UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN LA CALIDAD DEL AIRE EN EL DISTRITO DE MANANTAY - UCAYALI"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

VIRGINIA ULRIKA CAUPER LOMAS

BÁRBARA MEDINA SEGURA

PUCALLPA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 136 /2022-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 11:00 a.m. del martes 04 de enero de 2022, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma virtual, mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams, los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple N.º 185-2021-UNU-FCFyA, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas	Presidente
Dr. Carlos Panduro Carbajal	Miembro
Ing. M.Sc. Julián Robert Pérez Vigilio	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE CARBON VEGETAL EN LA CALIDAD DEL AIRE EN EL DISTRITO DE MANANTAY - UCAYALI"**, *presentado por los bachilleres,* **VIRGINIA ULRIKA, CAUPER LOMAS y BÁRBARA, MEDINA SEGURA** *;* asesorado por el **Dr. DAVID LÉON MORENO,** habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por las sustentantes en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 12:40 pm. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas
Presidente

Dr. Carlos Panduro Carbajal
Miembro

Ing. M.Sc. Julián Robert Pérez Vigilio
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis ha sido aprobada por los miembros del jurado evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambiental de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas

Presidente

Dr. Carlos Panduro Carbajal

Miembro

Ing. M.Sc. Julián Robert Pérez Virgilio

Miembro

Dr. David León Moreno

Asesor

Bach. Virginia Ulrika Cauper Lomas

Tesista

Bach. Bárbara Medina Segura

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N°0034-2022

La **Dirección de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el **Informe final de Tesis, titulado:**

"EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN LA CALIDAD DEL AIRE EN EL DISTRITO DE MANANTAY - UCAYALI"

Cuyo(s) autor (es)	:	**CAUPER LOMAS, VIRGINIA ULRIKA.** **MEDINA SEGURA, BÁRBARA.**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES.**
Escuela Profesional	:	**ING. AMBIENTAL.**
Asesor(a)	:	**DR. LEON MORENO, DAVID**.

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 1%.**
En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y CODIFICA la presente constancia

FECHA 26/01/2022

Dr. ABRAHAM ERMITANIO HUAMAN ALMIRON
Dirección de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Virginia Ulrika Cauper Lomas
Autor de la TESIS titulada:
"Efecto de la producción de carbón vegetal en la calidad del aire en el distrito de Manantay - Ucayali".

Sustentada el año: 2022
Con la asesoría de: Dr. David León Moreno
En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales
Carrera Profesional de: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL ☐ Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL ☒ Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 04 / 01 / 2022

Email: virginia.cauper@gmail.com Firma:

Teléfono: 984956250 DNI: 73374202

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, BÁRBARA MEDINA SEGURA
Autor de la TESIS titulada:
"EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN LA CALIDAD DEL AIRE EN EL DISTRITO DE MANANTAY - UCAYALI".

Sustentada el año: 2022
Con la asesoría de: Dr. DAVID LEÓN MORENO
En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Carrera Profesional de: INGENIERÍA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL ☐ Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL ☒ Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto, me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 04 / 01 / 2022

Email: borbara 12.mg@gmail.com Firma: Bárbara

Teléfono: 995292768 DNI: 72909764

DEDICATORIA

A mis padres Michelle Lomas Maldonado y Samuel Cauper Pinedo por sus apoyos incondicionales, por sus mejores consejos y ser ellos el principal motivo de salir adelante y luchar contra las adversidades de la vida.

A mis adorados hermanos, a mis queridos abuelos, por contagiarme siempre su alegría, y a todas las personas que me apoyaron al desarrollo de este trabajo.

Virginia Ulrika Cauper Lomas

Dedicado a Dios y a las personas cuyas ganas de superación son inquebrantables ante las adversidades de la vida, jamás se rindan.

A las dos personas más importantes en mi vida: Sebastián y Alessandro, que son mi fuerza e inspiración para este importante logro.

Bárbara Medina Segura

AGRADECIMIENTO

Nuestra gratitud infinita a la Universidad Nacional de Ucayali, a los docentes que nos brindaron la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos para guiarnos durante todo el desarrollo de esta tesis.

A nuestro asesor de tesis, Dr. David León Moreno, que con su paciencia y dedicación estuvo apoyándonos y orientándonos en el manejo de los datos obtenidos.

Asimismo, agradecer también a nuestro coasesor de tesis, Ing. Paul Reátegui Ramos por sus sabios conocimientos en guiarnos al desarrollo de la presente tesis.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA vii
AGRADECIMIENTO viii
ÍNDICE DEL CONTENIDO ix
ÍNDICE DE TABLAS xi
ÍNDICE DE FIGURAS xii
RESUMEN xv
ABSTRACT xvi
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 2
1.1.1. Problema general 3
1.1.2. Problemas específicos 3
1.2. OBJETIVOS 3
1.2.1. Objetivo general 3
1.2.2. Objetivos específicos 3
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 4
2.1. ANTECEDENTES 4
2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA 6
2.2.1. Contaminación de aire 6
2.2.2. Parámetros de calidad de aire 7
2.2.3. Producción de carbón vegetal 8
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 19
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 21
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 21
3.1.1. Enfoque de la investigación 21

3.1.2. Alcance de la investigación 21
3.1.3. Diseño de la investigación 21
3.1.4. Diseño estadístico 22
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 22
3.2.1. Población 22
3.2.2. Muestra 22
3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 23
3.3.1. Análisis de PM10 y 2.5 por sensores dispersión láser 25
3.3.2. Análisis de gases por sensores químicos 25
3.3.3. Medición de CO y CO_2 26
3.3.4. Determinación de área de influencia 27
3.3.5. Índice de Calidad del Aire (INCA) 28
3.3.6. Análisis geo estadístico SIG 30
3.3.7. Análisis de gases de los procesos de producción de carbón 30
3.3.8. Proceso de trabajo del estudio general 31
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN 35
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 59
5.1. CONCLUSIONES 59
5.2. RECOMENDACIONES 60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA 61
ANEXOS 66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de calidad de aire…… 7
Tabla 2. Etapas del proceso de carbonización de la biomasa……14
Tabla 3. Características del carbón vegetal…… 16
Tabla 4. Análisis y diseño de datos…….. 20
Tabla 5. Clasificación de valores INCA…… 29
Tabla 6 Cálculo INCA para Material particulado (PM10) promedio 24 horas..29
Tabla 7 Cálculo INCA para Monóxido de Carbono (CO) promedio 8 horas…..29
Tabla 8 Cálculo INCA para Sulfuro de Hidrógeno (H_2S) promedio 24 horas… 29
Tabla 9 Cálculo INCA para Material particulado (PM2.5) promedio 24 horas..30
Tabla 10 Cantidad de producción de Carbón vegetal por el método de Parva Volcán por productor……... 40
Tabla 11 Cantidad de producción de Carbón vegetal por el método de Parva Cama por productor…… 40
Tabla 12 Datos de monitoreo de la calidad del aire en zonas aledañas de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay…… 41
Tabla 13 Análisis estadístico de los resultados de calidad de aire…… 44
Tabla 14 Valores del Monóxido de Carbono y análisis INCA…… 45
Tabla 15 Valores del Material Particulado PM10 y análisis INCA……46
Tabla 16 Valores del Material Particulado PM2.5 y análisis INCA……46
Tabla 17 Valores del Sulfuro de Hidrógeno H_2S y análisis INCA……..47
Tabla 18 Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) según distancia de las áreas productoras de Carbón en Manantay……48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Triangulo de la pirolisis……..... 10
Figura 2. Ecuación es una simplificación del proceso de carbonización……...10
Figura 3. Modelo tradicional de producción de carbón vegetal……...18
Figura 4. Etapas de la carbonización…….. 22
Figura 5.Preparación de Parvas……...15
Figura 6.Construcción de un horno de ladrillo media naranja…….. 16
Figura *7.* Horno metálico de carbón vegetal……...17
Figura 8. Zona de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay…23
Figura 9. Proceso de trabajo……24
Figura 10. Sensor NDIR (diseño compacto)……...27
Figura 11. Área de influencia por componentes y medio…… 28
Figura 12. Monitoreo de análisis de gases…… 31
Figura 13. Cargado de datos generales en el ArcMap…… 32
Figura 14. Interpolación Kriging con una semi varianza ordinaria con razón Gaussiana…… 32
Figura 15. interpolación de rango sea representada y analizada individualmente por distancia……..33
Figura 16. Reclasificamos los datos del raster, utilizando la opción de simbología y aplicamos los rangos del INCA……...33
Figura 17. Clasificación resultante de la concentración de gases…….. 34
Figura 18. Clasificación resultante según intervalo de clasificacion del INCA..34
Figura 19. Proceso de campo de la producción de carbón vegetal en la zona de estudio……35
Figura 20. Especies de madera usadas para la producción de carbón vegetal en la zona de estudio del distrito de Manantay……37
Figura 21. Tipos de producción de carbón y su pérdida de volumen final…….38
Figura 22 Tiempo de producción del carbón vegetal en la zona de estudio del distrito de Manantay……39
Figura 23. Correlación entre la producción de carbón vegetal mediante el método de parva volcán y la generación de Monóxido de Carbono……..49
Figura 24. Correlación entre la producción de carbón vegetal mediante el método de parva cama y la generación de Monóxido de Carbono……50

Figura 25. Concentración de Monóxido de Carbono con respecto al método de elaboración de carbón vegetal según el tiempo…… 51
Figura 26. Mapa de distribución de la población encuestada según el área de influencia de las productoras de carbón vegetal en el distrito de Manantay…..52
Figura 27. ¿Qué actividades considera usted que afectan la calidad de aire en la zona?..... 53
Figura 28. ¿Considera usted que los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña generan problemas en la calidad del aire en su vivienda?.....54
Figura 29.¿Considera usted que la actividad produce gran cantidad de gases?..... 55
Figura 30.¿Considera usted que los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña generan en usted problemas a la salud?.....55
Figura 31. ¿Qué tan grave es para usted la contaminación del aire por los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña?..... 56
Figura 32. ¿En qué horario los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal se perciben en mayor intensidad?..... 57
Figura 33 .¿Participa usted o algún miembro de la familia en la de producción de carbón vegetal en la zona aledaña?.....57
Figura 34. ¿Cómo participa en la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña?.....58
Figura 35. Encuestando a los productores de carbón vegetal……68
Figura 36. Almacenamiento de la materia prima para la producción de carbón vegetal……69
Figura 37. Inicio del proceso de construcción de parvas horizontales……...69
Figura 38. Proceso de tapado con aserrín las parvas…… 70
Figura 39. Parva Cama lista para el tapado……70
Figura 40. Productoras de carbón en plena jornada laboral haciendo mantenimiento de la parva a diario con la cantidad correcta de agua y aserrín, para evitar el exceso de gases generados por dicha actividad…… 71
Figura 41. Carbón vegetal empaquetado, listo para el consumidor……71

Figura 42. Monitoreo de la calidad de aire realizado en la fuente de elaboración de carbón vegetal……72
Figura 43. Monitoreo de calidad de aire realizado frente a los productores de carbón vegetal…….. 72
Figura 44. Monitoreo realizado en la quebrada de Manantay……. 73
Figura 45. Monitoreo de la calidad de aire realizado frente a la carretera de Manantay……...73
Figura 46. Diferentes puntos de monitoreo realizado sobre la evaluación de la calidad de aire…….. 74

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo evaluar el efecto de la producción de carbón en la calidad del aire en el distrito de Manantay. El estudio se llevó a cabo en la zona de productores de carbón vegetal del distrito, donde se identificaron 45 parvas de carbón perteneciente a 21 productores asociados. Los principales métodos de producción de carbón son por parva volcán y parva cama, las cuales se utiliza comúnmente para la producción del carbón las especies de maderas llamadas *copaiba, capirona, cachimbo, lagarto, shihuahuaco, tornillo, quinilla* y *marupa,* consideradas por su dureza y mejor calidad por los productores. Como resultados se obtuvo a partir de los monitoreo de gases, en áreas de 0 a 100 metros de la zona de producción la calidad es del aire es Mala, en áreas de 101 a 200 metros la calidad es del aire es Moderada, en áreas de 201 a 300 metros la calidad es del aire es Bueno y en áreas de 301 a 400 metros la calidad es del aire es Buena; la población en su mayoría percibe que la calidad de aire en zonas aledañas a los centros de producción de carbón vegetal es mala en áreas de 0 a 100 metros, regular en áreas de 101 a 300 metros, regular de 301 a 500 metros y buena de 500 a más. Se concluye que la producción de carbón vegetal afecta negativamente la calidad de aire del distrito de Manantay, en áreas cercanas a 200 metros a esta actividad.

Palabras claves: Carbón, producción, aire y parvas

ABSTRACT

The project aims to evaluate the effect of coal production on air quality in the Manantay district. The study was carried out in the charcoal producers area of the district, where 45 charcoal stacks belonging to 21 associated producers were identified. The main methods of charcoal production are by volcano parva and parva bed, which are commonly used for the production of charcoal, the species of woods called copaiba, capirona, cachimbo, lizard, shihuahuaco, tornillo, quinilla and marupa, considered for their hardness and better quality by the producers. As results were obtained from gas monitoring, in areas from 0 to 100 meters from the production zone the air quality is Bad, in areas from 101 to 200 meters the air quality is Moderate, in areas of 201 to 300 meters the air quality is Good and in areas from 301 to 500 meters the air quality is Good; The majority of the population perceives that the air quality in areas near the charcoal production centers is bad in areas from 0 to 100 meters, regular in areas from 101 to 300 meters, regular from 301 to 500 meters and good from 500 or more. It is concluded that the production of charcoal negatively affects the air quality of the Manantay district, in areas close to 200 meters from this activity.

Keywords: Coal, production, air and heaps

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la población de la región Ucayali es considerado un productor de gran importancia de la línea forestal y sus derivados, siendo que el carbón vegetal es uno de los derivados más producidos en la región, siendo el distrito de Manantay uno de los principales aportantes de dicha producción regional con un 45% del total (SINIA, 2020). La población aledaña a esta actividad es propensa a sufrir enfermedades respiratorias y otros problemas adicionales relacionados a la producción de carbón, esto no solo se vuelve un problema latente por su impacto en la salud, sino también en el medio ambiente donde afecta directamente a la calidad de aire de las zonas cercanas a la actividad. Continuamente esta actividad ha sido sancionada, prohibida y hasta reubicada a zonas más alejadas de la población, pero la cercanía a la materia prima en el distrito de Manantay ha sido factor fundamental el asentarse en la zona, siendo de vital importancia además para muchas actividades comerciales de la localidad, como la parte fundamental en restaurantes y pollerías. Sin dejar de lado la gran demanda por el producto de carbón vegetal y su alta rentabilidad, que ronda en precios por costales de 90 a 150 nuevos soles dependiendo de la calidad de este y la especie con la cual se produce, teniendo en cuenta estos factores la producción de carbón vegetal es un problema ambiental de nunca acabar en la región.

El presente trabajo de investigación procura evaluar el efecto que tiene la producción de carbón vegetal en la zona del distrito de Manantay en la calidad del aire y la percepción de la población que rodea la actividad, estudiando la calidad del aire mediante el material particulado PM 2,5 y 10, los niveles de Monóxido de Carbono y Sulfuro de Hidrógeno.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se considera que el aire limpio es un requisito básico de la salud y bienestar humano. Sin embargo, su contaminación sigue representando una amenaza importante para la salud en todo el mundo. Según una evaluación de la OMS de la carga de enfermedad debida a la contaminación de aire, son más de 2 millones las muertes prematuras que se pueden atribuir cada año a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos y en espacios cerrados. Más de la mitad de esta carga de enfermedad recae en poblaciones de los países en desarrollo (Organización Mundial de la Salud, 2002). Los últimos datos de calidad de aire para 2018 revelan que la mayoría del mundo respira aire contaminado, superando con creces las pautas de calidad de aire de la OMS, al tiempo que destaca una distribución desigual de la contaminación por PM2,5 y la distribución de estaciones de monitoreo. Perú es la primera nación latinoamericana en la lista en el puesto 21 respecto a los países con mala calidad de aire, seguido de Chile, México, Brasil, Colombia y Puerto Rico. A pesar de que Perú es el país en América Latina más contaminado, Santiago de Chile es la capital con la peor calidad de aire del continente (France24, 2019). La ciudad de Pucallpa se comprometió a poner en marcha planes de acción elaborados por el Ministerio del Ambiente para mejorar la calidad de aire en su jurisdicción, se identificaron como fuentes de contaminación la alta circulación de motocicletas y la presencia de carboneras (ANDINA, 2013).

En el año 2009 Ucayali produjo 685 977,64 Kg de carbón vegetal, siendo el distrito de Manantay uno de los principales aportantes de dicha producción regional con un 45% del total (SINIA, 2020). La presente investigación permitirá conocer la calidad de aire en el área de influencia de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay debido a que este es el principal productor de carbón vegetal en la región Ucayali, según MINAM (2016) esta

actividad fue identificada como una de las principales fuentes de contaminación en la ciudad de Pucallpa.

1.1.1. Problema general

- ¿Cuál es el efecto de la producción de carbón vegetal en la calidad del aire del distrito de Manantay?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo es el proceso de producción del carbón vegetal en el distrito de Manantay?
- ¿Cuál es la calidad del aire en zonas aledañas a la producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay?
- ¿Cuál es la percepción de los pobladores aledaños a los centros de producción de carbón vegetal sobre la calidad del aire?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar los efectos de la producción de carbón vegetal en la calidad del aire en el distrito de Manantay.

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir el proceso de producción del carbón vegetal en el distrito de Manantay.

- Analizar la calidad del aire en zonas aledañas de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay.

- Describir la percepción de los pobladores aledaños a los centros de producción de carbón vegetal sobre la calidad del aire.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

David M. y otros (2001), quienes realizaron una investigación en cuanto a las emisiones a la atmósfera que emiten los hornos de carbón utilizados comúnmente en Kenia y Brasil se midieron durante condiciones de operación típicas. Se determinaron los factores de emisión para Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido Nitroso (N_2O), Monóxido de Carbono (CO), hidrocarburos totales no metanos, Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y partículas suspendidas totales (TSP) junto con la eficiencia de producción de carbón y contenido energético. En promedio, el Carbono de la leña se desvió aproximadamente de la siguiente manera: 51% a carbón vegetal, 27% a CO_2 y 13% a productos de combustión incompleta (PIC). Estimamos que el compromiso total primario de calentamiento global (GWC) de las emisiones de los hornos de carbón de Kenia y Brasil es de aproximadamente 2.7 y 7.5 millones de toneladas (Mt) C-CO_2, respectivamente. A modo de comparación, el GWC primario del uso de combustibles fósiles en los Estados Unidos es de casi 1700 Mt C - CO_2.

Mientras tanto Smith y otros, (1999), determinaron las mediciones de emisiones en el aire, durante condiciones de operación típicas, de hornos de carbón utilizados comúnmente en el mundo en desarrollo. Los hornos probados fueron de cinco tipos: colmena de ladrillos, colmena de barro, montículo de tierra, montículo de cáscara de arroz y un solo tambor (de aceite). Estos experimentos se llevaron a cabo en Tailandia, una nación que produce alrededor de 7,2 millones de toneladas de carbón por año de los 26-100 millones de toneladas estimadas a nivel mundial. Se determinaron los factores de emisión para la producción de carbón vegetal para: los gases de efecto invernadero directos Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4) y Oxido Nitroso (N_2O); los gases de efecto invernadero indirectos Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos no Metano Totales (TNMHC); y (3) total de partículas suspendidas (TSP). Los

factores de emisión promedio, expresados en gramos de contaminante por kilogramo de carbón producido para los cinco tipos de hornos, fueron 970-1 600 para (CO_2), 13-58 para CH_4, 110-340 para CO, 9-95 para TNMHC, 0.017-0.084 para (N_2O); y 0.7-4.2 para TSP.

Torres Muro,(2011), en el estudio realizado pretende contribuir con el conocimiento sobre el consumo de leña, cantidad de C02 que se emite a la atmósfera, tasa de deforestación e impactos ambientales en el Área de Conservación Regional Vilacota-Maure (ACRVM). Los resultados obtenidos permitieron concluir que el uso de leña en cocinas tradicionales en el Área de Conservación Regional Vilacota-Maure, está provocando impactos ambientales, sociales y económicos negativos de consecuencias locales y globales.

Así mismo Philipps Gallo,(2019), determinó mediante su investigación que la calidad de vida de los productores de carbón vegetal artesanal del distrito Manantay de la provincia Coronel Portillo-Región Ucayali. Indican que tienen baja calidad de vida, y de acuerdo al valor del perfil de calidad de vida, el 96% de los carboneros viven mal, pero el 4% están peor. Finalmente, se hace una propuesta tecnológica de producción de carbón vegetal, a fin de convertirla en una actividad sostenible que aumente la calidad de vida de los productores de carbón y de la población involucrada.

Mosqueda Hoyos,(2015), en su investigación denominada “Calidad del aire y de los efectos en la salud por pm10, en un tramo de la av. Túpac Amaru, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo- Ucayali – 2015” , obtuvo como resultados Los promedios de las concentraciones de material Particulado (PM10) son: Punto 01 629.04 µg/m3; Punto 02, 658.69 µg/m3; siendo el punto 03 con mayor concentración de PM10. Es decir, dichos resultados muestran que los 3 puntos de monitoreo se encuentran en un nivel de alerta de Emergencia porque superan los Niveles de Estados de Alerta por contaminación de aire mayor a 420 µg/m3 por un periodo de 24 horas. Las encuestas reflejan la percepción de las personas que viven en la zona, en la que señalan que el aire está contaminado, que los problemas de salud a diario son las molestias, desespero y el aburrimiento, y con frecuencia presentan agotamiento, ardor de ojos y tos.

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1. Contaminación de aire

La contaminación del aire es la presencia de material indeseable en ese aire, en cantidades bastantes grandes como para producir efectos nocivos. Esta definición no restringe la contaminación de aire a causas humanas, aunque normalmente sólo hablamos acerca de éstas. Los materiales indeseables pueden dañar a la salud humana, la vegetación, los bienes humanos o el medio ambiente global, así como crear ofensas estéticas en la forma del aire de color café o brumoso, o bien olores desagradables. Se sabe que los contaminantes pueden hacer todas estas cosas. Muchos de estos materiales nocivos entran a la atmósfera provenientes de fuentes, que, a la actualidad, se encuentran más allá del control humano. Sin embargo, en las partes más densamente pobladas del globo, en particular en los países industrializados, las fuentes principales de estos contaminantes son actividades humanas, el remedio propuesto en la mayor cantidad de países industriales es continuar con las actividades y controlar las emisiones contaminantes del aire que provengan de ellas (De Nevers, 1998).

2.2.2. Parámetros de calidad de aire

Tabla 1. Parámetros de calidad de aire

Parámetros	Definición
CO	El Monóxido de Carbono existe en la atmósfera de todas las grandes ciudades, en las cuales su fuente principal es la combustión incompleta del carbón, del petróleo y de otros combustibles orgánicos.
CO_2	La incidencia del aumento del contenido de CO_2 puede ser considerado como un compuesto que puede alterar las características atmosféricas, el CO_2 en la atmósfera aumenta la energía que queda en la tierra procedente del calor del sol, y ello lo hace en forma de calor.
H_2S	Es un compuesto que, en la atmósfera, se oxida casi siempre a SO_2, cosa que puede ocurrir en presencia de ozono.
COV	La mayoría de estos productos son irritantes y tóxicos, y aparecen, además en las combustiones incompletas, en las industrias que los sintetizan, en los incineradores de basura y en las cercanías a las refinerías de petróleo.
PM_{10}	Partículas con diámetro menor a 10 micrones de diferentes materiales
$PM_{2.5}$	Partículas con diámetro menor a 2.5 micrones de diferentes materiales
HCHO	Se origina en la naturaleza en la degradación del metano, en la actividad humana se forma en la combustión incompleta de los motores de vehículos automóviles. Asimismo, entra en la composición de numerosos productos como aglomerados de madera, papel, productos textiles.

Fuente: (Seoánez, 2002)

2.2.3. Producción de carbón vegetal

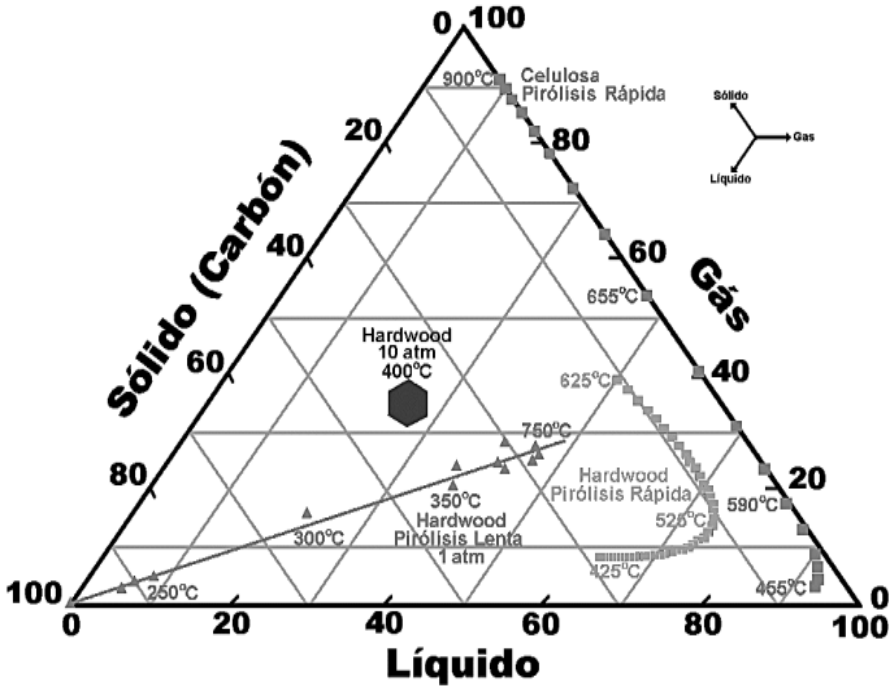
2.2.3.1. *Carbón vegetal*

El carbón vegetal es el residuo que queda cuando de "carbonizar" la madera, o se la "hidroliza", en condiciones controladas, en un espacio cerrado, como es el horno de carbón. El control se hace sobre la entrada del aire, durante el proceso de pirólisis o de carbonización, para que la madera no se queme simplemente en cenizas, como sucede en un fuego convencional, sino que descomponga para formar carbón vegetal (FAO, 1983).

En el Perú, la producción de carbón vegetal para el año 2017 fue de 29 275 512,46 kg. Los principales departamentos de producción de carbón vegetal para el 2017 fueron Ucayali con 21 755 482,92 kg, Tumbes con 4 936 222,26 kg, San Martín con 577 603,00 kg, Madre de Dios con 1 567 123,75 kg, Ica con 468 713,06, las demás regiones suman en su totalidad 970 367,47 kg (SERFOR, 2019).

El carbón vegetal es el resultado de la descomposición térmica de la biomasa en ausencia de aire (pirólisis) a una temperatura por encima de 300 °C. Todos los tipos de biomasa se pueden utilizar en la producción de carbón vegetal, pero se utiliza principalmente la madera. El carbón vegetal es un combustible con un poder calorífico y reactividad mucho más altos que la madera. Sin embargo, el proceso de carbonización tiene baja eficiencia energética (< 50 %), y su uso disminuye la eficiencia global de los procesos que utilizan el carbón vegetal como fuente de energía. La pirólisis es el proceso de conversión térmica a temperaturas entre 300-800 °C, en la ausencia total de aire (o con una pequeña cantidad de aire, que no causa una combustión significativa). La pirólisis es un proceso llamado por lo general carbonización, destilación destructiva, o destilación de la madera. Por lo general, es llamado de carbonización el proceso en que el carbón vegetal es el principal producto de interés, de destilación de la madera cuando se desea para producir líquido, de destilación destructiva para producir tanto líquido como carbón, y de gasificación

para producir gas. El calor necesario en el proceso puede ser introducido indirectamente, o generado por una combustión parcial de la biomasa (calentamiento directo). La pirólisis realizada a altas temperaturas (1000 °C) maximiza la producción de gas (gasificación), mientras que la pirólisis a temperaturas más bajas (< 500 °C) maximiza la producción de carbón vegetal (carbonización). La pirólisis puede ser clasificada en: Pirólisis lenta: utiliza bajas temperaturas y mucho tiempo de reacción. Maximiza la producción de carbón vegetal (alrededor de 35% en peso, que contiene aproximadamente 50% del contenido de energía de la biomasa que se utiliza). Pirólisis rápido: El calentamiento rápido de pequeñas partículas de biomasa de bajo contenido de humedad, a una temperatura entre 450-550 °C. Las velocidades de reacción son altas y el tiempo de residencia de típicamente menos de 1 segundo. Maximiza la producción de alquitrán, 65 a 80 % del peso seco inicial. Pirólisis flash: Similar a la pirólisis rápida. Utiliza temperaturas más altas (> 700 °C). Maximiza la producción de líquido y gas (más de 80 % en masa). Pirólisis convencional: Utiliza temperaturas moderadas (< 600 °C) y velocidades de reacción moderadas. Se producen cantidades casi iguales de líquido, de gas y de carbón (da Costa Pinheiro, 2017).



Fuente: (da Costa Pinheiro, 2017)

Figura 1. Triángulo del pirólisis

El proceso de carbonización teórico a 400 °C puede ser representado por la siguiente ecuación donde $C_{42}H_{60}O_{28}$ y $C_{16}H_{10}O_2$ son composiciones de madera y carbón vegetal (Klason y otros, 1909).

$$2\ C_{42}H_{60}O_{28} \rightarrow 3\ C_{16}H_{10}O_2 + 28\ H_2O + C_{28}H_{34}O_9 + 5\ CO_2 + 3\ CO$$

Madera — Carbón vegetal — Agua — Alquitrán — Gases

Fuente: (da Costa Pinheiro, 2017)

Figura 2. Ecuación es una simplificación del proceso de carbonización

Esta ecuación es una simplificación del proceso de carbonización y no muestra todos los productos involucrados. El carbón producido a 400 °C tiene un contenido de Carbono fijo de 82,1%, y el rendimiento en masa es de aproximadamente 34,7%. Se puede comprobar que la madera tiene 49,5% de Carbono, 44,0% de

Oxígeno y el carbón vegetal 82,1% y 13,7%. Por lo tanto, la carbonización es sobre todo un proceso de concentración de Carbono (1,7x) y de liberación de Oxígeno. El carbón vegetal contiene alrededor del 57% del Carbono de la madera, siendo el resto se encuentra en el condensado y gas de carbonización. 89% del oxígeno de la madera es incorporado en los condensados y en los gases que son liberados (da Costa Pinheiro, 2017).

2.2.3.2. *Proceso de producción*

FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (1983), nos indica que para el proceso de fabricación de carbón vegetal puede ser dividida en varias fases o unidades operativas, que son:

- Cultivo de leña
- Cosecha de Madera
- Secado y preparación de la madera para la carbonización
- Tamizado, almacenamiento y transporte a depósitos o puntos de distribución.

2.2.3.3. *Técnicas para la obtención de carbón vegetal*

Con relación a su producción, el proceso de fabricación del carbón vegetal comienza por la adquisición del recurso forestal para su explotación. La vida de los carboneros es dura y transcurre en el campo, las formas más tradicionales permean en la cotidianidad de los carboneros; estos personajes deben cambiar constantemente su alejamiento de acuerdo a los sitios donde se realiza el carbón, para generar carbón existen diversos métodos, algunos muy tradicionales y otros más industriales; dependiendo del método utilizado será el tiempo en producirse el carbón de calidad es indispensable quemarlo lentamente; sin embargo, ese proceso puede tardar semanas por que algunos carboneros han recurrido a realizar hornos modernos, de adobe o ladrillo que hagan de esta actividad una forma de vida mucho más productiva en tiempo y en mercancía, aunque muchas veces no en calidad, y que fomente un estilo de vida más estable ya que estos

hornos son estáticos y permiten a los carboneros tener un hogar estable en alguna comunidad. Se ilustra el proceso tradicional del carbón vegetal donde nos indica que “se basa en la selección del recurso forestal en el campo y la generación de carbón in situ. Motiva un estilo de vida errante y limita el estilo de vida de los carboneros al campo (Pérez Torres, 2017).

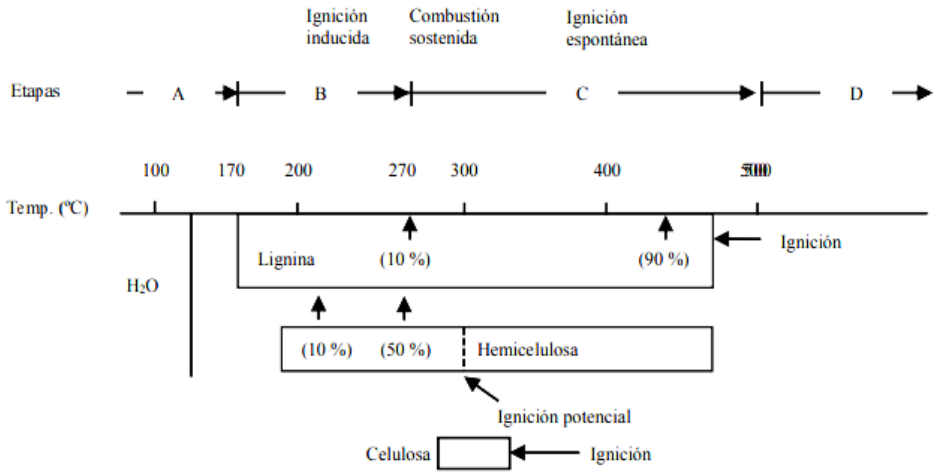


Fuente: Pérez Torres, 2017

Figura 3. Modelo tradicional de producción de carbón vegetal

El proceso de carbonización es mucho más complejo que la que se muestra en la ecuación anterior. La biomasa contiene hemicelulosa, celulosa y lignina. La celulosa y la hemicelulosa son los azúcares que se descomponen generando componentes volátiles durante la carbonización. Una vez iniciada la pirólisis, la celulosa y la hemicelulosa son casi completamente descompuestas (volatilizadas) a 400 °C. La lignina es el componente más estable y se descompone más lentamente, siendo el principal contribuyente a la formación del Carbono (Carbono fijo). La celulosa y la semicelulosa se separan inicialmente en forma de compuestos de bajo peso molecular denominada “celulosa activada”. La celulosa y la semicelulosa activada se descomponen térmicamente por reacciones concorrientes, consecutivas y bastante complejas que forman los

volátiles (anhidro-azúcares), carbón y gases (da Costa Pinheiro, 2017).



Fuente: (da Costa Pinheiro, 2017)

Figura 4. Etapas de la carbonización

A pesar de que la carbonización a baja temperatura produce una mayor cantidad de carbón vegetal, este carbón tiene un alto contenido de materia volátil produciendo una combustión con llama y humo. Con la carbonización a temperaturas más altas, a pesar de aumentar el contenido de Carbono fijo del carbón, más hidrocarburos son liberados en los gases. Por encima de 500 °C comienza a la gasificación y la disociación del carbón producido, lo que disminuye el rendimiento en masa y energético de la producción de carbón, y disminuye la vida útil del equipo. Por lo tanto, la temperatura ideal de la carbonización debe estar dentro del rango de 380-450 °C, porque el carbón producido tiene buen Carbono fijo (≈ 84 %) y el contenido de hidrocarburos en los gases es de alrededor de 49 %, con cantidades apreciables de alquitranes (da Costa Pinheiro, 2017).

Tabla 2. Etapas del proceso de carbonización de la biomasa

Fase	Temperatura	Energía
I Secado	20 a 110 °C	Endotérmico
La madera absorbe calor y se seca, liberando la humedad en forma de vapor de agua. La temperatura se mantiene alrededor de 100 °C hasta que la madera esté completamente seca. Una madera verde contiene de 50 a 70 % de agua que debe ser evaporado antes de que la temperatura de la madera se pueda aumentar.		
II	110 a 170 °C	Endotérmico
El contenido final de agua se libera, pocas reacciones importantes. Reacciones de deshidratación que implican los grupos -OH presentes en las moléculas de los polisacáridos.		
III Pre-Carbonización	170 a 270 °C	Endotérmico
Torrefacción. Aumento de la velocidad de reacción e inicio de la liberación de los volátiles. Pequeña eliminación de gases. La madera comienza a descomponerse, liberando CO, CO_2, ácido acético y metanol.		
IV Transición	270 a 290 °C	
Las reacciones de descomposición se mantienen y se convierten en reacciones exotérmicas		
V Carbonización	290 a 380 °C	Exotérmica
La reacción se hace exotérmica (desprendimiento de calor). La reacción se convierte en auto-sostenible y la temperatura del medio aumenta debido a la liberación de calor a hasta 380-450 °C. El proceso de descomposición térmica acelera, liberando más calor, por lo que la temperatura no baja de ese valor mientras que la carbonización continúa. Es una etapa importante de reacciones de descomposición y gran eliminación de gases. La composición del gas cambia, disminuyendo los gases oxigenados y surgiendo un gas combustible que contiene CO, H_2, CH_4, CO_2 y vapores condensables. La velocidad de descomposición alcanza su máximo a 360 °C (pico en la curva DTG). El residuo final de esta fase es el carbón vegetal con alto contenido de volátiles.		
VI Carbonización	380 a 500 °C	Exotérmica
Elevando la temperatura a 380 °C la transformación de la madera es casi completa, reduciendo la salida de gases. El carbón a esta temperatura contiene alto contenido volátil, alrededor de 30 % (masa). Para reducir el contenido de volátiles y aumentar el contenido de carbono fijo a aproximadamente 75 %, que es estándar para los carbones de buena calidad es necesario, un calentamiento adicional a cerca de 500 °C para completar la carbonización.		
VII Gasificación	> 500 °C	Exotérmica
Con el calentamiento del carbón por encima de 500 °C se inicia la gasificación y la degradación de carbón		

Fuente: (da Costa Pinheiro, 2017)

2.2.3.4. *Fabricación de carbón vegetal mediante parvas:*

La alternativa a excavar una fosa es la de apilar la madera sobre el suelo y cubrir la parva con tierra. Este también es un método muy antiguo y se usa ampliamente en muchos países, encontrándose con muchas variaciones al método fundamental. En algunos países se han realizado estudios para mejorar su diseño al máximo. Es notable el trabajo que hace algunos años realizaron los suecos en esta materia. Esencialmente, el proceso es el mismo de la fosa: la madera que debe ser carbonizada se encierra dentro de un involucro, cámara, impermeable al aire, hecho con tierra, que es un material accesible en cualquier parte donde crece la madera. Se prefiere la parva de tierra a la fosa donde el suelo es rocoso, duro o delgado, o donde la capa freática está cerca de la superficie. En contraposición, la fosa es ideal donde el suelo es bien drenado, profundo y franco. La parva es también más práctica en zonas agrícolas, donde las fuentes de leña pueden hallarse dispersas, y es deseable hacer el carbón vegetal cerca de los pueblos u otros emplazamientos permanentes, El sitio de una parva puede ser usado repetidamente, mientras que la tendencia con las fosas es de usarlas pocas veces, para luego abrir otras nuevas para estar detrás del recurso maderero (FAO, 1983).



Fuente: FAO, 1983

Figura 5. Preparación de Parvas

2.2.3.5. *Fabricación de carbón vegetal mediante de ladrillo*

FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y al Alimentación (1983), nos indica que “los hornos de ladrillos, construidos y operados correctamente, representan sin duda uno de los métodos más efectivos para la producción de carbón vegetal. En el curso de varias décadas de uso, estos hornos han demostrado ser una Inversión de capital moderada, requerir poca mano de obra y poder dar rendimientos sorprendentemente buenos de carbón vegetal de calidad apta para todos sus usos industriales y domésticos. El mayor inconveniente de estos dos tipos de hornos es que no se adaptan a la recuperación o quema reciclada de ningún subproducto, alquitrán o gases, con lo que aumenta la contaminación del aire y reduce levemente la posible eficiencia termal. Sin embargo, y justamente, debe agregarse que no hay hornos de ladrillo probados industrialmente capaces de la simple recuperación de alquitrán sin recurrir a componentes de acero, lo que aumenta notablemente el costo y la complejidad de la carbonera (FAO, 1983).



Fuente: (FAO, 1983)

Figura 6. Construcción de un horno de ladrillo media naranja

2.2.3.6. *Fabricación de carbón vegetal mediante hornos metálicos*

Puede fabricarse carbón vegetal en hornos hechos con tambores standard de 45 galones de aceite (aprox.180lt). Este método ha

funcionado bien, usando materia prima que quema rápido, como madera de palma de coco, cáscaras de coco y basura de madera. Sin embargo, cuando se hacen funcionar con latifoliadas densas, es difícil obtener una completa carbonización y el carbón resultante posiblemente tiene un elevado contenido de materia volátil. Aún con materiales de baja densidad, el contenido volátil del carbón vegetal producido es algo elevado, si bien no es un inconveniente serio para un combustible doméstico de uso local. Si el carbón debe ser producido para la exportación, el uso, sin embargo, de hornos metálicos apropiados, hará que sea posible obtener la buena calidad exigida por el comercio (FAO, 1983).

Comparado con métodos tradicionales de producción la eficiencia de conversión obtenida con hornos de tambores de aceite, es comparativamente elevada, habiendo citado rendimientos de hasta el 23% (sobre la base seca). La principal desventaja del método es que, para obtener resultados satisfactorios, la materia prima tiene que ser de un largo menor de 30 cm, con un diámetro máximo de 5 cm. Ello significa una considerable cantidad de mano de obra para la preparación de la materia prima. A veces es también difícil y caro obtener tambores de aceite usados. Los tambores tienden a quemarse bastante rápidamente, por el metal delgado empleado, y tienen que ser reemplazados con relativa frecuencia (FAO, 1983).



Fuente: CITATION FAO837 \l 3082 (FAO, 1983)

Figura 7. Horno metálico de carbón vegetal

El mercado para el carbón vegetal, menos exigente del punto de vista de la calidad, es el doméstico. Las razones son que no puede medirse fácilmente su performance, es mínimo el poder del consumidor como individuo, de especificar y de obtener carbón vegetal de buena calidad, y hay una cierta compensación posible entre el precio y la calidad que el consumidor familiar usa para tener resultados satisfactorios. Sin embargo, esto no significa que no hay motivos para el control de calidad. Siempre que no se transforme en un obstáculo o burocráticamente contra productivo, un sistema de surgimientos sobre calidad del carbón vegetal para el uso casero, es una práctica justificada para asegurar el máximo rendimiento del recurso maderero, sin dejar de ofrecer una adecuada performance en el uso familiar. Por otra parte, los grandes usuarios, como es el caso de la industria siderurgia conocen por su propia experiencia e investigación, las propiedades que buscan en el carbón vegetal, y tienen los medios, con su poder adquisitivo concentrado y el control so- por lo menos parte, de su propia producción de carbón vegetal, de asegurarse que el carbón por ellos empleado se ajusta a sus especificaciones y produce el hierro fundido con costos globales mínimos (FAO, 1983).

Tabla 3. Características del carbón vegetal

Composición química y física del carbón vegetal por peso-base seca	**Variaciones**		**Promedio**
	Max	Min	
Carbono fijo	80%	60%	70%
Cenizas	10%	3%	5%
Sustancia volátil	265	15%	25%
Densidad aparente- como se recibe (Kg/m^3)	330	200	260
Densidad aparente-seco	270	180	235
Tamaño medio (mm) Como se recibe	60	10	35
Contenido carbonilla Como se recibe (-6,35mm)	22%	10%	15%
Contenido de humedad - como se recibe	25%	5%	10%

Fuente: (FAO, 1983)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Calidad de aire**: Condición del aire en un determinado tiempo (Robles Morales, 2020).

- **Carbón vegetal:** El carbón vegetal es un combustible producto de la combustión anaeróbica de la madera, es decir una combustión sin oxígeno, sólo madera expuesta a altas temperaturas durante un tiempo determinado. Esta reacción de carbonización es llamada PIRÓLISIS. (Díaz Batalla y otros, 2010).

- **Monóxido de Carbono:** es un gas incoloro e inodoro que se forma por la combustión incompleta de material orgánico, en presencia deficitaria de oxígeno (Téllez, Rodríguez, & Fajardo, 2006).

- **Sulfuro de hidrógeno:** El Sulfuro de Hidrógeno (H_2S) es un gas incoloro e inflamable. Tiene un peso molecular de 34,08 y su densidad de vapor es de 1,19, más pesado que el aire (d=1.0). Su olor es característico a huevos podridos o como el olor 10 desagradable de un desagüe bloqueado. El H_2S en el ambiente proviene de dos fuentes diferentes: fuentes orgánicas, incluyen bacterias y la descomposición de materias orgánicas tales como tanques sépticos liberado de alcantarillas o del agua de plantas de tratamiento; las fuentes inorgánicas son el gas natural, fabricación de rayón, papel y planta industriales de celulosa, depósitos de azufre, y gases volcánicos. La vida media de H_2S en el aire varía desde 12 hasta 37 horas (Gómez Herreros, 2016).

- **Material particulado:** Tipo de partículas que son emitidas como elementos contaminantes y se manifiesta en forma sólida o como aerosol en la atmósfera (Robles Morales, 2020).

- **Estándares de calidad ambiental:** es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (República, 2005).

- **Sensores:** Los sensores son transductores (convierte un tipo de energía a otra) que miden cierto tipo de energía, un indicador o detector en pocas palabras, la energía detectada se convierte en impulsos eléctricos que son captadas por las máquinas de control. Esta información la utilizan los operadores lógicos o bien puede ser analizada por un ser humano (Rodríguez González & Ulloa López, 2012).

- **Contaminantes Primarios:** Son aquellos contaminantes que proceden directamente de las fuentes de emisión. Ejemplo: plomo (Pb), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Azufre (SO_x), Óxidos de Nitrógeno (NO_x). Hidrocarburos (HC), Material Particulado (PM). Entre otros (MINAM, 2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Enfoque de la investigación

Tipo de investigación no experimental: Es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad. En este tipo de investigación no hay condiciones ni estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural (Hernandez Sampieri y otros, 2004). En la presente investigación se realizará la evaluación de la calidad del aire sin interferir en la actividad productiva.

3.1.2. Alcance de la investigación

Investigación descriptiva correlacional: Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular En ocasiones solo se analiza la relación entre 2 variables. Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se miden cada una de estas y después se cuantifican, analizan y establecen vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba (Hernandez Sampieri y otros, 2004). En el presente estudio se evaluará la correlación de la producción de carbón vegetal y como infiere en la calidad de aire en zonas aledañas a esta actividad.

3.1.3. Diseño de la investigación

Diseño transversal: Se utiliza cuando la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo. En este tipo de diseño se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito esencial es

describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Hernandez Sampieri y otros, 2004).

3.1.4. Diseño estadístico

Las medias se compararon por el método ANVA utilizando para comparar los grupos el Post Hoc de HSD tukey con una confianza del 95%, aceptando la hipótesis Ho con una significancia <0.05, para dicho análisis se utilizará el programa SPSS versión 22.2. V24.

Tabla 4. Análisis y diseño de datos

Ítem	Valor X	Valor Y			
	Distancia	PM10	PM2.5	H_2S	CO
1	0 a 100	$xPM10=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$xPM2.5=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$XH_2S=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$xCO=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$
2	101 a 200	$xPM10=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$xPM2.5=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$XH_2S=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$xCO=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$
3	201 a 300	$xPM10=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$xPM2.5=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$XH_2S=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$xCO=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$
4	301 a 400	$xPM10=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$xPM2.5=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$XH_2S=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$	$xCO=\frac{\sum_{i=1}^{n} x1}{n}$

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población para este estudio se tomó a las productoras de carbón vegetal en el distrito de Manantay. Estas 45 parvas productoras de carbón fueron identificadas mediante inspección de campo en el distrito de Manantay que perteneces a 21 personas asociadas para la producción.

3.2.2. Muestra

La muestra es de tipo no probabilística, esta muestra se seleccionó a conveniencia de la investigación, con dependencias de disponibilidad del productor y tipo de producción, por lo cual se constituye por 15 productoras de carbón vegetal que pertenecen a 15 personas diferentes.



Figura 8. Zona de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay.

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se realizó la inspección de campo de las zonas de carbón vegetal que se presenta en el ANEXO 2.

Se realizó la recolección de información básica como especies utilizadas para producir el carbón, datos del proceso de producción, cantidades y ciclos de producción, utilizando el formato de recolección de información básica del ANEXO 3.

Posteriormente se realizaron una encuesta a la población aledaña para determinar el área de influencia e impacto ambiental generado por la generación de gases que se presenta en el ANEXO 4.

Seguido se estableció los puntos de monitoreo, que está lo más cercano posible a la actividad, a una distancia segura para el equipo y donde se cumpla condiciones mínimas para la estación meteorológica, de la cual se recopilarán datos mediante el uso de un formato de datos meteorológicos del ANEXO 5.

Así mismo se colocó los equipos de monitoreo a una distancia de 1 metros de la actividad productiva y se recolectó datos cada hora para evaluar la fluctuación de la concentración de gases según la hora del día, utilizando el formato del ANEXO 6.

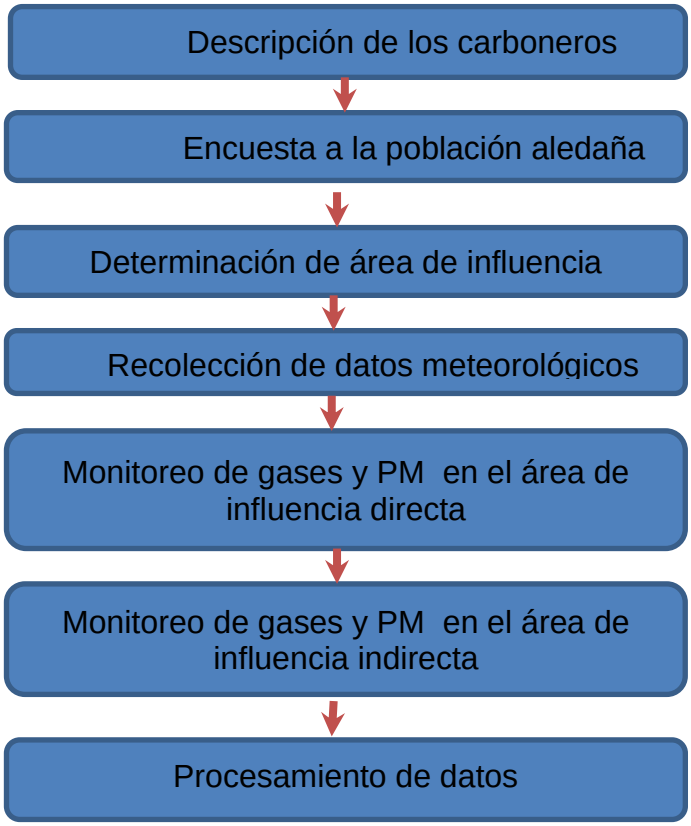


Figura 9. Proceso de trabajo.

3.3.1. Análisis de PM10 y 2.5 por sensores dispersión láser

El láser usado para medir la cantidad del Material Particulado (MP) se basó en el método de las razones de enfriamiento de la MP, donde es posible la diferenciación de tamaños. Este método tiene la ventaja de poseer un período muy corto de tiempo de medición (microsegundos), de manera que el efecto de los procesos que cambian rápidamente sobre la distribución de las partículas puede ser determinado. El método, conocido como *"Transform method for Extinction-Scattering with Spatial resolution"* (TESS), el método de transformación para la dispersión por extinción con resolución espacial", es una técnica patentada basada en la dispersión de la luz de láser. El TESS mide la concentración total de las partículas. La medición es independiente de la composición y la distribución del tamaño de las partículas. La concentración de partículas se mide como una relación de la luz dispersada a la luz transmitida (Woodard, 1998).

Utilizando el principio de dispersión de láser: Cuando el haz de partículas del láser pasa a través de la posición de detección producirá una débil dispersión de la luz. La onda de dispersión de luz y de partículas se produce en una dirección en particular y esta se relaciona con el diámetro de la concentración del número de partículas (Ramirez Coripuna, 2017).

La medición se realizó activando el sistema de monitoreo, registrando fecha, código o número de muestreo, intervalo y seleccionamos empezar. El sensor debe estar en un ángulo de 90° y libre de obstáculos mayores en un rango de 5 m como mínimo (PCM Instruments , 2017).

3.3.2. Análisis de gases por sensores químicos

El método de los sensores químicos se presenta como una herramienta de alta utilidad en el diseño de sistemas de control y monitoreo, ya que pueden ser colocados en el sitio donde se está

produciendo la contaminación generando lecturas a tiempo real permitiendo de esta manera una evaluación´ inmediata de la problemática existente (Kiely, 1999).

Por lo general, es recubierto con un catalizador para ofrecer una gran superficie y optimizado para promover la reacción de fase gaseosa de especies de elección, que para estos dispositivos entra en el sensor por difusión. La carga electrónica generada por la reacción en la superficie del electrodo de trabajo se equilibra con una reacción en los llamados electrodos, formando un par redox de la reacción química (en la cual una especie se reduce y uno oxidadas, es decir, hay una transferencia de electrones). Los sensores se han diseñado de tal forma que la tasa de difusión del gas objetivo al electrodo sensor es mucho más lenta que la velocidad de reacción del gas en el electrodo (Kamionka y otro, 2006).

3.3.3. Medición de CO y CO_2

Detector infrarrojo no dispersivo o NDIR (por sus siglas en inglés), los cuales determinan la concentración de CO y CO_2 midiendo la absorción de la longitud de onda del gas en el infrarrojo (Kim y otros, 2015).

La radiación infrarroja es absorbida por gases tales como el CO, CO_2, SO_2 o NO, con una longitud de onda típica de cada componente (rango de longitud de onda de unas pocas µm). La atenuación de un determinado rango de radiación infrarroja a medida que un volumen de gas pasa a su través es, por consiguiente, una medida de las concentraciones del componente gaseoso en el gas a medir que ha pasado a su través. Hay dos métodos para incidir en solo un componente. En el método no dispersivo (método NDIR) se prescinde de la descomposición espectral descrita anteriormente, y una radiación de banda ancha, modulada con una rueda obturadora en todo el recorrido donde sea necesario (TESTO, 2018).

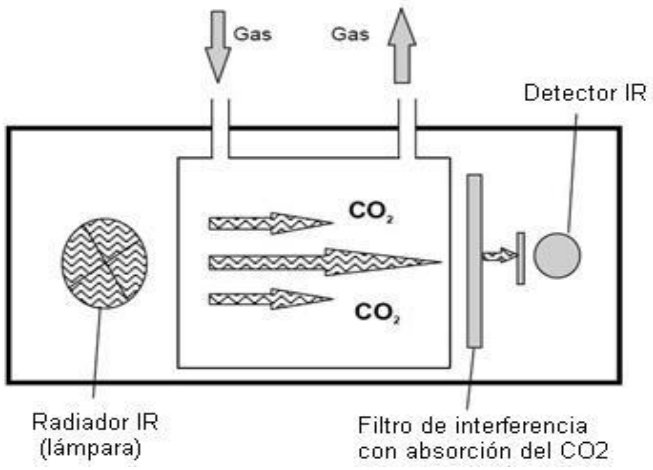
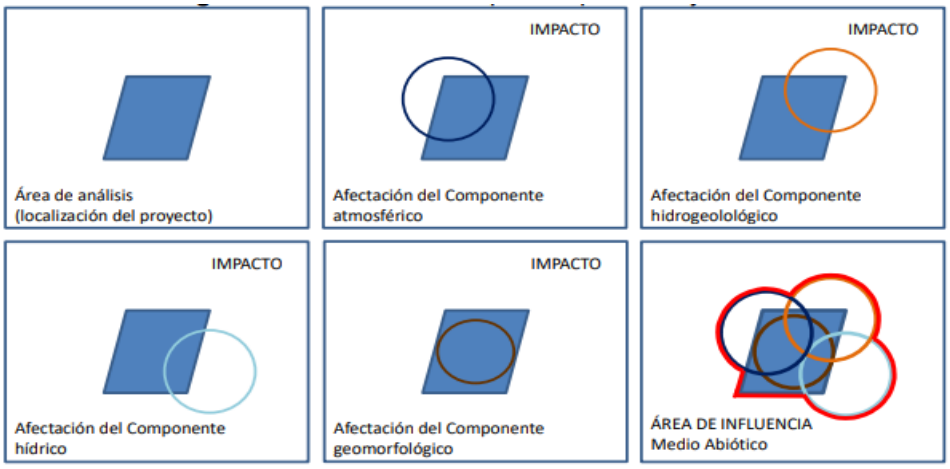


Figura 10. Sensor NDIR (diseño compacto)

3.3.4. Determinación de área de influencia

El área de influencia pudo definirse como el área donde se manifiestan los impactos mismos. Por lo tanto, el área de influencia ambiental estará definida como el espacio del territorio donde se manifiestan los impactos ambientales (SEIA, 2018). Es decir, el área en la que se manifiestan los impactos ambientales significativos de las actividades que se desarrollan durante todas sus fases de desarrollo, corresponde a la superposición de las áreas de influencia por componentes, grupos de componentes o medios que se identifiquen en cada caso. Se ilustra de forma esquemática la manera en que se superponen las áreas de influencia de los componentes del medio abiótico para conformar el área de influencia de dicho medio. Al definir el área de influencia para los diferentes componentes, grupos de componentes o medios, se debe tomar como punto de referencia los escenarios más críticos de manifestación de los impactos ambientales identificados (ANLA, 2018).



Fuente: ANLA, 2018

Figura 11. Área de influencia por componentes y medio.

El estudio trabajó utilizando el área de análisis directo donde se lleva a cabo toda la actividad de producción y el área de influencia indirecta se determinará mediante el componente de impacto atmosférico por la dispersión de los gases.

3.3.5. Índice de Calidad del Aire (INCA)

El índice de Calidad del Aire (INCA) tiene un valor óptimo comprendido entre 0 y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire. El INCA se divide en 4 categorías o calificaciones de la calidad del aire. La banda de color verde comprende valores del INCA de 0 a 50 y significa que la calidad del aire es buena, la banda de color amarillo comprende valores de 51 a 100 e indica una calidad moderada del aire; la banda de color anaranjado se encuentra comprendida entre los valores 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) de cada contaminante, lo que nos indica que la calidad del aire es mala; finalmente el color rojo de la cuarta banda nos indica que la calidad del aire es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante, a partir de este valor corresponde la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales por parte de la autoridad de Salud (MINAM, 2016).

Tabla 5. Clasificación de valores INCA

Calificación	Valores INCA	Colores
Bueno	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC*	Anaranjado
VUEC*	>VUEC*	Rojo

*VUEC: Valor umbral del estado de cuidado

La determinación matemática del INCA para cada contaminante (INCA = "I" en las ecuaciones), se basa en una relación entre el valor registrado de la concentración del contaminante (indicado entre corchetes []) y su correspondiente valor del estándar de calidad ambiental para cada caso.

Tabla 6. Cálculo INCA para Material particulado (PM10) promedio 24 horas

Material particulado (PM10) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (ug/m^3)	Ecuación
0-50	0-75	I(PM10)= ([PM10□*100)/150
51-100	76-150	
101-167	151-250	
>167	>250	

Tabla 7. Cálculo INCA para Monóxido de Carbono (CO) promedio 8 horas

Monóxido de Carbono (CO) promedio 8 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (ug/m^3)	Ecuación
0-50	0-5049	I(CO)= ([CO□*100)/10000
51-100	5050-10049	
101-150	10050-15049	
>150	>15050	

Tabla 8. Cálculo INCA para Sulfuro de Hidrógeno (H_2S) promedio 24 horas

Sulfuro de Hidrógeno (H_2S) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (ug/m^3)	Ecuación
0-50	0-75	I(H_2S)= ([H_2S□*100)/150
51-100	76-150	
101-1000	151-1500	
>1000	>1500	

Tabla 9. Cálculo INCA para Material particulado (PM2.5) promedio 24 horas

Material particulado (PM2.5) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (ug/m^3)	Ecuación
0-50	0-12.5	I(PM2.5) = ([PM2.5□*100) /25
51-100	12.6-25	
101-500	25.1-125	
>500	>125	

3.3.6. Análisis geo estadístico SIG

La geoestadística es una clase de estadística que se utiliza para analizar y predecir los valores asociados con los fenómenos espaciales o espacio-temporales. Incorpora las coordenadas espaciales (y en algunos casos temporales) de los datos dentro de los análisis. Geostatistical Analyst ofrece muchos métodos de interpolación diferentes. Cada uno de ellos tiene cualidades únicas y proporciona informaciones diferentes (en algunos casos, los métodos proporcionan una información similar; en otros, la información puede ser muy distinta) (ESRI, 2016).

Simulaciones de estadísticas geográficas gaussianas crea primero una cuadrícula de valores asignados aleatoriamente obtenidos de una distribución normal estándar (media = 0 y varianza = 1). El modelo de covarianza (del semivariograma especificado en la capa del kriging simple, que se necesita como entrada para la simulación) se aplica a continuación al ráster. Esto garantiza que los valores de ráster se adaptan a la estructura espacial encontrada en el dataset de entrada. El ráster resultante constituye una realización incondicional y se pueden generar muchas más usando cada vez un ráster diferente de valores con una distribución normal (ESRI, 2016).

3.3.7. Análisis de gases de los procesos de producción de carbón

- El análisis de los gases de los procesos de producción se llevó a cabo ubicando los equipos en el penacho de emisión de los gases, a 1 metro

de la fuente. Así se obtiene la concentración más certera de gases emitidos en el punto según el tipo de producción.



Figura 12. Monitoreo de análisis de gases

3.3.8. Proceso de trabajo del estudio general

El proceso de análisis de los gases y el análisis SIG.

- Se realizó el reconocimiento de la zona de estudio.
- Se reajusto las coordenadas de los puntos de monitoreo.
- Se realizó el monitoreo de análisis de gases en los diferentes puntos.
- Se ordenó una base de datos matriz para el parámetro a analizar, mediante un Excel que contiene id (Numérico), Coordenadas “X” y “Y”, Concentración del gas, guardado en libro Excel 1997.
- Se cargaron los datos al ArcMap, y se convirtieron a Shapefile.
- Se cargaron los datos adicionales como: vías, caños naturales, ríos, las productoras identificadas y el perímetro de la zona productora de carbón.



Figura 13. Cargado de datos generales en el ArcMap

- Se procedió a generar la interpolación Kriging con una semi varianza ordinaria con razón Gaussiana, utilizando los datos recolectados en campo.

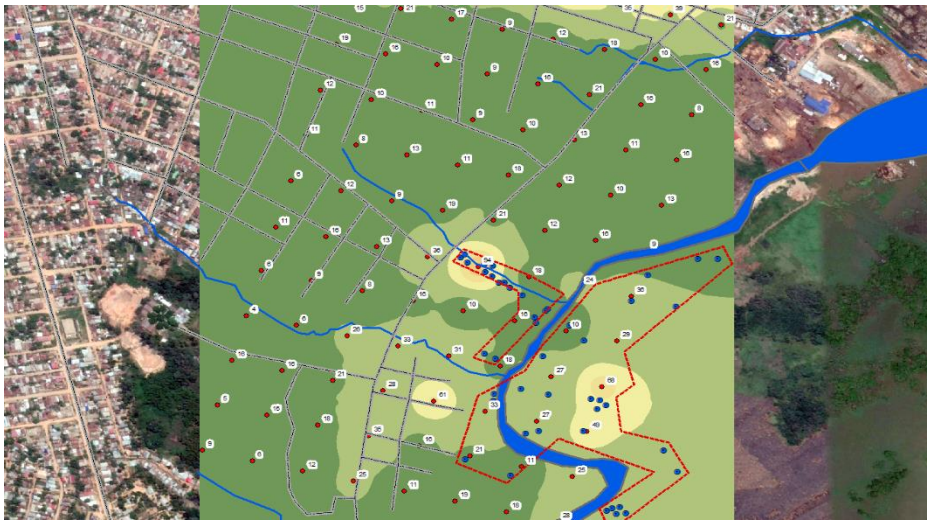


Figura 14. Interpolación Kriging con una semi varianza ordinaria con razón Gaussiana

- Luego se realizó un buffer al área de producción de carbón vegetal de la zona, esta con una razón de 0-100, 101-200,201-300 y 301 a 400 metros de la zona. Dato adicional que cada uno de los buffer debe extraerse las áreas del rango anterior dejando solo el área del rango que se necesite.

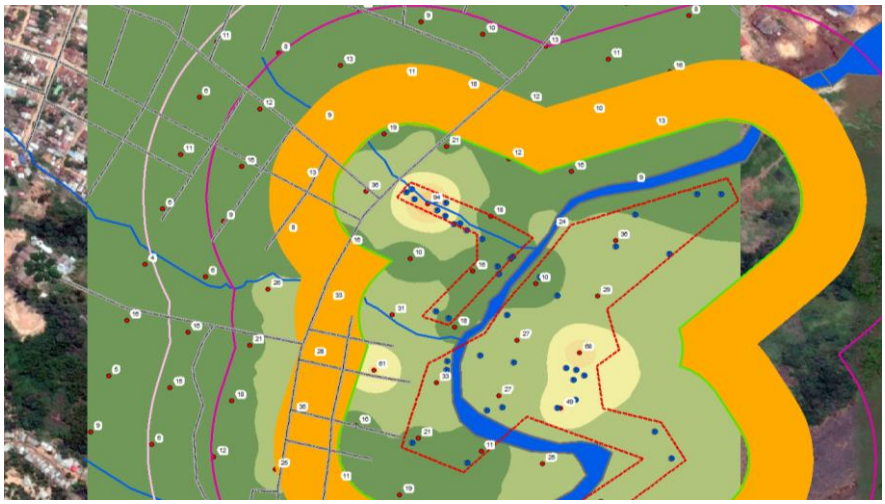


Figura 15. Interpolación de rango sea representada y analizada individualmente por distancia

- Luego la interpolación de cada rango se representa y analiza individualmente por área y rango. Procedimos a utilizar el procesamiento de raster y utilizamos la opción recorte. Utilizando el área del rango seleccionado (0 a 100 metros de la fuente).

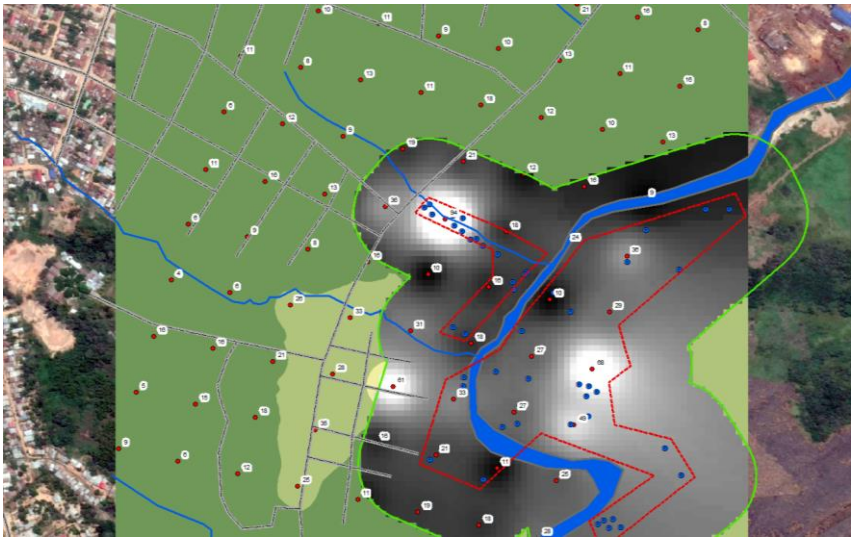


Figura 16. Reclasificamos los datos del ráster, utilizando la opción de simbología y aplicamos los rangos del INCA

- Reclasificamos los datos del ráster, utilizando la opción de simbología y aplicamos los rangos del INCA para el parámetro analizado. Identificamos el valor máximo y determinamos los intervalos, donde aplicamos el número de clasificaciones que se requiera.

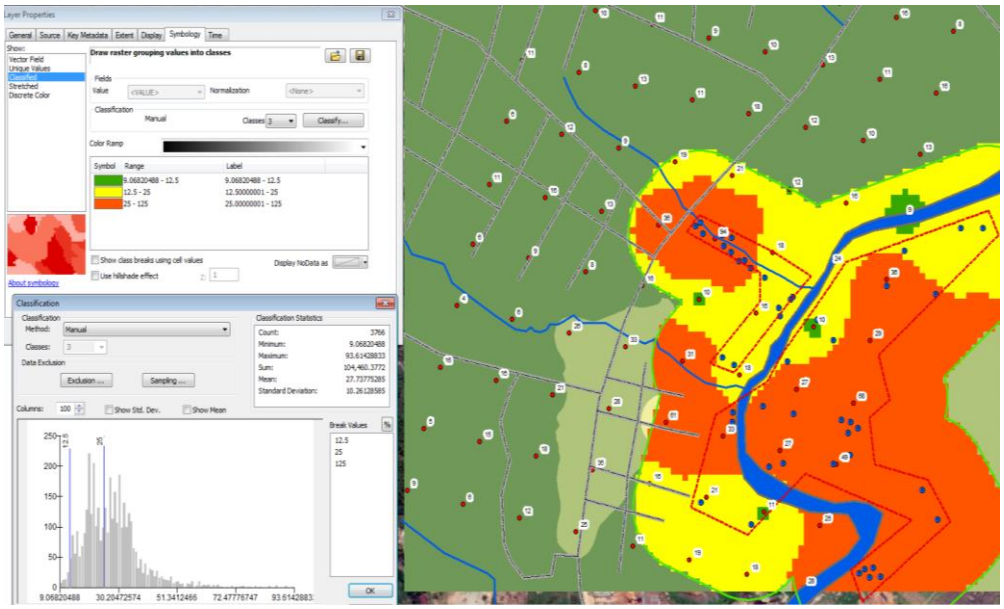


Figura 17. Clasificación resultante de la concentración de gases

- La resultante se observó que se ordenó los datos existentes en el ráster según el intervalo de clasificación y por color representativo. Además, se presentan los datos del análisis como el máximo, mínimo y promedio.

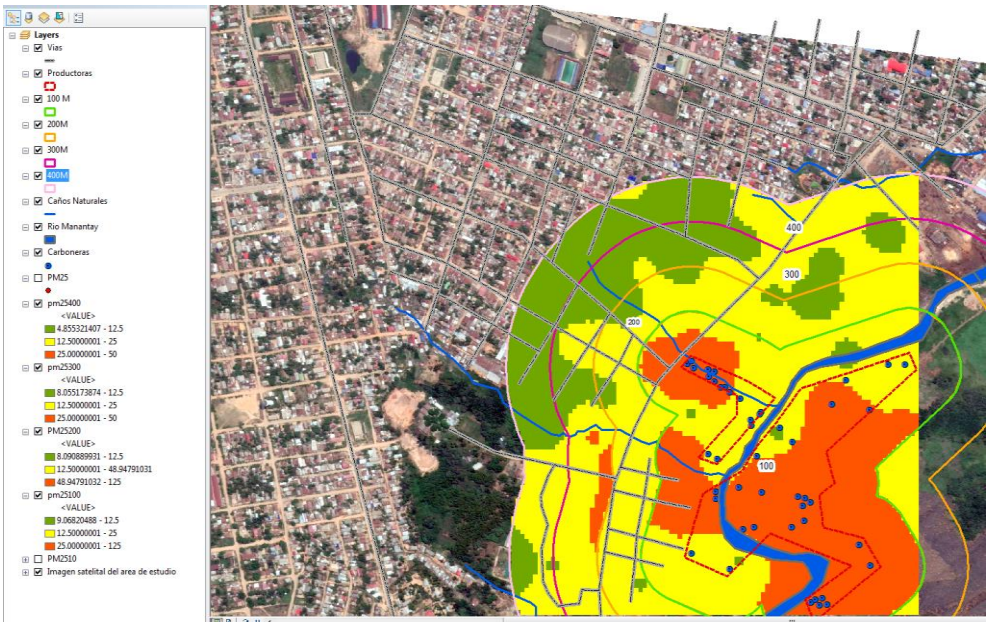


Figura 18. Clasificación resultante según intervalo de clasificación del INCA

- Utilizando los resultados obtenidos por parámetro y área se procede a aplicar el cálculo del INCA.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL



Figura 19. Proceso de campo de la producción de carbón vegetal en la zona de estudio.

En la figura 19 , del proceso de campo de la producción de carbón vegetal en la zona de estudio, este inicia con la obtención de la materia prima proveniente de aserraderos, re aserraderos y leña de las zonas cercanas,

donde se tiene que seleccionar según la especie, la longitud, el grosor y la cantidad de esta, estas deben ser principalmente de especies de una densidad dura con un tamaño de 1.5” mínimo y 3” como máximo ya que con una dimensión mayor la carbonización no es buena según indican los productores de la zona. Luego viene el armado del piso o la plaza, este es importante ya que a partir de este se decidirá la forma de la parva el cual puede ser en forma de volcán o cama, además se debe tener en consideración del espacio que se dejará en la base de estas, ya que servirá de ventilación durante el proceso de carbonización de la materia prima, según indican los productores es que esta plaza tiene que ser de 15 a 30 centímetros. Seguido la madera es colocada según el tipo de parva el cual si es de tipo cama se coloca en sentido horizontal colocando los trozos más grandes en la parte inferior y bordes para su mejor carbonización, los de tipo volcán se colocar en vertical con los trozos más grandes en la base y el medio de esta. Seguido se cubre de aserrín de presencia seco para evitar el exceso de humo posteriormente, esta capa dependerá del volumen de materia prima colocada para el proceso de carbonización, el cual según el método de parvas de cama esta de 10 a 30 cm de espesor y por parvas volcán de 5 a 30 cm de espesor. Luego de tener la parva cubierta se procede a colocar una briqueta incandescente para el inicio de la carbonización, el cual puede variar en tiempo para iniciar la carbonización ya que depende del éxito del encendido lo cual puede tomar de 1/2 a 12 horas según el éxito del encendido hasta observarse la primera señal de humo de la parte inferior de la parva. Seguido se deja carbonizar según el método de parva cama de 14 a 20 días y por el método de volcán de 7 a 10 días en ambos casos dependerá del volumen, especie de madera y condiciones climáticas, durante estos días se removerá la capa superior de aserrín si es necesario se reemplaza y además se humectara si este emite un exceso de humo, de ser el caso por temporal de precipitaciones este se puede cubrir con una capa adicional de aserrín o ser el caso colocar un manta para protegerlo del exceso de humedad; finalmente se lo deja enfriar por 12 a 48 horas antes de abrir la parva totalmente, esté retirando la capa superior de aserrín para evaluar la calidad de carbonización y para ver si el proceso ha concluido. Finalmente se procede al empaquetado o ensacado, esto en costales de 100 kg o según la

necesidad, este es donde se clasifica al carbón de primera que se refiere a un material entero, con baja fisura y de consistencia estables que se comercializa a un mayor precio; el carbón de segunda se refiere a un material que maneja trozos pequeños, frágiles y en cierto punto hasta polvillo. Finalmente, este es comercializado por sacos que varía el costo según las especies de madera carbonizada, el tamaño de los trozos, la cantidad a venderse y la temporada de venta ay que este aumenta su precio en temporada seca y en temporada de alta demanda comercial como por ejemplo local “la Fiesta de San Juan” y la temporada Navideña.

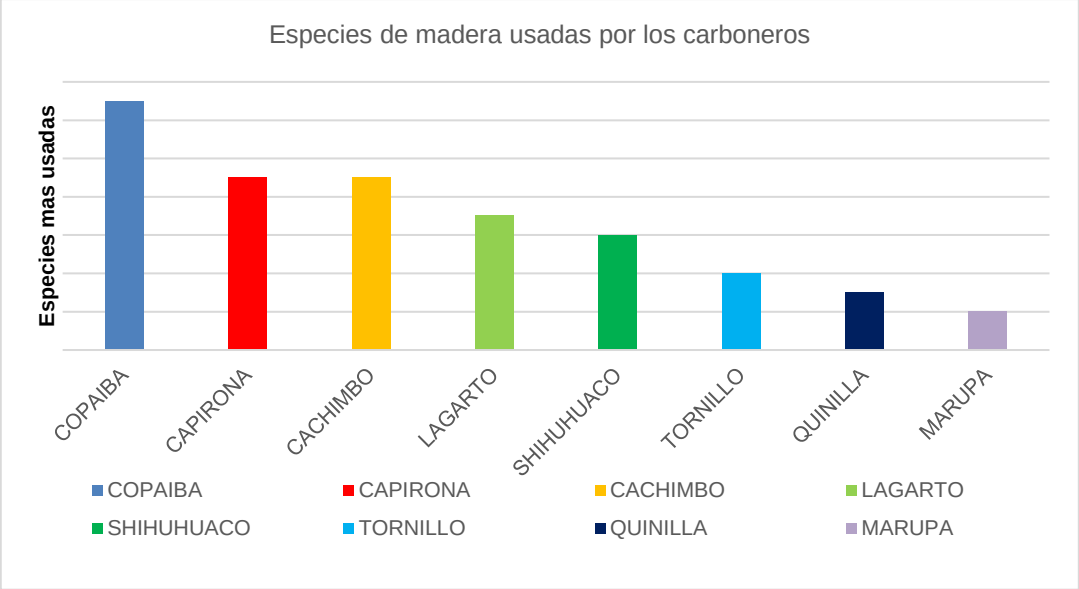


Figura 20. Especies de madera usadas para la producción de carbón vegetal en la zona de estudio del distrito de Manantay.

En la figura 20, se observa cuáles son las especies de madera usadas para la producción de carbón vegetal en la zona de estudio del distrito de Manantay, en primer uso está la Copaiba (*Copaifera paupera),* seguido por la capirona (*Calycophyllum spruceanum*) y cachimbo (*Cariniana decandra Ducke*), así mismo en menor uso la madera lagarto (*Calophyllum brasiliense*), seguido por el shihuhuaco (*Dipteryx micrantha Harms)*, tornillo (*Cedrelinga cateniformis)*, quinilla (*Manilkara bidentata*) y marupa (*Simarouba amara, Aubl*). Estas especies tienen la particularidad de tener una densidad entre alta y muy alta, con valores de 0.61 a mayores de 0.75 g/cm^3, conocido que la gran parte de las especies mencionadas se caracterizan por su dureza y

consistencia, además de ser relacionada a carbones con buena durabilidad y que duran más con brasas.

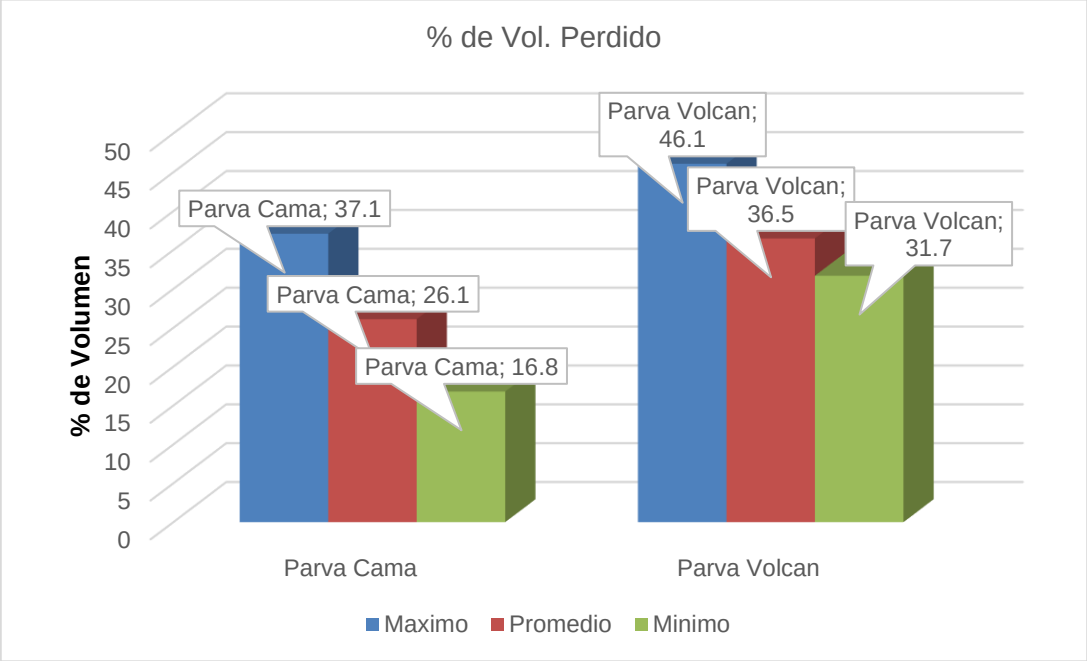


Figura 21. Tipos de producción de carbón y su pérdida de volumen final.

En la figura 21, se puede apreciar cómo según el tipo de producción de carbón y su pérdida de volumen final, se observa que según el método esta pérdida varía, en el caso de la producción por parvas tipo cama esta es del 37.1% máximo, 26.1% promedio y como mínimo es de solo el 16.8%; en el caso de la producción por parvas tipo volcán esta es del 46.1% máximo, 36.5% promedio y como mínimo es de solo el 31.7%. Estas tienen una diferencia entre sí de la pérdida de volumen de un 10.4% en promedio. Mediante el análisis ANOVA se indica que tiene un p valor de 0.04, lo cual indica que existe diferencia significativa entre las medias de estos métodos de producción de carbón vegetal (Ver anexo 10). Esto se puede deber a la falta de control de la temperatura y el oxígeno en los procesos que conlleva a que mayor cantidad de carbono se volatilice durante el proceso de la pirólisis que se lleva a cabo según el método de producción.

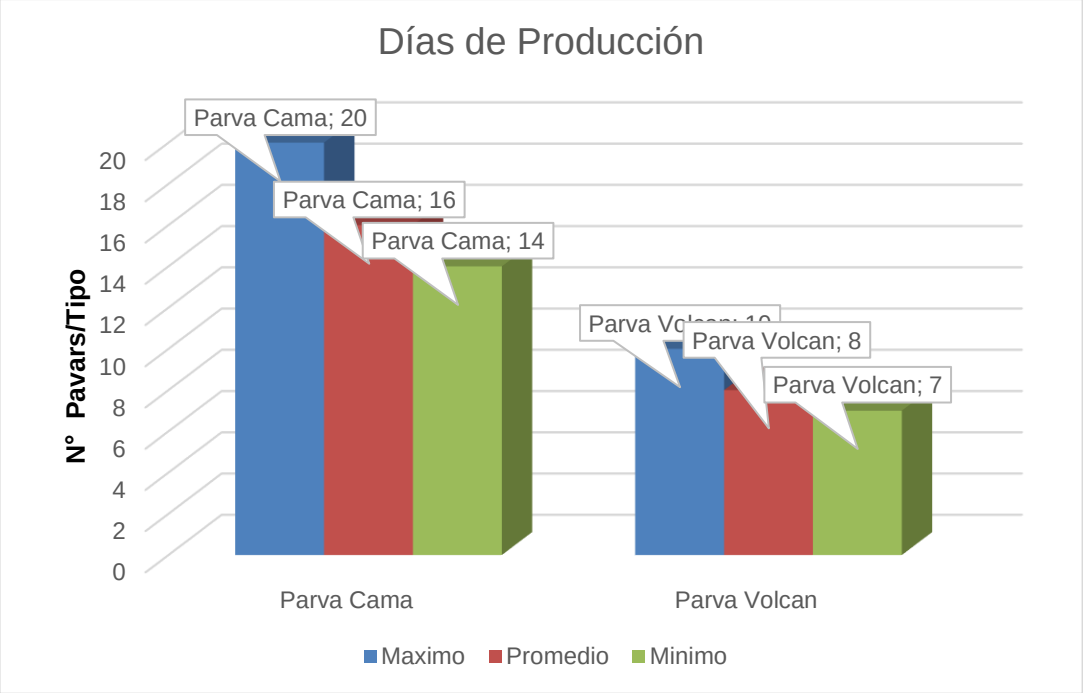


Figura 22. Tiempo de producción del carbón vegetal en la zona de estudio del distrito de Manantay.

En la figura 22, se puede apreciar el tiempo de producción del carbón vegetal, este tiempo de producción varía según el método al que se somete, en el caso de la producción por parvas tipo cama el tiempo varió con un máximo de 20 días, promedio de 16 días y mínimos de 14 días; en el caso de la producción por parvas tipo volcán el tiempo varió con un máximo de 10 días, promedio de 8 días y mínimos de 7 días. Se estima que el tiempo en días según el tipo de producción de carbón vegetal por el método de parvas tipo volcán y cama, tiene una diferencia promedio de 8 días. Mediante el análisis ANOVA se indica que tiene un p valor de 0.00, lo cual indica que existe diferencia significativa entre las medias de estos métodos de producción de carbón vegetal (Ver anexo 10). Según indican los productores que el método por parvas de volcán es más rápido, pero es más fácil de descontrolarse el proceso de la pirólisis para convertirse la madera en carbón, siendo más común que se pierda la producción por un mal control debido a su rápido proceso.

Tabla 10. Cantidad de producción de Carbón vegetal por el método de Parva Volcán por productor.

Ítem	Nombre del productor	Tipo de producción	N° sacos Mínimo / Semana	N° sacos Máximo / Semana	Producción estimada promedio m^3 / semanal	Producción estimada máxima Tn/m^3*
1	EDER CÁRDENAS	Parva Volcán	70	100	8.93	2.679
2	EDITH RODRIGUEZ	Parva Volcán	50	70	6.3	1.890
3	ERICKA MENDOZA	Parva Volcán	50	80	6.83	2.049
4	REYNA PANDURO	Parva Volcán	50	55	5.51	1.653
5	JAMES ACOSTA	Parva Volcán	80	100	9.45	2.835
6	EDUARDO GAMARRA	Parva Volcán	40	45	4.46	1.338
7	PABLO MONTES RODRIGUEZ	Parva Volcán	50	70	6.3	1.890
8	NELVIN IZQUIERDO	Parva Volcán	50	80	6.83	2.049
			Promedio / semanal		**6.7**	**2.010**

*Densidad aparente- como se recibe 330 (Kg/m^3)
Fuente: (FAO, 1983)

En la tabla 10, se aprecia la Cantidad de producción de Carbón vegetal por el método de Parva Volcán por productor, esta varía desde los 40 a 100 sacos a la semana, esto depende de la disponibilidad de la materia prima, donde pueden armar de 1 hasta 3 parvas volcán, el cual varía en su volumen de producción desde los 6.3 hasta los 9.45m^3 semanales.

Tabla 11. Cantidad de producción de Carbón Vegetal por el método de Parva Cama por productor.

Ítem	Nombre del productor	Tipo de producción	N° sacos Mínimo / Semana	N° sacos Máximo / Semana	Producción estimada promedio m^3 / semanal	Producción estimada máxima Tn/m^3*
1	JOSE CENEPO	Parva Cama	10	20	1.58	0.474
2	ANTONIA MARIA TENAZOA	Parva Cama	20	25	2.36	0.708
3	TOBIAS MARIN	Parva Cama	40	50	4.73	1.419
4	MAYRA LLERENA	Parva Cama	60	70	6.83	2.049
5	JUAN PEREZ GOMEZ	Parva Cama	20	30	2.63	0.789
6	TULIO ZAMBRANO	Parva Cama	30	50	4.2	1.260
7	SEGUNDO JULIO RIOJA	Parva Cama	60	100	8.4	2.520
		Promedio / semanal			4.39	1.317

*Densidad aparente- como se recibe 330 (Kg/m^3)/Fuente: (FAO, 1983)

En la tabla 11, se aprecia la Cantidad de producción de Carbón vegetal por el método de Parva cama por productor, esta varía desde los 10 a 100 sacos a la semana, esto depende de la disponibilidad de la materia prima, donde pueden armar de 1 hasta 2 parvas cama, el cual varía en su de producción desde los 1.58 hasta los 8.4 m^3 semanales.

Estos valores son muy variables, debido a la disponibilidad de materiales, ya que los productores indican que existen semanas que no obtienen la cantidad mínima de materia prima para armar una parva. La diversidad de la materia prima es otro factor importante, ya que el consumidor final en su mayoría espera que este sea de especies de alta densidad, asumiendo un mejor rendimiento o duración de las brasas.

4.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS ALEDAÑAS DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN EL DISTRITO DE MANANTAY.

Tabla 12. Datos de monitoreo de la calidad del aire en zonas aledañas de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay

Fecha inicio	04/11/2020	Fecha final	27/01/2021		
Temperatura	28.6°C	Mínima	23.8°C	Máxima	31.4°C
Precipitación	13 mm	Mínima	0mm	Máxima	24mm
Humedad	94%	Mínima	86%	Máxima	99%
Velocidad del viento	0.72 m/s	Mínima	0.22m/s	Máxima	1.19m/s
Dirección del viento	95°	Sur/este	76%	Norte/este	19%
Horarios de trabajo	6-9 am	11-1 pm	3-6pm	9-12 pm	3-6 am
Observación	Los datos de monitoreo se recolectaron priorizada en días con condiciones comunes y óptimas, sin lluvias, sin vientos excesivos y siguiendo el ciclo de producción de carbón artesanal en la zona de estudio.				

ID	Distancia	PM10 ug/m^3	PM2.5 ug/m^3	H_2S ug/m^3	CO ug/m^3
1	0 a 100	121	41	4	3155
2	0 a 100	126	17	4	4138
3	0 a 100	18	8	3	6207
4	0 a 100	31	48	12	6896
5	0 a 100	78	29	3	4276
6	0 a 100	136	30	4	24828
7	0 a 100	66	14	6	4138
8	0 a 100	13	9	2	4371
9	0 a 100	134	15	2	3724
10	0 a 100	62	23	5	41032
11	0 a 100	42	61	11	17931

12	0 a 100	69	87	21	62069
13	0 a 100	108	64	5.5	3910
14	0 a 100	88	87	11	8276
15	0 a 100	39	26	12	44138
16	0 a 100	28	63	26	83448
17	0 a 100	136	71	2.8	5240
18	0 a 100	199	59	3.5	7103
19	0 a 100	131	85	6.5	57931
20	0 a 100	21	14	5.5	138621
21	0 a 100	123	63	28	5862
22	0 a 100	233	126	76	184828
23	0 a 100	414	218	33	12759
24	0 a 100	196	99	18	93793
25	0 a 100	32	22	13	6897
26	0 a 100	46	59	9	2690
27	0 a 100	28	31	2.9	3966
28	0 a 100	32	16	3	5286
29	0 a 100	22	15	1.2	41380
30	0 a 100	37	39	15	37624
31	0 a 100	27	16	11	23598
32	0 a 100	31	22	16	36452
33	0 a 100	24	14	18	46348
34	0 a 100	37	15	19	17891
35	0 a 100	84	39	11	63987
36	0 a 100	64	45	16	26784
37	0 a 100	47	34	29	21671
38	101 a 200	188	67	19	3155
39	101 a 200	106	55	13	2690
40	101 a 200	145	74	16	2759
41	101 a 200	22	16	2.5	2069
42	101 a 200	198	78	12	1828
43	101 a 200	18	14	2.1	2179
44	101 a 200	51	15	2	2069
45	101 a 200	29	17	3.5	2607
46	101 a 200	31	11	1.1	1895
47	101 a 200	61	30	1.5	2069
48	101 a 200	131	55	2.5	2586
49	101 a 200	91	10	5	3793
50	101 a 200	214	54	5	2138
51	201 a 300	199	39	15	2791
52	201 a 300	26	9	1	626
53	201 a 300	31	8	1.2	2138
54	201 a 300	31	6	2.9	1756
55	201 a 300	18	11	1.6	1690
56	201 a 300	26	2	1.5	1621

57	201 a 300	43	12	6	1679
58	201 a 300	17	15	2.6	1379
59	201 a 300	196	114	8.5	2190
60	201 a 300	97	81	5	2690
61	201 a 300	48	22	1.1	2276
62	301 a 400	13	2	0.5	207
63	301 a 400	49	6	1.3	758
64	301 a 400	11	7	0.2	689
65	301 a 400	26	6	1	1340
66	301 a 400	21	3	3.6	2069
67	301 a 400	20	10	1.1	1379
68	301 a 400	24	7	2.1	1557
69	301 a 400	39	12	1.3	2069
70	301 a 400	18	11	2.1	1517
71	301 a 400	11	3	2	1276
72	301 a 400	16	9	1.2	1190
73	301 a 400	20	17	2.9	979
74	301 a 400	186	87	16	690
75	301 a 400	33	22	2	1390
76	301 a 400	22	3	3.1	2069
77	301 a 400	89	62	2.2	3448
78	301 a 400	163	74	17	2379
79	301 a 400	64	22	2.5	2372

En la tabla 12, se observa los datos de monitoreo de la calidad del aire en zonas aledañas de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay, estos se llevaron a cabo en condiciones meteorológicas comunes de la región, con temperaturas de 28.6°C, humedad del 94%, velocidades de viento de 0.72 m/s y dirección de viento Sur/este.

Tabla 13. Análisis estadístico de los resultados de calidad de aire.

Datos del análisis estadístico		PM10	PM25	CO	H_2S
N		79	79	79	79
Promedio		75,51	36,73	15737,96	8,387
Prueba de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintótica (bilateral)	0,000[c]	0,000[c]	0,000[c]	0,000[c]
Prueba de homogeneidad de varianzas	Sig.	0.395	0.456	0,000	0.2 5
ANVA entre los grupos de distancia	Sig.	0.160	0.067	0,000	0.007
Subconjuntos homogéneos	Grupos				
	100	1	1	2	1
	200	1	1	1	1
	300	1	1	1	1
	400	1	1	1	1
Pruebas post hoc HSD Tukey	100-200 Sig.	0.922	0.879	0.009	0.251
	100-300 Sig.	0.83	0.469	0.014	0.082
	100-400 Sig.	0.240	0.052	0.002	0.012
	200-300 Sig.	0.683	0.920	1.000	0.943
	200-400 Sig.	1.78	0.501	1.000	0.836
	300-400 Sig.	0.871	0.913	1.000	0.997

En la tabla 13, se observa el análisis estadístico de los resultados de calidad de aire, para los parámetros analizados se contó con un número de muestra de 79 promedios, se la Prueba de Kolmogorov-Smirnov donde el valor de la probabilidad es 0.000 en los cuatro análisis, indicando que los datos no siguen una distribución normal. En la prueba de homogeneidad de varianzas la significancia de PM10 es de 0.160 no y en PM2.5 es de 0.067 los cuales indican que no hay diferencias significativas en ambos casos entre las medias, precisando que la varianza en cada grupo es similar. En cambio, con el CO y el H_2S se observa que la probabilidad es de 0.000 y 0.007 respectivamente, indicando que las varianzas presentan diferencias altamente significativas entre las medias de cada parámetro.

La homogeneidad de los subconjuntos nos indica que las medias de las concentraciones de PM10 todos los grupos no presentan una diferencia significativa entre ellos, para PM2.5 todos los grupos no presentan una diferencia significativa entre ellos, para CO el grupo de los 0 a 100 es diferente a los demás grupos y en H_2S todos los grupos no presentan una diferencia significativa entre ellos.

4.3. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE (INCA) CON RESPECTO AL MONÓXIDO DE CARBONO (CO).

Tabla 14. Valores del Monóxido de Carbono y análisis INCA

Rango	Máximo	Mínimo	Promedio	Ecuación INCA	Calificación
1-100	137085	312	31819	(31819*100)/10000 =318	Umbral de Cuidado
101-200	55928	872	12772	(12772*100)/10000 =128	Mala
201-300	9252	186	2262	(2262*100)/10000= 23	Buena
301-400	3100	83	1774	(1774*100)/10000= 18	Buena

*Distancia desde el área de producción de carbón vegetal de la zona.

En la tabla 14, se puede apreciar los valores de Monóxido de Carbono y análisis del Índice de Calidad de Aire según la distancia de la zona productiva de carbón, se observa que la concentración promedio del Monóxido de Carbono en los primeros 100 metros de radio superan el ECA para CO y se clasifica en el umbral de cuidado, de 101 a 200 metros de radio también se supera el ECA para CO pero la clasificación de es de un a calidad mala, luego de los 201 a 400 y más metros de radio de las productoras de carbón se observa que la concentración de Monóxido de Carbono descendió en gran nivel sin superar el ECA y además con una clasificación de la calidad del aire buena con respecto al CO en la zona.

El componente gaseoso que más afecta la calidad del aire de la producción de carbón vegetal es el Monóxido de Carbono, esto como menciona (Díaz Batalla y otros, 2010), que la fracción de gases no condensables a las condiciones ambientales son la conformada por los gases no combustibles de Dióxido de Carbono y no combustibles de Monóxido de Carbono, Metano y Etano.

Un factor importante de que los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal tengan concentraciones de Monóxido de Carbono elevadas, es la misma naturaleza del gas como indica la (PRTR, 2007), que es menos pesado que el aire, por lo que se acumula en las zonas altas de la atmósfera (de ahí la conveniencia de andar

agachado en los incendios), por lo mismo que presenta un área de efecto mayor al de los demás contaminantes estudiados.

Tabla 15. Valores del Material Particulado PM10 y análisis INCA

Rango*	Máximo	Mínimo	Promedio	Ecuación INCA	Calificación
1-100	413	2	81	(81*100)/150=54	Moderada
101-200	212	18	91	(91*100)/150=61	Moderada
201-300	213	17	73	(73*100)/150=49	Buena
301-400	186	11	47	(47*100)/150=31	Buena

*Distancia desde el área de producción de carbón vegetal de la zona.

En la tabla 15, se puede apreciar los valores del Material Particulado PM10 y el análisis del Índice de Calidad de Aire según la distancia de la zona productiva de carbón, se observa que la concentración promedio de Material Particulado PM10 en los 0 a 400 metros de radio no supera el ECA para PM10, con calificaciones de calidad moderada de 0 a 200 metros y buena de 201 a 400 a más metros de la zona de producción de carbón.

Tabla 16. Valores del Material Particulado PM2.5 y análisis INCA.

Rango*	Máximo	Mínimo	Promedio	Ecuación INCA	Calificación
1-100	217	8	45	(45*100)/25=180	Mala
101-200	100	10	39	(39*100)/25=156	Mala
201-300	114	2	31	(31*100)/25=124	Mala
301-400	87	2	20	(20*100)/25=80	Moderada

*Distancia desde el área de producción de carbón vegetal de la zona.

En la tabla 16, se puede apreciar los valores del Material Particulado PM2.5 y el análisis del Índice de Calidad de Aire según la distancia de la zona productiva de carbón, se observa que la concentración promedio de Material Particulado PM2.5 en los 0 a 400 metros de radio no supera el ECA para PM2.5, con calificaciones de calidad mala de 0 a 300 metros y Moderada de 301 a 400 a más metros de la zona de producción de carbón.

Cabe mencionar que la zona de producción de carbón está presente otras fuentes generadoras de Material particulado, como el tránsito vehicular pesado y ligero sobre vías sin asfaltar, empresas de aserrío primario y secundario, carpinterías y astilleros. Según el (SIAC, 2018) ,

se estima que aproximadamente el 80 % de las partículas PM2,5 son generadas por las fuentes móviles mientras que el 20 % restante lo aportan las fuentes fijas.

Así mismo Menéndez y otros (2003), en numerosos estudios se ha concluido que en ámbitos urbanos el tráfico constituye la fuente más importante de partículas primarias, las cuales pueden proceder tanto de las emisiones de los motores de los vehículos como del desgaste de pavimento, neumáticos y frenos. El material particulado emitido por los motores es, principalmente, materia carbonosa de color negro (black-carbón). En mínima cantidad esta proviene de fuentes diferentes como las fuentes biogénicas de material particulado primario dan lugar a la fracción que se ha venido a denominar residuos biológicos, constituidos por restos vegetales (tales como el polen, esporas, fragmentos de plantas) y microorganismos.

Tabla 17. Valores del Sulfuro de Hidrógeno H_2S y análisis INCA

Rango*	Máximo	Mínimo	Promedio	Ecuación INCA	Calificación
1-100	76	1	12	(12*100)/150=8	Buena
101-200	19	1	8	(8*100)/150=5	Buena
201-300	17	1	5	(5*100)/150=3	Buena
301-400	17	0.2	3	(3*100)/150=2	Buena

*Distancia desde el área de producción de carbón vegetal de la zona.

En la tabla 17, se puede apreciar los valores del Sulfuro de Hidrógeno y el análisis del Índice de Calidad de Aire según la distancia de la zona productiva de carbón, se observa que la concentración promedio de Sulfuro de Hidrógeno H_2S en los 0 a 400 metros de radio no supera el ECA para H_2S, con calificaciones de calidad buena de 0 a 400 metros de la zona de producción de carbón.

Según ATSDR (2016), el ácido sulfhídrico es liberado principalmente en forma de gas y se dispersa al aire. Sin embargo, en algunas ocasiones, puede ser liberado en el residuo líquido de una industria o como resultado de un evento natural. Cuando se libera en forma de gas, permanece en la atmósfera durante un promedio de 18

horas. El ácido sulfhídrico es producido por las bacterias. Los niveles de ácido sulfhídrico en el aire y el agua son típicamente bajos.

Tabla 18. Índice Nacional de Calidad de Aire (INCA) según distancia de las áreas productoras de Carbón en Manantay.

Rango*	CO	PM10	PM2.5	H_2S	Ecuación INCA	Calificación
1-100	18	4	80	8	I1=(iCO+iPM10+iPM2.5+iH_2S)/Nº Parámetros =140	Mala
101-200	28	1	56	5	I2=(iCO+iPM10+iPM2.5+iH_2S)/Nº Parámetros =88	Moderada
201-300	3	9	24	3	I3=(iCO+iPM10+iPM2.5+iH_2S)/Nº Parámetros =50	Bueno
301-400	8	1	8	2	I4=(iCO+iPM10+iPM2.5+iH_2S)/Nº Parámetros =15	Bueno
INCA promedia de la zona					I1+i2+i3+i4 = 73	Moderada

*Distancia desde el área de producción de carbón vegetal de la zona.

En la tabla 18, se aprecia el cálculo del Índice Nacional de Calidad de Aires según la concentración de los gases analizados con respecto a la distancia de la zona de producción de Carbón en Manantay, en las zonas que están ubicadas de 0 a 100 metros de la producción de carbón la calidad del aire se clasifica como Mala, en áreas de 101 a 2 00 metros se califica la calidad de aire como Moderada, en áreas de 201 a 300 metros se califica la calidad de aire como buena y en áreas de 301 a 400 metros se califica la calidad de aire como buena. Como promedio general la zona presenta un Índice de Calidad del Aire Moderada.

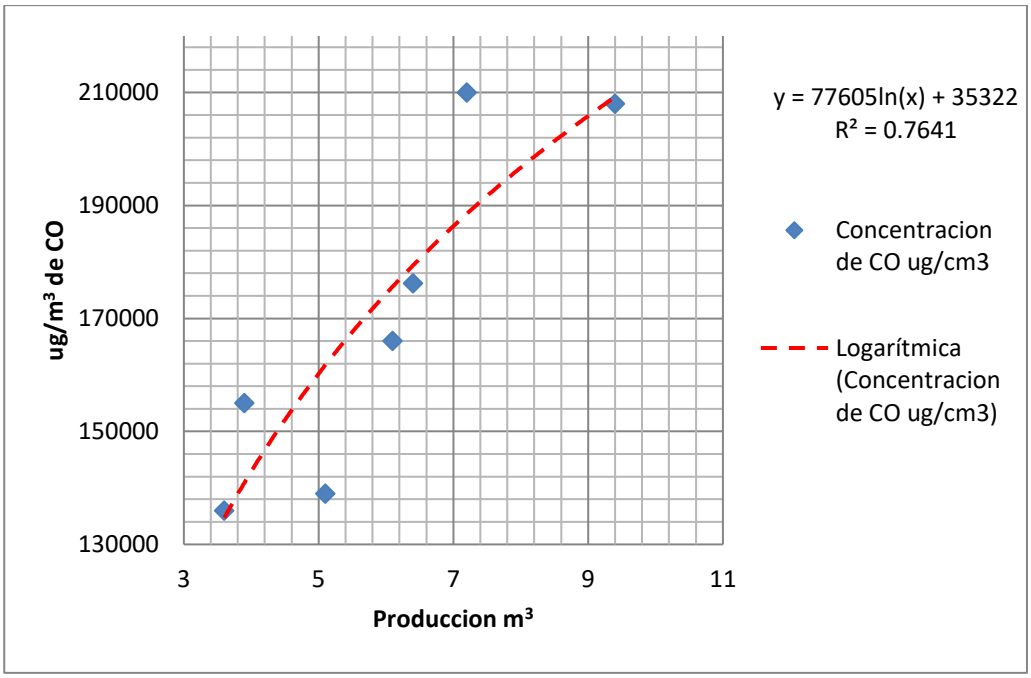


Figura 23. Correlación entre la producción de carbón vegetal mediante el método de parva volcán y la generación de Monóxido de Carbono.

En la figura 23, se aprecia el gráfico de la correlación entre la producción de carbón vegetal mediante el método de parva volcán y la generación de monóxido de carbono, esta tendencia es positiva indicando que a mayor volumen producido por el método de parva volcán, mayor es la concentración de Monóxido de Carbono que se emite, el coeficiente de relación (R^2) de 0.7641, que indica que la generación de monóxido de carbono depende en 76.41% de la producción del carbón.

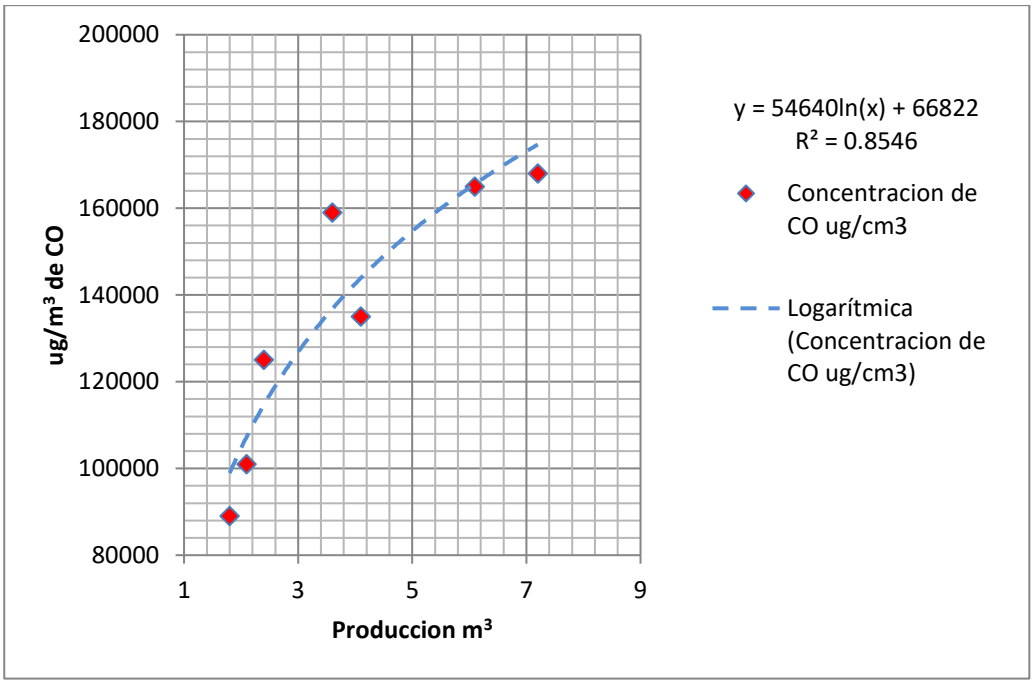


Figura 24. Correlación entre la producción de carbón vegetal mediante el método de parva cama y la generación de Monóxido de Carbono.

En la figura 24, se aprecia el gráfico de la correlación entre la producción de carbón vegetal mediante el método de parva cama y la generación de monóxido de carbono, esta es positiva indicando que a mayor volumen producido por el método de parva cama, mayor es la concentración de Monóxido de Carbono que se concentra o emite, obteniendo coeficiente de correlación muestral R^2 de 0.8546, siendo un indicador de una correlación positiva muy fuerte.

Es consistente indicar que, en ambos casos, el volumen producido independientemente del método, a mayor volumen de producción de carbón mayor es la emisión de Monóxido de Carbono.

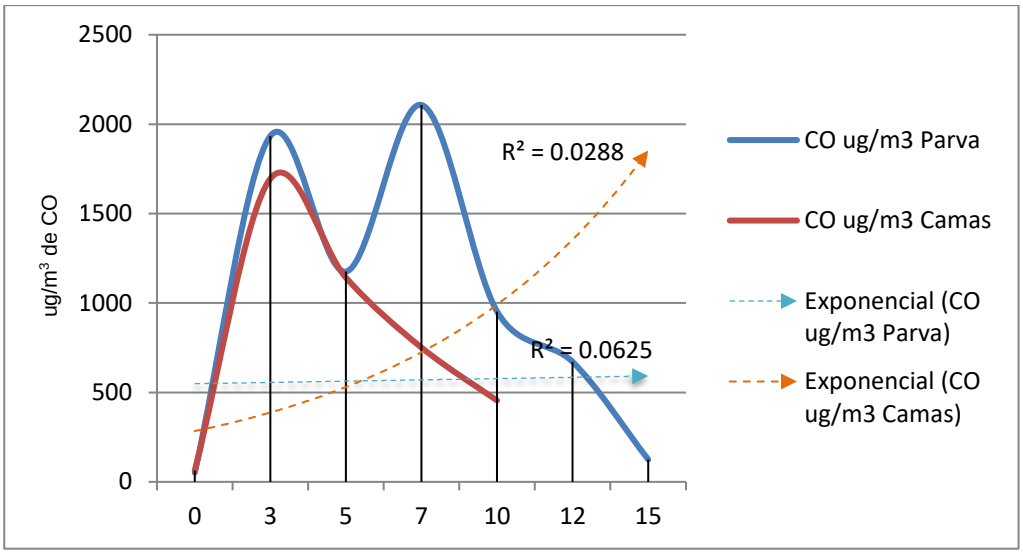


Figura 25. Concentración de Monóxido de Carbono con respecto al método de elaboración de carbón vegetal según el tiempo.

En la figura 25, la Concentración de Monóxido de Carbono con respecto al método de elaboración de carbón vegetal según el tiempo, en los primeros días las concentraciones de monóxido de carbono se ve afectada por el entorno cumpliendo con el ECA menor a 10 000 ug/m^3 de CO, dentro de los primeros 3 días esta concentración se eleva drásticamente de 150 000 a 200 000 ug/m^3 de CO en ambos tipos de procesos, dentro de los 5 días esta concentración disminuye de 120 000 a 100 000 ug/m^3 de CO, en el caso de la producción con el método de camas a los 7 días este se reduce a 60 000 a 80 000 ug/m3 de CO y en el caso del método de parvas al día 7 este ascendió a niveles de 20 0000 a 230 000 ug/m^3 de CO, en el día 10 los niveles descienden abruptamente en el caso del método de parvas a 80 000 a 100 000 ug/m^3 de CO y el método de cama de 50 000 a 30 000 ug/m^3 de CO donde ya se retira el aserrín superficial y se retira el carbón, el día 12 la concentración se reduce a 70 000 a 50 000 ug/m^3 de CO y para finalizar el proceso por el método de parva las concentraciones se reducen a 20 000 a 5 000 ug/m^3 de CO. Se puede ver que el tiempo de producción varía en 5 días promedio, los primeros días esta emisión aumenta drásticamente con diferencias mínimas de estos gases, en el caso del método de parva decrece constantemente hasta el punto de retiro de la materia prima, en el caso del método de cama este decrece y vuelve a

crecer al día 7 aproximadamente, llegando al tiempo final de la producción de carbón en su estado óptimo. Finalmente se observa que la tendencia en el caso de las concentraciones CO emitidos por el método de parvas la tendencia es positiva débil con un R^2 de 0.1483 y por el método de cama la tendencia es positiva nula con un R^2 de 0.0004.

4.4. DESCRIPCIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LOS POBLADORES ALEDAÑOS A LOS CENTROS DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE.

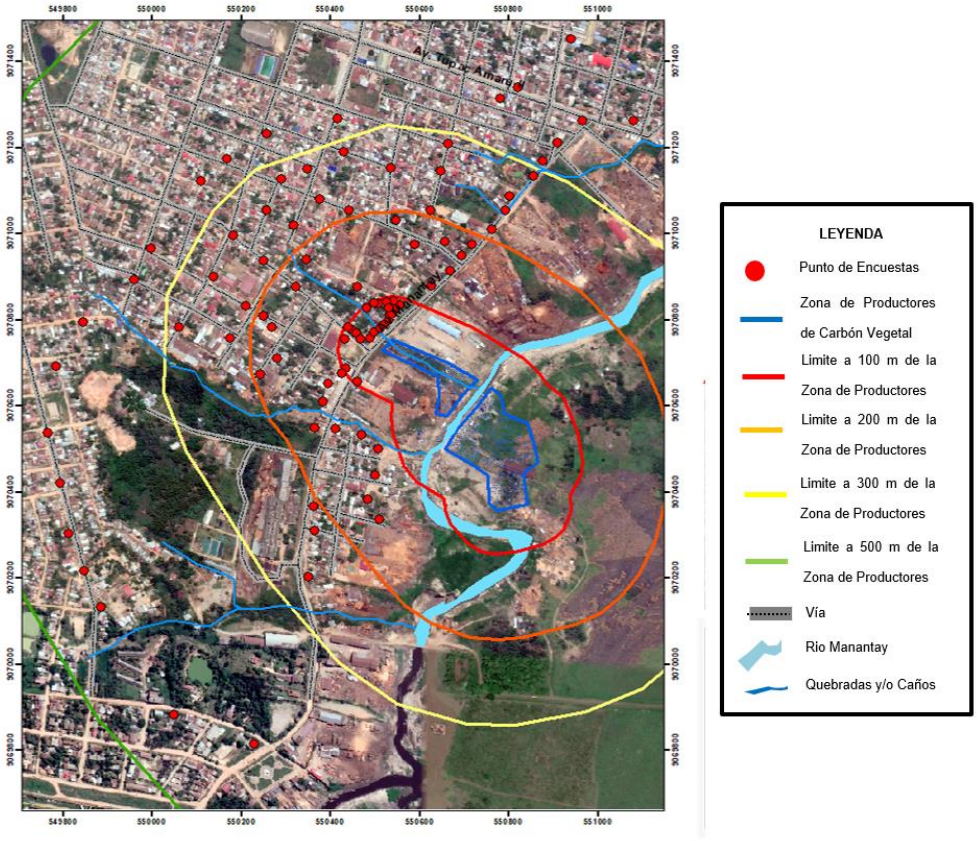


Figura 26. Mapa de distribución de la población encuestada según el área de influencia de las productoras de carbón vegetal en el distrito de Manantay.

En la figura 26, se puede observar cómo se distribuyó la evaluación mediante el método de encuestas según el área de influencia de las productoras de carbón vegetal en el distrito de Manantay, como indica la misma población “En años pasados la zona estaba repleta de productores de carbón vegetal a pequeña escala, pero a partir del año 2018 una orden

municipal obligó a que la mayor parte de los carboneros se trasladaran frente al rio y/o locaciones más alejadas, fuera de la zona urbana del distrito, solamente quedan pocos productores, ya que viven en la zonas cercanas".

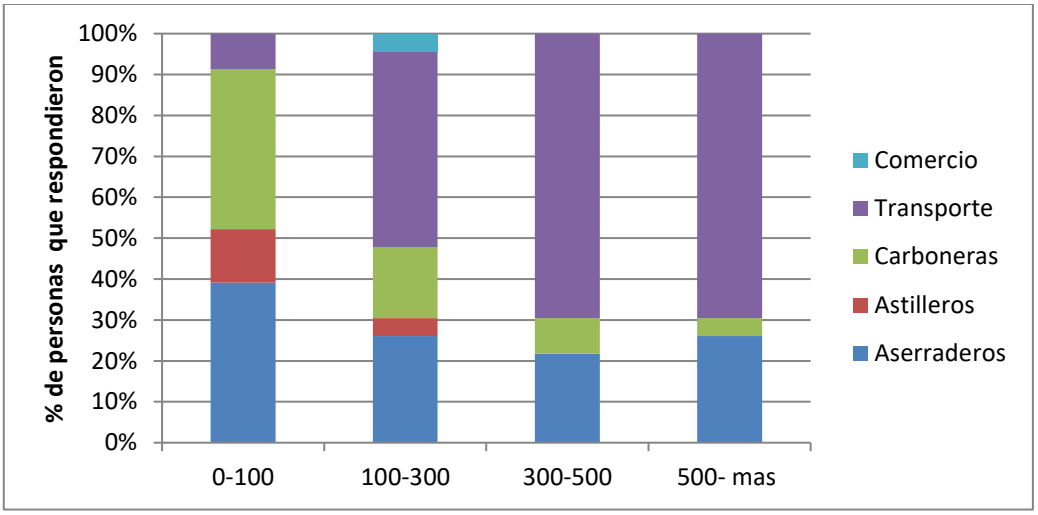


Figura 27. Actividades que la población considera que afectan la calidad de aire en la zona.

En la figura 27, se muestra que actividad considera la población que afecta la calidad del aire en la zona, la población en un rango de 0-100 metros de la fuente metros el 39.13% considera que las actividades dedicadas a la elaboración de carbón (carboneras) al igual que la actividad dedicada al aserrío de madera (aserraderos) afectan la calidad de aire; mientras que el 47.83% población ubicada de 100-300 metros indica que las actividades de transporte son las que más afectan la calidad del aire en la zona; el 69.56% de la población ubicada de 300- 500 metros indica que las actividades de transporte son las que más afectan la calidad del aire en la zona y el 69.56% de la población ubicada de 500 a más metros indica que las actividades de transporte son las que más afectan la calidad del aire en la zona. Se puede apreciar que la población cercana a la fuente si considera que la calidad de aire se ve afectada por las actividades de los carboneros y a la vez de los aserraderos, pero pasado un rango de 100 metros esta percepción cambia, siendo que el transporte es la actividad de más afecta la calidad del aire para la población ubicada de 100 a más metros de las carboneras.

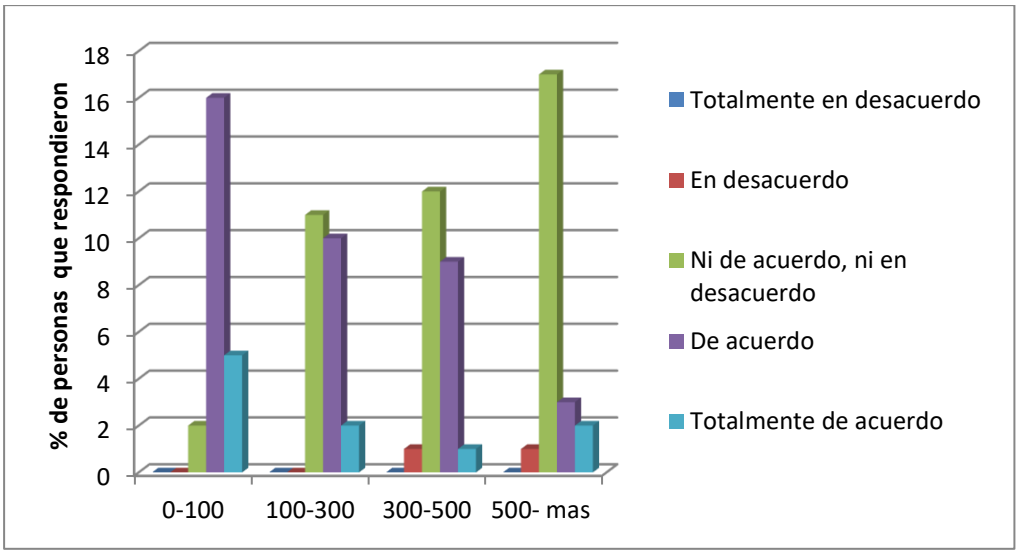


Figura 28. ¿Considera usted que los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña causan problemas en la calidad del aire en su vivienda?.

En la figura 28, como la población considera que los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal genera problemas en la calidad del aire en su vivienda, el 69.56% de la población ubicada en un área de 0-100 metros de la fuente, está totalmente de acuerdo que es afectada; el 47.82% de la población ubicada en un área de 100 a 300 metros de la fuente, no está ni de acuerdo, ni en desacuerdo que es afectada; el 52.17% de la población ubicada en un área de 300 a 500 metros de la fuente, no está ni de acuerdo, ni en desacuerdo que es afectada y el 73.91% de la población ubicada en un área de 500 a más metros de la fuente, no está ni de acuerdo, ni en desacuerdo que es afectada. Esto indica que a medida que el rango aumenta (aleja) en relación de la zona carbonera la población encuestada refiere que no está de acuerdo ni en desacuerdo con dicha mención. Cabe inferir que mientras más próximo se encuentren de la actividad carbonera la población se siente más afectada con los gases generados por la actividad carbonera.

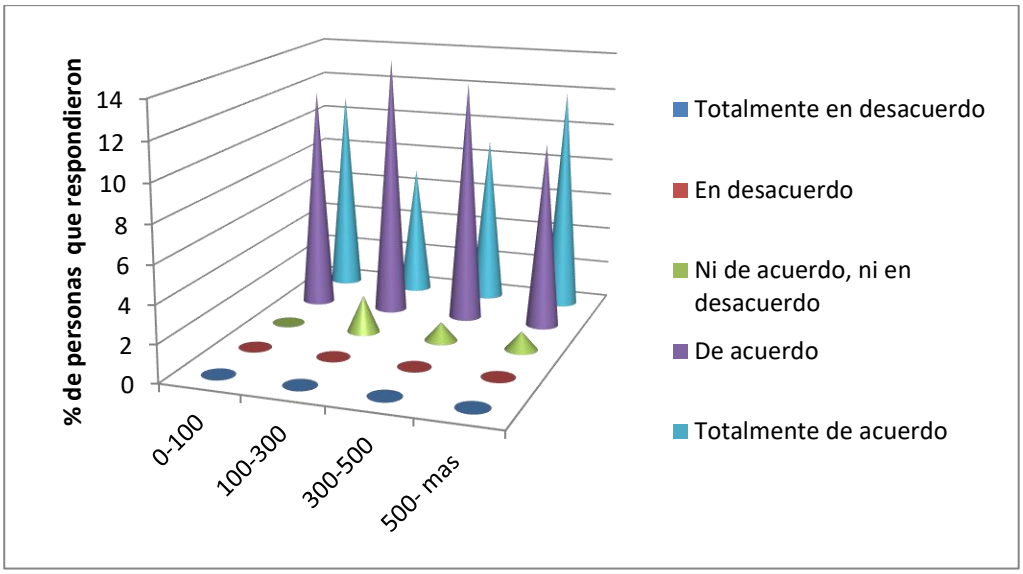


Figura 29. ¿Considera usted que la actividad carbonera produce de gran cantidad de gases?.

En la figura 29, se aprecia como la población percibe si la actividad de producción carbonera genera gran cantidad de gases, se observa que en todos los rangos establecidos la población en su mayoría está de acuerdo y totalmente de acuerdo que la actividad productora de carbón vegetal produce gran cantidad de gases.

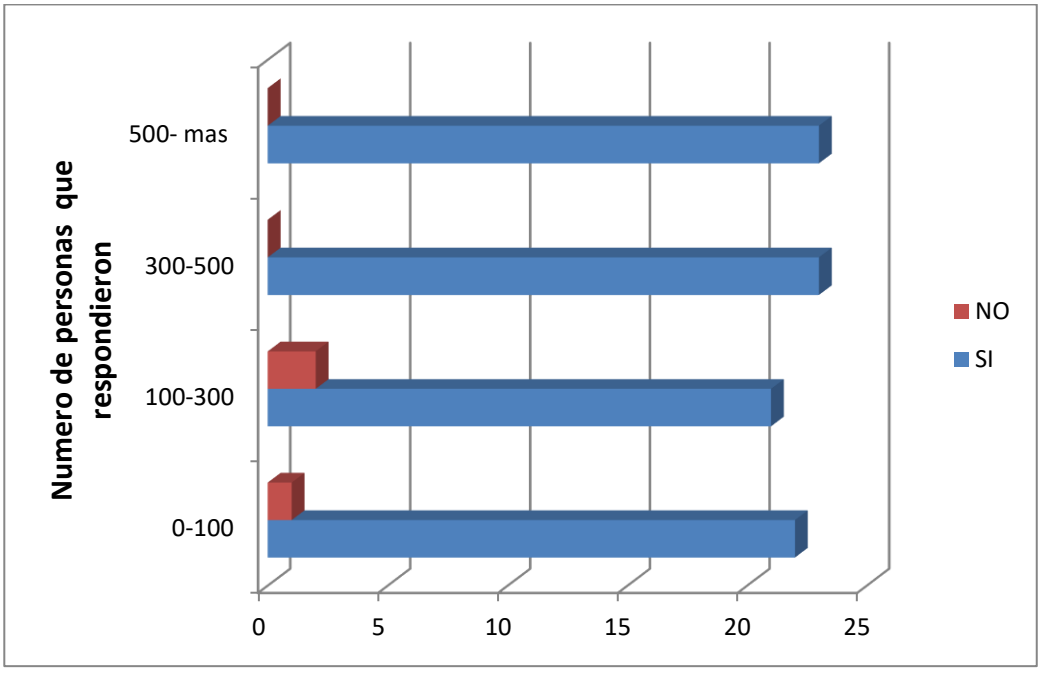


Figura 30. ¿Considera usted que los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña generan en usted problemas a la salud?

En la figura 30, se la población considera si los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña generan en usted problemas a la salud, en los rangos establecidos la población en su mayoría considera que los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en las zonas aledañas a dicha actividad generan problemas a su salud. Mientras tanto la minoría de la población encuestada no considera que los gases generados por las carboneras repercutan en su salud, esta minoría cabe resaltar que no están cerca de la actividad.

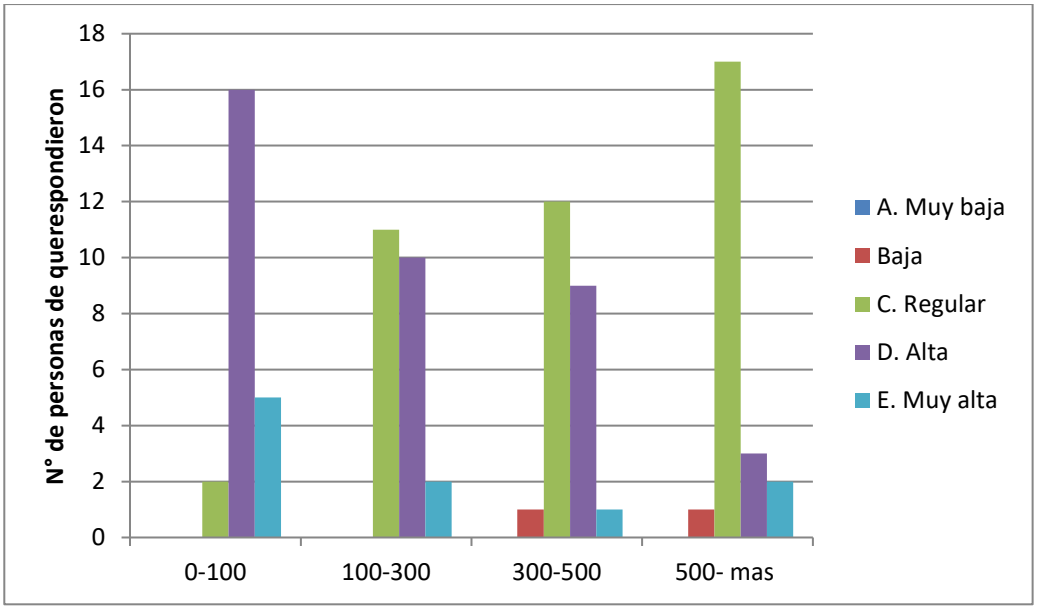


Figura 31. ¿Qué tan grave es para usted la contaminación del aire por los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña?

En la figura 31, se aprecia como la población indica que tan grave es la contaminación del aire por los gases generados de la actividad de producción de carbón vegetal en la zona, donde el 65.56% de la población en rango de 0 a 100 metros, indica que la contaminación es alta; el 47.82% de la población en rango de 100 a 300 metros indica que la contaminación es regular; el 52.17% de la población en rango de 300 a 500 metros indica que la contaminación es regular y el 73.91% de la población en rango de 500 a más metros indica que la contaminación es regular. Por lo tanto, el nivel de gravedad percibida según la población en estudio es directamente proporcional a la distancia de la zona de influencia de la carbonera.

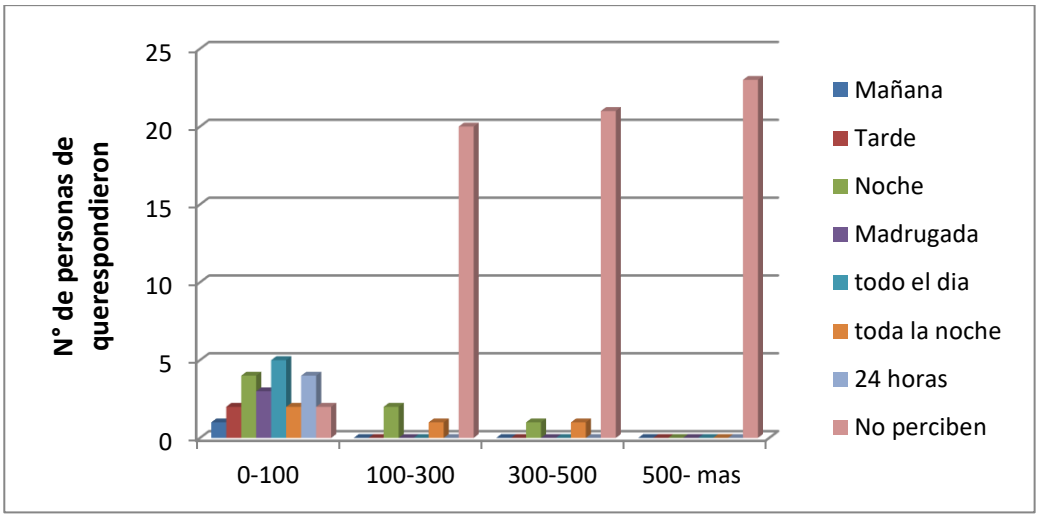


Figura 32. ¿En qué horario los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal son percibidos con mayor intensidad?

En la figura 32, se aprecia como la población en mayor intensidad los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal, se puede apreciar que en el rango de 0 a 100 metros la población si percibe directamente los gases e indican que en su mayoría la presencia de estos es en horarios nocturno con el 17.39%, las 24 horas el 17.39% y todo el horario diurno; se puede apreciar que en el rango de 100 a 300 metros el 86.95% de la población no percibe; en el rango de 300 a 500 metros el 91.30% de la población no percibe y en el rango de 500 a más metros el 100% de la población no percibe.

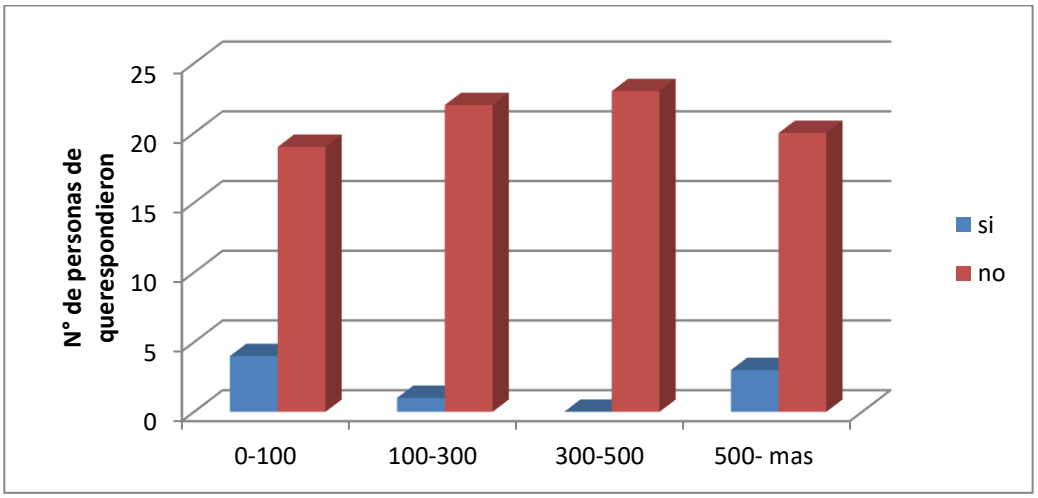


Figura 33. ¿Participa algún miembro de la familia en la producción de carbón vegetal en la zona aledaña?.

En la figura 33, si la población o algún miembro de la familia participa en la de producción de carbón vegetal en la zona aledaña, el 82.6% de la población en un rango de 0 a 100 metros, no participa en la producción de carbón vegetal; el 95.65% de la población en un rango de 100 a 300 metros, no participa en la producción de carbón vegetal; el 100% de la población en un rango de 300 a 500 metros, no participa en la producción de carbón vegetal y el 86.95% de la población en un rango de 500 a más metros, no participa en la producción de carbón vegetal.

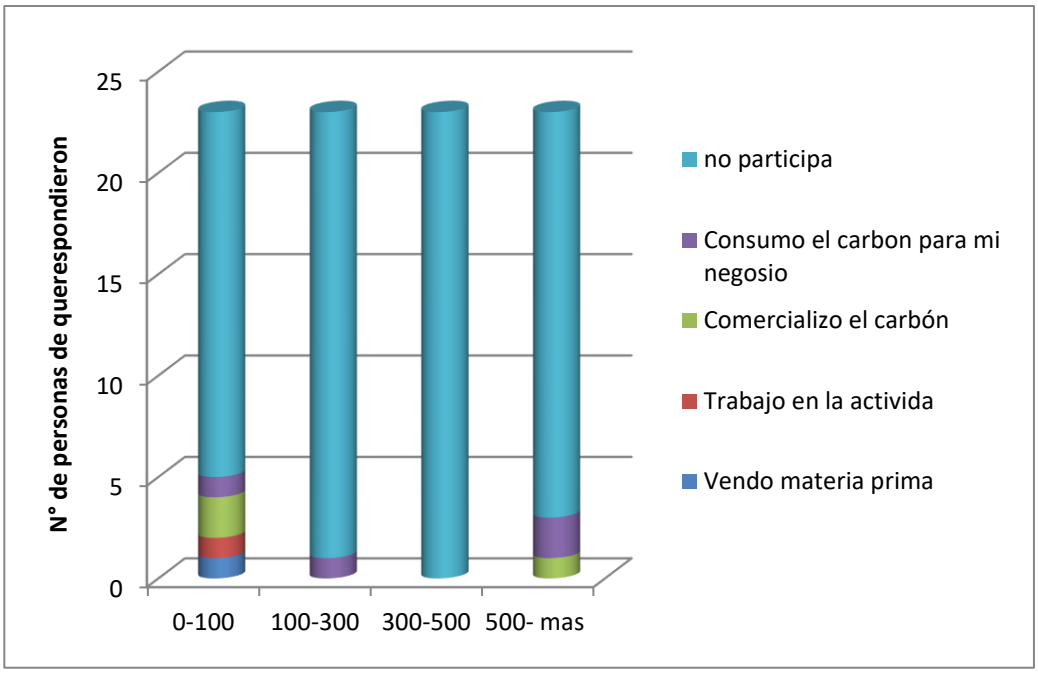


Figura 34. ¿Cómo participa en la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña?

En la figura 34, las personas que participan en la actividad de producción de carbón vegetal, el 4.34% de la población en estudio en el rango de 0 a 100 metros consume el carbón para su negocio, además el 4.34% trabaja en la carbonera; mientras que un 8.7% comercializa el carbón y el 4.3% vende la materia prima. A diferencia de los demás rangos que únicamente consume y comercializa el carbón y la gran mayoría no participan de manera directa e indirecta en la actividad de producción de carbón vegetal.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. La producción de carbón vegetal afecta negativamente la calidad de aire del distrito de Manantay, en áreas cercanas a 200 metros a esta actividad.

2. El proceso principal de elaboración de carbón vegetal en el distrito de Manantay es mediante parvas de tipo cama y volcán, con un tiempo de 14 a 20 días para las parvas tipo cama y de 7 a 10 días para las parvas tipo volcán.

3. La calidad del aire en zonas aledañas de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay, en áreas de o a 100 metros de la zona de producción la calidad es del aire es Mala con i140, en áreas de 101 a 200 metros la calidad del aire es Moderada con i88, en áreas de 201 a 300 metros la calidad es del aire es Bueno con i50 y en áreas de 101 a 200 metros la calidad es del aire es Buena con i15.

4. La población en su mayoría percibe que la calidad de aire en zonas aledañas a los centros de producción de carbón vegetal es mala en áreas de 0 a 100 metros, regular en áreas de 101 a 300 metros, regular de 301 a 500 metros y buena de 500 a más alejados de la zona de producción de carbón.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que se reubiquen las zonas productoras de carbón vegetal, debido al impacto negativo en la calidad del aire en su área de influencia indirecta que llega hasta las áreas habitadas.

2. Que principalmente para reducir los impactos negativos en la calidad del aire, se utilice el método de parvas cama, ya que la emisión de humo concentrado es menor al método de parvas volcán.

3. Implementar un sistema de manejo de residuos de los aserraderos para la promoción y producción de carbón vegetal controlado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

ANDINA. (21 de Febrero de 2013). *Andina Agencia Peruana de Noticias*. Obtenido de https://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=448242

ANLA. (2018). *METODOLOGÍA GENERAL PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES.* BOGOTÁ D.C.: MINAMBIENTE. Obtenido de http://www.andi.com.co/Uploads/Metodolog%C3%ADa%20Estudios%20Ambientales%202018.pdf

ATSDR . (06 de Mayo de 2016). *atsdr.cdc.gov/es*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs114.html

ATSDR. (2016). *ToxFAQs™ - Monóxido de Carbono (Carbon Monoxide).* USA: CDC. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts201.html

Da Costa Pinheiro, P. (2017). LA PRODUCCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL. *Energía - Investigaciones en América del Su*, 69-88. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Cesar-Pinheiro/publication/334947921_LA_PRODUCCION_DEL_CARBON_VEGETAL/links/5d460856a6fdcc370a79d6ad/LA-PRODUCCION-DEL-CARBON-VEGETAL.pdf

David M, P., Kirk R, S., Jacob P, K., Rezende, M. E., TulioJardim , R., Junfeng , Z., & Chengwei, F. (2001). Emissionsof greenhousegasesand other airborne pollutants from charcoal making in Kenya and Brazil. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, 24,143-24,155. Obtenido de https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2000JD000041

De Nevers, N. (1998). *Ingeniería de control de la contaminación del aire.* México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES S.A. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100006

Díaz Batalla, M., Gonzales Asencios, A., Sifuentes Yepes, D., & Gonzales Mora, E. (2010). El carbón vegetal: alternativa de energía y productos químicos. *XILEMA*, 95-103.

ESRI. (2016). *desktop.arcgis.com*. Obtenido de https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.4/extensions/geostatistical-analyst/an-introduction-to-interpolation-methods.htm

ESRI. (2016). *desktop.arcgis.com*. Obtenido de https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.4/extensions/geostatistical-analyst/how-gaussian-geostatistical-simulations-works.htm

FAO. (1983). *Métodos simples para fabricar carbón vegetal.* Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de http://www.fao.org/3/X5328S/X5328S11.htm

France24. (14 de Marzo de 2019). *France 24.com*. Obtenido de https://www.france24.com/es/20190313-medio-ambiente-calidad-aire-contaminacion

Gómez Herreros, C. G. (2016). *Efecto modulador del sulfuro de hidrógeno en el metabolismo basal en Cavia porcellus (cuy) normales.* Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5949/Gomez_hc.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernandez Sampieri, R. (2004). *Metodología de la investigación.* La Habana: Felix Varela.

Kamionka, M., Breuil, P., & Pijolat, C. (2006). Calibration of a multivariate gassensing device for atmospheric pollution measurement. *Sens. Actuators*, 323-327. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/222143615_Calibration_of_a_multivariate_gas_sensing_device_for_atmospheric_pollution_measurement

Kiely, G. (1999). *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.* Espana: Mc Graw Hill.

Kim, J.-C., Dinh, T.-V., Choi, I.-Y., & Song, K.-Y. (10 de 12 de 2015). Physical and chemical factors influencing the continuous monitoring of carbon monoxide using NDIR sensor. *2015 9th International Conference on Sensing Technology (ICST)* (págs. 316–319). Auckland, New Zealand: ICST. doi:0.1109/ICSensT.2015.7438414.

Klason, P., Heidenstam, G., & Norlin, E. (1909). Untersuchungen zur Holzverkohlung. I. Die trockene Destillation der Cellulose. Z. *Angewandt Chemie, 22*(25), 1205-1214.

Manzur, M., Benza, G., & González, S. (2012). MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS. *VII Congreso de Medio Ambiente /AUGM* (págs. 1-19). La Plata/ Argentina: UNLP. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26838/Documento_completo.pdf?sequence=1

Menéndez, M., Gil Ibargutxi, J., Querol, X., Alastuey, A., & Viana, M. (2003). *Análisis de contribución de fuentes en PM10 y PM2.5 en un área de fondo urbano con influencia de emisiones industriales (Abanto, Vizcaya).* Vasco: Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Obtenido de https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/particulas_abanto/es_doc/adjuntos/2003.pdf

MINAM. (2016). *INDICE DE CALIDAD DEL AIRE.* Lima: Diario el Peruano. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%c2%b0-181-2016-MINAM.pdf

Mosqueda Hoyos, E. (2015). *Calidad del aire y de los efectos en la salud por pm10, en un tramo de la av. Túpac Amaru, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo- Ucayali - 2015.* Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2217

Organización Mundial de la Salud. (2002). *Informe sobre la salud en el mundo 2002. Reducir los riesgos y promover una vida sana.* Ginebra.

PCM Instruments . (2017). *Instrucciones de uso del Contador de partículas .* Santiago de Chile: PCE Ibérica S.L.

Pérez Torres , Y. (2017). *Evaluación del impacto ambiental producida por la producción del carbón vegetal en el corregimiento de Hibacharo en el Municipio de Piojo Departamento del Atlántico .* Barranquilla: Tesis de Pregrado .

Philipps Gallo, J. (2019). *Calidad de vida de los productores de carbón artesanal vegetal en el distrito de Manantay de la provincia de coronel portillo – Región Ucayali.* Tingo María: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA. Obtenido de

http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1391/JLPG_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PRTR. (2007). *CO (MONÓXIDO DE CARBONO).* España: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Obtenido de http://www.prtr-es.es/CO-Monoxido-de-carbono,15589,11,2007.html#:~:text=El%20mon%C3%B3xido%20de%20carbono%20es,exposici%C3%B3n%20puede%20pasar%20completamente%20desapercibida.&text=Su%20f%C3%B3rmula%20qu%C3%ADmica%20es%20CO,ox%C3%ADgeno%20mediante%20un%20

Ramirez Coripuna , J. (2017). *Ensamblaje y estudio del diseño, construcción y caracterización de microsensores voltamperométricos integrados para análisis simultáneo de gases y material particulado contaminantes del aire. (Para su aplicación en una estación de medición a tiempo real).* Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.

República, C. d. (2005). *Ley General del Ambiente LEY Nº 28611.* Lima: Diario el Peruano.

Robles Morales, E. G. (2020). *“La contaminación del aire por material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco, 2010 y 2016”.* Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Rodríguez González, T. E., & Ulloa López, H. E. (2012). *“ANALISIS Y ESTUDIO DE LOS SENSORES APLICADOS A LA MECATRONICA PARA PRACTICAS EN EL LABORATORIO DE ELECTRONICA CONTROL Y AUTOMATISMO UTILIZANDO EL MODULO DE ENTRENAMIENTO NI-QNET-015".* Guayaquil: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

SEIA. (2018). *Guia para la identificacion y caracterizacion de impactos ambientales.* Lima: MINAM.

Seoánez, C. M. (2002). *Tratado de la contaminación atmosférica Problemas, tratamiento y gestión.* Madrid: A.G. Cuesta S.A. .

SERFOR. (2019). *ANUARIO FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE 2017.* Lima: MINAGRI.

SIAC. (2018). *Emisiones.* Colombia: IDEAM.

SINIA. (Enero de 2020). *Sinia.minam*. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/modsinia/index.php?accion=verIndicador&idElementoInformacion=1125&idformula=116

Smith, K., Pennise, D., Khummongkol, P., Chaiwong, V., Kwanchai, R., Junfeng, Z., . . . Khalil, M. (1999). GREENHOUSE GASES FROM SMALL-SCALE COMBUSTION DEVICES IN DEVELOPING. *United States Environmental Protection EPA-600/R-99-109*, 1-2.

Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, Á. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. *Rev. salud pública*, 108-117. Obtenido de https://www.scielosp.org/pdf/rsap/2006.v8n1/108-117/es

TESTO. (2018). *http://www.academiatesto.com.ar/*. Obtenido de http://www.academiatesto.com.ar/cms/absorcion-infrarroja-proceso-ir

Torres Muro, H. (2011). *IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR EL USO DE LEÑA.* TACNA: UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASAD RE GROHMANN.

Woodard, K. (1998). *Documento de Técnicas de Control de Materia Particulada Fina Proveniente de Fuentes Estacionarias.* North Carolina: U.S. EPA.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores
General	General	General	Variable independiente: Producción de carbón vegetal	Método de producción	Especie de madera Tiempo de carbonización Tipo de proceso
¿Cuál es el efecto de la producción de carbón vegetal en la calidad del aire en el distrito de Manantay?	Evaluar los efectos de la producción de carbón vegetal en la calidad del aire en el distrito de Manantay.	La producción de carbón vegetal afecta negativamente la calidad del aire en el distrito de Manantay		Cantidad de producción	Cantidad de materia prima ingresante Cantidad de carbón producido
Específico	Específico	Específico			
¿Cómo es el proceso de producción del carbón vegetal en el distrito de Manantay?	Describir el proceso de producción del carbón vegetal en el distrito de Manantay.	El proceso de producción del carbón vegetal en el distrito de Manantay, influye negativamente en la calidad del aire en el distrito de Manantay			
¿Cuál es la calidad del aire en zonas aledañas a la producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay?	Analizar la calidad del aire en zonas aledañas de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay.	La calidad del aire en zonas aledañas de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay, no cumple con los ECA.	Variable dependiente: Calidad de aire	P. Químicos	CO H_2S
¿Cuál es la percepción de los pobladores aledaños a los centros de producción de carbón vegetal sobre la calidad del aire?	Describir la percepción de los pobladores aledaños a los centros de producción de carbón vegetal sobre la calidad del aire.	La población percibe una mala calidad del aire en zonas aledañas a los centros de producción de carbón vegetal en el distrito de Manantay		P. Físicos	PM 10 PM 2.5

ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 35. Encuestando a los productores de carbón vegetal



Figura 36. Almacenamiento de la materia prima para la producción de carbón vegetal. .



Figura 37. Inicio del proceso de construcción de parvas horizontales.



Figura 38. Proceso de tapado con aserrín las parvas.



Figura 39. Parva Cama lista para el tapado.



Figura 40. Productoras de carbón en plena jornada laboral haciendo mantenimiento de la parva a diario con la cantidad correcta de agua y aserrín, para evitar el exceso de gases generados por dicha actividad.



Figura 41. Carbón vegetal empaquetado, listo para el consumidor



Figura 42. Monitoreo de la calidad de aire realizado en la fuente de elaboración de carbón vegetal



Figura 43. Monitoreo de calidad de aire realizado frente a los productores de carbón vegetal.



Figura 44. Monitoreo realizado en la quebrada de Manantay.



Figura 45. Monitoreo de la calidad de aire realizado frente a la carretera de Manantay.



Figura 46. Diferentes puntos de monitoreo realizado sobre la evaluación de l calidad de aire.

ANEXO 3: FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA DE LA ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL DEL DISTRITO DE MANANTAY

Código: Coordenadas: X= Y=

1. Tipo de producción de carbón vegetal (Código de imagen: _____)

a. Parvas b. Hornos de ladrillo c. Hornos de metal d: otros

N° Imagen Fecha: _____ Hora: _____	

2. Madera más usada

a. Tornillo b. Shihuahuaco c. Cético d. Marupa

e. Otro:_____

3. Tiempo aproximado de la producción de un lote de carbón vegetal: _____( )

4. Cuanto de madera ingresa en cada producción o lote: _____

5. Cuanto de carbón vegetal sale en cada producción: _____



6. Costo aproximado del carbón vegetal: _____( )

7. Principal consumidor final del carbón vegetal:

a. Pollerías b. Panaderías c. Pestos de comida a la parrilla

d. Otros: _____

ANEXO 4: ENCUESTA DE LOS IMPACTOS AMBIENTAL GENERADO POR LA GENERACIÓN DE GASES A LA POBLACIÓN ALEDAÑA

Código: Coordenadas: X= Y=

Sexo: Edad:

1. ¿Considera usted que los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña generan problemas en la calidad del aire en su vivienda?

   a. Totalmente en desacuerdo b. En desacuerdo c. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo d. De acuerdo e. Totalmente de acuerdo

2. ¿Considera usted que la actividad produce gran cantidad de gases?

   a. Totalmente en desacuerdo b. En desacuerdo c. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo d. De acuerdo e. Totalmente de acuerdo

3. ¿Considera usted que los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña generan en usted problemas a la salud?

   A. Si B. No

4. ¿Qué tan grave es para usted la contaminación del aire por los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña?

   A. Nulo B. Bajo C. Medio D. Alto E. Muy alto

5. ¿En qué horario los gases generados por la actividad de producción de carbón vegetal se perciben en mayor intensidad?

   A. Mañana B. Tarde C. Noche D. Madrugada E. Otros:_____

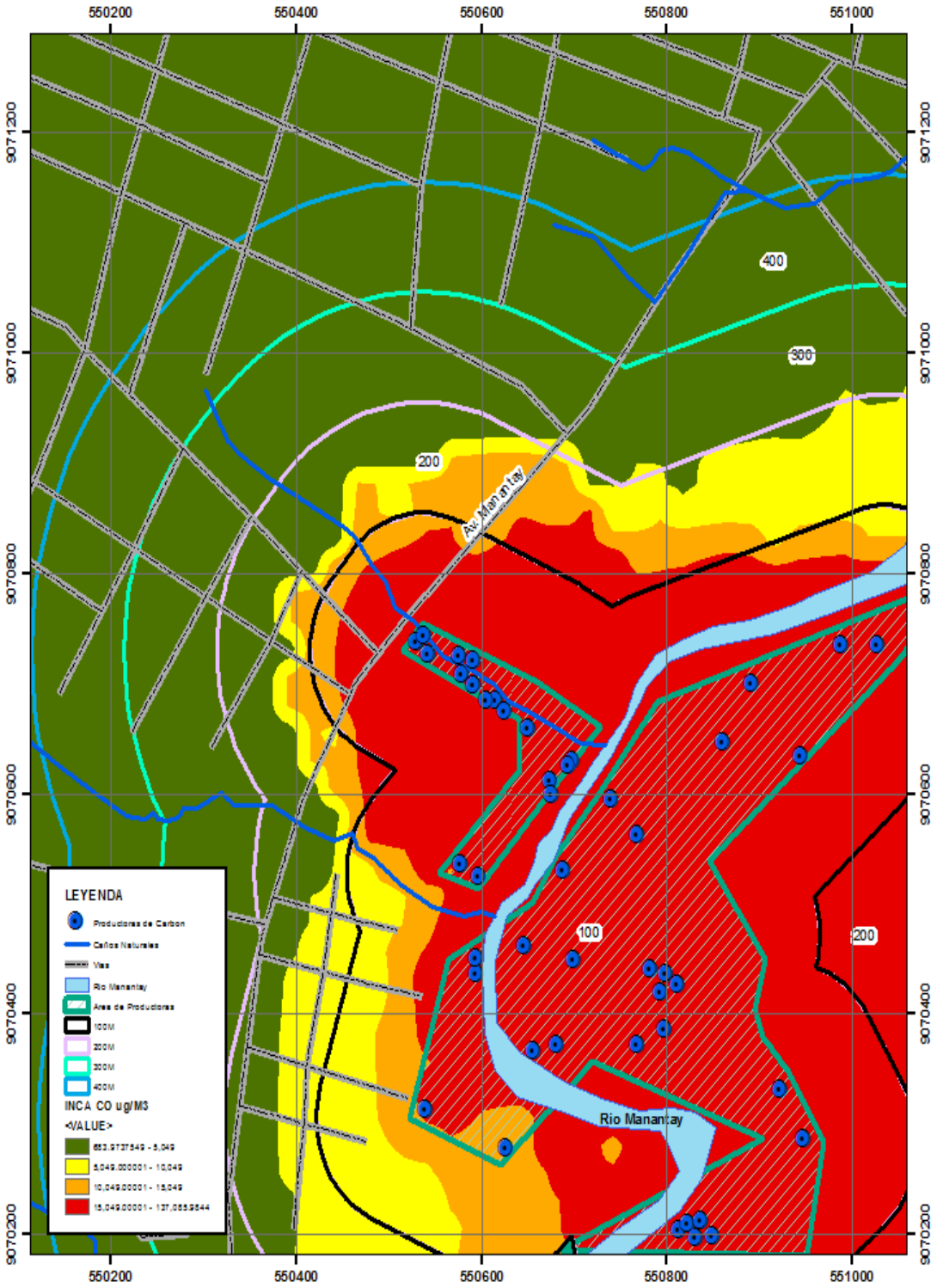
6. ¿Participa usted o algún miembro de la familia en las actividades de producción de carbón vegetal en la zona aledaña?

   A. Si B. No

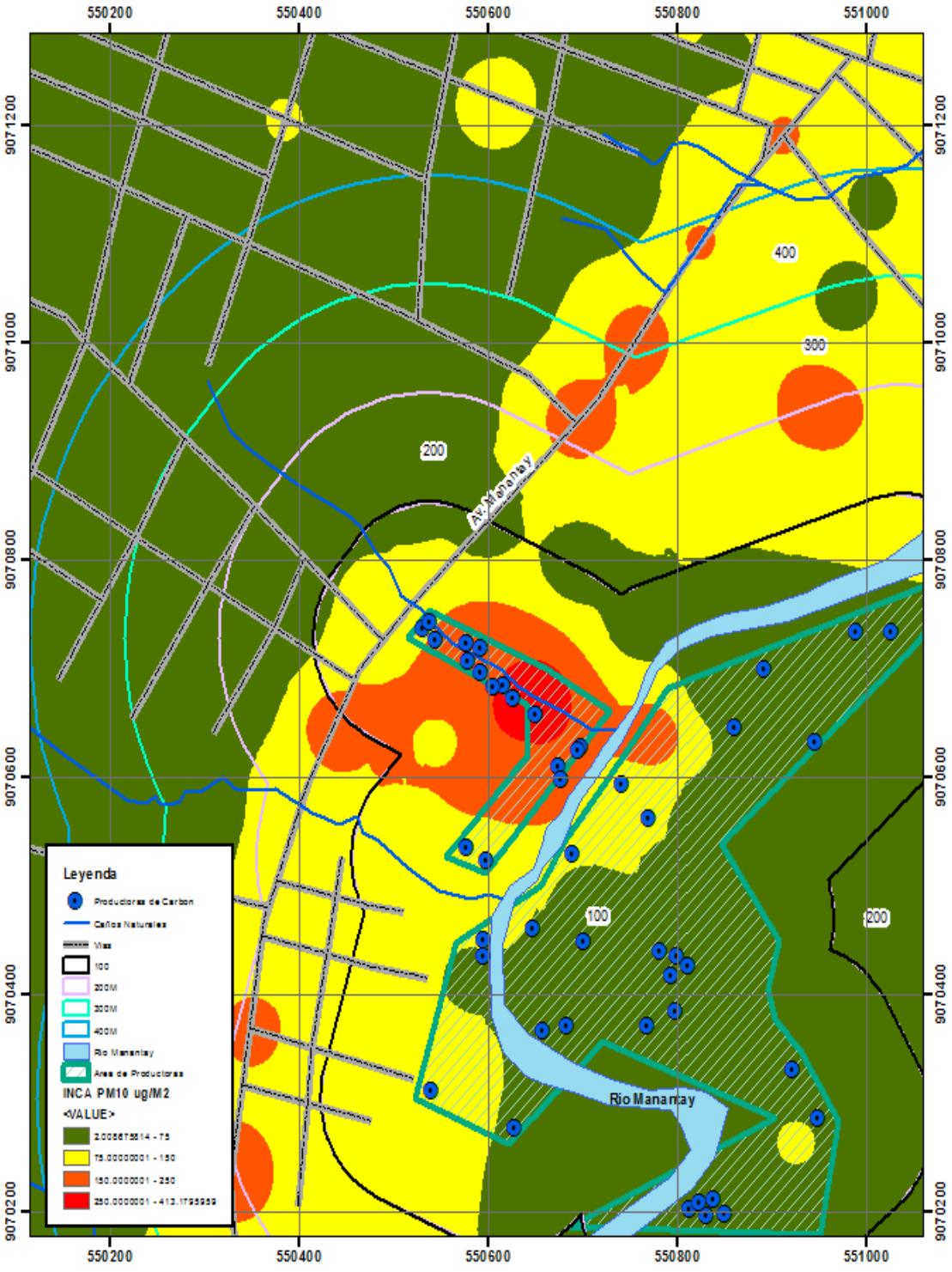
7. ¿Cómo participa en la actividad de producción de carbón vegetal en la zona aledaña?

   A. Vendo materia prima B. Trabajo en la actividad C. Comercializo el carbón D. Otros:_____

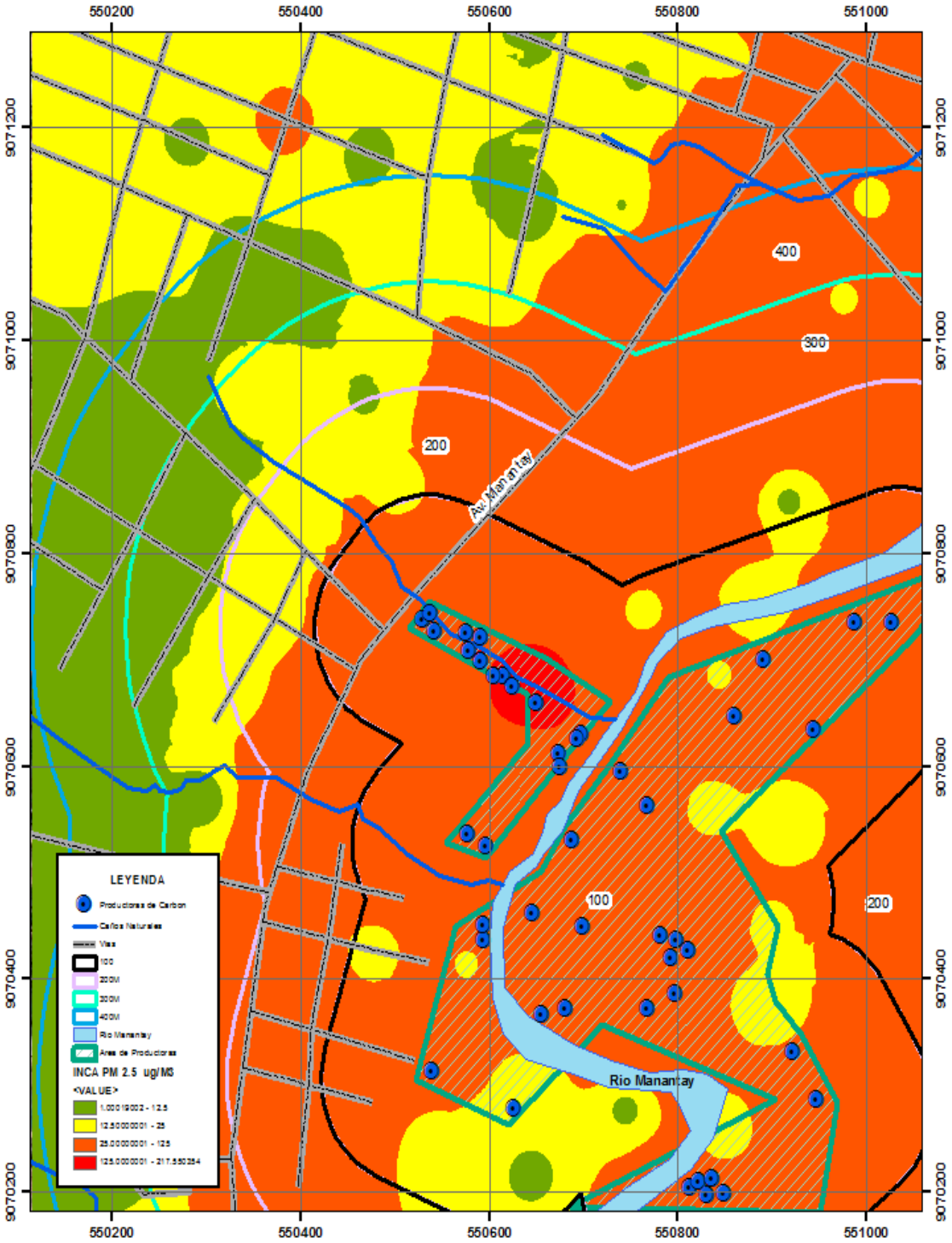
ANEXO 5: MAPA INCA DE MONÓXIDO DE CARBONO



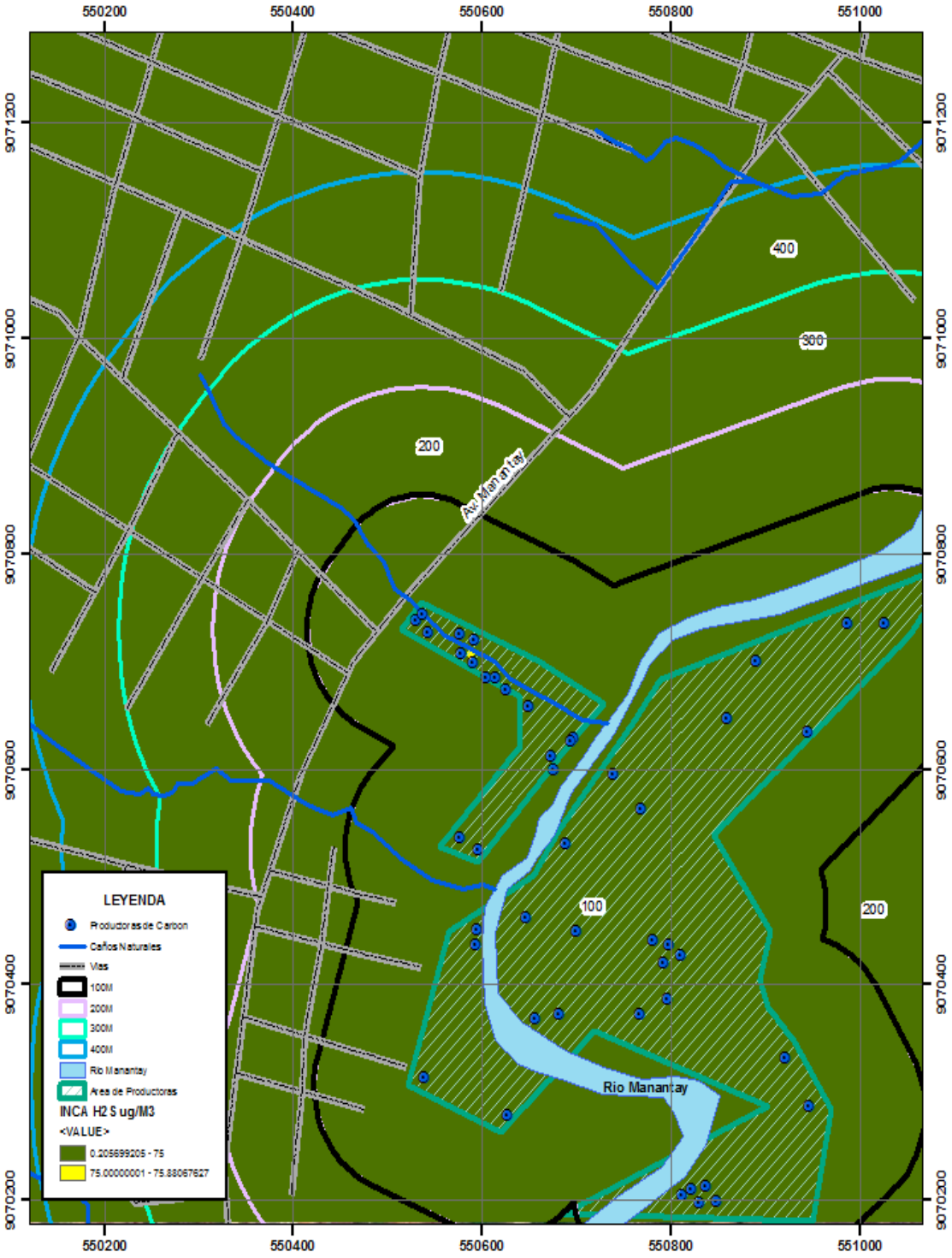
ANEXO 6 : MAPA INCA DE MATERIAL PARTICULADO PM10



ANEXO 7: MAPA INCA DE MATERIAL PARTICULADO PM2.5



ANEXO 8: MAPA INCA DE SULFURO DE HIDRÓGENO



ANEXO 9: MATRIZ DE DATOS

DATOS DE MONITOREO

Fecha inicio	04/11/2020	Fecha final	27/01/2021		
Temperatura	28.6°C	Mínima	23.8°C	Máxima	31.4°C
Precipitación	13 mm	Mínima	0mm	Máxima	24mm
Humedad	94%	Mínima	86%	Máxima	99%
Velocidad del viento	0.72 m/s	Mínima	0.22m/s	Máxima	1.19m/s
Dirección del viento	95°	Sur/este	76%	Nor/este	19%
Horarios de trabajo	6-9 am	11-1 pm	3-6pm	9-12 pm	3-6 am
Observación	Los datos de monitoreo se recolectaron priorizada en días con condiciones comunes y optimas, sin lluvias, sin vientos excesivos y siguiendo el ciclo de producción de carbón artesanal en la zona de estudio.				

ID	Distancia	PM10	PM25	H2S	CO
1	0 a 100	121	41	4	3155
2	0 a 100	126	17	4	4138
3	0 a 100	18	8	3	6207
4	0 a 100	31	48	12	6896
5	0 a 100	78	29	3	4276
6	0 a 100	136	30	4	24828
7	0 a 100	66	14	6	4138
8	0 a 100	13	9	2	4371
9	0 a 100	134	15	2	3724
10	0 a 100	62	23	5	41032
11	0 a 100	42	61	11	17931
12	0 a 100	69	87	21	62069
13	0 a 100	108	64	5.5	3910
14	0 a 100	88	87	11	8276
15	0 a 100	39	26	12	44138
16	0 a 100	28	63	26	83448
17	0 a 100	136	71	2.8	5240
18	0 a 100	199	59	3.5	7103
19	0 a 100	131	85	6.5	57931
20	0 a 100	21	14	5.5	138621
21	0 a 100	123	63	28	5862
22	0 a 100	233	126	76	184828
23	0 a 100	414	218	33	12759
24	0 a 100	196	99	18	93793
25	0 a 100	32	22	13	6897
26	0 a 100	46	59	9	2690
27	0 a 100	28	31	2.9	3966
28	0 a 100	32	16	3	5286

29	0 a 100	22	15	1.2	41380
30	0 a 100	37	39	15	37624
31	0 a 100	27	16	11	23598
32	0 a 100	31	22	16	36452
33	0 a 100	24	14	18	46348
34	0 a 100	37	15	19	17891
35	0 a 100	84	39	11	63987
36	0 a 100	64	45	16	26784
37	0 a 100	47	34	29	21671
38	101 a 200	188	67	19	3155
39	101 a 200	106	55	13	2690
40	101 a 200	145	74	16	2759
41	101 a 200	22	16	2.5	2069
42	101 a 200	198	78	12	1828
43	101 a 200	18	14	2.1	2179
44	101 a 200	51	15	2	2069
45	101 a 200	29	17	3.5	2607
46	101 a 200	31	11	1.1	1895
47	101 a 200	61	30	1.5	2069
48	101 a 200	131	55	2.5	2586
49	101 a 200	91	10	5	3793
50	101 a 200	214	54	5	2138
51	201 a 300	199	39	15	2791
52	201 a 300	26	9	1	626
53	201 a 300	31	8	1.2	2138
54	201 a 300	31	6	2.9	1756
55	201 a 300	18	11	1.6	1690
56	201 a 300	26	2	1.5	1621
57	201 a 300	43	12	6	1679
58	201 a 300	17	15	2.6	1379
59	201 a 300	196	114	8.5	2190
60	201 a 300	97	81	5	2690
61	201 a 300	48	22	1.1	2276
62	301 a 400	13	2	0.5	207
63	301 a 400	49	6	1.3	758
64	301 a 400	11	7	0.2	689
65	301 a 400	26	6	1	1340
66	301 a 400	21	3	3.6	2069
67	301 a 400	20	10	1.1	1379
68	301 a 400	24	7	2.1	1557
69	301 a 400	39	12	1.3	2069
70	301 a 400	18	11	2.1	1517
71	301 a 400	11	3	2	1276
72	301 a 400	16	9	1.2	1190
73	301 a 400	20	17	2.9	979

74	301 a 400	186	87	16	690
75	301 a 400	33	22	2	1390
76	301 a 400	22	3	3.1	2069
77	301 a 400	89	62	2.2	3448
78	301 a 400	163	74	17	2379
79	301 a 400	64	22	2.5	2372

Tipo de producción	Volumen	Días de producción						
		0	3	5	7	10	12	15
Parva 1	4.8	4780	136000	100700	196000	100650	56000	16000
Parva 2	6.4	5478	196200	136900	236200	65000	79200	8500
Parva 3	6.1	5100	248000	115000	200000	120000	66000	13000
Cama 1	8.1	6050	175600	98600	78000	45000		
Cama 2	7.3	5900	145000	110000	68900	55000		
Cama 3	7.9	7056	188000	134000	78260	36500		

ANEXO 10: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Pruebas NPar

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		PM10	PM25	CO	H2S
N		79	79	79	79
Parámetros normales[a,b]	Media	75,51	36,73	15737,96	8,387
	Desviación estándar	71,958	36,187	30993,808	10,8036
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,203	,192	,344	,224
	Positivo	,203	,192	,344	,220
	Negativo	-,185	-,169	-,308	-,224
Estadístico de prueba		,203	,192	,344	,224
Sig. asintótica (bilateral)		,000[c]	,000[c]	,000[c]	,000[c]

a. La distribución de prueba es normal.
b. Se calcula a partir de datos.
c. Corrección de significación de Lilliefors.

CO

Prueba de homogeneidad de varianzas

CO

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
13,436	3	75	0,000

ANOVA

CO

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17163596542,925	3	5721198847,642	7,428	0,000
Dentro de grupos	57764461153,961	75	770192815,386		
Total	74928057696,886	78			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: CO
HSD Tukey

(I) DISTANCIA	(J) DISTANCIA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
100,00	200,00	28990,135*	8947,716	,009	5479,30	52500,97
	300,00	29544,953*	9530,664	,014	4502,37	54587,53
	400,00	29918,135*	7975,244	,002	8962,55	50873,72
200,00	100,00	-28990,135*	8947,716	,009	-52500,97	-5479,30
	300,00	554,818	11369,394	1,000	-29319,17	30428,81
	400,00	928,000	10101,193	1,000	-25613,69	27469,69
300,00	100,00	-29544,953*	9530,664	,014	-54587,53	-4502,37
	200,00	-554,818	11369,394	1,000	-30428,81	29319,17
	400,00	373,182	10621,018	1,000	-27534,39	28280,75
400,00	100,00	-29918,135*	7975,244	,002	-50873,72	-8962,55
	200,00	-928,000	10101,193	1,000	-27469,69	25613,69
	300,00	-373,182	10621,018	1,000	-28280,75	27534,39

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

CO

HSD Tukey[a,b]

DISTANCIA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
400,00	18	1521,00	
300,00	11	1894,18	
200,00	13	2449,00	
100,00	37		31439,14
Sig.		1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,973.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

PM10

Prueba de homogeneidad de varianzas

PM10

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,007	3	75	,395

ANOVA

PM10

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	26743,908	3	8914,636	1,773	,160
Dentro de grupos	377137,838	75	5028,505		
Total	403881,747	78			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: PM10
HSD Tukey

(I) DISTANCIA	(J) DISTANCIA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
100,00	200,00	-14,441	22,863	,922	-74,51	45,63
	300,00	17,860	24,352	,883	-46,13	81,85
	400,00	38,572	20,378	,240	-14,97	92,12
200,00	100,00	14,441	22,863	,922	-45,63	74,51
	300,00	32,301	29,051	,683	-44,03	108,63
	400,00	53,013	25,810	,178	-14,81	120,83
300,00	100,00	-17,860	24,352	,883	-81,85	46,13
	200,00	-32,301	29,051	,683	-108,63	44,03
	400,00	20,712	27,138	,871	-50,60	92,02
400,00	100,00	-38,572	20,378	,240	-92,12	14,97
	200,00	-53,013	25,810	,178	-120,83	14,81
	300,00	-20,712	27,138	,871	-92,02	50,60

Subconjuntos homogéneos

PM10

HSD Tukey[a,b]

DISTANCIA	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
400,00	18	45,83
300,00	11	66,55
100,00	37	84,41
200,00	13	98,85
Sig.		,158

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,973.
b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

PM2.5

Prueba de homogeneidad de varianzas

PM25

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,879	3	75	,456

ANOVA

PM25

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9222,306	3	3074,102	2,481	,067
Dentro de grupos	92921,111	75	1238,948		
Total	102143,418	78			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: PM25

HSD Tukey

(I) DISTANCIA	(J) DISTANCIA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
100,00	200,00	8,441	11,349	,879	-21,38	38,26
	300,00	17,595	12,088	,469	-14,17	49,36
	400,00	26,428	10,115	,052	-,15	53,01
200,00	100,00	-8,441	11,349	,879	-38,26	21,38
	300,00	9,154	14,420	,920	-28,74	47,04
	400,00	17,987	12,811	,501	-15,68	51,65
300,00	100,00	-17,595	12,088	,469	-49,36	14,17
	200,00	-9,154	14,420	,920	-47,04	28,74
	400,00	8,833	13,471	,913	-26,56	44,23
400,00	100,00	-26,428	10,115	,052	-53,01	,15
	200,00	-17,987	12,811	,501	-51,65	15,68
	300,00	-8,833	13,471	,913	-44,23	26,56

Subconjuntos homogéneos

PM25

HSD Tukey[a,b]

DISTANCIA	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
400,00	18	20,17
300,00	11	29,00
200,00	13	38,15
100,00	37	46,59
Sig.		,156

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,973.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

H_2S

Prueba de homogeneidad de varianzas

H_2S

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,291	3	75	,025

ANOVA

H_2S

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1353,261	3	451,087	4,365	,007
Dentro de grupos	7750,687	75	103,342		
Total	9103,947	78			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: H2S

HSD Tukey

(I) DISTANCIA	(J) DISTANCIA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
100,00	200,00	6,1191	3,2776	,251	-2,493	14,731
	300,00	8,4548	3,4911	,082	-,718	17,628
	400,00	9,2230*	2,9214	,012	1,547	16,899
200,00	100,00	-6,1191	3,2776	,251	-14,731	2,493
	300,00	2,3357	4,1646	,943	-8,607	13,279
	400,00	3,1038	3,7001	,836	-6,618	12,826
300,00	100,00	-8,4548	3,4911	,082	-17,628	,718
	200,00	-2,3357	4,1646	,943	-13,279	8,607
	400,00	,7682	3,8905	,997	-9,454	10,991
400,00	100,00	-9,2230*	2,9214	,012	-16,899	-1,547
	200,00	-3,1038	3,7001	,836	-12,826	6,618
	300,00	-,7682	3,8905	,997	-10,991	9,454

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

H2S

HSD Tukey[a,b]

DISTANCIA	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
400,00	18	3,450
300,00	11	4,218
200,00	13	6,554
100,00	37	12,673
Sig.		,058

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,973.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

ANOVA de la pérdida de material según el tipo de producción de carbón

ANOVA

Volumen

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	403,381	1	403,381	12,110	,004
Dentro de grupos	433,036	13	33,310		
Total	836,417	14			

ANOVA

Días

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	238,933	1	238,933	91,357	,000
Dentro de grupos	34,000	13	2,615		
Total	272,933	14			

ANEXO 11: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPO

TEST & CONTROL

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC - 10950 - 2020

Fecha de emisión: 2020-07-05

SOLICITANTE: **UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
Dirección : Carretera Federico Basadre km. 6.200 -Calleria - Coronel Portillo - Ucayali

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	:	**Analizador de gases**
Marca	:	BOSEAN
Modelo	:	BH-4S
N° de Serie	:	20207685
Intervalo de Indicación	:	O2: (0-30)% VOL EX: (0-100) %LEL H2S: (0-100) PPM CO: (0-100) PPM
División de Escala	:	0.1%
Procedencia	:	USA
Identificación	:	No Indica
Fecha de Calibración	:	2020-07-05

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa utilizando el "Procedimiento para la calibración de Gases"

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,6 °C	20,8 °C
Humedad Relativa	65,3% HR	65,1% HR

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Página: 1 de 2

Certificado : TC - 10950 - 2020

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrón de Referencia DM - INACAL	O2: 0% VOL / 100% VOL CO : 0PPM 50 PPM	LAC-073-2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Calibración de concentración de Oxigeno

Valor Verdadero %VOL	Valor Medido %VOL	Error %VOL	Incertidumbre %VOL
0%	0.1%	0.1%	0.025%
50%	50.3%	0.3%	0.075%
100%	99.8%	0.2%	0.05%

Calibración de concentración de Monóxido de Carbono

Valor Verdadero PPM	Valor Medido PPM	Error PPM	Incertidumbre PPM
0PPM	0.05%	0.05%	0.0025%
50PPM	50.08%	0.08%	0.04%
100PPM	99.82%	0.08%	0.04%

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

OBSERVACIONES
El presente certificado tiene un valor referencial, pero con certeza de su calidad y calibración en los parámetros solicitados

INCERTIDUMBRE
La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima
(01) 262 9536
(51) 988 901 065
informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe