



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE DE LA EMISIÓN DE  
GASES PRODUCIDOS POR LA QUEMA DE LEÑA PARA LA  
PRODUCCIÓN DE CARBÓN, COMUNIDAD PUPANA NORTE,  
CANTÓN SAQUISILÍ”**

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Cunuay Lopez Alex Fabian

**Tutor:**

Cajas Cayo Isaac Eduardo

**LATACUNGA – ECUADOR**

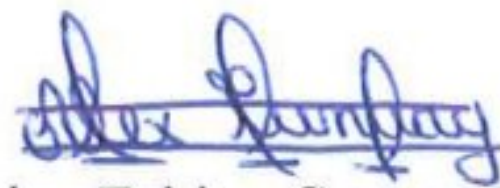
**Agosto 2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Alex Fabian Cunuay Lopez, con cédula de ciudadanía No. 050441986-2, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: "Evaluación de la calidad de aire, de la emisión de gases producidos por la quema de leña para la producción de carbón, comunidad Pupana norte, cantón Saquisilí", siendo el Ingeniero Mg. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Tutor del presente trabajo; y, eximo 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 mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 14 de agosto del 2023



Alex Fabian Cunuay Lopez  
Estudiante  
C.C. 0504419862



Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.  
Docente Tutor  
C.C. 0502205164

## 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 **CUNUAY LOPEZ ALEX FABIAN**, identificado con cédula de ciudadanía **050441986-2** 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 “Evaluación de la calidad de aire, de la emisión de gases producidos por la quema de leña para la producción de carbón, comunidad Pupana norte, cantón Saquisilí”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2019 – Marzo 2020

Finalización de la carrera: Abril 2023 – Agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 25 de Mayo del 2023

Tutor: Ingeniero Mg. Isaac Eduardo Cajas Cayo

Tema: “Evaluación de la calidad de aire, de la emisión de gases producidos por la quema de leña para la producción de carbón, comunidad Pupana norte, cantón Saquisilí”

**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 cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**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 del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 14 días del mes de agosto del 2023.

Alex Fabian Cunuay Lopez  
**EL CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE, DE LA EMISIÓN DE GASES PRODUCIDOS POR LA QUEMA DE LEÑA PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN, COMUNIDAD PUPANA NORTE, CANTÓN SAQUISILÍ”**, de Cunuay Lopez Alex Fabian, 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 ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 14 de agosto del 2023



Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.

**DOCENTE TUTOR**

CC: 0502205164

## AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN


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, el postulante: Cunuay Lopez Alex Fabian, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE, DE LA EMISIÓN DE GASES PRODUCIDOS POR LA QUEMA DE LEÑA PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN, COMUNIDAD PUPANA NORTE, CANTÓN SAQUISILÍ”, ha 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 realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

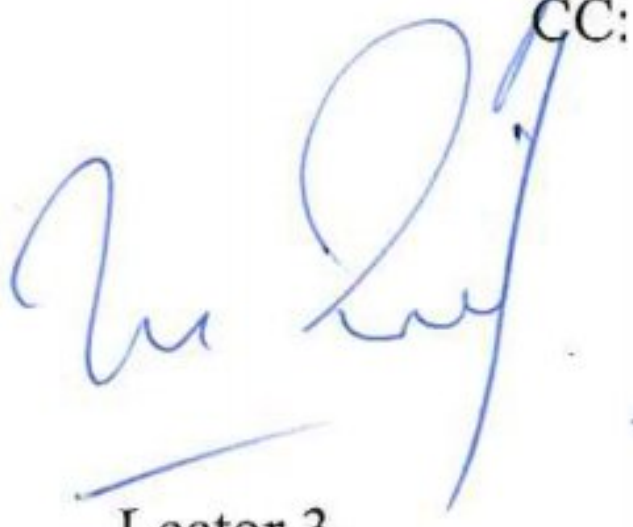
Latacunga, 14 de agosto del 2023



Lector 1 (Presidente)  
Ing. Oscar Daza Guerra , Mg.  
CC: 0400689790



Lector 2  
Ing. Jaime Lema Pillalaza, Mg.  
CC: 1713759932



Lector 3  
Ing. Marco Rivera Moreno, Mg.  
CC: 0501518985

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por darme la vida y guiarme mis pasos día a día, dándome las fuerzas y el conocimiento necesario para terminar este proyecto.

Agradezco también el apoyo de mis padres Fabian Cunuay y Alexandra Lopez, que, sin duda alguna, en el trayecto de mi vida me han demostrado su apoyo incondicional, y por hacer de mí una persona de buenos principios y valores.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y brindarme una excelente enseñanza, sé que con sus conocimientos brindados podre desenvolverme en mi vida profesional

Al ing. Eduardo Cajas Cayo, por brindarme sus conocimientos, para hacer posible la ejecución de este proyecto de tesis y a todas las personas de una u otra forma hicieron posible la finalización de este proyecto.

Muchas gracias.

*Alex Fabian Cunuay Lopez*

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este proyecto de titulación con todo mi amor.

A mi madre Alexandra Lopez, que siempre ha sido mi mayor orgullo y admiración, por ser ese pilar fundamental que me ha sabido inculcar con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado día a día a seguir adelante en los momentos difíciles.

A mis hermanos Kevin, Anderson y a mis compañeros universitarios y a las personas más cercanas que de alguna manera siempre me alentaron y me dieron ánimos para culminar mis estudios, este logro va para ellos.

Alex



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO:** “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE, DE LA EMISIÓN DE GASES PRODUCIDOS POR LA QUEMA DE LEÑA PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN, COMUNIDAD PUPANA NORTE, CANTÓN SAQUISILÍ”

**AUTOR:** Alex Fabian Cunuy Lopez

**RESUMEN**

En las zonas urbanas, una de las actividades obreras es el trabajo en las carboneras, que carecen de hornos con la infraestructura adecuada, lo que genera la liberación de gases y pequeñas partículas denominadas material particulado. El proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar la calidad de aire de las emisiones de gases producidos por la quema de leña, para la producción de carbón vegetal en la comunidad Pupana Norte, del cantón Saquisilí 2023, por lo que este proyecto se empezó con una caracterización del área de estudio donde se establece 3 puntos de muestreo, cabe recalcar que el Equipo E- BAM, fue primordial para examinar la contaminación de material particulado PM10 y PM2.5, por 24 horas aplicando el método automático, las muestras fueron tomadas cada 5 minutos con un registro de datos en tiempo real durante 6 días del mes de Marzo del 2023. La metodología aplicada en la presente investigación fue de carácter descriptivo, estadístico, analítico y de campo. Para la realización del análisis, los datos fueron extraídos con el software COMET. Los datos promedios del monitoreo P1, P2 y P3 para PM10 fueron de 115.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 170  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 140  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a diferencia del material particulado PM2.5, lo cual sus resultados fueron de 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 167  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mismos que fueron comparados con la Normativa Vigente Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Anexo 4, el cual manifiesta que los límites máximos permisibles para PM10 es de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y PM2.5 es de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mencionado estos resultados, claramente se observa una alerta para las autoridades y la población, en base a esto se concluye que la contaminación atmosférica proveniente de las carbonerías es un problema que afecta al medio ambiente y al ser humano, por lo cual se establece tres estrategias de prevención, de modo que ayude a controlar este problema de carácter ambiental para que a un futuro no existan altas concentraciones de este contaminante en el aire.

**Palabras claves:** Carbonerías, E bam, Límites máximos permisibles, Material particulado, Población.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME:** "EVALUATION OF THE AIR QUALITY OF GAS EMISSIONS FROM THE BURNING OF WOOD FOR THE PRODUCTION OF CHARCOAL IN THE COMMUNITY OF PUPANA NORTE, CANTON SAQUISILÍ".

**AUTHOR:** Alex Fabian Cunuay Lopez

**ABSTRACT**

In urban areas, one of the working activities is the work in the charcoal kilns, which lack furnaces with adequate infrastructure, which generates the release of gases and small particles called particulate matter. The research project aims to evaluate the air quality of gas emissions produced by the burning of firewood for the production of charcoal in the community Pupana Norte, Saquisilí canton 2023, so this project began with a characterization of the study area where 3 sampling points are established, it should be noted that the E-Bam equipment was essential to examine the contamination of particulate matter PM10 and PM2.5, for 24 hours applying the automatic method, the samples were taken every 5 minutes with a data record in real time during 6 days of March 2023. The methodology applied in this research was descriptive, statistical, analytical and field. For the analysis, the data were extracted with COMET software. The average monitoring data P1, P2 and P3 for PM10 were 115.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 170  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 140  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , unlike the particulate matter PM2.5, whose results were 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 167  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , which were compared with the current regulations of Ministerial Agreement 097-A, Book VI, Annex 4, which states that the maximum permissible limits for PM10 is 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and PM2.5 is 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Based on these results, there is clearly an alert for the authorities and the population, based on this it is concluded that air pollution from coal plants is a problem that affects the environment and human beings, so three prevention strategies are established to help control this environmental problem so that in the future there will not be high concentrations of this pollutant in the air.

**Key words:** Carbon, E bam, Maximum Permissible Limits, Particulate Matter, Population.

## ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA .....	viii
RESUMEN.....	ix
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	4
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
5. Objetivos .....	5
5.1 Objetivo General .....	5
5.2 Objetivos Específicos:.....	5
6. Actividades.....	6
7. Fundamentos teóricos.....	7
7.1 Atmósfera.....	7
7.2 Capas atmosféricas.....	7
7.2.1 Troposfera. ....	7
7.2.2 Estratósfera.....	7
7.2.3 Mesosfera. ....	7
7.2.4 Exosfera.....	8
7.3 Aire.....	8
7.4 Contaminación del aire.....	8
7.4.1 Contaminantes primarios.....	9
7.4.2 Contaminantes secundarios. ....	9
7.5 Contaminación del aire por la cremación de leña .....	9
7.6 Contaminantes principales por la cremación de leña .....	9
7.7 Contaminantes.....	10
7.7.1 Material particulado .....	10
7.7.4 Tipos de material particulado.....	11
7.8 Fuentes de contaminación .....	13
7.8.1 Fuentes naturales o biológicas.....	13
7.8.2 Fuentes artificiales o antropogénicas .....	14
7.9 Transporte y dispersión de partículas .....	15
7.9.1 Viento:.....	15

7.9.2	Precipitación:.....	15
7.9.3	Topografía:.....	15
7.10	Efectos negativos a la salud .....	15
7.11	Efectos negativos a la vegetación.....	16
7.12	Carbón vegetal Nombre científico: Carbo lignis, Carbo vegetalis.....	16
7.13	Carboneras de la comuna Pupana Norte.....	17
7.13.1	Método de parvas o tierra.....	17
7.14	E - BAM.....	18
8.	MARCO LEGAL.....	18
8.1	Constitución de la República del Ecuador .....	19
8.2	Código Orgánico del Ambiente (COA).....	19
8.3	Reglamento al Código Orgánico del Ambiente .....	20
8.4	Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI Anexo 4.....	20
8.4.1	Material particulado menor a 10 micras (PM10) .....	20
8.4.2	Material particulado menor a 2.5 micras (PM 2.5). .....	20
8.4.3	Nivel de Alerta .....	21
8.4.4	Nivel de Alarma .....	21
8.4.5	Nivel de Emergencia .....	22
9.	PREGUNTA CIENTÍFICA. ....	22
10.	METODOLOGÍA. ....	23
10.1	Modalidad básica para la investigación.....	23
10.1.1	Área de estudio.....	23
10.1.2	Enfoque de la investigación .....	23
10.2.1	Método bibliográfico - documental.....	24
10.2.4	Ubicación de los puntos de monitoreo .....	26
10.3	Procesos para el monitoreo de las concentraciones de material particulado en la elaboración de carbón vegetal.....	27
10.3.1	Equipo de medición.....	27
10.3.2	Selección de la ubicación del E-BAM .....	27
10.3.3	Medición.....	28
10.3.4	Tabulación, estudio estadístico y descriptivo.....	28
10.5	Materiales e Instrumentos: .....	30
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	31
11.1.1	Caracterización del área de estudio .....	31
11.1.2	Procesos para la elaboración del carbón.....	31

11.1.3	Georreferencia del área de estudio.....	32
11.2	Monitorear las concentraciones de material particulado en la elaboración de carbón vegetal. 36	
11.2.1	Monitoreo del Punto 1 “PM10”.....	36
11.2.2	Monitoreo del Punto 1 “PM2.5”.....	38
11.2.3	Monitoreo del Punto 2 “PM10”.....	39
11.2.4	Monitoreo del Punto 2 “PM2.5”.....	41
11.2.6	Monitoreo del Punto 3 “PM2.5”.....	44
11.3	Comparar los datos obtenidos de PM10 y PM2.5, en base a la normativa legal.....	45
11.4	Elaborar una propuesta para minimizar el impacto ambiental causado a los habitantes cercanos a la producción de carbón vegetal.....	48
	Estrategia 1: Plan de capacitación ambiental a los propietarios y arrendatarios de las carboneras de la comunidad Pupana Norte.....	49
11.4.2	Estrategia 2: Implementación de cercas vivas alrededor de las carboneras de la comunidad Pupana Norte.....	52
11.4.3	Estrategia 3: Implementar hornos tipo colmena para el proceso de la elaboración de carbón en la comunidad Pupana Norte.....	54
13.	CONCLUSIONES.....	57
14.	RECOMENDACIONES.....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Beneficiarios del proyecto de investigación.....	4
<b>Tabla 2</b> Actividades y tareas. ....	6
<b>Tabla 3</b> Contaminantes principales .....	10
<b>Tabla 4</b> Concentraciones de contaminantes en la calidad del aire .....	21
<b>Tabla 5</b> Población provincial y cantonal .....	26
<b>Tabla 6</b> Concentraciones de contaminantes en la calidad del aire .....	29
<b>Tabla 7</b> Coordenadas de las carboneras en UTM.....	32
<b>Tabla 8</b> Concentración de PM10 en las carboneras.....	45
<b>Tabla 9</b> Concentración de PM2.5 en las carboneras.....	47
<b>Tabla 10</b> Cronograma de capacitación ambiental .....	50
<b>Tabla 11</b> Presupuesto del plan de capacitación ambiental .....	51
<b>Tabla 12</b> Cronograma de cultivo .....	53
<b>Tabla 13</b> Presupuesto del plan de cultivo .....	53
<b>Tabla 14</b> Cronograma de implementación del horno tipo colmena.....	55
<b>Tabla 15</b> Presupuesto de construcción del horno tipo colmena.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Fuentes de contaminación de material particulado. ....	14
<b>Figura 2</b>	Efectos a la salud, sobre el PM.....	16
<b>Figura 3</b>	Producción de carbón vegetal en fosa de tierra .....	17
<b>Figura 4</b>	Máquina E-BAM .....	18
<b>Figura 5</b>	Área de estudio, cantón Saquisilí, comunidad Pupana Norte .....	23
<b>Figura 6</b>	Nozzle.....	28
<b>Figura 7</b>	Procesos para la elaboración de carbón. ....	32
<b>Figura 8</b>	Primer punto de monitoreo .....	33
<b>Figura 9</b>	Segundo punto de monitoreo .....	34
<b>Figura 10</b>	Tercer punto de monitoreo.....	35
<b>Figura 11</b>	Datos de PM10 (P1).....	36
<b>Figura 12</b>	Primer punto, propagación de material particulado PM10 .....	37
<b>Figura 13</b>	Datos de PM2.5 (P1).....	38
<b>Figura 14</b>	Primer punto, propagación de material particulado PM2.5 .....	39
<b>Figura 15</b>	Datos de PM10 (P2).....	39
<b>Figura 16</b>	Segundo punto, propagación de material particulado PM10 .....	40
<b>Figura 17</b>	Datos de PM2.5 (P2).....	41
<b>Figura 18</b>	Segundo punto, propagación de material particulado PM2.5 .....	42
<b>Figura 19</b>	Datos de PM10 (P3).....	42
<b>Figura 20</b>	Tercer punto, propagación de material particulado PM10.....	43
<b>Figura 21</b>	Datos de PM2.5 (P3).....	44
<b>Figura 22</b>	Tercer punto, propagación de material particulado PM2.5.....	45
<b>Figura 23</b>	Concentración de PM10 en las tres carboneras .....	46
<b>Figura 24</b>	Concentración de PM2.5 en las tres carboneras .....	47

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexos 1</b> Entrega del oficio, para el monitoreo ambiental al propietario de las carboneras de la comunidad Pupana Norte. ....	65
<b>Anexos 2</b> Incineración de la primera carbonera.....	65
<b>Anexos 3</b> Instalación de la máquina E-Bam .....	66
<b>Anexos 4</b> Desechos de la carbonería.....	66
<b>Anexos 5</b> Muestreo de partículas suspendidas en el aire .....	67
<b>Anexos 6</b> Encendida del horno. ....	67
<b>Anexos 7</b> Capacitación de cómo realiza el proceso de la producción de carbón .....	68
<b>Anexos 8</b> Monitoreo de las partículas gruesas.....	68
<b>Anexos 9</b> Vista lejana, de las carbonerías de la comunidad Pupana Norte.....	69
<b>Anexos 10</b> Datos obtenidos del material particulado PM10 (P1) .....	70
<b>Anexos 11</b> Datos obtenidos del material particulado PM2.5 (P1) .....	71
<b>Anexos 12</b> Datos obtenidos del material particulado PM10 (P2) .....	72
<b>Anexos 13</b> Datos obtenidos del material particulado PM2.5 (P2) .....	73
<b>Anexos 14</b> Datos obtenidos del material particulado PM10 (P3) .....	74
<b>Anexos 15</b> Datos obtenidos del material particulado PM2.5 (P3) .....	75
<b>Anexos 16</b> Aval de Traducción.....	76



**Título del Proyecto:**

Evaluación de la calidad de aire, de la emisión de gases producidos por la quema de leña para la producción de carbón, comunidad Pupana Norte, cantón Saquisilí 2023.

**1. INFORMACIÓN GENERAL****Título del Proyecto:**

Evaluación de la calidad de aire, de la emisión de gases producidos por la quema de leña para la producción de carbón, comunidad Pupana Norte, cantón Saquisilí 2023.

**Fecha de inicio:** 10 de abril del 2023.

**Fecha de finalización:** 14 de agosto del 2023.

**Lugar de ejecución:**

Provincia de Cotopaxi, cantón Saquisilí, comunidad “Pupana Norte”.

**Facultad que auspicia**

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Ambiental.

**Proyecto de investigación vinculado:**

“Determinación de los contaminantes producto de la combustión del parque automotor a gasolina en el casco urbano de la ciudad de Latacunga”

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor:** Mg. Isaac Eduardo Cajas Cayo

**Estudiante:** Alex Fabian Cunuay Lopez

**Lector 1:** Ing. Oscar Daza, Mg

**Lector 2:** Ing. Jaime Lema, Mg

**Lector 3:** Ing. Marco Rivera, Mg

**Área de Conocimiento:**

Ciencias Naturales, Ciencias Ambientales, Medio Ambiente

**Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

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. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La investigación se desarrolla por la necesidad de conocer el grado de contaminación de material particulado presente en las carboneras de la comunidad Pupana Norte, del cantón Saquisilí, Esta problemática adquiere vital importancia debido a los posibles efectos adversos, tanto a corto como a largo plazo, que la contaminación atmosférica puede tener sobre la salud humana. La degradación de la calidad de vida y su impacto negativo en la productividad son aspectos que merecen atención, ya que las partículas diminutas transportadas por el viento pueden viajar grandes distancias y persistir en el aire, suelo y agua, alterando su composición.

Por esta razón, el análisis tuvo prioridad en enfocarse en la contaminación atmosférica PM10 y PM2.5, la cual es producto de la quema de leña para la elaboración de carbono vegetal, evaluando la concentración de partículas contaminantes que supera o no superan los estándares permisibles en el Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI Anexo 4, en la que se menciona los límites máximos permisibles para el material particulado.

La Universidad Técnica de Cotopaxi, en colaboración con la carrera de Ingeniería Ambiental, asume un papel crucial en este análisis. La universidad, como fuente de tecnología, conocimiento científico y compromiso social, se encuentra en una posición única para abordar los desafíos presentes y futuros. En este sentido, la evaluación de la calidad del aire en la comunidad Pupana Norte a través del monitoreo de las partículas PM10 y PM2.5 adquiere relevancia como herramienta informativa valiosa para la comunidad universitaria y las instituciones ambientales. Además, este enfoque proporciona una base sólida para la implementación de medidas destinadas a mitigar los riesgos de la contaminación ambiental y sus efectos en la salud pública.

En última instancia, este proyecto de investigación busca establecer conexiones significativas entre la academia, los estudiantes y los docentes. La transferencia de conocimientos que contribuyan a resolver problemáticas sociales se convierte en un pilar fundamental. La difusión de información no solo ayuda a abordar desafíos ambientales y de salud, sino que también contribuye a la formación de ciudadanos comprometidos con valores democráticos e inclusivos.

### 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.

*Tabla 1*

*Beneficiarios del proyecto de investigación*

<b>BENEFICIARIO DIRECTOS</b>	<b>BENEFICIARIOS INDIRECTOS</b>
<b>POBLACIÓN</b> <b>Comuna de Pupana Norte: 590 personas</b>	<b>POBLACIÓN</b> <b>Cantón Saquisilí: 31.426 personas</b>
<b>TOTAL: 621.246 personas</b>	

*Fuente: (INEC, 2010)*

### 4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema ambiental más grande del mundo es mayoritariamente provocado por el hombre, pues ha provocado la proliferación desmesurada de gases de efecto invernadero que afectan el aire, cabe mencionar que el autor (Cutíño, 2018), manifiesta que se debe al incremento de población, de manera que las conexiones entre la población, el ecosistema y los recursos naturales están determinados por varios factores y cuanto mayor sea la población, los servicios deben ser de mayor calidad para satisfacer todas las necesidades humanas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), afirma que el aire que respiramos está contaminado por las emisiones de los vehículos de motor, la industria, la calefacción, las grandes obras y la minería, así como por el humo del tabaco y los combustibles domésticos. La exposición a partículas en suspensión (aquellas con un diámetro aerodinámico de hasta 10 micras PM10 y diámetros de hasta 2,5 micras PM2,5) acorta la esperanza de vida de cada persona en casi un año en promedio, debido al aumento del riesgo cardiovascular (CV), vías respiratorias y cáncer de pulmón. Las concentraciones de estos contaminantes alcanzan un nivel significativo, especialmente en los centros rurales donde no existe una gran población (Galvis & Padilla, 2021).

Cabe resaltar que la gran mayoría de carboneras poseen hornos a cielo abierto y el funcionamiento de estos hornos no es el óptimo debido a factores como: el proceso de combustión, la forma de operación y el diseño, lo que hace vulnerable a muchos de los moradores que se ven afectados por la gran cantidad de emisiones, debido a la permanente actividad que se realiza, por lo que es necesario llevar un proceso de medición para identificar el nivel de material particulado.

El aumento de las carboneras que circulan en el cantón Saquisilí, se ha transformado en un problema medio ambiental, ya que los contaminantes del aire como el PM10 y PM2.5 obtienen niveles que superan los límites permisibles, provocando daños a la salud de los habitantes.

## **5. Objetivos**

### **5.1 Objetivo General**

- Determinar la calidad de aire de las emisiones de gases producidos por la quema de leña para la producción de carbón vegetal presente en la comuna Pupana Norte del cantón Saquisilí 2023.

### **5.2 Objetivos Específicos:**

- Diagnosticar la situación actual de las carbonerías de la comunidad Pupana Norte.
- Monitorear las concentraciones de material particulado con la utilización del equipo E-BAM, para el análisis en base a la normativa legal.
- Elaborar una propuesta para minimizar el impacto ambiental causado a los habitantes cercanos a la producción de carbón vegetal.

## 6. Actividades

**Tabla 2**  
*Actividades y tareas.*

<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultados</b>
<b>Diagnosticar la situación actual de las carbonerías de la comunidad Pupana Norte.</b>	- Reconocimiento de campo en base a la visita in situ en el presente proyecto	- Revisión de fuentes bibliográficas.  - Diagnóstico y caracterización de las actividades.	Mapas analógicos y digitales temáticos de la ubicación de los puntos estratégicos, donde se va a colocar el equipo de monitoreo.
<b>Monitorear las concentraciones de material particulado en la elaboración de carbón vegetal.</b>	- Medición de las partículas suspendidas en el aire con la máquina E-BAM y analizar los datos en base a la normativa legal.	- Desarrollo de gráficas lineales, bajo los estándares de la normativa legal.	Base de datos de la máquina E-BAM en la pantalla portátil cada hora por 3 días Datos verificados en base a la normativa legal.
<b>Elaborar una propuesta para minimizar el impacto ambiental para el beneficio de los habitantes cercanos a la producción de carbón vegetal.</b>	- Identificación de los niveles altos de contaminación de material particulado en cada uno de los puntos en estudio	- Estrategias de mitigación.	Propuesta de mitigación para los habitantes de la comunidad Pupana norte

*Nota. Tabla de tipos de contaminantes de cocina a leña*  
*Fuente: (INEC, 2020)*

## **7. Fundamentos teóricos**

### **7.1 Atmósfera**

La atmósfera es un vocablo que etimológicamente significa esfera de aire, es una mezcla de gases que envuelve la Tierra, formando una capa que se extiende alrededor de unos 1000 km por encima de la superficie terrestre. Constituye el principal mecanismo de defensa de las distintas formas de vida y está sujeta a la Tierra por gravedad. Además de contener el aire, incluye partículas sólidas y líquidas en suspensión, por lo que presenta una estructura vertical cuyas características varían según su altitud (Londoño, 2019).

### **7.2 Capas atmosféricas**

Según Romero (2020), menciona que la "Propuesta de un Modelo de Localización Espacial de Contaminantes Atmosféricos para la Evaluación de la Calidad del Aire en la Ciudad de Lima", se detalla cómo la atmósfera se divide en múltiples regiones espaciales, que también son conocidas como capas atmosféricas:

#### **7.2.1 Troposfera.**

Esta capa, en estrecho contacto con la superficie terrestre, es el foco de investigaciones sobre la composición del aire. Aquí se concentra la mayor proporción de gases atmosféricos. Su extensión vertical se eleva a unos 10 km, exhibiendo la temperatura más elevada en contraste con las demás estratosferas terrestres. A pesar de que en sus fronteras exteriores la temperatura desciende a  $-50^{\circ}\text{C}$ .

#### **7.2.2 Estratósfera.**

La amplitud de esta región espacial se extiende desde los 10 km hasta los 50 km de altitud, y presenta subdivisiones con una abundancia saturada de elementos. Una de estas subdivisiones es la ionosfera, en la cual la radiación solar incide en el oxígeno, dando lugar a la formación de moléculas de ozono ( $\text{O}_3$ ) que dan forma a lo que conocemos como la "capa de ozono".

#### **7.2.3 Mesosfera.**

La extensión de esta región varía entre 50 y 80 km. Constituye un espacio intermedio en la atmósfera, caracterizado por las temperaturas más bajas que alcanzan hasta  $-80^{\circ}\text{C}$ . Esta

capa, conocida como la ionósfera o termósfera, abarca altitudes desde los 80 km hasta los 800 km. Aquí, la densidad del aire es baja, permitiendo variaciones térmicas marcadas influenciadas por la intensidad solar. Durante el día, se registran temperaturas de hasta 1500°C, mientras que en la noche descienden a -80°C.

#### **7.2.4 Exosfera.**

Esta región corresponde a la periferia de la atmósfera terrestre y se extiende desde más allá de los 800 km hasta los 10.000 km de altitud. En esta zona, se produce el escape de elementos atmosféricos más livianos, como el helio y el hidrógeno.

### **7.3 Aire**

El aire puro consiste en una mezcla gaseosa compuesta en un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno, y un 1% de varios compuestos, entre ellos argón, dióxido de carbono y ozono.

No obstante, a pesar de que el aire limpio es fundamental para la salud y el bienestar humano, la realidad es que el 93% de los niños se encuentran expuestos a niveles de aire clasificados como perjudiciales para su salud. Asimismo, 9 de cada 10 personas conviven en entornos con altos niveles de contaminación atmosférica, y cada año, cerca de 7 millones de individuos padecen enfermedades pulmonares derivadas de esta causa (Gatica, 2020).

### **7.4 Contaminación del aire**

El aire es un recurso natural imprescindible para nuestra vida, por ello no se escapa a esta contradicción de la contaminación por ello la sociedad duda de su efecto sobre las consecuencias a futuro sobre el bienestar de su salud. Por un lado, soporta las continuas actividades contaminantes de las personas, por otro lado, la sociedad está preocupada por los efectos negativos de su deterioro. Esto significa que una persona se enfrenta a la paradoja de ser víctima y verdugo al mismo tiempo. Y su complejo desafío es asegurar el uso y consumo del capital natural en estricto apego a las leyes y mecanismos básicos de funcionamiento de los sistemas biofísicos. (Boldo, 2016). En cuanto al origen del contaminante, se distinguen dos tipos:



#### **7.4.1 Contaminantes primarios.**

Proviene directamente de fuentes de emisión como el plomo, monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y material particulado.

#### **7.4.2 Contaminantes secundarios.**

Originados en el aire por la interacción entre dos o más contaminantes primarios o por sus reacciones con otros componentes de la atmósfera; como en los casos del ozono, del peroxiacetil-nitrato, de los sulfatos, de nitratos, así como del ácido sulfúrico.

### **7.5 Contaminación del aire por la cremación de leña**

Según Adan (2022), manifiesta que la contaminación derivada de la combustión de leña está estrechamente vinculada a la pobreza energética, que resulta de la dificultad para acceder a servicios energéticos de calidad y a una insuficiente aislación térmica en las viviendas. Además de ser apreciada por su costo asequible, la leña también es valorada por la versatilidad de los dispositivos relacionados, el tipo de calor que proporciona y su accesibilidad a través de diversos medios.

### **7.6 Contaminantes principales por la cremación de leña**

Existen una variedad de contaminantes atmosféricos perjudiciales para la salud, y uno de los que ha recibido una atención destacada es el material particulado (MP), de esto se clasifican en dos partes, de modo que ya sea grueso (MP10) o fino (MP2.5).

Debido a su pequeño tamaño, este contaminante ingresa fácilmente a las vías respiratorias, lo que permite que las toxinas viajen, por todo el cuerpo a través de la sangre y causan efectos graves a la salud (Janai, 2019). Algunos de estos compuestos son:

**Tabla 3**  
*Contaminantes principales*

<b>Artefacto</b>	<b>Contaminante</b>
<b>Cocina a leña</b>	PM10
	PM2.5
	Monóxido de Carbono "CO"
	Compuestos orgánicos volátiles "COV"
	Oxígeno de nitrógeno "NOx"
	Dioxinas

*Nota.* Tabla de los tipos de contaminantes de cocina a leña.

*Fuente:* (Janai, 2019)

## 7.7 Contaminantes

### 7.7.1 Material particulado

Los autores (Suarez & Perez, 2006), manifiestan que el término "PM" hace referencia a partículas minúsculas, que pueden definirse como diminutos sólidos o líquidos en forma de polvo. Las partículas primarias son liberadas directamente al aire, mientras que las secundarias se forman en la atmósfera mediante la transformación de emisiones gaseosas, como los óxidos de azufre y nitrógeno, y compuestos orgánicos volátiles. Desde una perspectiva normativa y legal, estas partículas suelen ser identificadas como PM 2,5 o PM 10, lo que significa que su diámetro aerodinámico es menor a 2,5  $\mu\text{m}$  y 10  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

### 7.7.2 Clasificación de las partículas en base a su diámetro

**Material particulado fino:** Son las partículas con un diámetro inferior a 1 nm o inferior a 2,5  $\mu\text{m}$  respectivamente. A las partículas finas se las denomina PM 2.5.

**Material particulado grueso:** Se refiere al conjunto de partículas de tamaño inferior a las 10  $\mu\text{m}$ . Y son denominadas PM10.

**Partículas totales suspendidas:** Se refieren a prácticamente todas las partículas con un diámetro de hasta aproximadamente 50 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).

### 7.7.3 Clasificación de las partículas según el proceso de formación

**Partículas primarias:** Estas son sustancias que se liberan directamente a la atmósfera, son de diversa naturaleza química y provienen de muchas fuentes de emisión diferentes.

**Partículas secundarias:** Por el contrario, son el resultado del cambio químico de contaminantes primarios tras su emisión por interrelación con otras sustancias gaseosas, con el agua de la atmósfera o con la radiación solar.

### 7.7.4 Tipos de material particulado.

#### 7.7.4.1 PM10

Según Rufio (2019), dice que las partículas PM10, se componen principalmente de compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, entre otros metales pesados y entre los materiales orgánicos ligados a partículas de carbono (hollín), y se caracterizan por tener un pH alcalino debido a la quema descontrolada de materiales.

La partícula PM10, se puede definir de varias maneras, las cuales son las siguientes: polvo de sólido o líquido, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o partículas de polen con un diámetro de 2,5 a 10  $\mu\text{m}$ , estas están dispersas en la atmósfera.

#### 7.7.4.2 PM 2.5

En su mayoría, está compuesto por partículas ácidas con un diámetro inferior a 2.5 micrómetros, estas son excepcionalmente finas, siendo hasta 100 veces más delgadas que un cabello humano. Compuesto por partículas sólidas y líquidas, surge principalmente de la combustión de combustibles fósiles, incluyendo la quema agrícola y la producción manufacturera. (Alvarez & Boso, 2017).

#### 7.7.4.3 Monóxido de Carbón

Según Rivas (2022), manifiesta que el monóxido de carbono es un gas venenoso que se caracteriza por tener una densidad menor que el aire, por lo tanto, tiene la propiedad de descomponerse más fácilmente y permanecer indetectable, lo que representa un peligro directo, se genera por la combustión incompleta de materiales que contienen diversas sustancias, sus componentes como la gasolina, petróleo, carbón, gas, madera, tabaco, etc. Se obtiene de fuentes externas como resultado de la combustión incompleta de materiales como carbón, petróleo,

queroseno, gas de tubería, madera, materia orgánica y carbón en incendios. Esta formación de monóxido de carbono (CO) se produce principalmente en ambientes poco ventilados

La intoxicación por monóxido de carbono se posiciona como una de las causas más frecuentes de muertes por envenenamiento, después de sobredosis de drogas y medicamentos. A pesar de que este gas tóxico es común en entornos industriales, no puede subestimarse su potencial para causar intoxicación en el ámbito doméstico, un riesgo que no debe pasarse por alto, aunque se han logrado avances en su prevención.

#### **7.7.4.4 Compuestos orgánicos volátiles**

La presencia de compuestos orgánicos volátiles se ve significativamente afectada por operaciones en las que se utilizan disolventes orgánicos. Algunas de las actividades que pueden implicar emisiones de COV incluyen:

- Industria de la madera
- Industria cosmética
- Industria farmacéutica

(Alonso & Muños, 2009), afirma que los compuestos orgánicos volátiles (COV) hacen referencia a aquellos compuestos cuya presión de vapor es inferior a 0,01 kPa a 20 °C, estos se derivan de los hidrocarburos, que son contaminantes primarios del aire y son liberados directamente a la atmósfera. Algunos COV son altamente tóxicos, como el benceno, el óxido de estireno, el percloroetileno o el tricloroetileno, que son cancerígenos.

Es decir que estos compuestos son aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso en una temperatura ambiente normal. Se considera COV aquel compuesto que a 20°C tenga una presión de vapor de 0,01 kPa, este tipo de compuesto suele presentar un número de carbonos inferiores a 12.

Los COV afectan tanto de manera directa e indirecta al medio ambiente y a la salud del ser humano.

#### **7.7.4.5 Oxígeno de nitrógeno**

El autor Cordero (2009), manifiesta que en la atmósfera coexisten siete especies distintas de óxidos de nitrógeno, cuya relevancia como contaminantes varía significativamente de una a otra. La lista completa de estos compuestos es la siguiente: óxido nítrico (NO), dióxido

de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), dióxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), trióxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), tetróxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) y pentóxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Entre los óxidos de nitrógeno más prevalentes, se destacan el NO<sub>x</sub> y el NO<sub>2</sub>, los cuales constituyen un serio desafío ambiental en las urbes de gran tamaño. Su presencia en la atmósfera ha experimentado un aumento notable, generando preocupación debido a su naturaleza contaminante y su contribución en la formación de smog fotoquímico. Este aspecto ha reforzado la importancia de cumplir estrictamente los estándares de calidad del aire en los años recientes.

#### **7.7.4.6 Dioxinas**

Conforme manifiesta la OMS (2016), las dioxinas son un grupo de sustancias químicas peligrosas que pertenecen a la categoría de "sustancias orgánicas persistentes" (COP). Tienen su origen en procesos térmicos con materia orgánica y compuestos clorados en presencia de oxígeno, combustión incompleta o reacciones químicas, y residuos como lodos de depuradora o vertederos. Estos son compuestos tóxicos que los humanos consumen como subproductos no deseados, desechos generales y, por lo general, en pequeñas cantidades

Es un compuesto con una alta toxicidad, de manera que al ingresar al cuerpo humano puede mantenerse durante mucho tiempo debido a su estabilidad e inmovilización en el tejido adiposo donde se almacena la sustancia. Las dioxinas son liberadas en el aire desde fuentes fijas (industrias) o desde fuentes difusas o dispersas.

### **7.8 Fuentes de contaminación**

Las fuentes de contaminación pueden categorizarse en fuentes naturales y antropogénicas. Las primeras han estado presentes desde siempre, mientras que las segundas, como su denominación sugiere, surgen debido a las acciones humanas, así lo menciona (Ruiz & Patricio, 2019).

#### **7.8.1 Fuentes naturales o biológicas**

Surgen como consecuencia de fenómenos de la vida animal y vegetal, como las emisiones provenientes de volcanes, océanos y la erosión del suelo. Entre ellos:

- **Erupciones volcánicas:** Aportan compuestos de azufre y una gran cantidad de partículas a la atmósfera y se propagan bajo la influencia del viento, convirtiéndose en una de las principales causas de contaminación.

- **Incendios forestales:** Materiales naturales que se producen y liberan altas concentraciones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), humo, polvo y cenizas.
- **Descargas eléctricas:** Producidas durante las tormentas, ya que el  $\text{NO}_x$  se forma por la oxidación del nitrógeno en la atmósfera.

### 7.8.2 Fuentes artificiales o antropogénicas

El autor (Boldo, 2016), menciona que las fuentes artificiales es el resultado de actividades humanas y proviene en gran parte del uso de combustibles fósiles. Entre las principales actividades que provocan la contaminación del aire, podemos destacar las siguientes:

- **En el hogar:** Se usa calefacción y otros electrodomésticos que utilizan combustibles fósiles como fuente de generación de calor.
- **En el transporte:** Las emisiones de la combustión en los vehículos producen una gran cantidad de contaminantes atmosféricos, de los cuales los automóviles y los aviones son los principales participantes.
- **En la industria:** La contaminación atmosférica en este sector depende del tipo de actividad que se esté realizando, en concreto las centrales térmicas, cementeras, siderúrgicas, papeleras y químicas que se sitúan como los factores más contaminantes.
- **En la agricultura y ganadería:** El uso intensificado de fertilizantes y una alta concentración de ganado aumenta los gases de efecto invernadero como el metano ( $\text{CH}_4$ ).

#### **Figura 1**

*Fuentes de contaminación de material particulado.*



*Fuente: Elaborado por Alex Cunuay 2023*

## **7.9 Transporte y dispersión de partículas**

El autor (Venegas, 2017), menciona que el transporte y dispersión de partículas, se da por varios factores meteorológicos, los cuales son los siguientes:

### **7.9.1 Viento:**

La dispersión de la contaminación en la atmósfera se ve significativamente influenciada por las fluctuaciones en la dirección del viento. Si esta dirección permanece constante, una determinada zona estará continuamente expuesta a niveles relativamente altos de contaminación. Sin embargo, cuando cambia la dirección del viento, los contaminantes se esparcen sobre un área más extensa y las concentraciones tienden a disminuir.

### **7.9.2 Precipitación:**

Un efecto positivo de esto es que limpia las partículas contaminantes del aire, contribuyendo a reducir las partículas generadas por actividades como la construcción y ciertos procesos industriales.

### **7.9.3 Topografía:**

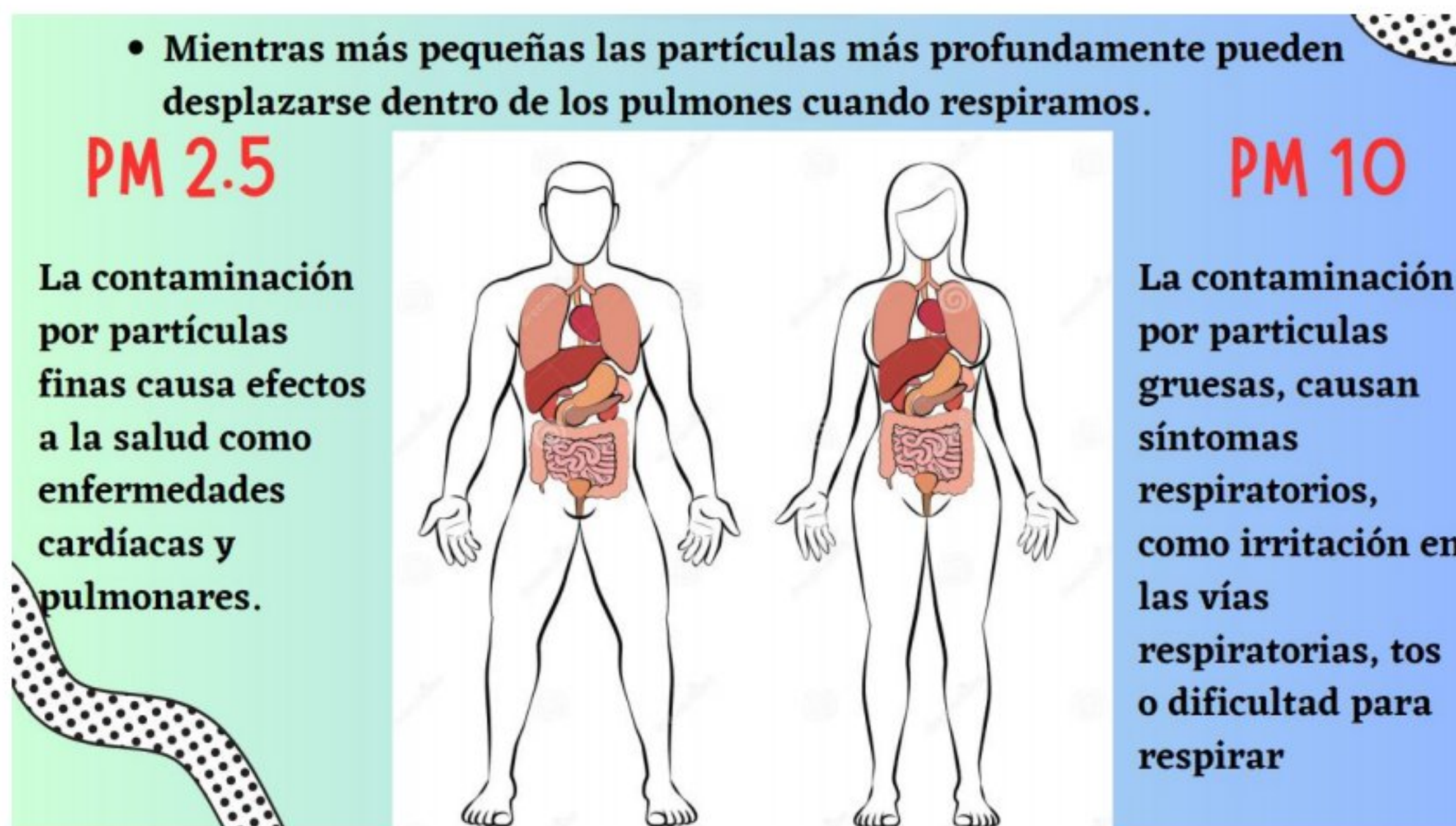
Las ciudades ubicadas en áreas con terrenos complejos como valles o cadenas montañosas a menudo contienen altas concentraciones de contaminantes del aire

## **7.10 Efectos negativos a la salud**

La exposición continua o repetida a las PM10 puede tener efectos perjudiciales en el sistema respiratorio de una persona. Sin embargo, estas partículas son menos dañinas que las PM2,5 debido a su mayor tamaño, que les impide atravesar los alvéolos pulmonares y en lugar de eso quedan atrapadas en la mucosa que recubre las vías respiratorias superiores. Según la (OMS, 2019), no se debe exceder una concentración de 50 microgramos por metro cúbico durante 24 horas para proteger la salud.

La mayoría de estas partículas se depositan en la tierra, formando una capa de polvo en la superficie que puede tener graves efectos en la salud tanto de los organismos terrestres como de los acuáticos.

**Figura 2**  
Efectos a la salud, sobre el PM.



*Fuente: Elaborado por Alex Cunuay (2023).*

### 7.11 Efectos negativos a la vegetación

Las partículas afectan la vegetación circundante, provocando cambios en la fotosíntesis, la química del suelo y cambios en la vegetación y la reproducción. La vegetación expuesta a los contaminantes atmosféricos provoca daños, como la caída de las flores, y la mayoría de ellas pierden su color, las partículas que descansan sobre las hojas penetran en ellas, exponiendo a estas plantas a cambios físicos o químicos que pueden ocurrir en diversos órganos. planta, como disminución del tono y crecimiento de la planta en general, enrollamiento de hojas, manchas, clorosis, necrosis; el efecto es mayor en instalaciones ubicadas en zonas más contaminadas (Vanegas & Monroy, 2019).

### 7.12 Carbón vegetal

**Nombre científico:** Carbo lignis, Carbo vegetalis.

**Nombre vulgar:** Carbón Vegetal

El autor (Fiestas, 2021), menciona que el carbón vegetal es un producto sólido y poroso que se produce por calentamiento a temperaturas de 500 a 600 °C de materiales carbonosos como madera, turba, celulosa y carbones bituminosos o de menor nivel, contiene



aproximadamente entre 85 y 98 % de carbón. Es producto de la combustión anaeróbica. La reacción de carbonización de la madera es llamada pirólisis y tiene los siguientes productos

### 7.13 Carboneras de la comuna Pupana Norte

La información presentada a continuación es redactada por experiencia propia:

Una de las actividades que conservan algunos habitantes de la comuna Pupana Norte, desde hace 4 años es la elaboración del carbón vegetal. Hoy en día existen cuatro carboneras en el sector y en cada una de ellas se usa el horno de tierra o parvas, este es el método más antiguo de producción, y probablemente el más extendido en todo el mundo.

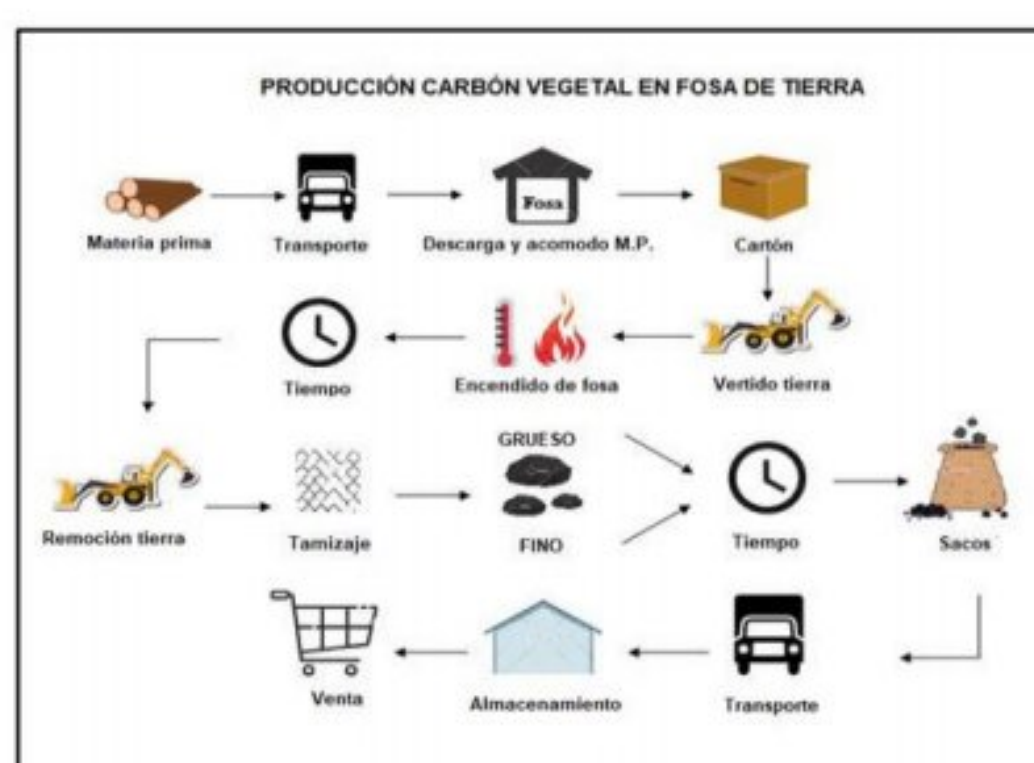
#### 7.13.1 Método de parvas o tierra.

El autor (Guillen, 2008), menciona que el método de las parvas o montículos de tierra representa una alternativa en la que se excava una fosa para luego apilar la madera sobre el suelo, cubriendo esta montaña de leña con tierra. Este enfoque tiene raíces ancestrales y se emplea extensamente en diversos países. Es relevante destacar que el lugar donde se erige el montón puede ser reutilizado en varias ocasiones. Incluso, la leña carbonizada acumulada en la pila puede ser recolectada de manera gradual durante meses, siendo apilada para secarse adecuadamente antes de cubrirla y llevar a cabo la combustión.

En el proceso de producción de carbón vegetal, es esencial seguir los pasos siguientes:

#### **Figura 3**

*Producción de carbón vegetal en fosa de tierra*



**Fuente:** (Guillen, 2008)

**Nota:** Proceso de carbón vegetal

### 7.14 E - BAM

El Exactus BAM es un medidor beta en tiempo real construido para satisfacer a los usuarios un regulador de calidad del aire, proporcionando una medición verdaderamente precisa en tiempo real de partículas finas de forma automática. Es una instalación permanente con la capacidad de ser portátil, para utilizarla cuando sea necesario, cabe recalcar que ha sido diseñado para realizar un monitoreo ambiental de forma simple y efectiva.

**Figura 4**  
*Máquina E-BAM*



**Fuente:** (E-BAM, 2018)

**Nota:** Máquina E-Bam fabricada, para analizar la calidad del aire

La pantalla de muestreo del E-BAM es de 13 líneas de longitud, pero solamente cuatro líneas son visibles debido al tamaño del display. Presionando la tecla flecha inferior debería mover la ventana a otras líneas para ser visualizadas. Las líneas consisten de la siguiente información:

## 8. MARCO LEGAL

Independientemente del método de muestreo, las concentraciones de contaminantes del aire están reguladas por normas nacionales e internacionales, estos estándares de calidad del aire se establecen como un medio para mitigar los riesgos para el medio ambiente y la salud pública.

## **8.1 Constitución de la República del Ecuador**

**Publicada en el Registro Oficial N°. 449 del 20 de octubre del 2008.**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho fundamental de la población a habitar en un entorno saludable y en equilibrio ecológico, que asegure la sostenibilidad y el bienestar en armonía con la filosofía del "sumak kawsay". Se establece como asunto de interés público la protección del medio ambiente, la preservación de los ecosistemas, la diversidad biológica y la integridad del patrimonio genético nacional. Igualmente, se enfoca en prevenir daños al entorno y en restaurar las áreas naturales que hayan sufrido degradación (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

## **8.2 Código Orgánico del Ambiente (COA)**

### **Capítulo V: Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos**

**Art. 190.** Las operaciones que presenten peligros o consecuencias ambientales en el territorio nacional deben asegurar la calidad del entorno, priorizando la conservación de los ecosistemas. Tales actividades deben comprometerse con la preservación y protección integral de los ecosistemas, abarcando tanto sus componentes bióticos como abióticos. Esto asegura que los efectos negativos no perturben las dinámicas de las poblaciones ni obstaculicen la regeneración de sus ciclos vitales, estructuras, funciones y procesos evolutivos, ni tampoco impidan la posibilidad de su recuperación. (COA, 2017).

**Art. 193.** Se establecen evaluaciones suplementarias de la calidad del aire. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo - Descentralizado correspondiente, según sea el caso, requerirán evaluaciones adicionales a las establecidas por la normativa a los operadores o dueños de fuentes que emitan o puedan emitir olores desagradables o contaminantes atmosféricos peligrosos. La norma técnica definirá los métodos, procedimientos o técnicas para mitigar o eliminar las emisiones de olores y contaminantes atmosféricos peligrosos en la fuente de origen (COA, 2017).

### **8.3 Reglamento al Código Orgánico del Ambiente**

Art. 486.- Establece que el muestreo es aquella actividad de toma de muestras con fines de evaluación y análisis de la calidad ambiental en proyectos, obras o actividades. Los Muestreos serán gestionados por los operadores para cumplir el plan de monitoreo del plan de manejo ambiental y para determinar la calidad ambiental de una descarga, emisión, vertido o recurso. Los Muestreos deben realizarse considerando normas técnicas vigentes y supletoriamente utilizando normas o estándares aceptados internacionalmente (COA, 2017).

### **8.4 Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI Anexo 4.**

El principal objetivo de esta norma es proteger la salud humana, la calidad aire ambiente, bienestar de los ecosistemas y del medio ambiente en general Para efectuar este objetivo, esta norma dispone los límites máximos permisibles para contaminantes del aire ambiente a nivel del suelo. La norma también proporciona métodos y procedimientos para determinar la concentración de contaminantes en el aire ambiente (Norma de la calidad del aire, 2011).

#### **8.4.1 Material particulado menor a 10 micras (PM10)**

El valor promedio aritmético de la concentración de PM10 en todas las muestras durante un año no debe superar cincuenta microgramos por metro cúbico ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Asimismo, el promedio aritmético de la monitorización continua durante 24 horas no debe exceder cien microgramos por metro cúbico ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Se considera que se ha excedido la norma de calidad del aire para el material particulado PM10 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas en cualquier estación de monitoreo durante un año sea igual o superior a cien microgramos por metro cúbico ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Norma de Calidad del Aire, 2011).

#### **8.4.2 Material particulado menor a 2.5 micras (PM 2.5).**

El valor promedio aritmético de la concentración de PM2.5 en todas las muestras durante un año no debe sobrepasar los quince microgramos por metro cúbico ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Igualmente, el promedio aritmético del monitoreo continuo durante 24 horas no debe exceder

cincuenta microgramos por metro cúbico ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Se considera que se ha excedido la norma de calidad del aire para el material particulado PM2.5 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un año en cualquier estación de monitoreo sea igual o superior a cincuenta microgramos por metro cúbico ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Norma de Calidad del Aire, 2011).

**Tabla 4**

*Concentraciones de contaminantes en la calidad del aire*

<b>Contaminantes</b>	<b>Tiempo de exposición</b>	<b>Máxima concentración permitida (<math>\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
<b>PM10</b>	1 año	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>PM2.5</b>	1 año	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

*Nota.* Niveles de concentración de material particulado anualmente y cada 24 horas.

*Fuente:* (Norma de la calidad del aire, 2011).

#### **8.4.3 Nivel de Alerta**

- Informar al público, a través de los medios de comunicación, de la preparación del nivel de alerta
- Restringir el tránsito de vehículos y la operación de fuentes de combustión estacionarias en el área en que se está controlando los niveles de alerta para uno o más de los contaminantes especificados. Las acciones posteriores pueden incluir restringir las actividades de mantenimiento de fuentes de combustión estacionarias como soplado de hollín, o indicar ciertas fuentes estacionarias que no reinicien la combustión que se encuentre inactiva (Norma de calidad de aire, 2015).

#### **8.4.4 Nivel de Alarma**

- Hacer saber al público del establecimiento del Nivel de Alarma.
- Reducir o incluso impedir el tránsito vehicular, así como operaciones de fuentes de ignición fijas en el área que se está verificando niveles alarmantes (Norma de calidad de aire, 2015).

#### 8.4.5 Nivel de Emergencia

- Informar al público del nivel de emergencia.
- Restringir la circulación y estacionamiento de vehículos, así como la operación de fuentes de combustión estacionarias en la zona designada para situaciones de emergencia. Es conveniente evaluar la viabilidad de extender esta restricción a todas las fuentes de combustión, incluyendo los vehículos motorizados presentes en la zona bajo la supervisión de la autoridad ambiental acreditada ante el sistema único de gestión ambiental (Norma de Calidad del Aire, 2015).

### 9. PREGUNTA CIENTÍFICA.

**¿El monitoreo ambiental de la contaminación atmosférica, por PM10 y PM2.5, presente en la comuna Pupana Norte, contribuirá a la elaboración de una propuesta de mitigación?**

La medición de material particulado realizado en las tres carbonerías presentes en la comunidad Pupana Norte, permitió evaluar el grado de contaminación atmosférica causado por la incineración de madera seca, por lo que se obtuvo que el P1 y P2, exceden los límites permisibles establecidos dentro de la Normativa Vigente del Acuerdo Ministerial 0-97 A, donde establece que el LMP para PM10 es de 100ug/m<sup>3</sup> y para PM2.5 es de 50ug/m<sup>3</sup>, en un tiempo de 24 horas.

Además, existe una preocupación debido a que este humo afecta directamente a la población y la vegetación cercana a las carbonerías. Estas se encuentran en proximidad de viviendas, donde es evidente que el humo se emana de manera excesiva, exponiendo a las personas a riesgos de enfermedades cardíacas, respiratorias y cáncer de pulmón. Como resultado, se han explorado alternativas para no perjudicar a los propietarios de las carbonerías, presentando una propuesta de mitigación. Esta propuesta comprende una serie de acciones preventivas, de control, atenuación, restauración y compensación para contrarrestar los impactos ambientales negativos en el entorno (Norma de Calidad del Aire, 2015).

## 10. METODOLOGÍA.

### 10.1 Modalidad básica para la investigación

#### 10.1.1 Área de estudio

El cantón Saquisilí se encuentra en la provincia de Cotopaxi, en la región central de la sierra de Ecuador. Este cantón se extiende a altitudes que oscilan entre 2900 y 4200 metros sobre el nivel del mar (msnm). En este contexto, la comunidad Pupana Norte se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: latitud  $-0,82871^{\circ}$  o  $0^{\circ} 49' 43''$  sur, y longitud  $-78,65351^{\circ}$  o  $78^{\circ} 39' 13''$  oeste. La temperatura promedio en esta localidad es de aproximadamente  $12^{\circ}\text{C}$  (Saquisilí, 2020).

#### **Figura 5**

*Área de estudio, cantón Saquisilí, comunidad Pupana Norte*



*Fuente: Elaborado por Alex Cunuay 2023.*

*Nota. Mediante el software QGIS se elaboró el mapa de ubicación*

El Cantón Saquisilí está conformada por la cabecera cantonal del mismo nombre y 3 parroquias rurales: Canchagua, Chantilín y Cochapamba, las mismas que se encuentran dentro de los linderos que a continuación se describen:

- Por el Norte, Sur y Este Limitada con el cantón Latacunga
- Por el Oeste Limitada con los cantones Sigchos y Pujilí

#### 10.1.2 Enfoque de la investigación

El análisis de esta investigación se fundamenta en los datos recolectados a través del uso de la máquina E-BAM, una pantalla portátil y reguladora de la calidad del aire. Esta

tecnología proporciona mediciones en tiempo real de partículas finas de manera automática, lo que garantiza una precisión verdaderamente exacta en las mediciones. De esta manera, la investigación se sustenta en la cuantificación, recopilación y análisis de datos, guiados por un enfoque deductivo en consonancia con las filosofías empiristas y positivistas. Este enfoque resalta la importancia de la comprobación empírica de teorías y conceptos para respaldar la rigurosidad científica del estudio.

## **10.2 Diagnosticar la situación actual de las carbonerías de la comunidad Pupana Norte.**

### **10.2.1 Método bibliográfico - documental**

La investigación bibliográfica y documental contribuyó con información clara y verídica, dicha revisión debe de contar con materiales de información como: libros, revistas de divulgación o científicas, sitios web y demás información necesaria para iniciar la búsqueda. Por medio de la investigación bibliográfica pertinente, eficaz y exhaustiva, se permitió recolectar información de artículos, tesis, libros, manual de Operación E-BAM, PDYOT del GAD MIC del Cantón de Saquisilí, Guías de Calidad de la OMS, Código Orgánico del Ambiente (COA), Instituto Nacional De Estadísticas y Censos, Leyes y Normativas del Aire Vigentes.

Para la presente investigación se recopiló información bibliográfica de artículos científicos, proyectos de investigación y libros relacionados principalmente a la contaminación atmosférica y material particulado, también para conocer el diagnóstico de la comunidad Pupana Norte, de modo que se obtuvo información sobre su clima, temperatura, medio biótico y su demografía con respecto al área de estudio, por tal motivo se pudo conocer datos, antecedentes y problemas que trae consigo la elaboración de carbón vegetal en la comunidad Pupana Norte.

### **10.2.2 Medio Físico**

#### **10.2.2.1 Clima**

El cantón Saquisilí tiene tres climas: Ecuatorial de Alta Montaña, que ocupa gran parte del territorio con un 85.11 %, se ubica en las parroquias de Cochabamba y Saquisilí; Ecuatorial Mesotérmico semihumedo, ubicado en la parte Este del cantón con el 14.77%, que están ubicados en las parroquias de Pupana Norte, Canchagua y Chantilin, de modo que el ultimo



clima “Ecuatorial Mesotérmico”, es seco con el 0.12% que no tiene mayor impacto en la zona por la pequeña superficie que cubre (Saquisilí, 2020).

#### **10.2.2.2 Temperatura**

En el cantón Saquisilí, la temperatura tiene una variación de 6 y 14°C, temperaturas de 6 a 8°C, se registran en la parte oeste del cantón, en gran parte de la parroquia Cochabamba, el alcance de cambio está entre 8°C y 10 °C, cubre la parte central del cantón, incluidas las comunidades, entre ellas Pupana Norte, las temperaturas entre 10°C y 12°C, se registran en la parte este del cantón, englobando gran parte las parroquias Canchagua, Saquisilí y Chantilin, se registraron temperaturas entre 12-14°C, de manera que se registran en la parte sur de la Parroquia Chantilin, colocándola como la menos influyente (Saquisilí, 2020).

#### **10.2.2.3 Medio biótico**

A nivel regional, según la clasificación de las formaciones vegetales de Sierra, el cantón Saquisilí, se ubica dentro del denominado surco Interandino Centro de la región Sierra, la región del Ecuador considerada como la región más deforestada del país. En general, las áreas de estudio incluyen las áreas que han sido completamente intervenidas, aunque algunos barrios y comunidades son considerados como áreas rurales, toda el área corresponde a los entornos que se han visto modificados por el hombre por la urbanística, agricultura, ganadería y vivienda (Saquisilí, 2020).

#### **10.2.2.4 Flora**

El área de estudio se ubica en una zona con fuerte intervención humana, donde el proceso de urbanización ha cambiado la imagen campestre y tranquila que los barrios periféricos solían mostrar tiempo atrás, en áreas de concentración urbana o donde no hay plantas nativas, con algunas excepciones debido a la introducción de granos herbáceos y legumbres como: maíz, frejol, guisantes, chocho y papa, lo que ayuda a la economía familiar, así como su uso para el autoconsumo en cada uno de los hogares. Pocas de las plantaciones existentes, especialmente la que se encuentra aledaña a nuestro segundo punto de muestreo, son llevadas a cabo con especies introducidas o exóticas como el eucalipto y el pino (Saquisilí, 2020).

### 10.2.3 Diagnostico Sociocultural

#### 10.2.3.1 Demografía

En el cantón Saquisilí, el 65% de la población es indígena, mientras que el 35% restante es mestiza. Según los datos del censo de población y vivienda de 2010, la provincia de Cotopaxi cuenta con 409,205 habitantes, y dentro de esta cifra, 25,320 personas, que representan el 6.19%, pertenecen al cantón Saquisilí. Conforme al Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, la pobreza, medida por las necesidades básicas insatisfechas, afecta al 84.16% de la población total del cantón. De la población total, 8,279 habitantes son considerados económicamente activos. Los detalles de la población tanto a nivel cantonal como de la comunidad pueden observarse en la Tabla 5.

**Tabla 5**  
*Población provincial y cantonal*

<b>SEXO</b>	<b>POBACIÓN PROVINCIAL</b>	<b>POBLACIÓN CANTONAL</b>	<b>POBLACIÓN DE LA COMUNIDAD PUPANA NORTE</b>
<b>Hombre</b>	198.625	11.957	321
<b>Mujer</b>	210.580	13.363	269
<b>Total</b>	409.205	25.320	590

*Fuente: (INEC, 2010)*

#### 10.2.4 Ubicación de los puntos de monitoreo

La visita in situ se efectuó con el fin de obtener información verídica, la cual pretende conocer directamente el problema en estudio y así poder recopilar la información necesaria para poder a identificar los procesos necesarios que se utilizan para la producción de carbón (Samano, 2018). Cabe recalcar que se realizó un recorrido por la comunidad, donde se determinó tres puntos específicos para su monitoreo, seguidamente se procedió a la toma de coordenadas con el GPS, donde la gran emisión de gases de efecto invernadero se puede observar de manera directa, cabe recalcar que es necesario mantener buenas relaciones con las personas, ya que para la realización de este proyecto se habló con el Sr. Juan Pallasco que es propietario de las 3 carboneras que se encuentran ubicadas en la comunidad, ya que en sus distintas propiedades serán colocados el equipo de monitoreo (*Anexo 1*).

### **10.3 Procesos para el monitoreo de las concentraciones de material particulado en la elaboración de carbón vegetal**

#### **10.3.1 Equipo de medición.**

El equipo de medición utilizado es el monitor de masa de atenuación beta ambiental portátil E-BAM, por el cual se puede obtener resultados precisos en tiempo real sin factores de corrección, por lo ha sido construido para proporcionar una medición verdaderamente precisa, en tiempo real de partículas finas, para satisfacer las necesidades humanas para el control ambiental.

#### **10.3.2 Selección de la ubicación del E-BAM**

En la selección de los puntos de monitoreo, se tuvo en cuenta los sitios con mayor flujo de humo, también se tomó en cuenta la velocidad y dirección del viento. Según el (EPA), el monitor E-BAM debe estar cerca de las zonas de respiración de las personas, sin embargo, por consideraciones prácticas tales como la prevención de seguridad, y la falta de la disponibilidad de electricidad, el E-BAM fue ubicado entre 10-15 metros de las parcelas de la carbonería (Regional, 2001).

##### **10.3.2.1 Instalación y Armado del Equipo E-BAM**

Existen 7 pasos básicos para armar el Equipo E-BAM.

1. Armado del trípode
2. Colocar el E-BAM en la ceja del trípode con cuidado
3. Remover el tapón de plástico color negro desde el tubo de entrada y colocar el tubo adaptador corto de aluminio.
4. Colocar el cabezal de PM2.5, sobre el tubo adaptador corto y encima el cabezal PM10.
5. Asegurar el brazo de soporte cruzado en el tubo superior del trípode.
6. Fijar el sensor de temperatura a uno de los brazos del tubo de soporte.
7. Encender el E-BAM y configurar el proceso de muestreo.

Una vez armado e instalado el E-BAM a una altura de 3 metros fue sujetado con cuerdas, para prevenir una caída accidental debido a vientos fuertes, de modo que fue ubicado en un lugar plano para tener un mejor resultado.

### 10.3.3 Medición

La principal ventaja del equipo E-BAM en comparación con los sistemas manuales tradicionales de muestreo radica en su método de medición automatizado. En lugar de depender de un análisis manual en un laboratorio (como la gravimetría), el E-BAM utiliza una técnica precisa de medición conocida como Atenuación Beta. En su funcionamiento normal, la máquina avanza la cinta de filtro hacia una región limpia.

Una vez que el extremo del tubo (conocido como "nozzle", como se muestra en la Figura 4) se coloca sobre el filtro del E-BAM, se procede a medir la masa y densidad del área del filtro durante un período de conteo de 5 minutos. Este conteo de 5 minutos tiene la finalidad de registrar la cantidad de partículas beta emitidas por la fuente de  $^{14}\text{C}$  que atraviesan el filtro y son detectadas y cuantificadas por el Tubo Fotomultiplicador (TFM - PMT).

**Figura 6**  
*Nozzle*



**Fuente:** (E-BAM, 2018)

### 10.3.4 Tabulación, estudio estadístico y descriptivo.

Con el fin de dar cumplimiento al segundo objetivo, se realizó un análisis descriptivo de los datos obtenidos en el monitoreo de material particulado, las cuales ayudan a comprender la estructura de los datos para identificar tanto el patrón general de comportamiento como las desviaciones del mismo, esto se logra mediante la interpretación y el análisis de los datos obtenidos en el monitoreo cada 5 min, en tres puntos específicos (Díaz & Cruz, 2020).

#### 10.3.4.1 Promedio

Los datos obtenidos en el monitoreo de material particulado (PM10 y PM2.5), seguidamente se los pudo comparar con la Normativa Ambiental Vigente (TULSMA), se realizó un diseño experimental, en el cual se obtuvo el promedio de los datos obtenidos por las

24 horas en cada punto de muestreo, la ecuación 1 se indica el cálculo del promedio de los datos obtenidos

**Dónde:**

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n}{N}$$

**n:** número de datos

**X:** Promedio de la muestra.

En base a estos datos obtenidos se realizó gráficas estadísticas, las mismas que se compararon con el fin de identificar si estos datos obtenidos sobrepasan los niveles de concentración de la calidad aire en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Concentraciones de contaminantes en la calidad del aire*

<b>Contaminantes</b>	<b>Tiempo de exposición</b>	<b>Máxima concentración permitida (g/m3)</b>
<b>PM10</b>	1 año	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>PM2.5</b>	1 año	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

*Nota.* Niveles de concentración de material particulado anualmente y cada 24 horas.  
*Fuente:* (Norma de la calidad del aire, 2011).

#### **10.4 Elaboración de una propuesta para minimizar el impacto ambiental causado a los habitantes cercanos a la producción de carbón vegetal.**

##### **10.4.1 Diagnostico**

Con los datos obtenidos anteriormente se realizó un análisis detallado de la situación actual de la comunidad Pupana Norte. Identificando los principales problemas, así como las posibles soluciones que puede generar oportunidades de mejora a partir de los procesos que se realiza el carbón vegetal.

Seguidamente después analizar los resultados obtenidos del monitoreo continuo de la calidad del aire, se asevera la necesidad de formular una propuesta de mitigación que servirá

para mejorar la perspectiva ambiental de los propietarios de las carboneras de la comunidad Pupana Norte, con la finalidad de generar opciones que disminuyan la propagación excesiva de gases de efecto invernadero.

#### **10.4.2 Método analítico.**

El método analítico nos permitió analizar los datos monitoreados, para la comparación con la normativa vigente, de tal manera se aplicó la experiencia directa, mediante mecanismos comprobables como la observación de fenómenos y causas de los efectos a la naturaleza, ya que el problema parte de una pregunta científica la misma que fue contestada mediante un análisis de datos de cada punto muestreado, por lo que se pudo comprobar, comprender y explicar, el porqué de las concentraciones de material particulado, en la zona de estudio, por ello con evidencia directa se realizó un plan de mitigación, ya que este se establece durante una fase de operación que se identifique un impacto ambiental, conlleva a prevenir, controlar, mitigar o compensar los factores e impactos negativos causados al ambiente, que se puedan generar sobre los recursos naturales o el medio ambiente, por efecto del desarrollo de un proyecto, obra o actividad. La propuesta de mitigación debe de tener como una estructura base controlar todos los impactos generados al medio ambiente, así como lo menciona (Rodríguez, 2019).

#### **10.5 Materiales e Instrumentos:**

- **Libreta de Campo:** Se utilizó para el registro de los datos obtenidos en los puntos de monitoreo.
- **Libro Tulsma:** Se utilizó para la comparación de los datos obtenidos, según los límites permisibles basados en la Normativa Ecuatoriana Vigente
- **MONITOR DE ATENUACIÓN BETA (E-BAM):** Se utilizó para monitorear el material particulado PM10 y PM2.5.
- **Cámara:** Se utilizó para fotografiar los lugares de monitoreo.
- **Computadora:** Se utilizó para procesamiento, manejo y análisis de resultados.
- **Software COMET:** Se utilizó para exportar los datos.
- **GPS:** Se utilizó para la obtención de coordenadas UTM, x; y; z.
- **Excel:** Se utilizó para realizar cálculos estadísticos.

## **11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **11.1 Diagnosticar la situación actual de las carbonerías de la comunidad Pupana Norte.**

#### **11.1.1 Caracterización del área de estudio**

La comunidad de Pupana Norte alberga un total de 10 carbonerías que se dedican a la producción de carbón vegetal a través del uso de hornos artesanales y hornos a cielo abierto. Con el objetivo de definir el alcance de nuestro estudio, llevamos a cabo un recorrido por las instalaciones de las carbonerías en la zona. Este recorrido tenía como finalidad verificar su estado operativo y nivel de mantenimiento. Durante la inspección, nos enfocamos en tres puntos específicos, en los cuales observamos directamente la emisión excesiva de gases de efecto invernadero, donde se investigó los procesos que son llevados a cabo para la elaboración del carbón vegetal, para seguidamente recolectar sus coordenadas de cada punto específico.

#### **11.1.2 Procesos para la elaboración del carbón**

En la figura N° 7, se puede observar los pasos dentro del proceso de la elaboración de carbón, se inicia con la etapa de adquisición de la madera o leña, se manifiesta por los propietarios que para que sea más beneficioso para los mismos compran bosques de eucalipto y de pino, posteriormente los trabajadores realizan una tala de los árboles y los convierten en pequeños trozos de madera, seguidamente transportan la leña a los patios de la carbonería, dejándola secar por al menos un mes, luego de ello se prepara el suelo dejándolo parejo.

En la formación del horno de tierra se realiza en una parcela de 10 x 15 m, seguidamente se implementan troncos de 5 metros en cada esquina de la parcela luego se le implementa paredes de jampas, luego se acomoda los trozos de leña y se le tapa con 10 quintales de aserrín, seguidamente de tierra negra hasta que quede totalmente cubierto, en el encendido se debe de colocar trozos de pequeña leña seca en la puerta del horno, por lo va a servir para prenderlo con la con gasolina, cabe recalcar que el horno debe de ser cuidado cada 8 días, conforme va avanzando los días se van generando huecos, por lo que debe ser tapado con tierra y aserrín para que de esta manera termine su proceso.

Cuando termina el proceso de carbonización, se deshonra o más conocido como el tamizaje del producto, se debe dejar enfriar el carbón y como último paso se almacena en sacos de dos colores (amarillo y negro) para su distribución.

**Figura 7**  
Procesos para la elaboración de carbón.



**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay 2023

### 11.1.3 Georreferencia del área de estudio.

Las coordenadas obtenidas en (UTM-WGS84), se muestran a continuación, se lo presenta en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Coordenadas de las carboneras en UTM.*

<b>Puntos</b>	<b>Propietario</b>	<b>Coordenadas UTM</b>		
		x	y	z
<b>Punto 1</b>	Juan Pallasco	760346.00 mE	9908181.00 mS	4200
<b>Punto 2</b>	Luis Almeida	760074.00 mE	9908147.00 m S	4200
<b>Punto 3</b>	Stalin Pallasco	760253.00 m E	9908410.00 m S	4200

**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay 2023.

**Nota.** En la comunidad Pupana Norte, existen un total de 3 carboneras, las cuales se tomó sus coordenadas para el monitoreo de material particulado



### 11.1.3.1 Primer punto de muestreo

**Figura 8**  
*Primer punto de monitoreo*



*Nota.* Mapa de ubicación del primer punto de monitoreo de la calidad del aire

*Fuente:* Elaborado por Alex Cunuay 2023

### ANÁLISIS

En la Figura 8, se observa el primer punto de monitoreo, localizado en la comunidad de Pupana Norte, se identifica una situación particular. El propietario de esta carbonería, Juan Pallasco, opera sin la infraestructura adecuada para la producción de carbón vegetal, utilizando hornos a cielo abierto. Esta práctica conlleva la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, afectando tanto al entorno biodiverso como a la comunidad circundante. Es importante resaltar que en las proximidades de esta carbonería se encuentran viviendas y animales, incluyendo bovinos. Además, es crucial destacar que las emisiones generadas se dispersan directamente en los ríos cercanos y afectan la actividad agrícola local.

Para la ubicación del equipo de monitoreo E-BAM, se consideraron los puntos con mayor presencia de humo con color negro, así como la velocidad y dirección del viento en la zona.

### 11.1.3.2 Segundo punto de muestreo

#### Figura 9

Segundo punto de monitoreo

### SEGUNDO PUNTO DE MONITOREO



*Nota.* Mapa de ubicación del segundo punto de monitoreo de la calidad del aire

*Fuente:* Elaborado por Alex Cunuay 2023

### ANÁLISIS

En la Figura 9, se observa el tercer punto de monitoreo, que se encuentra en la comunidad Pupana Norte, la cual su propietario Luis Almeida, no cuenta con una infraestructura adecuada para la realización de carbón, contando con hornos a cielo abierto, de manera que emiten gases de efecto invernadero a la biodiversidad cercana, teniendo en cuenta que cerca de la carbonería, existen domicilios y animales cercanos como aves y bóvidos, cabe recalcar que la emisión producida se va directamente a los ríos cercanos y a la agricultura de la población

Para la ubicación del equipo de monitoreo E-BAM, se consideraron los puntos con mayor presencia de humo, así como la velocidad y dirección del viento en la zona.

### 11.1.3.3 Tercer punto de monitoreo

**Figura 10**  
*Tercer punto de monitoreo*



**Nota.** Mapa de ubicación del segundo punto de monitoreo de la calidad del aire

**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay 2023

## ANÁLISIS

En la Figura 10, se observa el tercer punto de monitoreo, localizado en la comunidad de Pupana Norte, se identifica una situación particular. El propietario de esta carbonería, Stalin Pallasco, opera sin la infraestructura adecuada para la producción de carbón vegetal, utilizando hornos a cielo abierto. Esta práctica conlleva la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, afectando tanto al entorno biodiverso como a la comunidad circundante. Es importante resaltar que en las proximidades de esta carbonería se encuentran viviendas y animales, incluyendo bovinos. Además, es crucial destacar que las emisiones generadas se dispersan directamente en los ríos cercanos y afectan la actividad agrícola local.

Para la ubicación del equipo de monitoreo E-BAM, se consideraron los puntos con mayor presencia de humo, así como la velocidad y dirección del viento en la zona.

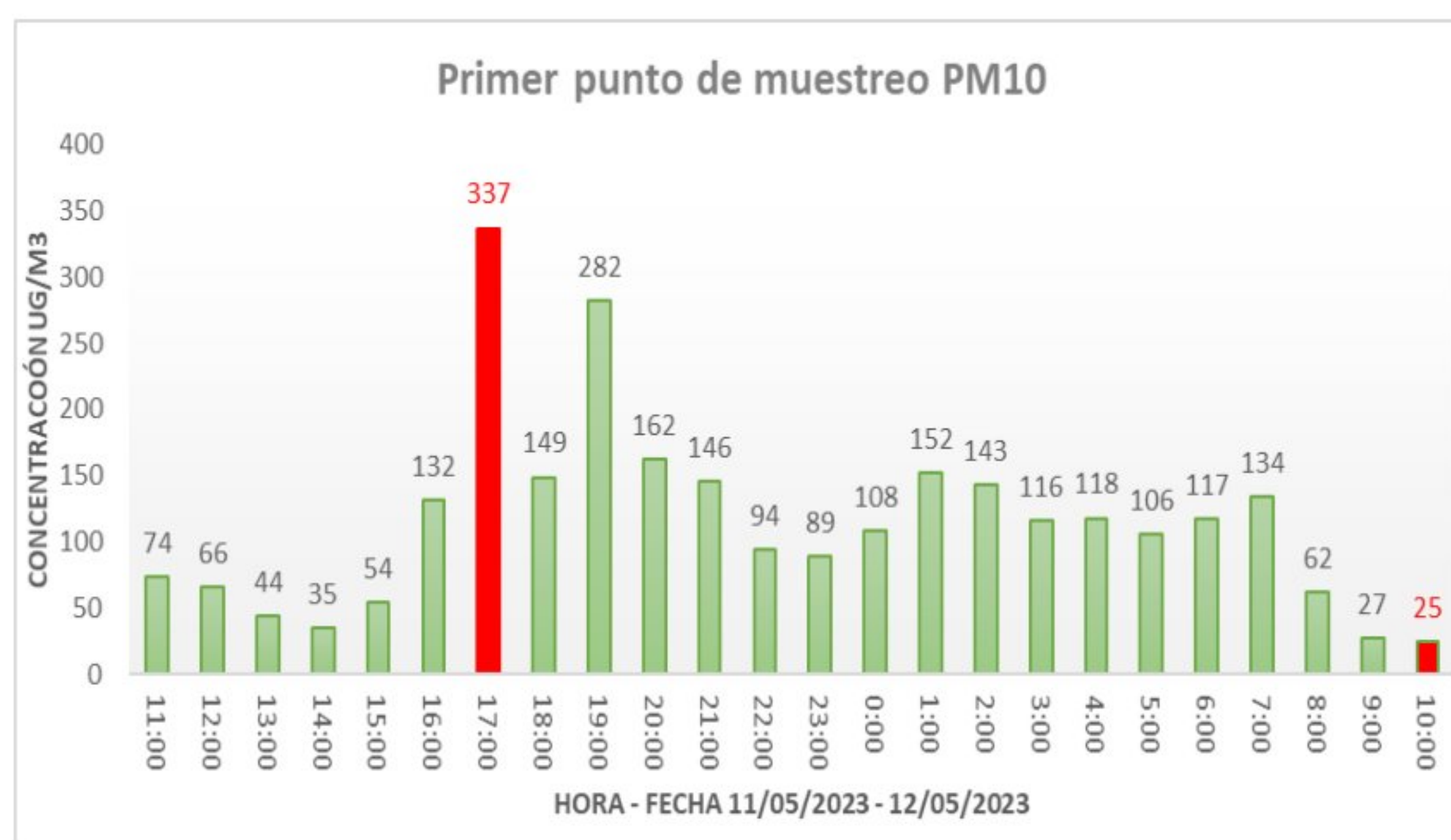
## 11.2 Monitorear las concentraciones de material particulado en la elaboración de carbón vegetal.

El monitoreo de PM10 y PM2.5, en los tres puntos de muestreo, fue realizado cada 5 min por 24 horas con el equipo portátil E-BAM, se empezó el día jueves 11 de marzo del 2023 y se terminó el monitoreo del aire el día jueves 18 de marzo del 2023, en tres puntos específicos. En el monitoreo se empleó la metodología de muestreo y protocolo de muestreo, ya que mediante esto se aplicó correctamente la instalación de equipo y se obtuvo datos verídicos sobre la contaminación de material particulado.

### 11.2.1 Monitoreo del Punto 1 "PM10"

#### Figura 11

Datos de PM10 (P1).



**Nota:** Gráfico de barras de los datos obtenidos de la máquina E-bam en el primer punto de muestreo PM10.

**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).

### Análisis

En la Figura N. 11, se observa los datos obtenidos del monitoreo realizado con la máquina E-BAM, en la primera carbonera del propietario Juan Pallasco, por lo que la contaminación máxima de partículas gruesas PM10, se presenta el día jueves 11 de Marzo del 2023 a las 17H00 pm y 19H00 pm, de manera que su concentración es de  $337 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $282$

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ya que en estas horas empezó a lloviznar lo que hizo encender los hornos y de esta manera desprender una máxima cantidad de humo.

La menor concentración se presenta el día Viernes 12 de marzo del 2023 a las 10H00 am, es de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; debido a que el dueño estaba dando mantenimiento a sus hornos, cabe recalcar que un horno tarda hasta una semana en quemarse por completo.

**Figura 12**

*Primer punto, propagación de material particulado PM10*



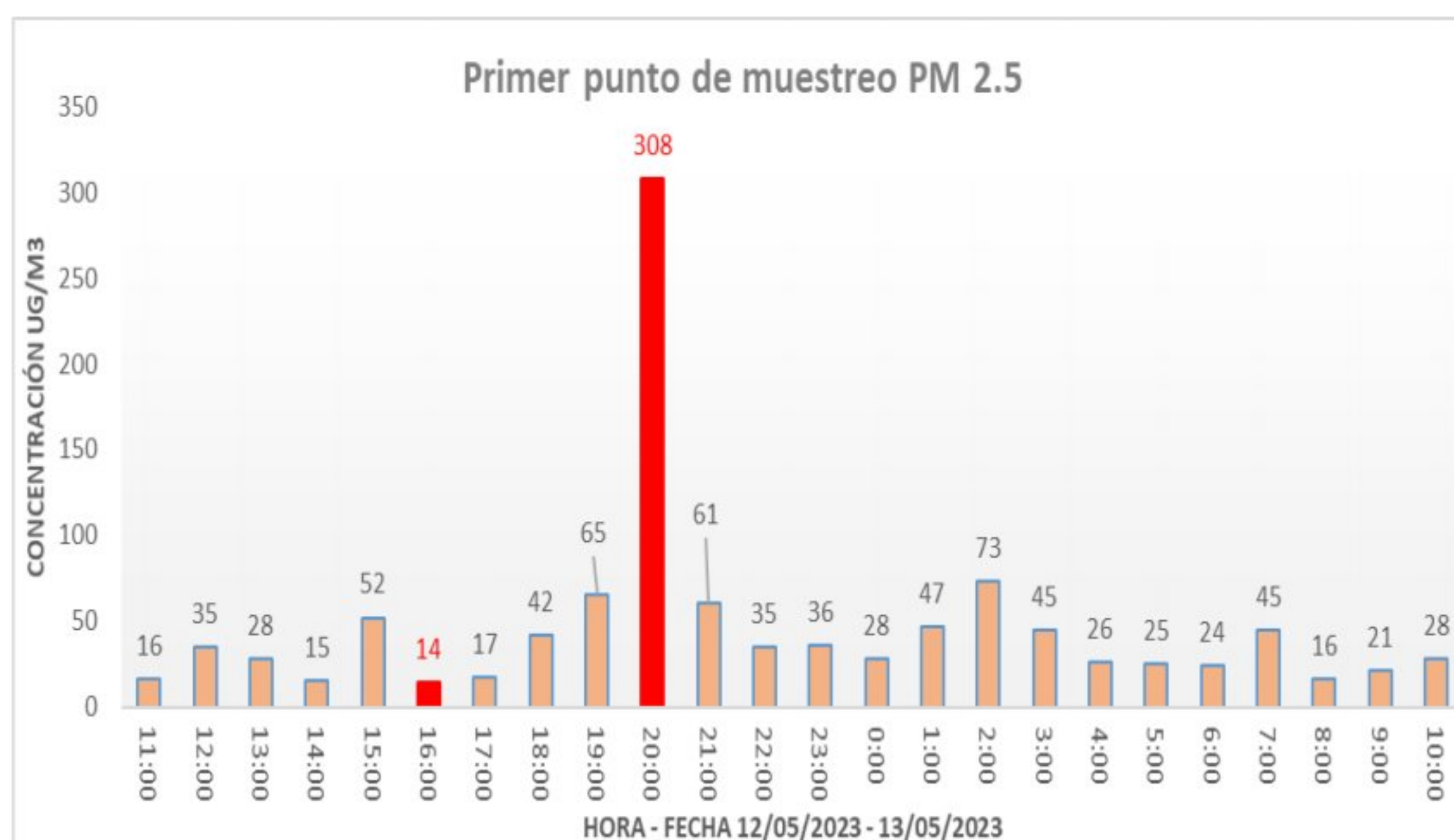
**Nota:** Mapa geográfico de la propagación de material particulado PM10

**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).

### 11.2.2 Monitoreo del Punto 1 "PM2.5"

**Figura 13**

Datos de PM2.5 (P1).



**Nota:** Gráfico de barras de los datos obtenidos de la máquina E-bam en el primer punto de muestreo PM2.5.

**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).

### ANÁLISIS

En la Figura N. 13. se observa los datos obtenidos del monitoreo realizado con la máquina E-BAM, en la primera carbonera del propietario Juan Pallasco, por lo que la contaminación máxima de material particulado PM2.5, se presenta el día Viernes 12 de Marzo del 2023 a las 20H00 pm, siendo su concentración de  $308 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ya que en esta hora el clima llovizno lo que hizo encender los hornos y de esta manera desprende una máxima cantidad de humo. La menor concentración se presenta el día Viernes 12 de marzo del 2023 a las 16H00 pm, es de  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; se obtiene este resultado debido que a esta hora los propietarios estaban dando mantenimiento a los horno y el clima estaba templado, por lo que no existió una mayor concentración de contaminación.

**Figura 14**  
 Primer punto, propagación de material particulado PM2.5

**MAPA DE DENSIDAD DEL PRIMER PUNTO "PM2.5"**

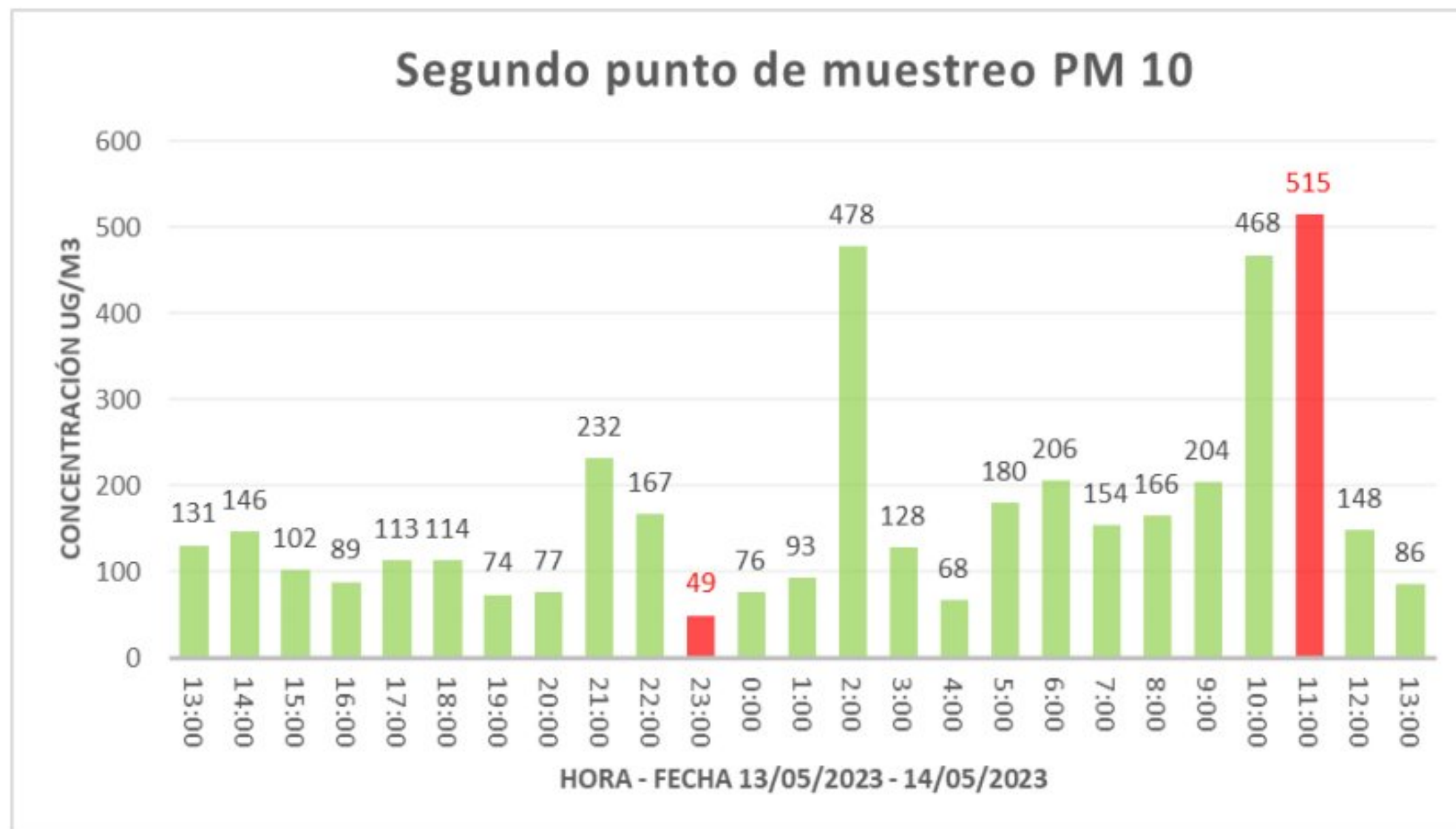


*Nota:* Mapa geográfico de la propagación de material particulado PM2.5

*Fuente:* Elaborado por Alex Cunuay (2023).

**11.2.3 Monitoreo del Punto 2 "PM10"**

**Figura 15**  
 Datos de PM10 (P2).



*Nota:* Gráfico de barras de los datos obtenidos de la máquina E-bam en el segundo punto de muestreo PM10.

*Fuente:* Elaborado por Alex Cunuay (2023).

## ANÁLISIS

En la Figura N. 15, se observa los datos obtenidos del monitoreo realizado con la máquina E-BAM, en la segunda carbonera del propietario Fabian Pallasco, dado el resultado se determina que la contaminación máxima de material particulado PM10, se presenta el día Domingo 14 de Marzo del 2023 a las 02H00 am y 11H00 pm, lo cual es de  $478 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $515 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de manera que en esta hora los propietarios encendieron los hornos y de esta manera se desprende una máxima concentración de humo. La menor concentración se presenta el día Sábado 13 de marzo del 2023 a las 23H00 am, es de  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; se obtiene este nivel debido que en esta hora el clima estaba templado.

### **Figura 16**

*Segundo punto, propagación de material particulado PM10*



**Nota:** Mapa geográfico de la propagación de material particulado PM10

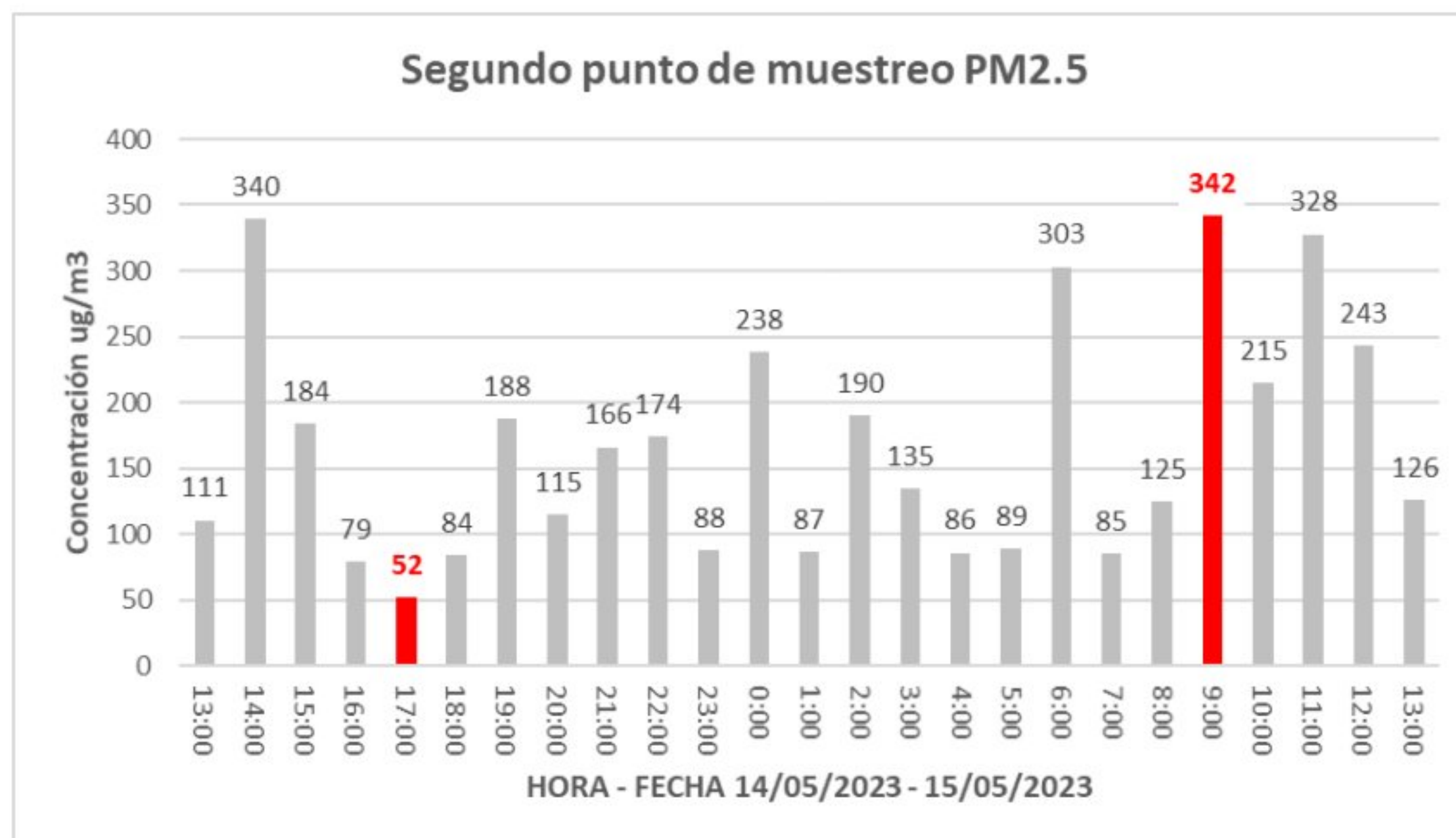
**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).



### 11.2.4 Monitoreo del Punto 2 “PM2.5”

**Figura 17**

Datos de PM2.5 (P2)



**Nota:** Gráfico de barras de los datos obtenidos de la máquina E-bam en el segundo punto de muestreo PM2.5.

**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).

## ANÁLISIS

En la Figura N. 17, se observa los datos del monitoreo realizado en la segunda carbonera del propietario Fabian Pallasco, por lo que la contaminación máxima de material particulado PM2.5, se presenta el día Lunes 15 de Marzo del 2023 a las 09H00 am, siendo su concentración de  $342 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ya que en esta hora los propietarios encendieron los hornos y de esta manera desprendieron una máxima concentración de humo.

La menor concentración se presenta el día Domingo 14 de marzo del 2023 a las 17H00 pm, es de  $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; se obtiene este nivel debido que en esta hora el clima estaba templado.

**Figura 18**  
Segundo punto, propagación de material particulado PM2.5

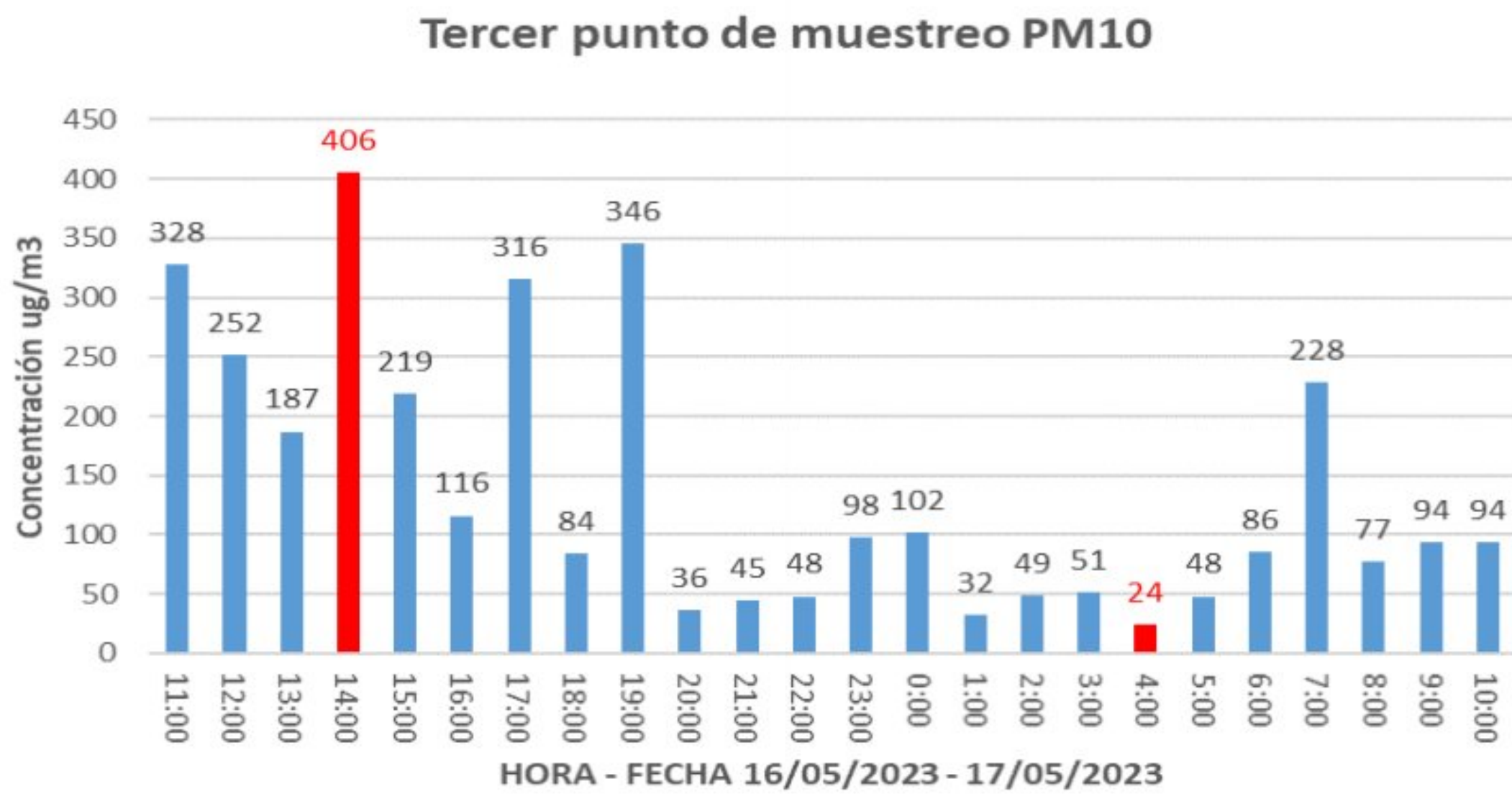


*Nota:* Mapa geográfico de la propagación de material particulado PM2.5

*Fuente:* Elaborado por Alex Cunuay (2023).

**11.2.5 Monitoreo del Punto 3 "PM10"**

**Figura 19**  
Datos de PM10 (P3).



*Nota:* Gráfico de barras de los datos obtenidos de la máquina E-bam en el segundo tercer de muestreo PM10.

*Fuente:* Elaborado por Alex Cunuay (2023).

## ANÁLISIS

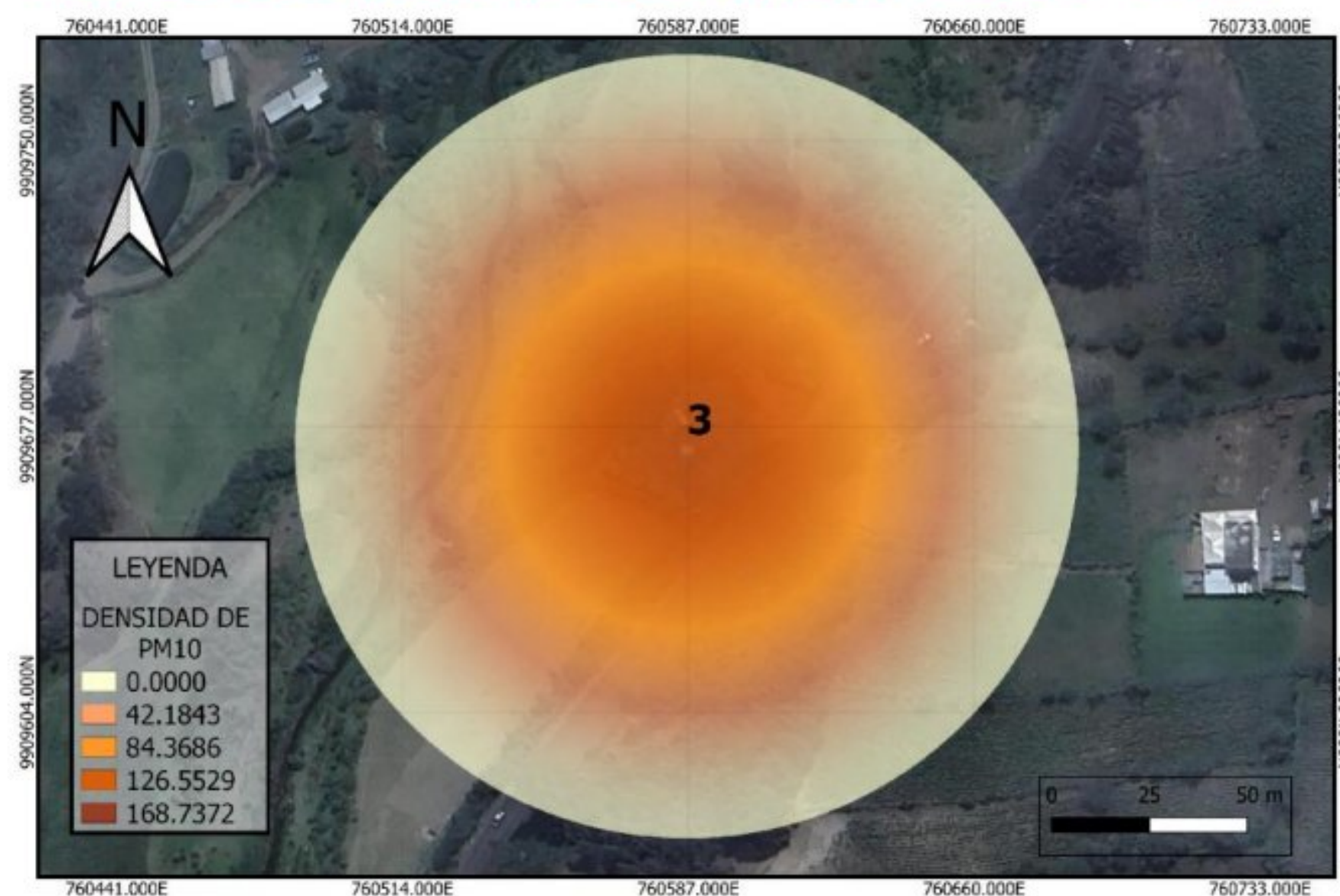
En la Figura N. 19, se observa los datos del monitoreo realizado en la tercera carbonera del propietario Stalin Pallasco, el cual presenta una contaminación máxima de material particulado PM10, el día Martes 16 de Marzo del 2023 a las 14H00 am, la cual tiene una concentración de  $406 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ya que en esta hora el clima estaba lluvioso lo que provocó que existiera una máxima distribución de humo.

La menor concentración se presenta el día Miércoles 17 de marzo del 2023 a las 04H00 am, es de  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; se da este valor debido que a esta hora los hornos se apagaron.

### Figura 20

Tercer punto, propagación de material particulado PM10

#### MAPA DE DENSIDAD DEL TERCER PUNTO "PM10"



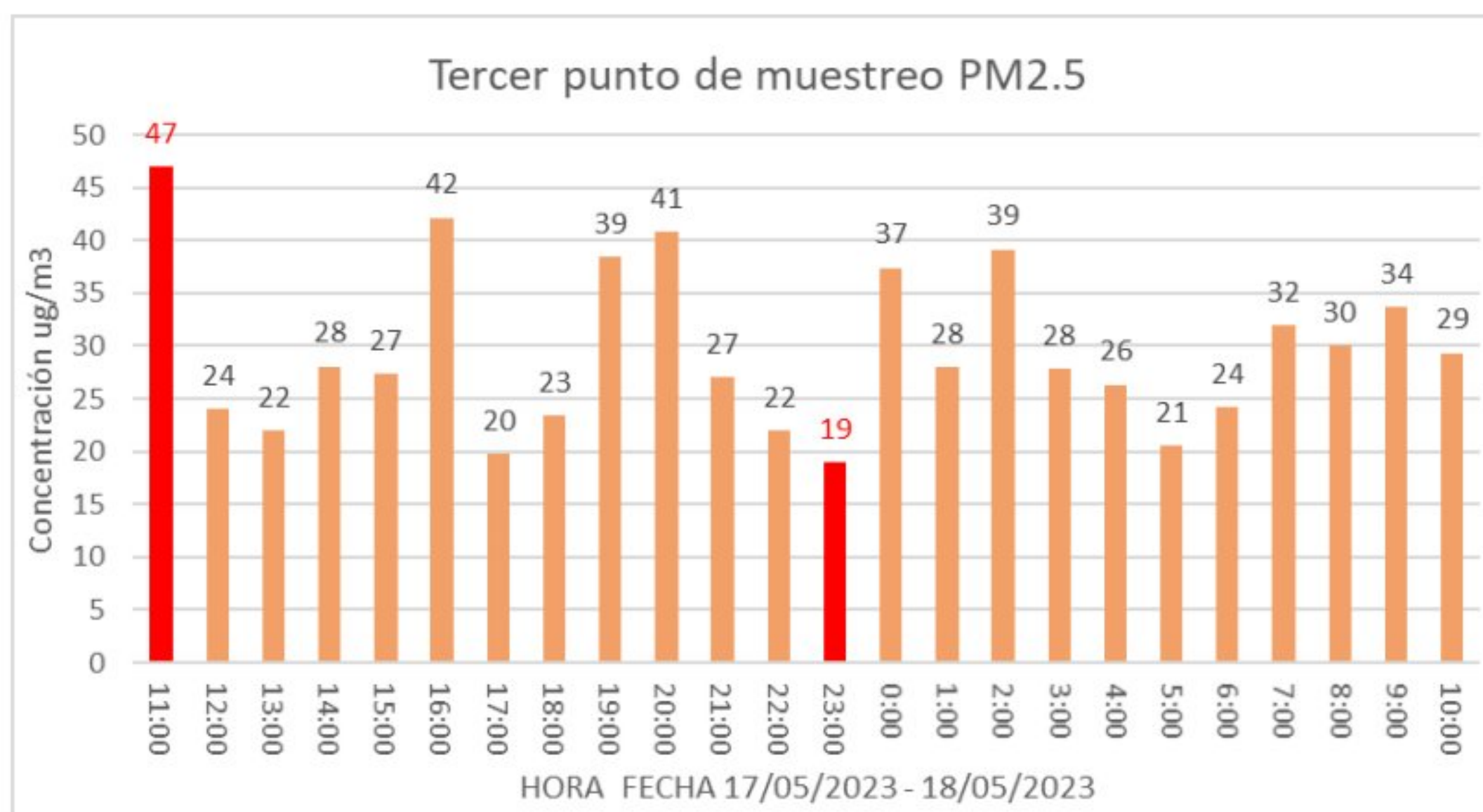
**Nota:** Mapa geográfico de la propagación de material particulado PM10

**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).

### 11.2.6 Monitoreo del Punto 3 “PM2.5”

**Figura 21**

Datos de PM2.5 (P3).



**Nota:** Gráfico de barras de los datos obtenidos de la máquina E-bam en el segundo tercer de muestreo PM2.5.

**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).

En la Figura N. 21 se observa los datos del monitoreo realizado en la tercera carbonera del propietario Stalin Pallasco, por lo que la contaminación máxima de material particulado PM10, se presenta el día Miércoles 17 de marzo del 2023 a las 11H00 am y 23H00 pm, su concentración es de  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ya que en esta hora los hornos estaban apagándose por los propietarios y existe poca distribución de humo al ambiente.

**Figura 22**

Tercer punto, propagación de material particulado PM2.5



*Nota:* Mapa geográfico de la propagación de material particulado PM2.5

*Fuente:* Elaborado por Alex Cunuay (2023).

### 11.3 Comparar los datos obtenidos de PM10 y PM2.5, en base a la normativa legal.

#### 11.3.1 Comparación de los resultados monitoreados (PM 10)

**Tabla 8**

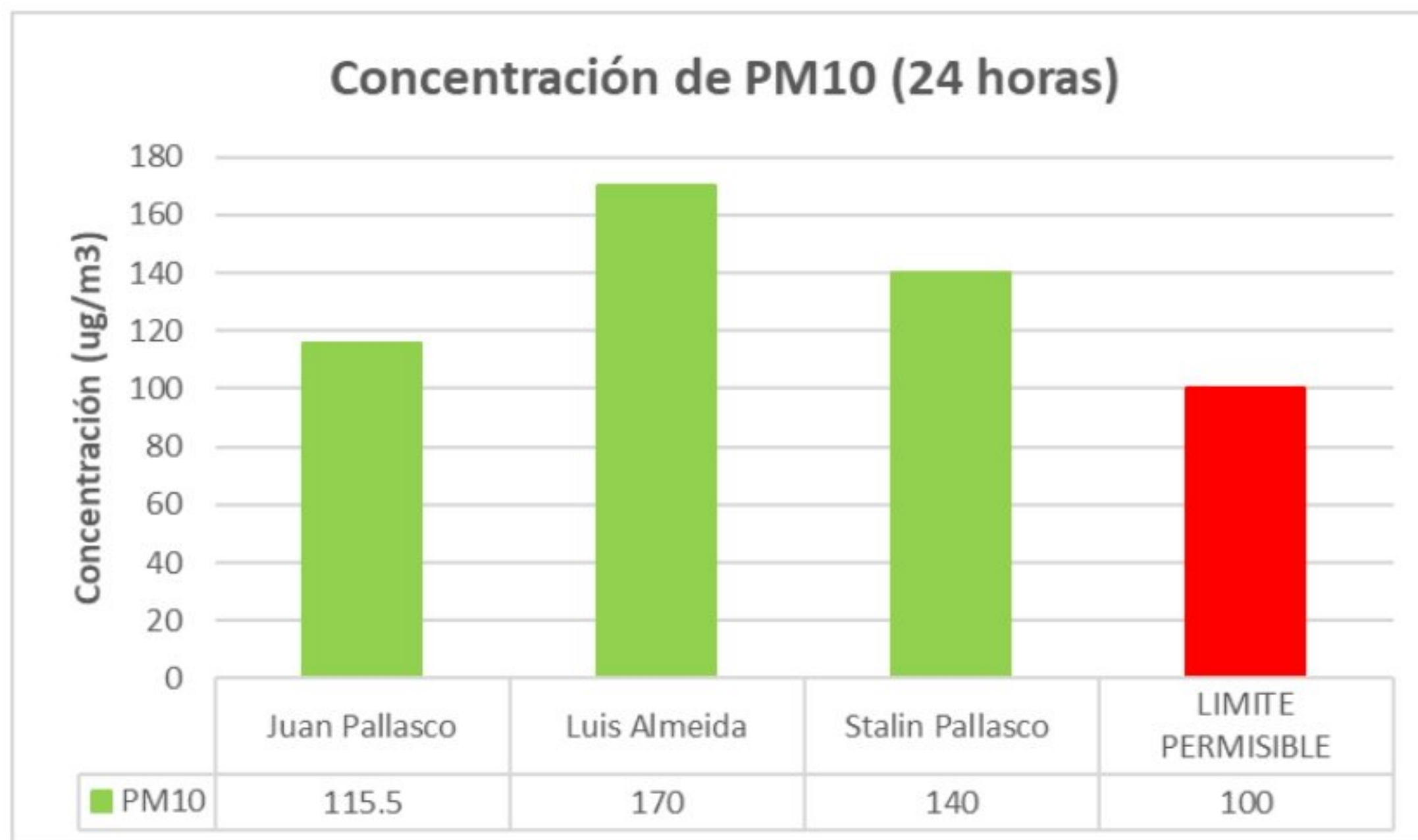
Concentración de PM10 en las carboneras

	<b>CARBONERIA</b>	<b>Promedio PM10</b>	<b>%</b>
1	Juan Pallasco	115.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	27%
2	Luis Almeida	170 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	40%
3	Stalin Pallasco	140 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	33%
	<b>Límite permisible</b>	<b>100 (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	

*Nota:* Datos determinados con el diseño experimental (promedio), en el software Excel.

*Fuente:* Elaborado por Alex Cunuay (2023).

**Figura 23**  
**Concentración de PM10 en las tres carboneras**



**Nota:** Comparación con la Normativa Vigente de los tres puntos monitoreados con el límite promedio de concentración en 24 horas

**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).

## ANÁLISIS

Los resultados presentados en la Figura 23 revelan las concentraciones de PM10 en los tres puntos de monitoreo más relevantes, arrojando los siguientes valores: ( $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ( $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y ( $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), respectivamente. Observamos que las concentraciones en los tres puntos monitoreados (P1, P2 y P3) exceden los límites máximos permisibles establecidos en el AM 097-A, que establece que el promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas no debe sobrepasar los  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 11.3.2 Comparación de los resultados monitoreados (PM 2.5)

**Tabla 9**

Concentración de PM2.5 en las carboneras

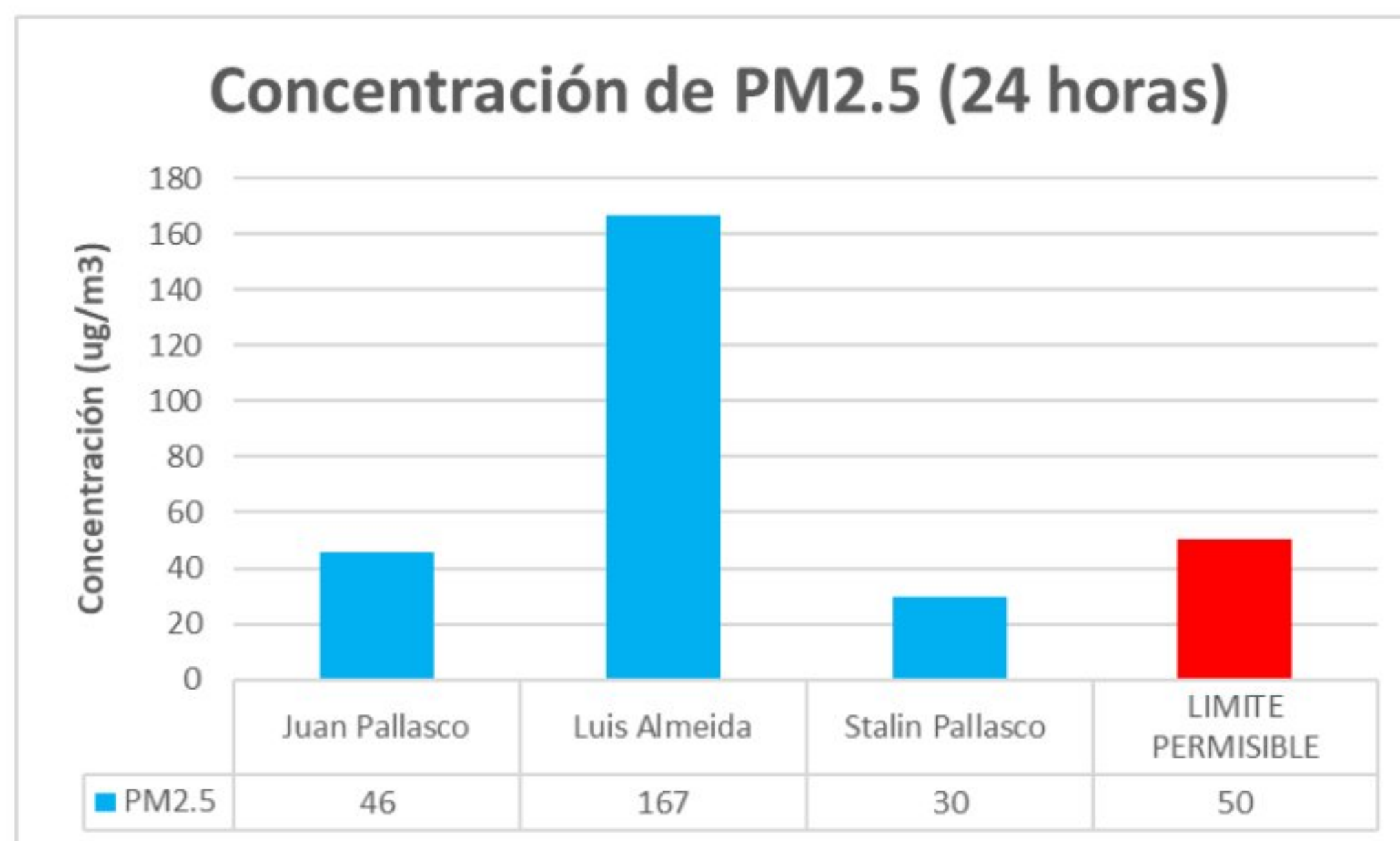
	CARBONERIA	PM2.5	%
1	Juan Pallasco	46 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	19 %
2	Luis Almeida	167 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	69 %
3	Stalin Pallasco	30 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	12 %
	<b>Límite permisible</b>	50 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	

*Nota:* Datos determinados con el diseño experimental (promedio), en el software Excel.

*Fuente:* Elaborado por Alex Cunuay (2023).

**Figura 24**

Concentración de PM2.5 en las tres carboneras



*Nota:* Comparación con la Normativa Vigente de los tres puntos monitoreados con el límite promedio de concentración en 24 horas

*Fuente:* Elaborado por Alex Cunuay (2023).

## ANÁLISIS

Los resultados de la Figura N° 24 revelan las concentraciones de PM2.5 en los tres puntos de monitoreo más relevantes, arrojando los siguientes valores: ( $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ( $167 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),. Observamos que las concentraciones de dos de los sitios monitoreados (P1 y P3) se mantienen dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el AM 097-

A, que indica que el promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas no debe exceder los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

No obstante, el único punto de monitoreo que no cumple con los LMP es el P2, con un resultado de  $167 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esto señala la necesidad de acciones específicas para mitigar las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en esta área de producción.

#### **11.4 Elaborar una propuesta para minimizar el impacto ambiental causado a los habitantes cercanos a la producción de carbón vegetal.**

##### **Introducción:**

La contaminación del aire se refiere a la alteración de la calidad y pureza del aire debido a emisiones naturales o de sustancias químicas y biológicas. Uno de los componentes de esta contaminación es el material particulado disperso en el aire, que consiste en una mezcla de partículas líquidas y sólidas, compuestas por sustancias orgánicas e inorgánicas, suspendidas en el aire (Lopez, 2017).

Una de las actividades que contribuye a la propagación de este contaminante es la incineración de materiales en carboneras artesanales. Esta práctica genera un impacto significativo en la calidad del aire. Con el objetivo de evaluar y cuantificar esta contaminación, se llevó a cabo un estudio de impacto ambiental de las partículas en suspensión (PM) en tres carboneras ubicadas en la comunidad de Pupana Norte, en el cantón Saquisilí.

La importancia de determinar el impacto ambiental causado por estas emisiones atmosféricas radica en la necesidad de minimizar el daño y maximizar los beneficios ambientales de las actividades humanas. Esto es esencial para garantizar un uso sostenible de los recursos involucrados y para la protección del medio ambiente en general. Estas acciones deben asegurar la integridad social y la seguridad de la comunidad.

##### **Justificación**

En la actualidad el mayor problema de la sociedad es la contaminación del aire, por esta razón se generan medidas de control para minimizar los impactos causados al ecosistema y a la



sociedad, de forma natural y de forma antropogénica. En el presente estudio se determina un nivel máximo de contaminación en ciertas horas, por ello para minimizar el impacto ambiental causado al medio ambiente, se realizó propuestas de mitigación a los propietarios de las carboneras presentes en la comunidad Pupana Norte, del cantón Saquisilí, por lo tanto, en conjunto con las autoridades responsables de la Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, están comprometidas a cuidar el medio ambiente.

## **Objetivo**

### **11.4.1 Proponer estrategias para minimizar el impacto ambiental causado a los habitantes cercanos a la producción de carbón vegetal.**

#### **Estrategia 1: Plan de capacitación ambiental a los propietarios y arrendatarios de las carboneras de la comunidad Pupana Norte**

El Plan de Educación Ambiental es un proceso de aprendizaje estratégico que se implementa de manera sistemática y operativa, generando charlas de conocimiento a los propietarios y arrendatarios de las carboneras de la Comunidad Pupana Norte, aumentando de esta manera el conocimiento de los problemas ambientales a los mismo, de esta manera se genera herramientas necesarias, para tomar decisiones y acciones responsables. A continuación, se puede ver el cronograma del plan de educación ambiental que consta de tres módulos, los cuales serán impartidos a un total de 20 personas durante un mes donde se ejecutarán actividades, para fomentar el conocimiento del cuidado ambiental.

#### **Objetivo:**

Fomentar una propuesta de capacitación de Educación Ambiental que promueva una orientación y cambio de actitud de las personas hacia la responsabilidad de cuidar la naturaleza para promover un ambiente sano y agradable para todos sus habitantes.

#### **Lugar de ejecución:**

**Provincia:** Cotopaxi

**Cantón:** Saquisilí

**Sector:** Comunidad Pupana Norte

**Responsables:** GADMIC-S de Saquisilí y Universidad Técnica de Cotopaxi (carrera de Ingeniería en Medio Ambiente).

**Tabla 10**  
Cronograma de capacitación ambiental

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN AMBIENTAL									
Temática	Contenido	JUNIO 2023							Hora
		2	3	7	8	9	10	16	
DERECHOS A LA NATURALEZA	¿Qué es el ambiente?	X							1 hora
	¿Cómo afecta la contaminación al planeta Tierra?		X						1 hora
	Importancia de cuidar el planeta Tierra		X						1 hora
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	¿Qué son los gases de efecto invernadero?			X					1 hora
	Fuentes de contaminación				X				1 hora
	Tipos de contaminantes atmosféricos					X			1 hora
CAMBIO CLIMÁTICO	Efectos negativos a la salud y ambiente					X			1 hora
	Interpretación de calentamiento global, cambio climático, efecto invernadero, gases de efecto invernadero, etc.						X		1 hora
	Consecuencias y efectos nocivos del calentamiento global							X	1 hora
	Informar sobre las medidas de precaución para conversar el cuidado ambiental							X	1 hora

**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay 2023

**Tabla 11**  
*Presupuesto del plan de capacitación ambiental*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Local	U	1	60.00	60.00
Transporte	U	1	20.00	20.00
Asistente de capacitación	U	3	20.00	60.00
Materiales (Trípticos, hojas)	U	25	0.50 ctvs.	12.50
Lapiceros	U	25	0.60 ctvs.	15.00
Equipo (computadora, proyector)	U	1	300.00	300.00
Refrigerios	U	25	2.50	62.50
<b>TOTAL</b>				<b>530.00</b>

**Fuente:** *Elaborado por Alex Cunuay 2023*

### **Resultados esperados:**

El objetivo central de esta estrategia consiste en proporcionar información esencial a los propietarios y trabajadores de las carbonerías en la comunidad de Pupana Norte. La intención es destacar la actual situación del Planeta Tierra, resaltando la creciente preocupación por la contaminación ambiental y la degradación de la capa de ozono, ambas consecuencias directas de las actividades humanas.

A través de la difusión de información precisa y actualizada, pretendemos generar conciencia sobre cómo las acciones humanas están contribuyendo al deterioro del entorno en el que vivimos. Al brindar una comprensión más profunda de la relación entre nuestras elecciones cotidianas y los efectos ambientales a gran escala, aspiramos a motivar a la comunidad de Pupana Norte a adoptar prácticas más responsables y sostenibles.

Nuestra última meta es cultivar un sentido de responsabilidad compartida hacia el cuidado del medio ambiente. A medida que las personas se vuelvan conscientes de la conexión directa entre sus acciones y el estado de nuestro planeta, confiamos en que surgirá un compromiso renovado para adoptar hábitos que minimicen el impacto negativo en la naturaleza. Este enfoque educativo tiene como propósito inspirar a la ciudadanía a convertirse en agentes activos del cambio, trabajando juntos para preservar la salud de nuestro entorno y garantizar un futuro más sostenible para las generaciones venideras.

#### **11.4.2 Estrategia 2: Implementación de cercas vivas alrededor de las carboneras de la comunidad Pupana Norte**

La importancia de implementar cercas vivas alrededor de la comunidad Pupana Norte, se realiza porque brindan una diversidad de productos y funciones para regular los servicios ambientales, por tal motivo esta estrategia desea incrementar el número de especies arbóreas cercanas al lugar como como el yagual (*Polylepis australis*) y el arrayán (*Lima apiculata*). Además, se ha demostrado que estas especies contribuyen a unir dióxido de carbono y gases de efecto invernadero (GEI) para liberar oxígeno a la atmósfera, mientras que la corteza mejora la calidad de los sustratos del suelo, por lo que con esta estrategia el contaminante sería regulado. Seguidamente se puede observar el programa de cultivo que se llevaría a cabo durante un mes.

**Objetivo:**

Implementar especies arbóreas para la disminución de dióxido de carbono y material particulado en la comunidad Pupana Norte, con el fin de cuidar la naturaleza para promover un ambiente sano y agradable para todos sus habitantes.

**Lugar de ejecución:**

**Provincia:** Cotopaxi

**Cantón:** Saquisilí

**Sector:** Comunidad Pupana Norte

**Responsables:** GADMIC-S de Saquisilí y propietarios de las carboneras

**Tabla 12**  
*Cronograma de cultivo*

CRONOGRAMA DE CULTIVO				
Actividad	JUNIO 2023			
	1 SEMANA	2 SEMANA	3 SEMANA	4 SEMANA
Limpieza del terreno	X			
Preparación de la tierra		X		
Diseñar las cercas vivas, para el cultivo			X	
Cultivo de plantas				X
Seguimiento				

*Fuente: Elaborado por Alex Cunuay 2022*

**Tabla 13**  
*Presupuesto del plan de cultivo*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	PRECIO TOTAL
Yagual ( <i>Polylepis australis</i> )	250	0.20 ctvs.	50.00
Arrayán ( <i>Lima apiculata</i> )	250	0.20 ctvs.	50.00
Hectáreas	20 ha	.....	.....
Mano de obra	10 hombres	20.00	200.00
Refrigerios	25	2.50	62.50
<b>Total</b>			<b>362.50</b>

*Fuente: Elaborado por Alex Cunuay 2023*

### Resultados esperados:

Esta estrategia tiene como objetivo reducir la contaminación emanada por la quema de leña para la producción de carbón, con el fin de proteger el medio ambiente y mantener las instalaciones verdes que realza la flora y la fauna, creando un espacio limpio que sea útil para la comunidad.

### **11.4.3 Estrategia 3: Implementar hornos tipo colmena para el proceso de la elaboración de carbón en la comunidad Pupana Norte.**

La adopción de hornos tipo colmena representa uno de los enfoques más eficaces para la producción de carbón. Su implementación en todas las carboneras de la comunidad Pupana Norte podría aportar considerables beneficios. Estos hornos se destacan por su construcción sencilla y bajo costo, lo que se traduce en un aumento de eficiencia en la producción y una notable reducción en las emisiones de gases dañinos, como el monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno. Estos gases contribuyen a la contaminación atmosférica, impactando negativamente en el ecosistema y en la integridad de la capa de ozono.

A continuación, se presenta un esquema del programa de construcción, que se llevaría a cabo a lo largo de una semana. Este enfoque no solo mejoraría la calidad del producto y las operaciones de las carboneras, sino que también tendría un impacto positivo en el ambiente local y global.

#### **Objetivo:**

Implementar el uso del horno tipo colmena, para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, fortaleciendo los aspectos positivos para la calidad ambiental de la comunidad Pupana Norte

#### **Lugar de ejecución:**

**Provincia:** Cotopaxi

**Cantón:** Saquisilí

**Sector:** Comunidad Pupana Norte

**Responsables:** Propietarios de las carboneras

**Tabla 14***Cronograma de implementación del horno tipo colmena*

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE HORNO TIPO COLMENA							
Actividad	AÑO 2023						
	SEMANA 1				SEMANA 2		
	1	2	3	4	1	3	4
Limpiar y nivelar el suelo.	x						
Marcar el centro del horno y, en este punto, clavar una estaca y graficar un círculo con un diámetro de 15 m y excavar los surcos para los cimientos con una profundidad de 20 a 30 cm		x	x				
Comenzar la construcción de la pared, dejando las aperturas para las puertas y construyendo los pilares de las puertas y las chimeneas;				x	x		
Pincelar con barro las paredes						x	x

*Fuente: Elaborado por Alex Cunuay 2023***Tabla 15***Presupuesto de construcción del horno tipo colmena.*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P.UNITARIO	PRECIO TOTAL
Ladrillos	1000	0.20 ctvs.	200.00
Tierra amarilla	1/2 (volquetas)	20.00	20.00
Cemento	5	8.00	40.00
Barras de acero plano	4 m	10.00	40.00
Mano de obra	1 hombre	20.00 (por 8 días)	160.00
<b>Total</b>			<b>460.00</b>

*Fuente: Elaborado por Alex Cunuay 2023***Resultados esperados:**

El propósito fundamental de esta estrategia es disminuir la emisión de contaminantes derivados de la quema de leña. Para lograr este objetivo, se propone la implementación de hornos brasileños tipo colmena en las carbonerías de la comunidad de Pupana Norte. Este enfoque no solo busca garantizar la seguridad y comodidad de los trabajadores, sino también optimizar la eficiencia de la producción.

Mediante la adopción de los hornos brasileños tipo colmena, se busca obtener múltiples beneficios. Estos incluyen la reducción significativa de la emisión de contaminantes a la atmósfera, lo cual tiene un impacto positivo directo en la calidad del aire y la preservación del entorno. Además, este diseño innovador proporciona un ambiente seguro y cómodo para los trabajadores, mejorando sus condiciones laborales y promoviendo la adopción de prácticas más sostenibles.

La implementación de esta estrategia refleja un compromiso firme con la protección ambiental y la salud de la comunidad. Al adoptar tecnologías más limpias y eficientes, como los hornos brasileños tipo colmena, aspiramos a sentar las bases para un futuro más sostenible en la producción de carbón en la comunidad de Pupana Norte.

## **12. IMPACTOS**

### **Social**

La presencia constante de material particulado en el aire al aire libre en la comunidad plantea un problema cotidiano que está perjudicando la salud de las personas y contribuyendo al desarrollo de enfermedades cardiorrespiratorias. Los responsables de la seguridad están encargados de velar por el bienestar de los ciudadanos en cuestiones ambientales, y es crucial tener en mente el Artículo 14 de la Constitución de la República, que reconoce el derecho de la población a vivir en un entorno saludable y ecológicamente equilibrado.

La información proporcionada por esta investigación nos alerta sobre un impacto ecosistémico evidente debido al material particulado presente en la comunidad. Este impacto potencialmente provocará enfermedades respiratorias entre la población en el futuro. Por lo tanto, es fundamental tomar medidas para abordar esta situación y salvaguardar la salud y el bienestar de los habitantes.

### **Ambiental**

La presencia de material particulado en el aire puede ocasionar trastornos ambientales significativos. Cuando se encuentra en suspensión en el viento, tiene el potencial de alterar la composición química mediante la sedimentación en lagos, arroyos y ríos, lo que a su vez puede tener impactos negativos en la biodiversidad de los ecosistemas circundantes. La investigación



llevada a cabo para determinar los valores de PM10 y PM2.5 confirma la existencia de contaminación en el entorno de la comunidad de Pupana Norte, en el cantón Saquisilí.

Esta situación refuerza la necesidad de que las autoridades del Ministerio del Ambiente tomen medidas correctivas para abordar y mitigar este problema. Es esencial implementar acciones concretas para reducir los niveles de contaminación y preservar tanto la salud de la población como la integridad de los ecosistemas en la zona.

### 13. CONCLUSIONES

- En el cantón Saquisilí se encuentra la comunidad de Pupana Norte, caracterizada por una temperatura promedio de 10°C, esta localidad alberga a una población de 590 habitantes. En el proceso de diagnóstico, se llevó a cabo un recorrido por la comunidad, lo que permitió constatar la presencia de 10 carbonerías, estas instalaciones se dedican a la producción de carbón vegetal mediante el uso de hornos artesanales o a cielo abierto, por lo que, durante el recorrido, se identificaron tres puntos específicos donde se evidenció una emisión excesiva de gases de efecto invernadero. Esta situación estaba afectando tanto a las viviendas cercanas como a las actividades agrícolas de la zona. Estos factores fueron determinantes para la selección de los puntos específicos donde se realizó el monitoreo.
- El monitoreo ambiental, desarrollado en las carbonerías de la comunidad Pupana Norte, se realizaron con la ayuda del monitor de masa de atenuación beta ambiental portátil E-BAM, este equipo sirve para la captación de partículas finas y gruesas, por el cual se obtuvo resultados precisos en tiempo real sin factores de corrección, de manera que dicho equipo fue programado cada 24 horas para la captación de material particulado, por lo que sus muestras fueron tomadas cada 5 min entorno al cumpliendo del protocolo de monitoreo de calidad del aire. Los datos obtenidos del análisis de material particulado, indican que el valor promedio de PM10 en el punto 1 (carbonera Juan Pallasco) es de  $115.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , punto 2 (carbonera Don Luis Almeida) es de  $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y en el punto 3 (carbonera Stalin Pallasco) fue de  $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ /lo que indica que los niveles alcanzados durante el monitoreo por las partículas gruesas sobrepasan los límites establecidos en el acuerdo ministerial 097-A Norma de Calidad del Aire

Ambiente, mismo que señala la concentración máxima dentro de un monitoreo de 24 horas, de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM10, a diferencia del PM2.5 indicando un valor promedio del punto 1 de  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , punto 2 con un valor de  $167 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y en el punto 3 con un valor de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , de manera que el límite permisible para PM2.5 es de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo que los puntos 1 y 3, están bajo los límites permisibles, a excepción del punto 2 que sobrepasa los límites establecidos por el acuerdo ministerial 097-A

- La propuesta de estrategias de mitigación aborda el manejo de amenazas provocadas por actividades humanas, que ocurren antes, durante y después de eventos naturales. Su objetivo es reducir los impactos ambientales, particularmente en la concentración de material particulado en las carbonerías de la comunidad Pupana Norte. Se han propuesto tres estrategias a los propietarios y arrendatarios de las carbonerías: capacitaciones ambientales, establecimiento de cercas vivas y la adopción de hornos tipo colmena brasileño. Estas propuestas tienen la finalidad de prevenir, controlar y mitigar los niveles de contaminación existentes, los cuales afectan negativamente tanto al medio ambiente como a los residentes cercanos.

#### 14. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los valores registrados del material particulado PM10, en las carbonerías de la comunidad Pupana Norte, se debe retomar periódicamente el monitoreo de este parámetro, ya que se registran valores que superan los límites establecidos en el acuerdo ministerial 097-A Norma de Calidad del Aire Ambiente, de modo que este contaminante afecta a la población ya que es un efecto negativo para la salud causando el aumento de las enfermedades respiratorias y la disminución del funcionamiento pulmonar.
- Se sugiere que las propuestas de las estrategias de mitigación, sean evaluadas y socializadas con la ciudadanía del cantón Saquisilí, para luego ser aplicadas por las autoridades responsables del medio ambiente, ya que dicho problema afecta a la vegetación y al ser humano.
- Se recomienda instaurar talleres de conservación ambiental a las microempresas y empresas establecidas dentro del perímetro urbano, ya que por sus actividades

productivas emiten material contaminante al aire ocasionando severos daños a los habitantes de la localidad en distintos ámbitos como la salud y la economía.

- De acuerdo con los valores registrados, se recomienda a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, se interesen en temas como la producción de carbón artesanal ya que dicho trabajo libera a la atmósfera varias partículas contaminantes, lo cual causa efectos adversos a la salud del ser humano.

### **Bibliografías:**

Adan, F. (2022). *PROYECCIONES DE LAS EMISIONES POR LA QUEMA DE LEÑA EN BASE A UN MODELO ENERGÉTICO DE UNA CASA CHILENA* (Universidad de Chile ed.). SANTIAGO DE CHILE.

Alonso, L., & Muños, M. (2009). *DESARROLLO Y APLICACIÓN DE TÉCNICAS AVANZADAS DE MEDIDA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN LA ATMÓSFERA* (Universidad del País Vasco ed., Vol. 1). Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/12212/Tesis-Maite-de-Blas.pdf;jsessionid=9DC1222017174D1727848E7DF9FA243D?sequence=1>

Alvarez, B., & Boso, A. (2017, Octubre). REPRESENTACIONES SOCIALES DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y LAS ESTUFAS DE LEÑA EN DIFERENTES NIVELES SOCIOECONÓMICOS DE LA CIUDAD DE TEMUCO, CHILE. 3, 14. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v34n3/0188-4999-rica-34-03-527.pdf>

Bastis. (2021). *Desarrollo de tesis, Metodología*. Online- tesis. <https://online-tesis.com/investigacion-bibliografica/>

Boldo, E. (2016). *La contaminación del aire* (Los Libros de la Catarata ed.). Instituto de Salud Carlos III. 10.4321/repisalud.7274

COA. (2017, April 12). *CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE.pdf*. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>

CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR. (2008, October 20).  
CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008.  
[https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)

Cordero, M. (2009). *ORMACIÓN Y TRANSPORTE DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN LA CUENCA AÉREA DE MADRID EN SITUACIONES EPISÓDICAS DE INVIERNO* (UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID ed.).  
<http://webs.ucm.es/BUCM/tesis/fis/ucm-t26209.pdf>

Cutiño, J. (2018, Octubre 11). IMPACTO PRODUCIDO EN EL MEDIOAMBIENTE por EL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO DEL BARRIO 5 DE ABRIL, MUNICIPIO Y PROVINCIA DE NAMIBE, ANGOLA. *I(2)*, 106.  
<https://www.redalyc.org/journal/1813/181359681008/html/>

Díaz, Y., & Cruz, M. (2020, Enero). El método criterio de expertos en las investigaciones educacionales: visión desde una muestra de tesis doctorales. *Scielo*, 39(1).  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0257-43142020000100018&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0257-43142020000100018&script=sci_arttext&tlng=pt)

E-BAM. (2018). *E-BAM PLUS Portable Environmental Beta-Attenuation Mass Monitor*. Met One Instruments. Retrieved April 27, 2023, from <https://metone.com/products/e-bam-plus/>

Fiestas, J. (2021). *Producción, rendimiento y estudio del carbón vegetal de Algarrobo obtenido de plantaciones del bosque seco de UDEP*. Universidad Piura.  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5319/ING\\_2120.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5319/ING_2120.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Galvis, S., & Padilla, K. (2021, Septiembre). *Material particulado y trastornos de los sistemas cardiovascular y respiratorio en trabajadores de diferentes áreas: una revisión narrativa*, 30(3). [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1132-62552021000300011](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-62552021000300011)

Gatica, M. (2020). *CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO ATRIBUIBLE A QUEMA DE LEÑA Y SU IMPACTO EN LA PRESENTACIÓN DE DESÓRDENES HIPERTENSIVOS Y PREECLAMPSIA EN UNA COHORTE RETROSPECTIVA DE EMBARAZADAS EN TEMUCO, CHILE* (UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE MEDICINA ESCUELA DE SALUD PÚBLICA ed.). [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/181032/Tesis\\_Ma.%20De%20Angeles%20Gatica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/181032/Tesis_Ma.%20De%20Angeles%20Gatica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Guevara, G., & Verdesoto, A. (2020, Julio). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción. *Reci mundo*, 163-176. <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>

Guillen, R. (2008). *Fabricación de Carbón Vegetal Aprovechando los Raleos en Bosques Energéticos*. San Salvador. <file:///C:/Users/ALEX/Downloads/ES%203.14%20Documento%20de%20proyecto.pdf>

Janai, H. (2019). *Caracterización química y determinación de factores de emisión de contaminantes emitidos por hornos crematorios*. Universidad Autónoma Metropolitana. [http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6844/Caracterizacion\\_quimica\\_Hernandez\\_Contreras\\_J\\_M\\_2019.pdf?sequence=1](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6844/Caracterizacion_quimica_Hernandez_Contreras_J_M_2019.pdf?sequence=1)

LONDOÑO, E. (2019). *Contaminación atmosférica*. Bogotá: Ediciones de la U. <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/127067?page=30>.

Lopez. (2017, Octubre). La contaminación del aire y los problemas respiratorios. *Scielo*, 58(5). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0026-17422015000500044](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422015000500044)

Muñoz, V. (2015). *TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO*. Modalidad de Educación Abierta y a Distancia. [https://brd.unid.edu.mx/recursos/Metodologia\\_de\\_la\\_Investigacion/MI08/Investigacion\\_de\\_campo.pdf](https://brd.unid.edu.mx/recursos/Metodologia_de_la_Investigacion/MI08/Investigacion_de_campo.pdf)

Norma de la calidad del aire. (2011, June 7). *NORMA ECUATORIANA DE CALIDAD DEL AIRE*. [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/norma\\_ecuato\\_calidad.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf)

OMS. (2019, Junio). *Preguntas más frecuentes*. World Health Organization (WHO). Retrieved April 24, 2023, from <https://www.who.int/es/about/frequently-asked-questions>

Rivas, E. (2022). *Evaluación de las emisiones de monóxido de carbono por el uso de chimeneas dommot en las ciudades de cuenca*. Universidad Politecnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21853/1/UPS-CT009559.pdf>

Rodriguez, S. (2019, Marzo). *DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN MÉTODO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE DI(2-ETILHEXIL) ADIPATO EN AGUAS SUPERFICIALES DEL LAGO YPACARAÍ*. Universidad Nacional de Asunción. [https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Sergio\\_Rodriguez-Tesis.pdf](https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Sergio_Rodriguez-Tesis.pdf)

Romero, A. A. (2020). *“Propuesta del modelo de localización espacial de contaminantes atmosféricos para evaluar la calidad del aire en la ciudad de Lima”*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15450/Romero\\_ba.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15450/Romero_ba.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Rufio, R. (2019). *MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL MATERIAL PARTICULADO PM10 Y PM2,5 EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA "CAMPUS SUR"*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA "CAMPUS SUR". <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17086/1/UPS-ST004034.pdf>

Ruiz, R., & Patricio, S. (2019). *MALFORMACIONES CONGÉNITAS EN NEONATOS RELACIONADAS CON CONTAMINACIÓN AMBIENTAL*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD CARRERA DE MEDICINA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30404/2/TESIS%20FINAL.pdf>

Samano, M. (2018). *Metodología de la investigación*. Eumed.net. <https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/zll/metodologia-investigacion.html>

Sanchez, F. (2019). Scielo. *Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos*. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.64>

Saquisilí. (2020). *Saquisilí, Cotopaxi, Ecuador - Genealogía*. FamilySearch. [https://www.familysearch.org/es/wiki/Saquisil%C3%AD,\\_Cotopaxi,\\_Ecuador\\_-\\_Genealog%C3%ADa](https://www.familysearch.org/es/wiki/Saquisil%C3%AD,_Cotopaxi,_Ecuador_-_Genealog%C3%ADa)

Suarez, V., & Perez, C. (2006, Junio). Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras. *RevActaNova*, 3(2). [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892006000100011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892006000100011&script=sci_arttext)

TULSMA. (2017). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE*. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Retrieved April 27, 2023, from <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

Urrutia, B. (2021). *ESTIMACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8492/1/Trabajo%20de%20Titulac%C3%ADon.pdf>

Vanegas, D., & Monroy, L. (2019, Junio). EFECTO FITOTÓXICO DEL MATERIAL PARTICULADO PM10 RECOLECTADO EN EL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE CUENCA, ECUADOR. *16*(1). <https://doi.org/10.15332/iteckne.v16i1.2157>

Venegas, L. (2017). *LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EN LA ATMÓSFERA*. Departamento de Ingeniería Química. <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/cliv2/public/actas%20congreso/15.Venegas.CLIV2.pdf>



## ANEXOS

### *Anexos 1*

*Entrega del oficio, para el monitoreo ambiental al propietario de las carboneras de la comunidad Pupana Norte.*



### *Anexos 2*

*Incineración de la primera carbonera.*



**Anexos 3**  
*Instalación de la máquina E-Bam*



**Anexos 4**  
*Desechos de la carbonería*



**Anexos 5**  
*Muestreo de partículas suspendidas en el aire*



**Anexos 6**  
*Encendida del horno.*



**Anexos 7**

*Capacitación de cómo realiza el proceso de la producción de carbón*

**Anexos 8**

*Monitoreo de las partículas gruesas*



**Anexos 9**

*Vista lejana, de las carbonerías de la comunidad Pupana Norte*



**Anexos 10***Datos obtenidos del material particulado PM10 (P1)*

<b>PM10 PRIMER PUNTO DE MUESTREO</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>ConcRT <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
11/05/2023	11:00	74
11/05/2023	12:00	66
11/05/2023	13:00	44
11/05/2023	14:00	35
11/05/2023	15:00	54
11/05/2023	16:00	132
11/05/2023	17:00	337
11/05/2023	18:00	149
11/05/2023	19:00	282
11/05/2023	20:00	162
11/05/2023	21:00	146
11/05/2023	22:00	94
11/05/2023	23:00	89
12/05/2023	0:00	108
12/05/2023	1:00	152
12/05/2023	2:00	143
12/05/2023	3:00	116
12/05/2023	4:00	118
12/05/2023	5:00	106
12/05/2023	6:00	117
12/05/2023	7:00	134
12/05/2023	8:00	62
12/05/2023	9:00	27
12/05/2023	10:00	25
	<b>SUMA</b>	<b>2772</b>

**Nota:** Datos obtenidos de la máquina E-bam en el primer punto de muestreo PM10.**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023)

**Anexos II***Datos obtenidos del material particulado PM2.5 (P1)*

<b>PM2.5 PRIMER PUNTO DE MUESTREO</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>ConcRT <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
12/05/2023	11:00	16
12/05/2023	12:00	35
12/05/2023	13:00	28
12/05/2023	14:00	15
12/05/2023	15:00	52
12/05/2023	16:00	14
12/05/2023	17:00	17
12/05/2023	18:00	42
12/05/2023	19:00	65
12/05/2023	20:00	308
12/05/2023	21:00	61
12/05/2023	22:00	35
12/05/2023	23:00	36
13/05/2023	0:00	28
13/05/2023	1:00	47
13/05/2023	2:00	73
13/05/2023	3:00	45
13/05/2023	4:00	26
13/05/2023	5:00	25
13/05/2023	6:00	24
13/05/2023	7:00	45
13/05/2023	8:00	16
13/05/2023	9:00	21
13/05/2023	10:00	28
	<b>SUMA</b>	<b>1102</b>

**Nota:** Datos obtenidos de la máquina E-bam en el primer punto de muestreo PM2.5.**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).

**Anexos 12***Datos obtenidos del material particulado PM10 (P2)*

<b>PM10 SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>ConcRT <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
13/05/2023	13:00	131
13/05/2023	14:00	146
13/05/2023	15:00	102
13/05/2023	16:00	89
13/05/2023	17:00	113
13/05/2023	18:00	114
13/05/2023	19:00	74
13/05/2023	20:00	77
13/05/2023	21:00	232
13/05/2023	22:00	167
13/05/2023	23:00	49
14/05/2023	0:00	76
14/05/2023	1:00	93
14/05/2023	2:00	478
14/05/2023	3:00	128
14/05/2023	4:00	68
14/05/2023	5:00	180
14/05/2023	6:00	206
14/05/2023	7:00	154
14/05/2023	8:00	166
14/05/2023	9:00	204
14/05/2023	10:00	468
14/05/2023	11:00	515
14/05/2023	12:00	148
14/05/2023	13:00	86
	<b>SUMA</b>	<b>4131</b>

**Nota:** Datos obtenidos de la máquina E-bam en el segundo punto de muestreo PM10.**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).



**Anexos 13***Datos obtenidos del material particulado PM2.5 (P2)*

<b>PM2.5 SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>ConcRT <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
14/05/2023	13:00	111
14/05/2023	14:00	340
14/05/2023	15:00	184
14/05/2023	16:00	79
14/05/2023	17:00	52
14/05/2023	18:00	84
14/05/2023	19:00	188
14/05/2023	20:00	115
14/05/2023	21:00	166
14/05/2023	22:00	174
14/05/2023	23:00	88
15/05/2023	0:00	238
15/05/2023	1:00	87
15/05/2023	2:00	190
15/05/2023	3:00	135
15/05/2023	4:00	86
15/05/2023	5:00	89
15/05/2023	6:00	303
15/05/2023	7:00	85
15/05/2023	8:00	125
15/05/2023	9:00	342
15/05/2023	10:00	215
15/05/2023	11:00	328
15/05/2023	12:00	243
15/05/2023	13:00	126
	<b>SUMA</b>	<b>4169</b>

*Nota: Datos obtenidos de la máquina E-bam en el segundo punto de muestreo PM10.**Fuente: Elaborado por Alex Cunuay (2023)*

**Anexos 14***Datos obtenidos del material particulado PM10 (P3)*

<b>PM10 TERCER PUNTO DE MUESTREO</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>ConcRT <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
16/05/2023	11:00	328
16/05/2023	12:00	252
16/05/2023	13:00	187
16/05/2023	14:00	406
16/05/2023	15:00	219
16/05/2023	16:00	116
16/05/2023	17:00	316
16/05/2023	18:00	84
16/05/2023	19:00	346
16/05/2023	20:00	36
16/05/2023	21:00	45
16/05/2023	22:00	48
16/05/2023	23:00	98
17/05/2023	0:00	102
17/05/2023	1:00	32
17/05/2023	2:00	49
17/05/2023	3:00	51
17/05/2023	4:00	24
17/05/2023	5:00	48
17/05/2023	6:00	86
17/05/2023	7:00	228
17/05/2023	8:00	77
17/05/2023	9:00	94
17/05/2023	10:00	94
	<b>SUMA</b>	<b>3366</b>

**Nota:** Datos obtenidos de la máquina E-bam en el segundo punto de muestreo PM2.5.**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).

**Anexos 15***Datos obtenidos del material particulado PM2.5 (P3)*

<b>PM2.5 TERCER PUNTO DE MUESTREO</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>ConcRT <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
17/05/2023	11:00	47
17/05/2023	12:00	24
17/05/2023	13:00	22
17/05/2023	14:00	28
17/05/2023	15:00	27
17/05/2023	16:00	42
17/05/2023	17:00	20
17/05/2023	18:00	23
17/05/2023	19:00	39
17/05/2023	20:00	41
17/05/2023	21:00	27
17/05/2023	22:00	22
17/05/2023	23:00	19
18/05/2023	0:00	37
18/05/2023	1:00	28
18/05/2023	2:00	39
18/05/2023	3:00	28
18/05/2023	4:00	26
18/05/2023	5:00	21
18/05/2023	6:00	24
18/05/2023	7:00	32
18/05/2023	8:00	30
18/05/2023	9:00	34
18/05/2023	10:00	29
	<b>SUMA</b>	<b>710</b>

**Nota:** Datos obtenidos de la máquina E-bam en el tercer punto de muestreo PM2.5.**Fuente:** Elaborado por Alex Cunuay (2023).

**Anexos 16**  
**Aval de Traducción**



***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE, DE LA EMISIÓN DE GASES PRODUCIDOS POR LA QUEMA DE LEÑA PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN, COMUNIDAD PUPANA NORTE, CANTÓN SAQUISILÍ"** presentado por: **Cunúay Lopez Alex Fabian** egresado de la Carrera de: **Ingeniería Ambiental** perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Agosto del 2023.

Atentamente,

  **CENTRO DE IDIOMAS**

Mg. Marco Paul Beltrán Semblantes  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
CC: 0502666514