



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE PM_{10} y $PM_{2.5}$ OCASIONADO POR LA QUEMA DE LEÑA PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN EN EL BARRIO SAN JUAN DE BELLAVISTA, CANTÓN SAQUISILÍ PERIODO 2021-2022”.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniería en Medio Ambiente

Autores:

Castillo Zambrano Lucía Amparo
Heredia Portilla Willian Efraín

Tutor:

Ing. Daza Guerra Oscar. Mg

LATACUNGA- ECUADOR

Abril 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Castillo Zambrano Lucía Amparo, con cédula de ciudadanía No. 2100927538; y, Heredia Portilla Willian Efraín, con cédula de ciudadanía No. 0503997520; declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Análisis de calidad del aire PM_{10} y $PM_{2.5}$ ocasionado por la quema de leña para la producción de carbón en el barrio San Juan de Bellavista, cantón Saquisilí periodo 2021-2022”, siendo el Ingeniero Mg. Oscar René Daza Guerra, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 12 de abril del 2022

Lucía Amparo Castillo Zambrano

Estudiante

CC: 2100927538

Willian Efraín Heredia Portilla

Estudiante

CC: 0503997520

Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra

Docente Tutor

CC: 0400689790

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 **CASTILLO ZAMBRANO LUCÍA AMPARO**, identificada con cédula de ciudadanía **2100927538** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Análisis de calidad del aire PM₁₀ y PM_{2.5} ocasionado por la quema de leña para la producción de carbón en el barrio San Juan de Bellavista, cantón Saquisilí periodo 2021-2022”, 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 2016 - Marzo 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

Tutor: Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra

Tema: “Análisis de calidad del aire PM₁₀ y PM_{2.5} ocasionado por la quema de leña para la producción de carbón en el barrio San Juan de Bellavista, cantón Saquisilí periodo 2021-2022”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho 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 12 días del mes de abril del 2022.

Lucía Amparo Castillo Zambrano

LA CEDENTE

Ing. PhD. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **HEREDIA PORTILLA WILLIAN EFRAÍN**, identificado con cédula de ciudadanía **0503997520** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, 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 en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Análisis de calidad del aire PM₁₀ y PM_{2.5} ocasionado por la quema de leña para la producción de carbón en el barrio San Juan de Bellavista, cantón Saquisilí periodo 2021-2022”, 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: Abril 2016 - Agosto 2016

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

Tutor: Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra

Tema: “Análisis de calidad del aire PM₁₀ y PM_{2.5} ocasionado por la quema de leña para la producción de carbón en el barrio San Juan de Bellavista, cantón Saquisilí periodo 2021-2022”

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:

- f) 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.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) 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 12 días del mes de abril del 2022.

Willian Efraín Heredia Portilla

EL CEDENTE

Ing. PhD. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AIRE PM_{10} Y $PM_{2.5}$ OCASIONADO POR LA QUEMA DE LEÑA PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN EN EL BARRIO SAN JUAN DE BELLAVISTA, CANTÓN SAQUISILÍ PERIODO 2021-2022”, de Castillo Zambrano Lucía Amparo y Heredia Portilla Willian Efraín, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 12 de abril del 2022

Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra

DOCENTE TUTOR

CC: 0400689790

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, los postulantes: Castillo Zambrano Lucía Amparo y Heredia Portilla Willian Efraín, con el título de Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE PM_{10} Y $PM_{2.5}$ OCASIONADO POR LA QUEMA DE LEÑA PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN EN EL BARRIO SAN JUAN DE BELLAVISTA, CANTÓN SAQUISILÍ PERIODO 2021 – 2022”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 12 de abril del 2022

Lector 1 (Presidente)

Lcdo. MSc. Patricio Clavijo Cevallos

CC: 050144458-2

Lector 2

Ing. MSc. José Andrade Valencia

CC: 050252448-1

Lector 3

Ing. Mg. Jaime Lema Pillalaza

CC: 172375993-2

AGRADECIMIENTO

Al concluir esta etapa maravillosa de mi vida quiero agradecer a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mí caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, soporte y fortaleza. Esta mención en especial para Dios, mis padres, mi hermana y mi novio. Muchas gracias a todos ustedes por demostrarme que “una de las cualidades más importantes del amor es el apoyo”.

Mi gratitud a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme permitido formarme en sus aulas, compartiendo ilusiones y anhelos. Con constancia, dedicación y esfuerzo alcancé mis sueños, gracias a cada uno de los docentes quienes con su apoyo y enseñanzas constituyeron la base de mi vida profesional.

Finalmente, pero no menos importante, a los docentes de la carrera de ingeniería en Medio Ambiente.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias infinitas a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

Lucía Amparo Castillo Zambrano

AGRADECIMIENTO

En primero lugar doy infinitamente gracias a Dios, por darme la vida y guiar mis pasos día a día, y haberme dado la dicha de tener a mis padres a mi lado.

Agradezco también la confianza y el apoyo de mis padres Efraín y Carmita, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. A mis abuelitos por haberme brindado su amor y cariño en mi niñez, y hacer de mí una persona de buenos principios, sé que donde quiera que estén los llevo siempre en mi corazón y mente.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y conocer docentes de calidad y con experiencia los cuales me impartieron los conocimientos necesarios para desenvolverme en mi vida profesional. Al Ing. Oscar Daza, quien con sus conocimientos hizo posible la ejecución de nuestro proyecto de tesis y a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible este proyecto.

Willian Efraín Heredia Portilla

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome en cada viaje que realizaba hasta otra ciudad lejos de donde nací y dándome fortaleza para continuar, sin el nada de esto hubiera sido posible.

A mi padre Miguel por siempre estar pendiente de que el dinero no me falte y por desear y anhelar lo mejor para mi vida. El mejor papá del mundo, mi ejemplo a seguir.

A mi madre Jenny que a pesar de la distancia siempre estuvo pendiente de mí con una llamada, preguntándome como me había ido o enviándome un mensaje y por sus sabios consejos que nunca me faltaron.

A mi novio Jorman por la ayuda que me ha brindado y que ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más difíciles, siempre ayudándome hasta donde te era posible, incluso más que eso. No fue sencillo culminar con éxito esta tesis, sin embargo, siempre fuiste una de las personas que me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se los debo por su apoyo incondicional.

Lucía Amparo Castillo Zambrano

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado en primer lugar a Dios, por haberme prestado la vida y acompañarme espiritualmente en mis momentos de derrota y bendecirme en mis victorias.

De igual manera y con toda la gratitud del mundo a mis padres Efraín Heredia y Carmita Portilla, por todo su apoyo y amor incondicional. ¡Gracias padres míos, este logro es por ustedes y se lo dedico a ustedes! A mis abuelitos Humberto y Delia, que Dios los tiene en su gloria y ahora son ángeles en mi vida y sé que se encuentran muy orgullosos de su nieto y desde donde estén sé que ellos me bendicen.

Y de igual manera a mi hermana, amigos y personas que de una u otra manera me apoyaron con palabras de aliento a culminar un logro más en mi vida.

Willian Efraín Heredia Portilla

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “Análisis de la calidad del aire PM_{10} y $PM_{2.5}$ ocasionado por la quema de leña para la producción de carbón en el barrio San Juan de Bellavista, cantón Saquisilí periodo 2021 – 2022”.

Autores: Castillo Zambrano Lucía Amparo

Heredia Portilla Willian Efraín

RESUMEN

La notable presencia en áreas urbanas de carboneras que no poseen hornos con infraestructura adecuada, genera al ambiente gases y partículas finas (también conocida como contaminación por partículas, material particulado o PM). La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de aire y distribución de las emisiones producidas en los hornos artesanales para la elaboración de carbón en el Barrio “San Juan de Bellavista”, se inició con la caracterización del área de estudio donde se estableció 3 puntos de muestreo, muy importante recalcar que la tecnología (equipo E-BAM) fue primordial para medir la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ por 24 horas aplicándose el método automático, las muestras fueron grabadas cada 10 minutos con un registro de datos en tiempo real durante 6 días del mes de octubre del 2021. La metodología aplicada en la presente investigación fue de carácter descriptivo, analítico y de campo. Para realizar el análisis, estos datos fueron exportados con la ayuda del software COMET. Los datos promedios para PM_{10} en los puntos P1, P4 y P6 fueron de 40.8; 110.42 y 113.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para para $PM_{2.5}$ los puntos P1, P4 y P6 con 38; 58.33 y 119.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mismos que fueron comparados con la Normativa Vigente del Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo 4, que señala los LMP para PM_{10} que es de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y $PM_{2.5}$ de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dichos resultados representan una alerta para las autoridades y la población, en base a esto se concluye que la contaminación por material particulado es un problema que afecta al medio ambiente y a la salud de las personas, por consiguiente, se establecieron 3 estrategias de mitigación en la elaboración de carbón vegetal, esto con el fin de controlar este problema de carácter ambiental para que a un futuro no existan altas concentraciones de este contaminante en el aire.

Palabras claves: Carboneras, contaminación, E-BAM, emisiones, límites máximos permisibles (LMP), material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, TULSMA.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: Air quality analysis PM₁₀ and PM_{2.5} caused by coal production due to firewood burning at San Juan Bellavista, Saquisilí canton 2021 -2022 period.

AUTHORS: Castillo Zambrano Lucía Amparo
Heredia Portilla Willian Efraín

ABSTRACT

The presence in urban areas of coal burners that do not have furnaces with adequate infrastructure, generates gases and fine particles (also known as particle pollution, particulate matter or PM) to the environment. The objective of this research was to evaluate air quality and distribution of produced emissions in artisan ovens for coal elaboration in "San Juan de Bellavista" neighborhood. Began with characterization of study area where 3 sampling points were established, it is very important to emphasize that technology (E-BAM equipment) played a key role in measuring of particulate material concentration PM₁₀ and PM_{2.5} for 24 hours, applying the automatic method, samples were recorded every 10 minutes with a real-time data during 6 days in October 2021. The applied methodology at this research was descriptive, analytical and field. To perform the analysis, these data were exported with COMET software helping. The average data for PM₁₀ in points P1, P4 and P6 were 40.8; 110.42 and 113.33 µg/m³ and for PM_{2.5} points P1, P4 and P6 with 38; 58.33 and 119.17 µg/m³, which were compared with Current Regulations of Ministerial Agreement 097-A from Unified Text Reform of Secondary Legislation Environment Ministry (TULSMA) Book VI Annex 4, which indicates the maximum permissible limits for PM₁₀ which is 100 µg/m³ and PM_{2.5} which is 50 µg/m³. These results represent an alert for authorities and population, based on this, it is concluded that contamination by particulate matter is a problem that affects environment and people health, therefore, 3 mitigation strategies were established at coal elaboration, this order to control environmental problem so in the future there will be no high concentrations of air pollutant.

Keywords: Coal Burners, contamination, E-BAM, emissions, LMP, particulate matter PM₁₀ and PM_{2.5}, TULSMA.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INFORMACIÓN GENERAL.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
OBJETIVOS	5
6.1. Objetivo General	5
6.2. Objetivo Específico	5
ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	7
8.1. Atmósfera	7
8.2. Capas atmosféricas	7
8.2.1. La troposfera	7
8.2.2. La estratósfera	8
8.2.3. La mesósfera.	8

8.2.4.	La termósfera o ionosfera.....	8
8.3.	El aire	8
8.4.	Componentes naturales del aire	8
8.5.	Contaminación del aire por la combustión de leña	9
8.6.	Principales contaminantes producidos al quemar leña	9
8.6.1.	Material particulado (PM)	9
8.6.2.	Clasificación de las partículas en base a su diámetro	10
8.6.3.	Clasificación de las partículas según el proceso de formación	10
8.6.4.	Tipos de material particulado	11
8.6.5.	Monóxido de carbono (CO)	11
8.6.6.	Compuestos irritantes (acroleína)	12
8.6.7.	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).....	12
8.6.8.	Compuestos orgánicos volátiles	12
8.6.9.	Dioxinas.....	12
8.7.	Fuentes de contaminación	13
8.7.1.	Naturales.....	13
8.7.2.	Fuentes artificiales o antropogénicas	13
8.8.	Transporte y dispersión de los contaminantes en el aire.....	14
8.9.	Efectos negativos del material particulado en la salud	16
8.10.	Efectos sobre la vegetación y los animales.....	17
8.11.	Efectos sobre los materiales	17
8.12.	Daño en la visibilidad	18
8.13.	Carbón vegetal	19
8.14.	Carboneras del sector “San Juan de Bellavista”.....	19
8.14.1.	Procesos para la obtención de carbón vegetal usando métodos artesanales	19
8.14.2.	Adquisición de la madera o leña.....	19

8.14.3.	Transporte de la leña.....	19
8.14.4.	Preparación del suelo.....	20
8.14.5.	Secado de la leña.....	20
8.14.6.	Formación del horno.....	20
8.14.7.	Encendido.....	20
8.14.8.	Enfriado.....	21
8.14.9.	Ensayado.....	21
8.15.	Métodos para producir carbón vegetal.....	21
8.15.1.	Método de fosa.....	21
8.15.2.	Método de parvas.....	23
8.15.3.	Método de hornos de ladrillo.....	24
8.15.4.	Método de hornos metálicos.....	26
8.15.5.	Equipo utilizado para el monitoreo.....	27
9.	MARCO LEGAL.....	28
9.1.	Constitución de la República del Ecuador.....	28
9.2.	Código Orgánico del Ambiente (COA).....	28
9.3.	Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.....	28
9.4.	Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo 4.	29
9.4.1.	Nivel de Alerta.....	30
9.4.2.	Nivel de Alarma.....	30
9.4.3.	Nivel de Emergencia.....	30
	PREGUNTA CIENTÍFICA.....	31
	METODOLOGÍA.....	31
9.5.	Tipos de investigación.....	31
9.5.1.	Investigación Bibliográfica.....	31
9.5.2.	Investigación de campo.....	31

9.6.	MÉTODOS	32
9.6.1.	El método Descriptivo	32
9.6.2.	Método Inductivo	32
9.6.3.	Método analítico.....	32
9.6.4.	Método estadístico descriptivo	32
9.7.	TÉCNICAS	33
9.7.1.	Observación Directa	33
9.7.2.	Monitoreo	33
9.7.3.	Selección del Sitio de Muestreo	33
9.7.4.	Análisis de Datos.....	34
9.8.	Instrumentos.....	35
9.9.	Diseño no experimental	35
9.10.	Área de Estudio	35
9.10.1.	Ubicación del Cantón Saquisilí	35
9.10.2.	Reseña histórica.....	36
9.10.3.	Delimitación.....	36
9.11.	Medio Físico	36
9.11.1.	Clima	36
9.11.2.	Temperatura	37
9.11.3.	Precipitación	37
9.12.	Medio Biótico.....	37
9.12.1.	Flora	38
9.12.2.	Fauna	38
9.13.	Diagnóstico sociocultural.....	38
9.13.1.	Demografía	38
9.14.	MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.....	39
9.14.1.	Localización.....	41

9.14.2. MAPA DE MONITOREO - CALIDAD DE AIRE CARBONERA PERDOMO.	41
9.14.3. Temperatura y velocidad del viento	43
9.14.4. Temperatura y velocidad del viento	45
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
9.15. Identificar los pasos dentro del proceso de elaboración del carbón.....	46
9.16. Monitorear la contaminación de material particulado PM10 y PM2.5 para el análisis en base a la normativa vigente.	47
9.16.1. Comparación de resultados de los puntos monitoreados (PM10).....	62
9.16.2. Comparación de resultados de los puntos monitoreados (PM2.5).	63
9.17. Determinar la distribución de los puntos de emisiones de material particulado en base a mapeo.	64
9.18. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN LA ELABORACIÓN DE CARBÓN VEGETAL, EN EL SECTOR “SAN JUAN DE BELLAVISTA” DEL CANTÓN SAQUISILÍ.	67
VALIDACIÓN A LA PREGUNTA CIENTÍFICA.....	74
IMPACTOS.....	75
9.19. Social.....	75
9.20. Ambiental	75
9.21. Económico	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
9.22. Conclusiones	76
9.23. Recomendaciones	77
PRESUPUESTO.....	78
REFERENCIAS	81
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Beneficiarios del proyecto de investigación</i>	4
Tabla 2 <i>Actividades y sistema de tareas</i>	6
Tabla 3. <i>Concentraciones de contaminantes en la calidad del aire</i>	30
Tabla 4. <i>Tipos de clima</i>	37
Tabla 5. <i>Población provincial y cantonal</i>	39
Tabla 6. <i>Puntos de muestreo</i>	41
Tabla 7. <i>Datos de material particulado PM10 en 24 horas (P1)</i>	47
Tabla 8. <i>Datos de material particulado PM2.5 en 24 horas (P1)</i>	49
Tabla 9. <i>Datos de material particulado PM10 en 24 horas (P4)</i>	51
Tabla 10. <i>Datos de material particulado PM2.5 en 24 horas (P4)</i>	53
Tabla 11. <i>Datos de material particulado PM10 en 24 horas (P6)</i>	55
Tabla 12. <i>Datos de material particulado PM2.5 en 24 horas (P6)</i>	57
Tabla 13. <i>Concentración promedio de PM10 de las carboneras</i>	59
Tabla 14. <i>Concentración promedio PM2.5 de las carboneras</i>	60
Tabla 15. <i>Concentración promedio de PM10 de los tres puntos</i>	62
Tabla 16. <i>Concentración promedio de PM2.5 de los tres puntos</i>	63
Tabla 17. <i>Cronograma de capacitación ambiental</i>	69
Tabla 18. <i>Presupuesto del plan de capacitación ambiental</i>	70
Tabla 19. <i>Cronograma de construcción de horno tipo colmena Brasileño</i>	72
Tabla 20. <i>Presupuesto para la construcción del horno tipo colmena brasileño</i>	72
Tabla 21. <i>Cronograma de plantación</i>	73
Tabla 22. <i>Presupuesto aproximado de la plantación</i>	74
Tabla 23. <i>Presupuesto para la elaboración del proyecto</i>	78
Tabla 24. <i>Cronograma de actividades</i>	79

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Capas de la atmósfera</i>	7
Gráfico 2. <i>Composición de un aire “normal” no contaminado</i>	9
Gráfico 3. <i>Origen del material particulado</i>	10
Gráfico 4. <i>Efectos en valles y montañas</i>	15
Gráfico 5. <i>Efectos de los edificios</i>	16
Gráfico 6. <i>Efectos del material particulado en la salud</i>	17
Gráfico 7. <i>Monumento afectado por la lluvia ácida</i>	18
Gráfico 8. <i>Esquema gráfico de las etapas de encendido del horno</i>	21
Gráfico 9. <i>Fosa de tierra durante la fase de carga</i>	22
Gráfico 10. <i>Fosa de tierra durante la quema</i>	23
Gráfico 11. <i>Construcción del horno de tierra o parva</i>	24
Gráfico 12. <i>Horno de tierra completamente construido</i>	24
Gráfico 13. <i>Construcción de un horno de ladrillo media naranja</i>	25
Gráfico 14. <i>Horno media naranja completamente terminado</i>	25
Gráfico 15. <i>Horno metálico transportable</i>	26
Gráfico 16. <i>Puntos de encendido</i>	26
Gráfico 17. <i>Máquina E-BAM</i>	27
Gráfico 18. <i>Pirámide poblacional</i>	39
Gráfico 19. <i>Mapa del área de estudio</i>	40
Gráfico 20. <i>Primer punto de monitoreo</i>	41
Gráfico 21. <i>Datos de temperatura y velocidad del viento (P1)</i>	42
Gráfico 22. <i>Cuarto punto de monitoreo</i>	43
Gráfico 23. <i>Datos de temperatura y velocidad del viento (P4)</i>	44
Gráfico 24. <i>Sexto punto de monitoreo</i>	44
Gráfico 25. <i>Datos de temperatura y velocidad del viento (P6)</i>	45
Gráfico 26. <i>Diagrama de los pasos para la elaboración de carbón</i>	46
Gráfico 27. <i>Valores de PM10 (P1) obtenidos en 24 horas</i>	48
Gráfico 28. <i>Valores de PM2.5 (P1) obtenidos en 24 horas</i>	50
Gráfico 29. <i>Valores de PM10 (P4) obtenidos en 24 horas</i>	52
Gráfico 30. <i>Valores de PM2.5 (P4) obtenidos en 24 horas</i>	54
Gráfico 31. <i>Valores de PM10 (P6) obtenidos en 24 horas</i>	56
Gráfico 32. <i>Valores de PM2.5 (P6) obtenidos en 24 horas</i>	58
Gráfico 33. <i>Comparación con la Normativa Vigente para PM10</i>	59

Gráfico 34. <i>Comparación con la Normativa Vigente para PM2.5.</i>	61
Gráfico 35. <i>Comparación de las concentraciones en porcentaje de PM10.</i>	62
Gráfico 36. <i>Comparación de las concentraciones en porcentaje de PM2.5.</i>	64
Gráfico 37. <i>Mapa de distribución de los puntos de emisiones de PM10</i>	65
Gráfico 38. <i>Mapa de distribución de los puntos de emisiones de PM2.5.</i>	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Vista lejana de las carboneras en el sector San Juan de Bellavista.	87
Anexo 2. Toma de coordenadas.....	87
Anexo 3. Visita a las carboneras	87
Anexo 4. Primer punto de muestreo carbonera “Perdomo”	88
Anexo 5. Cuarto punto de muestreo carbonera “Don Luis”.....	88
Anexo 6. Sexto punto de muestreo carbonera “Hnas. Calvopiña”	88
Anexo 7. Obtención de la leña.....	89
Anexo 8. Secado de la leña.....	89
Anexo 9. Formación del horno	89
Anexo 10. Horno de tierra o parva terminado.....	90
Anexo 11. Encendido.....	90
Anexo 12. Enfriado.....	90
Anexo 13. Producto final	91
Anexo 14. El suelo debe ser humedecido	91
Anexo 15. Compactación del suelo.....	91
Anexo 16. Construcción de las paredes con el eje central.	92
Anexo 17. Mezcla de barro para la construcción del horno	92
Anexo 18. Horno con leña en su interior, próximo a ser encendido	92
Anexo 19. Horno tipo colmena, construido a un costado de la carbonera	93
Anexo 20. Ensacado del producto final (carbón)	93
Anexo 21. Carbonera P4, actualmente cuenta con 4 hornos tipo colmena.....	93
Anexo 22. Hornos tipo colmena en producción	94
Anexo 23. Instalación del equipo E-BAM.....	94
Anexo 24. Muestreo de PM2.5	94
Anexo 25. Papel filtro en muestreo	95
Anexo 26. Trabajando de datos mediante el software COMET	95
Anexo 27. Elaboración.....	95

INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Análisis de la calidad del aire PM_{10} y $PM_{2.5}$ ocasionado por la quema de leña para la producción de carbón en el barrio San Juan de Bellavista, cantón Saquisilí periodo 2021 – 2022”.

Lugar de ejecución:

Provincia de Cotopaxi, Cantón Saquisilí, Sector “Barrio San Juan de Bellavista”.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia:

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Proyecto de investigación vinculado:

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

Nombres de equipo de investigación:

Tutor: Mg. Oscar René Daza Guerra

Estudiante: Srta. Castillo Zambrano Lucía Amparo

Estudiante: Sr. Heredia Portilla Willian Efraín

LECTOR 1: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

LECTOR 2: M.Sc. José Andrade Valencia

LECTOR 3: Mg. Jaime Lema Pillalaza

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local

Sub-línea de investigación:

Manejo y conservación del recurso aire

Línea de Vinculación de la Facultad:

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

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire ha acompañado al mundo desde sus inicios. Las primeras fuentes naturales de contaminación fueron erupciones volcánicas, incendios y tormentas de arena y polvo, sin embargo, la principal causa de contaminación se ocasionó debido a las actividades productivas del hombre, tal es el caso de la quema de leña para la producción de carbón que es una de las fuentes más importantes de contaminación, ya que el desarrollo de dicha actividad participa en la emisión de contaminantes atmosféricos como: material particulado (PM_{10}) y ($PM_{2.5}$), monóxido de carbono (CO), compuestos irritantes (acroleína), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), compuestos orgánicos volátiles (COV) y dioxinas (Espinoza, 2014).

Según (Eguiguren, 2020) menciona que, las afectaciones que provocan cada uno de los contaminantes anteriormente mencionados son: dificultad en el desarrollo pulmonar, puesto que reduce su función, aumenta el riesgo de la presentación de enfermedades pulmonares crónicas en la edad adulta y enfermedades cardiovasculares a largo plazo (p.8), de manera que estos problemas se presentan debido a la exposición continua con dichos contaminantes.

Por otro lado, (Pérez, 2013), menciona que Ecuador en tema de calidad de aire carece de información relevante, debido a falta de planificación y gestión ya que recientemente se han realizado actividades de control en este ámbito. Pocas ciudades cuentan con información verídica y confiable sobre la contaminación del aire como el material particulado motivo de esta investigación, razón por la cual se han ido sumando ciudades con el tiempo y se le ha dado un mayor enfoque a la calidad del aire- ambiente.

Dado que la contaminación ambiental es un problema en la sociedad actual, es fundamental el rol que cumple la Universidad Técnica de Cotopaxi ya que impulsa el desarrollo de proyectos de control, seguimiento y mejora en el sector ambiental, con el objetivo de garantizar mejores condiciones de vida a los ciudadanos. Considerando que las operaciones universitarias tienen impactos organizacionales, educativos, cognitivos y sociales, es necesario un compromiso total para abordar los efectos de la polución del medio ambiente, donde sea posible, así como encontrar alternativas para evitar el deterioro continuo de la calidad del aire.

Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación es analizar las concentraciones de Material Particulado (PM_{10}) y ($PM_{2.5}$), en las carboneras más representativas del sector San Juan de Bellavista, cabe recalcar que esta es una actividad que va en crecimiento constante debido a su lejanía con el centro urbano. Por lo que fue necesario utilizar la metodología de muestreo y el método inductivo en diferentes puntos con el equipo E-BAM para medir la

contaminación atmosférica del ambiente y eventualmente realizar comparaciones con la Normativa Ecuatoriana Vigente garantizando que se cumplan no sólo los límites establecidos por parte de la autoridad ambiental, sino también que se eviten afecciones a la salud de la población, al medio ambiente en general y al deterioro del patrimonio urbanístico de la ciudad (Corral, 2017).

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los problemas relacionados con la contaminación pueden tener efectos de corto y mediano plazo, como también de largo plazo, la polución en general tiene un impacto directo en la salud del hombre ya que ocasiona una degradación de la calidad de vida y provoca efectos negativos sobre su productividad, incrementando los costos sobre el cuidado de la salud, y en el ambiente debido a que el viento es el encargado de transportar las pequeñas partículas a grandes distancias que luego se alojan en el suelo y el agua, alterando su composición, así lo menciona (Pasco, 2017).

Según la Constitución de la República del Ecuador, Registro Oficial N°. 449 del 20 de octubre del 2008, uno de los derechos de los que gozan los ciudadanos es a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, declarándose además de interés público la preservación del ambiente y la conservación de los ecosistemas (artículo 14).

Por otro lado, la Universidad Técnica de Cotopaxi en conjunto con la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente crea espacios de investigación técnica, científica, social, productiva y ambiental, generando con ello conocimiento que permite la renovación continua, produciendo mecanismos necesarios para enfrentar los problemas y desafíos futuros, por ende, se ha visto en la necesidad de analizar la calidad del aire en el sector San Juan de Bellavista mediante el monitoreo con la finalidad de conocer los niveles de contaminación existentes y para dar cumplimiento con la Normativa Vigente del Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo 4 en la que se menciona los Límites Máximos Permisibles para material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$.

Es por ello, que el monitoreo de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) es una herramienta esencial, que sirvió para obtener información de gran importancia, esta tiene diversas aplicaciones para la comunidad académica, la sociedad civil y las autoridades ambientales. Además, permitirá establecer acciones para reducir los riesgos del impacto de la contaminación sobre el ambiente y la salud de la población.

Por último, este proyecto de investigación perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi está enfocado en crear vínculos con la sociedad, estudiantes y docentes ya que son quienes transfieren los conocimientos que contribuyen a la solución de problemas sociales y al bien común. Cuanto más, si el conocimiento transferido colabora a conformar una identidad ciudadana democrática y participativa.

BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1.

Beneficiarios del proyecto de investigación

Beneficiarios Directos	Beneficiarios Indirectos
Población	Población
Cantón Saquisilí: 31.426	Provincia de Cotopaxi: 488.716
Total: 528.642	

Fuente: (INEC, 2020).

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según (Albert, 2007) considera que, la contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial que normalmente es analizado en dos escalas que difieren en el impacto y el tipo de los contaminantes emitidos: los que tienen un impacto a escala global y local. Los principales contaminantes que tienen influencia mundial son los gases de efecto invernadero y gases destructores de ozono estratosférico, los cuales tienen como consecuencia el calentamiento global, los cambios en los patrones climáticos y la destrucción de la capa de ozono que protege a la biosfera de la radiación ultravioleta (UV), aunque también pueden tener algunos efectos locales asociados con el empeoramiento de los efectos de los contaminantes que tienen impacto a escala local.

De hecho, éstos últimos son los causantes de la baja calidad del aire, con sus implicaciones sobre la calidad de vida de la población, y están representados principalmente por un grupo de seis contaminantes; material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} monóxido de carbono (CO), compuestos irritantes (acroleína), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), compuestos orgánicos volátiles y dioxinas (Espinoza, 2014).

Por otro lado, el sobre crecimiento de la población es uno de los problemas más importantes de la sociedad ecuatoriana, y cuanto mayor sea la población, los servicios deben ser de mayor

calidad para satisfacer todas las necesidades humanas, como servicios básicos, agua, electricidad, comida, teléfono, internet y el transporte, desde aquí provienen los problemas, el progreso de la sociedad hacia el desarrollo de la tecnología con el transporte y las industrias grandes y pequeñas, están impulsando el crecimiento del impacto medio ambiental.

Si bien es cierto, el barrio San Juan de Bellavista es un sector del cantón Saquisilí que ha ido aumentando su población considerablemente, extendiéndose cada año aún más su zona urbana, trayendo consigo varias actividades como la producción de carbón.

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.

OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Evaluar la calidad de aire y distribución de las emisiones producidas en los hornos artesanales para la elaboración de carbón en el Barrio “San Juan de Bellavista”.

6.2. Objetivo Específico

- Identificar los pasos dentro del proceso de elaboración del carbón.
- Monitorear la contaminación de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ para el análisis en base a la normativa vigente.
- Determinar la distribución de los puntos de emisiones de material particulado en base a mapeo.
- Proponer estrategias de mitigación para la concentración de material particulado en la elaboración de carbón vegetal.

ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2

Actividades y sistema de tareas

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
Identificar los pasos dentro del proceso de elaboración del carbón.	Recopilación de información bibliográfica, PDYOT. Reconocimiento de campo en base a la visita in situ en el presente proyecto.	Revisión de fuentes bibliográficas. Diagnóstico y caracterización de las actividades	Diagrama de procesos productivos del carbón.
Monitorear la contaminación de material particulado PM10 y PM2.5 para el análisis en base a la normativa vigente.	Georreferenciación de los puntos de estudio. Medición de las partículas suspendidas en el aire con la maquina E-BAM.	Protocolo de medición y muestreo de material particulado.	Base de datos de la máquina E-BAM “Excel” Libreta de campo con las coordenadas georreferenciadas
Determinar la distribución de los puntos de emisiones de material particulado en base a mapeo.	Elaboración de mapas temáticos de la concentración del material particulado en el software ArcGIS.	Aplicación de los sistemas de información geográfica IDW.	Mapas analógicos y digitales temáticos de la concentración del material particulado PM 10 y PM 2.5.
Proponer estrategias de mitigación para la concentración de material particulado en la elaboración de carbón vegetal.	Identificación de los niveles altos de contaminación de material particulado en cada uno de los puntos monitoreados.	Estrategias de mitigación.	Proponer estrategias de mitigación para la concentración de material particulado en la elaboración de carbón vegetal.

FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1. Atmósfera

La atmósfera es una envoltura de gas de unos 200 km de espesor que rodea la Tierra. Constituye el principal mecanismo de defensa para diversas formas de vida, se necesitaron miles de millones de años para lograr su composición y estructura actuales que lo hacen adecuado para los ritmos respiratorios de los organismos que lo habitan (Veliz, 2016). Estas categorías se muestran a continuación en el gráfico N° 1.

8.2. Capas atmosféricas

Gráfico 1.

Capas de la atmósfera



Fuente: (Cuevas, 2019)

8.2.1. La troposfera

(Pacheco, 2017), menciona que la troposfera es la capa que está en contacto con la superficie de la Tierra, donde todos los seres vivos se desarrollan durante su ciclo de vida. El espesor medio de esta capa es de 12 km sobre el nivel del mar, aunque esta cifra varía con la latitud, con un máximo en el Ecuador y un mínimo en los polos.

8.2.2. La estratósfera

Es la capa protectora de la tierra, puesto a que se encarga de evitar el paso de los rayos ultravioletas, esta capa también es conocida como ozonósfera.

(Atasu, 1976), define a la estratósfera como una capa similar a la troposfera; en esta hay muy poco vapor de agua y el gradiente de temperatura es opuesto, la temperatura aumenta de 10 a 20 °C a una altitud de 60 km. Este aumento se debe a la a que el ozono absorbe las radiaciones ultravioletas e infrarrojas provenientes del sol. Una de las principales funciones de la estratosfera es que actúa como filtro de esta radiación.

8.2.3. La mesósfera.

En esta capa se generan las reacciones químicas y diversas transformaciones energéticas. Es la encargada de quemar los meteoritos una vez que se acercan a la misma, e inmediatamente son transformados en las denominadas estrellas fugaces.

8.2.4. La termósfera o ionosfera.

Esta es la capa más lejana de la atmósfera jamás conocida, la temperatura aumenta con la altitud y supera los 500 grados Celsius a 200 kilómetros. Esto se debe a la absorción de los rayos ultravioleta por el oxígeno molecular y el nitrógeno. En esta el aire es ionizado por la radiación solar.

8.3.El aire

El aire limpio es una mezcla de gases compuesta por un 78 % de nitrógeno, un 21 % de oxígeno y un 1 % de varios compuestos, como argón, dióxido de carbono y ozono.

(Cabildo, 2013), manifiesta en su trabajo de investigación que, la contaminación del aire es cualquier cambio en el equilibrio de los componentes anteriormente mencionados, alterando así las propiedades físicas y químicas del aire.

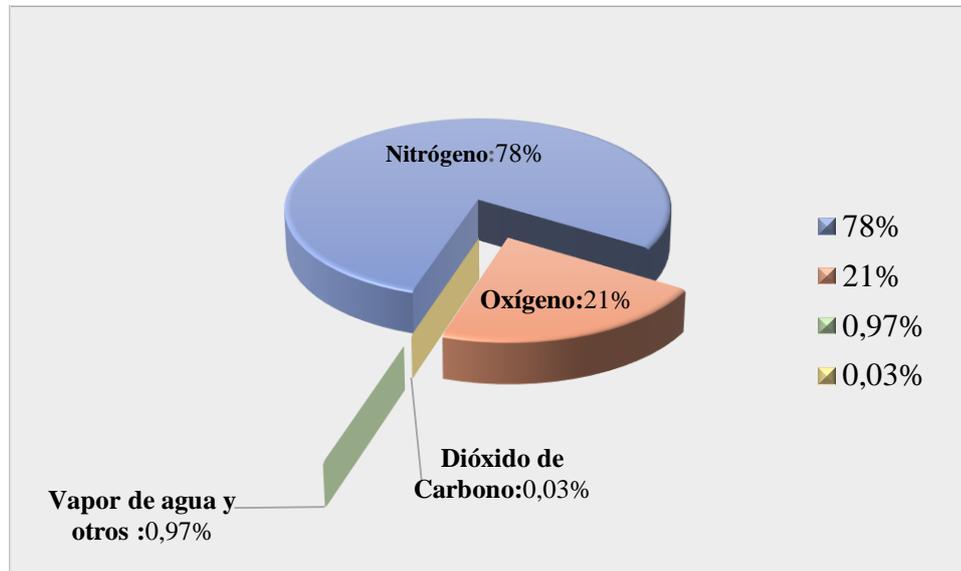
En este contexto se sostiene que el aire es un bien disponible libremente en cantidades casi ilimitadas porque es suficiente para satisfacer las necesidades de las masas. No es un bien escaso y por lo tanto tampoco una ventaja económica.

8.4.Componentes naturales del aire

El aire atmosférico es una mezcla de gases que parece haber evolucionado durante miles de millones de años hasta su composición actual. Sus componentes naturales son nitrógeno, oxígeno y algunos gases raros o inertes. Otros componentes, como el dióxido de carbono y el vapor de agua, varían según el lugar y tiempo. En el gráfico N° 2 se puede observar los componentes naturales que se encuentran en el aire.

Gráfico 2.

Composición de un aire "normal" no contaminado



Fuente: (Ciencias Naturales, 2009).

8.5. Contaminación del aire por la combustión de leña

La Organización Mundial de la Salud ha manifestado que la mitad de la población mundial depende de combustibles sólidos, como la madera, el carbón, residuos agrícolas o estiércol, para satisfacer sus necesidades energéticas básicas. Es decir, que más de dos mil millones de personas dependen directamente de la biomasa como principal o única fuente de energía.

(Cortés, 2013), menciona que, en zonas urbanas una de las principales fuentes de contaminación del aire son los gases de escape de vehículos y las emisiones de fábricas y centrales eléctricas. Sin embargo, en sectores donde el carbón y leña se permite como fuente de energía, su combustión también constituye uno de los principales agentes de contaminación del aire.

8.6. Principales contaminantes producidos al quemar leña

Cuando se quema leña se crean compuestos que pueden causar una gran cantidad de malestares, desagradables, entre ellos: irritación de ojos, nariz y garganta; dolores de cabeza; náuseas, y mareos. Algunos de estos compuestos son:

8.6.1. Material particulado (PM)

Las partículas (PM) se definen como un grupo de sólidos y líquidos suspendidos en la atmósfera o en el caso de partículas más grandes, que se depositan muy lentamente en las superficies. Pueden considerarse contaminantes primarios y secundarios, ya que las nuevas partículas pueden ser emitidas directamente o generadas por reacciones químicas en la atmósfera (Trelles, 2018).

(Arciniégas, 2015), señala que dentro del material particulado (PM) se pueden diferenciar los aerosoles, hollín, arena y polvo, etc. Estos son un grupo de contaminantes de muy diversas características físicas y químicas y son emitidas por distintas fuentes. Generalmente, su clasificación depende del diámetro que alcanzan las partículas ya que algunas son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico. En el gráfico N° 3 se indica el origen del material particulado ya sea por fuentes naturales o antropogénicas.

Gráfico 3.

Origen del material particulado



Fuente: *Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.*

8.6.2. 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 μm respectivamente. A las partículas finas se las denomina $\text{PM}_{2.5}$.
- **Material particulado grueso, o PM_{10} :** Se refiere al conjunto de partículas de tamaño inferior a las 10 μm . Y son denominadas PM_{10} .
- **Partículas totales suspendidas:** Hacen referencia a prácticamente todas las partículas con hasta cerca los 50 μm de diámetro.

8.6.3. 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.

8.6.4. Tipos de material particulado

- **PM₁₀**

(Rodríguez, 2014), se refiere al PM₁₀ como al grupo de todas las partículas de menos de 10 µm. La mayoría de estas partículas provienen de la erosión del suelo o son parte de las emisiones marinas y, debido a los tamaños más grandes, a menudo alcanzando la superficie en cada concentración. Las partículas juegan un papel muy importante en la atmósfera. Por un lado, contribuyen a las interacciones entre los gases aéreos, pero también actúan como un núcleo para condensar el agua, lo que permite la formación de nubes y contribuir al equilibrio de radiación izquierdo del suelo izquierdo. En áreas muy contaminadas, las partículas son responsables de reducir la visibilidad.

- **PM_{2.5}**

(Huatuco, 2012), considera que, las partículas de menos de 2.5 micras (PM_{2.5}) son muy finas y 100 veces más delgadas que el cabello humano, generalmente están compuestas de partículas sólidas o líquidas, por lo regular ácidas, que contienen hollín y otros subproductos de las emisiones de las fábricas y los vehículos.

8.6.5. Monóxido de carbono (CO)

(EPA, 2021), indica que el monóxido de carbono es un contaminante incoloro e inodoro no irritante de carácter asfixiante, pues tiene una gran afinidad por la hemoglobina (Hb), el compuesto encargado de transportar el oxígeno en los glóbulos rojos de la sangre. Al asociarse el CO a la Hb disminuye la capacidad de ésta para transportar oxígeno, lo que puede conducir a la asfixia.

Según la (OMS, 2004), la concentración de monóxido cambia alrededor de 20 µg/m³ de media durante 8 horas con picos de hasta 60 µg/m³, aunque en posiciones de baja ventilación cerca de fuentes emisiones, como en el interior de los vehículos o en estancias donde haya un proceso de combustión, pueden registrarse picos mucho más altos. Alrededor de un tercio de las concentraciones atmosféricas de este contaminante tienen una procedencia natural, proveniente

de la oxidación del metano (CH_4). También se genera CO en los incendios forestales y en las descargas eléctricas de tormentas.

En otras palabras, el monóxido de carbono es un gas que al no ser controlado de manera correcta puede provocar graves consecuencias en los seres vivos, trayendo consigo hasta la muerte.

8.6.6. Compuestos irritantes (acroleína)

Es un líquido incoloro o amarillo con mal olor. Es fácilmente soluble en agua y se convierte rápidamente en vapor cuando se calienta. Cuando se queman árboles, tabaco, otras plantas, gasolina o aceite, se forman pequeñas cantidades de acroleína que se liberan al aire. La acroleína se utiliza como plaguicida para el control de algas, malas hierbas, bacterias y moluscos, así lo manifiesta el (Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU., 2012).

8.6.7. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)

Constituyen un considerable grupo de compuestos químicos que están compuestos por átomos de carbono e hidrógeno, organizados en anillos que llevan cinco o seis átomos de carbono. Los HAP se generan durante la combustión incompleta de carbón, gases, aceites, madera, desechos domésticos y sustancias de origen orgánico en general (Agudo, 2009).

Se encuentran de forma natural en depósitos de petróleo, carbón y alquitrán y como producto del uso de combustibles, ya sean fósiles o biomasa. Algunos de ellos son: naftaleno, fenantreno y antraceno. Como contaminadores, ya sea en el medio ambiente o en el lugar de trabajo, han despertado angustia debido a que varios compuestos han sido identificados como carcinógenos (Agudo, 2009).

8.6.8. Compuestos orgánicos volátiles

(Pagans, 2006), 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 atmosfera. Algunos COV son altamente tóxicos, como el benceno, el óxido de estireno, el percloroetileno o el tricloroetileno, que son cancerígenos, o el formaldehído y el estireno, que además son disruptores endocrinos.

Es decir, que estos compuestos son aquellos hidrocarburos que se presenta 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 compuestos suele presentar un número de carbonos inferior a 12.

8.6.9. Dioxinas

Según la (OMS, 2016), las dioxinas son un grupo de productos químicos peligrosos que entran en la categoría de "contaminantes orgánicos persistentes" (COP). Proceden de procesos térmicos en los que intervienen materia orgánica y compuestos clorados en presencia de oxígeno, de combustión incompleta o de reacciones químicas, y de residuos como lodos de depuradora o residuos de vertederos. Estos son compuestos tóxicos que los humanos adquieren como subproductos no deseados, como desechos generales y, por lo general, en pequeñas cantidades (OMS, 2016).

Por consiguiente, se puede determinar que es un compuesto con una alta toxicidad y, luego de ingresar al cuerpo humano puede mantenerse durante mucho tiempo debido a su estabilidad e inmovilización en el tejido adiposo donde se almacena la sustancia.

8.7.Fuentes de contaminación

El PM se produce de dos fuentes, de origen natural y origen antropogénico:

8.7.1. Naturales

Según (Molina, 2009) las fuentes naturales comprenden las emisiones de contaminantes generados por la actividad natural de la geósfera, biósfera e hidrósfera. 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 (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), humo, polvo y cenizas.
- **Ciertas actividades de los seres vivos:** Por ejemplo, el proceso de respiración, que aumenta la cantidad de dióxido de carbono (CO_2) en el medio ambiente; la reproducción y la floración de plantas polinizadas por el viento como las malas hierbas, los olivos y las arizónicas, estas producen polen y esporas que, cuando se concentran en el aire, se transforman en la principal causa de alergias respiratorias que son conocidas como polinosis (puede afectar a más del 20% de la población urbana); la descomposición anaeróbica de materia orgánica produce grandes cantidades de metano (CH_4), etc.
- **Descargas eléctricas:** Producidas durante las tormentas, ya que el NO_x se forma por la oxidación del nitrógeno en la atmósfera.
- **El mar:** Emite cantidades significativas de partículas salinas en el aire.

8.7.2. Fuentes artificiales o antropogénicas

Es el resultado de actividades humanas y proviene en gran parte del uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas). Entre las principales actividades que provocan la contaminación del aire, podemos destacar las siguientes (Molina, 2009):

- **En el hogar:** Se usa calefacción y otros electrodomésticos que utilizan combustibles fósiles como fuente de generación de calor. El grado de contaminación descrito anteriormente requiere más o menos del tipo de combustible, así como del diseño y estado de mantenimiento de los equipos utilizados.
- **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 el caso de los automóviles privados, el nivel de contaminación depende del tipo de combustible utilizado, el tipo de motor, el uso de catalizador y la intensidad del tráfico.
- **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 (CH_4).
- **En la eliminación de residuos sólidos:** La combustión es un proceso muy común que tiene un impacto negativo en la contaminación del aire.

8.8. Transporte y dispersión de los contaminantes en el aire

La información que a continuación se describe fue tomada de la investigación de (Solano, 2007), donde manifiesta que la dispersión de contaminantes atmosféricos se ve afectada por los cambios climáticos y las condiciones topográficas. Los cambios climáticos afectan el movimiento de contaminantes. A continuación, se presentan los factores que afectan la dispersión.

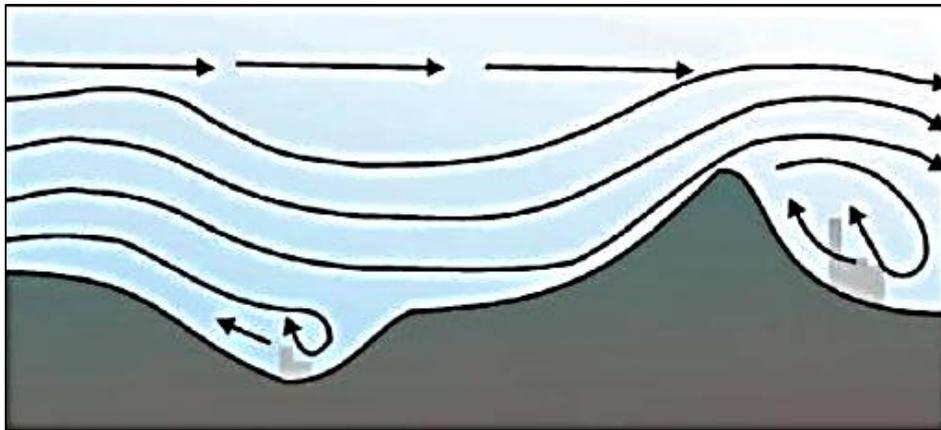
- **Viento:** La velocidad del viento puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área. Mientras mayor sea la velocidad del viento, menor será la concentración de contaminantes. El viento diluye y dispersa rápidamente los contaminantes en el área circundante.
- **Estabilidad atmosférica:** El movimiento vertical se conoce como "estabilidad atmosférica", que también afecta el transporte y la dispersión de contaminantes en el

aire. Las condiciones climáticas inestables producen una mezcla vertical. En general, el aire cerca de la superficie de la tierra es más cálido durante el día debido a la absorción de energía solar. Luego, el aire más cálido y liviano se eleva desde el techo y se mezcla con el aire de arriba, más frío y pesado. Este movimiento constante de aire crea condiciones inestables y dispersa el aire contaminado.

- **Radiación solar:** Contribuye la formación de ozono porque permite la reacción de vapores orgánicos con óxidos de nitrógeno.
- **Precipitación:** A diferencia de otros factores, la precipitación tiene un efecto positivo porque elimina las partículas de contaminación del aire (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2007).
- **Topografía:** Las ciudades ubicadas en áreas con terrenos complejos como valles o cadenas montañosas a menudo contienen altas concentraciones de contaminantes del aire. En el gráfico N° 4 y N° 5 se puede observar los efectos de los contaminantes en valles, montañas y edificios.

Gráfico 4.

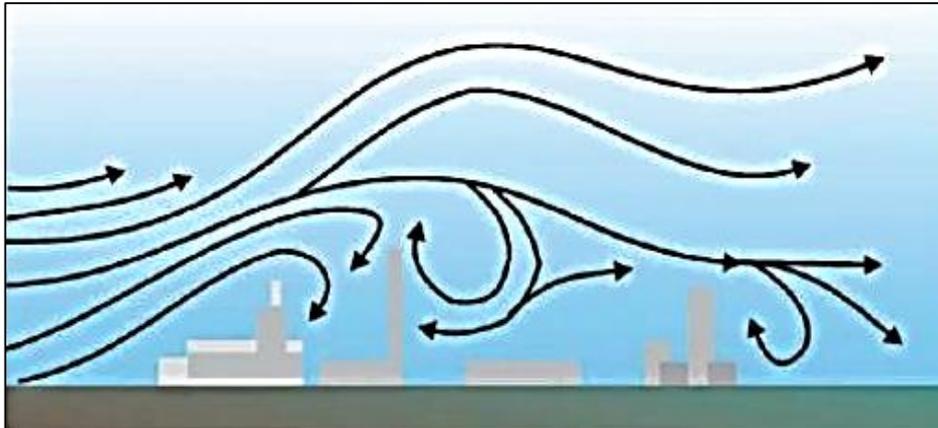
Efectos en valles y montañas



Fuente: (Morales, 2004).

Gráfico 5.

Efectos de los edificios



Fuente: (Morales, 2004).

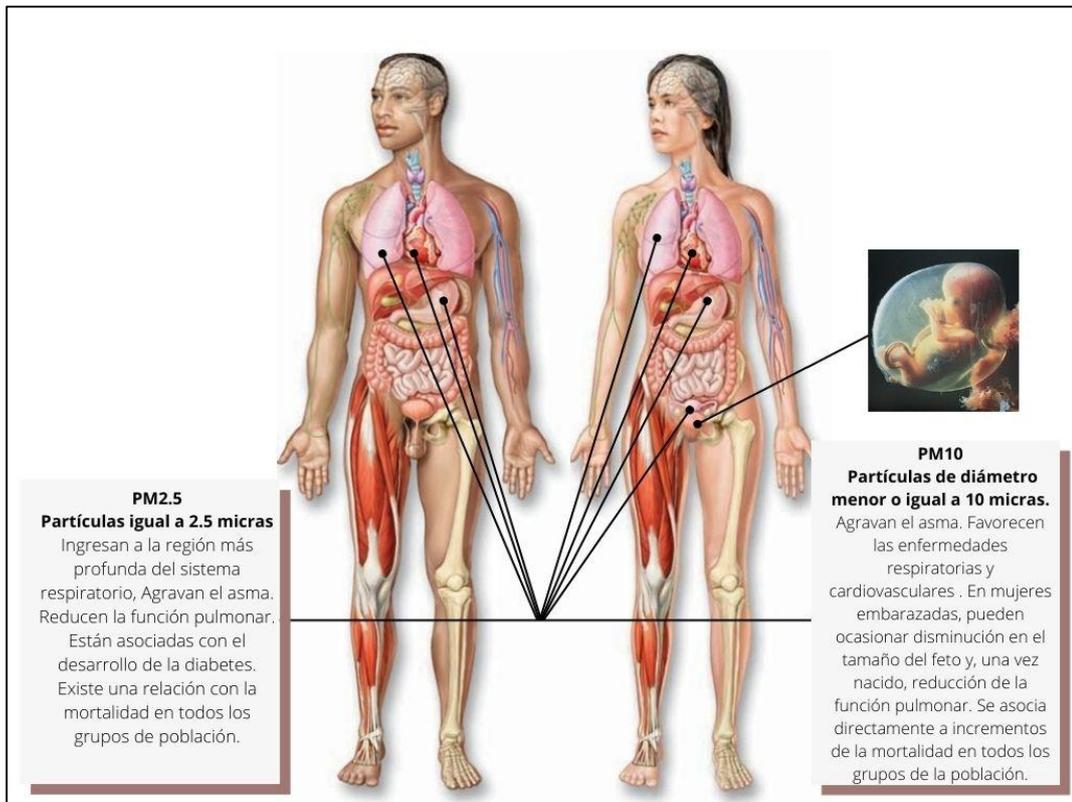
- **Humedad Relativa:** Este factor disminuye a medida que aumenta el valor de la temperatura, a medida que la atmósfera aumenta la capacidad para almacenar vapor de agua y la humedad relativa disminuye como resultado (Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca, 2016).

8.9.Efectos negativos del material particulado en la salud

Las investigaciones epidemiológicas indican que las concentraciones de material particulado en sus partículas más pequeñas en el aire causan efectos graves en la salud humana, ya que estas partículas al ingresar al cuerpo son más profundas y terminan permaneciendo en los alvéolos pulmonares participando en el proceso de intercambio de gases causante de enfermedades graves para la humanidad (Saldarriaga, 2019). A continuación, en el gráfico N° 6 se indica los daños que causa el material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el cuerpo humano.

Gráfico 6.

Efectos del material particulado en la salud



Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

8.10. Efectos sobre la vegetación y los animales

La contaminación del aire puede alterar a las plantas en diversos grados. En niveles más bajos, por ejemplo, por debajo del umbral, no hay impactos, como daños visibles, efectos acumulables crónicos, efectos genéticos o incluso transformaciones graduales en la composición vegetal del bioma. Sin embargo, incluso a este nivel, los contaminantes pueden retenerse en las plantas, ingresar a la cadena alimenticia y perjudicar a los animales que se alimentan de esas plantas (Martin, 2005).

En contexto, las plantas absorben los contaminantes directamente, intercambiando gases con la atmósfera o por la humedad absorbida por el suelo. Estos contaminantes ingresan a las plantas a través de las estomas que se ubican debajo de las hojas.

8.11. Efectos sobre los materiales

La contaminación atmosférica daña materiales como: piedra, pintura, vidrio teñido, materiales textiles, etc. Los efectos de la contaminación se pueden ver en áreas urbanas e industriales donde los edificios de piedras y los ladrillos adquieren el característico color negro. En algunas

ciudades europeas, la erosión de la mampostería de los edificios con un gran valor arquitectónico e histórico es realmente una situación seria. Los vidrios polarizados también se degradan por la contaminación del aire. En el gráfico N° 7 se puede apreciar un monumento completamente desgastado debido a la lluvia ácida provocada por contaminantes como el material particulado presentes en el aire.

En lo que se refiere al párrafo anterior, se puede expresar que la contaminación del aire trae consigo efectos de corrosión que poco a poco van dañando las infraestructuras importantes como carreteras reforzadas con acero, torres eléctricas, estructuras de aparcamientos y puentes.

Gráfico 7.

Monumento afectado por la lluvia ácida



Fuente: (Bellver, 2018)

8.12. Daño en la visibilidad

(Meneses, 2004), opina que, el deterioro de la visibilidad está relacionado principalmente con la concentración de partículas, especialmente las partículas más pequeñas, sin embargo, se acompaña de altos niveles de otros contaminantes. La niebla o smog urbano es el efecto de tener altas concentraciones de contaminantes en el aire, que muchas veces se percibe.

La relación entre la exposición a material particulado y los efectos adversos a la salud se han documentado en diferentes estudios como se ha ido revisando durante la ejecución del proyecto, el riesgo de lesión tóxica por PM se debe a las propiedades físico-químicas, las dosis de las sustancias que entran en contacto con los tejidos críticos y la respuesta de estos a las sustancias del organismo.

8.13. Carbón vegetal

Nombre científico: *Carbo lignis, Carbo vegetalis.*

Nombre vulgar: Carbón Vegetal

(Hernández, 2006), define al carbón vegetal como un residuo sólido que queda cuando se "carboniza" la madera, en condiciones controladas, en un espacio cerrado, tal es el caso del horno de tierra. El control se hace sobre la entrada del aire, durante el proceso carbonización, para que la madera no se quede simplemente en cenizas, como sucede en el fuego convencional, sino que se descomponga químicamente para formar carbón vegetal.

En nuestras palabras, el carbón vegetal se define como un material duro, quebradizo, poroso y combustible con un alto contenido de carbono. Es decir, que el carbón vegetal es un residuo sólido que queda cuando la madera se quema bajo control en un lugar fijo.

8.14. Carboneras del sector “San Juan de Bellavista”

La información presentada a continuación es redactada por experiencia propia:

Una de las actividades que conservan algunos habitantes del sector San Juan de Bellavista desde hace 9 años es la elaboración del carbón vegetal. Hoy en día existen seis carboneras en el sector y en cada una de ellas se usa el horno de tierra, este es el método más antiguo de producción, y probablemente el más extendido en todo el mundo.

8.14.1. Procesos para la obtención de carbón vegetal usando métodos artesanales

El carbón listo para su uso por parte del consumidor implica una secuencia de pasos en una cadena de producción; cada fase es fundamental y se debe completar en perfecto orden.

8.14.2. Adquisición de la madera o leña

En algunos sistemas de producción de carbón vegetal, no es necesario el establecimiento de plantaciones forestales para el abastecimiento continuo de madera. Ya que la mayoría de productores compran madera al por menor o dependiendo la economía de cada uno de ellos, en este caso la madera utilizada para dicha elaboración es pino (*Pinus L*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*).

8.14.3. Transporte de la leña

Básicamente, el transporte de la leña desde el lugar extraído hasta un costado del horno se realiza de 3 formas: "tirando"(jalando), "al hombro" o tirando de animales. Pero hoy en día, el productor de carbón lo hace en camión o vehículo propio en caso de tenerlo.

8.14.4. Preparación del suelo

Antes de recolectar la leña, se debe escoger y arreglar el terreno para la elaboración del carbón. El suelo específico será el sitio en el que ya ha sido producido carbón, es necesario el uso de azadones y palas para remover la tierra y realizar un rectángulo de 2.8 m de ancho y el largo depende de la madera con la que cuenta el productor.

8.14.5. Secado de la leña

Una vez depositada la leña en el sitio de producción, se utiliza el método de secado natural o al aire libre, este método es el menos sofisticado ya que consiste en exponer la madera a condiciones ambientales como: temperatura, humedad y velocidad de circulación de aire. El tiempo de secado tarda de 8 a 12 días, todo esto se realiza con el fin de que el producto final sea en mayor cantidad y mejor calidad.

8.14.6. Formación del horno

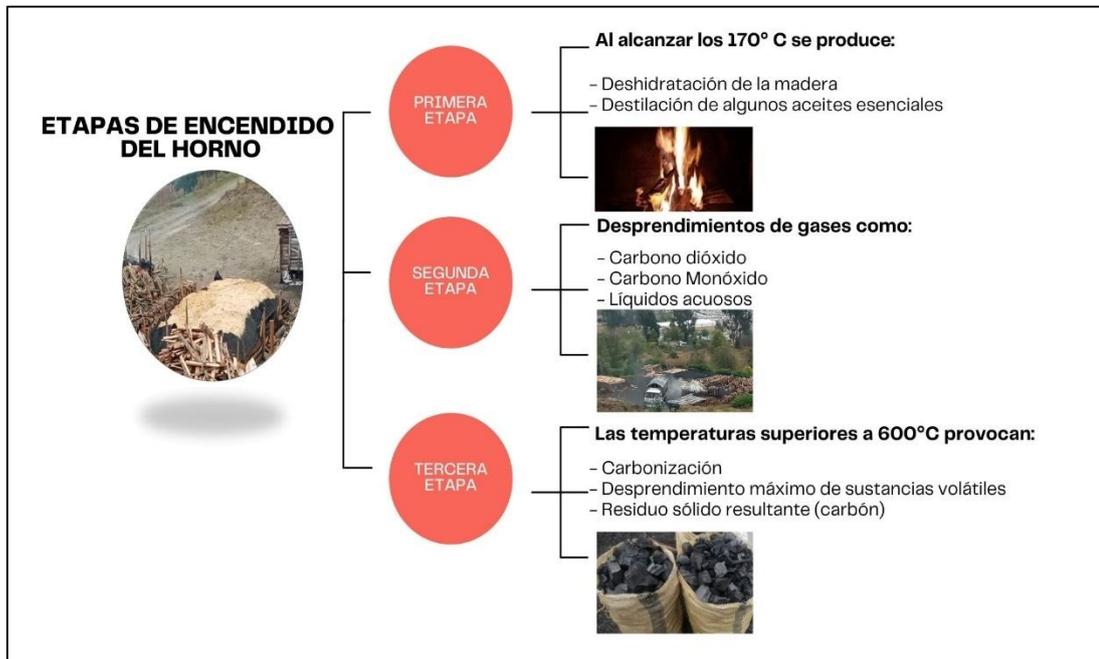
Una vez limpio el suelo se coloca pequeños troncos los cuales servirán como alzas y sobre ellos se colocará destapes (jampas) de madera, luego se acomodará la leña encima de los destapes de manera horizontal y como fase final se procederá a tapar la leña ya acomodada con aserrín, tierra o chambas (pedazos de césped) del mismo lugar.

8.14.7. Encendido

Cerca del horno se enciende una pequeña hoguera, la brasa obtenida junto a pequeños trozos de leña se van introduciendo con la ayuda de una pala a través de la chimenea. Con un “barnero” (vara de 3 o 4 m. de longitud y de 5 a 8 cm. de grosor) se introduce las brasas y leñas hasta alcanzar el fuego con la fuerza suficiente para no extinguirse en el momento de tapar la chimenea. El siguiente gráfico N° 8 se indica las tres etapas de encendido de un horno de tierra (Aretxabala, 2014).

Gráfico 8.

Esquema gráfico de las etapas de encendido del horno



Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

8.14.8. Enfriado

Una vez terminada la quema se procede a quitar la cubierta de aserrín y tierra con ayuda de una pala o rastrillo, luego se riega agua en la ceniza que aún se encuentra encendida, el enfriado dura 15 minutos y al día se consume hasta 40 litros de agua.

8.14.9. Ensacado

Este residuo sólido conocido comúnmente como “carbón”, es ensacado por los propios carboneros, para luego ser clasificado y almacenado en saquillos de colores diferentes (negro y amarillo).

8.15. Métodos para producir carbón vegetal

8.15.1. Método de fosa

Hay dos formas diferentes de utilizar la barrera de tierra en la producción de carbón vegetal: La primera es cavar una fosa, rellenarla con madera y cubrirla con tierra excavada para aislar la cámara. Y la otra forma es cubrir un montículo o pila (parva) de madera sobre el suelo, con tierra. La tierra forma una barrera aislante impermeable a los gases necesarios, después de lo cual puede ocurrir la carbonización sin introducirse el aire, lo que resulta en la combustión de carbón y su conversión en cenizas (FAO, 1983).

En este método se requiere una capa profunda de suelo. El capital de inversión es bajo; todo lo que necesitas es una pala, un hacha y una caja de fósforos, pero es un método que desperdicia mucho los recursos ya que es difícil controlar la circulación de los gases en la fosa. Gran porcentaje de la leña se convierte en cenizas por mucho aire y otra parte queda carbonizada parcialmente. En el gráfico N° 9 se puede observar la fosa de tierra durante la etapa de carga y en el gráfico N° 10 la fosa de tierra durante la quema (Amilcar, 2013).

Gráfico 9.

Fosa de tierra durante la fase de carga



Nota. *En el gráfico se puede observar el método de fosa que es utilizado para la elaboración de carbón vegetal.*

Fuente: *(Guillen, 2011)*

Gráfico 10.

Fosa de tierra durante la quema



Nota. *En el gráfico se puede notar las chimeneas de acero y la cubierta hecha con láminas, las cuales están selladas con tierra.*

Fuente: *(Guillen, 2011)*

8.15.2. Método de parvas

Una alternativa a excavar una fosa es amontonar la madera en el suelo y cubrir la parva con tierra. Este también es un método muy primitivo y es usado ampliamente en muchos países, descubriendo muchas diferencias en el método básico. La parva también es más práctica en áreas agrícolas, donde las fuentes de leña pueden estar dispersas y es deseable producir carbón vegetal cerca de ciudades u otros sitios permanentes. El sitio de una parva puede ser usado repetidamente. La leña que será carbonizada en una parva puede también ser juntada sin apuro durante un lapso de meses, apilada en posición, haciendo que se seque bien antes de tapar y quemar. Más adelante, se puede apreciar en el gráfico N° 11 el horno de parva o tierra en su etapa de construcción y en el gráfico N° 12 el horno de tierra completamente terminado (FAO, 1983).

Gráfico 11.*Construcción del horno de tierra o parva*

Nota. Para la construcción del horno de parva o tierra la madera es apilada sobre el suelo y luego cubierta con tierra.

Fuente: (Guillen, 2011)

Gráfico 12.*Horno de tierra completamente construido*

Nota. Horno de parva o tierra en el que se indica el punto de encendido.

Fuente: (Guillen, 2011)

8.15.3. Método de hornos de ladrillo

Los hornos de ladrillos pueden variar en forma, tamaño y número de chimeneas. Los ladrillos son colocados sin cemento, con una mezcla de barro. Generalmente los ladrillos se realizan en

el sitio de carbonización. Los costos de construcción son pequeños, el rendimiento es justo y son fáciles de usar por lo que su uso fue extendido. En el gráfico N° 13 se puede apreciar la construcción de un horno media naranja en el que se utilizan solo ladrillos y en el gráfico N° 14 el mismo horno ya terminado (Pinheiro, 2017).

Gráfico 13.

Construcción de un horno de ladrillo media naranja

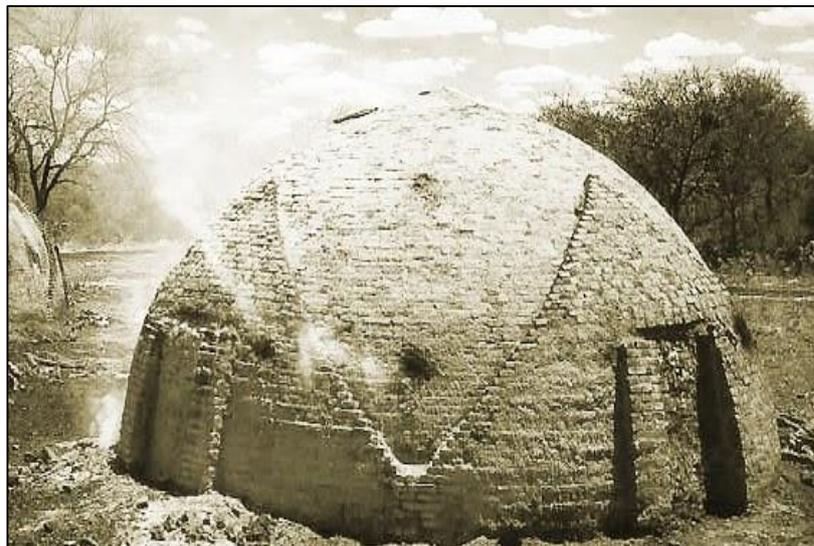


Nota. *Para la construcción de un horno de ladrillo se requiere de un espacio limpio y levemente compactado como se observa en la gráfica.*

Fuente: *(Guillen, 2011)*

Gráfico 14.

Horno media naranja completamente terminado



Nota. *Horno media naranja en el que se observa las puertas completamente selladas.*

Fuente: *(Guillen, 2011)*

8.15.4. Método de hornos metálicos

El horno consta de dos partes cilíndricas entrelazadas y una tapa cónica. La tapa está equipada con cuatro orificios para vapor, espaciados uniformemente, que, si es necesario, se pueden cerrar con la tapa. El horno descansa sobre ocho conductos de entrada/salida de aire, dispuestos radialmente alrededor de la base. Durante la combustión, las cuatro chimeneas de humo se entrelazan en conductos de aire alternados. En el gráfico N° 15 se puede visualizar el horno metálico transportable completamente armado y en el gráfico N° 16 los puntos de encendido (Topa, 2020).

Gráfico 15.

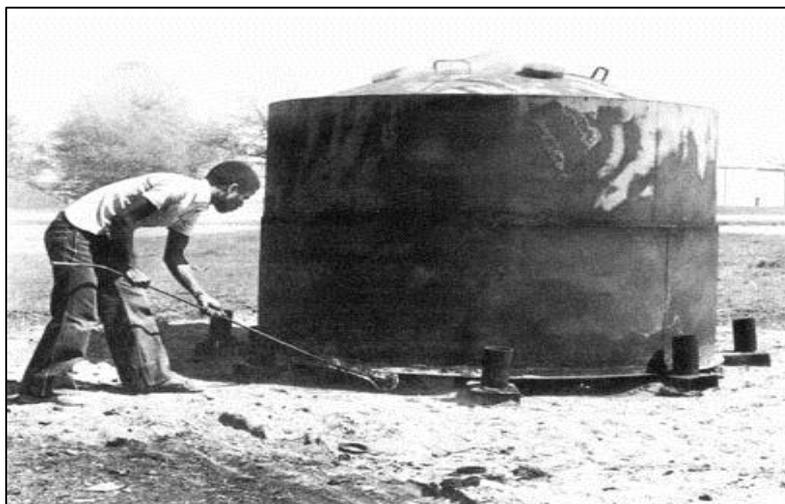
Horno metálico transportable



Fuente: (Guillen, 2011)

Gráfico 16.

Puntos de encendido



Fuente: (Guillen, 2011)

8.15.5. Equipo utilizado para el monitoreo

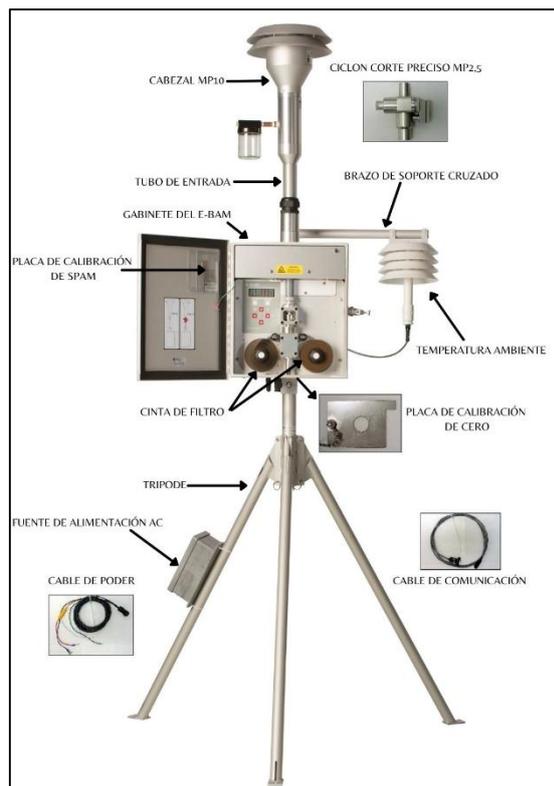
El E-BAM es una pantalla portátil de aire atmosférico basada en el principio de absorción/atenuación beta. La atenuación beta es una técnica probada, que se ha utilizado para el monitoreo de partículas durante los últimos 40 años.

La atenuación beta es definida como una reducción en el conteo del número de partículas beta debido a la absorción producida por los medios interpuestos. El E-BAM usa Carbono 14 (^{14}C), un isótopo radioactivo natural, es una fuente de partículas beta. Las partículas beta del ^{14}C son electrones que se emiten desde el núcleo de un átomo, cuando un neutrón es fraccionado (decae) a un protón y un electrón.

En el siguiente gráfico N° 17 se muestra las partes por las cuales está compuesta la máquina E-BAM.

Gráfico 17.

Máquina E-BAM



Nota. Equipo Portátil E-BAM con todas sus partes, obsérvese en la parte superior del gráfico el cabezal para medición de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Ventajas del equipo

- Manejo claro y rápido
- Fácil medición de PM

- Equipo moderno
- Pantalla que puede ser leída directamente
- Conexión a la computadora de manera fácil
- Obtención de datos de manera fácil e inmediata.

9. MARCO LEGAL

9.1. 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 de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Constitución del Ecuador, 2008).

9.2. Código Orgánico del Ambiente (COA)

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

Art. 190.- De la calidad ambiental para el funcionamiento de los ecosistemas. Las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su restauración (COA, 2017).

Art. 193.- Evaluaciones adicionales de la calidad del aire. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, según corresponda, dispondrán evaluaciones adicionales a las establecidas en la norma a los operadores o propietarios de fuentes que emitan o sean susceptibles de emitir olores ofensivos o contaminantes atmosféricos peligrosos. La norma técnica establecerá los métodos, procedimientos o técnicas para la reducción o eliminación en la fuente de emisiones de olores y de contaminantes atmosféricos peligrosos (COA, 2017).

9.3. 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 (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019).

9.4. Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) 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 en el 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 calidad de aire, 2015)

- **Material particulado menor a 10 micrones (PM₁₀)**

El promedio aritmético de la concentración de PM₁₀ de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM₁₀ cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norma de calidad de aire, 2015).

- **Material particulado menor a 2.5 micrones (PM_{2.5}).**

El promedio aritmético de la concentración de PM_{2.5} de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM_{2.5} cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norma de calidad de aire, 2015)

Tabla 3.*Concentraciones de contaminantes en la calidad del aire*

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Material particulado PM ₁₀ Concentración en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	250	400	500
Material Particulado PM _{2.5} Concentración en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150	250	350

Nota. Existen 3 niveles de alerta, alarma y emergencia en lo referente a la calidad del aire.

Fuente: (Norma de Calidad de Aire, 2015).

La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada al Sistema Único de Manejo Ambiental podrá proceder a la ejecución de las siguientes actividades mínimas:

9.4.1. 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 a ciertas fuentes estacionarias que no reinicien la combustión que se encuentre inactiva (Norma de calidad de aire, 2015).

9.4.2. 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 verificado niveles alarmantes (Norma de calidad de aire, 2015).

9.4.3. Nivel de Emergencia

- Informar al público del nivel de emergencia.
- Prohibir el paso y estacionamiento de vehículos, al igual que el funcionamiento de fuentes de combustión estacionarias en el área de prueba de emergencia. Se debe considerar la posibilidad de extender esta prohibición a todas las fuentes de

combustión, así como a los vehículos de motor ubicados en el área bajo responsabilidad de la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental (Norma de calidad de aire, 2015).

PREGUNTA CIENTÍFICA

¿La medición de PM_{10} y $PM_{2.5}$ ayudó a determinar si la generación de material particulado en las tres carboneras, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles según la Normativa Ambiental Vigente?

METODOLOGÍA

9.5. Tipos de investigación

9.5.1. Investigación Bibliográfica

Para (Sabour, 2017), “Es la investigación que garantiza la obtención de la información relevante la consulta y permite el estudio de documentos que puede ser muy extenso”.

Por medio de la investigación bibliográfica pertinente, eficaz y exhaustiva en artículos, tesis, Libros, Manual de Operación E-BAM, PDYOT del GADMC 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, se obtuvo información respecto al área de estudio, por tal motivo se pudo conocer datos, antecedentes y problemas que trae consigo la elaboración de carbón vegetal en el barrio San Juan de Bellavista.

9.5.2. Investigación de campo

Según (Trece, 2016), la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios).

Para llevar a cabo la investigación de campo se realizó un recorrido por el área de estudio, donde se determinó de manera visual los 3 puntos estratégicos para el monitoreo de material particulado, de igual forma se tomó en cuenta el protocolo de medición de la máquina E-BAM.

El barrio San Juan de Bellavista es considerada una zona de alta producción de carbón. Las coordenadas geográficas fueron las siguientes: P1= X: 758659; Y: 9908083; Z: 3009, P4= X: 758867; Y: 9908315; Z: 2980, P6= X: 758872; Y: 9908692; Z: 3012.

9.6.MÉTODOS

Los métodos que fueron utilizados para la realización del proyecto son:

9.6.1. El método Descriptivo

Según (Marroquín, 2012), “ El método descriptivo consiste en describir y evaluar ciertas características de una situación particular en uno o más puntos del tiempo.

Este método se utilizó para conocer el estado actual de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el área de estudio que en este caso fue las carboneras del sector “San Juan de Bellavista, teniendo en cuenta sus características y su influencia en la población involucrada

9.6.2. Método Inductivo

(Dávila, 2006), menciona que “es un modelo de investigación que determina el grado en que las hipótesis o preguntas científicas son apoyadas”.

Se empleó este método ya que el problema parte de una pregunta científica la misma que fue contestada mediante un análisis de datos de cada punto de muestreo, y los resultados fueron interpretados y comparados con el fin de determinar las concentraciones que tienen mayor influencia hacia el ambiente.

9.6.3. Método analítico

(Hernández, 2017), define que “es la desmembración de un todo descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, naturaleza y los efectos”.

Este método permitió analizar los distintos puntos de monitoreo y conocer más del objeto de estudio, por lo que se pudo comprobar, comprender y explicar, el porqué de las concentraciones de material particulado (PM) en la zona de estudio.

9.6.4. Método estadístico descriptivo

(Vidal, 2014), manifiesta que “este método ayuda a comprender la estructura de los datos, de tal manera detectar tanto un patrón de comportamiento general como comportamientos del mismo”.

Los datos obtenidos durante el tiempo de monitoreo en los puntos de estudio, permitió conocer las concentraciones de material particulado, por lo que se pudo elaborar gráficas mediante Excel, para luego ser comparadas con la Normativa Legal Vigente del Ecuador (TULSMA).

9.7.TÉCNICAS

Para la realización de la presente investigación se empleó las siguientes técnicas:

9.7.1. Observación Directa

Según (González, 2005) expresa que: “la observación directa consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conducta manifiesta”. A través de esta técnica el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación.

Es importante conocer de manera directa el problema que se está investigando, por lo que esta técnica fue importante para la determinación de los puntos a ser monitoreados, y así poder recopilar información necesaria para llevar a cabo el registro correspondiente de los puntos.

9.7.2. Monitoreo

Este proceso ayudó a recolectar datos cada 10 minutos durante 24 horas en los diferentes puntos de muestreo, según lo establece la Normativa Ambiental Vigente Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo 4. Y con apoyo del equipo E-BAM.

9.7.3. Selección del Sitio de Muestreo

La información que se presenta a continuación fue tomada del manual de operación E-BAM: Para la selección de los sitios de monitoreo se tomaron en cuenta las carboneras que producían mayor cantidad de carbón, además de la velocidad y dirección del viento. Según el manual de operación E-BAM, el sitio óptimo para el monitoreo del aire ambiental es un lugar donde el E-BAM esté cerca de la zona de respiración (breathing zone) de las personas, esto quiere decir que el equipo debe situarse en una zona alta. Sin embargo, por consideraciones prácticas, tales como, la prevención de vandalismo, por seguridad, adecuada accesibilidad, disponibilidad de electricidad, etc., a menudo requieren que el E-BAM sea instalado en un sitio elevado, la toma de aire de entrada del E-BAM debe ubicarse entre 2-15 metros sobre el nivel del suelo.

a. Criterios de ubicación o instalación del equipo E-BAM

- El equipo E-BAM debe ser ubicado cerca de la zona de respiración de las personas.
- Si el E-BAM va a ser instalado en un techo u otra estructura, debe existir 2 metros de distancia como mínimo de separación de paredes, parapetos, casas, etc. y de los árboles debería ser ubicado al menos a 20 metros desde la línea de goteo de los árboles.

- Si el equipo E-BAM se coloca cerca de una calle de menor tráfico, debe estar a una distancia mayor de 5 metros del límite de la vía de tráfico más cercana y entre 2 a 15 metros sobre el nivel del suelo.
- El equipo E-BAM se ubicó en un lugar donde no existía mucha cobertura vegetal. De manera que, se procedió a colocar un plástico de $3m \times 3m$ en el suelo y de esta forma evitar que el arrastre de polvo resuspendido ó polvos fugitivos afecte en las mediciones.
- Después de ser armado e instalado el equipo E-BAM a una altura de 3 metros fue sujetado con cadenas y asegurado con candados para prevenir una caída accidental ya que, en el área de estudio existen fuertes corrientes de aire.

b. Instalación y Armado del Equipo E-BAM

Existen siete pasos básicos para ensamblar/armar un E-BAM.

1. Armado del trípode. - Esto se puede hacer fácilmente si el trípode es dado vuelta. Retire uno de los seguros de acero inoxidable y gire la pata hasta que el extremo de la lengua quede entre las dos placas y coincida con el orificio; Luego se procede a reinsertar el seguro.
2. Asegurar el trípode. - Este es estable en el caso de que no exista viento. Para vientos superiores a 30 (*mph*) o 13,0 *m/s*, el trípode debe fijarse o atornillarse a una base resistente. Para este propósito, han sido proporcionados agujeros en los pies del trípode.
3. Levantar el gabinete del E-BAM con el tubo de entrada orientado hacia arriba. - Deslizar la ranura ubicada en la parte posterior del E-BAM dentro del soporte de enganche ubicado en la parte superior del trípode. Fijar la parte inferior del gabinete E-BAM al trípode usando el perno de $\frac{1}{4}$ ".
4. Remover el tapón de plástico negro desde el tubo de entrada y colocar el tubo Adaptador corto de aluminio.
5. Tomar el cabezal de muestreo MP_{10} y colocarlo sobre el Tubo Adaptador corto.
6. Instalar el brazo de soporte en el tubo y enganchar el sensor de temperatura y conectar el conector del cable de señal de 5 pines a la entrada ubicada en la parte de abajo del gabinete.
7. Encender la máquina y conGráficor la operación para empezar el muestreo.

9.7.4. Análisis de Datos

Se utilizó Excel para realizar un análisis estadístico de los datos, en el cual se calculó la media de los datos obtenidos de los tres puntos de monitoreo, lo que permitió determinar el grado de

contaminación de material particulado en el área de estudio en comparación con la Normativa Ecuatoriana Vigente.

9.8. Instrumentos

- **GPS:** Es un sistema de posicionamiento de escala global, el cual permitió conseguir las coordenadas x; y; z.
- **Computadora:** Se empleó para la elaboración, manejo y análisis de los respectivos resultados.
- **ArcGIS:** Mediante el software ArcGIS se pudo crear mapas de ubicación del área de estudio y de los puntos de muestreo.
- **Cámara:** Se fotografió los puntos en los que se realizó el monitoreo.
- **E-BAM:** Es una pantalla portátil de aire atmosférico basada en el principio de absorción/ atenuación beta, esto permitió el monitoreo del material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}.
- **Excel:** Sirvió para realizar los cálculos estadísticos, gráficas de barras y gráficas de pastel con los datos obtenidos.
- **Software COMET:** Para exportar los datos de la máquina E-BAM a nuestro computador.

9.9. Diseño no experimental

Media aritmética: Se obtiene a partir de la suma de todos los datos obtenidos y dividiendo el resultado entre el número total de sumandos; esto fue de ayuda para obtener el promedio de los datos que se obtuvieron en el muestreo (García & García, 2004).

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n = 1X_i}{N}$$

\bar{x} = Media Aritmética

Σ = Sumatoria

X_i = Datos obtenidos

N = Número de datos totales de la muestra

9.10. Área de Estudio

9.10.1. Ubicación del Cantón Saquisilí

El Cantón Saquisilí está ubicado en la parte central de la Provincia de Cotopaxi, tiene una extensión de 20.549,28 Has; ocupa el 3.36 % del territorio Provincial. Se encuentra a 13 km de la ciudad de Latacunga (cabecera provincial); a 6 km de distancia de la vía panamericana, la entrada es por una carretera asfaltada; su altura es de 2240 a los 4280 msnm; una temperatura

promedio de 14 °C y una precipitación anual de 750 mm (Municipio del Cantón Saquisilí, 2014).

9.10.2. Reseña histórica

El Cantón Saquisilí fue creado por el Congreso Nacional, mediante Decreto expedido el 18 de octubre de 1943. En su Art. 2, se determinan los límites: " por el Sur, de Occidente a Oriente, de los páramos de Tigua desde el cerro, el Predicador", sigue el camino de Yurac - Rumi a la quebrada seca de las haciendas de " la Compañía" y " la Rioja", hasta el puente sobre la acequia que conduce aguas de regadío a las haciendas " la Rioja" y " Tilipulito" y de allí, en línea recta, al puente sobre el Río Pumacunchi en la carretera de Latacunga a Saquisilí, sigue el curso del Río Negro aguas arriba, hasta el puente, en la carretera Toacaso - Sigchos, continuando luego por esta carretera hasta los páramos de Guingopana. Por el Occidente, de Norte a Sur: de los páramos de Guingopana al nevado de YanaUrcu y de aquí por las cordilleras de la Provincia y Guangaje hasta el cerro Predicador." (GADMC Saquisilí, 2019).

9.10.3. Delimitación

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

- **Por el Norte, Sur y Este**

Limita con el cantón Latacunga

- **Por el Oeste**

Limita con los cantones Sigchos y Pujilí

9.11. Medio Físico

9.11.1. 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 semihúmedo, ubicado en la parte Este del cantón con el 14.77% que están ubicados en las parroquias de Canchagua, Saquisilí y Chantilín y por último el clima Ecuatorial Mesotérmico es seco con el 0.12% que no tiene mayor impacto en la zona por la pequeña superficie que cubre (Municipio del Cantón Saquisilí, 2014).

Tabla 4.*Tipos de clima*

TIPO DE CLIMA		SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE (%)
Ecuatorial	Mesotérmico	25.50	0.12
Seco			
Ecuatorial	Mesotérmico	3034.179	14.77
Semi-Húmedo			
Ecuatorial	de Alta	17489.605	85.11
Montaña			
TOTAL		20549.282	100.00

Nota. *Tabla de los tipos de climas existentes en el cantón Saquisilí.*

Fuente: *Tabla tomada del PD y OT, Saquisilí 2015.*

9.11.2. 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 Cochapamba; el alcance de cambio está entre 8°C y 10°C, cubre la parte central del cantón, incluidas las parroquias Canchagua, Cochapamba y Saquisilí; las temperaturas entre 10°C y 12°C, se registran en la parte este del cantón, englobando parte de las parroquias Canchagua, Saquisilí y Chantilín, se registraron temperaturas entre 12-14°C se registran en la parte sur de la Parroquia Chantilín, colocándola como la menos influyente.

9.11.3. Precipitación

La pluviosidad varía de 500 mm a 1000 mm/año. El índice más bajo se encuentra en las zona norte y noreste del cantón, y ocupa el 55.97% del territorio cantonal, y sus niveles oscilan entre 500mm y 750mm por año, incluyendo la parroquia Chantilín y parte de las parroquias Canchagua y Cochapamba; en el 44.03% del territorio del Cantón la categoría de precipitaciones aumenta de 750 a 1000mm cada año, en la mayoría de las áreas de la parroquia Cochapamba y parte del territorio de la parroquia Saquisilí.

9.12. 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 (periferie del cantón) incluyen las áreas que han sido completamente intervenidas, aunque algunos barrios todavía son considerados como áreas rurales, toda el área corresponde

a los entornos que se han sido modificados por el hombre por la urbanística, agricultura, ganadería y vivienda (Municipio del Cantón Saquisilí, 2014).

9.12.1. 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 en la parte sur del cantón (barrio Canaló), son llevadas a cabo con especies introducidas o exóticas como el eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*) y el pino (*Pinus L*) (Municipio del Cantón Saquisilí, 2014).

9.12.2. Fauna

La distribución geográfica de las especies animales está estrechamente relacionada con los hábitats y las formaciones de vegetación y, por lo tanto, depende de varios factores físicos como la altura de la pendiente, el suelo y el clima.

9.13. Diagnóstico sociocultural

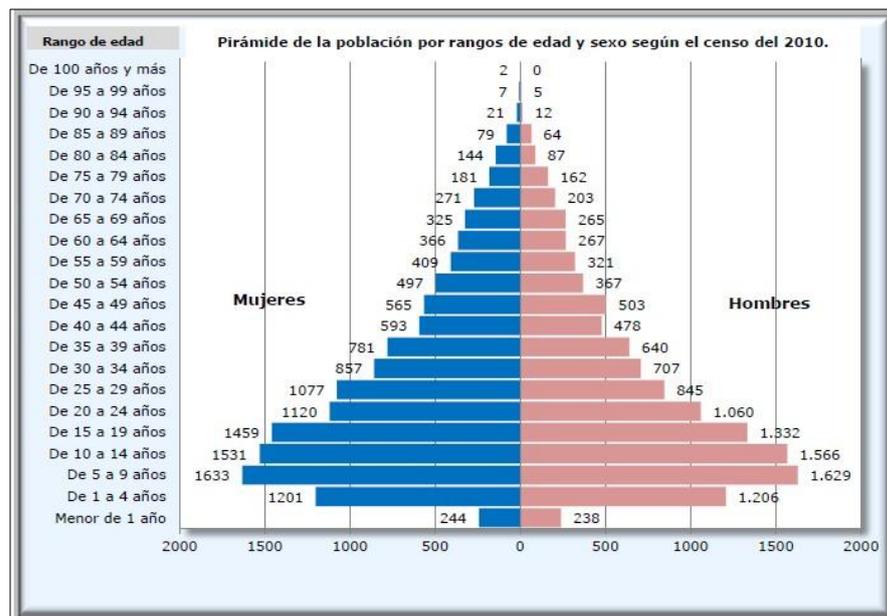
9.13.1. Demografía

El 65% de la población son indígenas y el 35% mestiza en el cantón Saquisilí, según el censo de población y vivienda 2010 la provincia de Cotopaxi tiene 409.205 habitantes, de los cuales 25.320 que representa el 6.19%, corresponden al Cantón Saquisilí.

Según el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, (SIISE, 2001), la pobreza debido a las necesidades básicas insatisfechas, ha llegado al 84.16% de la población total del cantón. La población que es económicamente activa es de 8.279 habitantes. En el gráfico N° 18 se puede apreciar una pirámide poblacional por rangos de edad y sexo en hombres y mujeres.

Tabla 5.*Población provincial y cantonal*

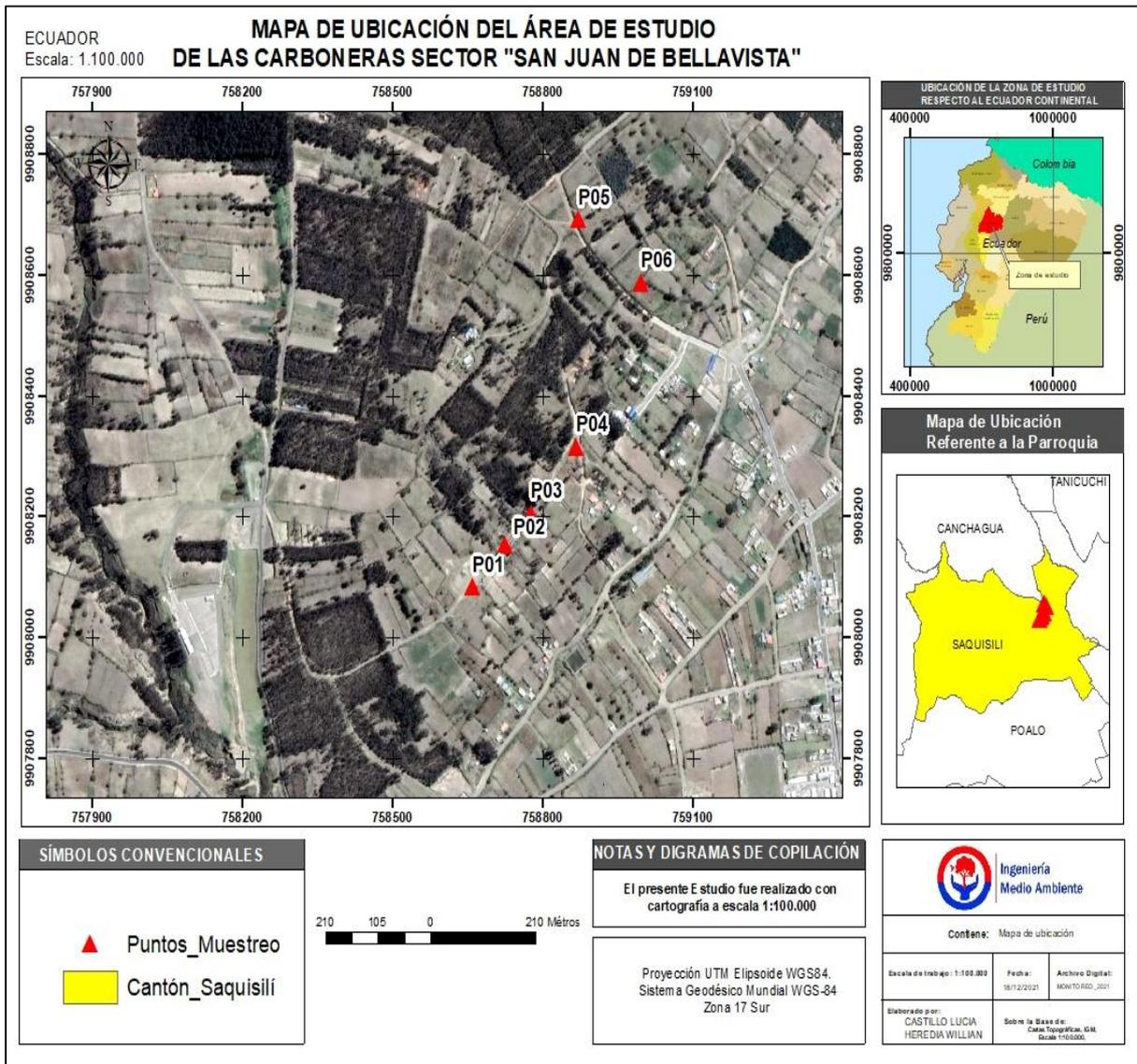
SEXO	POBLACIÓN PROVINCIAL	POBLACIÓN CANTONAL	PORCENTAJE %
Hombre	198.625	11.957	6.02
Mujer	210.580	13.363	6.35
TOTAL	409.205	25.320	6.19
TOTAL	457.404	28.839	6.30

PROYECCIÓN**2015****Nota.** *Tabla de la población provincial y cantonal dividida entre hombres y mujeres.***Fuente:** *Tabla tomada del INEC- 2010.***Gráfico 18.***Pirámide poblacional***Fuente:** *Gráfico tomado del INEC- 2010.***9.14. MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO**

El presente estudio se realizó en el sector San Juan de Bellavista que se encuentra ubicado en el Cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi, existen seis carboneras de las cuales se tomó las más significativas siendo en este caso tres. A continuación, en la Gráfico N° 19 se presenta el mapa de ubicación del área de estudio de las carboneras existentes en el sector ya antes mencionado.

Gráfico 19.

Mapa del área de estudio



Nota. El área de estudio se encuentra en el cantón Saquisilí, en el sector San Juan de Bellavista.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia

9.14.1. Localización

Tabla 6.

Puntos de muestreo

	CARBONERAS	COORDENADAS		
		X	Y	Z
P1	Carbonera Perdomo	758659	9908083	3009
P4	Carbonera Don Luis	758867	9908315	2980
P6	Carbonera Hnas. Calvopiña	758872	9908692	3012

Nota. En el sector San Juan de Bellavista existen un total de 6 carboneras de las cuales solo se tomó 3 para el monitoreo de material particulado, como se puede observar en la tabla ya que estas fueron las más significativas.

Fuente: Gráfico tomado del INEC- 2010.

9.14.2. MAPA DE MONITOREO - CALIDAD DE AIRE CARBONERA PERDOMO.

Gráfico 20.

Primer punto de monitoreo



Nota. Mediante el software ArcGIS se elaboró el mapa de ubicación de la carbonera Perdomo.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

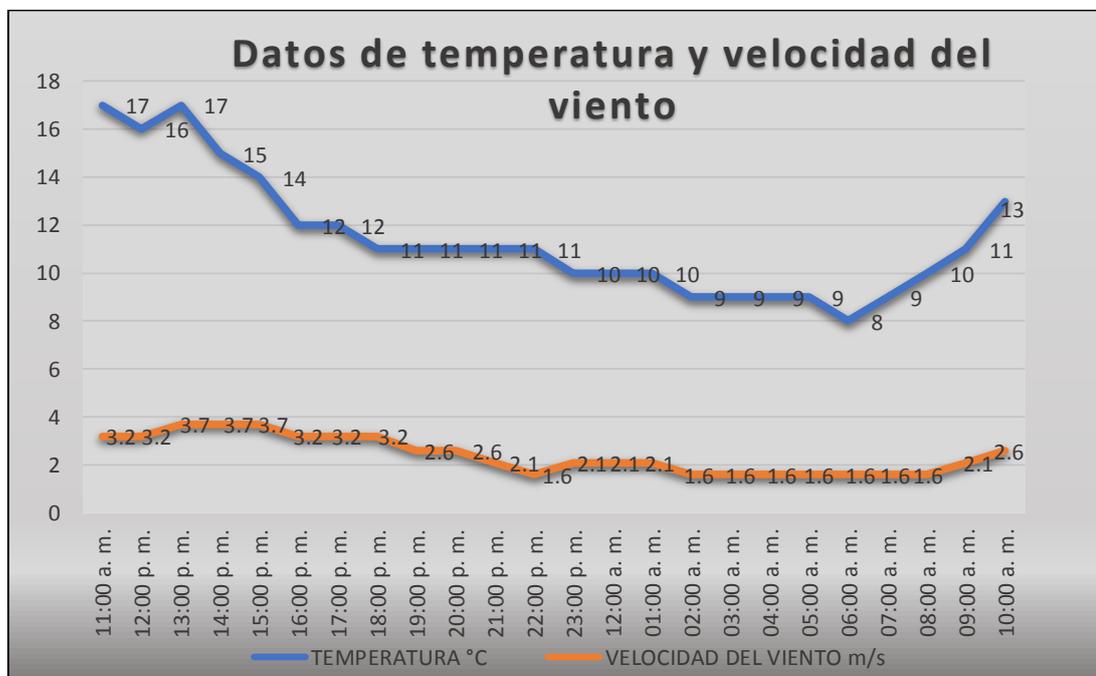
Temperatura y velocidad del viento

En el gráfico N° 21 se puede comprobar que la temperatura (línea azul) presenta un aumento de 17°C a las 11:00 a.m., luego baja 1°C a las 12:00 p.m. y retoma su temperatura inicial a la 13:00 p.m. luego de ello se puede observar un descenso de 2°C partir de las 14:00 p.m. después de esta hora mantiene una declinación muy notoria de 15:00 p.m. a 06:00 a.m. del siguiente día, y a las 08:00 a.m. la temperatura incrementa nuevamente.

La línea naranja representa la velocidad del viento y su unidad está en m/s, se empieza con la toma de datos a las 11:00 a.m. y se puede observar que a esa hora la velocidad del viento es notable con un valor de 3.2 se mantiene hasta las 12:00 p.m. y a la 13:00 p.m. aumenta a 3.7 m/s y se conserva el mismo valor hasta las 15:00 p.m. y las 16:00 p.m. su valor desciende a 3.2 m/s que fue el valor con el que se inició, se mantiene así hasta las 18:00 p.m., de 19:00 p.m. a 20:00 p.m. se conserva un valor de 2.6 m/s y las 21:00 p.m. la velocidad baja a 2.1 m/s. a las 22:00 p.m. disminuye a 1.6 m/s, a partir de las 23:00 p.m. hasta las 01:00 a.m. la velocidad continua en 2.1 m/s de modo que en horas de la madrugada y de la mañana siguiente 02:00 a.m. hasta 08:00 a.m. el viento se mantuvo en 1.6 m/s indicando una velocidad del viento mínima, a partir de las 09:00 a.m. hasta las 10:00 a.m. la velocidad empieza a aumentar.

Gráfico 21.

Datos de temperatura y velocidad del viento (P1)



Nota. Gráfico lineal de la temperatura y velocidad del viento en la que se puede observar un aumento y disminución de los datos dentro de las 24 horas de monitoreo en el primer punto.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Gráfico 22.

Cuarto punto de monitoreo



Nota. Mapa de ubicación de la carbonera Don Luis que fue realizado mediante el software ArcGIS.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

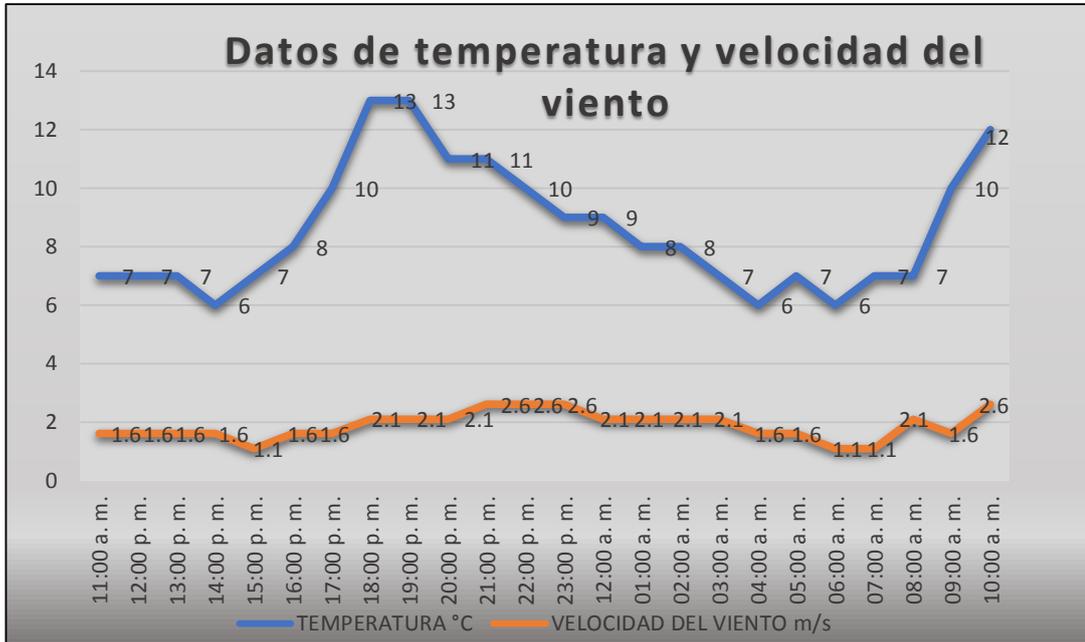
9.14.3. Temperatura y velocidad del viento

En el gráfico N° 23 se puede observar que la temperatura representada con la línea azul inicia a las 11:000 a.m. con un valor de 7°C y se mantiene así hasta la 13:00 p.m., luego de ello disminuye 1°C a las 14:00 p.m. y nuevamente retoma 7°C a las 15:00 p.m., seguidamente tiene un leve aumento de 13°C a las 19:00 p.m.; durante las 13 horas siguientes disminuyo su valor hasta alcanzar los 6°C y finalmente a las 09:00 a.m. empieza a subir la temperatura, pero de una manera no significativa hasta llegar las 10:00 a.m. con 12°C.

En la velocidad del viento es notable su descenso las primeras 7 horas, luego de ello tiene un pequeño aumento de 2.1m/s a las 18:00 p.m. y se mantiene así hasta las 20:00 p.m. Pero se nota un leve incremento de 2.6 m/s en las siguientes 2 horas (21:00 p.m. a 23:00 p.m.). De 12:00 a.m. a 03:00 a.m. la velocidad del viento no varía de 2.1 m/s, finalmente las últimas horas presentan disminuciones y aumentos leves en la velocidad.

Gráfico 23.

Datos de temperatura y velocidad del viento (P4)



Nota. En el gráfico se puede observar datos de temperatura y velocidad del viento del cuarto punto de monitoreo.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Gráfico 24.

Sexto punto de monitoreo



Nota. Con ayuda del Software ArcGIS se pudo elaborar el mapa de ubicación del sexto punto de monitoreo.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

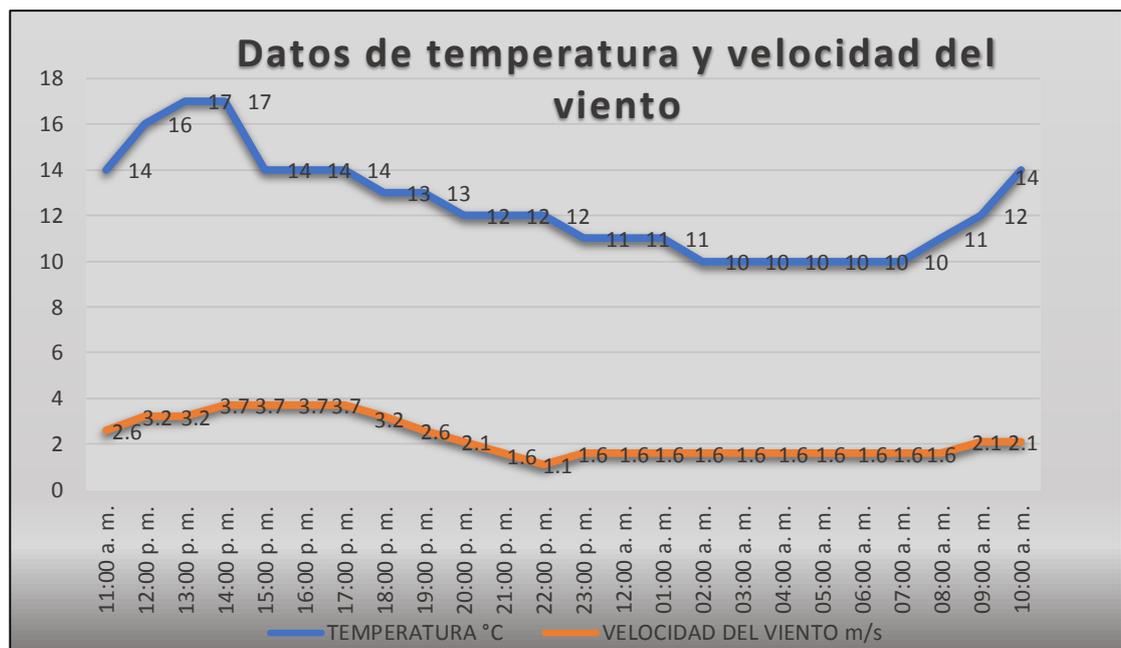
9.14.4. Temperatura y velocidad del viento

En el gráfico N° 25 se puede observar datos de la temperatura (línea azul), en los que presenta un aumento de 11:00 am a 14:00 p.m. luego de ello desciende 3°C de 15:00 p.m. a 17:00 p.m. y, de 18:00 p.m. a 09:00 a.m. las temperaturas son bajas y no tienen un crecimiento de gran relevancia, finalmente a las 10:00 a.m. incrementa a 14 m/s.

La velocidad del viento (línea naranja), indica valor moderado de 2.6 m/s a las 11:00 a.m., a partir de las 12:00 p.m. hasta la 13:00 p.m. se presentó un valor de 3.2 m/s, después de eso el valor aumento a 3.7 m/s a las 14:00 p.m. y fue continuo hasta las 17:00 p.m., luego de ello el valor fue disminuyendo, pero de 23:00 p.m. a 08:00 a.m. hubo valores continuos de 1.6 m/s y de 09:00 a.m. a 10:00 a.m. aumento la velocidad, pero no fue significativa ya que su valor fue de 2.1 m/s.

Gráfico 25.

Datos de temperatura y velocidad del viento (P6)



Nota. Datos de velocidad y dirección del viento tomados durante 24 horas.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

9.15. Identificar los pasos dentro del proceso de elaboración del carbón.

Las carboneras se encuentran ubicadas en el cantón Saquisilí sector San Juan de Bellavista, hay un total de 6 de las cuales solo se muestreo 3, siendo estas las más significativas. Se utilizó la metodología de campo y visita in situ que ayudó en la recopilación de información real y confiable.

En el gráfico N° 26 se puede observar los pasos dentro del proceso de elaboración de carbón, se inicia con la etapa de adquisición de la madera o leña, posteriormente se continua con el transporte de la leña, luego de ello se prepara el suelo dejándolo parejo, después la madera que va hacer utilizada se debe dejar secar. Se forma el horno y se enciende, cuando termina el proceso de carbonización se deja enfriar el carbón y como último paso se almacena en sacos de dos colores (amarillo y negro) para su distribución.

Gráfico 26.

Diagrama de los pasos para la elaboración de carbón



Nota. Para elaborar el carbón se debe seguir una secuencia de pasos en perfecto orden como se muestra en el gráfico.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

9.16. Monitorear la contaminación de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ para el análisis en base a la normativa vigente.

El monitoreo de PM_{10} y $PM_{2.5}$ fue realizado cada 10 minutos durante 24 horas con el equipo portátil E-BAM. En este monitoreo la metodología que se empleó fue el Protocolo de medición y muestreo de material particulado ya que mediante este se pudo obtener información importante sobre muestreo, ubicación e instalación del equipo.

Tabla 7.

Datos de material particulado PM_{10} en 24 horas (P1)

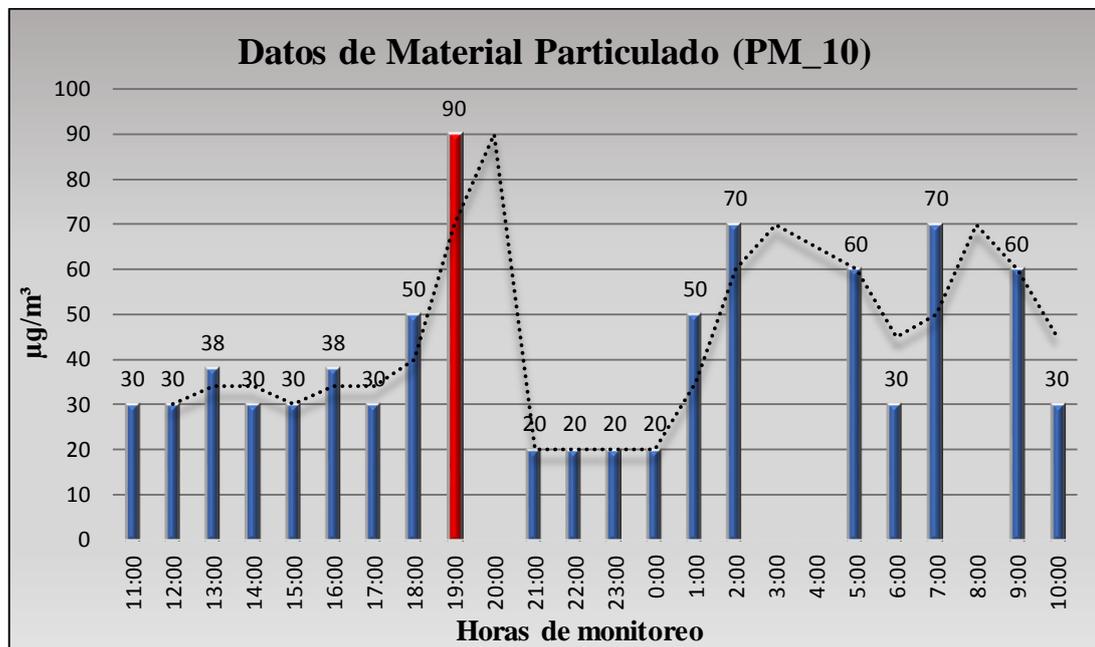
PM_{10} (Día 1)		
N° Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	11:00	30
2	12:00	30
3	13:00	38
4	14:00	30
5	15:00	30
6	16:00	38
7	17:00	30
8	18:00	50
9	19:00	90
10	20:00	-
11	21:00	20
12	22:00	20
13	23:00	20
14	0:00	20
15	1:00	50
16	2:00	70
17	3:00	-
18	4:00	-
19	5:00	60
20	6:00	30
21	7:00	70
22	8:00	-
23	9:00	60
24	10:00	30
Sumatoria		816

Nota. Datos obtenidos con la máquina E-BAM en 24 horas de monitoreo del primer punto para material particulado PM_{10} .

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Gráfico 27.

Valores de PM_{10} (P1) obtenidos en 24 horas



Nota. Gráfico de barras con datos reales tomados con la maquina E-BAM durante 24 horas en el que se observa la barra de color rojo que es la concentración más alta de material particulado PM_{10} .

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS

En el gráfico N° 27 se puede observar que el pico más alto de concentración del material particulado se presenta a las 19:00 de la noche con ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ya que en esa hora se encendieron nuevos hornos, lo cual provoco mayor concentración de contaminantes en el lugar, teniendo en cuenta, que un horno de carbón tarda de 4 a 5 días en quemarse por completo.

Por otro lado, las concentraciones más bajas de PM_{10} , se presentaron de 21:00 p.m. a 00:00 a.m. con valores de ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), debido a que en estas horas existió mínima velocidad del viento.

Tabla 8.*Datos de material particulado $PM_{2.5}$ en 24 horas (P1)*

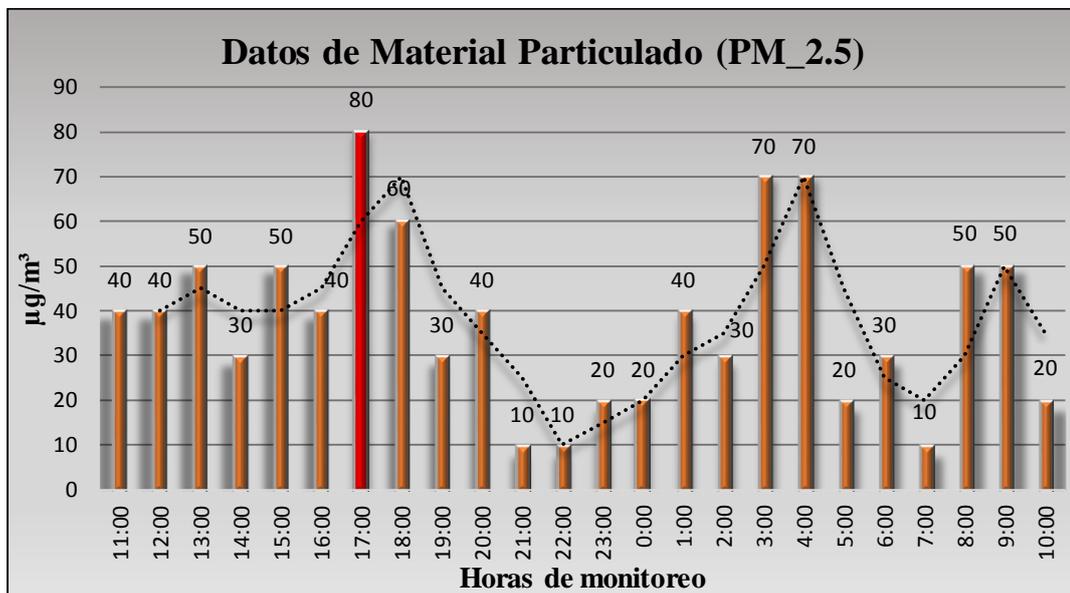
$PM_{2.5}$ (Día 2)		
N° Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	11:00	40
2	12:00	40
3	13:00	50
4	14:00	30
5	15:00	50
6	16:00	40
7	17:00	80
8	18:00	60
9	19:00	30
10	20:00	40
11	21:00	10
12	22:00	10
13	23:00	20
14	0:00	20
15	1:00	40
16	2:00	30
17	3:00	70
18	4:00	70
19	5:00	20
20	6:00	30
21	7:00	10
22	8:00	50
23	9:00	50
24	10:00	20
Sumatoria		910

Nota. Datos obtenidos con la máquina E-BAM en 24 horas de monitoreo del primer punto para material particulado $PM_{2.5}$.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Gráfico 28.

Valores de $PM_{2.5}$ (P1) obtenidos en 24 horas



Nota. Gráfico de barras con datos reales tomados con la maquina E-BAM durante 24 horas. Nótese la barra de color rojo que es la concentración más alta de material particulado $PM_{2.5}$.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS

En el gráfico N° 28, se observa un pico alto a las 17:00 de la tarde con un valor ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), esto debido a una mayor concentración de humo en los hornos de carbón.

Las concentraciones mínimas de $PM_{2.5}$, se originaron a las 21:00 p.m.; 22:00 p.m. y 07:00 a.m. con un valor de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ya que en esas horas los propietarios realizaron revisiones rutinarias en los hornos lo que reduce notablemente la concentración de humo en el lugar.

Tabla 9.*Datos de material particulado PM_{10} en 24 horas (P4)*

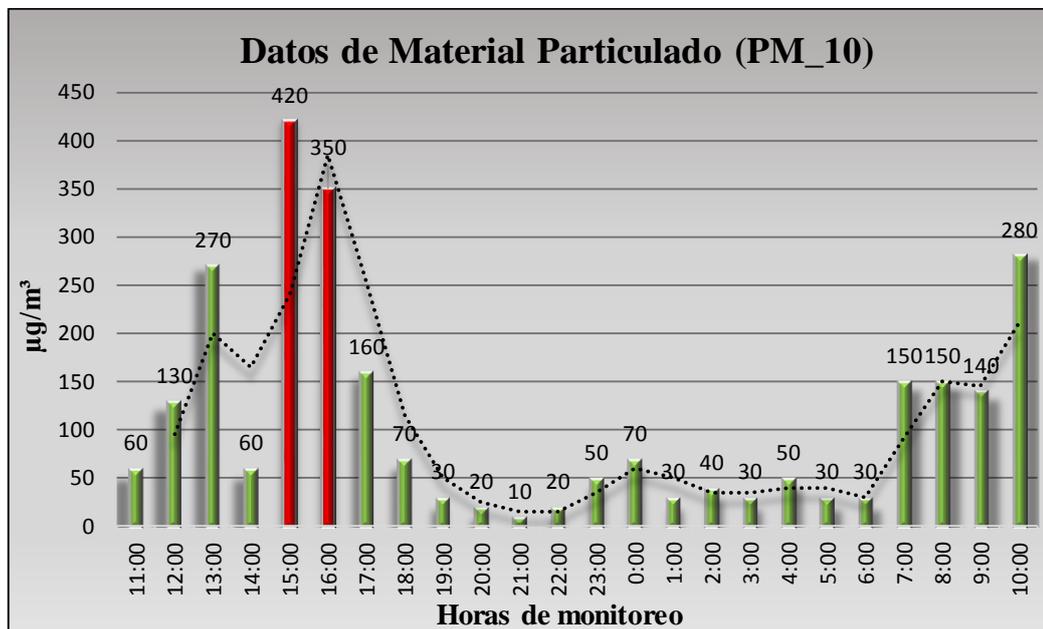
PM_{10} (Día 1)		
N° Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	11:00	60
2	12:00	130
3	13:00	270
4	14:00	60
5	15:00	420
6	16:00	350
7	17:00	160
8	18:00	70
9	19:00	30
10	20:00	20
11	21:00	10
12	22:00	20
13	23:00	50
14	0:00	70
15	1:00	30
16	2:00	40
17	3:00	30
18	4:00	50
19	5:00	30
20	6:00	30
21	7:00	150
22	8:00	150
23	9:00	140
24	10:00	280
Sumatoria		2650

Nota. Datos obtenidos con la máquina E-BAM en 24 horas de monitoreo del cuarto punto para material particulado PM_{10} .

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Gráfico 29.

Valores de PM_{10} (P4) obtenidos en 24 horas



Nota. Gráfico de barras con datos reales tomados con la máquina E-BAM durante 24 horas. En las barras de color rojo se puede observar una alta concentración de material particulado PM_{10} .

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS

En el gráfico N° 29 se presentan los picos de concentraciones de PM_{10} del punto de muestro número 4, entre las 15:00 y 16:00 de la tarde se puede apreciar valores de ($420 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), relacionado con el encendido de tres hornos en el sitio de producción.

En cuanto a las concentraciones bajas de PM_{10} , se observa que a las 20:00 p.m.; 21:00 p.m. y 22:00 p.m. los valores de PM son de ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), debido a que en esa hora el viento no fue muy significativo.

Tabla 10.*Datos de material particulado $PM_{2.5}$ en 24 horas (P4)*

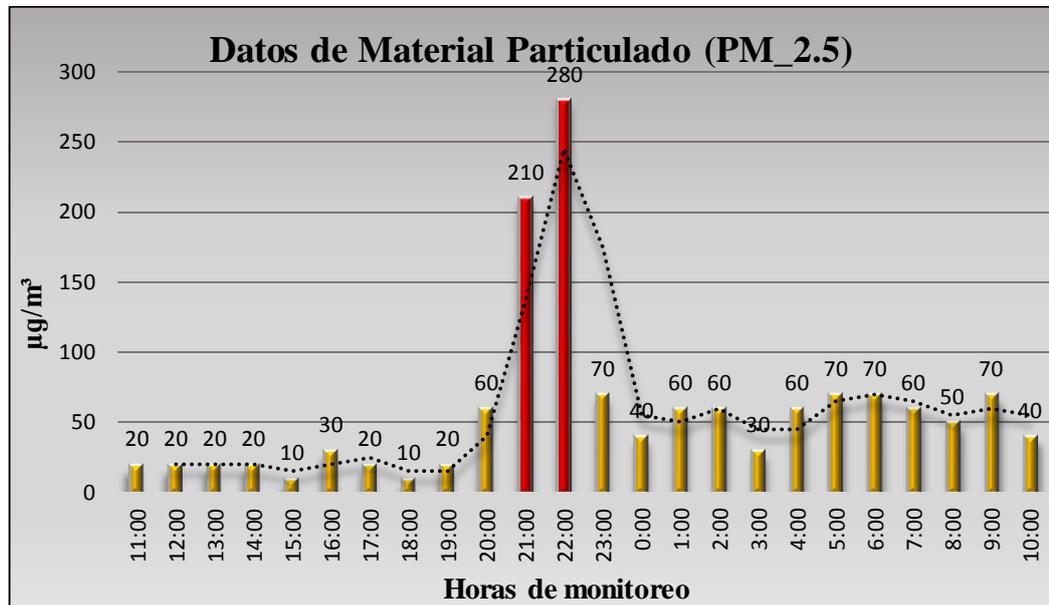
$PM_{2.5}$ (Día 2)		
N° Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	11:00	20
2	12:00	20
3	13:00	20
4	14:00	20
5	15:00	10
6	16:00	30
7	17:00	20
8	18:00	10
9	19:00	20
10	20:00	60
11	21:00	210
12	22:00	280
13	23:00	70
14	0:00	40
15	1:00	60
16	2:00	60
17	3:00	30
18	4:00	60
19	5:00	70
20	6:00	70
21	7:00	60
22	8:00	50
23	9:00	70
24	10:00	40
Sumatoria		1400

Nota. Datos obtenidos con la máquina E-BAM en 24 horas de monitoreo del cuarto punto para material particulado $PM_{2.5}$.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Gráfico 30.

Valores de $PM_{2.5}$ (P4) obtenidos en 24 horas



Nota. Gráfico de barras con datos reales tomados con la maquina E-BAM durante 24 horas. Las barras de color rojo indican que son las concentraciones más altas de material particulado $PM_{2.5}$.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS

Como se observa en el gráfico N° 30, la mayor parte de concentración de $PM_{2.5}$ se da entre las 21:00 p.m. y 22:00 p.m. con dos picos altos de ($210 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y ($280 \mu\text{g}/\text{m}^3$), correspondientes a las concentraciones de humo en el sitio, esto debido a que se presentó una leve llovizna provocando que el horno aumente su temperatura.

Las concentraciones más bajas de $PM_{2.5}$, se presentan de 11:00 a.m. a 15:00 p.m. y de 17:00 p.m. a 19:00 p.m. con un valor entre ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), debido a que en esas horas no existió vientos fuertes en el punto de monitoreo.

Tabla 11.*Datos de material particulado PM₁₀ en 24 horas (P6)*

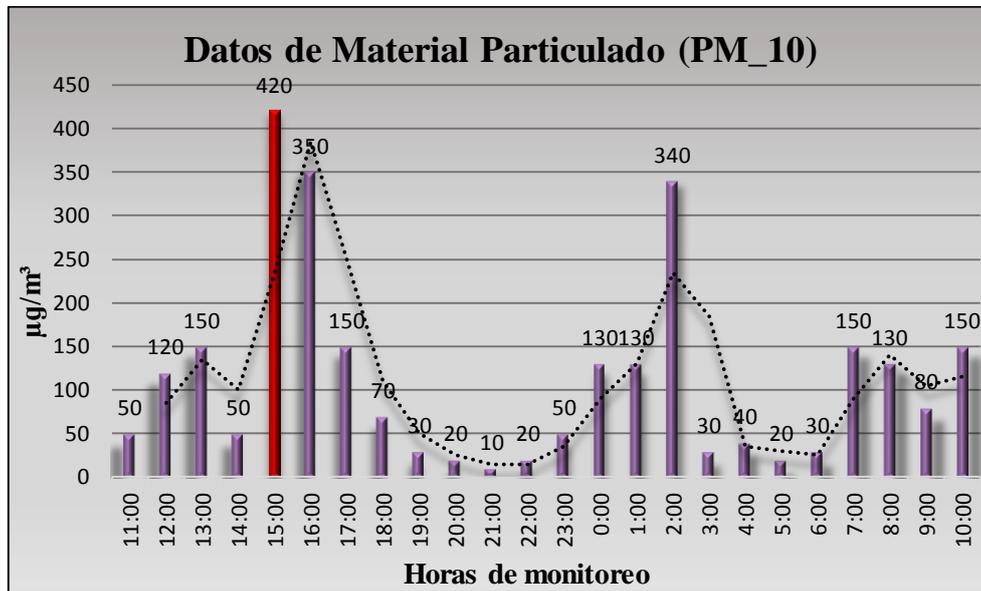
PM₁₀ (Día 1)		
N° Horas	Tiempo	(µg/m³)
1	11:00	50
2	12:00	120
3	13:00	150
4	14:00	50
5	15:00	420
6	16:00	350
7	17:00	150
8	18:00	70
9	19:00	30
10	20:00	20
11	21:00	10
12	22:00	20
13	23:00	50
14	0:00	130
15	1:00	130
16	2:00	340
17	3:00	30
18	4:00	40
19	5:00	20
20	6:00	30
21	7:00	150
22	8:00	130
23	9:00	80
24	10:00	150
Sumatoria		2720

Nota. Datos obtenidos con la máquina E-BAM en 24 horas de monitoreo del sexto punto para material particulado PM₁₀.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Gráfico 31.

Valores de PM_{10} (P6) obtenidos en 24 horas



Nota. Datos reales tomados con la maquina E-BAM durante 24 horas. La barra de color rojo indica que es la concentración más alta de material particulado PM_{10} .

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS

En el gráfico N° 31, se presentan los las concentraciones de PM_{10} , se observó entre las 15:00 p.m. y las 16:00 p.m. dos picos altos con un valor de ($420 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), respectivamente, esto atribuido a que existió mayor velocidad del viento con una fuerte lluvia. En cuanto a las concentraciones más bajas de PM_{10} , se presentan de 20:00 p.m. a 22:00 p.m. con valores de ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), debido a que en estas horas disminuyo notablemente la velocidad del viento, provocando que la máquina no pueda recolectar datos suficientes de material particulado.

Tabla 12.*Datos de material particulado $PM_{2.5}$ en 24 horas (P6)*

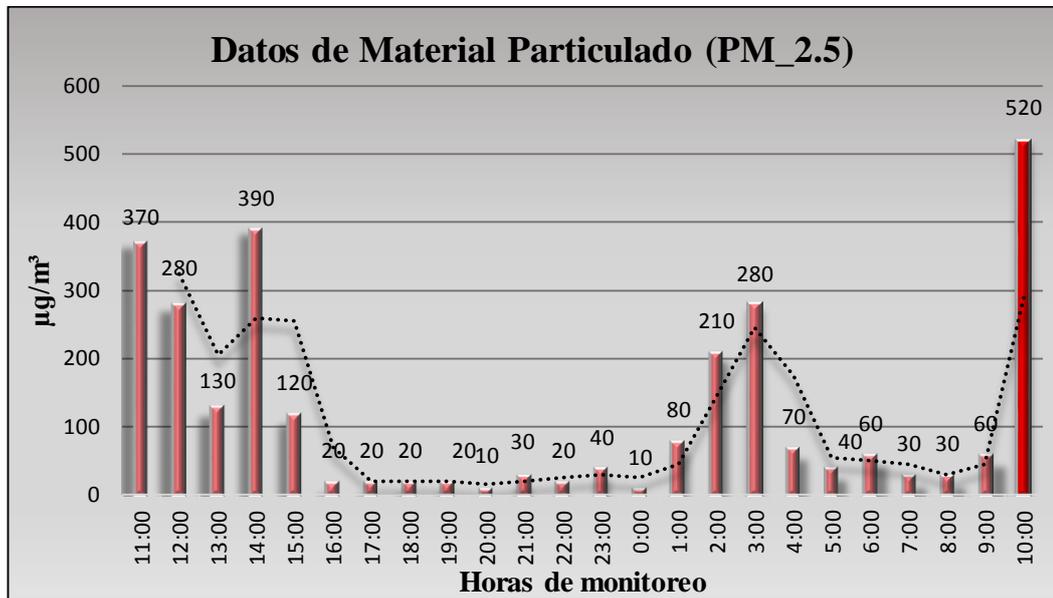
$PM_{2.5}$ (Día 2)		
N° Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	11:00	370
2	12:00	280
3	13:00	130
4	14:00	390
5	15:00	120
6	16:00	20
7	17:00	20
8	18:00	20
9	19:00	20
10	20:00	10
11	21:00	30
12	22:00	20
13	23:00	40
14	0:00	10
15	1:00	80
16	2:00	210
17	3:00	280
18	4:00	70
19	5:00	40
20	6:00	60
21	7:00	30
22	8:00	30
23	9:00	60
24	10:00	520
Sumatoria		2860

Nota. Datos obtenidos con la máquina E-BAM en 24 horas de monitoreo del sexto punto para material particulado $PM_{2.5}$.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Gráfico 32.

Valores de $PM_{2.5}$ (P6) obtenidos en 24 horas



Nota. Gráfico de barras con datos reales tomados con la maquina E-BAM durante 24 horas, se puede diferenciar claramente la barra de color rojo que indica que es la concentración más alta de material particulado $PM_{2.5}$.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS

Los resultados del gráfico N° 32, presentan las concentraciones de $PM_{2.5}$ del P6, se puede observar que a las 10:00 a.m. aumenta la concentración de PM, teniendo un valor de ($520 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Mientras que las concentraciones más bajas se presentan a las 16:00 p.m. a 20:00 p.m.; con un valor menor a ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), estos valores son atribuidos debido a que no se realizaban supervisiones en los hornos.

Análisis en base a la normativa ecuatoriana vigente

Tabla 13.

Concentración promedio de PM₁₀ de las carboneras

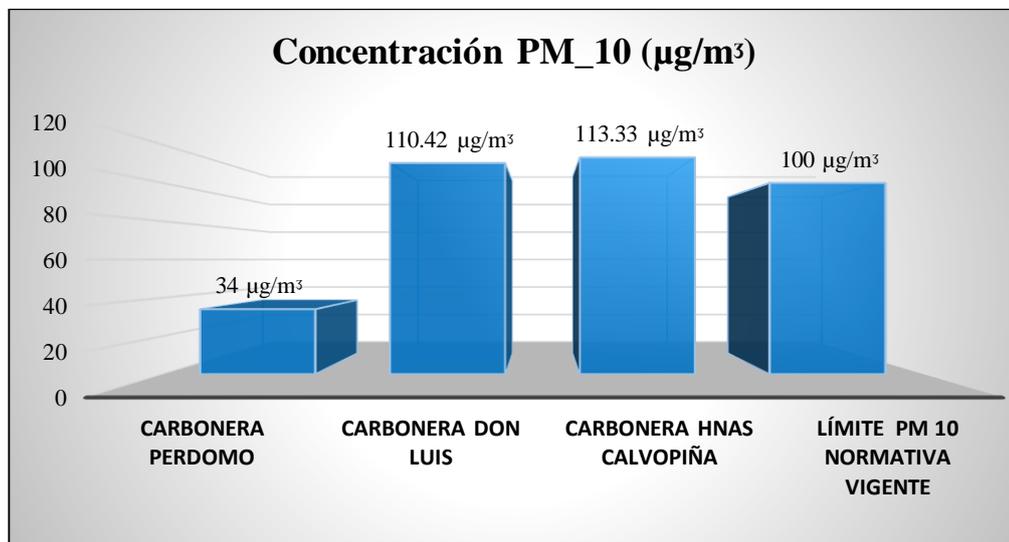
Concentración PM ₁₀		
Puntos	Carboneras	Promedio
P1	Carbonera "Don Perdomo"	34 µg/m ³
P4	Carbonera "Don Luis"	110.42 µg/m ³
P6	Carbonera "Hnas. Calvopiña"	113.33 µg/m ³
Límite de la Normativa Vigente para PM ₁₀		100 µg/m ³

Nota. La presente tabla se realizó en base a las concentraciones presentadas en las carboneras con mayor significancia.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Gráfico 33.

Comparación con la Normativa Vigente para PM₁₀.



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

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS

En los resultados del gráfico N° 33, se puede apreciar que las concentraciones de PM_{10} , en los tres puntos de monitoreo más significativos fueron: ($34 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ($110.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y ($113.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$), respectivamente. Es decir que las concentraciones de dos de los sitios monitoreados (P4 y P6), no cumplen con los límites máximos permisibles, según el AM 097-A, ya que se menciona que el promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sin embargo, el único centro de producción en cumplir con los LMP fue el P1.

Tabla 14.

Concentración promedio $PM_{2.5}$ de las carboneras

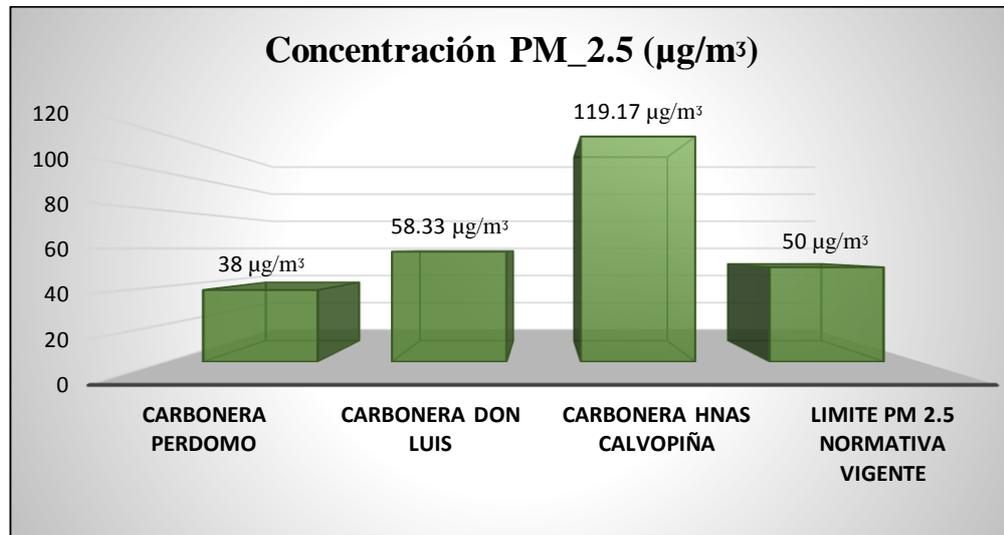
Concentración $PM_{2.5}$		
Puntos	Carbonera	Promedio
P1	Carbonera "Don Perdomo"	$38 \mu\text{g}/\text{m}^3$
P4	Carbonera "Don Luis"	$58.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$
P6	Carbonera "Hnas. Calvopiña"	$119.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Límite de la Normativa Vigente para $PM_{2.5}$		$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Nota. *La presente tabla se realizó en base a las concentraciones presentadas en las carboneras con mayor significancia.*

Fuente: *Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.*

Gráfico 34.

Comparación con la Normativa Vigente para PM_{2.5}.



Nota. *Comparación con la Normativa Vigente de los tres puntos monitoreados con el límite promedio de concentración en 24 horas para PM_{2.5}.*

Fuente: *Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.*

ANÁLISIS

Según el acuerdo ministerial 097-A del TULSMA en el anexo 4 del libro VI, el promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas para PM_{2.5}, no deberá exceder de 50 µg/m³., tomando en cuenta esto se puede determinar que el P1 cumple con los LMP, debido a que la concentración de PM fue de (38 µg/m³). Por otro lado, las concentraciones de los puntos 4 y 6 son (58.33 µg/m³) y (119.17 µg/m³), valores que se encuentran fuera de los límites establecidos en la normativa Ecuatoriana Vigente.

9.16.1. Comparación de resultados de los puntos monitoreados (PM_{10}).

Tabla 15.

Concentración promedio de PM_{10} de los tres puntos

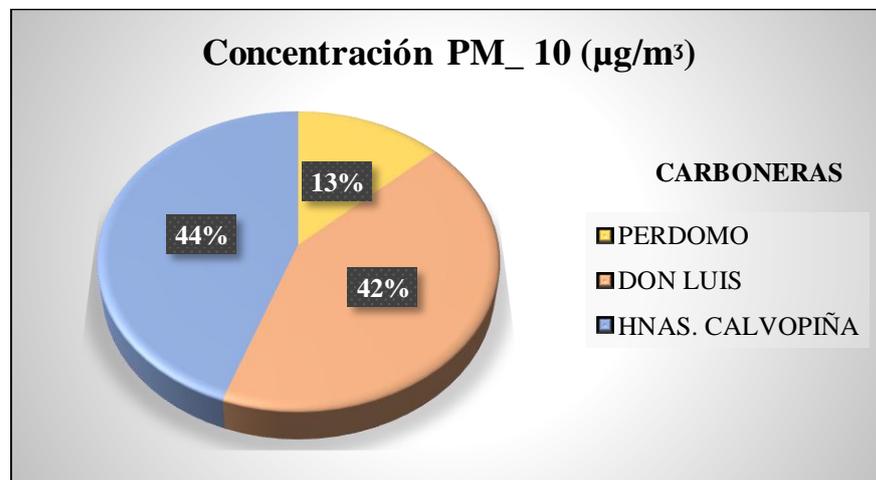
Concentración PM_{10}			
Puntos	Carboneras	Promedio	Porcentajes
P1	Carbonera "Perdomo"	$34 \mu\text{g}/\text{m}^3$	13 %
P4	Carbonera "Don Luis"	$110.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$	42 %
P6	Carbonera "Hnas. Calvopiña"	$113.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$	44 %
Sumatoria		264.55	

Nota. Datos de concentración promedio de los tres puntos monitoreados.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Gráfico 35.

Comparación de las concentraciones en porcentaje de PM_{10} .



Nota. Gráfico de pastel en el que se puede observar los porcentajes obtenidos de material particulado PM_{10} en las 3 carboneras.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el gráfico N° 35, que gran parte de la contaminación de PM_{10} se concentra en dos carboneras que son: P6 con un valor de $113.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que corresponde al 44 % debido a que existió mayor velocidad del viento durante todo el día y P4 con un valor de $110.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que corresponde al 42 % debido a la velocidad del viento durante el día, a comparación del P1 con un valor de $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde al 13 %, esto debido a que existió baja velocidad del viento.

De manera que, existen diferentes concentraciones de material particulado en las tres carboneras ubicadas en el Cantón Saquisilí, sector San Juan de Bellavista, donde se realizó el monitoreo de PM_{10} durante 24 horas.

9.16.2. Comparación de resultados de los puntos monitoreados ($PM_{2.5}$).

Tabla 16.

Concentración promedio de $PM_{2.5}$ de los tres puntos

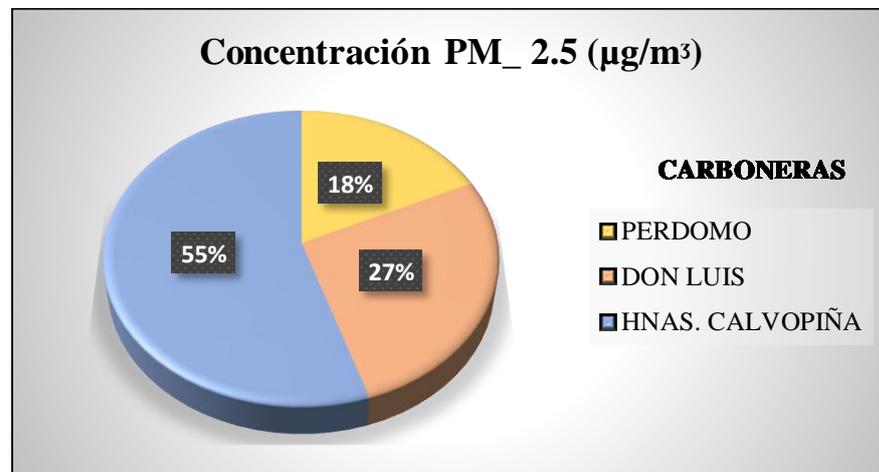
CONCENTRACIÓN $PM_{2.5}$			
Puntos	Carboneras	Promedio	Porcentajes
P1	Carbonera "Perdomo"	$38 \mu\text{g}/\text{m}^3$	18 %
P4	Carbonera "Don Luis"	$58.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$	27 %
P6	Carbonera "Hnas. Calvopiña"	$119.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$	55 %
Sumatoria		215.5	

Nota. *Datos de concentración promedio de los tres puntos monitoreados.*

Fuente: *Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.*

Gráfico 36.

Comparación de las concentraciones en porcentaje de $PM_{2.5}$.



Nota. En el gráfico se puede observar que la carbonera Hnas. Calvopiña posee un mayor porcentaje de concentración en cuanto al material particulado $PM_{2.5}$.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS

Se puede apreciar en el gráfico N° 36, que la mayor parte de contaminación de $PM_{2.5}$ se localiza en el P6 con un valor de $119.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde al 55 % debido a que en la carbonera realizaron un mayor número de hornos, a comparación de las otras 2 carboneras donde realizaron menor cantidad de hornos, por su parte el P1 tiene un valor de $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde al 18 % y el P4 con un valor de $58.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde al 27 %.

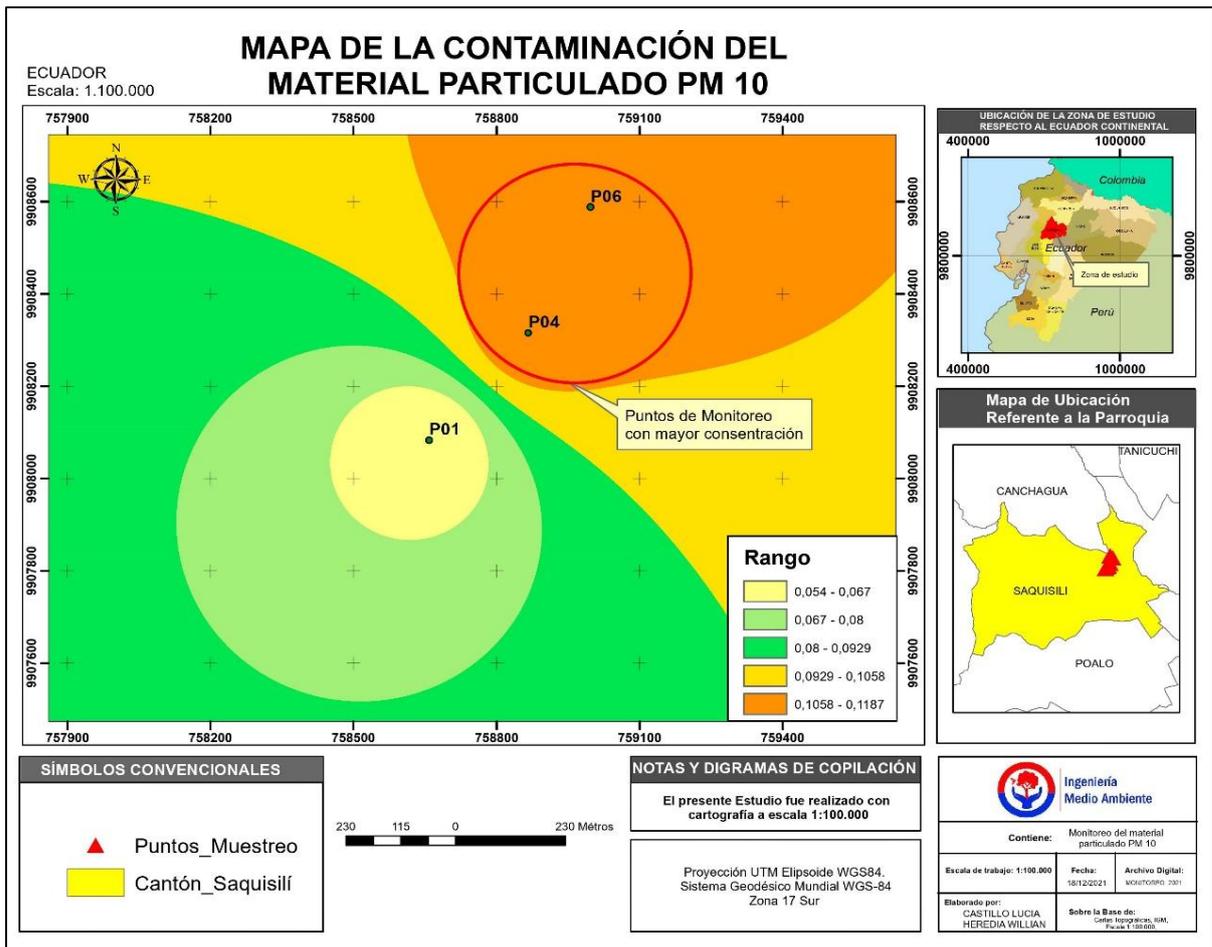
De modo que, existen diferentes concentraciones de material particulado en las tres carboneras ubicadas en el Catón Saquisilí, sector San Juan de Bellavista, donde se realizó el monitoreo de $PM_{2.5}$ durante 24 horas.

9.17. Determinar la distribución de los puntos de emisiones de material particulado en base a mapeo.

Para establecer los puntos de emisiones de material particulado se usó la herramienta IDW (Ponderación de distancia inversa) en ArcGIS la cual utiliza un método de interpolación que estima los valores de las celdas calculando promedios de los valores de los puntos de datos de muestra en la vecindad de cada celda de procesamiento.

Gráfico 37.

Mapa de distribución de los puntos de emisiones de PM_{10}



Nota. Mapa realizado mediante el software ArcGIS en el que se pudo identificar que la dispersión de emisiones de material particulado PM_{10} predomina en los puntos 4 y 6, como se puede observar en el gráfico.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

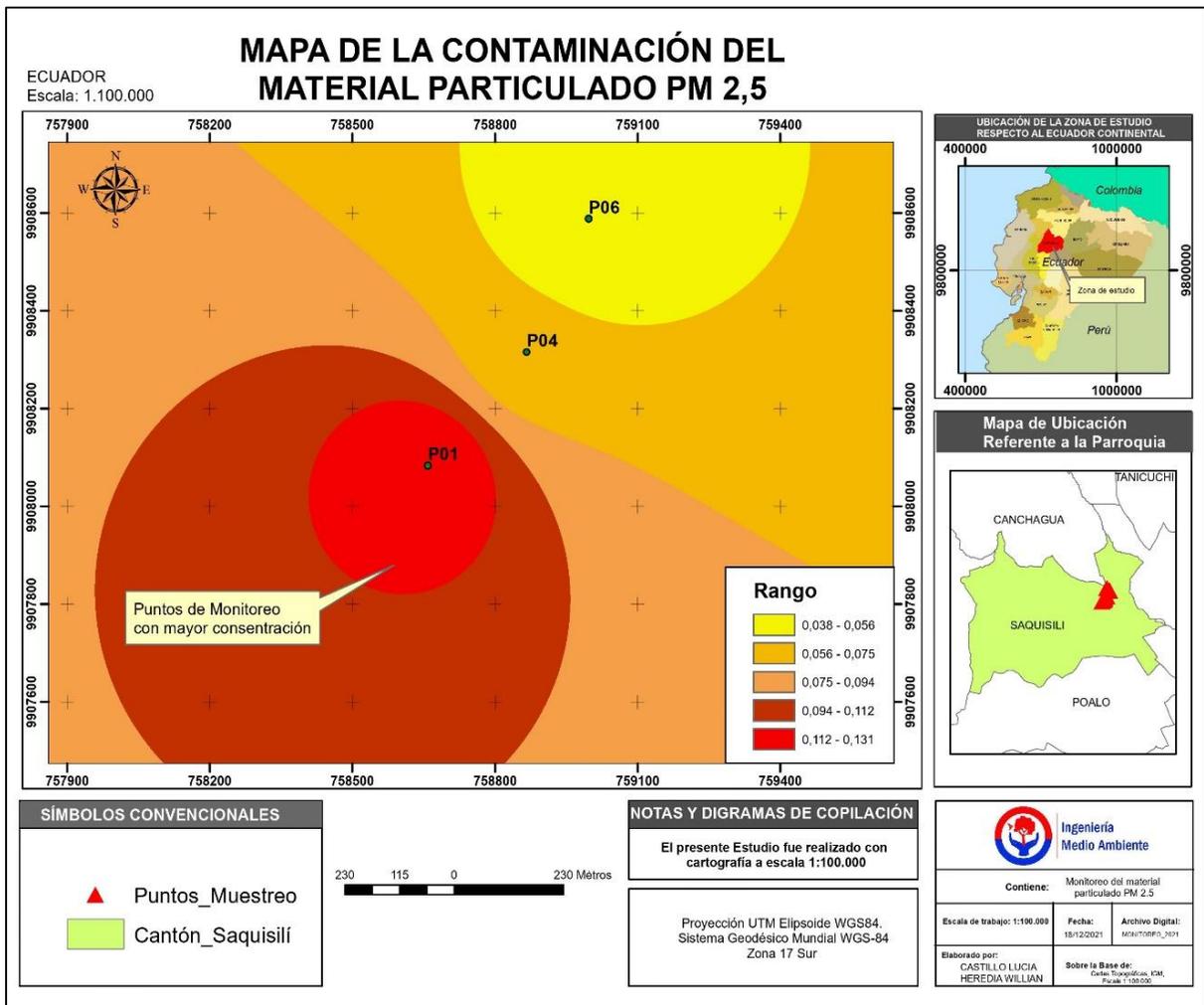
ANÁLISIS

En el gráfico N°37, se puede observar que los puntos con mayor distribución de material particulado son el P4 y P6 ya que el rango de estos puntos es mayor en comparación con el punto P1.

Por lo tanto y de acuerdo a la Normativa Vigente del Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo 4 señala que los límites máximos permisibles para PM_{10} es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Gráfico 38.

Mapa de distribución de los puntos de emisiones de $PM_{2.5}$.



Nota. Mapa realizado mediante el software ArcGIS en el que se pudo identificar que la dispersión de emisiones de material particulado PM_{10} predomina en el punto P1, como se puede observar en el gráfico.

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

ANÁLISIS

En el gráfico N° 38 se presenta el mapa de distribución de material particulado $PM_{2.5}$, en el que se puede observar que el punto con mayor distribución de emisiones es el P1, ya que el rango de este punto es mayor en comparación con los puntos 4 y 6.

Por lo tanto y de acuerdo a la Normativa Vigente del Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo 4 señala que los límites máximos permisibles para $PM_{2.5}$ de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

9.18. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN LA ELABORACIÓN DE CARBÓN VEGETAL, EN EL SECTOR “SAN JUAN DE BELLAVISTA” DEL CANTÓN SAQUISILÍ.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la contaminación del aire se presenta como uno de los principales riesgos ambientales y por ende para la salud, se estima que una de cada nueve muertes en el mundo es a causa de esta contaminación atmosférica y el material particulado es referente en esta contaminación (OPS, 2016). El PM se define como el conjunto de partículas sólidas presentes en suspensión en la atmósfera, cuyo origen surge a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas. Una de las actividades que contamina el aire en el cantón Saquisilí, se presenta en el barrio San Juan de Bellavista, donde se encuentran ubicadas varias carboneras, las cuales durante su producción ocasionan emisiones de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ al aire. Es por ello que se establecen 3 estrategias eficaces y adaptables las mismas que se encaminan a reducir y controlar la dispersión de material particulado en el barrio ya antes mencionado para resguardar la salud de las personas, medio ambiente y bienes materiales (Aleman, 2015).

JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, uno de los mayores impactos a nivel mundial es la contaminación del aire, por esa razón se pretende generar mecanismos de control para mitigar y reducir dichos problemas originados mayormente por las actividades antropogénicas. Con la aplicación de las propuestas de mitigación se tendrá un impacto positivo tanto en el sector San Juan de Bellavista como en el cantón Saquisilí demostrando que la Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de Ingeniería en Medio Ambiente en conjunto con las autoridades responsables están comprometidas con el cuidado del medio ambiente.

OBJETIVO GENERAL

Proponer estrategias de mitigación para la concentración de material particulado en la elaboración de carbón vegetal en el sector “San Juan de Bellavista” del Cantón Saquisilí.

ESTRATEGIA 1

Plan de capacitación ambiental a los propietarios y arrendatarios de las carboneras del sector San Juan de Bellavista.

Descripción

El plan de capacitación ambiental, es un proceso de aprendizaje estratégico aplicado de manera ordenada y sistemática, que aumentará la concientización y el conocimiento a los propietarios y arrendatarios de las carboneras del sector San Juan de Bellavista sobre temáticas o problemas ambientales, generando con ello herramientas necesarias para tomar decisiones y medidas responsables. Seguidamente se puede observar el cronograma del plan de capacitación ambiental que consta de tres módulos los cuales serían impartidos en el transcurso de un año a un total de 50 personas por tres facilitadores que desempeñarán un papel importante realizando actividades como: debates, intervención, lluvia de ideas, ejercicio de improvisación entre otros, con el fin de fomentar la participación activa del grupo.

OBJETIVO

Promover la intervención de la ciudadanía a través de la capacitación en temas de trascendencia ambiental para generar una cultura ciudadana y un cambio de actitud en las personas hacia su deber de cuidar el entorno natural, con el fin de promover un ambiente saludable y ameno para todos sus habitantes.

Lugar de ejecución:

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Saquisilí

Sector: San Juan de Bellavista

Definición de calentamiento global, cambio climático, efecto invernadero, gases de efecto invernadero, etc.													1 hora
Consecuencias y efectos del calentamiento global.													1 hora
Principales fuentes de gases de efecto invernadero (GEI).													1 hora

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

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

Tabla 18.

Presupuesto del plan de capacitación ambiental

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	PRECIO TOTAL
Facilitadores (1 por cada módulo)	U	3	60.00	180.00
Asistente de capacitación	U	3	100.00	300.00
Local	U	1	20.00	20.00
Transporte	U	2 buses	50.00	100.00
Material didáctico (trípticos)	U	50	0.50 ctvs.	25.00
Lapiceros	U	50	0.60 ctvs.	30.00
Refrigerios para participantes	U	50	2.50	125.00
Equipo (computadora, proyector)	U	1	300.00	300.00
SUBTOTAL				1.100
IMPREVISTOS 10%				100.00
TOTAL				1.100

Resultados esperados:

La estrategia tiene como finalidad brindar conocimiento a los propietarios de las carboneras y personas aledañas, sobre la contaminación ambiental que producen sus actividades e incentivar a la participación ciudadana en temas relacionados con el ambiente.

ESTRATEGIA 2

Implementación de hornos tipo colmena brasileños para proceso de elaboración de carbón vegetal en el sector San Juan de Bellavista.

Descripción

Los hornos tipo colmena brasileños son uno de los métodos más efectivos para la producción de carbón, por lo que sería de gran beneficio la implementación de estos hornos en cada una de las carboneras del sector San Juan de Bellavista ya que su construcción es fácil, tiene un bajo costo, su rendimiento es mayor y reducen en gran parte las emisiones de gases como el monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, gases que contaminan la atmósfera contribuyendo con el calentamiento global y la destrucción del ecosistema. Posteriormente se puede apreciar el cronograma de construcción del horno tipo colmena brasileño, el cual está compuesto por seis actividades que se realizarían entre dos personas en un tiempo de ocho días.

OBJETIVO

Disminuir las emisiones de contaminantes ocasionados por la quema de leña para la producción de carbón en hornos de tierra a cielo abierto, mejorando la calidad de vida de las comunidades aledañas y el aspecto del sector.

Lugar de ejecución:

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Saquisilí

Sector: San Juan de Bellavista

Responsables: Propietarios y arrendatarios de las carboneras.

Tabla 19.*Cronograma de construcción de horno tipo colmena Brasileño*

CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL HORNO TIPO COLMENA BRASILEÑO								
Actividad	Meses							
	Semana 1					Semana 2		
	1	2	3	4	5	1	2	3
Limpieza y nivelado								
Marcar el centro y líneas del horno.								
Excavar los surcos para los cimientos								
Levantar los cimientos								
Construcción de la pared								
Pincelar con barro las paredes								

Fuente: *Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.***Tabla 20.***Presupuesto para la construcción del horno tipo colmena brasileño*

MATERIALES	UNIDAD	VALOR UNITARIO	PRECIO TOTAL
Ladrillos	8.500	0	0
Banda de acero plano	5m	80.00	80.00
Barras de acero plano	4m	10.00	40.00
Soldada	1	20.00	20.00
Tierra amarilla	1 (volquetada)	40.00	40.00
Mano de obra	1 persona	20.00 (por 8 días)	160.00
		TOTAL	300.00

Fuente: *Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.***Resultados esperados:**

La construcción de hornos tipo colmena brasileños, garantiza seguridad, comodidad y una eficiente producción, minimizando las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

ESTRATEGIA 3

Reforestación de especies arbóreas nativas.

Descripción

La importancia de la reforestación se explica por el papel que desempeñan los árboles en nuestro planeta, por tal motivo esta estrategia desea incrementar el número de especies arbóreas nativas como el Quishuar (*Buddleja incana*), yagual (*Polylepis australis*) y arrayán (*Luma apiculata*) en el sector San Juan de Bellavista, puesto que, en la actualidad solo existen especies introducidas como el Eucalipto y el pino. Además, estas especies ayudarán a reducir la concentración de CO2 emitido por los hornos de carbón, este es uno de los contaminantes que contribuye significativamente en la variación climática. Más adelante se puede observar el cronograma de reforestación que se realizaría en el lapso de un año y el cual cuenta con siete actividades a realizarse.

Lugar de ejecución

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Saquisilí

Sector: San Juan de Bellavista

Responsables: Municipio de Saquisilí y Propietarios de las carboneras.

Tabla 21.

Cronograma de plantación

CRONOGRAMA DE PLANTACIÓN												
Actividad	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Observar el terreno												
Mapear el terreno												
Elegir las especies												
Diseñar plantación												
Limpieza de vegetación												
Plantación												
Seguimiento												

Fuente: Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.

Tabla 22.*Presupuesto aproximado de la plantación*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO	PRECIO TOTAL
Tipos de especies		UNITARIO	
Quishuar (<i>Buddleja incana</i>)	300	0.20 ctvs.	60.00
Yagual (<i>Polylepis australis</i>)	300	0.15 ctvs.	45.00
Arrayán (<i>Luma apiculata</i>).	300	0.20 ctvs.	60.00
Hectáreas	20 ha	-	-
Mano de obra	10 hombres	20.00	200.00
TOTAL			365.00

Fuente: *Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.***Resultados esperados**

La finalidad de esta estrategia es mitigar los contaminantes emanados por la quema de leña para la producción de carbón con el fin de proteger el medio ambiente y preservar los espacios verdes, mejorando con ello la flora y fauna, para tener un espacio limpio que sea de provecho a la comunidad.

VALIDACIÓN A LA PREGUNTA CIENTÍFICA

La medición de material particulado realizado en las tres carboneras permitió determinar los valores de PM₁₀ del P1 con un valor de 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, P4 con un valor de 110.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que para el P6 se obtuvo un valor de 113.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por otro lado, en la medición de material particulado PM_{2.5} se obtuvo como resultado del P1 un valor de 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el P4 con un valor de 58.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y por último el P6 con un valor de 119.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Logrando identificar que el P4 y P6 de PM₁₀ y PM_{2.5}, sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos dentro de la Normativa Vigente del Acuerdo Ministerial 0-97 A, donde establece que el LMP para PM₁₀ es de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para PM_{2.5} es de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en un tiempo de monitoreo de 24 horas.

IMPACTOS

9.19. Social

El estudio realizado permitió determinar la presencia de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el área de las carboneras con la utilización del equipo portátil E-BAM. A pesar de que la producción de carbón es una de las actividades que genera oportunidad laboral en la comunidad, también es la causante de enfermedades como: muerte prematura en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, infartos de miocardio no mortales, latidos irregulares, asma agravada, función pulmonar reducida e inclusive afectaciones a mujeres embarazadas ocasionando disminución del tamaño del feto y, una vez nacido reduce su función pulmonar.

9.20. Ambiental

El material particulado ocasiona grandes afectaciones al ambiente ya que las pequeñas partículas son transportadas con el viento y se asientan en el suelo o el agua alterando o reduciendo su balance nutricional y contribuyendo a los efectos de la lluvia ácida.

A través del monitoreo de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, se podrá tomar medidas correctivas en el área de estudio para reducir las emisiones y poder mantenerlas por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Normativa Ecuatoriana Vigente, según el acuerdo ministerial 097-A del TULSMA en el anexo 4 del libro VI, el promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de $50 \mu/m^3$ para $PM_{2.5}$ y para PM_{10} , no deberá exceder de $100\mu/m^3$.

9.21. Económico

El material particulado posee diferentes componentes que provocan la corrosión de los metales con la ayuda de la humedad y la temperatura ocasionando decoloración, envejecimiento, agrietamiento y la degradación de infraestructuras y monumentos con alto valor histórico-artístico. Lo que implicaría reparación generando un gasto económico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.22. Conclusiones

- Mediante la visita técnica a las carboneras del sector San Juan de Bellavista, se pudo identificar ocho pasos para la elaboración de carbón vegetal los cuales deben seguirse en perfecto orden ya que de esto dependerá la calidad del producto final.
- Los datos obtenidos del análisis de material particulado, indican que el valor promedio de PM_{10} en el punto 1 (carbonera Perdomo) es de $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, punto 2 (carbonera Don Luis) es de $110.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el punto 3 (carbonera Hnas. Calvopiña) fue de $113.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a diferencia del $PM_{2.5}$ indicando un valor promedio del punto 1 de $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$, punto 2 con un valor de $58.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el punto 3 un resultado de $119.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Lo que indica que los niveles alcanzados durante el monitoreo por las partículas gruesas y finas en los puntos 2 y 3 no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles a excepción del punto 1 que se encuentra dentro de 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 PM_{10} y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $PM_{2.5}$.
- Mediante la elaboración de mapas temáticos de distribución del material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el software ArcGIS, se logró identificar de mejor manera que en el primer mapa los puntos P4 y P6 tienen mayor concentración de PM_{10} , mientras que en el segundo mapa el P1 tiene mayor concentración en cuanto al material particulado $PM_{2.5}$.
- La propuesta de estrategias de mitigación para la concentración de material particulado como capacitación ambiental, implementación de hornos tipo colmena brasileño y reforestación de especies arbóreas nativas en el sector San Juan de Bellavista, servirán para prevenir, controlar y mitigar los niveles de contaminación existentes que generan daños muchas de las veces irreversibles en las personas y el medio ambiente.

9.23. Recomendaciones

- Se recomienda que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente y al público en general interesarse en temas como la producción de carbón en hornos artesanales puesto que estos liberan a la atmosfera una cantidad de material particulado en suspensión el cual se considera como uno de los contaminantes del aire más importantes debido a sus efectos en la salud del hombre y en la naturaleza.
- Realizar monitoreos continuos de material particulado en el barrio San Juan de Bellavista, cantón Saquisilí ya que esto permitirá establecer estrategias de control y realizar seguimiento por parte de las autoridades ambientales.
- Difundir información a la ciudadanía del cantón Saquisilí y autoridades acerca de los datos que fueron obtenidos y representados mediante mapas de distribución en las 3 carboneras monitoreadas, dado que el barrio San Juan de Bellavista que fue el área de estudio no ha sido tomada en cuenta para realizar mediciones de material particulado.
- Se sugiere que las estrategias de mitigación para la concentración de material particulado propuestas sean evaluadas y socializadas con la ciudadanía del cantón Saquisilí para luego ser aplicadas por las autoridades responsables ya que este es un problema que nos afecta a cada uno de nosotros.

PRESUPUESTO

Tabla 23.

Presupuesto para la elaboración del proyecto

RECURSOS		UNIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
Recurso humano		2	Estudiantes	-	-	
Recursos de oficina		1	Libreta de campo	\$2.50	2.50	
		3	Esferos	\$2.25	2.25	
		1	Lápiz	0.75 ctvs.	0.75	
		1	Borrador	0.30 ctvs.	0.30	
		3	Anillados	\$10.00	30.00	
		2	Empastado	50.00	100.00	
Recursos tecnológicos		1	Internet	24	48	
		1	Impresiones	0.05 ctvs.	6.50	
Gastos de maquinaria y equipo	Planta de luz	1	Aceite para planta eléctrica a gasolina	\$6.50	6.50	
		1	Bujía	\$3.50	3.50	
		1	Mano de obra	\$10.00	10.00	
	E-BAM	1	Actualización de software	\$15.00	30.00	
Gastos varios			Transporte	\$5.00	97.00	
			Alimentación	\$2.50	75.00	
		8 gal cada 6 hrs.	Combustible (Gasolina)	\$10.00	80.00	
		1 gal		\$5.00	5.00	
		48 hrs.	Electricidad	\$ 5.00	10.00	
		1	Cable semisólido 14	\$38.00	38.00	
		2	Extensiones	10m	\$7.80	7.80
				3.5m	\$4.00	4.00
		1	Toma corriente	0.75 ctvs.	0.75	
		1 rollo	Piola plástica	\$ 1.50	1.50	
		3	Plástico	\$ 7.00	21.00	
		10 m	Cadena	\$ 1.30	13.00	
		2 rollos	Teipe 20 yardas negro	0.50 ctvs.	1.00	
		4	Candados	medianos	1.00	2.00
				pequeños	0.75 ctvs.	1.50
Sub Total					597.85	
10%					59.78	
Total					657.63	

Fuente: *Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.*

bibliografía y anexos.																		
Correcciones finales del proyecto de investigación.											X							
Culminación de trabajos de titulación.													X					
Pre defensa																X		
Defensa																		X

Fuente: *Elaborado por Lucía Castillo y Willian Heredia.*

REFERENCIAS

- Albert, L. (2007). Contaminación química ambiental y daño espermatogénico. In *Revista Internacional de Andrología* (Vol. 5, Issue 4, pp. 332–336).
[https://doi.org/10.1016/S1698-031X\(07\)74080-3](https://doi.org/10.1016/S1698-031X(07)74080-3)
- Alemán, M. (2015). Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto Depósito de Pesca Artesanal Petrocomercial San Mateo. *Cardno*, <https://ingenieros-ambientales.blogspot.com/2011/0.>
- Aretxabala, P. (2014). *La vida del carbonero y proceso para la obtención de carbón vegetal*. 15.
- Arciniégas, C. A. (2015). *DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO: PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES Y FRACCIÓN RESPIRABLE PM10*.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742012000100012
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). Código Orgánico Del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento* 983, 1–92.
http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/ANEXOS/PROCU_CODIGO_ORGANICO_ADMINISTRATIVO.pdf
- Atasu, M. (1976). Hereditary index finger polydactyly: phenotypic, radiological, dermatoglyphic, and genetic findings in a large family. *Journal of Medical Genetics*, 13(6), 469–476. <https://doi.org/10.1136/jmg.13.6.469>
- Cabildo, P., Cornago, P., Escolástico, C., Santos, S., López, C., & Sanz, D. (2013). (PDF) *Bases Químicas del Medio Ambiente - UNED Madrid | Laura Gonzalez - Academia.edu*.
https://www.academia.edu/33650531/Bases_Quimicas_del_Medio_Ambiente_UNED_Madrid
- Canales Rodríguez, M. A., Quintero Núñez, M., Castro Romero, T. G., & García Cuento, R. O. (2014). Las partículas respirables PM10 y su composición química en la zona Urbana y rural de Mexicali, Baja California en México. *Informacion Tecnologica*, 25(6), 13–22.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600003>
- Choez, P. V., Moya, C. G., Mora, F. M., Choez, P. V., Moya, C. G., & Mora, F. M. (2016). Cálculo referencial de material particulado en el aire como factor de contaminación ambiental en el área urbana de la ciudad de Pujilí. *Enfoque UTE*, 7(2), 109–119.
<https://doi.org/10.29019/ENFOQUEUTE.V7N2.99>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Const. *Toegepaste Taalwetenschap in Artikelen*, 40, 169–175. <https://doi.org/10.1075/ttwia.40.16bee>
- Corral, J. (2017). *Monitoreo y análisis de la calidad del aire en la vía CUENCA - SAYAUSÍ -*

- EL CAJAS*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13322/1/UPS-CT006850.pdf>
- Cortés, A., (2013). Efectos de la combustión a leña en la calidad del aire intradomiciliario: La ciudad de Temuco como caso de estudio. *Revista INVI*, 28(78), 257–271. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582013000200008>
- Cortes, M., & Iglesias, M. (2004). Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación. *Generalidades Sobre Metodología de La Investigación*, 105. http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf
- Cuevas, A. L. H. (2019). La atmósfera, sus capas y propiedades. *Dirección de Educación Media Superior*, 6. https://www.uaeh.edu.mx/division_academica/educacion-media/repositorio/2019/3- semestre/diversidad-espacio-terrestre/docs/la-atmosfera-capas-propiedades.pdf
- Dávila Newman, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12, 180–205. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.065>
- DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS de los EE.UU. (2012). Acroleina (Acrolein). *Atsdr*.
- Eguiguren, M. de los Á. (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*. http://bibliodigital.saludpublica.uchile.cl:8080/dspace/bitstream/handle/123456789/717/Tesis_Ma.%20De%20Angeles%20Gatica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Echeverri, C. A., & Maya, J. G. (2008). *Relación entre las partículas finas (PM 2.5) y respirables PM 10) en la ciudad de Medellín*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242008000100003
- Empresa Pública de Tránsito, Transporte y Movilidad de Cuenca. (2016). Informe *Calidad del Aire 2016 final.pdf*. <https://www.emov.gob.ec/sites/default/files/Informe%20Calidad%20del%20Aire%202016%20final.pdf>
- EPA. (2021). *Monóxido de carbono | US EPA*. <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>
- FAO. (1983). *Métodos simples para fabricar carbón vegetal*. <https://www.fao.org/3/X5328S/X5328S00.htm>

- GADMC Saquisilí. (2019). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN PARTICIPATIVO INTERCULTURAL DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SAQUISILÍ*. http://app.sni.gov.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560000700001_PDY_OT%20GADMI%20CANTON%20SAQUISILI_MAR2015__15-03-2015_23-30-41.pdf
- García, I., & García, J. (2004). *LA MEDIA ARITMÉTICA*. https://jagcruz.webs.ull.es/Articulos/FPIEM_2004.pdf
- Gatica, M. (2020). *Particulado Atribuible a Quema De Leña Y Su Retrospectiva De Embarazadas En Temuco , Santiago , Diciembre 2020*.
- GEO. (2007). *Geo 4. World*, 540.
- Hernández, F., Cristina, A., Tort, S., & Recio, R. (2006). Valoración De La Calidad Del Carbón Vegetal De Las Zonas De La Efi “ Empresa Forestal Gran Piedra- Baconao.” *Revista Cubana de Química*, XVIII(1), 30–38.
- Hernández, G. (2017). Metodo Analítico. *Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo (UAEH)*, 2–11. <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd98/Matematicas/29/analitico.html>
- Huatuco, R. (2012, enero). *Contaminación Del Aire Por Material Particulado en La Ciudad Universitaria PDF | PDF | Partículas | Fumar*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/217154063/Contaminacion-del-aire-por-material-particulado-en-la-ciudad-universitaria-pdf>
- IES Suel - Ciencias Naturales. (2009). *Composición de la atmósfera*. <https://es.slideshare.net/iessuel/composicin-de-la-atmosfera>
- INEC. (2020). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/presentacion.pdf
- MAE. (2015). Acuerdo Ministerial 097-A. *Libro VI, Anexo 4*, 184. http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf
- MAE. (2019). RCOA. *Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional*, 2–4. <https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/private/asambleanacional/filesasambleanacionalnameuid-29/Votaciones Comisiones/Enmienda/RO Enmiendas constitucionales.pdf>
- Morales, D. (2004). *Contaminación atmosférica*. Universidad de Castilla La Mancha.
- Marroquín Peña, R. (2012). Metodología de la Investigación. *Universidad Nacional de*

- Educación Enrique Guzmán y Valle*, 1–26.
[http://200.48.31.93/Titulacion/2013/exposicion/SESION-4-METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.pdf](http://200.48.31.93/Titulacion/2013/exposicion/SESION-4-METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION.pdf)
- Martin, P. B. (2005). *Tesis Contaminacion Martin Paula*.
https://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis_n3931_Martin.pdf
- Meneses, E.(2004). “LA CONTAMINACION DEL AIRE: SU REPERCUCION COMO PROBLEMA DE SALUD”. IMSTITUTO NACIONAL DE HIGENE, EPIDEMOLOGIA Y MICROBIOLOGIA" -CUBA. *Revista Electrónica Ecosolar*, 44, 2.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1561-30032006000200008
- Municipio del Cantón Saquisilí. (2014). *GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SAQUISILÍ PROVINCIA DEL COTOPAXI*. 158.
- Molina D. (2009). *Planes de quema, Prescripciones*. En: *Incendios Forestales: Fundamentos y Aplicaciones*, México. McGraw-Hill. - *Buscar con Google*.
[file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-PlanesDeQuemasControladas-6931104%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-PlanesDeQuemasControladas-6931104%20(4).pdf)
- Norma de calidad de aire, L. T. (2015). *NORMA DE CALIDAD DE AIRE*. 184.
- OMS. (2015). *Salud y medio ambiente: Impacto sanitario de la contaminación del aire*.
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/253237/A68_R8-en.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- OMS. (2016). *Las dioxinas y sus efectos en la salud humana*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-human-health>
- OMS, O. M. D. L. S. (2004). Guías para la calidad del aire. *Guías Para La Calidad Del Aire*, OMS OPS/CEPIS/PUB/04.110, 1, 1–239.
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/guiasaire.pdf>
- OMS. (2020). *Personal interventions and risk communication on air pollution*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/333781>
- Onursal, B., & Gautam, S. P. (1984). Contaminantes del aire y sus efectos. *Paper*, 2(1), 43.
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/001083/Course2/Lecturas/Vehiculos/chapter2.pdf>
- OPS. (2016). *Contaminación del Aire Ambiental*. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- Pacheco, J. (2017). Tesis Doctoral Tesis Doctoral - Pdf. *Universidad Compluense de Madrid*, 1–85. <https://addi.ehu.es/handle/10810/49784%0Ahttps://docplayer.es/77540368-Tesis-doctoral-tesis-doctoral.html>
- Pagans, E., Font, X., & Sánchez, A. (2006). Emission of volatile organic compounds from composting of different solid wastes: Abatement by biofiltration. *Journal of Hazardous*

- Materials*, 131(1–3), 179–186. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2005.09.017>
- Palacios, E., (2014). Contaminación Del Aire Exterior. Cuenca - Ecuador, 2009- 2013. Posibles Efectos En La Salud. *Revista de La Facultad de Ciencias Médicas*, 32(2), 6–17.
- Pasco, A. (2017). Desarrollo sustentable en el Perú. *Revista Científica, FCV-LUZ*, III(173), 3–32. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/227553/Artículo_V2.pdf
- Pérez, L. (2013). *Diagnóstico y monitoreo de la calidad del aire en los predios de la Universidad Central del Ecuador*.
- Pinheiro, P. C. (2017). *LA PRODUCCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL* (pp. 69-88). <file:///C:/Users/User/Downloads/PINHEIRO-LaProducciondelCarbonVegetalp.69-88.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2007). *GEO4_Summary_Spanish.pdf*. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7728/GEO4_Summary_Spanish.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Sabour, S. (2017). Reliability of smartphone-based teleradiology for evaluating thoracolumbar spine fractures: statistical issue to avoid misinterpretation. *Spine Journal*, 17(8), 1200. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.04.017>
- Saldarriaga, J. A. (2019). *NIVELES Y CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN LA CIUDAD DE LURIGANCHO – HUACHIPA 2015*.
- SIISE. (2001). *Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE)*. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/1848/4/RFLACSO-I111-04-SIISE.pdf>
- Topa, D. (2020). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN HORNO PIROLÍTICO DE 200 LITROS PARA LA GENERACIÓN DE BIOCHAR*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19211/1/UPS%20-%20TTS142.pdf>
- Solano, J. (2007). *7 Transporte Y Dispersión De Contaminantes Del Aire*. 59–62. <file:///C:/Users/alumno03/Documents/hie11213.pdf>
- Toala, E. (2010). *Estudio de factibilidad para la construcción de una fábrica de briquetas de carbón utilizando tamo de arroz localizada en la Provincia del Guayas*. 89.
- Trelles, R. (2018). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL*. 110.
- Trece, S. (2016). *Metodología de la investigación i*.
- Veliz, L. R. D. (2016). 2.11.6. CONTAMINACION DEL AIRE. 81.
- Vidal, C. A. (2014). *Estadística descriptiva y selección de la prueba*.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982014000200009

ANEXOS

Anexo 1.

Vista lejana de las carboneras en el sector San Juan de Bellavista.



Anexo 2.

Toma de coordenadas



Anexo 3.

Primer punto de muestreo, carbonera Perdomo



Anexo 4.

Cuarto punto de muestreo carbonera “Don Luis”

**Anexo 5.**

Sexto punto de muestreo carbonera “Hnas. Calvopiña”

**Anexo 6.**

Visita a las carboneras



Anexo 7.*Obtención de la leña***Anexo 8.***Secado de la leña***Anexo 9.***Formación del horno*

Anexo 10.

Horno de tierra o parva terminado



Anexo 11.

Encendido



Anexo 12.

Enfriado



Anexo 13.

Producto final (carbón) obtenido del horno de tierra

**Anexo 14.**

Instalación del equipo E-BAM

**Anexo 15.**

Muestreo de partículas suspendidas en el aire PM_{10}



*Anexo 16**Muestreo de partículas suspendidas en el aire PM_{2.5}**Anexo 17**Papel filtro en muestreo**Anexo 18**Transferencia de datos mediante el software COMET*

*Anexo 19**Elaboración de mapas**Anexo 20**Para la construcción del horno colmena Brasileño, el suelo debe ser humedecido**Anexo 21**Compactación del suelo*

Anexo 22

Construcción de las paredes con el eje central



Anexo 23

Mezcla de barro para la construcción del horno



Anexo 24

Horno colmena con leña en su interior, próximo a ser encendido



Anexo 25

Horno tipo colmena, construido a un costado de la carbonera



Anexo 26

Horno tipo colmena en producción



Anexo 27

Ensacado del producto final (carbón) producido en el horno tipo colmena



Anexo 28

Carbonera Don Luis, actualmente cuenta con 4 hornos tipo colmena

