y Toral Moreno Melany Stefany, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 2 de julio del 2025
Latacunga, 22 de julio del 2024



Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.
C.C: 0502205164
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Moreno Carrillo Gilbert Daniel y Toral Moreno Melany Stefany, con el título de Proyecto de Investigación: “**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE PRODUCTO DE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL BARRIO EL TEJAR, CANTÓN SAQUISÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

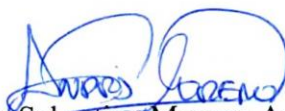
Latacunga, 22 de julio del 2025



Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.
C.C: 0501518985
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Dr. Patricio Manuel Clavijo Cevallos, Ph.D.
C.C: 0501444582
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Andrés Sebastian Moreno Avila, Mg.
C.C: 0503220063
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de esta tesis. En primer lugar, agradezco a Dios, por brindarme la salud, la sabiduría y la fortaleza necesarias para superar cada etapa de este proceso académico.

A mi familia, por su amor incondicional, constante apoyo emocional y comprensión durante los momentos más exigentes de esta trayectoria. A mis padres, por ser mi inspiración y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

Al Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, por su valiosa guía, dedicación y orientación profesional, que fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo de investigación. Su experiencia y compromiso académico contribuyeron significativamente a la calidad de este estudio.

Agradezco también a los docentes y autoridades de la Universidad Técnica Cotopaxi, por haberme brindado una formación integral a lo largo de mi carrera universitaria, y por crear un entorno propicio para el aprendizaje y la investigación. Extiendo mi gratitud a los compañeros de estudio y amigos, con quienes compartí experiencias enriquecedoras, desafíos y logros durante este proceso. Su compañía y colaboración fueron esenciales para mantener la motivación y el ánimo.

Finalmente, reconozco a todas las personas y entidades que, de manera directa o indirecta, aportaron con su apoyo, tiempo o recursos al desarrollo de esta tesis. A todos, mi más profundo agradecimiento.

Daniel

AGRADECIMIENTO

A la Universidad, por abrirme las puertas del conocimiento y brindarme las herramientas necesarias para crecer como profesional. Agradezco profundamente la formación académica recibida y el compromiso institucional que ha marcado mi camino.

A mis maestros y maestras, por compartir su sabiduría con paciencia, vocación y exigencia. Cada uno ha dejado una huella en mi formación, no solo como ingeniera, sino también como ser humano.

A mi madre, con amor eterno y profunda admiración. Gracias por tu esfuerzo incansable, por ser mi ejemplo de fortaleza, y por enseñarme a nunca rendirme. Tu apoyo, tus consejos y tus sacrificios silenciosos me acompañaron en cada paso de este camino. Este logro es también tuyo, porque detrás de cada meta alcanzada estás tú. A mi amado hijo Thiago, por ser mi mayor fortaleza en cualquier circunstancia, y a mi querida familia por incentivar me con cariño.

Y con especial gratitud, a mi pareja, por acompañarme con amor, comprensión y fortaleza a lo largo de esta etapa. Tu apoyo fue incondicional, y gracias a ti pude continuar sin rendirme. Gracias por creer en mí.

Melany

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo respeto y gratitud a mis padres, quienes con su amor, esfuerzo y constancia me brindaron las herramientas necesarias para alcanzar esta meta. Su ejemplo de perseverancia ha sido la guía constante a lo largo de este camino académico.

Asimismo, extendiendo esta dedicatoria a mis docentes, cuya vocación y compromiso han enriquecido mi formación profesional, y a todas las personas que, de una u otra manera, aportaron con su apoyo y aliento para la culminación de esta tesis.

Daniel

DEDICATORIA

A mi hijo, Thiago, porque tu llegada en medio de este camino no fue un obstáculo, sino el motor que me impulsó a seguir adelante. Tu risa fue mi refugio en los días difíciles, y tu existencia, mi mayor inspiración. Este logro es tanto mío como tuyo, porque me enseñaste a ser fuerte, constante y a no rendirme.

Y a mi querida tía, mamita María, quien, aunque ya no está físicamente, vive en cada uno de mis logros.

Gracias por tu amor incondicional, por tus consejos sabios y por creer en mí, incluso cuando yo dudaba. Tu recuerdo me acompaña siempre, y esta tesis también honra tu memoria.

Con amor, Melany

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE PRODUCTO DE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL BARRIO EL TEJAR, CANTÓN SAQUISILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Autores:

0RUHQR&DUULOORGilbert

Daniel

7RUDO0RUHQRMelany

Stefany

RESUMEN

El estudio se desarrolló en el barrio El Tejar del cantón Saquisilí, con el objetivo de determinar la calidad del aire producto de la incineración de cabezas de ganado bovino, para describir el impacto generado tanto a nivel ambiental como en la salud de los pobladores. Para ello, se utilizó una metodología con enfoque cualitativo, apoyándose en la investigación de campo, para la determinación de la calidad del aire en la zona, mediante el monitoreo de tres puntos geográficos con la utilización del equipo E-BAM. A partir de esta información se emitió el análisis correspondiente, determinando altos niveles de material particulado de PM_{2.5} y PM₁₀, los cuales sobrepasaron los límites permitidos por la Organización Mundial de la Salud y por la normativa ambiental ecuatoriana, se muestran picos de contaminación durante el horario entre las 0:00 y las 8:00 am, lo cual se atribuye a la quema a cielo abierto y a las condiciones atmosféricas. Para PM₁₀ se presentan los valores máximo y mínimo entre las muestras recolectadas, de 165,85 µg/m³ y 7,62 µg/m³ respectivamente, y un promedio general de 44,76 µg/m³. En los tres períodos de monitoreo se obtuvieron los siguientes promedios: 67,24 µg/m³,

50,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 16,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, resultando dos de estos datos superiores al límite permitido por la OMS, pero dentro de los parámetros de la normativa ecuatoriana. En cuanto a las partículas $\text{PM}_{2.5}$, se determinaron los valores máximo y mínimo de 163,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 9,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, y un promedio de 59,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En el caso de los tres puntos estudiados, se obtuvieron los siguientes promedios: para el punto 1 un valor 49,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un 58,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el punto 2 y en el punto 3 un dato de 69,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos valores no cumplen con la normativa internacional, y tampoco con el nivel máximo permitido en Ecuador. Finalmente, se concluye que la incineración de los residuos orgánicos es la causa de la contaminación del aire más representativa en el área y acarrea consecuencias negativas en la salud de los residentes, se plantea una propuesta sobre una correcta incineración de los desechos y mitigación del impacto, mediante la construcción de un horno que cumpla con las especificaciones técnicas, lo cual evitará que el impacto en la atmósfera sea desmesurado, así también gracias a la siembra de cortinas rompevientos se permita disminuir la contaminación del sector.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, equipo E-BAM, material particulado $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} .

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

**THEME: “DETERMINATION OF AIR QUALITY RESULTING FROM THE
INCINERATION OF ORGANIC WASTE IN THE *EL TEJAR* NEIGHBORHOOD,
SAQUISILÍ, COTOPAXI PROVINCE”**

AUTHORS:

0RUHQ&DUULOORGilbert

Daniel

7RUDO0RUHQRMelany

Stefany

ABSTRACT

The study was conducted in the El Tejar neighborhood of Saquisilí canton. The objective was to determine the air quality resulting from the incineration of cattle, in order to describe the impact generated both at the environmental level and on the health of the residents. To this end, a qualitative methodology was used, supported by field research, to determine the air quality in the area by monitoring three geographic locations with the use of E-BAM equipment. Based on this information, the corresponding analysis was issued, determining high levels of particulate matter $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} , which exceeded the limits permitted by the World Health Organization and Ecuadorian environmental regulations. Pollution peaks are shown between midnight and 8:00 am, which is attributed to open-air burning and atmospheric conditions. For PM_{10} , the maximum and minimum values among the collected samples are 165,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 7,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively, and an overall average of 44,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In the three monitoring periods, the following averages were obtained: 67,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 50,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 16,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, two of these data being higher than the limit permitted by the WHO, but within the parameters of Ecuadorian regulations. Regarding $\text{PM}_{2.5}$ particles, the maximum and minimum values of 163,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 9,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively were determined, and an average of 59,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. For the three points studied, the following averages were obtained: a value of 49,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for point 1, 58,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

for point 2, and 69,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for point 3. These values do not comply with international regulations, nor with the maximum permitted level in Ecuador. Finally, it is concluded that the incineration of organic waste is the most significant cause of air pollution in the area and has negative consequences for the health of residents. A proposal is made for proper waste incineration and impact mitigation through the construction of a furnace that meets technical specifications. This will prevent excessive atmospheric impact. The planting of windbreaks will also help reduce pollution in the area.

Keywords: Air pollution, E-BAM equipment, $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} particulate matter.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
INDICE DE ECUACIONES	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1

2. INTRODUCCIÓN	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
6.1. Objetivo General	7
6.2. Objetivos Específicos	7
7. Actividades y Sistema de Tareas en Relación con los Objetivos Planteados	8
8. Fundamentación Científico-Técnica.....	8
8.1. Aire	8
8.2. Incineración de Residuos	11
8.3. Impacto ambiental de la incineración.....	14
8.4. Métodos de evaluación de calidad del aire.....	16
9. Legislación y Normativa Aplicable	20
9.1. Constitución de la República del Ecuador (Legislativo, 2008).	20
9.2. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)	20
9.3. Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas.....	20
9.4. Código Orgánico del Ambiente (COA)	21
9.5. Decreto N° 050.	21
10. Pregunta de Investigación	23
11. Metodología	23
11.1. Área de estudio	23
11.2. Tipo de investigación	26

11.3. Métodos	26
11.4. Técnicas	27
11.5. Instrumentos	30
12. Análisis y Discusión de Resultados	31
12.1. Monitoreo de la Calidad de Aire en el Barrio El Tejar	41
12.2. Resumen de los puntos de muestreo	54
12.4. Propuesta	56
13. Conclusiones	69
14. Recomendaciones	70
15. Bibliografía	71
ANEXOS	80
Anexo A	80
Anexo B	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios del proyecto	5
Tabla 2 Matriz de objetivos	8
Tabla 3 Fuentes de contaminación de la atmósfera	9
Tabla 4 Niveles del Índice de Calidad del Aire	19
Tabla 5 Metodología monitoreo con máquina E-BAM	29
Tabla 6 Valores máximos y mínimos de partículas PM ₁₀ y PM _{2.50}	50
Tabla 7 <i>Cuadro resumen de los puntos de muestreo</i>	54
Tabla 8 Análisis por franja horaria de los puntos de muestreo.....	55
Tabla 9 Cuadro comparativo promedio obtenido	56
Tabla 10 Actividades para la Capacitación	57
Tabla 11 Presupuesto para la Estrategia de Capacitación	58
Tabla 12 Tiempo de duración de las actividades Estrategia 2	59
Tabla 13 Presupuesto Horno Incinerador	59
Tabla 14 Tiempo estimado para Siembra de Cortina Rompeviento	63
Tabla 15 Presupuesto Siembra de Cortina Rompeviento	64

Tabla 16 Actividades Estrategia de Puntos de Reciclaje Comunitario.....	65
Tabla 17 Presupuesto para Estrategia de Puntos de Reciclaje Comunitario	65
Tabla 18 Actividades para Instalación de Sensores para Monitoreo del Aire	66
Tabla 19 Presupuesto Estrategia de Instalación de Sensores para Monitoreo del Aire	67
Tabla 20 Presupuesto General de la Propuesta	69

ÍNDICE DE FIGURAS **Figura 1** Conceptos básicos del AQI para la contaminación por ozono y partículas; **Error! Marcador no definido.**

Figura 2 Procesos para el aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos orgánicos	13
Figura 3 Valores Orientativos Recomendados por Contaminante	18
Figura 4 Ubicación del barrio El Tejar	24
Figura 5 Temperatura del sector máxima y mínima durante el año 2024.....	25
Figura 6 Gráfica estadística de la edad de encuestados	32
Figura 7 Gráfica estadística del sexo del encuestado.....	32
Figura 8 Gráfica estadística de la primera pregunta.....	33
Figura 9 Gráfica estadística de la segunda pregunta	34
Figura 10 Gráfica estadística de la tercera pregunta	35
Figura 11 Gráfica estadística de la cuarta pregunta	36
Figura 12 Gráfica estadística de la quinta pregunta	37
Figura 13 Gráfica estadística de la sexta pregunta.....	37
Figura 14 Gráfica estadística de la séptima pregunta.....	38
Figura 15 Gráfica estadística de la octava pregunta.....	39
Figura 16 Gráfica estadística de la novena pregunta.....	40
Figura 17 Gráfica estadística de la décima pregunta.....	40
Figura 18 Concentraciones de PM ₁₀ en el punto 1	41
Figura 19 Primer punto de PM ₁₀ representado en QGis	42
Figura 20 Concentraciones de PM _{2.5} en el punto 1	43
Figura 21 Concentraciones de PM ₁₀ en el punto 2.....	44
Figura 22 Segundo punto de PM ₁₀ representado en QGis	45
Figura 23 Concentraciones de PM _{2.5} en el punto 2	46
Figura 24 Concentraciones de PM ₁₀ en el punto 3.....	47
Figura 25 Tercer punto de PM ₁₀ representado en QGis.....	48
Figura 26 Concentraciones de PM _{2.5} en el punto 3	49
Figura 28 Área de muestreo de PM ₁₀	52

Figura 29 Área de muestreo de $PM_{2.5}$	53
Figura 32 Imágenes del Modelado del Horno.....	62

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fórmula para el cálculo de la muestra	28
Ecuación 2 Fórmula de la densidad	59
Ecuación 3 Cálculo para el volumen del horno	60
Ecuación 4 Masa que ingresa a la cámara	61

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Determinación de la calidad del aire producto de la incineración de residuos orgánicos en el barrio El Tejar, cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi.

Fecha de inicio: febrero 2025 **Fecha**

de finalización: agosto 2025

Lugar de ejecución.

Barrio El Tejar - Cantón Saquisilí - Provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia

Ingeniería Ambiental

Equipo de investigadores

Tutor: Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.

Estudiantes:

Gilbert Daniel Moreno Carrillo

Melany Stefany Toral Moreno **Lectores:**

1. Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.
2. Dr. Manuel Patricio Clavijo Cevallos, Ph.D.
3. Ing. Andrés Sebastián Moreno Ávila, Mg.

Área de Conocimiento.

Conservación, vigilancia y protección del medio ambiente, control de la contaminación atmosférica y del agua, ergonomía y seguridad (UNESCO, 2006).

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

Sub Líneas de investigación de la Carrera

Sostenibilidad ambiental, Manejo y conservación del recurso aire.

Línea de Vinculación de la Carrera

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

2. INTRODUCCIÓN

Un desafío importante en la actualidad es la contaminación la cual afecta el medio ambiente y la salud de la población a nivel mundial. En las zonas urbanas y rurales de países en desarrollo, esta problemática se agudiza debido a prácticas inadecuadas de gestión de residuos, como la incineración al aire libre. En el barrio El Tejar, ubicado en el cantón Saquisilí de la provincia de Cotopaxi, se ha identificado la quema de residuos orgánicos, particularmente de origen bovino, como una fuente significativa de contaminación del aire. Esta actividad, realizada sin control técnico ni normativo, genera material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y gases que provocan una fuerte contaminación, compromete la salud y degrada el ambiente.

La incineración a cielo abierto, pese a ser una práctica común, está prohibida por la normativa ambiental ecuatoriana debido a sus efectos nocivos, lo cual afecta el bienestar de las comunidades cercanas. En varios estudios se demuestra que la exposición en un período prolongado a partículas finas, está asociada a enfermedades de diversa índole como: respiratorias, cardiovasculares e incluso a un mayor riesgo de cáncer. En especial a ancianos, personas con afecciones crónicas y niños. A esto se suma el desconocimiento y conciencia del cuidado ambiental en la población, lo que perpetúa prácticas inadecuadas y retrasa la adopción de soluciones sostenibles.

En base a lo expuesto, la investigación pretende determinar la calidad del aire en el barrio El Tejar, como base para elaborar una propuesta técnica y social que contribuya a mitigar esta problemática. Inicialmente, se realizó un diagnóstico de la población del sector, posterior a esto un análisis de los datos obtenidos mediante monitoreo del aire, y finalmente se propusieron acciones concretas que de aplicarse favorecerán a una gestión adecuada de los residuos y la protección de la salud de los pobladores. El enfoque metodológico de este estudio es cualitativo, lo que permite comprender tanto el impacto técnico como social del problema. Esta investigación contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el objetivo 3 (Salud y Bienestar) y el objetivo 13 (Acción por el Clima), mediante el incentivo de prácticas ambientalmente responsables y el fortalecimiento de capacidades comunitarias en el manejo de residuos.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Debido a esta problemática se ha agudizado el cambio climático y calentamiento global, varios aspectos son los causantes del deterioro del aire, en el barrio El Tejar puntualmente, una

de las causas más preocupantes es la quema indiscriminada a cielo abierto de cabezas de ganado bovino, a partir de esta actividad se introducen en el aire partículas y gases tóxicos que deterioran la calidad del mismo. Gracias a este trabajo de investigación, se determinó la cantidad aproximada de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el sector y se realizó la contrastación con la respectiva norma técnica, lo cual sirve como fundamento para promover mejoras en las actividades de gestión de residuos en el barrio. Con la información obtenida se genera un precedente sobre la contaminación, debido a malas prácticas de gestión de residuos, por lo cual se buscan alternativas que mitiguen el impacto ocasionado en la atmósfera. El análisis de la calidad del aire en el barrio El Tejar, Saquisilí, provincia de Cotopaxi, tiene como beneficiarios directos a aproximadamente 500 personas, quienes residen en el sector, e indirectos a toda la población del cantón. Con este análisis cuantificable acerca de la calidad del aire se planteó una propuesta clara y aplicable que permita disminuir las consecuencias negativas por la quema de residuos. En Saquisilí, una de las causas de muerte recurrentes son las enfermedades respiratorias como neumonía y bronquitis, lo cual se atribuye según Landázuri (2012), a pobreza, entorno poco saludable, mala nutrición y falta de agua segura. Estos factores evidencian que recursos como el aire y el agua influyen en las enfermedades que presenta la población del sector. El número de muertes por neumonías y otras enfermedades respiratorias inferiores, en el período enero-diciembre de 2022 ascendió a un total de 268, siendo la principal causa según el Ministerio de Salud Pública Zona 3 (2023).

Esta investigación sirve como fundamento científico frente a este problema, tiene incidencia positiva en materia ambiental, y representa a través de la información recolectada la necesidad de eliminar establecimientos que realicen la quema indiscriminada de desechos, siendo en este caso cabezas de ganado bovino, lo cual apoya el trabajo de las autoridades locales a fin de realizar tratamientos responsables en los procesos industriales. Gracias a este estudio se han descrito las consecuencias negativas generadas en la salud del ser humano, como lo detalla la OMS (2024), se pueden encontrar problemas graves de salud a nivel pulmonar y cardiovascular, además del aumento del riesgo de cáncer. Por lo que la OMS recomienda que las políticas deben ser rigurosas cuando no es posible evitar la incineración de desechos sólidos, debe existir un control eficiente sobre la tecnología utilizada en la incineración, y por ende controlar la emisión producto de la combustión. Cuando la tecnología utilizada para la incineración es adecuada y cumple con la normativa se encuentran beneficios como reducción del espacio que ocupan los residuos y eliminación de microorganismos patógenos; e incluso se considera la producción de energía eléctrica debido al calor generado. Por eso es tan importante,

realizar la incineración de la forma correcta con instalaciones apropiadas (Sun et al., 2024). En concordancia a los ODS (Naciones Unidas, s.f.), se promueve realizar prácticas amigables con el ambiente para no perjudicar el bienestar del ser humano, como detalla dentro del Objetivo 3, de la Salud y Bienestar, reducir muertes y enfermedades producto de la contaminación de recursos naturales, entre ellos el aire, es una de las metas a largo plazo que se plantea cumplir al mejorar diversas actividades con impacto ambiental alrededor del mundo.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El proyecto beneficia a los aproximadamente 500 residentes locales, al generar información técnica y confiable sobre la calidad del aire de su sector. La información puede usarse para identificar riesgos para la salud, tomar medidas preventivas y mejorar la calidad de vida de la comunidad. Indirectamente, se beneficiarán las autoridades locales, las instituciones de salud y educativas, y las generaciones futuras también, ya que se puede utilizar esta investigación como evidencia del impacto que genera la quema, para formular legislaciones ambientales, medidas de mitigación y programas de sensibilización destinados a garantizar un desarrollo sostenible.

Tabla 1 *Beneficiarios del proyecto*

BENEFICIARIOS DIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
Moradores Barrio El Tejar	Población del Cantón Saquisilí	
Total habitantes: 500	Hombres:	11957
	Mujeres:	13363
	Total:	25320

Nota. INEC Censo 2022.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Según Ize (2014), en su documento sobre la Quema de Residuos Agrícolas, explica que la quema de residuos como biomasa y desechos agrícolas a cielo abierto contribuye en un 20% en relación al total de emisiones a nivel mundial, junto con dióxido y monóxido de carbono. En un estudio realizado en México, sobre la quema de paja de trigo, se obtuvo como resultado del análisis un total de 14325 t y 2143 t de emisiones de CO y MP respectivamente durante el año de 1996, debido al vacío de información en cifras o proyecciones para años posteriores, se ha realizado una investigación en la actualidad que ha determinado un valor de 41913 t de emisiones totales, lo que implica un gran problema para el sector y un desperdicio de energía

renovable que podría ser aprovechada (Coronado et al., 2012). El problema del deterioro en la calidad del aire se le atribuye a la quema de residuos informal, es similar a lo que sucede en el área de estudio de la presente investigación, pues el desconocimiento y la falta de tecnologías para gestión de residuos influye en las prácticas inadecuadas para deshacerse de ellos.

En el país, los métodos de gestión de residuos orgánicos presentan serias deficiencias debido a la falta de políticas públicas eficaces que regulen este ámbito y por ende su disposición final sea más efectiva. Para lograr una correcta gestión, es necesario considerar tanto el origen de los residuos como sus posibles efectos ambientales (Casanova, 2022). Según Mora-Barrantes et al. (2021), la incineración incontrolada se suma a otras actividades altamente contaminantes, como la operación de centrales térmicas, la minería a cielo abierto y el transporte, afectando no solo al medio ambiente, sino también al ámbito económico y sanitario. En muchos hogares e industrias recurren a la incineración como alternativa de eliminación de desechos. Sin embargo, esta práctica suele realizarse sin control técnico ni instalaciones adecuadas, lo que contribuye al aumento de emisiones y partículas contaminantes a la atmósfera. La incineración informal de residuos orgánicos libera componentes químicos y biológicos como metales pesados, hidrocarburos, polen y agentes bacterianos- que afectan el entorno (Verdezoto et al., 2022).

En la provincia de Cotopaxi, existe un grado moderado de contaminación por partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} , según Pollution Alert (s.f.), $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, más aún tiene picos más altos que varían a lo largo del día, la contaminación en la provincia se da principalmente por vehículos, transporte público e industria cementera, más que por actividades relacionadas a agricultura o ganadería.

En el cantón Saquisilí, son varios los efectos negativos que se dan por la contaminación de PM_{10} y $PM_{2.5}$, pues representa una amenaza ambiental que degrada la calidad del aire principalmente, y contribuye al cambio climático. Además, los contaminantes que acompañan a las partículas (como metales pesados, dioxinas o hidrocarburos) pueden persistir en el ambiente y bioacumularse, afectando a la biodiversidad y al equilibrio de los ecosistemas (Campaña y Pérez, 2025).

En el barrio El Tejar se realiza la incineración de desechos orgánicos provenientes de ganado bovino, el inconveniente radica en que la quema se realiza a cielo abierto, esto es bastante grave pues la alteración en el medio ambiente se agrava cada vez más, se evidencia una contaminación del aire muy superior a los límites permisibles en ciertos horarios, lo cual

desemboca en problemáticas previamente mencionadas, las cuales comprometen el entorno, la salud de la población, vegetación, recursos hídricos, fauna, entre otras consecuencias que desequilibran el bienestar del sector. En el área de estudio, se ha detectado una instalación improvisada para la quema de estos residuos, la cual produce contaminación atmosférica y odorífera, afectando directamente la calidad de vida del ser humano. De acuerdo a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, se establece como prohibido expeler o descargar en la atmósfera contaminantes que se consideren perjudiciales para la salud según los entes gubernamentales que atañen a salud y ambiente (Lexis, 2004). En relación a lo anterior, el Acuerdo MAATE 097-A, denota los niveles límite para las emisiones permitidas hacia la atmósfera, respecto a material particulado y gases tóxicos. Frente a esta problemática existen ciertas propuestas que apuntan a la incineración controlada de residuos sólidos como una estrategia viable para la obtención de energía, siempre y cuando exista una clasificación previa adecuada de los desechos, así como tecnologías que minimicen el impacto ambiental (Calderón, 2022). Esto requiere la aplicación de la Norma INEN 2841 (2014), en la que se establece la gestión integral de residuos, lo cual va desde la clasificación, almacenamiento, recolección, logística, tratamiento y la disposición final de los mismos. Durante la incineración, se generan cenizas que pueden contener dioxinas y furanos, por lo que se recomienda implementar dispositivos especializados para la reducción de emisiones contaminantes, que permitan tratar los gases producto de la quema previo a ser depositados en la atmósfera (Bartet, 2023).

6. Objetivos del Proyecto

6.1. Objetivo General

- Determinar la calidad del aire producto de la incineración de residuos orgánicos, para generar una propuesta que mitigue el impacto en el barrio El Tejar, cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi.

6.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de la calidad del aire, en función del material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} , en el barrio El Tejar del cantón Saquisilí.
- Analizar los datos obtenidos a partir del monitoreo de la calidad del aire del barrio El Tejar del cantón Saquisilí.
- Elaborar una propuesta para la problemática planteada en el barrio El Tejar, del cantón Saquisilí.

7. Actividades y Sistema de Tareas en Relación con los Objetivos Planteados

Tabla 2 Matriz de objetivos

Sistematización de los objetivos específicos			
Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
Diagnosticar la situación actual de la calidad del aire, en función del material particulado PM _{2.5} y PM ₁₀ , en el barrio El Tejar del cantón Saquisilí.	- Revisión documental - Visita de campo - Realizar una encuesta preliminar de datos	Métodos: Investigación de campo Método bibliográfico Observación directa.	Línea base
Analizar los datos obtenidos a partir del monitoreo de la calidad del aire del barrio El Tejar del cantón Saquisilí.	- Determinación de los puntos de monitoreo - Monitoreo de la calidad del aire - Análisis de datos - Comparación de valores con norma nacional y OMS	-Método: bibliográfico - Muestreo - Visita in situ - Comparativo - Instrumentos: Excel	Datos obtenidos
Elaborar una propuesta para la problemática planteada en el barrio El Tejar, del cantón Saquisilí.	- Revisión de la información obtenida en el diagnóstico - Identificación de alternativas sostenibles - Diseño de la propuesta	- Método: Descriptivo, analítico, cualitativo. - Técnicas: revisión bibliográfica y análisis de información recopilada. - Instrumentos: bases de datos académicas, bibliotecas en línea, repositorios.	Propuesta de mitigación y prevención de impacto ambiental

Nota: Elaborado por los autores.

8. Fundamentación Científico-Técnica

8.1. Aire

Como lo define la RAE (s.f.), el aire es un elemento gaseoso que conforma la atmósfera del planeta, el cual se constituye de nitrógeno y oxígeno, y otros elementos con vapor y dióxido de carbono.

8.1.1. Calidad del Aire. Según WAQI (s.f.), se determina el índice según la calidad del aire, mediante del control de las partículas PM_{2.5} y PM₁₀ presentes en la atmósfera, monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), la emisión de dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Sin embargo, se explica que la mayoría de las estaciones monitorea las partículas

mencionadas, y en ciertos lugares se obtiene datos solo para PM₁₀; además las muestras se dan en períodos de una hora. Se sabe además que estas sustancias químicas, partículas y gases, provienen de fuentes naturales y artificiales, y dichos contaminantes pueden afectar la salud del hombre y el ambiente en el que se desarrolla.

8.1.2. Contaminantes Atmosféricos. Según la Norma Técnica Ecuatoriana (s.f.), la contaminación del aire se da debido a fuentes naturales o bien producto de actividades realizadas por el ser humano, encontrándose en la atmósfera cierto material, en ciertas cantidades, las cuales podrían afectar su bienestar o el del medio ambiente. Dentro de la investigación realizada por Fogelbach et al. (2020), respecto a la Contaminación Atmosférica en América Latina, se establecen distintas fuentes de contaminación, la misma que se divide de acuerdo a la forma en que se emiten, siendo estos primarios y secundarios, los primeros son aquellos que se emiten de forma directa y los siguientes que se dan por reacciones químicas posteriores junto con demás material o gases presentes en la atmósfera. Se presenta en la Tabla 3, las diversas fuentes que contaminan el aire.

Tabla 3 Fuentes de contaminación de la atmósfera

Fuentes biogénicas	Fuentes antropogénicas	Fuentes geogénicas
Polen	Producción de energía por combustión de hidrocarburos y de biomasa	Incendios forestales
Esporas de hongos	Actividades industriales/transporte	Polvo desértico
Bacterias/virus	Actividades agrícolas	Emisión de volcanes

Nota. En esta tabla se presentan varios ejemplos de acuerdo a fuentes de contaminación biológica, creada por el hombre y proveniente de la naturaleza.

8.1.3. Criterios de la Contaminación del Aire. Los criterios son: material particulado, ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, plomo (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2024). De acuerdo a la EPA, estos son los contaminantes del aire, en función de los cuales la legislación se ocupa de emitir estándares a cumplir, así se establecen los Estándares Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (NAAQS).

8.1.4. Determinación de la Calidad del Aire. Para la determinación de la calidad del aire se utilizan diversas tecnologías, que permiten la obtención de datos de acuerdo a distintos factores como, por ejemplo, el período, el tipo de criterio, el lugar, el instrumento utilizado, por lo tanto, varios gobiernos han gestionado una medición adecuada en sus jurisdicciones, datos

que se procesan con la finalidad de emitir datos acumulados sobre del índice de la calidad del aire.

La determinación de la calidad del aire, permite a los organismos gubernamentales, el control de la emisión de factores contaminantes en su atmósfera, así como también promover políticas adecuadas para mantener prácticas amigables con el medio ambiente y evitar la contaminación del aire (Organización de las Naciones Unidas, 2022).

Para la determinación de la calidad del aire, se presentan diferentes teorías y modelos, los cuales se basan en tomas de muestras, que se procesan gracias a sistemas informáticos con capacidad excepcional de cálculo; posteriormente se requiere un equipo de expertos técnicos que interpreten los resultados obtenidos, permitiendo tomar decisiones y la aplicación de actividades correctivas frente a casos de contaminación del aire.

Como podemos ver en la Figura 1, se expresa una clasificación por colores, que corresponden a un rango numérico del índice de la calidad del aire.

Mientras mayor es el valor peor será la calidad del aire, y al contrario cuando la calidad del aire es mejor el valor numérico será más bajo. El rango va de 0 a 300, y cada uno de los seis rangos que existen, corresponde a determinado riesgo para la salud.

Los colores son representativos para su fácil interpretación respecto a la calidad del aire al momento del análisis.

Figura 1 *Conceptos básicos del AQI para la contaminación por ozono y partículas*

Daily AQI Color	Levels of Concern	Values of Index	Description of Air Quality
Green	Good	0 to 50	Air quality is satisfactory, and air pollution poses little or no risk.
Yellow	Moderate	51 to 100	Air quality is acceptable. However, there may be a risk for some people, particularly those who are unusually sensitive to air pollution.
Orange	Unhealthy for Sensitive Groups	101 to 150	Members of sensitive groups may experience health effects. The general public is less likely to be affected.
Red	Unhealthy	151 to 200	Some members of the general public may experience health effects; members of sensitive groups may experience more serious health effects.
Purple	Very Unhealthy	201 to 300	Health alert: The risk of health effects is increased for everyone.
Maroon	Hazardous	301 and higher	Health warning of emergency conditions: everyone is more likely to be affected.

Nota. Obtenido de AirNow (s.f.).

8.1.4.1. Modelos de Dispersión Atmosférica. Por lo tanto, como lo expresa la empresa

(Eurofins, 2025), existen los modelos de dispersión atmosférica, los cuales evalúan la concentración de contaminantes, los cuales se analizan matemáticamente respecto a distintas variables como son: meteorológicas, topográficas u orográficas, aquellas relacionadas a la emisión del contaminante objeto de estudio (cantidad emitida, altura y posición del foco de emisión, tipo, velocidad y temperatura), y el comportamiento químico del mismo. A través de esta modelización, le permiten al investigador, determinar cuáles serían los efectos de estas emisiones de contaminantes, pero sobre todo permitir tomar acción previa a las consecuencias de la contaminación. Su aplicación es bastante amplia, sin embargo la aplicación más importante es para la administración pública, pues a través de estos modelos se permite tener un mayor control sobre los distintos proyectos y su incidencia en el medio ambiente, pudiendo prever el impacto ambiental de aquellos proyectos que puedan tener potencial contaminador, y así especificar qué tan viable es su realización, denegar o aceptar que se ejecute y finalmente corregir aquellas actividades que posiblemente contaminen.

8.2. Incineración de Residuos

8.2.1. Definición y Principios

En la página web de la empresa VOLTA (2019) se define a los residuos como un producto o sustancia que una persona desecha, o que está obligada por las leyes vigentes a disponer eficientemente.

Los residuos se clasifican de acuerdo a varios aspectos: de dónde vienen, cuál es su composición, cual es el peligro que presenta, entre otros. Y a partir de ellos, se debe tener un protocolo de eliminación, lo cual contribuirá a cuidar el medio ambiente y el entorno del ser humano. De acuerdo al Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales para el Ecuador, elaborado por el (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020), se explican los siguientes tipos de residuos:

8.2.1.1. Residuos Orgánicos. De origen natural, dentro de esta categoría está una gran variedad de residuos, pues provienen del ciclo vital del hombre, e incluyen aquellos originados a partir de funciones fisiológicas de mantenimiento y perpetuación o como resultado de actividades de explotación de los recursos bióticos. Los residuos orgánicos provienen esencialmente de la materia biológica de origen vegetal o animal. La fracción orgánica de los residuos para el 2021 en Ecuador, representa aproximadamente el 55% del peso en los residuos sólidos urbanos generados en los hogares, y en ciertos municipios, se constituye como la mayor fracción de estos (INEC, 2022).

8.2.2. Composición de los Residuos Orgánicos

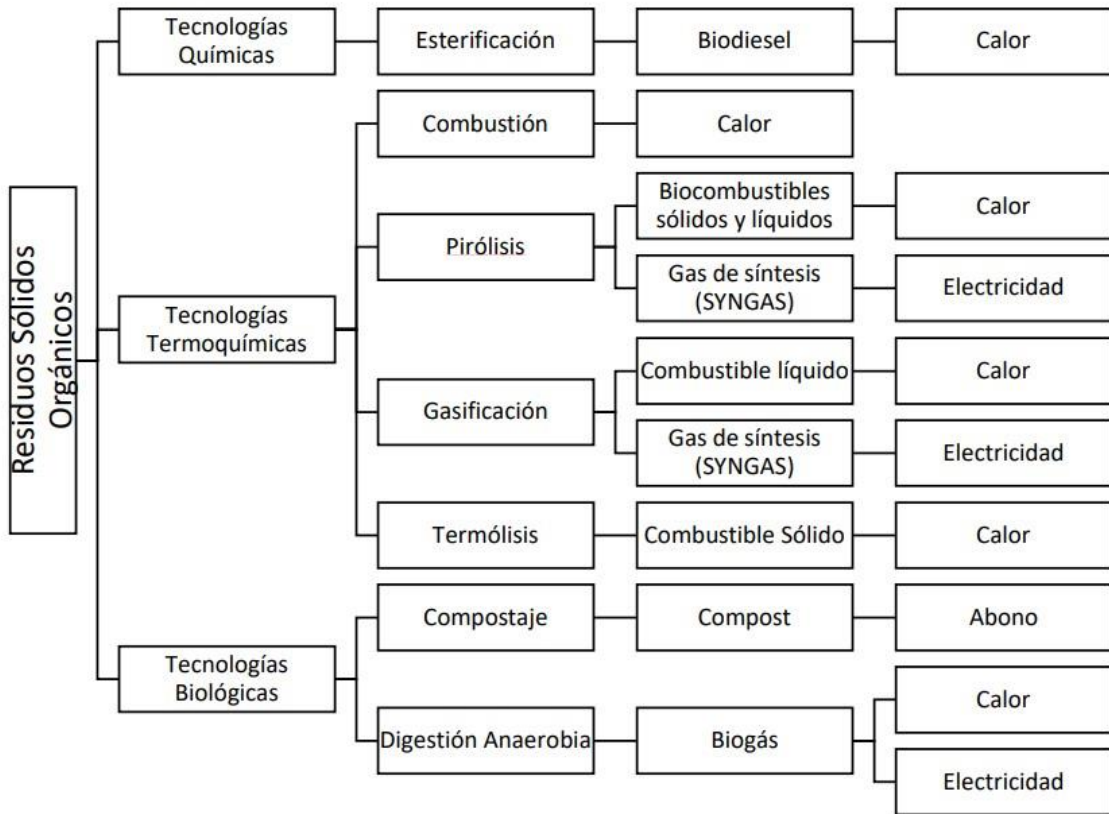
Los residuos orgánicos se componen básicamente de restos de comida, residuos vegetales, restos de materiales y naturaleza, residuos de papel. Los componentes presentes, se pueden generar a partir de los desechos sólidos urbanos los cuales se dan desde los hogares y el comercio, y a su vez de zonas verdes y lugares con vegetación, ya sea de espacios públicos o privados. Dentro de los residuos orgánicos se realizan diversas determinaciones que permiten describir las características físicas y químicas de este tipo de desechos, se pueden encontrar valores para: húmedas, sólidos volátiles, cenizas, relación carbono/nitrógeno, pH, conductividad eléctrica, contenido de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio). Cabe considerar que, al caracterizar los desechos orgánicos, se espera utilizarlos para tratamientos de los cuales se pueda obtener algún producto para uso de actividades humanas, como electricidad, abono o calor (Repsol, 2023).

8.2.2.1. Gestión de residuos. Uno de los directores del (Banco Mundial, 2018), mencionó que, sin una adecuada gestión de los desechos, la forma en que se los elimina tiene grandes consecuencias negativas para el planeta, los seres vivos, así como aspectos de su entorno (clima, medio ambiente y economía), sin hacer diferencia entre países con buena o mala economía. Sin una gestión óptima de los desechos, o su correcta disposición final perjudica la salud del ser humano, daña el ambiente, cambia el clima, y dificulta el desarrollo económico en países tanto pobres como ricos por igual.

Un residuo en general es considerado como algo inútil e indeseado, proveniente de actividades humanas y con propiedades y características peligrosas que ponen en riesgo la seguridad y salubridad de la población. Los residuos sólidos urbanos son el resultado final de una actividad realizada por la comunidad, determinada por las condiciones socioeconómicas. Su valor radica desde el momento de su generación hasta que el más insignificante trozo logre ser reciclado o convertido del mejor modo posible. Y finalmente, se espera que se le dé una correcta gestión para evitar generar un impacto negativo en el medio ambiente y el bienestar del ser humano.

A continuación, en la Figura 2, se muestran los distintos métodos de aprovechamiento para los residuos orgánicos, permitiendo una adecuada gestión, a partir de la cual se obtenga como producto un aporte de valor para las actividades que realiza el ser humano.

Figura 2 *Procesos para el aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos orgánicos*



Nota. Tomado de Pevsner (2024).

8.2.2.2. *Procesos de Combustión y Emisiones Generadas.*

Teoría de la combustión. La teoría de la combustión explica químicamente las reacciones que se producen cuando se da un proceso de combustión de materiales, a través de esta teoría permite explicar los procesos que ocurren durante la incineración de residuos orgánicos. De estas reacciones se obtienen residuos, los cuales podrían ser de dos tipos: humos y gases. Lamentablemente, estos influyen en el incremento del efecto invernadero perjudicando la salud de los seres vivos. Los gases son muchas veces imperceptibles, uno de los más peligrosos es el monóxido de carbono el cual se adentra por los pulmones y es muy perjudicial a la salud. Y está el humo, el cual contiene partículas, gases y elementos, que pueden ser el resultado de la combustión incompleta y la descomposición de los elementos se disiparon en el ambiente (Postposmo, s.f.).

8.2.3. **Incineración de Residuos.**

La importancia de establecer procedimientos adecuados para la disponibilidad final de desechos sólidos es fundamental para el cuidado del ambiente y la salud de la población. En

Ecuador, la disposición final de residuos sólidos urbanos es generalmente domiciliaria, en este estudio se analiza un barrio en el que se emiten materiales producto de la quema al aire libre de residuos orgánicos de fuente bovina, para lo cual se establecen distintos tratamientos, sin embargo, la incineración no es uno de ellos, pues esta actividad se encuentra prohibida por la normativa ecuatoriana, según lo especifica la (Subsecretaría de Cambio Climático, 2021). Además, en la recolección de información para determinar las emisiones de GEI, se requiere contar con información de calidad, para lo cual la guía especifica contar en primer lugar con la identificación de los desechos, y seguido de información verificable y sustentada de acuerdo a la cantidad de desechos incinerados, pero en esta guía reitera en aclarar que no existe contemplación de esta actividad en las normas ecuatorianas.

8.3. Impacto ambiental de la incineración

8.3.1. Efectos sobre la Calidad del Aire.

La quema de residuos (tanto ígneos como tóxicos) libera gases y partículas al aire, pudiendo ser transportados a cortas o largas distancias según los vientos o precipitaciones. Adicionalmente, en un estudio realizado por (Fundación ENT, 2015), en encargo de Zero Waste Europe (2015), en el cual expresa que el daño ambiental generado por la incineración es inevitable y que respecto a su práctica esta es mucho menos amigable que el reciclaje o reutilización, por lo tanto su efecto negativo en el aire se evidencia en la cantidad de material y gases que se emiten a la atmósfera y que incluso al introducirse reacciona con otros elementos presentes, perjudicando mayormente la cantidad de partículas, gases y otros materiales presentes en el aire.

8.3.2. Riesgos para la Salud Humana.

La temperatura de ignición y el calor que se desprende durante su combustión, unido a la naturaleza inflamable de algunos compuestos (de manera aditiva o intrínseca), hace que puedan producirse quemaduras graves en las vías respiratorias. Si la filtración (así como si el estímulo irritante) se produce a nivel de los bronquios, la tos se incrementa, siendo un mecanismo defensivo que pretende remover los cuerpos extraños de la vía aérea, dificultando la retirada de las partículas e irritando más a la membrana basal. A ese aumento de la tos y dificultad para la expulsión de las partículas se le incluye el término de filtro tos, producto de activar la tos para intentar deshacerse del material tóxico. Si la inflamación es común a bronquios y alveolos, la tos ayuda a diluir el material inflamatorio acumulado en los alveolos y

a eliminarlo a las vías respiratorias centrales en el manto de flema que recubre las vías respiratorias (Cornejo, 2024).

En cuanto a las sustancias tóxicas que se generan por la incineración de residuos, se ha encontrado la presencia de alrededor de 250 sustancias que afectan a la salud, entre estas se ven efectos a nivel reproductivo, cancerígenas, mutagénicas, y son persistentes y bioacumulables, por lo que generan un fuerte impacto negativo en la salud pública (Jelínek et al., 2024).

8.3.3. Riesgos para el Ambiente.

Genera un gran impacto en el ambiente, que contribuye a la pérdida de la biodiversidad, pues al incinerar se liberan en el medio ambiente una gran cantidad de gases tóxicos, partículas, mercurio, CO₂, entre otras, lo cual sobrepasa los límites considerados admitidos a nivel global. En los residuos orgánicos existe la presencia de ciertos nutrientes como el fósforo que pueden contribuir posteriormente, si se gestionan adecuadamente estos desechos, sin embargo, este tipo de nutrientes se deterioran en la materia orgánica se destruye al incinerarlos afectando así los ciclos biogeoquímicos a nivel global. El control de las emisiones a partir de la incineración es deficiente, pues existen toxinas que son altamente peligrosas, y no se controlan sino acaso una o dos veces por año o no se miden en absoluto (Jelínek et al., 2024). Según la FARN (2018), frente a esta problemática global, se recomienda minimizar el impacto ambiental que genera la incineración, utilizando otras tecnologías de gestión de RSO, como el compostaje, que incluso causan menor impacto ambiental que una incineración controlada realizada con el fin de producir de energía eléctrica. En el medio ambiente, las dioxinas que se generan a partir de la combustión, son bioacumulables, esto involucra a impactar negativamente a las especies animales presentes en el medio ambiente, las cuales a su vez son parte de la cadena alimentaria, lo que hace que el hombre consuma estas toxinas a través de la alimentación. Así mismo sucede con otras especies animales, las cuales se ven afectadas en su desarrollo debido a la contaminación del aire fruto de la incineración (Zuccarelli, 2019). Otra alternativa según Caltzontzin et al. (2022), es el aprovechamiento de los desechos orgánicos mediante tratamientos de biorrefinería, lo cual incluye el pretratamiento de la materia orgánica con cultivo de insectos, lo que permite una eficiente generación de biomasa y mitiga el impacto ambiental.

8.4. Métodos de evaluación de calidad del aire

8.4.1. Técnicas de Monitoreo.

La medición de la calidad del aire es sumamente importante, para conocer los valores numéricos de los contaminantes atmosféricos presentes en un área determinada, y evaluar a

partir de estos el impacto que tiene en el medio ambiente y la salud humana, una vez que se obtienen estas mediciones, ciertamente se pueden tomar decisiones destinadas a mejorar la calidad del aire (Aicad Business School, 2024).

Para la determinación del aire, se deben seguir ciertos pasos detallados a continuación:

- Identificar los contaminantes a evaluar. □ Fijar instalaciones de toma de muestras.
- Recopilar los valores en tiempo real.
- Discernir los datos.
- Socializar los resultados a la población.

Existen varias técnicas aplicadas a la caracterización de la calidad del aire, en base al espacio que se va a monitorear se presentan dos tipos:

1. **Control de la Calidad del Aire Ambiente.** Hace referencia a un área en espacio abierto (exteriores), se realiza generalmente con sistemas de vigilancia fijas, permitiendo realizar un testeado de los contaminantes presentes en la atmósfera.
2. **Control de la Calidad del Aire en Fuentes Fijas.** En este caso se analizan espacios cerrados (interiores), y se utiliza por lo general para las industrias, refinerías y centrales eléctricas, y se puede realizar con monitores para medir la calidad del aire en el interior (CAI), pantallas para medir el CO₂, sensores de humedad y temperatura, entre otros (Safety Culture Content Team, 2024):

También se consideran otros métodos de análisis, se detallan a continuación:

- ❖ **Control Satelital.** El área que analiza es mucho más extensa, se pueden obtener mediciones a nivel global y regional.
- ❖ **Monitoreo Móvil.** Como su nombre lo indica, se refiere a estaciones móviles de control, lo que permite analizar zonas más extensas, así como identificar en estas áreas los puntos críticos de contaminación.
- ❖ **Sistema de Sensores.** Se manejan con sensores, que pueden abarcar varios lugares para el monitoreo, dando una visión más amplia de los niveles de polución.

8.4.2. Parámetros Medidos.

De acuerdo con la OMS (s.f.), se presentan los parámetros a considerarse, respecto a la calidad del aire:

- **Material Particulado.** Respecto a las partículas determinadas en base a su diámetro aerodinámico, hay de diversos tamaños, más aún, se dividen en PM_{10} y $PM_{2.5}$, pues son aquellas consideradas como significantes para la salud y las más comunes para entes reguladores.

En general, son aquellas partículas que pueden ser inhaladas, y se forman por amoníaco, nitratos, sulfatos, carbono negro, cloruro de sodio, agua o polvos minerales.

Las partículas gruesas, son consideradas con un diámetro en rango $2,5 \mu m$ y $10 \mu m$, y su origen proviene de rocío marino, polvo proveniente de minería, erosión del suelo, carreteras, etc., y polen.

Por su parte, las partículas finas, las cuales son generalmente de diámetro $2,5 \mu m$, tienen su fuente en la combustión y reacciones químicas.

Las consecuencias en la salud son claras, entre ellas problemas pulmonares, cardiovasculares y cerebrovasculares.
- **Dióxido de Nitrógeno.** Se caracteriza por ser un gas de color café rojizo, el cual es un fuerte oxidante y es soluble en agua. A nivel doméstico, se da principalmente por hornos, cocinas, calefacción, equipos que generan combustión, entre otros. Y en un nivel macro proviene de industria, transporte, generación de energía, y otros.
- **Ozono Troposférico.** Se compone de monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y óxido de nitrógeno, que se generan por industrias y medios de transporte, existen fuentes domésticas que podrían generar este tipo de contaminantes.
- **Monóxido de Carbono.** Carece de olor y color, se genera a partir de reacciones químicas incompletas, como gasolina, queroseno, madera, chimeneas, hornos, entre otros. En el aire ambiente, el principal productor es el transporte, pues su fuente son los vehículos a motor.
- **Dióxido de Azufre.** Es soluble en agua e incoloro. Este gas se genera por la combustión de combustibles fósiles a nivel doméstico e industrial.
- **Plomo.** En las viviendas se puede presentar en el polvo contaminado de tuberías, soldaduras, gasolina, cerámica, cosméticos, batería, etc., y en el exterior se genera principalmente por los vehículos que utilizan combustible con plomo, expulsándose a través de los tubos de escape.
- **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.** Se forman debido a la combustión incompleta de fuente orgánica, también se presentan en el humo de los cigarrillos, se presentan como partículas en el ambiente.

- **Formaldehído.** A pesar de no tener color, tiene un olor muy fuerte, es un COV común de los interiores, se emite por materiales de construcción, como productos de cuidados personal y de uso doméstico.
- **Radón.** Es un gas radioactivo, generalmente se concentra en lugar bajos de los hogares, o con ventilación pobre. Puede causar graves enfermedades pulmonares.
- **Otros.** Estos contaminantes incluyen al moho, partículas ultrafinas y carbono negro. En estos contaminantes no existen límites cuantificables, no obstante, están incluidos en las Directrices mundiales de calidad del aire de la OMS, pues se consideran un problema para la salud.

Figura 3 Valores Orientativos Recomendados por Contaminante

Contaminante	Valor orientativo	Tiempo promedio	Referencia de la guía
PM _{2.5}	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹⁵	Anual de 24 horas	Organización Mundial de la Salud, 2021
PM ₁₀	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁴⁵	Anual de 24 horas	Organización Mundial de la Salud, 2021
Monóxido de carbono	4 mg/m^3	24 horas	Organización Mundial de la Salud, 2021
Dióxido de nitrógeno	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ²⁵	Anual de 24 horas	Organización Mundial de la Salud, 2021
dióxido de azufre	40 mg/m^3	24 horas	Organización Mundial de la Salud, 2021
Formaldehído	0,1 mg/m^3	30 minutos	Organización Mundial de la Salud, 2010
hidrocarburos aromáticos policíclicos	8,7 $\times 10^{-5}$ por ng/m^3		Organización Mundial de la Salud, 2010
Radón	100 Bq/m^3		Organización Mundial de la Salud, 2010
Dirigir	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anual	Organización Mundial de la Salud. Oficina Regional para Europa, 2000

Nota. Tomado de la OMS (s.f.).

8.4.3. Indicadores y Métodos de Interpretación.

En este apartado, se especifican los valores determinados por la OMS (2021) respecto a los indicadores para determinar la calidad del aire.

8.4.3.1 Indicadores.

- **Material Particulado.** Para $PM_{2.5}$ se presenta un valor límite anual de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y diario de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por su parte para PM_{10} , el límite está en $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anualmente y $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por día.
- **Dióxido de Nitrógeno (NO_2).** Los valores límite para el año son de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas.
- **Dióxido de Azufre (SO_2).** El límite es de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un período de 24 horas.
- **Ozono Troposférico (O_3).** Tienen un valor máximo de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un día.
- **Monóxido de Carbono (CO).** Su nivel máximo permitido en un tiempo de 24 horas está en $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

8.4.3.2. Métodos de Interpretación.

- **Índice de Calidad del Aire (ICA/AQI).** Este método de interpretación hace más comprensibles los distintos niveles numéricos de medición de la calidad del aire, a continuación, se presenta la Tabla 4, en la cual se establecen los rangos de representación:

Tabla 4 Niveles del Índice de Calidad del Aire

		COLOR
	RANGO	CALIDAD DEL AIRE REPRESENTATIVO
	0-50	
	51-100	
	101-150	
	151-200	
	201-300	
	≥ 301	

Nota. Tomado de AirNow, elaborado por los autores.

- **Comparación con la Normativa.** A través de este método de interpretación, se logra contrastar los datos disponibles, a fin de emitir un análisis comparativo sobre la calidad del aire del espacio geográfico que se estudia, la OMS es una norma internacional globalmente aceptada, también las Normas EPA de EE.UU. son muy aceptadas en este tema, y puntualmente en Ecuador, las normas están dadas por los organismos gubernamentales, como es el caso de MAATE, y demás organismos como las normas INEN que especifican valores admitidos respecto a emisión de gases y demás contaminantes presentes en la atmósfera.
- **Análisis Estadísticos.** En este aspecto, se obtiene la representación gráfica y cuantificable de la información recopilada, para una interpretación eficiente respecto a puntos críticos, horarios más contaminantes, fuentes, etc.

- **Mapeo y análisis espacial.** Se pueden representar los puntos de monitoreo, gracias a los valores obtenidos se representa en el mapa del área de estudio, puntos críticos, niveles de concentración y posibles fuentes emisoras significativas.

9. Legislación y Normativa Aplicable

Normativa Ecuatoriana

9.1. Constitución de la República del Ecuador (Legislativo, 2008).

Sección segunda

Ambiente sano

Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

9.2. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)

Art. 201 Normas técnicas Especiales.- De considerarlo necesario, la Autoridad Ambiental Nacional expedirá normas técnicas ambientales de calidad para el agua, el aire y el suelo, en áreas naturales, protegidas o no, que por su fragilidad y exposición a contaminantes de cualquier tipo requieran protección especial.

Art. 219 De la calidad del aire.- Corresponde a características del aire ambiente como el tipo de sustancias que lo componen, la concentración de las mismas y el período en el que se presentan en un lugar y tiempo determinado; estas características deben garantizar el equilibrio ecológico, la salud y el bienestar de la población.

9.3. Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas

2.20 Contaminación del aire Es la presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente.

9.4. Código Orgánico del Ambiente (COA)

Art. 27. Numeral 7 “Generar normas y procedimientos para la gestión integral de residuos y desechos para prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos, según corresponda”.

Art. 224. “La gestión integral de los residuos y desechos está sometida a la tutela estatal cuya finalidad es contribuir al desarrollo sostenible, a través de un conjunto de políticas intersectoriales y nacionales en todos los ámbitos de gestión, de conformidad con los principios y disposiciones del Sistema Único de Manejo Ambiental”.

Art. 226. “Principio de jerarquización. La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad: 1) Prevención. 2) Minimización de la generación en la fuente. 3) Aprovechamiento o valorización. 4) Eliminación y 5) Disposición final”.

9.5. Decreto N° 050.

4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente.

4.1.2.1 Para los contaminantes criterio del aire, definidos en

4.1.1.1. se establecen las siguientes concentraciones máximas permitidas. La Autoridad Ambiental Nacional establecerá la frecuencia de revisión de los valores descritos en la presente norma de calidad de aire ambiente. La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental utilizará los valores de concentraciones máximas de contaminantes del aire ambiente aquí definidos, para fines de elaborar su respectiva ordenanza o norma sectorial. La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental podrá establecer normas de calidad de aire ambiente de mayor exigencia que los valores descritos en esta norma nacional, esto si los resultados de las evaluaciones de calidad de aire que efectúe dicha autoridad indicaren esta necesidad.

Partículas sedimentables.- La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado (1 mg/cm² x 30 d).

Material particulado menor a 10 micrones (PM10).- El promedio aritmético de la concentración de PM10 de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m³).

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM10 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2,5).- El promedio aritmético de la concentración de PM2,5 de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM2.5 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dióxido de azufre (SO₂).- La concentración SO₂ en 24 horas no deberá exceder ciento veinticinco microgramos por metro cúbico ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), la concentración de este contaminante para un periodo de diez minutos, no debe ser mayor a quinientos microgramos por metro cúbico ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

El promedio aritmético de la concentración de SO₂ de todas las muestras en un año no deberá exceder de sesenta microgramos por metro cúbico ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Monóxido de carbono (CO).- La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico ($10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no más de una vez al año. La concentración máxima en (1) una hora de monóxido de carbono no deberá exceder treinta mil microgramos por metro cúbico ($30\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no más de una vez al año.

Ozono.- La máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un período de (8) ocho horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), más de una vez en un año.

Dióxido de nitrógeno (NO₂).- El promedio aritmético de la concentración de Dióxido de nitrógeno, determinado en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cuarenta microgramos por metro cúbico (40 µg/m³).

La concentración máxima en (1) una hora no deberá exceder doscientos microgramos por metro cúbico (200 µg/m³).

10. Pregunta de Investigación

- ¿La elaboración de una propuesta para reducir la contaminación del aire ayudará a mejorar el ecosistema y la calidad de vida de los moradores del barrio El Tejar?

Ciertamente, la propuesta se ha realizado con la finalidad de contribuir a la comunidad, pues está claro el riesgo que conlleva continuar incinerando los residuos descontroladamente, sin embargo, se requiere el accionar conjunto entre la comunidad y las autoridades del sector, lo cual permitirá aplicar las medidas propuestas.

Es decir, que el alcance de este trabajo de investigación es meramente teórico, se requiere un espíritu de responsabilidad ambiental y social por parte del liderazgo del sector, para llevar a cabo ya sea el proyecto de construcción del horno o a su vez la siembra de plantas, que ayuden a mejorar la calidad del aire, y en un escenario perfecto, la aplicación de ambas medidas.

En cuanto a la creación de un horno, es una de las mejores alternativas, pues no solo reduce de forma sustancial la emisión de partículas contaminantes y demás componentes tóxicos, sino que podría constituir una fuente de energía, en consecuencia, el medio ambiente mejorará. Así mismo, la calidad de vida de las personas evolucionará favorablemente. La siembra de plantas según Zarate (2014), tiene un efecto positivo en la calidad de vida de las personas pues limpian el aire y refrescan el entorno, así también será efectivo en el área de El Tejar, pues hay evidencia de la reducción de CO₂ y demás agentes contaminantes gracias a la siembra de plantas, en relación a la problemática existente se mitigará el daño ocasionado por la incineración de residuos, siendo una de las posibles soluciones presentadas en la propuesta.

11. Metodología

11.1. Área de estudio

La zona seleccionada para desarrollar esta investigación corresponde al barrio El Tejar, ubicado en la parroquia urbana Saquisilí, en el cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi, Ecuador.

2025). Se presenta a continuación la Figura 5, para representar las temperaturas máximas y mínimas de Saquisilí respecto a cada mes del año.

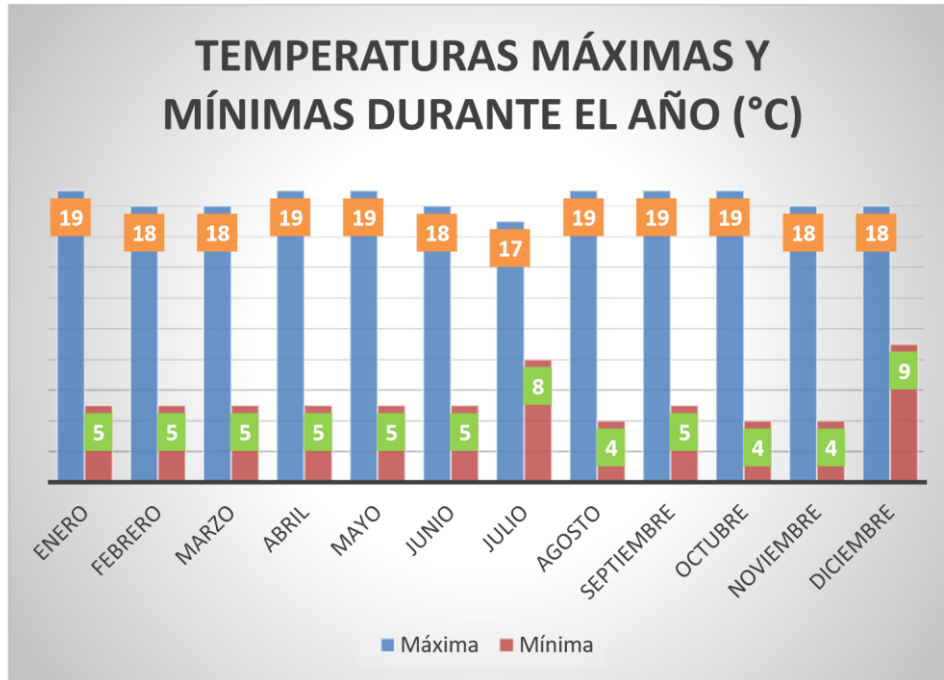


Figura 5 Temperatura del sector máxima y mínima durante el año 2024
Nota. Elaborado por los autores.

En cuanto al índice UV, se tiene un nivel moderado regular de aproximadamente 3 en escala típica. Tiene una humedad relativa promedio entre 75% y 86%, siendo más alta en el período febrero-abril y noviembre-diciembre; a su vez más baja con aproximadamente 75% en septiembre (Weather Atlas, s.f.).

La metodología fue establecida para alcanzar los objetivos de este estudio, lo que contribuyó a obtener resultados más precisos, sobre el problema presentado en el barrio El Tejar de la parroquia Saquisilí en cuanto a su calidad del aire, ya que se realizó un muestreo utilizando una máquina E-BAM.

Esto permitió evaluar su condición y determinar el efecto producido en el aire (calidad) y la salud pública.

En una investigación realizada por Taguada (2019) sobre la concentración de material particulado en un sector específico, se utilizó la misma técnica a partir de las muestras tomadas con la máquina E-BAM. En virtud de los hallazgos obtenidos, el autor pudo compararlos con las normativas.

11.2. Tipo de investigación

El enfoque fue cualitativo, pues permitió analizar las percepciones de las comunidades afectadas, frente a la contaminación del aire.

A partir de los datos obtenidos se pudo describir el impacto debido a la incineración de residuos orgánicos al aire libre en los ámbitos: ambiental y de la salud.

Se analizaron los datos de la calidad del aire (PM₁₀ y PM_{2.5}), a partir de estos datos se hicieron gráficos estadístico e interpretación de resultados.

11.2.1. Descriptiva. A través de esta investigación se determinó las características de los contaminantes, permitió expresar los datos obtenidos en las muestras respecto a la calidad del aire, y también se describió el impacto que tiene en el sector; determinando la situación que atraviesa el barrio El Tejar por la problemática planteada.

11.2.2. De Campo. Permitted recopilar la información in situ, inicialmente con las encuestas para determinar el diagnóstico acerca de la percepción de los habitantes, además se obtuvieron las muestras de aire para su análisis, lo cual fue el fundamento para discernir si existió una afectación en la calidad del aire del sector respecto a la incineración de residuos orgánicos y su alcance hacia la salud de los habitantes.

11.3. Métodos

11.3.1. Método inductivo. En el estudio actual se utilizó el método inductivo, porque se realizó mediante observación directa y la confrontación del material observado con los datos esenciales recopilados en el área de estudio, que informan sobre la problemática del uso de la incineración de residuos orgánicos informalmente

A través de la información recopilada de cuestionarios para la población y mediciones de PM_{2.5} y PM₁₀, descubrimos patrones de comportamiento ambiental y niveles de contaminación atmosférica relacionados con la incineración.

A partir de los datos específicos de estos, se hicieron inferencias sobre los efectos ecológicos de la incineración de residuos, y de esta manera se pudo caracterizar la calidad del aire ambiente y la posibilidad de aliviar adecuadamente la situación.

Este proceso inductivo fue clave para construir conocimiento directamente de la realidad observada y la experiencia local.

11.3.2. Método deductivo. Se aplicó este método, el cual permitió partir de principios teóricos y normativos generales, como los establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) y la OMS, así como en estudios científicos sobre los efectos de la quema de residuos y los límites permisibles de contaminantes atmosféricos.

Estos marcos conceptuales y normativos fueron aplicados al análisis de la situación particular del área de estudio, con el fin de verificar el grado de cumplimiento ambiental y evaluar si las prácticas locales se alinean con la ley vigente en esta temática.

A través de esta deducción, fue posible establecer una relación directa entre la quema de residuos y la calidad del aire, facilitando la interpretación crítica de los resultados obtenidos.

11.4. Técnicas

Dentro de las técnicas se pueden encontrar:

- **Observación Directa.** En la presente investigación, se empleó la observación directa como una de las técnicas de recolección de datos, gracias a e esta se comprendieron las condiciones ambientales.

Esta técnica consistió en la inspección visual y sistemática del entorno, sin interferir en las actividades normales de los pobladores.

- **Encuesta.** A través de la encuesta realizada a los habitantes del sector se obtuvo información relevante acerca del conocimiento de los pobladores sobre la problemática presentada, misma que sirvió de fundamento para expresar un análisis crítico, conclusiones y recomendaciones para esta investigación. Así lo realizan en la investigación de Clavijo y Flores (2023), en donde se utiliza la técnica de encuestas a fin de recabar información relevante que permita entender un entorno y su población.

- **Población.** La población hace referencia a ese foco de estudio que el investigador se plantea. Es el objeto, grupo de personas que se analizó.

En total en el barrio El Tejar se tiene una población de 500 habitantes

- **Muestra.** A continuación, se expresa la fórmula utilizada para el cálculo de la muestra según el artículo de (Robles, 2019).

Donde:

Ecuación 1 *Fórmula para el cálculo de la muestra*

$$n = \frac{N \times (Z)^2 \times p \times q}{(e)^2 \times (N - 1) + (Z)^2 \times p \times q}$$

- n = tamaño de la muestra
- N= tamaño de la población
- Z = valor Z (según el nivel de confianza del 95%)
- p = probabilidad de éxito (usualmente 0,5 si no se conoce)
- q = 1 - p
- e= margen de error (0,05 para ±5%)

Nivel de confianza del 95% y margen de error del 5%:

- N = 500 habitantes del barrio El Tejar
- Z = 1,96
- P = 0,5
- q = 1 - 0,5 q = 0,5
- e = 0,05

Se sustituyó en la fórmula con los datos referentes del barrio El Tejar:

$$n = \frac{500 (1,96)^2 \times 0,5 \times 0,5}{(0,05)^2 \times (500 - 1) + (1,96)^2 \times 0,5 \times 0,5}$$

$$n = \frac{500 (3,84) \times 0,25}{(0,0025 \times 499) + (3,84 \times 0,25)}$$

$$n = \frac{1920 \times 0,25}{1,25 + 0,96}$$

$$n = \frac{480}{2,21}$$

$$n = 217,19 \approx n = 217$$

- **Monitoreo.** En esta investigación, se monitorearon 3 puntos para obtener los datos de calidad del aire del barrio El Tejar, cantón Saquisilí.

Se realizaron mediciones *in situ* de los principales indicadores de contaminación de la atmósfera, como el material particulado PM_{2.5} y PM₁₀, a través de aparatos especiales y en ubicaciones estratégicas en el área de estudio.

También se han analizado en condiciones meteorológicas adecuadas para asegurar la representatividad y precisión de los datos, considerando la dirección del viento, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa, no muestreando durante períodos de lluvia intensa o episodios meteorológicos extremos para no modificar la concentración real de contaminantes en el área de estudio.

- Ubicación: Saquisilí, Cotopaxi, Ecuador
- Coordenadas GPS: Latitud: -0,84658° y Longitud: -78,693009°

Tabla 5 Metodología monitoreo con máquina E-BAM

Etapa	Descripción
a. Selección del sitio	Se eligió un punto representativo del sector, lejos de fuentes poco de muestreo relevantes para el estudio y con condiciones seguras para la máquina.
b. Instalación de la máquina E-BAM	Se colocó el equipo a una altura adecuada que va entre 1,5 y 3 metros del suelo, protegida de lluvia directa y fuentes artificiales de calor.
c. Calibración y verificación	Se realizó la calibración la máquina y se revisó la cinta de papel antes del inicio del monitoreo. Para lo cual se utilizaron dos placas de

Etapa	Descripción
	calibración, ZERO y SPAN, se requirió la calibración con placa ZERO, ya que se utiliza cuando el equipo se ha transportado de un lugar a otro, y la placa SPAN, para restablecer a los valores de fábrica de la máquina.
d. Toma de muestras	Se tomaron muestras continuamente durante 24 horas, con registros cada 5 minutos de forma automática.
e. Almacenamiento y descarga de datos	Los datos obtenidos fueron extraídos mediante software especializado para su análisis.

Se analizaron los valores de concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM₁₀ y PM_{2.5}, **f. Procesamiento y análisis de datos** generando promedios y horarios, los cuales se compararon con los límites permisibles establecidos por la Normativa Nacional y la OMS.

Nota. Elaboración propia, información tomada de Met One Instruments, Inc (2008).

11.5. Instrumentos

11.5.1. Equipos para la Medición de la Calidad del Aire: E-BAM. Esta herramienta permitió la recolección de información sobre la calidad del aire en el sector a través de muestreo de aire. La E-BAM es un monitor atmosférico portátil (pantalla) que utiliza la absorción/atenuación beta, lo que permite la determinación del contenido de partículas de las muestras recolectadas. Según Massucco *et al.* (2015), se derivaron datos para PM₁₀ y PM_{2.5} durante un período de 24 horas.

11.5.2. Cuestionario de encuestas. Se realizó a través de un cuestionario de diez preguntas cerradas, el cual fue valorado por expertos, se determinó la visión general de la población acerca de cómo afectaba la salud de los pobladores la incineración de residuos orgánicos en el sector. (Ver Anexo A.)

11.5.3. Computadora. Una computadora fue sumamente importante para realizar la investigación, pues a través de los programas utilizados se registró, estructuró y analizó la información que se obtuvo; obteniendo además gráficas estadísticas en medio digital producto del análisis de datos.

11.5.4. Software TUS o Software Comet. Se recopilaron los datos durante 24 horas, generando una serie de datos que, al ser explorados mediante el software, permitieron el análisis de la información para compararla con la normativa ambiental vigente y establecer si los parámetros cumplían o no con la norma.

11.5.5. Software QGis. Gracias a este sistema de información geográfica, se produjo un mapa de alta calidad para representar la zona de toma de muestras, en la que se identificaron los puntos geográficos en los que se ubicó la máquina para el análisis, en función de los datos obtenidos, expresando así la dispersión de los contaminantes por medio de colores representativos.

11.5.6. Excel. Este instrumento es bastante útil permitió organizar datos, graficarlos estadísticamente, realizar cálculos, entre otras acciones necesarias para presentar la información obtenida y analizarla, finalmente estas gráficas y datos se incluyeron en el documento final para presentar el detalle de la información.

12. Análisis y Discusión de Resultados

La contaminación del aire en áreas urbanas y semiurbanas, como el barrio El Tejar, es un problema ambiental creciente y también de salud pública. La quema a cielo abierto de

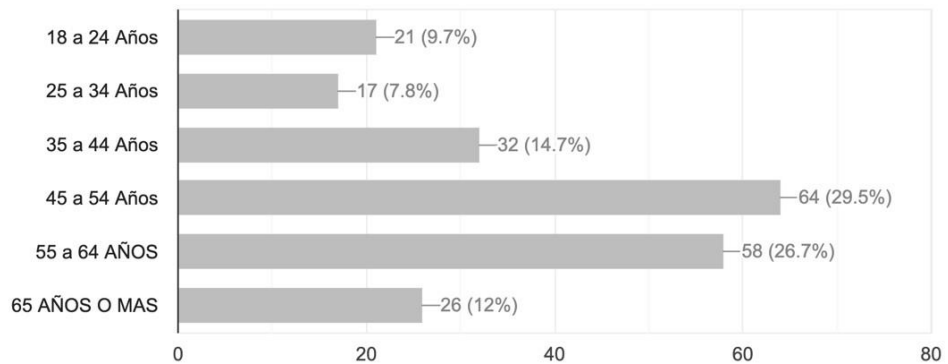
residuos, un fenómeno generalizado en muchas regiones, genera una mezcla compleja de partículas suspendidas, gases nocivos y compuestos orgánicos volátiles que afectan negativamente la calidad del aire (OMS, 2021). En este contexto, la búsqueda de alternativas nuevas y respetuosas con el ambiente es necesaria para prevenir y mitigar el impacto hacia la atmósfera. ¿La elaboración de una propuesta para reducir la contaminación del aire ayudará a mejorar el ecosistema y la calidad de vida de los moradores del barrio El Tejar? Para evitar la continua contaminación del aire y el decremento del índice de la calidad de vida, es importante implementar estrategias sostenibles, a partir de una propuesta clara frente a este problema, se podrán incluir nuevas alternativas en la localidad. El primer aspecto clave es la capacitación, el conocimiento es poder, y es el eje principal para poder focalizar las acciones necesarias como reciclar, reutilizar, no desperdiciar recursos, entre otros aspectos que ayuden a minimizar el daño ambiental y sus consecuencias. Sin embargo, no solo se debe informar a la población, realmente se logrará cambiar hábitos cuando las personas internalicen lo indispensable que es proteger el entorno y los recursos existentes, con la visión de lograr un cambio de raíz en cuanto a las actividades diarias que más contribuyen al daño medioambiental. Las charlas de sensibilización, aplicadas en la cotidianidad generan un gran impacto positivo de implementarse correctamente. Por lo que este enfoque sí puede ayudar a mejorar el ecosistema y la calidad de aire del barrio, siempre y cuando los moradores participen activamente en lograr este objetivo. Al mismo tiempo, la plantación a gran escala de vegetación y la revegetación de espacios verdes es una medida complementaria y esencial para mitigar la mala calidad del aire y desarrollar aún más el ecosistema local. La vegetación, al ser un sistema de filtrado, captura algunos de los contaminantes gaseosos, como el dióxido de carbono (CO_2) y otros, incluyendo el dióxido de azufre (SO_2) y el dióxido de nitrógeno (NO), y libera oxígeno (Nowak *et al.*, 2006). Además de la calidad del aire, la presencia de áreas vegetadas influye positivamente en la regulación térmica, la biodiversidad -proporciona hábitat para especies endémicas-, y la salud mental y física de las personas que viven en las áreas, respectivamente (Ulrich *et al.*, 1991). Juntas, estas medidas representan un paquete de soluciones no solo para la comunidad de El Tejar, sino para la fuente del problema y su entorno inmediato. En concordancia con el objetivo 1, se aplicó la técnica correspondiente (encuesta) para diagnosticar el conocimiento que tiene la población en relación a la temática, esto permitió indagar sobre las principales causas que impactan en la calidad del aire del sector, lo cual intensifica la problemática presentada, también la predisposición de la población a participar activamente en estrategias para la mitigación del daño ambiental, a continuación, se expresan los resultados y el análisis de los mismos.

Nota. Elaborado por los autores.

De acuerdo a la edad de los encuestados, se determina que la población es principalmente adulta con un porcentaje de 29,5% respecto al grupo de 45 a 54 años de edad, seguido del grupo de 55 a 64 años con un porcentaje de 26,7%, gracias a estos datos se infiere que las personas encuestadas son de criterio formado, probablemente tengan mayor experiencia laboral, con responsabilidades familiares e incluso mayor conciencia del impacto ambiental ocasionado en el sector por la quema de residuos orgánicos.

Figura 6 Gráfica estadística de la edad de encuestados

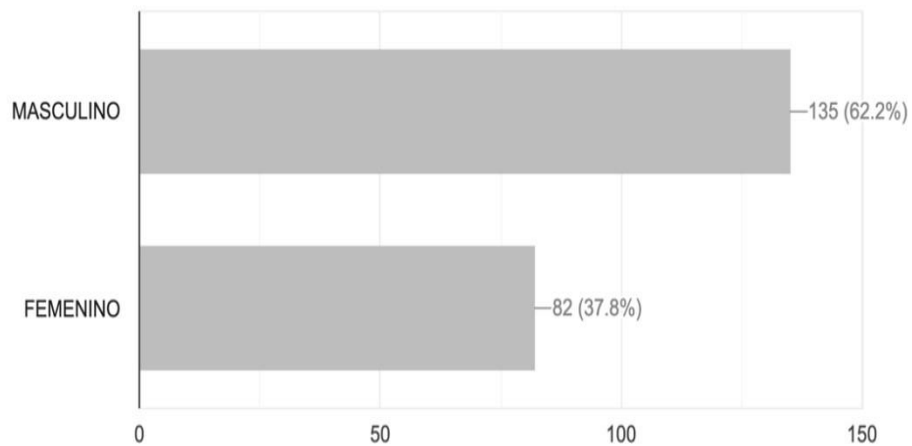
Edad del encuestado:
0/217 respuestas correctas



Ciertamente este grupo etario podría ser más susceptible a problemas respiratorios y de salud en general.

Figura 7 Gráfica estadística del sexo del encuestado

El sexo del encuestado es:
0/217 respuestas correctas



Nota. Elaborado por los autores.

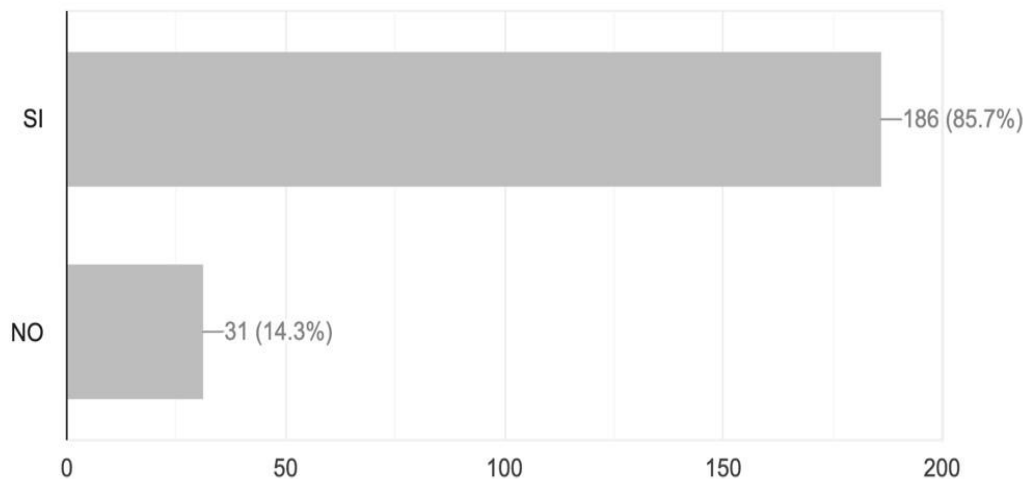
Los resultados obtenidos indican que los hombres predominan con un 62,2%, y las mujeres encuestadas fueron en proporción un 37,8%.

La mayoría son hombres, pero el grupo de las mujeres también es un porcentaje significativo.

La participación de ambos sexos en proporciones relativamente equilibradas, permite una diversidad de perspectivas respecto a la percepción de la calidad del aire y el impacto de la quema de residuos biológicos.

Pregunta 1. ¿Conoce usted acerca de la contaminación del aire?

Figura 8 *Gráfica estadística de la primera pregunta*

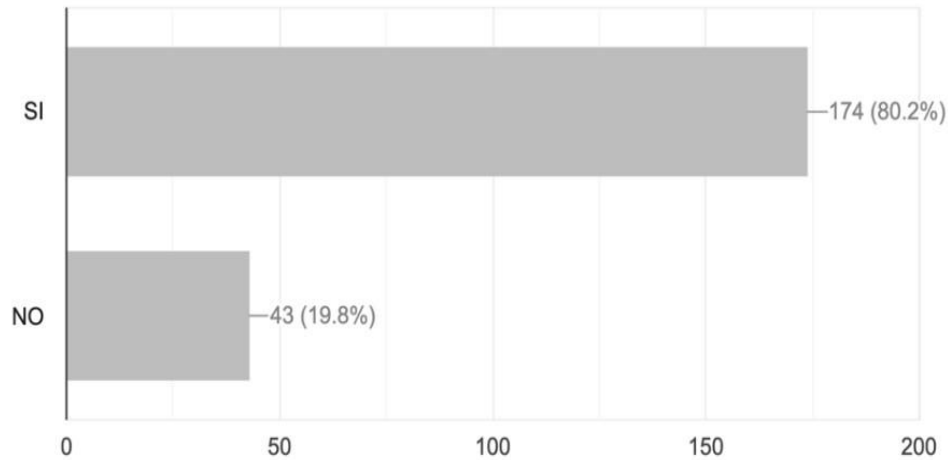


Nota. Elaborado por los autores.

Con un 85,7% la respuesta es afirmativa, por lo tanto, se estima que la mayoría de la población adulta entiende acerca de la temática. El alto porcentaje de respuestas afirmativas sugiere que el tema no es ajeno a la comunidad y que existe un nivel básico de comprensión o reconocimiento del problema, lo que representa un aspecto positivo en términos de participación ciudadana y receptividad hacia posibles medidas de mitigación. Sin embargo, el 14,3 % que respondió negativamente representa un segmento que carece de información suficiente sobre el tema, lo que señala la necesidad de fortalecer procesos educativos y de conciencia ambiental.

Pregunta 2. ¿Considera usted que la calidad del aire ha empeorado en el sector El

Figura 9 Gráfica estadística de la segunda pregunta



Tejar?

Nota. Elaborado por los autores.

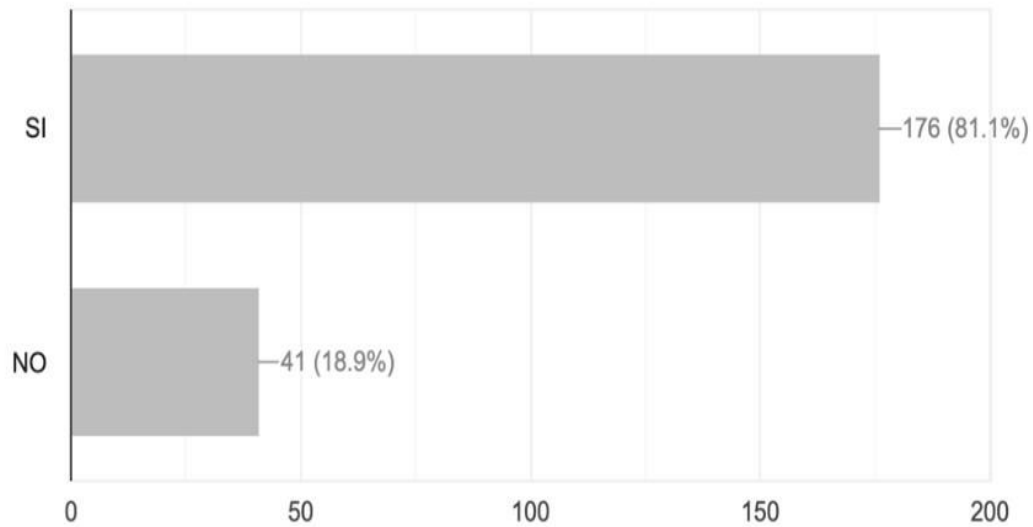
El 80,2% de los encuestados sienten que el aire en la zona se ha deteriorado y el 19,8% no notaron diferencia en la calidad del aire, mostrando la difícil situación de los residentes en términos del aire contaminado.

La percepción de que la calidad del aire ha empeorado es un indicativo de que los residentes podrían haber notado algo mal recientemente en el ambiente, como olor, hedor o irritación respiratoria.

Esta encuesta aporta una visión más integral de la forma en que los pobladores perciben este problema ambiental.

Pregunta 3. ¿Sabe usted qué efectos causa la contaminación del aire a la salud de las personas?

Figura 10 Gráfica estadística de la tercera pregunta

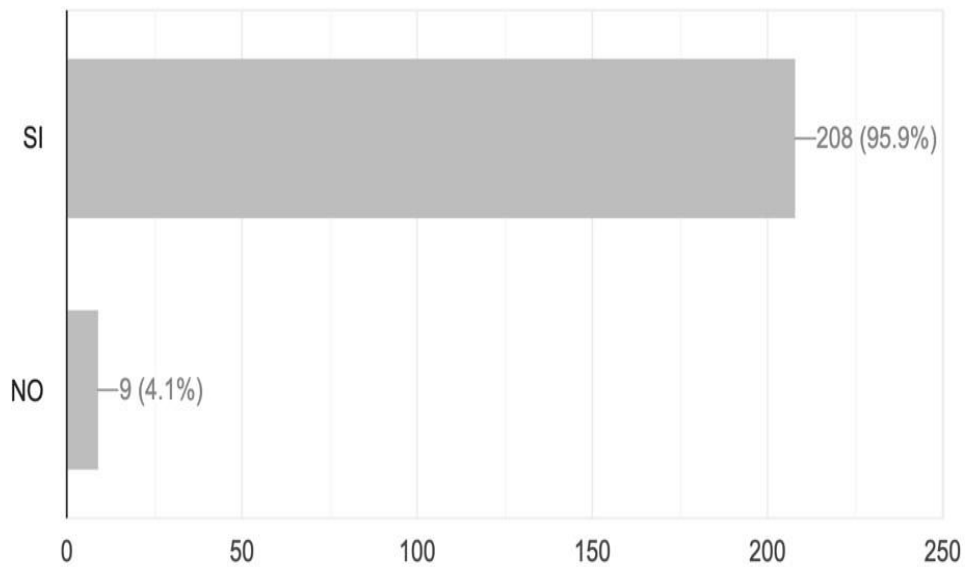


Nota. Elaborado por los autores.

Muchos encuestados son conscientes del impacto en la salud provocado por la mala calidad del aire, un total de 81,1%. Por otra parte, el 18,9% no conoce estos problemas. Este hallazgo demuestra que la mayoría de los participantes son conscientes de los efectos de la contaminación del aire en la salud, al menos en cierta medida, y es alentador desde una perspectiva educativa y de estrategia preventiva.

No obstante, el 18,9% que ignora las consecuencias de la contaminación representa un espacio educativo y comunicacional para la formación ambiental en todos los sectores, especialmente aquellos que son más vulnerables o tienen más limitaciones para acceder a la información.

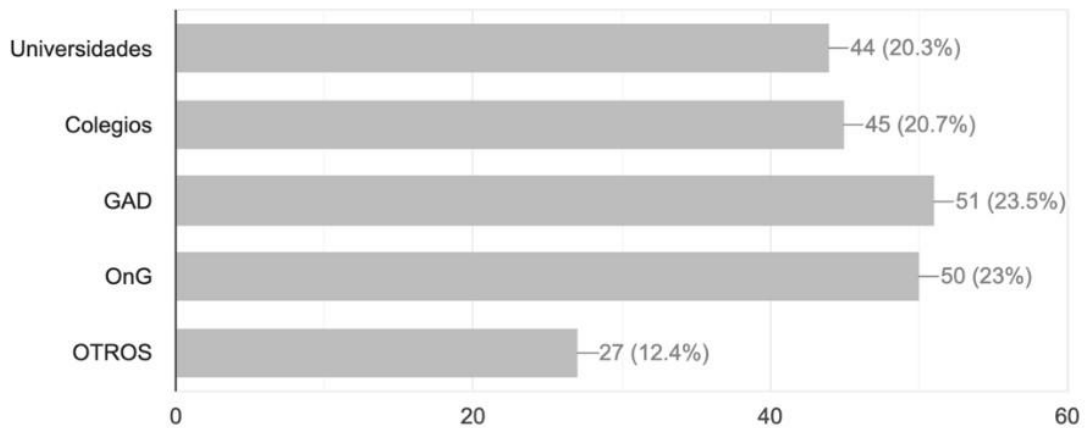
Pregunta 4. ¿Alguna vez ha recibido charlas de educación ambiental?

Figura 11 Gráfica estadística de la cuarta pregunta

Nota. Elaborado por los autores.

Un total de 95,9% de los encuestados informaron que han recibido información sobre educación ambiental, lo que quiere decir que la población conoce sobre la problemática abordada en la investigación, de acuerdo a la encuesta se confirma que han recibido charlas de educación ambiental. Este grado de exposición al contenido ambiental puede ayudar a explicar otros hallazgos de la encuesta, como que una gran parte de las personas dice saber el efecto negativo de la contaminación o cree que la calidad del aire está empeorando, además, una población que ya ha tenido la oportunidad de ser educada sobre el medio ambiente, es más probable que reconsidere el mal comportamiento y esté dispuesta a participar en soluciones comunes. Sin embargo, simplemente porque hay muchas charlas no significa que habrá un cambio real de comportamiento por parte de muchas personas, estos procesos deben ser reforzados con un seguimiento comunitario práctico y participativo, llevando la educación ambiental no solo en teoría sino en la práctica. De acuerdo Moreano et al. (2022), la educación ambiental es necesaria para preparar a los actores sociales para la resolución de problemas relacionados, pues es un desafío latente comprometer a la ciudadanía al cambio, la educación es un incentivo clave para lograr armonía en las actividades del hombre y su entorno.

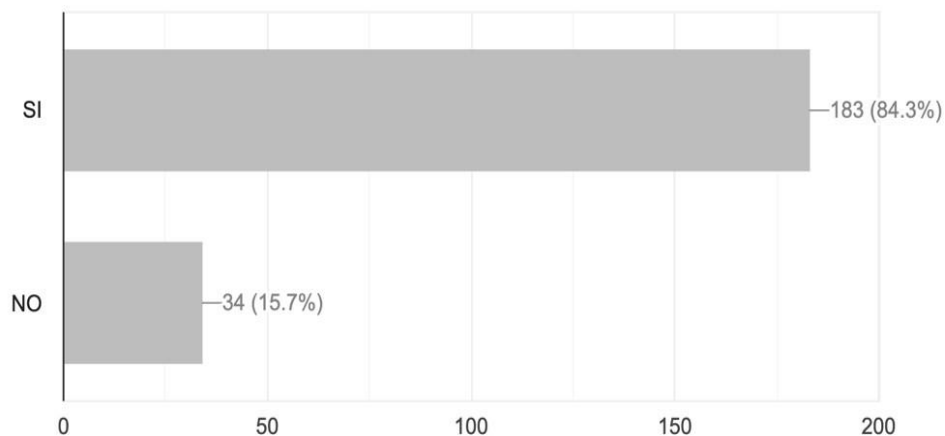
Pregunta 5. ¿Qué instituciones realizaron las charlas?

Figura 12 *Gráfica estadística de la quinta pregunta*

Nota. Elaborado por los autores.

Los colegios y universidades representan el 41%, y, por lo tanto, el sistema educativo contribuye significativamente a la educación ambiental de la población. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), con el 23,5% de las menciones, indica que las entidades gubernamentales locales participan activamente en los procesos de educación ambiental. Las Organizaciones No Gubernamentales (ONG) también son efectivas y representan el 23%, demostrando el poder de la participación civil y pública en buenas prácticas ambientales. La categoría Otro con 12,4% es menor; sin embargo, esto significa que también hay acciones de otros sectores como fundaciones comunitarias, brigadas vecinales, medios de comunicación, entre otros.

Pregunta 6. ¿Usted estaría interesado(a) en participar en programas comunitarios para el manejo de residuos y así poder mejorar la calidad del aire en el sector?

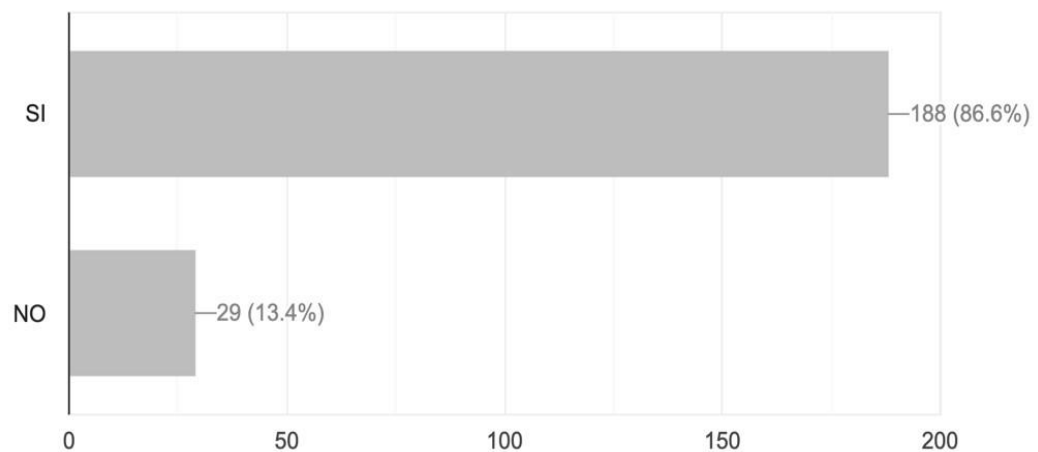
Figura 13 *Gráfica estadística de la sexta pregunta*

Nota. Elaborado por los autores.

Con relación a la disposición de los residentes para participar ágilmente en acciones que fomenten una gestión adecuada de los residuos para mejorar la calidad del aire, el 84,3% dijo estar dispuesto a involucrarse en acciones que conduzcan a mejoras en su vecindario. La alta tasa de interés en participar en iniciativas comunitarias indica una conciencia prevalente sobre el medio ambiente y una orientación favorable hacia la acción colectiva. Es importante destacar que este es el caso en entornos donde los efectos en la salud y el medio ambiente de las malas prácticas, como la incineración informal de residuos, son inmediatos. No se puede exagerar el valor de la participación comunitaria en la sostenibilidad de cualquier iniciativa ambiental, y en este caso, dicha disposición puede ser aprovechada por las instituciones locales (GAD, ONG, escuelas, universidades) en la promoción de programas conjuntos, que combinan educación, acción y monitoreo. Incluso si solo una proporción relativamente pequeña del 15,7% no estaba interesada, la proporción que no está interesada puede tener barreras individuales o estructurales (desconfianza, falta de tiempo, falta de conocimiento, etc.); por lo tanto, las razones de esta elección deben estudiarse más a fondo para encontrar estrategias inclusivas.

Pregunta 7. ¿Usted ha realizado actividades de reciclaje para disminuir la contaminación del medio ambiente?

Figura 14 Gráfica estadística de la séptima pregunta



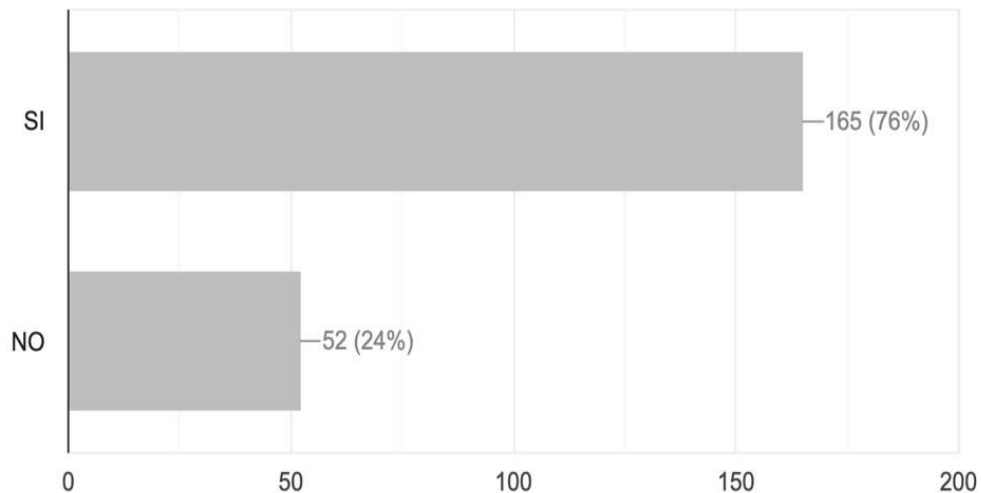
Nota. Elaborado por los autores.

El 86,6% dijo que están reciclando para reducir la contaminación, mientras que un número menor, el 13,4%, dijo que no lo están haciendo. Este hallazgo indica que los encuestados tienen una alta conciencia ambiental, así como intensidad en su comportamiento y actitud ambiental, lo cual es ventajoso para fomentar un comportamiento sostenible en la comunidad. Sin embargo, cabe la posibilidad de que los habitantes no hayan respondido la

pregunta de manera realista, es decir, muchas personas suelen responder las preguntas en base a su percepción o simplemente por responder, lo cual podría considerarse en este caso. Incluso, podría existir un poco de confusión, pues muchas personas se equivocan al creer que separar una botella de la basura ya se considera reciclar, pero reciclar se refiere a realizar la separación adecuada de los residuos, lo cual permitirá reciclar de manera efectiva. A su vez, al responder afirmativamente la mayoría de los encuestados, se puede demostrar la voluntad de la población a realizar actividades que estén destinadas a proteger el medio ambiente, lo cual evidenciaría el potencial del sector para fomentar el cambio.

Pregunta 8. ¿Usted ha visualizado la incineración (quema de restos orgánicos) en el sector El Tejar?

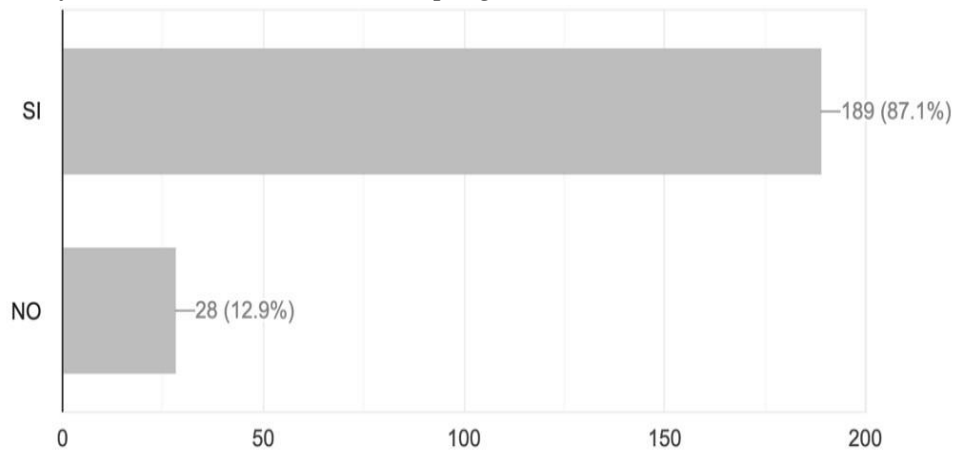
Figura 15 Gráfica estadística de la octava pregunta



Nota. Elaborado por los autores.

La mayoría de los encuestados con un 76%, conoce acerca de la incineración de residuos orgánicos en el sector de El Tejar, mientras que el 24% no ha visto esta actividad. Estos resultados muestran que la incineración es, de hecho, una práctica generalizada y reconocible en el sector, lo que preocupa por los impactos negativos de la combustión de materiales orgánicos en el medio ambiente y la salud pública. Este hallazgo puede alentar al gobierno local a buscar un enfoque más sostenible de control y alternativas en la gestión de residuos orgánicos. Y el 24% que no ha observado este comportamiento puede vivir en áreas donde la práctica ocurre menos, o simplemente no haberla encontrado tanto.

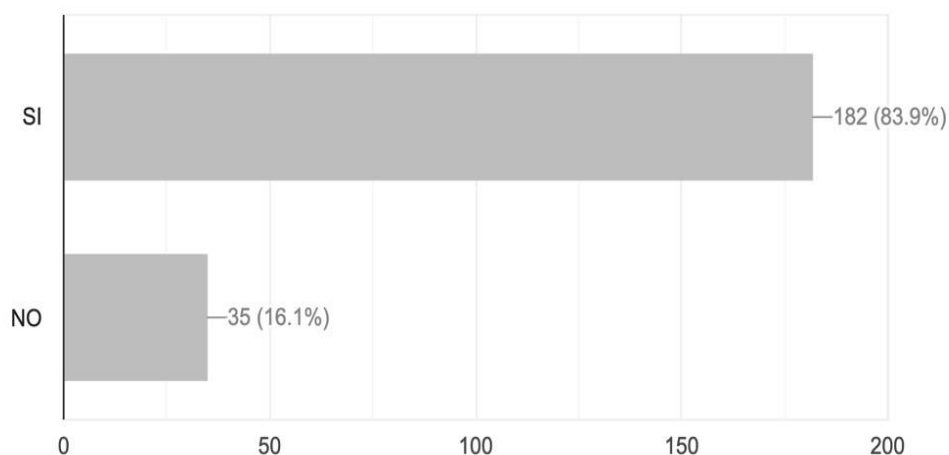
Pregunta 9. ¿Tiene con frecuencia enfermedades respiratorias?

Figura 16 Gráfica estadística de la novena pregunta

Nota. Elaborado por los autores.

Un 87,1% de moradores dicen tener o haber tenido enfermedades respiratorias con frecuencia, mientras que solo el 12,9% indicó que no. Padecer enfermedades respiratorias de forma frecuente, constituye una evidencia clara del impacto que la contaminación ambiental derivada de la quema de residuos- tiene sobre la salud de los habitantes. Estos resultados indican que los efectos negativos no son hechos aislados, sino la consecuencia directa de prácticas ambientalmente irresponsables presentes en el sector. Se evidencia una necesidad urgente de intervención por parte de autoridades de salud y ambientales.

Pregunta 10. ¿Estaría de acuerdo que se realicen estudios de la calidad del aire en el sector El Tejar?

Figura 17 Gráfica estadística de la décima pregunta

Nota. Elaborado por los autores.

La mayoría de los pobladores con 83,9% aprueba a que se realicen investigaciones sobre la calidad del aire en el sector de El Tejar. Solo el 16,1% se opondría, incluso cuando es una ventaja directa para su propio espacio. Este número puede deberse a la ignorancia, la falta de

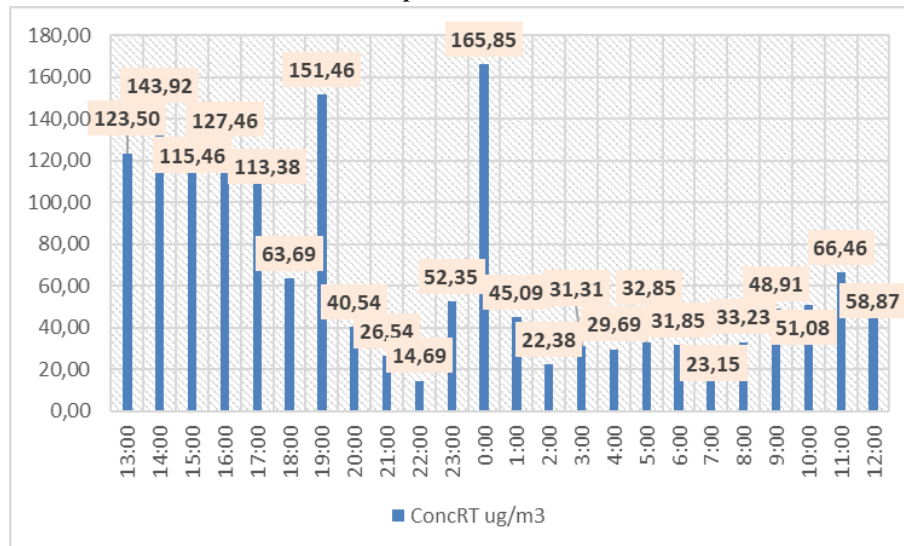
confianza en la institucionalidad o un fenómeno sociológico más amplio que merece ser examinado. En resumen, los residentes de El Tejar son predominantemente adultos, capaces de reconocer que la quema de basura es contaminación grave y que tiene fuertes consecuencias para la salud, y están interesados en involucrarse en soluciones. Aunque algunos de ellos ya han aprendido sobre educación ambiental, es muy importante compartir ese aprendizaje e incorporarlo de una manera simple y sostenible. La evidencia contundente de enfermedades respiratorias recurrentes y el visto bueno para una buena investigación indican que hay una necesidad urgente de que la comunidad y el gobierno intervengan juntos y tomen medidas efectivas. Este contexto allana el camino para programas efectivos de reforestación y gestión adecuada de residuos si se concentran en la participación y la construcción comunitaria.

12.1. Monitoreo de la Calidad de Aire en el Barrio El Tejar

Se determinaron tres puntos de monitoreo en la zona de investigación, tomando en cuenta factores como la dirección del viento, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa, la toma de muestras se realizó en 24 horas respecto a cada punto para PM₁₀ y PM_{2.5}, estos datos se compararon posteriormente con los límites aplicables a la contaminación del aire.

12.1.1. Punto 1 para PM₁₀.

Figura 18 Concentraciones de PM₁₀ en el punto 1

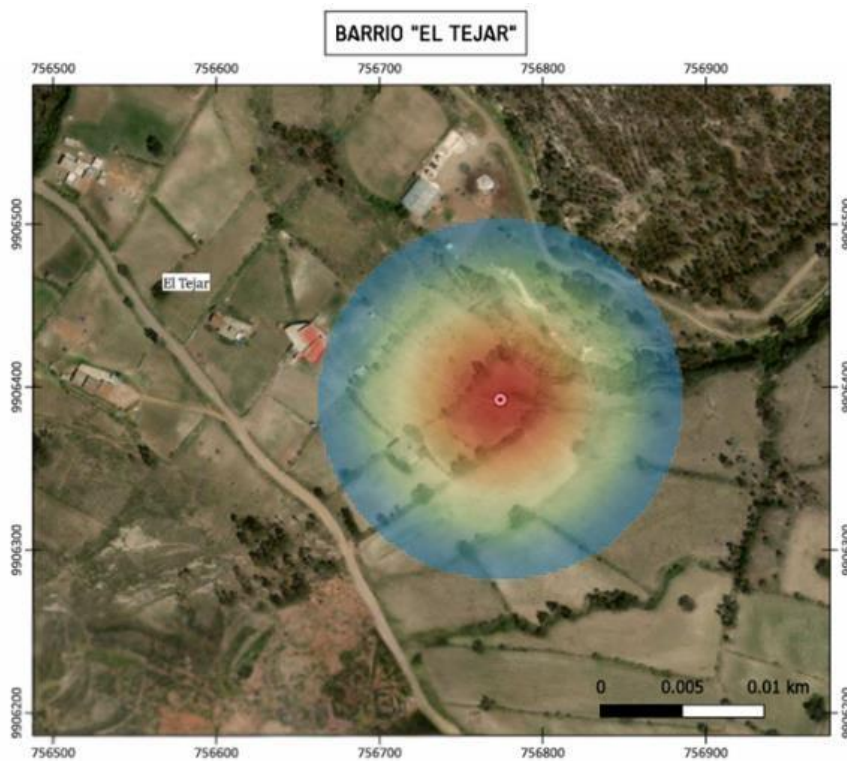


Nota. Elaborado por los autores.

En la Tabla 18, se presentan los datos obtenidos de PM₁₀ mediante el equipo E-BAM en el primer punto de muestreo. De acuerdo con el límite permisible establecido en Ecuador, según el Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, específicamente en el Acuerdo N.º 050, la concentración máxima permitida de PM₁₀

es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un período de 24 horas. Como se puede observar, en el primer punto de monitoreo se registran valores que superan dicha normativa, por lo tanto, no cumple con lo establecido. En particular, a las 12:00 a.m. se alcanza el valor más alto registrado por el EBAM, con una concentración de $165,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Así también la OMS recomienda un máximo de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un período de 24 horas, superando los valores referenciales permitidos, pues el promedio es de $67,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Este valor representa un impacto negativo importante para el medio ambiente, pues deteriora la calidad del aire del sector, por lo que es necesario implementar alternativas adecuadas para reducir la contaminación. En definitiva, no cumple con normativas internacionales ni nacionales.

Figura 19 Primer punto de PM_{10} representado en QGis.



Nota. Imagen realizada por los autores.

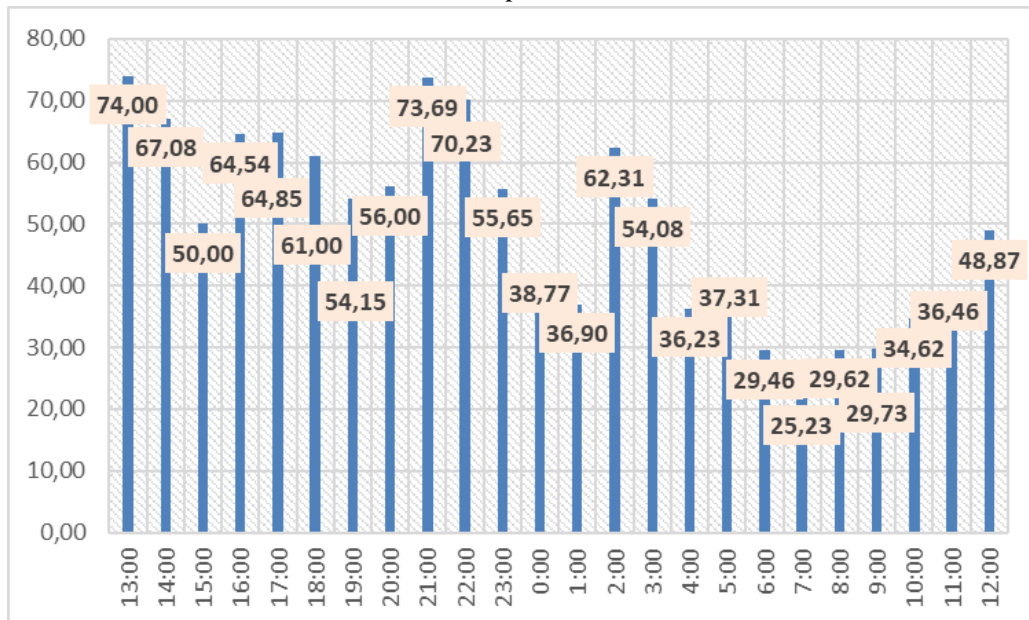
En la Figura 19, se ha representado la dispersión de los gases en el ambiente, el punto central marca la ubicación de la máquina E-BAM, a partir de la cual se mide la concentración del contaminante, el color rojo representa el punto focal de la máquina por lo cual se obtiene la mayor concentración del contaminante debido que se ubica en las inmediaciones de la fuente de emisión de los contaminantes, el color a continuación (amarillo-verde) evidencia menor concentración debido a que la máquina demuestra un patrón de concentración en base al punto focal, es decir que a medida que se aleja del centro se observa menor concentración, por el

efecto natural que provoca la dilución y dispersión de las partículas. Y así, finalmente las menores concentraciones que representa el color azul son debido a la lejanía del foco de contaminación y a su vez debido a que la máquina no se encuentra específicamente en ese punto, se podría mover la máquina a nuevos puntos de análisis con el fin de crear una red de monitoreo que permita medir una zona.

12.1.2. Punto 1 para PM_{2.5}.

A continuación, se muestra la figura con los resultados obtenidos en el primer punto de monitoreo para PM_{2.5}.

Figura 20 Concentraciones de PM_{2.5} en el punto 1



Nota. Elaborado por los autores.

En la Figura 20, se presenta la gráfica estadística obtenida a partir de los datos de PM_{2.5} en el punto 1, mediante el equipo E-BAM. De acuerdo con el límite máximo establecido en Ecuador, la concentración máxima permitida de PM_{2.5} es de 50 µg/m³ en un período de 24 horas y para la OMS el nivel es mucho menor, con un parámetro aceptable de 15 µg/m³ (IQAIR, 2021). Como se puede observar, en el primer punto de monitoreo se registran valores que superan dicha normativa. En particular, a las 13:00 p.m., al inicio del monitoreo se alcanza el valor más alto registrado por el E-BAM, con una concentración de 74 µg/m³. Este nivel constituye una amenaza considerable para la atmósfera, lo cual impacta directamente a la población y su entorno. Adicionalmente, se establece un promedio de 49,62 µg/m³, por lo tanto, si cumple con la normativa ecuatoriana, pero no cumple con los estándares establecidos por la OMS.

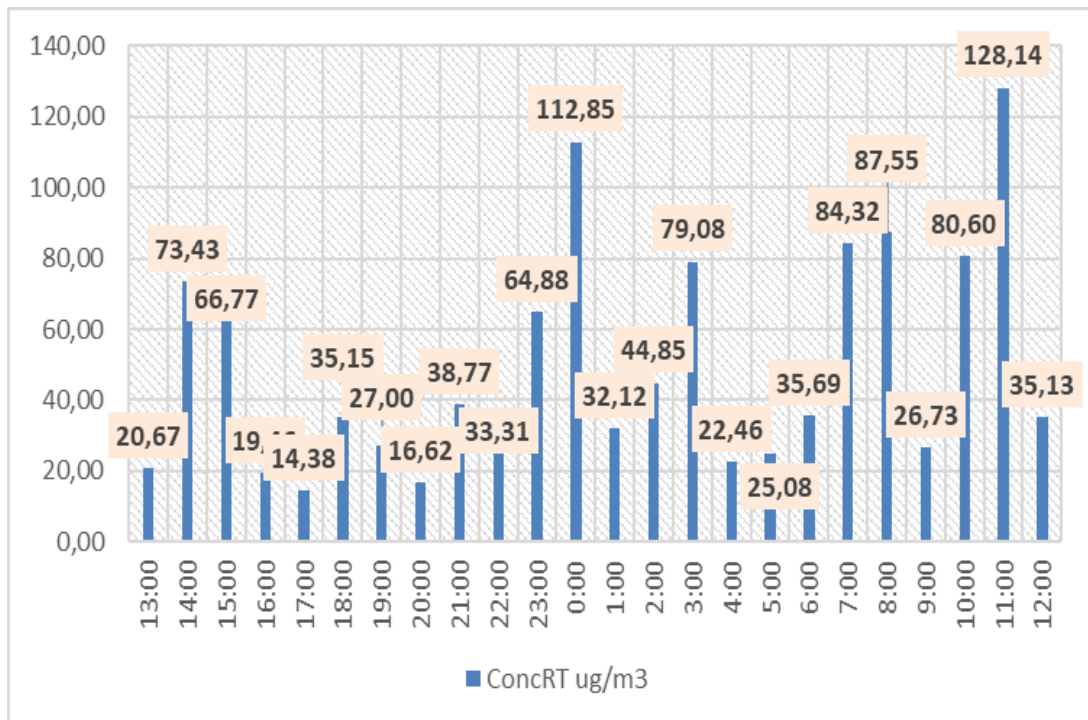
Con relación a la Figura 19, se representa una concentración del contaminante considerable, debido a que en las cercanías se produce la quema a cielo abierto de residuos orgánicos, de

acuerdo a la imagen se determina una zona con fuertes cantidades de emisiones de partículas $PM_{2,5}$, las cuales representan principalmente una amenaza a la salud de las personas que viven cerca.

En el punto de instalación de la máquina E-BAM, se muestran en color rojo las mayores concentraciones, se debe analizar el mapa en conjunto con los tres puntos de muestreo para determinar el de mayor impacto en el medio ambiente. Los colores de menor contaminación verde y azul se determinan debido a que la máquina analiza la zona focal de su instalación, por lo que se pierde la calidad de toma de muestra, se evidencia menor presencia del contaminante.

12.1.3. Punto 2 para PM_{10} .

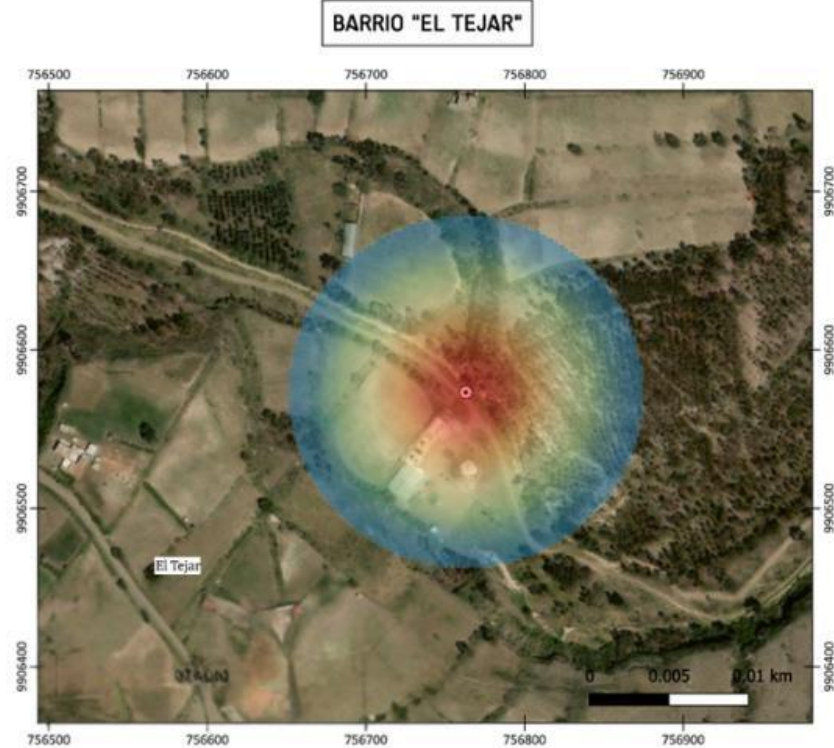
Figura 21 Concentraciones de PM_{10} en el punto 2



Nota. Elaborado por los autores.

En la Figura 21, se pueden observar, valores que superan la normativa nacional. En particular, a las 11:00 a.m. se alcanza el valor más alto registrado por el E-BAM, con una concentración de 128,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Además, superando excesivamente los valores permitidos por la OMS. Al hablar del promedio de las muestras obtenidas y, según la normativa ecuatoriana este valor cumple a cabalidad, sin embargo, no cumple los estándares internacionales, pues se recomienda un máximo de 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, encontrándose por encima de lo aceptable. En comparación con el primer punto, el segundo punto muestra una menor concentración de contaminantes.

Figura 22 Segundo punto de PM_{10} representado en QGis.

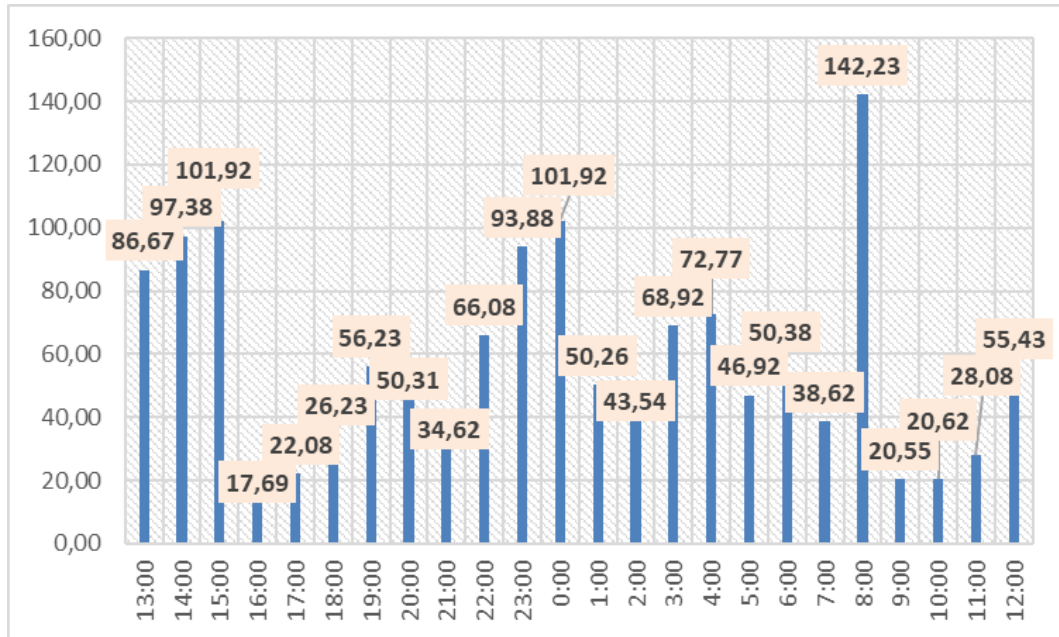


Nota. Elaborado por los autores.

La Figura 22, se muestra el diagrama esperado de un análisis de punto respecto a la medición de la calidad del aire, en este punto se considera la dirección del viento debido a que la medición puede estar influenciada por un modelo de dispersión atmosférica, la cual se basa en las condiciones meteorológicas, esto permite modelar la forma en que los contaminantes se esparcen en el aire. Es lo que se representa en la figura anterior, en la cual se muestra un gradiente de colores para especificar las zonas con mayor y menor presencia de partículas, al igual que las imágenes anteriores. Gracias a estas mediciones se puede emitir una comparación entre los puntos 1 y 2, lo cual deja ver que existe mayor contaminación en el punto 1. En el segundo punto se evidencia menor concentración desde el punto exacto de monitoreo, hacia las zonas de dispersión del contaminante, puede deberse a la cercanía de la zona de quema, la dirección del viento incluso juega un papel clave, es por esto que en cuanto a las mediciones de calidad del aire se obtuvieron valores bastante variables respecto a horarios e inmediaciones.

12.1.4. Punto 2 para $PM_{2.5}$.

En la tabla siguiente se detallan las mediciones realizadas para $PM_{2.5}$ en el segundo punto de muestreo.

Figura 23 Concentraciones de $PM_{2.5}$ en el punto 2

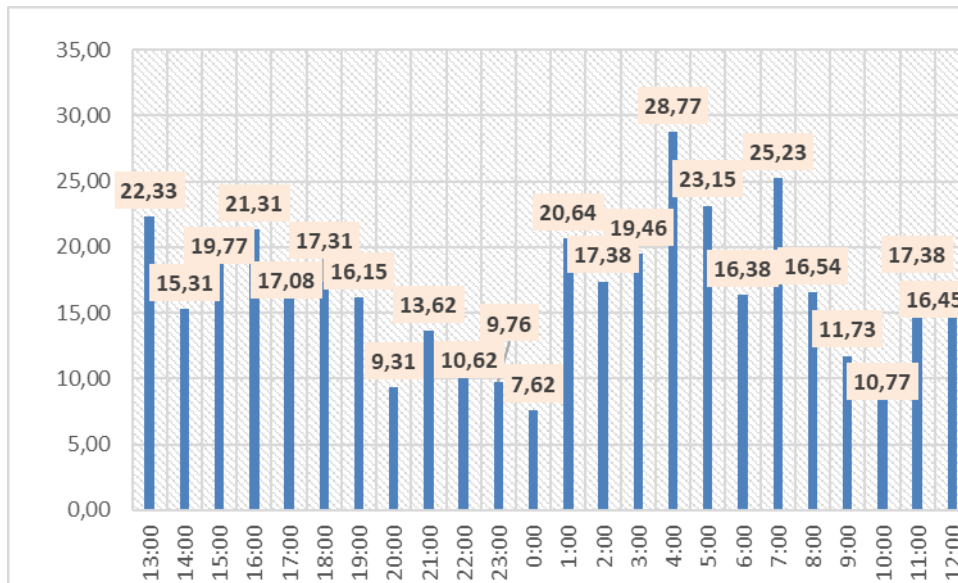
Nota. Elaborado por los autores.

Como se puede observar en la Figura 23, en el segundo punto de monitoreo se registran valores variables, siendo una porción de ellos muy elevados y otros relativamente bajos. En particular, a las 8:00 a.m., alcanza el valor más alto registrado por el E-BAM, con una concentración de $142,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no obstante, el resto de valores varían, dando como resultado un promedio de $58,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, este valor no cumple con lo permitido por la ley ecuatoriana, más supera sustancialmente el valor permitido por la OMS. Por lo tanto, no cumple con los límites internacionales y tampoco con la norma ecuatoriana de calidad del aire.

Como ya se ha mencionado antes, en estos diagramas se muestra el contaminante de acuerdo a las concentraciones medidas, por lo que en la Figura 22 se interpreta el color rojo como el mayor impacto y los colores verde y azul, medio y bajo respectivamente. Este gráfico difiere de la representación del punto 1, en la cual el contaminante $PM_{2.5}$ se denota más fuerte en esta área, las figuras se asemejan pues la máquina realiza la determinación de la calidad del aire en base a su punto focal, en el cual se ve mayor concentración en el punto exacto donde se ubica la máquina y a continuación, se muestra la concentración de las partículas dispersas en la atmósfera, el área se ve menos densa.

12.1.5. Punto 3 para PM_{10} .

En la figura se muestran los valores en un período de 24 horas de material particulado PM_{10} obtenidos durante el monitoreo.

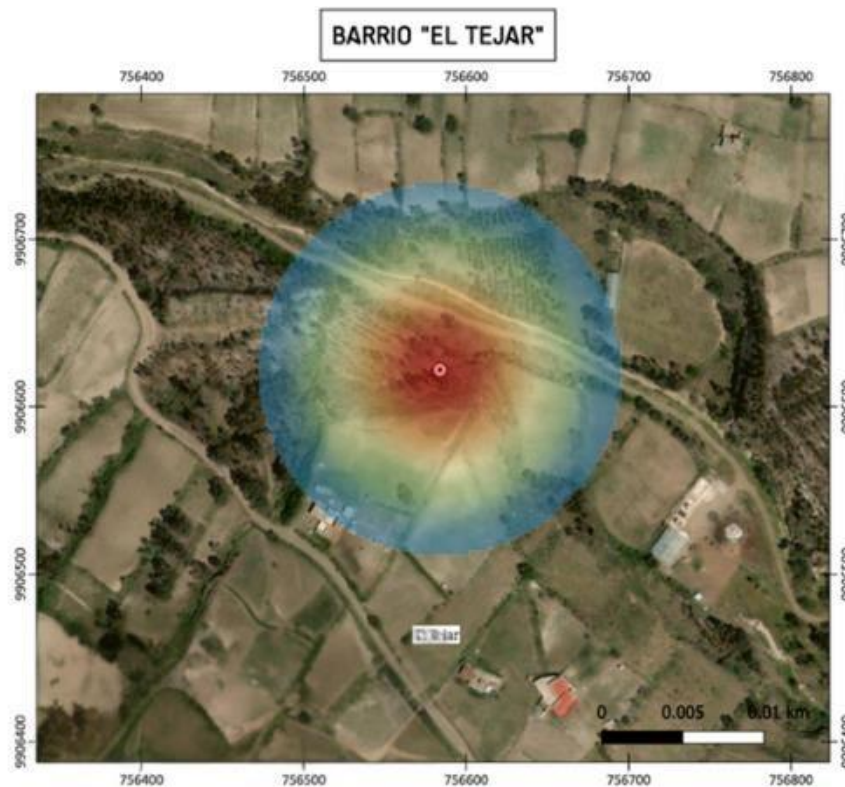
Figura 24 Concentraciones de PM_{10} en el punto 3

Nota. Elaborado por los autores.

La Figura 24 las mediciones obtenidas para PM_{10} con el E-BAM, representa el registro horario de PM_{10} de un total de 24 horas. En cuanto a los picos de PM_{10} , es posible notar que hay una clara variabilidad a lo largo del día, con concentraciones que pueden variar de aproximadamente $7,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $28,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se puede ver que los valores más altos se registran durante las horas de la mañana, especialmente de 04:00 a 08:00, cuando se registra el pico más alto de $28,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta respuesta puede estar relacionada con una mayor actividad de incineración en horas nocturnas, con un efecto acumulativo y con condiciones atmosféricas estables de la madrugada, cuando se dificulta la dispersión del contaminante.

En un patrón diferente, durante la noche, antes de las 20:00 hasta las 00:00 y, al mediodía de 11:00 a 12:00, las concentraciones de PM_{10} muestran una reducción significativa, esto indica que la dispersión del contaminante es más eficiente con una mayor radiación solar, probablemente debido al aumento de la turbulencia en la capa de mezcla y a la probable disminución de la actividad de incineración. En general, la tendencia diaria evidencia un patrón bimodal con incrementos durante las primeras horas del día y una disminución relativa hacia la tarde, comportamiento que es común en zonas donde la quema de residuos es una práctica recurrente y las condiciones meteorológicas juegan un rol clave en la dispersión de los contaminantes. Se determina en base al promedio obtenido que en este punto de monitoreo y en este día en particular, sí cumple con las normas establecidas.

Figura 25 Tercer punto de PM_{10} representado en QGis.

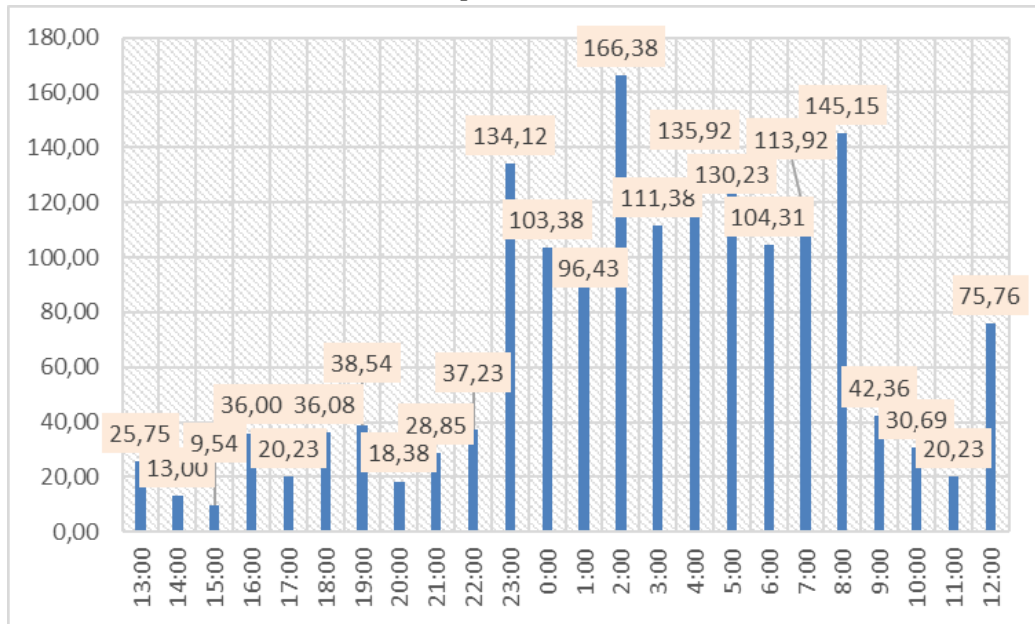


Nota. Elaborado por los autores.

Los niveles de PM_{10} en el punto 2 y 3, son muy similares y relativamente bajos (alrededor de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Estos valores, sugieren que la calidad del aire es mucho mejor en comparación con el primer punto. Respecto a los resultados representados en la Figura 25, este punto genera contaminación es menos crítico frente al primer punto de muestreo. Se recalca que la máquina mide principalmente el punto de su ubicación, debido a esto el color intenso en el centro hace referencia a la concentración focalizada, aunque en general las concentraciones son de las menores pues en ese día se conoce que no se realiza incineración a cielo abierto, es por esto que es el punto que menor cantidad contaminante representa, sin embargo, es necesario medir el aire en los momentos en los que ocurre la quema para determinar a cuánto asciende la contaminación por PM_{10} .

12.1.6. Punto 3 para $PM_{2.5}$.

En la siguiente figura se presentan los datos obtenidos en el tercer punto de monitoreo de $PM_{2.5}$.

Figura 26 Concentraciones de $PM_{2.5}$ en el punto 3

Nota. Elaborado por los autores.

En base a la Figura 26, los valores permanecen bajos durante las primeras horas de la mañana y la tarde (en rangos entre 10 y $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), más se observa un aumento intenso en los niveles de CO_2 por la noche y durante la madrugada. Los picos más altos se observan entre las 11:00 PM y las 7:00 AM, cuando las concentraciones de PM_{10} son mayores de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el valor máximo es de $166,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ observado a las 02:00 AM. Este patrón sugiere que la incineración de material orgánico alcanza su pico por la noche junto con una menor dispersión de contaminantes atmosféricos.

Una disminución significativa de los niveles de $PM_{2.5}$, aproximadamente por debajo de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, muestra que la luz solar y la ventilación mejorada durante las horas del día probablemente permiten una descomposición más rápida del material particulado. Este patrón es común en regiones donde los RSU se incineran durante la noche: los niveles disminuyen cuando aumenta la luz del día y se intensifica la actividad humana y meteorológica. En general, los hallazgos revelan un patrón pronunciado en el cual los mayores riesgos para la salud por exposición a $PM_{2.5}$ ocurren por la noche o en la madrugada. Esto es particularmente relevante, dado que estos momentos son períodos en los que la población está en interiores y se recomienda que se tomen medidas para disminuir o regular la quema nocturna y reducir sus efectos. Finalmente, con una media de $\sim 70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se concluye que no alcanza los estándares nacionales ni internacionales. El máximo en Ecuador es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y para la OMS $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la Figura 25, se expresa el muestreo realizado en el punto 3, las partículas $PM_{2.5}$, tienen su mayor concentración en esta zona, los valores obtenidos reflejan un nivel de contaminación elevado respecto a este contaminante, así mismo como se ha explicado, los colores varían según la concentración, y esta se mide en función de la ubicación de la máquina, por ende, los colores demuestran las mayores y menores concentraciones yendo de rojo, a verde y azul, en escala descendente. Se puede determinar que estos niveles son los de mayor impacto en el medio ambiente. Estos niveles aumentan por la quema de residuos orgánicos en el sector, representando un peligro para el entorno y la salud de sus habitantes.

Basado en las mediciones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), tomadas en el barrio de El Tejar, cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi, se realizó un análisis por contraste con los límites establecidos según la normativa nacional TULSMA (Acuerdo 050, 2011) y estándares internacionales -según la OMS-, además con estudios que se han realizado acerca de la contaminación atmosférica resultante de la incineración de residuos. Al analizarse, el distrito en cuestión no cumplió con las normas sobre la calidad del aire: está contaminado con varios gases tóxicos y partículas que destruyen el medio ambiente y con ello la salud de las personas.

Los datos de los tres puntos de monitoreo resultaron en un lote descriptivo que representa concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$. Estos datos cumplen con la norma ecuatoriana para límites de contaminantes por partículas en base a su promedio, y no cumplen con los valores límite de la OMS. Los valores registrados se resumen estadísticamente a continuación:

Tabla 6 Valores máximos y mínimos de partículas PM_{10} y $PM_{2.50}$

Contaminante	Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mínimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM_{10}	44,76	165,85	7,62
$PM_{2.5}$	59,14	166,38	9,54

Nota. Elaborado por los autores.

En la Tabla 6, se muestran los valores de PM_{10} con un promedio aproximado que se encuentra en el límite de la OMS ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sin embargo, respecto a la normativa nacional si cumple con los límites permitidos ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El valor máximo registrado ($165,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$) excede significativamente ambos límites, por lo cual no cumple con las normativas aplicables, se infiere que durante los eventos puntuales de contaminación crítica los valores alcanzados son altamente contaminantes. En cuanto al $PM_{2.5}$ el valor promedio ($58,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no cumple con lo establecido por la OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), y tampoco está dentro de lo permitido por la normativa nacional ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en definitiva, representa un riesgo para el ecosistema y la salud de la población, especialmente en niños, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias.

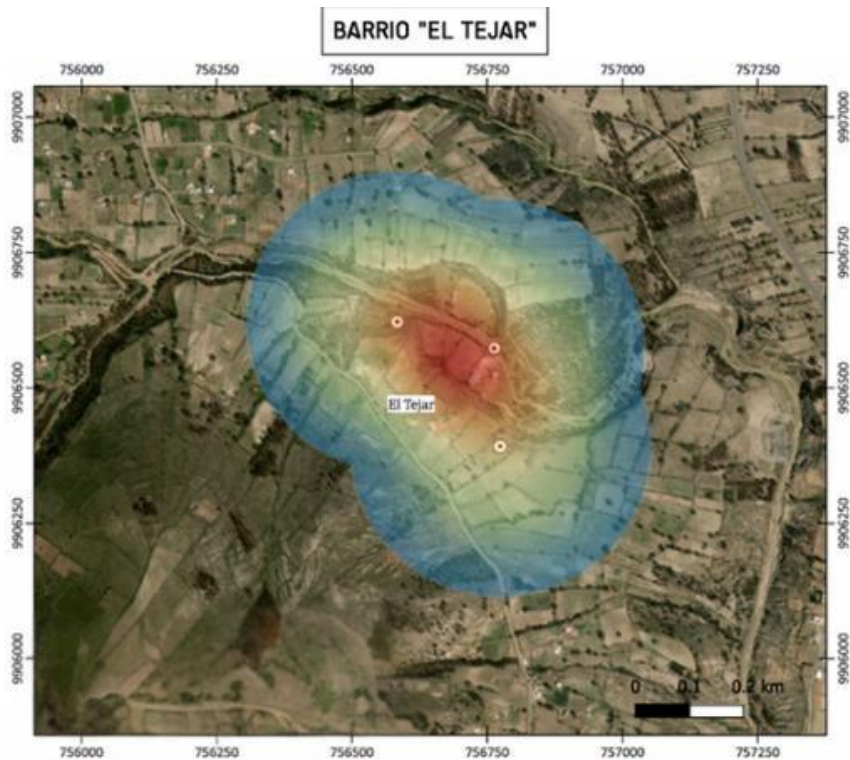
A continuación, se presentan las imágenes realizadas en el programa de QGIS, para identificar los tres puntos de muestreo en el área de estudio, esta zona determinada representa un fuerte impacto para el medio ambiente, y se identifica como el problema principal en el sector en cuanto a contaminación del aire. Estos resultados coinciden con estudios realizados en otras regiones del país y del mundo. Brites (2022), determinó que la incineración de residuos en zonas de Argentina incrementa significativamente las concentraciones de $PM_{2.5}$, especialmente en horas de la tarde y noche, cuando se realiza mayor actividad de quema, provocando una calidad del aire que es peligrosa para la salud pública.

De manera similar (Tapia, 2024), en su estudio realizado en la ciudad de Latacunga, analizó diversas zonas de la ciudad a fin de obtener datos de la calidad de aire en base a PM_{10} y $PM_{2.5}$, y comparar horarios de mayor y menor contaminación, determinando así que la concentración de PM_{10} , tenía mayores niveles en horario de 7 de la noche y de 6 a 7 de la mañana, y en menor concentración a las 12 del día y 1 de la mañana, sin embargo en zonas más industriales se ven picos de contaminación en horarios de media noche.

A diferencia de los datos obtenidos en este sector, en el estudio realizado por (Chiluiza, 2019), en el sector de Belisario Quevedo en la ciudad de Latacunga, las mediciones que arroja el estudio no superan los niveles máximos permitidos, en el caso de PM_{10} el dato más elevado fue de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para $PM_{2.5}$ el mayor valor fue de $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en ambos casos no superan los niveles permitidos por la norma ecuatoriana, uno de los factores puede ser que no se ha evidenciado ciertamente la quema a cielo abierto de residuos, por lo que la calidad del aire es mucho mejor considerando el estudio realizado.

La Organización Mundial de la Salud (2018), ha advertido que incluso exposiciones a corto plazo a niveles bajos de $PM_{2.5}$ pueden aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Este hecho refuerza la preocupación ante la presencia frecuente de valores que superan los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en El Tejar. La presencia recurrente de niveles elevados de material particulado en el barrio El Tejar se atribuye directamente a la incineración de residuos orgánicos, práctica común en la zona. Esta situación pone en riesgo la salud pública, afecta la calidad del aire y puede derivar en sanciones o restricciones ambientales si no se toman medidas correctivas.

Figura 27 Área de muestreo de PM_{10}

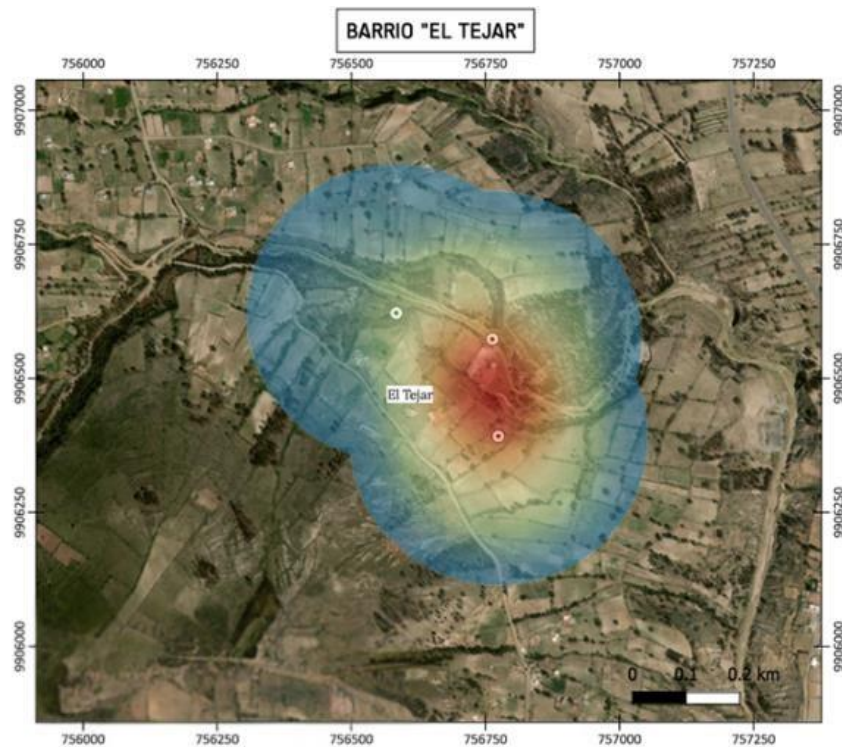


Nota. Elaborado por los autores.

Así mismo, un estudio realizado en Quevedo y San Camilo, (Ramírez et al., 2024), explica que en su investigación una exposición constante a partículas finas ha provocado el aumento de la mortalidad por enfermedades respiratorias, y que las partículas finas y gruesas son un grave riesgo, expresa además la preocupación de fortalecer la política pública de forma estricta a fin de mitigar daños ambientales y de salud para los habitantes. En la Figura 28, el área de muestreo identifica una clara zona roja de contaminación, los 3 puntos se encuentran cercanos a la fábrica que realiza quema a cielo abierto de los residuos orgánicos provenientes de sus actividades, lo que se representa claramente en la imagen como un foco de contaminación, los colores verde y azul, se muestran respecto a los puntos de toma de muestras,

los cuales se ven en menor proporción, debido a que la máquina capta de mejor manera las partículas presentes en el punto central, así mismo se toman en cuenta las variables meteorológicas, la dirección y velocidad del viento, la turbulencia atmosférica, los cuales son factores que implican en la toma de muestras debido a que se produce el arrastre y dilución de los contaminantes en la atmósfera, influyendo directamente en los valores obtenidos. Adicionalmente, se observa que en general el área no tiene una población grande, por lo que se le atribuye directamente el problema a la quema que se realiza en el sector. Así mismo, se presenta la Figura 29, en la cual se especifica el área de muestreo en base a las partículas $PM_{2.5}$, representando concentración del contaminante:

Figura 28 Área de muestreo de $PM_{2.5}$



Nota. Elaborado por los autores.

Respecto a la zona de la Figura 29, las concentraciones son también elevadas, debido a que el contaminante presente se deriva de la quema de cabezas de bovino, en el mapa se indica cómo el contaminante se dispersa en el barrio, sobre todo al estar cerca de la fuente de contaminación el color rojo demuestra un peligro evidente en la atmósfera y la población, en el cual la contaminación es importante, y al hablar de la calidad del aire en función de la presencia de las partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$, se determina que el nivel del sector es moderado según el índice de la calidad del aire, encontrándose en general en rangos de 50 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y en los momentos de quema el nivel de la calidad del aire no es saludable para los grupos sensibles que van de

100 a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Incluso hay varias muestras en las que el nivel es superior considerándose insalubre.

12.2. Resumen de los puntos de muestreo

Se presenta la Tabla 7, como el cuadro resumen de los valores obtenidos, en donde se desglosa el promedio de acuerdo a las partículas PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ en los tres puntos de muestreo, y los puntos máximos y mínimos respectivamente. En general los valores representados, cumplen con la normativa nacional y no cumplen con lo determinado por la OMS, a continuación, se detallan los valores numéricos y se presenta un análisis en base a esta información. Para esto se debe tomar en cuenta que los valores permitidos por la OMS (normativa internacional) es de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2.5}$ y 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} , por su parte en Ecuador (normativa nacional) los valores son de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2.5}$ y 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} , estos valores son la referencia en una temporalidad de 24 horas.

Tabla 7 Cuadro resumen de los puntos de muestreo

Punto	Promedio		Maximo - Mínimo	
	$\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	49,62	67,24	74 – 25,23	165,85 – 14,69
2	58,06	50,21	142,23 – 17,69	128,14 – 14,38
3	69,74	16,84	166,38 – 9,54	28,77 – 7,62

Nota. Elaborado por los autores.

De acuerdo al cuadro resumen, se identifica el punto número 3 para $\text{PM}_{2.5}$ como el punto más contaminante, no cumple con las normas referenciales, esto podría deberse a la cercanía a la ubicación en donde se incineran cabezas de ganado bovino, lo cual implica una mayor concentración de contaminantes. De acuerdo a PM_{10} , la mayor contaminación se muestra en el punto 1, el cual se encuentra más alejado del foco contaminante y a su vez no se encuentra en el recorrido que realiza el viento con el producto de la combustión, si el punto lejano está en una zona más baja o cerrada, puede actuar como una trampa para los contaminantes. La mala ventilación en el sitio favorece la acumulación de PM_{10} incluso si el arrastre por el viento es mínimo. Las partículas PM_{10} son más pesadas que $\text{PM}_{2.5}$, por eso tienden a sedimentarse rápido y quedar depositadas en suelos o vías. Respecto a los puntos máximos y mínimos, el punto 3 tiene el rango más amplio en $\text{PM}_{2.5}$ (166,38 – 9,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Eso sugiere eventos puntuales con

concentraciones muy altas, o episodios agudos de contaminación, como en este caso la quema a cielo abierto en el sector. En general existe una variación entre los valores máximos y mínimos bastante grande, en casi todos los puntos de ambos grupos de partículas, por lo que se evidencia que hay una fuente puntual como contaminante esporádico en el sector.

12.3. Análisis por franja horaria

Tabla 8 Análisis por franja horaria de los puntos de muestreo

Hora (24h)	Promedio PM _{2.5} (µg/m ³)	Promedio PM ₁₀ (µg/m ³)
01:00 – 6:00	74,10	31,01
07:00 – 12:00	52,12	45,68
13:00 – 18:00	48,56	57,24
19:00 – 0:00	61,78	45,11

Nota. Elaborado por los autores

Los datos contenidos en la Tabla 8 revelan que las concentraciones mayores de PM_{2.5} ocurren entre la medianoche y las 08:00 horas. Esto sugiere que la quema de residuos podría estar ocurriendo durante la madrugada, aprovechando la menor vigilancia por parte del ente de control ambiental, cabe considerar que, debido a las condiciones meteorológicas, como por ejemplo la inversión térmica y la pobre turbulencia atmosférica, se favorece la acumulación de contaminante. La inversión térmica es un fenómeno producido cuando una capa de aire cálido se posiciona sobre una capa de aire frío cerca del suelo, impidiendo el ascenso de los contaminantes y favoreciendo su acumulación en niveles bajos de la atmósfera (Pérez, 2020). Esta observación es coherente con estudios como el de (Paulina et al., 2013) que señalan una mayor concentración de contaminantes en horas de baja ventilación atmosférica, y refuerza la necesidad de un monitoreo más estricto durante estos horarios. PM₁₀ es más bajo que PM_{2.5} en la mayor parte de los horarios, salvo a en el lapso de 13:00 a 18:00 horas que es la única hora donde PM₁₀ supera a PM_{2.5}. Esto es inusual porque PM₁₀ incluye a PM_{2.5}, lo que supone eventos puntuales de contaminación en el horario mencionado, de acuerdo a este estudio se le podría atribuir a la incineración de residuos de ganado bovino en el área.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de los resultados obtenidos en función del cumplimiento de las normas analizadas:

Tabla 9 Cuadro comparativo promedio obtenido

Contaminante	Valor Promedio	Norma Ecuatoriana	OMS
PM ₁₀	45 µg/m ³	Cumple	Cumple
PM _{2.5}	59 µg/m ³	No cumple	No cumple

Nota. Elaborado por los autores.

En la Tabla 9 se muestran los valores promedio considerando los tres puntos de muestreo, si bien el promedio para PM₁₀ es de 45 µg/m³, el cual cumple con los límites establecidos, este valor esta predispuesto a ser menor debido a que, en el tercer punto de monitoreo, los datos se captaron en un día en que no se realizaba la incineración informal de los residuos orgánicos, por lo que se pierde un análisis en base a la fuente de contaminación principal. Para PM_{2.5} se identifican valores que no cumplen con las normas establecidas.

12.4. Propuesta

Introducción

La combustión incontrolada de materia orgánica en el distrito de El Tejar produce una serie de efectos ambientales y de salud, emitiendo contaminantes atmosféricos que degradan la calidad del aire y tienen efectos respiratorios adversos en la comunidad (Organización Mundial de la Salud, 2021). Si bien la gestión técnica de residuos es una solución a largo plazo, la concienciación ambiental y la reforestación se consideran estrategias inmediatas y fundamentales para lograr el empoderamiento comunitario, el cambio de comportamiento y un entorno más limpio. Estas acciones detienen la contaminación y sus consecuencias directamente, y logran crear condiciones previas para futuros cambios en la gestión de residuos. Esta idea se centra en la sensibilización colectiva y la participación, como ejes principales para transformar El Tejar en un vecindario más verde y saludable, promoviendo una cultura de compromiso ambiental desde la base. Por lo tanto, se proponen acciones que mitiguen los datos, capacitación para reforzar conocimientos y despertar la conciencia ambiental, la construcción de un horno de incineración de residuos y la siembra de una cortina rompevientos a fin de contribuir a una atmósfera más limpia.

Objetivo

Fomentar una cultura de responsabilidad ambiental y mejorar la calidad del aire y el ecosistema en el barrio El Tejar, a través de programas intensivos de educación ambiental, la construcción de un horno incinerador y la implementación de un plan de reforestación

participativo, como estrategias clave para mitigar el impacto de la incineración de residuos orgánicos.

Estrategia 1. Capacitación

Este aspecto está orientado a empoderar a los ciudadanos con información y prácticas para actuar como agentes de cambio, y realizar sus actividades diarias de forma amigable con el medio ambiente, es decir, inculcarles la conciencia sobre el correcto uso de los recursos naturales. Para el proceso de capacitación se plantea el desarrollo y ejecución de un conjunto de talleres interactivos, presentaciones y actividades de sensibilización para todos los moradores del sector (jóvenes, adultos, líderes comunitarios). La falta de conciencia sobre las consecuencias de la quema y las malas costumbres en eliminación de residuos es un gran obstáculo, por lo que se requiere fortalecer los conocimientos previamente recibidos con conciencia ambiental (MAE, 2006, citado en UPS, s.f.).

Tabla 10 *Actividades para la Capacitación*

Etapa	Actividad principal	Duración estimada
1. Sensibilización inicial	Taller de la contaminación del aire y entrega de material	1 Semana
2. Capacitación	Taller de residuos sólidos, con enfoque en residuos orgánicos	2 semanas
3. Seguimiento y apoyo	Visitas técnicas a familias, resolver dudas	2 meses
4. Evaluación participativa	Reunión final para evaluar avances y lecciones aprendidas	1 semana

Nota. Elaborado por los autores.

Duración total aproximada del programa 12 semanas (3 meses). Durante el programa se tomará asistencia y se registrarán los datos personales de los beneficiarios, para poder hacer seguimiento posteriormente, y tener la cercanía para resolver dudas e inquietudes respecto a las capacitaciones. Se considera la participación de un técnico ambiental para impartir los talleres de capacitación, gracias a los cuales se informará a la población acerca de la contaminación del aire, para iniciar con temas de sensibilización, y posteriormente introducir temas de residuos sólidos, enfocándose principalmente en los residuos orgánicos, y las respectivas generalidades que atañen a la temática, el técnico se encargará de elaborar las charlas e impartir los conocimientos técnicos y disipar las dudas que se presenten posteriormente, cobrando un valor total por sus servicios de \$200, en total habrán dos jornadas de capacitación, cada una de 5 horas

en total con un receso intermedio de 40 minutos, el precio que cobra el técnico es de \$20 por hora de capacitación y un valor extra de \$100 para responder las inquietudes emitidas por la población y los líderes barriales, con la entrega de un informe general, y la respuesta por escrito de las preguntas recolectadas.

Para esta campaña se requiere un presupuesto de aproximadamente \$1030.00, a continuación, se presenta la Tabla 11 el desglose de los rubros a considerar:

Tabla 11 *Presupuesto para la Estrategia de Capacitación*

Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Material didáctico (folletos, guías)	100	\$1,50	\$150,00
Alquiler de local para taller	2 sesiones	\$50,00	\$100,00
Afiches informativos para el barrio	1 lote	\$250,00	\$250,00
Refrigerios para participantes	50 pers.	\$3,00	\$150,00
Honorarios del capacitador	1 persona	\$300,00	\$300,00
Transporte y logística	-	-	\$80,00
TOTAL ESTIMADO			\$1030,00

Nota. Elaborado por los autores.

El presupuesto para esta estrategia, contiene los distintos rubros requeridos, es importante entregar material didáctico con información adicional acerca de las charlas, así también se necesita colocar afiches en el sector en puntos estratégicos como parques, parada de bus, mercado, iglesia, etc., esto permite a la ciudadanía tener información constante sobre la necesidad de cambiar las malas prácticas ambientales.

Estrategia 2. Construcción de un Horno de Incineración.

Al plantear la construcción de un horno incinerador, se busca reducir la quema informal de residuos orgánicos, la cual genera gran cantidad de emisión de contaminantes a la atmósfera. Se presenta un tiempo aproximado para la aplicación de esta estrategia en la Tabla 12:

Tabla 12 *Tiempo de duración de las actividades Estrategia 2*

Actividad	Duración estimada
Diseño y planificación del horno	2 semanas
Adquisición de materiales	2 semanas
Construcción del horno incinerador	4 semanas
Instalación del sistema de filtración	1 semana
Capacitación a operadores y pruebas	1 semana

Evaluación y ajuste final	1 semana
Total tiempo estimado	~ 11 semanas (cerca de 3 meses)

Nota. Elaborado por los autores.

En base a las actividades se establece el presupuesto a continuación en la Tabla 13:

Tabla 13 *Presupuesto Horno Incinerador*

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo total
		(USD)	(USD)
Diseño y planos del horno	1	\$500,00	\$500,00
Materiales de construcción (metal, ladrillos refractarios, chimenea, base, lana de cerámica)	-	-	\$4500,00
Sistema de filtración de gases	1	\$1500,00	\$1500,00
Mano de obra especializada	2 personas	\$500,00	\$1000,00
Equipo auxiliar (termómetro, controladores, etc.)	-	-	\$500,00
Capacitación a operadores	1 curso	\$300,00	\$300,00
Logística y transporte	-	-	\$200,00
TOTAL ESTIMADO			\$8500,00

Nota. Los valores son referenciales y pueden ajustarse según cotizaciones locales y cambios en especificaciones técnicas.

Respecto a los materiales, el ladrillo es importante, debido a que se requiere ladrillos refractarios, que deben soportar una temperatura de trabajo de aproximadamente 1200°C. Se considera una cantidad aproximada de desechos de 12000 kg, el cual se hace en base al camión que transportará los mismos, en general se pueden obtener los cálculos con la siguiente fórmula que permite relacionar la masa y el volumen:

Ecuación 2 *Fórmula de la densidad*

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Se toma en cuenta una densidad promedio de desechos orgánicos como referencia de 700 kg/m³ (Gobierno de España, s.f.), y en relación a la capacidad del camión conocida se reemplaza en la fórmula para obtener el volumen.

$$V = \frac{12000 \text{ kg}}{700 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 17,14 \text{ m}^3$$

A continuación, se determinan las medidas para un horno que tenga la capacidad aproximada de 17 m^3 , por lo que se establecen los siguientes valores:

Largo: 3 metros

Ancho: 5 metros

Altura: 2 metros

Se utiliza la fórmula del volumen en base a un horno de forma rectangular:

Ecuación 3 *Cálculo para el volumen del horno*

$$V = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{altura}$$

$$V = 3 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

$$V = 30 \text{ m}^3$$

A partir de esta fórmula, se puede calcular la cantidad de desechos que ingresarán a la cámara, debido a que se requiere un espacio libre de desechos de aproximadamente 40% de la capacidad, que es la cantidad aproximada de aire que se requiere para garantizar la combustión (Ferrín y Macas, 2019).

$$V = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{altura}$$

$$V_{des} = 0,6 \times V_{c.inc}$$

$$V_{des} = 0,6 \times 30 \text{ m}^3$$

$$V_{des} = 18 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, la masa máxima que ingresará al interior del horno se determina a continuación:

Ecuación 4 *Masa que ingresa a la cámara*

$$m_c = \rho_c \times V_{des}$$

$$m_c = 700kg/m^3 \times 18m^3$$

$$m_c = 12600kg$$

Con este resultado se puede determinar que las medidas del horno son adecuadas para incinerar la capacidad de un camión de 12 toneladas sin problema.

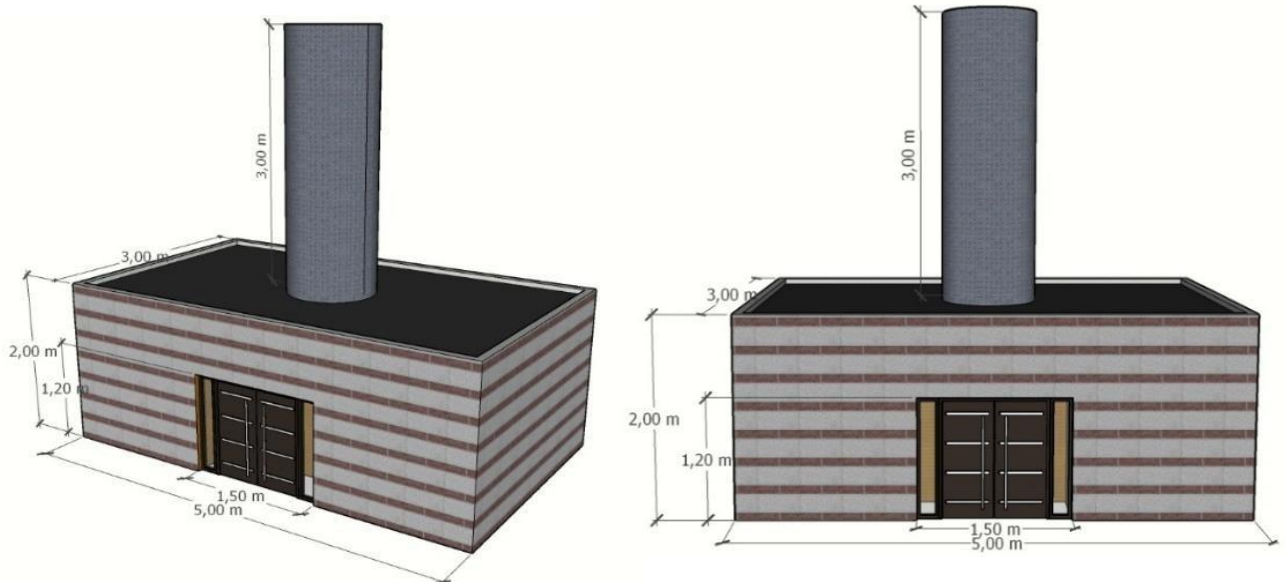
Un factor importante a considerar es la chimenea, pues los incineradores necesitan dispersar los gases que se producen a partir de la combustión por lo que se requiere ser exigentes en cuanto a su capacidad de dispersión de gases.

En base a esto, se debe analizar las medidas del diámetro, más no es necesario ser exigentes en su altura. De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, se recomienda una altura de 3 metros y un diámetro de la parte superior de 50 centímetros como valor referencial (Benevento y Paredes, 2024).

En definitiva, se recomienda la instalación de un sistema de tratamiento de gases, para minimizar o eliminar los gases tóxicos previo a la salida de los mismos hacia la atmósfera. Lo cual garantiza el mínimo impacto en el aire del sector, así mismo una salida eficiente de los gases, permite una disolución adecuada de los gases en la atmósfera, lo que reduce el impacto en las áreas alrededor del horno (Massolo y Castagnasso, 2022). Cabe recalcar que se ha considerado dentro de la propuesta, un rubro de diseño del horno por parte de profesionales, por lo tanto, es requerido para su construcción un análisis amplio en cuanto a características físicas y mecánicas del horno, a fin de realizarlo en base a condiciones adecuadas para la incineración de residuos, considerando los materiales más eficientes y las medidas adecuadas para garantizar un rendimiento óptimo del mismo.

En la Figura 32, se presenta el modelado de un horno de incineración, cuya utilidad es la eliminación de desechos biológicos provenientes del faenamiento animal, el costo de este horno es aproximadamente de \$7000, se encuentran en el mercado diferentes opciones de hornos, un ejemplo, es un horno proveniente de China de operación sencilla con un valor aproximado de \$10000 a \$20000, la variación de precios se establece debido a los materiales utilizados en la construcción del horno.

Figura 29 *Imágenes del Modelado del Horno*



Nota. Imágenes realizadas por los autores.

Estrategia 3. Siembra de Cortina Rompeviento

La presente iniciativa propone el establecimiento de barreras verdes y zonas de revegetación en el barrio como estrategia para mitigar los impactos atmosféricos generados por la incineración de residuos. La siembra planificada de especies arbóreas y arbustivas nativas se deberá realizar mediante un proceso que incluya inicial de limpieza del terreno, posteriormente, la siembra de especies y por último el mantenimiento y control de las plantas sembradas. La limpieza del terreno se debe realizar con las herramientas necesarias, para poder eliminar la vegetación no deseada, basura que pudiera encontrarse en el área, y la preparación del suelo. En cuanto a la siembra, se deben considerar especies de crecimiento rápido y lento, por lo que se propone la selección de plantas como: pumamaqui, yagual y aliso (Paz y Miño, 2025). En cuanto al mantenimiento y control es necesario llevar una inspección de las plantas sembradas, cuidando que no crezca mala hierba en el espacio, además de realizar cercado en caso de ser necesario si se encuentran ubicadas cerca del paso de ganado, o incluso si es que existe el riesgo de que la fauna las afecte (Acuerdo 065, 2019).

En la Tabla 14, se muestran las actividades a llevar a cabo para la culminación del programa de reforestación:

Tabla 14 *Tiempo estimado para Siembra de Cortina Rompeviento*

Actividad	Descripción	Tiempo estimado
1. Diagnóstico y planificación logística.	Selección de áreas, especies y	2 semanas
2. Adquisición de insumos (plantas, tierra, herramientas)	Compra y transporte de materiales.	1 semana
3. Preparación del terreno fertilización.	Limpieza, acondicionamiento y	2 semanas
4. Siembra de plantas estratégicas.	Plantación organizada en zonas	1 semana
5. Mantenimiento y cuidado (limpieza, monitoreo)	Actividades continuas con apoyo comunitario.	3 meses
6. Capacitación y sensibilización involucrar a vecinos.	Talleres y brigadas para comunitaria	Durante todo el programa
7. Monitoreo y evaluación del calidad del aire.	Evaluar crecimiento y mejora en impacto	Último mes y seguimiento

Nota. Elaborado por los autores.

El programa requiere un mínimo de 6 meses para completarse adecuadamente. Las primeras 2 meses se enfocan en la preparación, siembra e instalación. Los siguientes 3 meses son cruciales para el mantenimiento y consolidación de las plantas. La sensibilización y capacitación son actividades paralelas durante todo el proceso para asegurar la participación activa y sostenibilidad. Al final del programa se realiza la evaluación del impacto ambiental y social. Para este proyecto de forestación se necesita utilizar diferentes técnicas e instrumentos que faciliten el éxito del mismo.

En la Tabla 15 a continuación se especifican los rubros requeridos para esta estrategia, es importante considerar que son aproximaciones de precios según la investigación realizada, sin embargo, para obtener un presupuesto real, se deben solicitar proformas de los proveedores de plantas, transporte, insumos en general, mano de obra, personal técnico, y demás materiales contenidos en el siguiente presupuesto:

Tabla 15 *Presupuesto Siembra de Cortina Rompeviento*

Concepto	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
1. Adquisición de plantas	Pumamaqui (1 m. altura)	100	unidad	\$5,00	\$500,00
	Yagual (1 m. de altura)	100	unidad	\$5,00	\$500,00

	Aliso (1 m. de altura)	100	unidad	\$5,00	\$500,00
2. Transporte de plantas	Traslado desde viveros al sitio del proyecto	1	lote	\$100,00	\$100,00
3. Insumos para siembra	Abono orgánico, tierra negra, protectores de planta, estacas, fundas	1	lote	\$500,00	\$500,00
4. Herramientas de jardinería	Palas, picos, mangueras, regaderas, etc.	1	lote	\$300,00	\$300,00
5. Mano de obra para siembra	Personal de apoyo para plantación (2 jornadas con voluntarios y apoyo técnico)	4	personas por jornada	\$50,00	\$200,00
6. Capacitación ambiental comunitaria	Talleres sobre cuidado de plantas, arborización y beneficios ambientales	2	jornadas	\$150,00	\$300,00
7. Personal técnico forestal/ambiental	Asistencia en diseño de áreas verdes, especies nativas, seguimiento y evaluación	2	mes	\$500,00	\$100,00
Material gráfico y señalización	Carteles informativos 8. sobre especies sembradas y recomendaciones de cuidado	10	unidad	\$15,00	\$150,00
TOTAL ESTIMADO					<u>\$3150,00</u>

Nota. Elaborado por los autores.

Estrategia 4. Puntos de Reciclaje Comunitario

En esta estrategia se espera ubicar recolectores de basura diferenciados en cuatro puntos estratégicos del barrio, la finalidad es iniciar el cambio de conciencia con enfoque ambiental en la población, haciendo del reciclaje una práctica común, para ir educando desde los más pequeños para que crezcan con la práctica habitual de reciclar, lo que va instaurando poco a poco la conciencia de cuidar el planeta, así mismo, contribuye a las generaciones actuales a reciclar y reutilizar, evitando la generación excesiva de desechos sin previa clasificación, en coordinación con los dirigentes del barrio, los negocios en el área y la población en general, se puede destinar adecuadamente los desechos diferenciados captados a partir de los puntos de reciclaje comunitario, al unir esfuerzos por mejorar la calidad de vida de El Tejar, se lograrán grandes resultados, en aproximadamente 4 meses para su funcionamiento y de forma periódica se debe evaluar el cumplimiento de objetivos esperados. Como lo expresa Clavijo et al. (2025),

una de las alternativas más eficientes para la gestión de residuos orgánicos es el compostaje, este método permitiría aprovechar los desechos recolectados como fuente de abono.

En la Tabla 16, se describen las actividades propuestas para instaurar esta estrategia en el sector:

Tabla 16 *Actividades Estrategia de Puntos de Reciclaje Comunitario*

Actividad	Descripción	Tiempo Estimado
Planificación y aprobación de la estrategia	Análisis de leyes, ubicación de recolectores, permisos necesarios	4 a 8 semanas
Adquisición de recolectores	Compra de recolectores, compra de señalética, instalación de contenedores, plan de gestión de residuo en colaboración con los actores del barrio.	4 semanas
Socialización del proyecto	Reunión para socializar el proyecto, inauguración de puntos de reciclaje, capacitación a la comunidad sobre el uso adecuado de los contenedores.	2 semanas
Captación de desechos y control	Recolección y gestión de residuos, mantenimiento y limpieza de los contenedores ubicados, control de recolección de desechos, ajustes de requerirlo.	Periódicamente (Mensual o trimestral)

Nota. Elaborado por los autores.

Para implementar esta estrategia, se consideran distintos gastos en los que se debe incurrir a fin de materializar esta propuesta, por lo que se detallan a continuación en la Tabla 17:

Tabla 17 *Presupuesto para Estrategia de Puntos de Reciclaje Comunitario*

Concepto	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Consultoría	Técnico y abogado	10 horas (5 cada profesional)	\$40,00	\$400,00
Contenedores	Modelo de separador modular	4	\$400,00	\$1600,00
Señalización y etiquetado	Para cada contenedor en idioma español, quichua e inglés.	4 kits	\$20,00	\$80,00

Transporte de contenedores	Desde proveedor a ubicación	4 fletes	\$20,00	\$80,00
Preparación de ubicación e instalación	Base de cemento, instalación contenedores (mano de obra)	4	\$80,00	\$320,00
TOTAL ESTIMADO				\$2480,00

Nota. Elaborado por los autores.

En la Tabla 17, no se incluyen los rubros de limpieza periódica de los contenedores, ni la gestión de los residuos posterior a la recolección de desechos, tampoco el control de los puntos de recolección, mantenimiento de los mismos, ni permisos requeridos para la instalación de los mismos. En el caso de los permisos se está sujeto a tasas municipales del cantón, y respecto a los otros puntos mencionados, se debe realizar por gestión del barrio, de forma voluntaria para evitar incurrir en costos adicionales, de mantenimiento y administración del proyecto.

Estrategia 5. Instalación de sensores para monitoreo del aire

Esta estrategia parte de la necesidad de conocer mediciones de la calidad del aire en el sector de El Tejar, en tiempo real, lo cual permitirá a la población conocer los patrones de mayor contaminación del aire en función de contaminantes específicos (PM_{10} y $PM_{2.5}$), e identificar las distintas fuentes y causas de la contaminación, además permitirá a los habitantes tomar acciones de prevención y mitigación del impacto negativo generado en el ambiente y la salud de los pobladores, permitiendo así emitir alertas por contaminación y estrategias de control frente a este problema. Esta propuesta contribuye con las autoridades y la comunidad, al permitir la planificación en base a escenarios reales de contaminación y control de actividades de industriales y domiciliarias, haciendo cumplir las normas de calidad del aire vigentes en el país.

En la Tabla 18, se resumen las actividades requeridas para poner en práctica este proyecto:

Tabla 18 *Actividades para Instalación de Sensores para Monitoreo del Aire*

Actividad	Descripción	Tiempo Estimado
------------------	--------------------	------------------------

Selección de ubicación de sensores	de	Análisis de posibles fuentes de emisión de contaminantes, diseño de la red de monitoreo en el mapa, permisos, establecimiento de protocolos a seguir.	8 semanas
Compra de sensores y acondicionamiento de puntos de ubicación	y	Proformas y adquisición de sensores, preparación del terreno para instalación.	4 semanas
Instalación de sensores		Instalación física de puntos de monitoreo, configuración y prueba de sensores.	4 semanas
Configuración de plataforma	la	Desarrollo de plataforma digital de monitoreo, configuración de alerta y notificaciones, pruebas del sistema.	4 semanas
Ajustes técnicos y capacitación	y	Calibración de sensores, validación de datos, capacitación del uso y mantenimiento de los equipos, desarrollo de manuales.	4 semanas
Socialización del proyecto	del	Convocatoria a reunión de socialización, lanzamiento de la red de monitoreo y la plataforma digital	1 semana
Monitoreo y mantenimiento	y	Monitoreo del aire, mantenimiento para prevenir daños y corregir en caso de presentar inconvenientes, reporte de datos, informes, calibración periódica, actualización de plataforma digital	Periódicamente (Mensual o trimestral)

Nota. Elaborado por los autores.

De acuerdo a las actividades previamente descritas, se presenta el presupuesto en base a la estrategia de instalación de sensores, parte de una red de monitoreo del aire, el cual se desglosa en la Tabla 19 a continuación:

Tabla 19 *Presupuesto Estrategia de Instalación de Sensores para Monitoreo del Aire*

Concepto	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Consultoría	Técnico para análisis geoespacial y diseño de red de monitoreo	80 horas (40 cada profesional)	\$50,00	\$4000,00
Sensores	Adquisición de sensores	de 36 sensores de distinto tipo	\$35,00	\$1260,00

Estructura para ubicación de estaciones de monitoreo	Soporte y protección (contra intemperie y vandalismo)	3 estaciones	\$200,00	\$600,00
Conectividad	Costo inicial de hardware	3 estaciones	\$100,00	\$300,00
Energía eléctrica	Instalación	3 estaciones	\$200,00	\$600,00
Instalación de sensores	Mano de obra para instalación	6 días (2 por c/estación)	\$50,00	\$300,00
Transporte de equipos	Sujetos a variación por distancia	3 estaciones	\$100,00	\$300,00
Plataforma de datos	Licencia o desarrollo de software	1	\$2000,00	\$2000,00
Plataforma de datos	Hosting o servidor	1 año de servicio	\$600,00	\$600,00
Testeo y programación	Programadores e ingenieros	80 horas	\$30,00	\$2400,00
Calibración y validación	Servicio de calibración	1	\$800,00	\$800,00
Socialización	Folletos informativos	100 folletos	\$1,00	\$100,00
Señalización	Señalética	3 kits	\$100,00	\$300,00
Conectividad	Plan de datos	1 año de servicio (por estación)	\$180,00	\$540,00
Mantenimiento (preventivo y correctivo)	Honorarios del personal y técnico	1 día	\$80,00	\$240,00
Repuestos	Filtros, sensores que caducan, baterías	3 estaciones	\$300,00	\$900,00
Calibración	Servicio de laboratorio acreditado	1 anual (incluye toda la red)	\$300,00	\$300,00
TOTAL ESTIMADO			\$15540,00	

Nota. Elaborado por los autores.

En relación a la Tabla 19, se debe considerar que hay varios gastos que se renuevan anualmente, por ejemplo, licencias de software, hosting, plan de datos, entre otros costos en los que se incurre mensualmente como electricidad. En definitiva, este tipo de estrategia es relativamente costosa, de acuerdo a la cantidad de habitantes, el tipo de actividades económicas que realizan, por lo que se recomienda buscar el apoyo gubernamental y de organizaciones sin fines de lucro, lo cual permitirá obtener los fondos necesarios para llevar a cabo este tipo de proyectos y mantenerlos a largo plazo.

En la Tabla 20, se resumen los valores presupuestados para la propuesta, en los que se establece un valor por cada estrategia, dando como resultado un valor de \$15780,00 para la implementación de la propuesta.

Tabla 20 *Presupuesto General de la Propuesta*

Estrategias	Descripción	Total (USD)
Estrategia 1	Capacitación	\$1030,00
Estrategia 2	Horno incinerador	\$8500,00
Estrategia 3	Siembra de cortinas rompevientos	\$3150,00
Estrategia 4	Puntos de Reciclaje Comunitario	\$2480,00
Estrategia 5	Instalación de sensores para monitoreo del aire	\$15540,00
TOTAL GENERAL ESTIMADO		\$30700,00

Nota. Elaborado por los autores.

13. Conclusiones

- Respecto al objetivo 1, se obtuvieron los datos de las condiciones generales del barrio, como ocupación, ingreso, salud, impacto ambiental, entre otros aspectos. Ciertamente, las personas se encuentran abiertas a participar en programas que permitan mejorar la calidad de la atmósfera y están de acuerdo en que se realicen más estudios alrededor de esta temática. A partir del monitoreo con el equipo E-BAM, se obtuvieron las tablas de datos, también gráficas estadísticas, información de acuerdo al punto de muestreo para cada contaminante y por cada punto, gracias a esto se puede realizar el análisis de los datos en comparación con la normativa vigente, a fin de determinar el impacto en el sector debido a la quema de residuos.
- La calidad del aire en el barrio El Tejar presenta niveles preocupantes de material particulado, especialmente para PM_{2.5}. De los diferentes puntos de muestreo se obtuvieron datos durante 24 horas, dentro de los cuales se aprecian valores altos de contaminación, por ejemplo, para PM₁₀ hay valores por encima de 100 µg/m³ en los tres puntos de muestreo, lo cual incumple las normativas nacional e internacional, en promedio el valor es de 45 µg/m³, este valor es bajo debido a que en uno de los puntos se tomaron muestras en un día en el que no se

realizó la quema de los residuos, por lo que se deduce que el promedio alcanza valores más altos durante los demás días. En cuanto a $PM_{2.5}$ se encuentran valores más elevados en el punto 3 de monitoreo, se debe a la cercanía al lugar en el que se incineran residuos, por lo que el equipo E-BAM capta el producto de la combustión en el ambiente, reflejando por ende valores anormales de hasta $165,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no obstante, el promedio para este contaminante es de $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se identificaron lapsos críticos de contaminación entre las 00:00 y las 08:00 horas, lo cual puede estar asociado a prácticas de incineración durante la madrugada y a fenómenos atmosféricos como la inversión térmica y la baja turbulencia atmosférica. La quema de residuos orgánicos es una práctica frecuente en la zona y constituye una fuente de contaminación importante, de acuerdo a los datos obtenidos y su comparación con estudios similares. Los niveles según el índice de la calidad del aire en el sector van desde moderado a insalubre respecto a las muestras recolectadas.

□ Se concluye que la implementación de una propuesta es fundamental para mitigar el daño ambiental que se genera en el sector, lo cual no solo permitirá una gestión de desechos adecuada, sino que fomentará la cooperación entre la comunidad y el gobierno local, a fin de que el control en materia ambiental sea eficiente, cuidando así el medio ambiente y la salud de la población.

14. Recomendaciones

- Realizar campañas masivas de concienciación en el sector sobre los peligros para el medio ambiente y la salud, debido a la quema de residuos gracias a la coordinación entre los líderes barriales y el GAD del cantón. A su vez, promover una alternativa sostenible como el compostaje en los hogares y la comunidad. Estos mensajes deben ser educativos, en palabras sencillas y con ejemplos prácticos para la localidad, y recordar a las personas cómo la quema de residuos contribuye a la emisión de partículas tóxicas ($PM_{2.5}$, PM_{10}), y el impacto que tienen en la salud, en los sistemas respiratorio y cardiovascular, particularmente en niños y ancianos.
- Realizar nuevos estudios a largo plazo gracias al apoyo de instituciones educativas, como universidades del país o del cantón, en temas de calidad del aire en los que solo se realice monitoreo durante días o estaciones del año. Estos estudios deben estar mejor diseñados en términos de variables meteorológicas, incluyendo temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, dirección, así como presión barométrica. La recopilación de esta información detallada es vital para crear un diagnóstico ambiental más completo y confiable, ayudando así a identificar los patrones de emisiones de contaminantes, modelar la dispersión de contaminantes,

atribuir sus fuentes especiales y caracterizar las diferentes fases en tiempo y espacio respecto a la contaminación para llevar a cabo intervenciones más eficientes y sostenibles.

- Buscar alternativas estratégicas por parte de las autoridades e implementarlas rigurosamente para controlar mejor estas prácticas contaminantes, implementando regulaciones claras sobre el tiempo y las áreas para todo tipo de quema. Se recomienda examinar las leyes existentes para evitar vacíos o insuficiencias en el marco legislativo y sugerir, cuando sea necesario, enmiendas que permitan multar a los infractores con un valor que sea escalonado y graduado en función del incumplimiento. La quema al aire libre también debería prohibirse por completo, y si no se puede lograr esto, se debería restringir según períodos y áreas, y mantener la quema bajo estrecha vigilancia por parte de las autoridades.

15. Bibliografía

Acuerdo N° 050. (2011). *Acuerdo N° 050, Ministerio del Ambiente*. [Archivo PDF].

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Acuerdo-50NCA.pdf>

Acuerdo 065 Edición Especial del Registro Oficial 2. (2019).

Expídese el Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 – 2030. [Archivo PDF].

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/11/PLANNACIONAL-DE-RESTAURACION-FORESTAL-2019-2030.pdf>

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (16 de diciembre de 2024). *Tabla*

NAAQS. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

Aicad Business School. (7 de noviembre de 2024). La Tecnología para Monitorear la Calidad

del Aire en las Ciudades. *Blog de Aicad Business School*.

<https://www.aicad.es/latecnologia-para-monitorear-la-calidad-del-aire-en-las-ciudades>

AirNow. (s.f.). *Conceptos básicos del Índice de Calidad del Aire (ICA)*.

<https://espanol.airnow.gov/aqi/aqibasics/#:~:text=Cuanto%20mayor%20sea%20el%20valor,una%20calidad%20del%20aire%20peligrosa.>

Banco Mundial. (20 de septiembre de 2018). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*.

<https://www.bancomundial.org/es/news/immersivestory/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-wastemanagement>

Bartet, A., Muñoz, M. y Larios-Francia, R. (2023). *Impacto Ambiental del Tratamiento de Residuos Médicos*. <https://doi.org/10.46254/ap03.20220426>

Benevento, A. y Paredes, M. (2024). *Diseño de un horno incinerador para desechos peligrosos para la Clínica UGA. CA*. [Tesis de Pregrado, Universidad Valle del Momboy]. <https://repositorio.uvm.edu.ve/server/api/core/bitstreams/bcdbc6e2-ff7e-4d06-b9c807c168ff94ff/content>

Calderón, J. (2022). *Propuesta para implementar estrategias de obtención de energía a partir de residuos sólidos en Colombia*. [Tesis de Pregrado, Fundación Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/66cbb384-20c0-4ade-8155efb36168b9f8/content>

Caltzontzin, V., Gutiérrez, C. y García, J. (2022). Alternativas para el aprovechamiento integral de residuos orgánicos. *Ciencia*, 73(1), 70-77. [Archivo PDF]. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_1/PDF/12_73_1_1289.pdf

Campaña, R. y Pérez, E. (2025). Análisis del impacto ambiental del material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en zonas urbanas e industriales: Propuesta de tecnologías para su monitoreo y control. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(1), 576–595. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/703>

Casanova, F. (2022). Gestión ambiental de residuos peligrosos mediante un protocolo basado en criterios de calidad química. *Revista GICOS*, 7(4). <https://doi.org/10.53766/gicos/2022.07.04.06>

Chiluiza, C. (2019). *Evaluación de la Concentración de Material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en la parroquia Belisario Quevedo de la provincia de Cotopaxi en el período 2018 – 2019*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/47825235-524d-45de-ad5c182256ccb4de/content>

Clavijo, M., Cajas, I., Toral, M. y Moreno, G. (2025). Sistema de gestión de residuos orgánicos en los mercados del cantón Saquisilí, Ecuador: un enfoque hacia la sostenibilidad

- ambiental. *Revista de Derecho y Desarrollo Sostenible*, 13(1), 1-19.
<https://ojs.journalsdg.org/jlss/article/view/4177/1951>
- Clavijo, M. y Flores, D. (2023). Indicadores colaborativos de educación ambiental y ecoeficiencia para el campus La Matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. *Revista Brasileña de Desarrollo*, 9(10), 28850–28867.
<https://doi.org/10.34117/bjdv9n10088>
- Cornejo, S. (2024). *Análisis de la Gestión de Desechos Peligrosos de una Empresa de Saneamiento y Control de Plaguicida, Durán, Guayas - Ecuador*. [Tesis de Pregrado, Universidad Agraria del Ecuador].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CORNEJO%20FERAUD%20SERGIO%20EFRAIN.pdf>
- Coronado, M., Montero, G., García, C., Pérez, A. y Pérez, J. (2012). Emisiones de las quemas de paja de trigo en el valle de Mexicali, 1987-2010. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 119-126.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000500016&lang=es
- Decreto Ejecutivo 3516. (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Sedio Ambiente*.
www.lexis.com.ec
- Eurofins. (18 de marzo de 2025). *Modelos de dispersión atmosférica: qué son y cuál es su objetivo*. <https://www.eurofins-environment.es/es/modelos-de-dispersion-atmosferica/>
- FARN. (2018). *Incineración de basura con recuperación de energía: una tecnología cara, sucia, y a contramano del manejo sustentable de los recursos*. [Archivo PDF].
https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2020/06/Incineraci%C3%B3n-deresiduos_Documento-FARN.pdf
- Ferrin, E. y Macas, C. (2019). *Diseño y construcción de un prototipo de horno de doble cámara de (GLP) para incinerar desechos patológicos hospitalarios*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4d613940-7934-45b0-a4f494902fbfacb9/content>

- Fogelbach, G., Ramon, G., Staffeld, P., Sarabia, A., López, C., Duarte, P., Calderón, O., Romero, F., Díaz, S., De-Ramos, R., Piraino, P., Repka-Ramirez, M., Sisul, J., Quezada, C., Gonzalez, R., Guzman-Avilán, R., Silva, B. y Aguirre, J. (2020). Contaminación atmosférica en América Latina: impacto en la salud Y regulación actual - reporte del grupo del Comité de Aerobiología de la Sociedad Latinoamericana de Asma, Alergia e Inmunología. *Archivos de Asmas Alergia e Inmunologia*, 4(4). <https://doi.org/10.5935/2526-5393.20200064>
- Fundació ENT. (2015). *Contaminación atmosférica e incineración de residuos: peligroso respirar Informe*. https://zerowasteurope.eu/wp-content/uploads/2019/10/zero_waste_europe_report_air-brances_es.pdf
- Gobierno de España. (s.f.). *Biorresiduos*. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacionambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/biorresiduos/biorresiduos-quecaracteristicastienen.html#:~:text=Tiene%20una%20densidad%20bastante%20elevada,en%20general%20una%20baja%20compactabilidad>.
- INEC. (2022). *Resumen Estadístico*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Residuo_solidos_2021/Presentaci%C3%B3n_de_residuos_2021%20v07JA_CGTP%20\(Rev%20%20CGTPE\)%20\(Rev.%20Dicos\).pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Residuo_solidos_2021/Presentaci%C3%B3n_de_residuos_2021%20v07JA_CGTP%20(Rev%20%20CGTPE)%20(Rev.%20Dicos).pdf)
- INEC. (2022). *Censo*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- INEN. (2014). *Gestión Ambiental. Estandarización de colores para recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos. Requisitos*. <https://es.scribd.com/document/528646781/Nte-Inen-2841>
- Ize, I. (2014). *La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas*. [Archivo PDF]. <https://www.cec.org/files/documents/publications/11405-la-quema-de-residuos-agrocolas-es-una-fuente-de-dioxinas-es.pdf>
- Jelínek, N., Petrlík, J., Bremmer, J., Kuepouo, G., Ochieng, G., Ožanová, S. y Bell, L. (2024). *Waste incineration and the environment*. [Archivo PDF]. <https://www.toxicsfreeaustralia.org.au/wp->

content/uploads/2024/09/Jelinek_2024_Waste-Incineration.pdf

Landázuri, M. (2012). *Análisis de la exclusión social en salud estudio de caso en el cantón Saquisilí*. [Tesis de Maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede Ecuador].

<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/8781/2/TFLACSO2012MELM.pdf>

Lexis. (2004). *Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental*. [Archivo PDF].
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf>

Legislativo, D. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Registro Oficial*.
www.lexis.com.ec

IQAIR. (31 diciembre de 2021). *Las nuevas pautas de calidad de calidad del aire de la OMS salvarán vidas*. <https://www.iqair.com/es/newsroom/2021-who-air-qualityguidelines?srsId=AfmBOorsePuCOYe7ojR5V8w1m35fkmfbhyXZfRIFaGoU8hz3OMCK7D4u&utm>

Martínez, R. y Manjares, R. (2002). *Diseño de un horno crematorio para desechos orgánicos en la Clínica San Jorge y construcción de un prototipo*. [Título de pregrado, Tecnología de Bolívar Institución Universitaria].

<https://repositorio.utb.edu.co/server/api/core/bitstreams/4b6814b7-f718-43c4-90d332239a648124/content>

Massolo, L. y Castagnasso, G. (2022). *Modelos de dispersión y distribución de contaminantes en el ambiente*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/149319>

Met One Instruments, Inc. (2008). *Manual Operación E-BAM*. [Archivo PDF].
https://www.env.nm.gov/wp-content/uploads/sites/2/2018/02/SpanishVersion_OperatingManual.pdf

Ministerio de Salud Pública Zona 3. (2023). *Análisis de Situacional Integral de Salud, en el Centro de Salud tipo C de Saquisilí*. <https://es.scribd.com/document/684004063/ASIS-FINAL-C-S-SAQUISILI-2022-F#content=query:respiratorias,pageNum:163,indexOnPage:0>

- Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador. (2020). *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales*. www.ambiente.gob.ec
- Mora-Barrantes, J., Sibaja- Brenes, J., y Borbón-Alpizar, H. (2021). Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: estado del arte de su impacto en la calidad fisicoquímica en el agua de lluvia y de niebla. *Revista Tecnología En Marcha*, 34(1), 92103. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i1.4806>
- Moreano, N., Cajas, I., Chicaiza, L., Cevallos, E., Cajilema, P. y Toapanta, M. (2022). *La Educación Ambiental. Paradigma del siglo XXI en Ecuador*. [Archivo PDF]. <https://isbnecuador.com/catalogo.php?mode=detalle&nt=84593>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Nomad Season. (2024). *El tiempo en enero en Saquisilí*. <https://nomadseason.com/weather/ecuador/cotopaxi/saquisili-january.html>
- Nowak, D., Crane, D. y Stevens, J. (2006). Eliminación de la contaminación del aire mediante árboles y arbustos urbanos en Estados Unidos. *Silvicultura urbana y ecologización urbana*, 4(3 y 4), 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>
- Núñez, L., Ortíz, C., Catota, F. y Quiroz, I. (2023). Diseño de una cámara de incineración de un horno para tratamiento de desperdicios avícolas. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS* 5(4);719-728. https://www.researchgate.net/publication/373202465_Disenio_de_una_camara_de_incineracion_de_un_horno_para_tratamiento_de_desperdicios_avicolas
- ONU Programa para el Medio Ambiente. (22 de septiembre de 2022). *¿Cómo se mide la calidad del aire?* <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/como-se-mide-lacalidad-del-aire>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Contaminación atmosférica y salud infantil*. [Archivo PDF]. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/275548/WHO-CED-PHE-18.01-spa.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire*. [Archivo PDF].

<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (24 de octubre de 2024). *Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient(outdoor)-air-quality-and-health)

Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Calidad del aire, energía y salud*. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-andhealth/health-impacts/types-of-pollutants>

Paulina, V., Valverde, C., Elizabeth, N., y Donoso, N. (2013). *Evaluación Ambiental de la Incineración de los Residuos Orgánicos Biodegradables de los Residuos Sólidos Urbanos*. [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional] <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6645>

Paz y Miño, E. (2025). *¿Cómo reforestar una guía práctica?* <https://gk.city/2025/03/13/comoreforestar-una-guia-practica/>

Pérez, I. (25 de mayo de 2020). *El origen de la Inversión Térmica y su relación con la contaminación del aire*. <https://ciencia.unam.mx/leer/1000/el-origen-de-la-inversiontermica-y-su-relacion-con-la-contaminacion-del-aire>

Pevsner, L. (2024). *Análisis de los residuos sólidos orgánicos en la Universidad Nacional del Sur como potenciales productores de biogás*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia]. <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/45e9478f-9618-4037-ba6e70fd58c69a9f/content>

Pollution Alert. (s.f.). *Contaminación del aire en Provincia de Cotopaxi: índice de calidad del aire en tiempo real y alerta de smog*. <https://www.pollution-alert.com/es/ecuador/contaminacion/geo-3658766/provincia-de-cotopaxi.html>

Postposmo. (s.f.). *Teoría de la Combustión: ¿En qué consiste?, fases y más*. <https://www.postposmo.com/teoria-de-la-combustion/>

RAE. (s.f.). *Aire*. <https://dle.rae.es/aire>

Ramírez, J., Bustos, M., Gómez, J. y Jiménez, B. (2024). *Análisis de Contaminantes*

- Atmosféricos como Indicadores de la Calidad del Aire en Comercios de Insumos Químicos Agrícolas en el Cantón Quevedo, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1291–1307. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13552
- Registro Oficial. (2017). *Código Orgánico del Ambiente - Ley 0 - Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017*. www.lexis.com.ec
- Repsol. (11 de septiembre de 2023). *Cómo gestionar de manera eficiente los desechos*. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/residuosorganicos/index.cshtml>
- Robles, B. (2019). Población y muestra. *Pueblo Continente*, 30(1), 245–246. https://www.academia.edu/118400938/Poblaci%C3%B3n_y_muestra
- Safety Culture Content Team. (18 de diciembre de 2024). Importancia del monitoreo de la calidad del aire para entornos de trabajo seguros. *Blog de Safety Culture*. <https://safetyculture.com/es/temas/monitoreo-de-la-calidad-del-aire/>
- Subsecretaría de Cambio Climático. (2021). *Guía Técnica de procedimientos y metodología para la recolección y manejo de datos para el Sector Residuos Iniciativa de Acción y Transparencia Climática ICAT Subsecretaría de Cambio Climático*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/10/Guia-Tecnicaresiduos.pdf>
- Sun, H., Li, W., Wang, J., Qin, X., Jin, L., Tian, F., Yang, T., Zhang, F., Chen, L., Shi, Y. y Yuan, X. (2024). Evaluación integrada del impacto ambiental y económico de la incineración de residuos sólidos municipales para la generación de energía: Un estudio de caso en China. *Heliyon*, 10(13), <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33700>
- Tapia, O. (2024). Evaluación de Material Particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en la Ciudad de Latacunga para Generar un Mapeo de Comparación de Calidad de Aire en Zonas Afectadas. *MQRInvestigar*, 8(4), 7570–7594. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.75707594>
- Ulrich, R., Simons, R., Losito, B., Fiorito, E., Miles, M. y Zelson, M. (1991). Recuperación del estrés durante la exposición a entornos naturales y urbanos. *Revista de Psicología Ambiental*, 11(3), 201-230. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80184-7)

- UNESCO. (2006). *Clasificación Internacional Normalizada de la Educación: CINE 1997*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000147002>
- Verdezoto, F., Muyulema, J., Cuba, H. y Serrano, A. (2022). Evaluación temporal del material particulado PM_{2.5} y PM₁₀ en el Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador. *ConcienciaDigital*, 5(4.1). <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i4.1.2393>
- Villarroel, J. (2015). *El imaginario de la Virgen del Quinche en la Fiesta de Saquisilí: Mantenimiento de identidad comunitaria*. [Tesis de Maestría, Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador].
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/4558/1/T1677MELA-Villarroel-El%20imaginario.pdf>
- VOLTA. (8 de mayo de 2019). *4 impactos ambientales de un mal manejo de residuos*.
<https://www.voltachile.cl/4-impactos-ambientales-de-un-mal-manejo-de-residuos/>
- Brites, W. (2022). Quema de residuos Argentina. *Revista Salud Ambiental*, 22, 176–183.
<https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1140/1238>
- WAQI. (s.f.). *Contaminación del Aire del Mundo*. <https://waqi.info/es/>
- Weather Atlas. (s.f.). *Clima y previsión meteorológica mensual Saquisilí, Ecuador*.
<https://www.weather-atlas.com/es/ecuador/saquisili-clima?>
- Weather Spark. (2025). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Saquisilí*.
<https://es.weatherspark.com/y/20028/Clima-promedio-en-Saquisilí-Ecuador-durantetodo-el-año>
- Zarate, M. (2015). Agricultura urbana, condición para el desarrollo sostenible y la mejora del paisaje. *Revista Anales de Geografía*, 35(2), 167-194.
http://dx.doi.org/10.5209/rev_AGUC.2015.v35.n2.50119
- Zuccarelli, P. (18 de junio de 2019). Dioxinas y sus Efectos en el Medio Ambiente y la Salud Humana. *Blog de Tecnosoluciones Integrales S.A.*
<https://tecnosolucionescr.net/blog/74dioxinas-y-sus-efectos-en-el-medio-ambiente-y-la-salud-humana>